

Épületenergetika

Baumann, Mihály

Épületenergetika

írta Baumann, Mihály

Publication date 2012

Szerzői jog © 2012 Baumann Mihály



Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszekchenyiterv.gov.hu
06 40 638 638

MAGYARORSZÁG MEGÚJUL



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társszínzírozásával valósul meg.

Kézirat lezárva: 2012. január 31.

Készült a TAMOP-4.1.2.A/2-10/1 pályázati projekt keretében

A kiadásért felel a(z): Edutus Főiskola

Felkelős szerkesztő: Edutus Főiskola

Műszaki szerkesztő: Eduweb Multimédia Zrt.

Terjedelem: 98 oldal

Tartalom

1. Meteorológiai alapok	1
1. Külső léghőmérésklet	1
2. Hőfok-gyakorisági görbe	1
3. Fűtési határhőmérésklet	2
4. Hőfokhíd	3
5. Energiafogyasztás számítása	9
2. Épületszerkezetek hő- és páratechnikai számításai	11
1. Hő- és páratechnikai számítás	11
2. Hővezetési tényezők	20
3. Többdimenziós hővezetés, hőhidak	22
4. Hőátadási tényezők	24
3. Fűtési hőszükséglet számítása	25
1. Méretezési alapadatok	26
1.1. Méretezési külső hőmérséklet	26
1.2. Helyiséghőmérésklet	26
2. Külső transzmissziós energiaáram	27
3. Belső transzmissziós energiaáram	29
4. Filtrációs hőszükséglet	30
5. Napsugárzásból származó energiaáram	31
6. Belső hőnyereség	31
7. Fűtési hőszükséglet számítása – számpélda	32
4. Hőtermelés, egyedi és központi hőtermelő berendezések	43
1. Kazánkonstrukciók	44
2. Kazánok hatásfokai	50
2.1. Tüzeléstechnikai hatásfok	50
2.2. Kazánhatásfok	51
2.3. A kazán éves hatásfoka	58
Felhasznált irodalom	60
5. Távhőellátás, kapcsolt energiatermelés	61
1. Hőtermelő berendezések	61
2. Távhővezetékek	68
3. Hőközpontok	78
6. Fűtőtestek	84
Felhasznált irodalom	97
7. Termosztatikus radiátorszelepek	98
1. A termosztatikus radiátorszelep leírása	98
2. Termosztatfejek	98
3. Termosztatikus radiátorszelep szeleptestek	101
4. Kombinált szabályozás	104
5. Termosztatikus radiátorszeleppel szerelt rendszerek üzemeltetése	104
6. Szabályozástechnikai alapfogalmak	106
7. Arányos szabályozók	106
8. Szabályozó szelepek	108
9. Szabályozó szelepek kV-értéke	109
10. Szelepjelleggörbék	110
11. Változó tömegáramú kétsöves rendszer	111
12. Változó tömegáramú rendszerek hidraulikai méretezése	112
13. Nyomásviszonyok	113
8. Fűtési rendszerek kialakítása, hidraulikai méretezése	118
1. Hidraulikai méretezés	118
2. Beszabályozási terv	131
3. Tágulási tartályok	132
3.1. Nyitott tágulási tartály	134
3.2. Zárt tágulási tartály	136
3.3. Állandó nyomású zárt tágulási tartály	140
3.4. Szivattyús nyomástartás	141

3.5. Nyomástartó – gáztalanító automatikák	141
4. Biztonsági szerelvények	144
4.1. Rugóterhelésű biztonsági szelep	144
4.2. Csatlakozó blokk	146
Felhasznált irodalom	148
9. Épületek energetikai tanúsítása	149
1. A direktíva lényeges pontjai	149
2. Hazai szabályozás	150
3. Hatály és kivételek	150
4. Kivételek	150
5. A lényeges felújítás	151
6. Az összesített energetikai jellemző	151
7. A primer energia	151
8. A fogyasztói magatartás	152
9. A követelmények tagolása	153
10. Rétegtervi hőátbocsátási tényező ¹⁾	153
11. Fajlagos hőveszteség-tényező	154
12. A hőátbocsátási tényezők hőmérséklet korrekciója	155
13. A sugárzási nyereségek	155
13.1. A direkt sugárzási nyereségek	155
13.2. Az indirekt sugárzási nyereségek	157
14. A fajlagos hőveszteség-tényező követelményértéke	157
15. A nyári túlmelegedés kockázata	158
16. Hőfokhíd, a fűtési idény hossza	158
17. Nettó fűtési energiaigény	158
18. A fűtés primer energiaigénye	160
19. A melegvíz-ellátás primer energiaigénye	164
20. A szellőzési rendszerek primer energiaigénye	167
21. A gépi hűtés fajlagos éves primer energiafogyasztása	169
22. A világítás fajlagos éves primer energiafogyasztása	170
23. Az épület energetikai rendszereiből származó nyereségáramok	170
24. A primer energia átalakítási tényezők	170
25. Az összesített energetikai jellemző számítása	171
26. Az épületek energetikai minőségének tanúsítása	173
26.1. Miért van szükség tanúsítványra?	173
26.2. A tanúsítás rendeleti háttere	174
26.3. Egyéb rendeltetésű épületek tanúsítása	175
27. Hivatkozások	176
Felhasznált irodalom	177
10. Önenellenőrző feladatok	178
1. Önenellenőrző feladatok	178
2. Megoldókulcs	178

1. fejezet - Meteorológiai alapok

1. Külső léghőmérséklet

Az épületek hőveszteség-számításánál, az épületek energiafogyasztásánál az egyik legfontosabb paraméter a külső levegő napi átlaghőmérséklete. Ennek az a magyarázata, hogy az épületeinket általában jelentős hőkapacitás jellemzi, ezért nem kell a pillanatnyi értékeket használni, elegendő a napi átlagérték.

1901-től 1965-ig a magyarországi meteorológiai állomáshálózatban a napi háromszori észlelés volt jellemző: 07, 14 és 21 órakor közép-európai idő (CET) szerint. A napi középhőmérsékletet nem csupán a három érték átlagaként, hanem a Meteorológiai Világszervezet (World Meteorological Organization, WMO) ajánlására a 21 órás adatot kétszeres súlyval figyelembe véve számították.

$$\bar{t}_e = \frac{t_{07} + t_{14} + 2 \cdot t_{21}}{4}$$

1966-tól az észlelések időpontja 07, 13, 19 órára változott, az éjszakai 01 órás adatot pedig a termográfról (papírhengerre író, regisztráló szerkezettel egybeépített hőmérő) olvassák le. A napi középhőmérsékletet azóta e négy adat átlagaként számoljuk.

$$\bar{t}_e = \frac{t_{01} + t_{07} + t_{13} + t_{19}}{4}$$

Az automaták üzembe állításától kezdődően a napi középhőmérséklet számítása lényegében nem változott, mind a négy adat az automata méréseiből származik.

Ezen felül gyakran használjuk a hőmérséklet napi minimumát és maximumát.

Azért, hogy a környezet hatását minél jobban ki lehessen szűrni (városi hősziget hatása), valamennyi külső hőmérséklet értékét az úgynevezett Stevenson típusú hőmérő házban mérik, amit távol az épületektől, a kertben telepítnek. Általában 2 m magasságban, nem szélárnyékos helyen folyik a mérés.



1.1.1. ábra Forrás: http://owww.met.hu/eghajlat/eghajlati_adatsorok/bp/Navig/402.htm

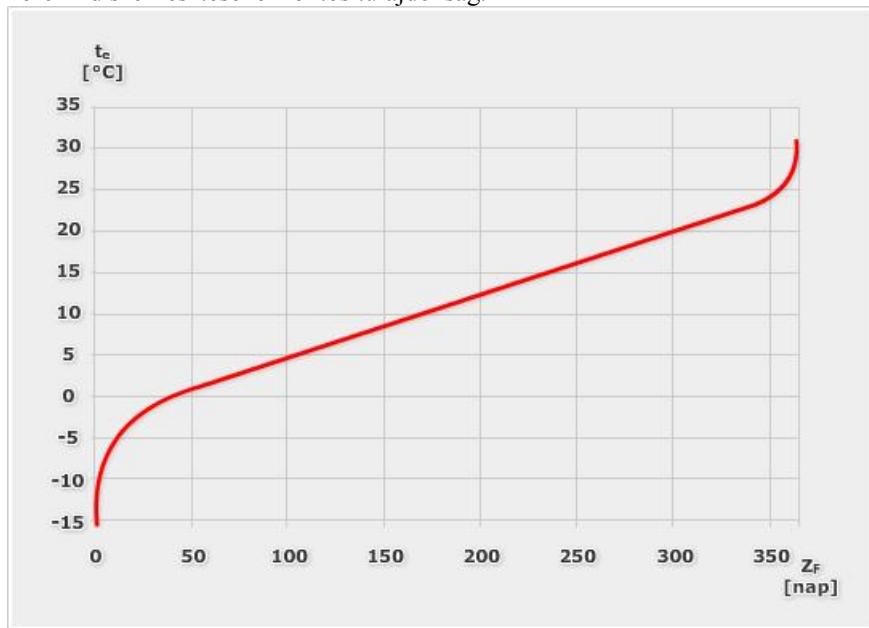
Ezeket a tényeket azért kell hangsúlyozni, mert bizonyos gépészeti berendezések (pl. hűtő-klimatizáló berendezések) működését és teljesítményét a helyszíni adottságok jelentősen befolyásolhatják, és ilyenkor indokolt az adott helyen mért értékeket, nem a meteorológusok adatszolgáltatását felhasználni.

Fűtéstechnikai és energetikai célokra a korábban említetteknek megfelelően a meteorológusok által a fentiek szerint mért napi átlaghőmérsékletet használjuk.

2. Hőfok-gyakorisági görbe

A külső átlaghőmérséklet gyakoriságát bemutató diagram, a hőfok-gyakorisági görbe ábrázolása többféleképpen is történhet. Az 1.2.1. ábra a Budapestre jellemző éves hőfok-gyakorisági görbét mutatja be 30 év mérési adatai alapján (forrás: Völgyes: Fűtéstechnikai adatok). A görbe egy-egy metszéspontjában azt lehet leolvasni, hogy az adott átlaghőmérsékletű, vagy annál kisebb átlaghőmérsékletű napok száma egy évben összesen mennyi.

Erre a fajta feldolgozásra azért van szükség, mert így egy monoton növekvő függvényt kapunk, ami később a hőfokhíd szerkesztésekor fontos tulajdonság.



1.2.1. ábra

A görbe meredeksége arról ad információt, mi a gyakorisága az egyes külső hőmérsékletek előfordulásának. Minél meredekebb a görbe, annál kisebb az ilyen átlaghőmérsékletű napok száma. A görbe középső területén a görbe jó közelítéssel állandó meredekségű egyenes, a nagyon alacsony és nagyon magas hőmérsékletek előfordulása kicsi. Például Budapesten, a sokévi mérési adatokat alapul véve, a -5 °C alatti átlaghőmérsékletű napok száma 10 alatti évente.

A +12 °C értékhez tartozó érték 192 nap azt jelenti, hogy +12 °C fűtési határhőmérséklet esetén ennyi a fűtési napok száma.

3. Fűtési határhőmérséklet

A fűtési határhőmérséklet az a külső hőmérséklet, amelynél az épület hővesztesége és belső hőterhelései egyensúlyban vannak, ezért a fűtésre már nincs szükség. Tehát az épületek fűtését csak akkor kell üzemeltetni, ha a külső átlaghőmérséklet a fűtési határhőmérséklet alatt van.

A fűtési határhőmérsékletet úgy kapjuk meg, hogy az épület belső átlaghőmérsékletéből levonjuk az egyensúlyi hőmérsékletkülönbséget:

$$t_{ft} = t_i - \Delta t_b \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Ennek az egyensúlyi hőmérsékletkülönbségnak a számítása a 7/2006 TNM rendelet értelmében az alábbi összefüggéssel történik:

$$\Delta t_b = \frac{Q_{sd} + Q_{sid} + A_N \cdot q_b}{\sum A \cdot U + \sum l \cdot \Psi + 0,35 \cdot n \cdot V} + 2 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

ahol:

Q_{sd} a napsugárzásból származó direkt hőnyereség [W]

Q_{sid} a napsugárzásból származó indirekt hőnyereség [W]

A_n a nettó fűtött alapterület [m^2]

q_b a belső hőterhelés fajlagos értéke [W/m^2]

A_{az} épületszerkezet felülete [m^2]

U_{az} épületszerkezet hőátbocsátási tényezője [W/m^2K]

l_a csatlakozási él hossza [m]

ψ_a vonalmenti hőátbocsátási tényező [W/mK]

$n_{atlagos}$ légcsereszám [1/h]

V_a fűtött térfogat [m^3]

Az összefüggés számlálójában az épületet télen érő nyereségek szerepelnek, míg a nevezőben a transzmissziós és filtrációs veszteségek.

A korábbi, rosszabb szigetelésű épületeknél $8^\circ C$, vagy ez alatti volt az egyensúlyi hőmérsékletkülönbség jellemző értéke. A tapasztalat az volt, hogy $8^\circ C$ alatti érték esetén is szabad a $8^\circ C$ egyensúlyi hőmérsékletkülönbséget használni, ami $20^\circ C$ belső hőmérséklet mellett $12^\circ C$ fűtési határhőmérsékletet eredményezett.

A fokozottabb hőszigetelésű épületeknél az egyensúlyi hőmérséklet növekszik, tehát a fűtési határhőmérséklet csökken, ma nem ritka a $12^\circ C$ alatti érték. Ez természetesen egyúttal a fűtési idény hosszának (Z_F) csökkenésével is jár. A hőfok-gyakorisági görbéről például $8^\circ C$ fűtési határhőmérséklethez 144 nap olvasható le.

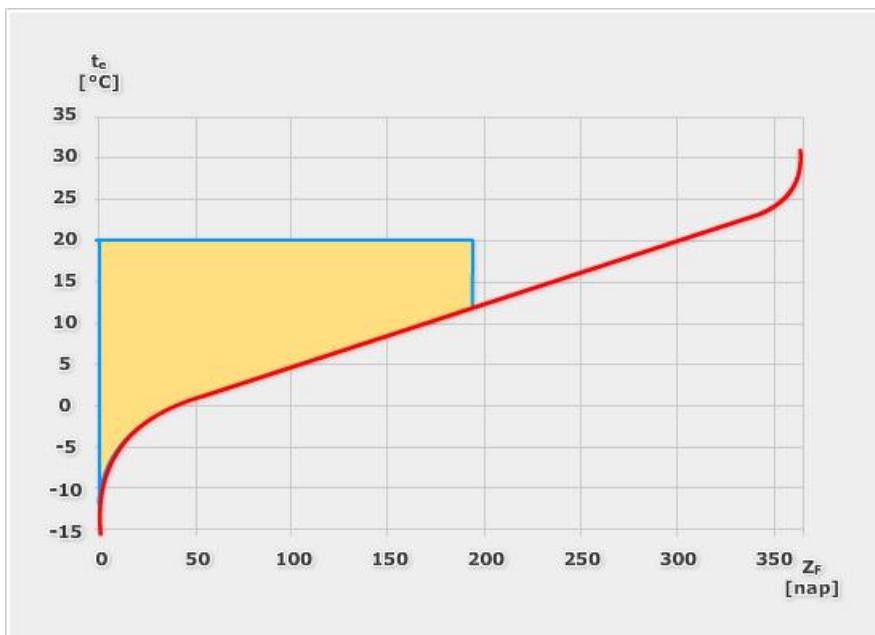
4. Hőfokhíd

Az épületek hővesztesége, így a szükséges fűtőteljesítmény egyenesen arányos a pillanatnyi belső és külső hőmérsékletek különbségével. A teljesítményt megszorozva az idővel energia mennyiséget kapunk. Mivel a hőfok-gyakorisági görbe vízszintes tengelyén az idő szerepel, ezért a belső hőmérséklet és a görbe közti terület egyenesen arányos az energiagénnel, lásd 1.4.1. ábra.

Ezt a területet hőfokhídnak nevezzük. Jelölésére a $H_{20/12}$ szimbólumot használjuk, ahol az index számlálójában szereplő érték (20) a figyelembe vett belső átlaghőmérsékletet jelöli, a nevező értéke (12) pedig a fűtési határhőmérséklet.

A hőfokhíd mértékegysége [$nap^\circ C/év$]. Az épületenergetikai számítások során célszerűbbnek bizonyult más mértékegység használata, ott az [$1000hK/a$] egységet használják. Tehát nap helyett az óra egységet, illetve praktikus okokból ennek az ezredrészét használják. A Kelvin skála osztása ugyanakkora, mint a Celsius skáláé, ezért váltószám használatára nincs szükség. A nevezőben szereplő „a” a latin anno, amely évet jelent.

Nem csupán éves hőfokhidat szoktak használni, hanem havi, heti, esetleg napi értékeket is.



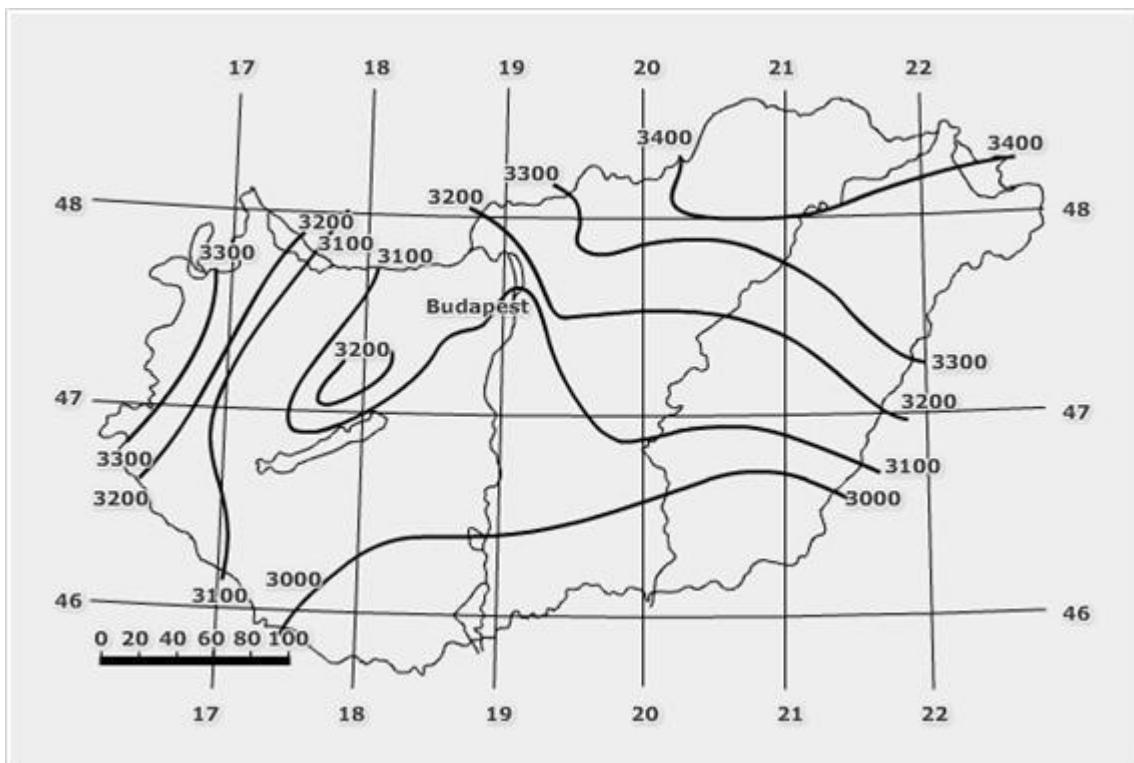
1.4.1. ábra

A terület jobb oldali függőleges lemetszését az indokolja, hogy a +12 °C fűtési határhőmérséklet elérésekor a fűtéster leállítjuk, tehát nincs további tüzelőanyag fogyasztás. Az ábrán szereplő hőfokhíd értéke 3048 nap°C/év.

Az 1.4.2. táblázat néhány magyar település hőfokhíd értékeit tartalmazza, az 1.4. ábra pedig térképen mutatja be a H_{20/10} hőfokhíd értékek területi eloszlását.

Helyszeg	20/12 nap °C/év	Fűtési napok száma	20/10 nap °C/év	Fűtési napok száma	15/10 nap°C/év	Fűtési napok száma
Magyaróvár	3364	208	3159	185	2085	160
Keszthely	3110	197	2896	173	1873	150
Pécs	2969	189	2764	166	1788	143
Budapest	3070	193	2783	171	1877	148
Kecskemét	3251	198	3054	176	2044	154
Szeged	2978	188	2773	165	1814	144
Nyíregyháza	3477	204	3259	183	2221	162
Kékestető	4598	262	4322	231	3098	210

1.4.2. ábra Forrás: Völgyes: Fűtéstechnikai adatok



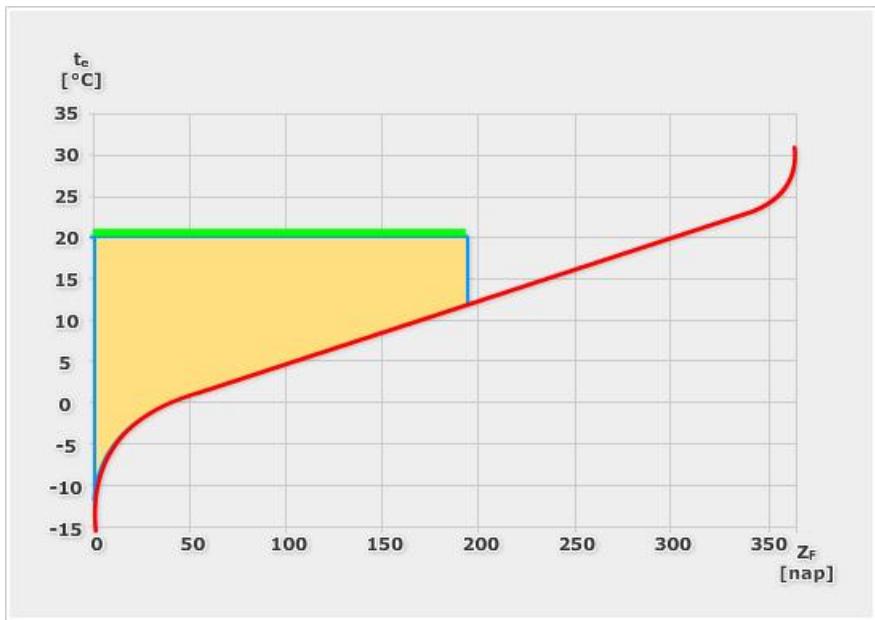
1.4.3. ábra Forrás: Völgyes: Fűtéstechnikai adatok

Az 1.4.4. táblázat néhány nagyváros H_{20/12} hőfokhídját mutatja be:

Helységnévek	Fűtési napok száma	Hőfokhíd nap °C/év
Budapest	188	3061
Szófia	201	3270
Moszkva	248	5450
Tbiliszi	171	2610
Verhovansk	315	12980
Bern	233	3870
Locarno	183	2610
Zürich	225	3590
Bécs	211	3500
Berlin	216	3520
Hamburg	233	3670
Stuttgart	212	3210
London	230	3080
Helsinki	273	5350
Marseille	153	1730
Párizs	215	3040
Firenze	154	1950
Róma	136	1530
Varsó	224	3920
Lisszabon	92	840

1.4.4. ábra Forrás: Völgyes: Fűtéstechnikai adatok

Nézzük, mire használható ez a hőfokhíd. Ha az épület belső hőmérsékletét 1 °C-kal megnövelnénk, de a fűtési határhőmérséklet változatlan maradna, akkor a terület egy 1 °C magasságú, 192 nap szélességű téglalappal növekedne, tehát a téglalap területe 192nap°C/év. Ez a növekedés 192/3048=0,063 mértékű, tehát az a közismert eredmény adódott, hogy 1°C belső hőmérséklet-emelés 5-6 % energiafelhasználás növekedést eredményez.



1.4.5. ábra

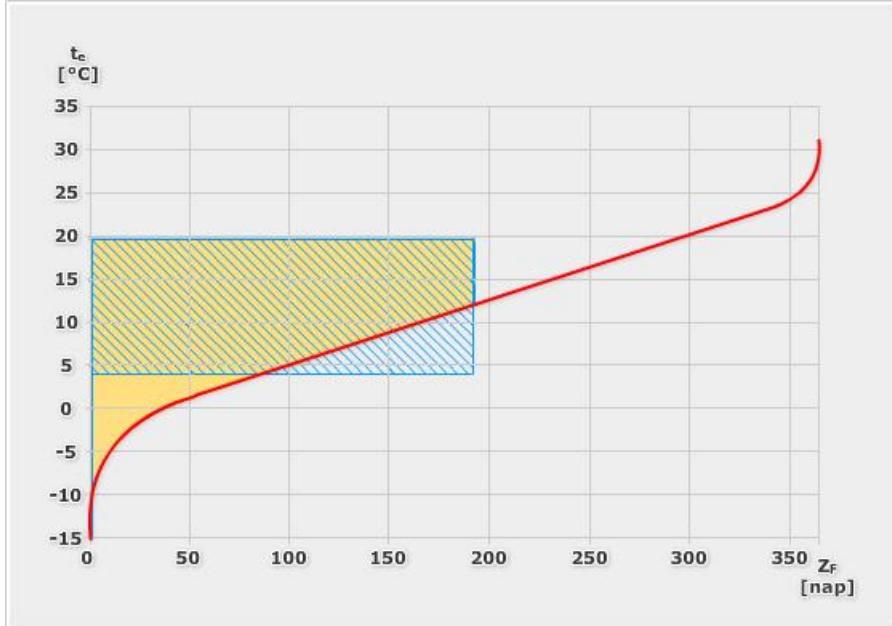
Ha a hőfokhidat a területével megegyező, a fűtési napok számával egyező szélességű téglalappal helyettesítjük (lásd 1.4.6. ábra), akkor tulajdonképpen arról beszélünk, mi lenne, ha a teljes fűtési idényben állandó lenne a külső hőmérséklet. Ennek a téglalapnak a magassága:

$$\Delta t_{b,\text{atm}} = t_i - t_{e,\text{atm}} = \frac{H_{20/12}}{Z_F} = \frac{3048}{192} = 15,9 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

A hőmérséklet különbség felhasználásával a fűtési idény átlaghőmérséklete számítható:

$$t_{e,\text{atm}} = t_i - \Delta t_{b,\text{atm}} = 20 - 15,9 = 4,1 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Tehát a budapesti meteorológiai adatsorból számított téli átlaghőmérséklet értéke $+4,1^{\circ}\text{C}$.



1.4.6. ábra

A hőfokhíd nagysága és a fűtési idény hosszúságának értéke a belső hőmérséklet és a fűtési határhőmérséklet értékeitől függ. Vannak épületek, amelyek belső hőmérséklete markánsan eltér a lakóépületeknél megszokott 20°C értéktől. Raktárak, műhelyek lényesen alacsonyabb, fürdők, wellness épületek pedig magasabb belső hőmérsékletet igényelnek, ami természetesen a fűtési energiafogyasztásra is kihat. Fontos ezért, hogy a hőfokhíd és fűtési idény hosszúság értékét ezeknél az épületeknél is számítani tudjuk. Ebben segít az 1.4.7. táblázat.

Fűtési határhőmérséklet [°C] t_m	Fűtési idény hossza [h] Z_F	Hőfokhíd [hK/a] $H_{20/m}$
-19	0,9	30,9
-18	1,7	61,0
-17	3,3	120,5
-16	4,9	178,4
-15	5,7	206,1
-14	5,7	206,1
-13	8,9	312,2
-12	16,1	542,6
-11	25,7	840,2
-10	35,3	1128,2
-9	52,1	1615,4
-8	84,0	2509,2
-7	135,9	3908,9
-6	173,3	4882,3
-5	230,9	6322,3
-4	317,3	8395,9
-3	415,7	10659,1
-2	551,3	13642,3
-1	706,1	16893,1
0	929,3	21357,1
1	1178,9	26099,5
2	1486,1	31629,1
3	1831,7	37504,3
4	2174,9	42995,5
5	2496,5	47819,5
6	2822,9	52389,1
7	3158,9	56757,1
8	3451,7	60270,7
9	3756,5	63623,5
10	4073,3	66791,5
11	4361,3	69383,5
12	4615,7	71418,7
13	4886,9	73317,1
14	5147,3	74879,5
15	5452,1	76403,5
16	5759,3	77632,3
17	6104,9	78669,1
18	6450,5	79360,3
19	6810,5	79720,3
20	7154,9	79720,3
21	7502,9	79372,3
22	7829,3	78719,5
23	8135,3	77801,5
24	8375,3	76841,5
25	8545,7	75989,5
26	8632,1	75471,1
27	8679,6	75138,5
28	8720,7	74810,1
29	8732,7	74702,1
30	8738,2	74646,9
31	8739,8	74629,2

1.4.7. ábra

A fűtési idény hossza (Z_F) a táblázatból olvasható ki. Ez tulajdonképpen a hőfok-gyakorisági görbe táblázatos formában. A fűtési idény hossza a fűtési határhőmérsékletnél alacsonyabb hőmérsékletű órák száma, a táblázat utolsó oszlopában pedig a 20 °C belső hőmérsékletre és az adott fűtési határhőmérsékletre számított hőfokhíd értéke szerepel. Ettől eltérő belső hőmérséklet esetén a fűtési hőfokhíd értéke az alábbi összefüggéssel számítható:

$$H = H_{20\text{h}_m} - (20 - t_{i,m}) \cdot Z_F \quad [\text{hK/a}]$$

Amennyiben a fűtési határhőmérséklet nem kerek érték, akkor a táblázat szomszédos értékeinek felhasználásával mind a fűtési idény hosszúság, mind a hőfokhíd értékét interpolálni lehet.

5. Energiafogyasztás számítása

A fűtési hőfokhíd egyenesen arányos az energiafogyasztással, ezért az épületek fűtési hőfogyasztásának számítására jól használható. A fűtési rendszer éves energiaigényét az alábbi összefüggéssel lehet számítani:

$$E_F = \frac{H \cdot \dot{Q}_F \cdot \text{const} \cdot 3600}{(t_i - t_{e,m})} \quad [\text{kJ/a}]$$

ahol:

H éves hőfokhíd [nap°C/év]

\dot{Q}_F az épület méretezési hővesztesége [kW]

t_i az átlagos belső hőmérséklet [°C]

$t_{e,m}$ a méretezési külső hőmérséklet [°C]

Az összefüggésben szereplő 3600 s/h szorzótényezőre az idő mértékegységek átváltása miatt van szükség. A számlálóban szereplő konstans szerepe a fűtés szakaszosságából és a belső hőterhelésekből adódó megtakarítások figyelembe vétele, mert ezekkel a hőszükséglet számításánál nem foglalkozunk. Ez az egyetlen bizonytalan és szubjektív megítélés alá eső paraméter az összefüggésben. Értékét korábban 14÷18 [óra] nagyságrendként jelölték meg. Ez a 60-as években épült, nem hőszigetelt, és fűtésszabályozás nélküli épületekre jellemző érték. A mai, jól hőszigetelt épületeknél a jelentősen lecsökkenő hőveszteség miatt már sokkal markánsabb a hőnyereségek hatása, ezért ma inkább 8÷12[óra] értékkel célszerű számolni.

Ha az összefüggésben a hőfokhíd helyére a korábban megismert

$$H_{20\text{h}_{12}} = (t_i - t_{e,m}) \cdot Z_F$$

összefüggést használjuk, akkor az éves fűtési energiafogyasztás az alábbi módon is felírható:

$$E_F = \frac{(t_i - t_{e,m})}{(t_i - t_{e,m})} \cdot Z_F \cdot \dot{Q}_F \cdot \text{const} \cdot 3600 \quad [\text{kJ/a}]$$

Ennek az összefüggésnek is van kiolvasható értelme, hiszen a hőfokhidat most olyan módon helyettesítettük, hogy azt tételeztük fel, a teljes fűtési idényben az átlagos téli külső hőmérséklet van. Ebben az esetben a méretezési hőmérsékletnél jellemző hőveszteséghez képest a hőmérsékletkülönbségek arányában korrigált átlagos veszteség lesz a teljes fűtési idényben jellemző. Ezt a teljesítményt kell a fűtési idény hosszával szorozni, hogy az elfogyasztott energiához jussunk.

Ha az energiaigény helyett a tüzelőanyag fogyasztást kívánjuk meghatározni, akkor szükség van a tüzelőanyag fűtőértékére (H_a) és a tüzelőberendezés éves hatásfokára (η_a):

$$B_a = \frac{E_F}{H_a \cdot \eta_a} \quad [kg/a \text{ vagy } m^3/a]$$

Végül nézzünk két számpéldát a tüzelőanyag-fogyasztásra:

Legyen egy 16 kW méretezési hőveszteségű lakóépületünk, amelynek gázfogyasztását szeretnénk meghatározni. A felhasznált gáz fűtőértéke 34000 kJ/m³. Az épületben alacsony hőmérsékletű kazán üzemel, amelynek éves hatásfoka 93 %. Az épület korszerű, szigetelt épület, ezért a konstans értékét 10-re választjuk.

$$B = \frac{G_{20/12} \cdot \dot{Q}_m \cdot const \cdot 3600}{H_a \cdot \eta_k \cdot (t_b - t_{km})} = \frac{3048 \cdot 16 \cdot 10 \cdot 3600}{34000 \cdot 0,93 \cdot (20 - (-13))} = 1680 m^3/\text{év}$$

Fatüzelésű kandallóval egy 5 kW méretezési hőveszteségű nappalit és konyhát kívánnak fútni, a tűzifa fogyasztását szeretnénk meghatározni. Az épület korszerű, szigetelt épület, ezért a konstans értékét 10-re választjuk. A száraz fa fűtőértéke 13 300 kJ/kg. A beépített kandalló éves hatásfokát 70 % értékre becsülve és helyiséghőmérsékletet 22°C-ra felvéve a számított tüzelőanyag igény:

$$B = \frac{G_{20/12} \cdot \dot{Q}_m \cdot const \cdot 3600}{H_a \cdot \eta_k \cdot (t_b - t_{km})} = \frac{3048 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 3600}{13300 \cdot 0,7 \cdot (22 - (-13))} = 1700 kg/\text{év}$$

2. fejezet - Épületszerkezetek hő- és páratechnikai számításai

Az épületszerkezetek épületfizikai számításai során számos tulajdonság számítása, ellenőrzése történik meg. Jelen fejezetben az energetikai számítás során legfontosabb paraméterek számításaira térünk ki csupán. Ezt kiegészítjük a páradiffúzió számításával, mert ennek kapcsán lehet a legmarkánsabb hibákat kiszűrni. A szerkezetek páradiffúziós számításával kapcsolatos kérdéseket az MSZ-04-140-2:1991 szabvány szabályozza.

1. Hő- és páratechnikai számítás

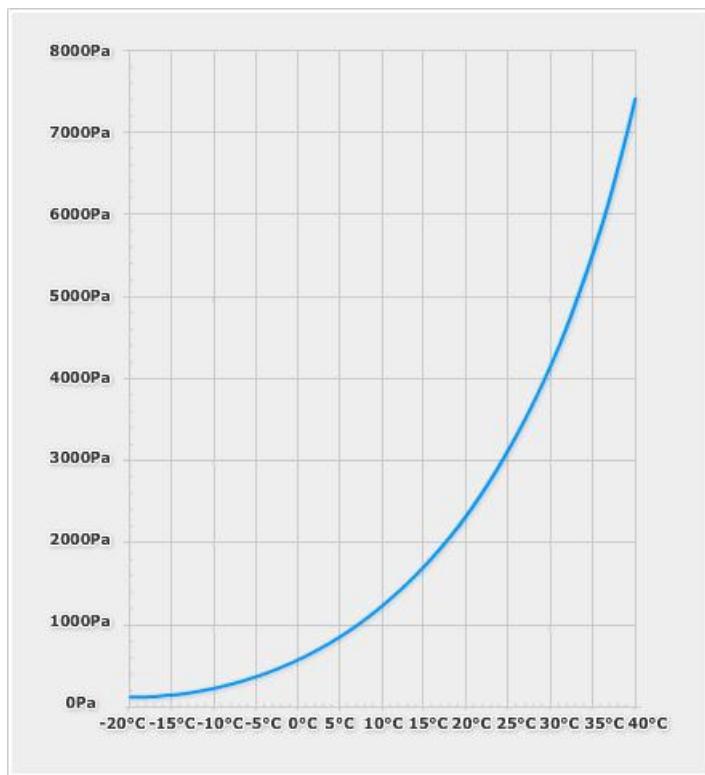
Az épületszerkezeteken keresztül mind hőenergia, mind vízgőz áramlik. Ezek számítása sok hasonlóságot mutat, ezért ezeket együtt fogjuk bemutatni. A hőáram esetén a hajtóerő a hőmérsékletek különbsége a szerkezet két oldalán, míg a páraáram a két oldalon fellépő parciális vízgőznyomások különbségével arányos.

A nedves levegő a vízgőznek és a száraz levegőnek a keveréke. A gyakorlatunkban előforduló hőmérséklettartományban ideális gáznak tekinthetjük a száraz levegőt és a vízgőzt is, vagyis érvényes a Dalton-törvény. A levegő vízgőz felvező képessége erősen hőmérsékletfüggő. Adott hőmérsékletű levegőben eltérő mennyiségű víz lehet jelen, így beszélhetünk telítetlen, telített és túltelített légállapotról.

Az alábbi táblázat és diagram azt mutatja be, hogyan változik a hőmérséklet függvényében a telített légállapotú levegőben a vízgőz nyomása, tehát a telítési vízgőznyomás:

t [°C]	p _{vt} [Pa]										
-20	103	-10	259	0	611	10	1228	20	2337	30	4241
-19	113	-9	283	1	657	11	1312	21	2486	31	4491
-18	125	-8	309	2	706	12	1402	22	2643	32	4753
-17	137	-7	338	3	758	13	1497	23	2808	33	5028
-16	150	-6	368	4	813	14	1598	24	2983	34	5317
-15	165	-5	401	5	872	15	1705	25	3167	35	5621
-14	181	-4	437	6	935	16	1818	26	3360	36	5939
-13	198	-3	475	7	1002	17	1937	27	3564	37	6273
-12	217	-2	517	8	1073	18	2063	28	3779	38	6623
-11	237	-1	562	9	1148	19	2197	29	4004	39	6989

2.1.1. ábra



2.1.2. ábra

A **relatív nedvességtartalom** egy viszonyszám, ami megmutatja, hogy adott állapotú levegőben levő vízmennyiség hány százaléka az azonos hőmérsékletű, de telített levegőben levő vízgőznek. Ezt a parciális nyomásokkal, illetve a levegőben levő vízmennyiséggel kifejezve:

$$\varphi = \frac{p_v}{p_{vt}} \cdot 100 \quad [\%] \qquad \varphi = \frac{x_v}{x_{vt}} \cdot 100 \quad [\%]$$

ahol:

p_v a levegőben levő parciális vízgőznyomás, Pa

p_{vt} a levegőben levő telítési vízgőznyomás, Pa

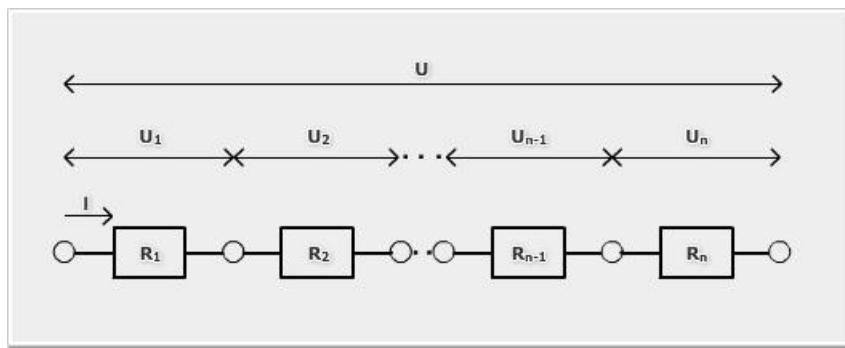
x_v 1 kg száraz levegőben levő vízmennyiség, g/kg

x_{vt} 1 kg száraz levegőben levő telítési vízmennyiség, g/kg

Ha tehát -2°C hőmérsékletű, 90 % relatív nedvességtartalmú levegőről beszélünk, akkor abban a vízgőz parciális nyomása (a táblázatból kiolvasott telítési vízgőznyomással):

$$p_v = \frac{\varphi \cdot p_{vt}}{100} = \frac{90 \cdot 517}{100} = 465 \quad [Pa]$$

A falszerkezeteken keresztül történő hőenergia átáramlás és a vízgőz diffúzió számítása során egyaránt állandósult állapotot szokás feltételezni, illetve azt, hogy a hőáram és vízgőzáram a szerkezetben mindenütt azonos. Ezt talán legszemléletesebben a villamos analógiával lehet magyarázni. A következőkben a három folyamat számításai során felhasznált összefüggésekkel fogjuk az analógiát bemutatni.



2.1.3. ábra

Ha n db villamos ellenállást sorba kötünk, akkor az eredő ellenállás értéke:

$$R = \sum_{j=1}^n R_j \quad [\Omega]$$

Ha a sorba kötött ellenállásokra U feszültséget kapcsolunk, akkor az azokon folyó áram erőssége:

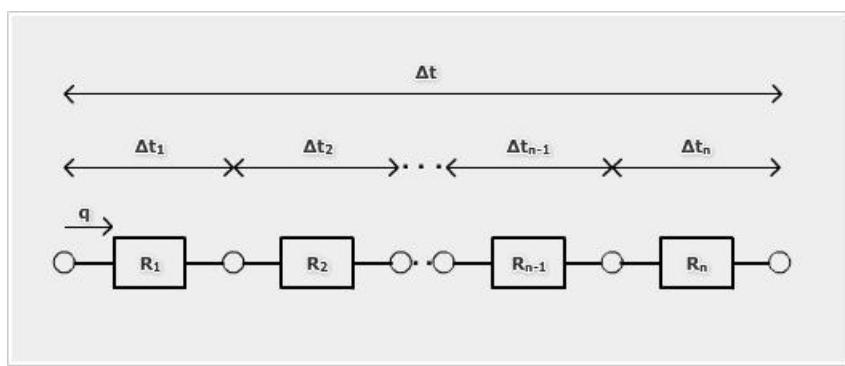
$$I = \frac{U}{R} \quad [A]$$

Az egyes ellenállások feszültségesése:

$$U_j = I \cdot R_j \quad [V]$$

Az egyes ellenállások feszültségesésének összege az áramkörre kapcsolt feszültséget adja:

$$U = \sum_{j=1}^n U_j \quad [V]$$



2.1.4. ábra

Hasonlóképpen, ha egy többrétegű falszerkeztnél, a fal két oldala közt hőmérsékletkülönbség van, akkor az ennek hatására folyó hőáram erőssége függ az eredő hővezetési ellenállástól:

$$R = \sum_{j=1}^n R_j \quad \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Ebben az esetben azonban nem csak a fal egyes rétegeinek van hővezetési ellenállása, hanem a falszerkezet különböző részein is van úgynevezett konvekciós ellenállás, ahol a hő a levegőből lép a falba, illetve a falból a levegőbe, ezért a fal felületi hőmérséklete eltér a levegő hőmérsékletétől. Ezeket a felületi hőátadási tényezőből adódó ellenállásokat a hőátadási tényezők reciprokaként számíthatjuk:

$$R_e = \frac{1}{\alpha_e} \quad R_i = \frac{1}{\alpha_i} \quad \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Az egyes rétegek hővezetési ellenállása a réteg vastagságának és hővezetési tényezőjének a hányadosa:

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Ha a különböző és belső hőmérsékletek között $\Delta t = t_i - t_e$ különbség van, akkor az ennek hatására kialakuló hőáram:

$$\dot{q} = \frac{\Delta t}{R} \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Az egyes hővezetési ellenállásokon a hőmérsékletváltozás:

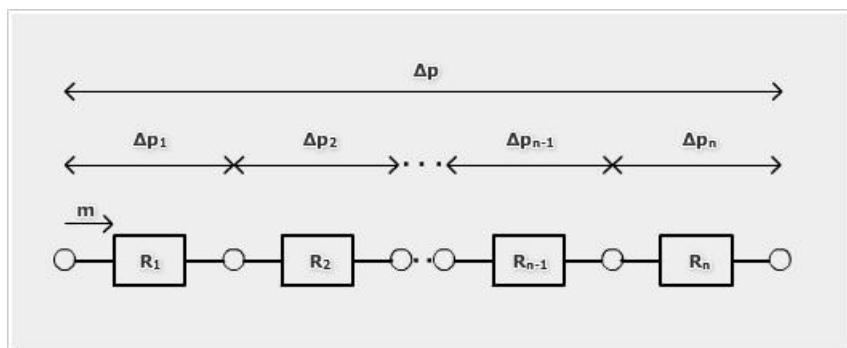
$$\Delta t_j = \dot{q} \cdot R_j \quad [{}^\circ C]$$

Az egyes hőmérsékletváltozások összege a különböző és belső hőmérsékletek különbségeit adja:

$$\Delta t = \sum_{j=1}^n \Delta t_j \quad [{}^\circ C]$$

A szerkezetek jellemzésére a szakemberek az eredő hővezetési ellenállás reciprokát, a hőátbocsátási tényezőt szokták használni (régebbi szakirodalmakban az U helyett a k jelölés található). Többrétegű sík fal esetén a hőátbocsátási tényező az alábbi összefüggéssel számítható:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_i}} \quad \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$



2.1.5. ábra

A falszerkezeten átdiffundáló vízgőz árama a szerkezet egyes rétegeiből számított eredő páravezetési ellenállástól és a két oldalon mérhető parciális vízgőznyomások különbségétől függ. Az eredő páravezetési ellenállás:

$$R = \sum_{j=1}^n R_j = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\delta_j} \quad \left[\frac{m^2 s P a}{kg} \right]$$

Itt a külső és belső hőátadási tényezőkhöz hasonló jelenséggel nem találkozunk, mert a levegő páravezetési ellenállása elhanyagolható a többi szilárd anyagéhoz képest, ezért a felületen és a felülettől távolabb a parciális vízgőznyomás egyformának tekinthető.

Ha a fal két oldala közt $\Delta p = p_i - p_e$ parciális vízgőznyomás különbség van, akkor az ennek hatására kialakuló anyagáram:

$$\dot{m} = \frac{\Delta p}{R} \quad \left[\frac{kg}{sm^2} \right]$$

Az egyes rétegekben a nyomásváltozás:

$$\Delta p_j = \dot{m} \cdot R_j \quad [Pa]$$

Az egyes nyomásváltozások összege a fal két oldala közti nyomáskülönbséget adja:

$$\Delta p = \sum_{j=1}^n \Delta p_j \quad [Pa]$$

A számítások célja azt megvizsgálni, hogy a szerkezetben ki tud-e alakulni páralecsapódás vagy sem. Állandósult állapotban ehhez az alábbi számításokat kell elvégezni:

- Az adott belső és külső hőmérséklet mellett a szerkezeten átáramló hőenergia és a réteghatárok hőmérsékletének meghatározása, a hőmérséklet lefutás vonalának megszerkesztése.
- A réteghatár hőmérsékletekhez tartozó telítési páranyomások meghatározása.
- Az adott belső és külső relatív nedvességtartalmak felhasználásával a parciális vízgőznyomás lefutás megszerkesztése.
- Ha minden pontban teljesül, hogy a parciális vízgőznyomás nem éri el a telítési értéket ($p_v < p_{vt}$), akkor lecsapódásra nem kell számítani.

A folyamat lassúsága és a megengedhető kockázat alapján $t_e = -2$ °C külső hőmérséklettel és az ehhez tartozó $\varphi_e = 90$ % relatív páratartalommal (ezek nagyjából a január havi átlagos adatok), valamint a helyiség rendeltetésétől függő t, és p, értékekkel számolunk.

Korábban ezeket a függvényeket a szerkezetek vastagságának függvényében ábrázolták (Glaser-diagram). Manapság annak érdekében, hogy a grafikusan megoldandó feladatrészek szerkesztéseit pontosabban és gyorsabban végezhessék (főleg, hogy a telítési görbe esetenkénti szerkesztését megtakaríthassák), a diagram vízszintes tengelyén hőmérsékletskálát alkalmaznak (t-p_v diagram).

Példa:

Végezze el az alábbi falszerkezetet páradiffúziós ellenőrzését! A szerkezet az alábbi rétegekből épül fel:

0,5 cm külső vakolat

8 cm közetgyapot hőszigetelés

38 cm kisméretű téglalap falazat

1,5 cm mészvakolat

A külső hőátadási tényező $24 \text{ W/m}^2\text{K}$, a belső pedig $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ értékű. A számítást $t_e=-2^\circ\text{C}$, $\varphi_e=90\%$ külső légállapot és $t_i=20^\circ\text{C}$, $\varphi_i=50\%$ belső légállapot mellett kell elvégezni.

Az egyes rétegek hővezetési tényezőjét és párváezetési tényezőjét az alábbi táblázat tartalmazza. Ebben lehet nyomon követni az egyes rétegek hővezetési ellenállását. A hővezetési ellenállások összege és az úgynevezett rétegtervi hőátbocsátási tényező értéke (ami a falszerkezet rétegein, valamint a külső és belső hőátadási tényezökön kívül semmilyen más hatást nem vesz figyelembe):

$$R = \sum_{j=1}^n R_j = 3,1004 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{3,1004} = 0,326 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

A kialakuló hőáram:

$$\dot{q} = \frac{\Delta t}{R} = \frac{20 - (-2)}{3,1004} = 7,096 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Az egyes rétegekben ilyen hőáram mellett bekövetkező hőmérsékletváltozások, illetve réteghatár hőmérsékletek a táblázatban követhetők nyomon. Mivel markánsan a hőszigetelés ellenállása a legnagyobb, ezért a legnagyobb hőmérsékletváltozás abban következik be.

A páradiffúziós számítás során hasonlóan járunk el. Arra kell csupán figyelni, hogy a nagyon kis számok miatt a gyakorlatban nem az SI alapmértékegységeket szokták használni.

Az eredő párváezetési ellenállás értéke:

$$R = \sum_{j=1}^n R_j = 14,453 \frac{\text{m}^2\text{sMPa}}{\text{g}}$$

20°C hőmérsékleten a levegő telítési vízgőznyomása 2337 Pa, ezért az 50% relatív nedvességtartalmú levegő parciális vízgőznyomása:

$$p_i = \varphi \cdot p_{it} = 0,5 \cdot 2337 = 1169 \text{ Pa}$$

Hasonlóképpen a -2°C hőmérsékletű és 90% relatív nedvességtartalmú levegő telítési vízgőznyomása 517Pa, így a parciális vízgőznyomás 465 Pa.

A nyomáskülönbség hatására diffundálódó páraáram:

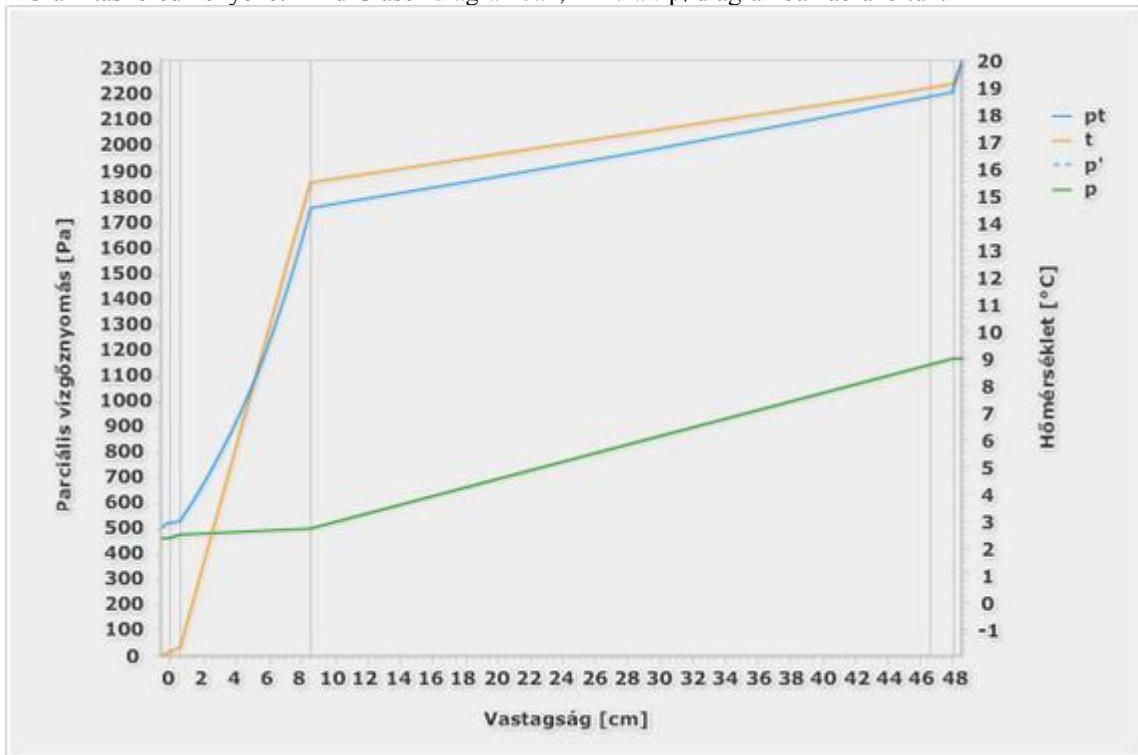
$$\dot{m} = \frac{\Delta p}{R} = \frac{(1169 - 465) \cdot 10^{-6}}{14,453} = 48,7 \cdot 10^{-6} \frac{\text{g}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$$

Az ilyen páraáram mellett kialakuló nyomásváltozások, illetve a réteghatáron jellemző parciális vízgőznyomások ugyancsak a táblázatban láthatóak. Azt, hogy a parciális vízgőznyomás mennyire közelíti meg a telítési értéket, a relatív nedvességtartalom értékek mutatják meg legszemlélethesebben.

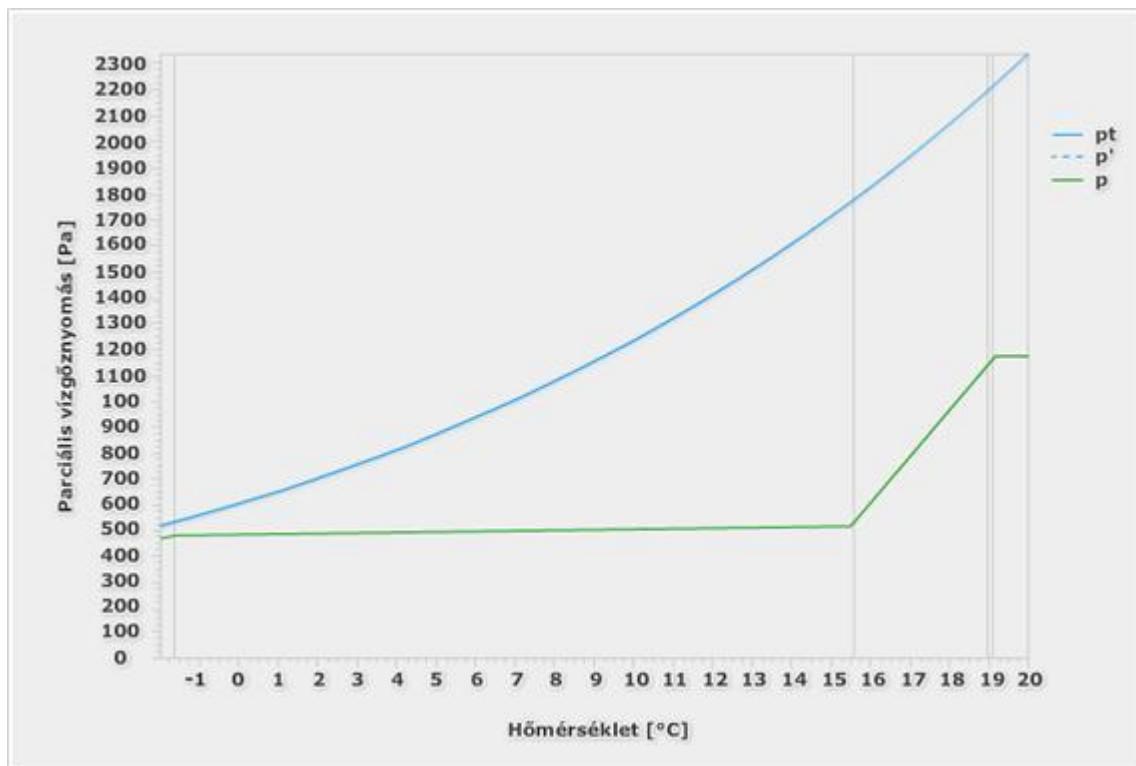
Réteg megnevezése	d [cm]	λ [W/mK]	R [m^2K/W]	t _a [°C]	t _b [°C]	d [g/msMPa]	R _e [m^2sMPa/g]	p _c [Pa]	p _i [Pa]	Φ _c [%]	Φ _i [%]
Külső hőátadási tényező $a_e=24 W/m^2K$			-2,00	-1,70				465	465	90	88
Külső vakolat	0,5	0,99	0,0051	-1,70	-1,67	0,020	0,2500	465	477	88	90
Közvetgyapot hőszigetelés	8,0	0,03	2,4242	-1,67	15,53	0,168	0,4752	477	500	90	28
Tömör égetett agyagtégla fal	38,0	0,78	0,4872	15,53	18,99	0,029	13,1030	500	1139	28	52
Mészvakolat	1,5	0,87	0,0172	18,99	19,11	0,024	0,6250	1139	1169	52	53
Belső hőátadási tényező $a_i=8 W/m^2K$			0,1250	19,11	20,00			1169	1169	53	50

2.1.6. ábra

A számítási eredményeket mind Glaser-diagramban, mind a t-p_v diagramban ábrázoltuk.



2.1.7. ábra



2.1.8. ábra

A következőkben számítással ellenőrizzük, hogy mi történik a szerkezettel, ha ugyanazokat a rétegeket alkalmazva a hőszigetelést a belső felületen helyezzük el.

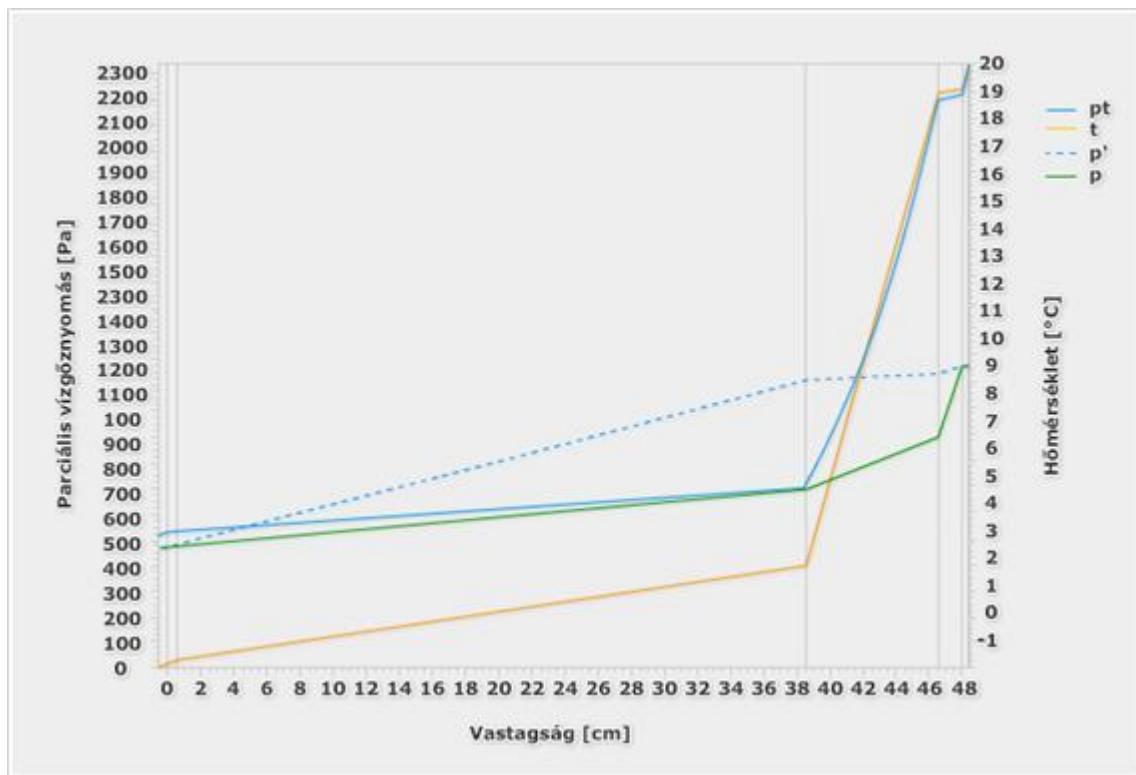
A rétegek hővezetési ellenállása változatlan, tehát ezért a hőátbocsátási tényező és a hőáram értéke is változatlan marad. Csupán annyi a változás, hogy a sorrend változása miatt a réteghatár hőmérsékletek lesznek helyenként mások.

A parciális vízgőznyomásokat az előzőekben megismert módszer szerint számítva, a téglá és a hőszigetelés határán a telítési nyomásnál nagyobb parciális vízgőznyomás érték adódik. A diagramokban a szaggatott zöld vonal ábrázolja ezt az eredményt. Ezekre az értékekre van szükség ahhoz, hogy a szerkezetben végig ugyanaz a páramennyisége áramoljon.

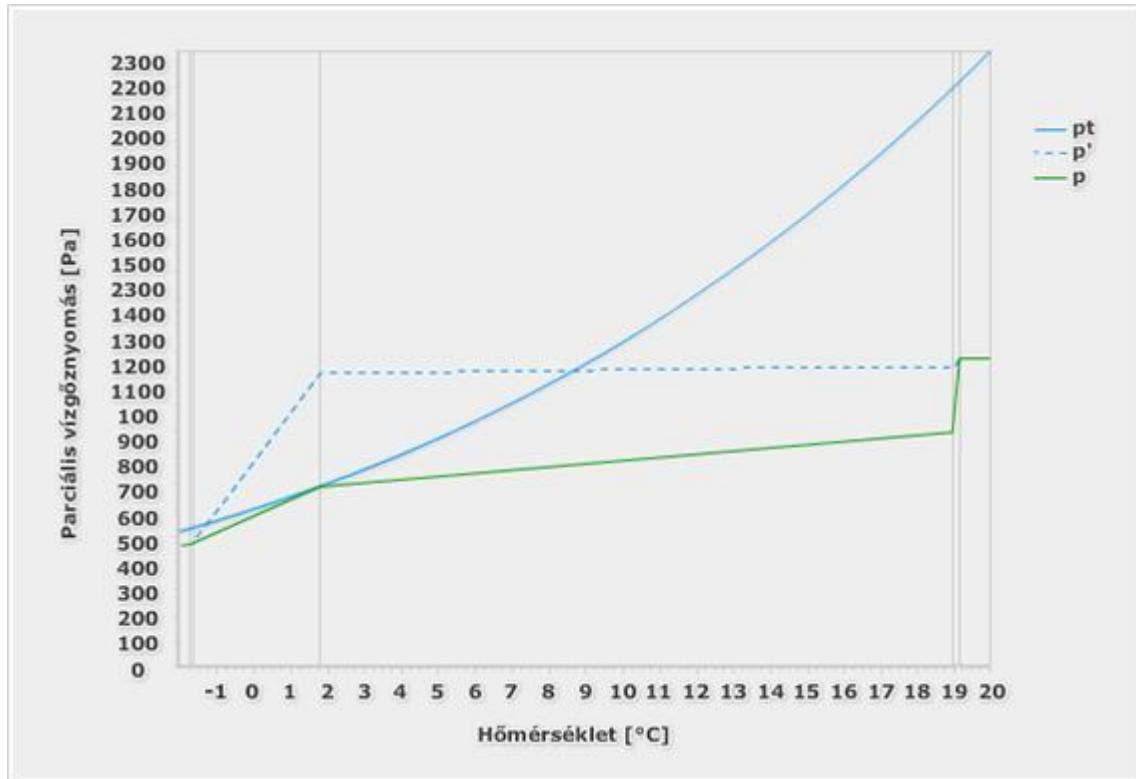
Az eredmény azonban fizikai képtelenség: a parciális vízgőznyomás nem lehet a telítési értéknél magasabb, maximum azzal egyenlő lehet. A valójában kialakuló parciális vízgőznyomás alakulását a folyamatos zöld vonal mutatja be, szerkesztésének részletes leírása meghaladja a jegyzet kereteit, ezért erre most nem térünk ki.

Réteg megnevezése	d [cm]	λ [W/mK]	R [m^2K/W]	t _e [°C]	b [°C]	$\frac{d}{R}$ [g/msMPa]	R _t [m^2sMPa/g]	p _e [Pa]	p _i [Pa]	φ_e [%]	φ_i [%]
Külső hőátadási tényező $\alpha_i=24 \text{ W/m}^2\text{K}$			0,0417	-2,00	-1,70			465	465	90	88
Külső vakolat	0,5	0,99	0,005	-1,70	-1,67	0,020	0,2500	465	469	88	88
Közetzgapot hőszigetelés	38,0	0,78	0,487	-1,67	1,79	0,029	13,1030	469	1116	88	162
Tömör égetett agyagtéglá fal	8,0	0,03	2,424	15,53	18,99	0,168	0,4752	1116	1139	162	52
Mészvakolat	1,5	0,87	0,017	18,99	19,11	0,024	0,6250	1139	1169	52	53
Belső hőátadási tényező $\alpha_i=8 \text{ W/m}^2\text{K}$			0,125	19,11	20,00			1169	1169	53	50

2.1.9. ábra



2.1.10. ábra



2.1.11. ábra

Az a tény, hogy a parciális vízgőznyomás értékét korrigálni kellett, egyúttal azt is jelenti, hogy a szerkezeten keresztül diffundálódó vízgőz mennyisége változó. A téglá és a hőszigetelés határán az állandó tömegáramhoz tartozó parciális vízgőznyomáshoz képest alacsonyabb a tényleges érték. Ennek viszont az a következménye, hogy a belső oldalról a számított hőszigeteléshez képest nagyobb a vízgőz áram, mert nagyobb a hajtóerő, illetve a kifelé áramló vízgőz mennyisége a számítottnál kisebb. A szerkezetbe tehát több a beáramló vízgőz mennyisége, mint

amennyi onnan távozni képes. A különbség a szerkezetben levő víz mennyiségét növeli, majd amikor eléri a telítési értéket, attól kezdve kondenzálódik.

A szerkezetbe bekerülő, illetve távozó víz mennyiségek számítása lehetőséget nyújt arra, hogy feltöltődési és kiszáradási folyamatokat is számításokkal modellezünk.

A kondenzáció a szerkezetekben a kis tömegáramok hatására komoly károsodásokat tud okozni. Egyes szerkezeti anyagok tönkremennek, például a gipsz készítmények szétmállanak, a szerves anyagból, papírból készült szerkezeteknél a víz hatására azok megduzzadnak. A szerves anyagokban esetleg rothadási folyamat indul meg, a nedves felület a penészesedés táptalaja lehet. A külső rétegekben ez a kondenzátum meg is fagyhat ez okozhat komoly károsodásokat.

2. Hővezetési tényezők

A hővezetési tényező függ az anyag hőmérsékletétől, ami a szokványos építőipari esetekben elhanyagolható, de például kemence vagy kéményépítés esetében jelentős lehet. Különösen a lazább szerkezetű anyagok hővezetési tényezője erősen függ az anyag nedvességtartalmától, azaz közvetve az építési technológiától, az időjárástól, a használati körülményektől.

A tervezés, a méretezés folyamán az anyagoknak a beépítés, a használati mód hatásait is tükröző hővezetési tényezőit kell figyelembe venni. Ha ilyen adatok nem állnak rendelkezésre, akkor a „gyári új” anyagok hővezetési tényezőit tapasztalati összefüggések alapján korrigálni kell. A korrekciót általában a

$$\lambda = \lambda_0 \cdot (1 + \kappa)$$

összefüggéssel végezik, ahol a λ_0 a „gyári új” anyag hővezetési tényezője, a κ korrekciós tényező a beépítési mód, a használati feltételek függvényében. Adott esetben, ha több hatás is érvényesül (például nedvesség és roskadás), az összefüggésben több κ érték összegzése szerepel.

Tájékoztató adatokat az MSZ-04-140-2/1991 szabvány mellékleteiben találunk.

Anyag és beépítési mód	κ korrekciós tényező
Polisztirol hab, amelyre rávakolnak vagy rábetonoznak	0,42
Perlitbeton ($p \leq 400 \text{ kg/m}^3$), amelyre rábetonoznak	0,57
Bitumoperlit ($p \leq 300 \text{ kg/m}^3$), amelyre rábetonoznak	0,51
Expanzit, amelyre rávakolnak	0,20
Polisztirol hab két falazott réteg között	0,10
Isolynth két falazott réteg között	0,10
Perlit ömlesztve, két falazott réteg között	0,38
Poliuretán (40 kg/m ³) kiszellőztetett légrétegen	0,25
Izofen kiszellőztetett légrétegen	0,25
NIKECELL kiszellőztetett légrétegen	0,50

2.2.1. ábra

A szigetelés beépítése	κ korrekciós tényező
Külső falburkolat vagy hidegtető alá, a külső levegővel érintkező légrétegbe beépített, légzáró bevonattal el nem látott hőszigetelés, a hőszigetelő réteg páradiffúziós ellenállásától függően, ha	
Rv < 0,8 $10^{-9} \text{m}^2 \text{sPa/kg}$	0,35
Rv = 0,8 - 5 $10^{-9} \text{m}^2 \text{sPa/kg}$	0,25
Rv > 5 $10^{-9} \text{m}^2 \text{sPa/kg}$	0,10
Porózus felületű réteg, amelyre az építés vagy a gyártás során habarcsréteget hordanak fel, vagy betonréteget öntenek	0,30
Higroszkopikus hőszigetelő anyagok, könnyübetonok olyan helyiség térelhatároló szerkezetében, ahol a belső relatív nedvesség folyamatosan 80 % felett van,	
ha a helyiség levegőjével közvetlenül érintkezik	0,25
ha attól párafékező vagy beton réteg választja el	0,10
400 kg/m ³ -nél kisebb sűrűségű, ülepedésre, vetemedésre, roskadásra hajlamos hőszigetelés függőleges rétegként beépítve	
ásványgyapot, polisztirolhab	0,20
táblák formájában előregyártva	0,15
Lapostetőkbe beépített hőszigetelő táblák egy rétegen, tompa ütközéssel fektetve	
kasírozás nélkül	0,25
legalább egy oldalról kasírozva	0,10

2.2.2. ábra

Az anyag megnevezése	testsűrűség [kg/m ³]	κ korrekciós tényező
Vasbeton	2400	0,29
Beton	2200	0,31
Könnyübeton	900	0,67
	900-1200	0,55
	1500-1800	0,41
Tégla (tömör vagy üreges)	1000	0,52
	1000-1600	0,39
	1600	0,22
Cementvakolat	1900	0,61

2.2.3. ábra

A 2.2.3. táblázat alkalmazása szempontjából külső hatásoknak kitettnék tekinthető az adott építőanyagból készített réteg, ha:

- a csapadék közvetlenül éri (azaz külső oldalán nincs védő felületképző réteg),
- a talaj nedvessége közvetlenül éri (a vízszigetelés és a talaj közötti réteg/ek).

A hőszigetelések és burkolatok rögzítése gyakran igényli azt, hogy a hőszigeteléseket más anyagokkal keresztezzük, átszúrjuk.

A homlokfelületet nézve a hőszigetelést átszúró vasbetétek kerestmetszete csak néhány ezrelékét teszi ki a teljes felületnek, a vas hővezetési tényezője azonban egy-két ezerszerese a szokásos hőszigetelések hővezetési tényezőjének! Ezért e karcsú „pontszerű” hőhidak igen nagy hőáram átvezetésére képesek.

A vasbetétek palástján oldalirányban elhanyagolhatóan kevés hő áramlik ki a környező szigetelőanyag nagy ellenállása miatt. Ezért erre az egyetlen esetre a hőáram súlyozott átlaggal számítható, amiből a vasbetétekkel átszúrt hőszigetelés eredő hővezetési tényezője:

$$\lambda_e = \frac{\lambda_v \cdot A_v + \lambda_s \cdot A_s}{A_v + A_s} \quad \left[\frac{W}{mK} \right]$$

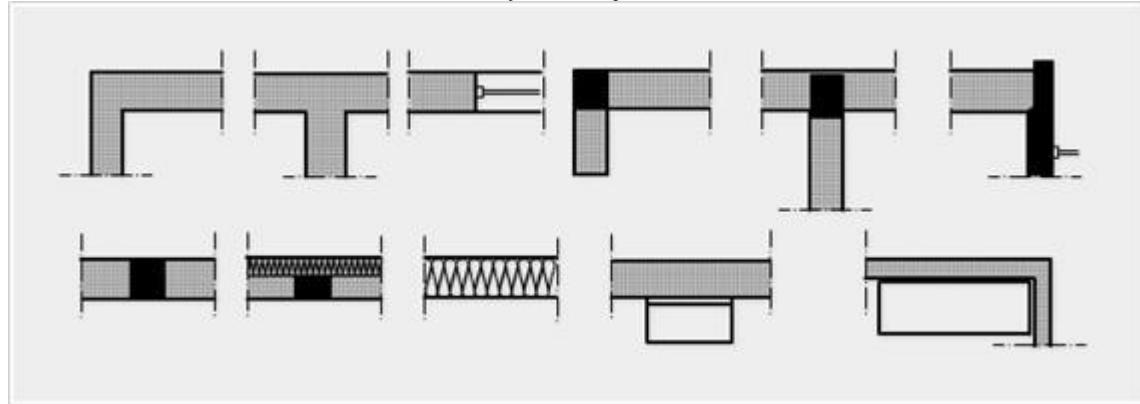
ahol az indexek közül az „e” az eredmény, a „v” a vasra, az „s” pedig a szigetelésre utal.

3. Többdimenziós hővezetés, hőhidak

A határolószerkezetek azon helyein, ahol többdimenziós hőáramlás és hőmérséklet-eloszlás alakul ki, a meghonosodott szóhasználat szerint hőhidakkal nevezzük. A többdimenziós áramok kialakulásának lehetséges okai:

- a geometriai forma önmagában,
- a különböző hővezetési tényezőjű anyagok nem párhuzamos rétegek formájában történő alkalmazása,
- a felületi hőmérséklet egyenlőtlensége eloszlása például a hőátadási tényező változása miatt, amit a felület árnyékolása, a légmozgás akadályozása (pl. bútorozás) okoz,
- az előző hatások kombinációja.

A többdimenziós hőáramok kialakulásának helyeit mutatja a 2.3.1. ábra



2.3.1. ábra

A szerkezeten belüli hőhidak hatását az „eredő” hőátbocsátási tényező számításakor figyelembe kell venni, mivel az úgynevezett rétegtervi hőátbocsátási tényezővel számított, ideális esethez képest a valóságban a hőhidak többlet hőáramokat okoznak. A többdimenziós áramlásnál a hőáramok és hőmérséklet-eloszlás számítását az elemi mérlegegyenletek módszerével végezetjük, de mivel ez a szabatos méretezés idő- és eszközökigényes, a tervezés során gyakran alkalmazunk más, egyszerűsített eljárásokat. A legegyszerűbb az úgynevezett „hőhídkatalógusok” használata, amelyek úgynevezett „sajátléptékben” adják meg a felületi hőmérséklet kritikus értékeit, valamint megtalálhatjuk a vonalmenti hőátbocsátási tényezőket is.

A hőhidak általában vonalak mentén húzódnak (pillér, koszorú, csatlakozási élek, nyílások kerülete stb.) A vonalmenti (lineáris) hőátbocsátási tényező (Ψ) azt fejezi ki, hogy egységnyi hőmérsékletkülönbség mellett mennyi hőáram alakul ki egy folyóméternyi él mentén [W/mK]. A hőáram számítására szolgáló összefüggés:

$$Q = l \cdot \Psi \cdot (t_i - t_e) \quad [W]$$

Néhány tipikus hőhíd tájékoztató értékét az alábbi táblázat mutatja be:

Hőhid fajtája	Vonalmenti hőátbocsátási tényező, Ψ , W/mK	„Kétszeres”
Nyílászárók kerülete mentén általában	0,15	
Nyílászárók kerülete mentén, ha a tokszerkezet a hőszigetelő réteg síkjában van	0	
Falazott szerkezet sarokél	0,10	
Külső oldalán szigetelt szerkezet sarokél	0,15	
Falazott szerkezet, külső és belső fal merőleges csatlakozása	0,06	0,12
Külső oldalán hőszigetelt szerkezet, külső és belső fal merőleges csatlakozása	0,03	0,06
Falazott szerkezet, födém és külső fal csatlakozása (hőszigetelt koszorú)	0,15	0,30
Külső oldalán hőszigetelt fal és födém csatlakozása (hőszigetelt koszorú)	0,03	0,06
Párkány, attika	0,20	
Erkélylemez, loggia pofafal	0,25	0,50

2.3.2. ábra

A 7/2006 TNM rendelet az energetikai számítás során megkülönböztet részletes és egyszerűsített eljárást. Részletes eljárás esetén a tervező minden csatlakozási éltípusra meghatározza Ψ értékét.

Egyszerűsített eljárás esetén nem foglalkozik az egyes éltípusok vonalmenti hőátbocsátási tényezőivel, hanem a rétegtervi hőátbocsátási tényezőt megszorozza egy korrekciós tényezővel, az így kapott „eredő” hőátbocsátási tényező a hőhidak hatását is kifejezi.

$$U_R = U \cdot (1 + \kappa)$$

A κ korrekciós tényező értékeit a szerkezet típusa és a határolás tagoltsága függvényében a 2.3.3. táblázat tartalmazza.

Épülethatároló szerkezetek		A hőhidak hatását kifejező korrekciós tényező κ	
Külső falak	külső oldali, vagy szerkezeten belüli megszakítatlan hőszigeteléssel	gyengén hőhidas ¹⁾	
		közepesen hőhidas ¹⁾	
		erősen hőhidas ¹⁾	
	egyéb külső falak	gyengén hőhidas ¹⁾	
		közepesen hőhidas ¹⁾	
		erősen hőhidas ¹⁾	
Lapostetők		gyengén hőhidas ²⁾	
		közepesen hőhidas ²⁾	
		erősen hőhidas ²⁾	
Beépített tetőteret határoló szerkezetek		gyengén hőhidas ³⁾	
		közepesen hőhidas ³⁾	
		erősen hőhidas ³⁾	
Padlásfödémek ⁴⁾		0,10	
Árkádfödémek ⁴⁾		0,10	
Pincefödémek	szerkezeten belüli hőszigeteléssel ⁴⁾	0,20	
	alsó oldali hőszigeteléssel ⁴⁾	0,10	
Fűtött és fütetlen terek közötti falak, fűtött pincetereket határoló, külső oldalon hőszigetelt falak		0,05	

2.3.3. ábra

- Besorolás a pozitív falsarkok, a falazatokba beépített acél vagy vasbeton pillérek, a homlokzatsíkból kinyúló falak, a nyílászáró-kerületek, a csatlakozó födémek és belső falak, erkélyek, lodzsák, függőfolyosók hosszának fajlagos mennyisége alapján.
 - Besorolás az attikafalak, a mellvédfalak, a fal-, felülvilágító- és felépítmény-szegélyek hosszának fajlagos mennyisége alapján (a tetőfödém kerülete a külső falknál figyelembe véve).
 - Besorolás a tetőélek és élszaruk, a felépítményszegélyek, a nyílászáró-kerületek hosszának, valamint a térd- és oromfalak és a tető csatlakozási hosszának fajlagos mennyisége alapján (a födém kerülete a külső falknál figyelembe véve).
 - A födém kerülete a külső falknál figyelembe véve.

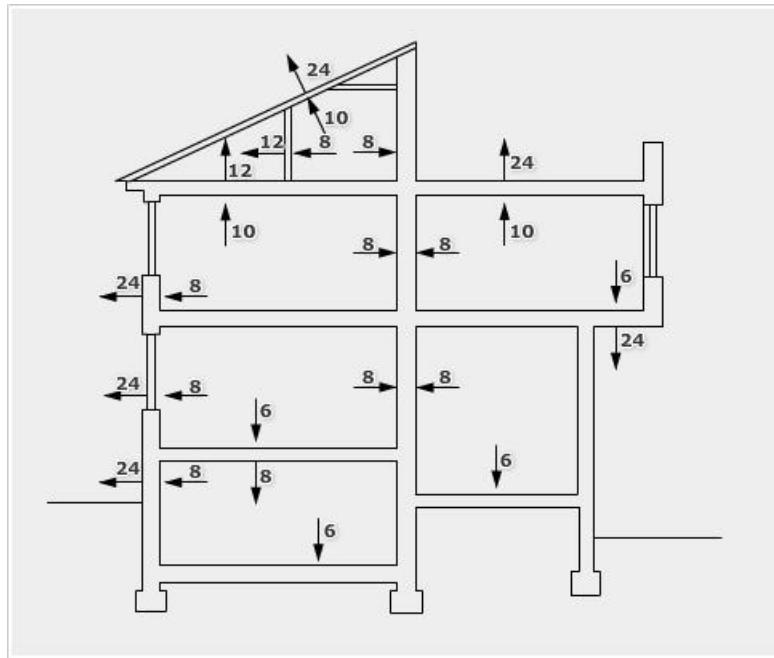
A besoroláshoz szükséges tájékoztató adatokat a 2.3.4. táblázat tartalmazza.

Höhíd fajtája	A höhidak hosszának fajlagos mennyisége (fm/m ²) Épülethatároló szerkezet besorolása		
	gyengén höhidas	közepesen höhidas	erősen höhidas
Külső falak	< 0,8	0,8 – 1,0	> 1,0
Lapostetők	< 0,2	0,2 – 0,3	> 0,3
Beépített tetőtereket határoló szerkezetek	< 0,4	0,4 – 0,5	> 0,5

2.3.4. ábra

4. Hőátadási tényezők

A hőátadási tényezőnek az építőipari tervezésben használt értékeit a 2.4.1. ábra tartalmazza. Megjegyzendő, hogy ezek az értékek – az egyszerűbb méretezés végett – a konvektív áramok mellett a sugárzásos hőcsere hatását is tükrözik.



2.4.1. ábra

3. fejezet - Fűtési hőszükséglet számítása

A fűtési hőszükséglet-számítás magyarországi szabványa, az MSZ-04-140/3-87 szabvány a jegyzetírás időpontjában átdolgozás alatt van. Mivel a kérdést szabályozó MSZ EN 12831 szabvány csak angol nyelven áll rendelkezésre, ezért a pillanatnyi tervezői gyakorlat az, hogy az épületek hőszükséglet-számítását változatlanul az MSZ-04-140 szabvány szerint végezzük. A jegyzetben is ezt a szabványt ismertetjük, de felhívjuk a figyelmet, hogy a jegyzet szükségképpen nem a szabvány másolata, annak teljes ismerete a számításoknál nem nélkülözhető.

A hőszükséglet az az energiaáram, amelyet méretezési feltételek mellett a fűtőberendezéssel a helyiségebe/épületbe kell juttatni ahhoz, hogy ott az előírt belső hőmérséklet (a megadott kockázati szinten) kialakuljon. A méretezési feltételek között a határoló szerkezetek felmelegítésének a hőigénye is szerepelhet szakaszos, vagy esetenkénti, ritka üzemeltetés mellett.

Beszélhetünk egy épület vagy egyes helyiségek hőszükségletéről.

A hőveszeség a helyiségből, illetve az épületből a környezetbe transzmissziós és konvektív úton távozó energiaáram. A hőveszeség egy részét a nyereségáramok, más részét a fűtési rendszer teljesítménye fedezi.

A hőszükséglet számítás célja annak az energiaáramnak a meghatározása, amely az adott éghajlati területen várható szélőséges időjárási feltételek mellett az előírt belső hőmérséklet kielégítő biztonságú fenntartásához szükséges és elégséges.

Ha az épületen belül különböző hőmérsékletű helyiségek vannak, a helyiségek között is kialakulnak energiaáramok. Ezeket figyelembe kell venni egy-egy helyiség méretezésekor, de érdektelenek az épület egészére szempontjából, mert kiegyenlítik egymást.

A beépítendő fűtőteljesítmény nagyobb, mint a hőszükséglet, a különbség a fűtési rendszer saját veszteségeiből adódik.

A hőszükséglet több összetevőből alakul ki. A fűtési hőszükséglet meghatározására egy helyiség esetében a következő általános összefüggés szolgál:

$$\dot{Q}_f = \dot{Q}_{tr,e} + \dot{Q}_{tr,i} + \dot{Q}_{inf} - \dot{Q}_s - \dot{Q}_b$$

ahol:

\dot{Q}_f a fűtési hőszükséglet [W]

$\dot{Q}_{tr,e}$ a külső transzmissziós energiaáram [W]

$\dot{Q}_{tr,i}$ a belső transzmissziós energiaáram [W]

\dot{Q}_{inf} a filtrációs hőszükséglet [W]

\dot{Q}_s a napsugárzásból származó energianyereség [W]

\dot{Q}_b a belső hőnyereség [W]

A külső transzmissziós energiaáram számítását azokra a határoló- és nyílászáró szerkezetekre kell elvégezni, amelyek a méretezett helyiséget a külső környezettől vagy a talajtól választják el.

Belső transzmissziós energiaáramot azokra a határoló- és nyílászáró szerkezetekre számolunk, amelyek a méretezett helyiséget olyan szomszédos tértől választják el, ahol a helyiséghőmérséklet a vizsgált helyiségtől eltérő, vagy üzemsszerűen és tartósan eltérő lehet, amennyiben ez az eltérés 4 K vagy nagyobb. Ennél kisebb eltérés esetén a számítás csak akkor végzendő el, ha a belső transzmissziós energiaáram előreláthatóan eléri vagy meghaladja a fűtési hőszükséglet 10 %-át.

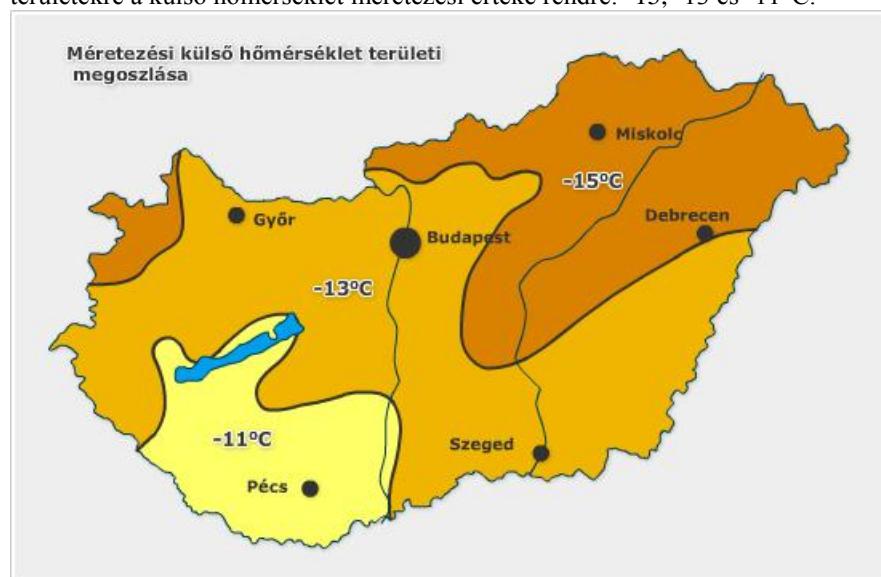
A filtrációs hőszükséglet a méretezett helyiségből a külső környezetből és/vagy a szomszédos terekből a sűrűsékgülönböszeg, a szél és a kiegészítő szellőztetés hatására bejutó levegőáramok felmelegítésére szolgáló energiaáram. Amennyiben a filtrációs légesere nem éri el a helyiségre előírt kötelező légcserét, akkor a kötelező légcseré a filtrációs hőszükséglet számítás alapja.

A napsugárzásból származó energiaáram számítása a méretezett helyiséget a külső környezettől elválasztó, sugárzást átbocsátó (transzparens) szerkezetekre végezhető el.

1. Méretezési alapadatok

1.1. Méretezési külső hőmérséklet

A méretezési külső hőmérséklet szempontjából az ország területe három zónára oszlik (3.1.1.1.ábra). Az egyes területekre a külső hőmérséklet méretezési értéke rendre: -15, -13 és -11°C.



3.1.1.1. ábra Forrás: MSZ-04-140/3

A határvonalaktól minden irányban 10-10 km széles sávba eső épületek tervezésekor szabadon megválasztható, melyik terület hőmérsékletére kívánják a méretezést elvégezni.

Ahol a városi hősziget hatása erősen érvényesül (például Budapest belső területére, a Hungária körúton belül és a belső budai kerületekben), a tervező és megbízója megállapodhat abban, hogy a méretezést -11 °C-ra végzik.

1.2. Helyiséghőmérséklet

A helyiséghőmérséklet tervezett értékét a tervező és megbízója megállapodása alapján kell felvenni. A megállapodást helyettesíthetik szabványokban rögzített értékek. Ilyen előírásokat tartalmaz például az MSZ EN 15251 szabvány.

A helyiséghőmérséklet alatt a közérzeti eredő hőmérsékletet, az úgynevezett operatív hőmérsékletet kell érteni. Az operatív hőmérséklet a levegő hőmérsékletének és a környező felületek átlagos sugárzási hőmérsékletének a hőátadási tényezőkkel súlyozott átlaga, képlete:

$$t_o = \frac{\alpha_s \cdot t_{ks} + \alpha_c \cdot t_a}{\alpha_s + \alpha_c}$$

ahol:

t_o operatív hőmérséklet, °C

t_{ks} közepes sugárzási hőmérséklet, °C

t_a levegő hőmérséklete, °C

α_c konvekciós hőátadási tényező, W/m²°C

α_s sugárzási hőátadási tényező, W/m²°C

Ha a két hőmérséklet eltérése kisebb 4 °C-nál és a sebesség kisebb 0,22 m/s-nál, akkor egyszerűen a két hőmérséklet számtani átlagával lehet számolni.

Az előírt belső hőmérséklet helyett konvekciós fűtések esetén a méretezés a belső levegő hőmérsékletére végzendő a 3.1.2.1. táblázatban foglalt esetekben. Az előírt belső hőmérsékletet a táblázatban szereplő értékkel megnövelve kapjuk azt a léghőmérsékletet, amelyet a hőszükséglet számításnál használunk.

Lehűlő felületek száma	Ebből üvegezett	A belső levegő hőmérséklete és a helyiséghőmérséklet különbsége, ha az üvegezett felület a lehűlő felülethez viszonyítva	
		≤50%	>50%
1	1	0	1
2,3	1	1	2
	2	2	3
	3	3	4
4	1	2	3
	2	3	4
	3	4	5

3.1.2.1. ábra Forrás: MSZ-04-140/3

2. Külső transzmissziós energiaáram

A külső transzmissziós energiaáram számítása a méretezett helyiséget a külső környezettől elválasztó határoló és nyílászáró szerkezetekre az alábbi összefüggéssel végezhető:

$$\dot{Q}_v = \sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j \cdot (t_i - t_e) [W]$$

ahol:

U_j a j-ik szerkezet hőátbocsátási tényezője [W/m²K]

A_j a j-ik szerkezet felülete [m²]

t_e a külső hőmérséklet méretezési értéke [°C]

t_i a helyiség belső hőmérséklete [°C]

n a helyiséget a külső környezettől elválasztó szerkezetek száma

Az U_j hőátbocsátási tényező értékének megállapításakor a szerkezeten belüli hőhidak és a geometriai hőhidak hatását egyaránt figyelembe kell venni.

Az A_j felületek számítása a helyiség építész terven megadott méreteinek felhasználásával történik (falknál a belső, nyílászáróknál a tokméretek).

Talajjal érintkező padló és fal esetén a hőveszeség számos olyan paraméter függvénye (talaj hővezetési tényezője, talaj hőmérséklete, talajvíz szintje, talajvíz áramlik-e stb.), amelyeknek értékei jellemzően nem állnak rendelkezésre. Amennyiben ezek rendelkezésre állnak, abban az esetben is azt kell figyelembe venni, hogy ezt a térbeli hőáramlási feladatot csak speciális módszerekkel (pl. végeselem módszerrel) lehet modellezni. Mivel normál tervezési feladatoknál nincs sem idő, sem szükség ilyen bonyolult, időigényes és költséges módszerek alkalmazására, ezért a szabvány a helyiség külső kerületére vonatkozó vonalmenti hőátbocsátási tényező, Ψ értékére a szerkezet hővezetési ellenállásától, valamint a padlószint és talajszint különbségtől függően adja meg az értékeket.

Talajjal érintkező padló esetén a Ψ vonalmenti hőátbocsátási tényező értékét az 3.2.1. táblázat tartalmazza.

A padlószint és a talajszint közötti magasság-különbség, Z [m]	A padlószerkezet hővezetési ellenállása a kerület mentén legalább 1.5m szélességű sávban								
	Szigetelten	0,20- -0,35	0,40- -0,55	0,60- -0,75	0,80- -1,00	1,05- -1,50	1,55- -2,00	2,05- -3,00	
-6,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-6,00...-4,05	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
-4,00...-2,55	0,40	0,40	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,30	0,30
-2,50...-1,85	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,40	
-1,80...-1,25	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,55	0,45	
-1,20...-0,75	1,00	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,55	
-0,70...-0,45	1,20	1,05	1,00	0,95	0,90	0,80	0,75	0,65	
-0,40...-0,25	1,40	1,20	1,10	1,05	1,00	0,90	0,80	0,70	
-0,20...+0,20	1,75	1,45	1,35	1,25	1,15	1,05	0,95	0,85	
0,25...0,40	2,10	1,70	1,55	1,45	1,30	1,20	1,05	0,95	
0,45...1,00	2,35	1,90	1,70	1,55	1,45	1,30	1,15	1,00	
1,05...1,50	2,55	2,05	1,85	1,70	1,55	1,40	1,25	1,10	

3.2.1. ábra Forrás: MSZ-04-140/3

A talajjal érintkező fal vonalmenti hőátbocsátási tényezőit a 3.2.2. táblázat tartalmazza.

A talajjal érintkező falszakasz magassága, Z m	A falszerkezet (eredeti) hőátbocsátási tényezője [Wm ⁻² K]								
	0,30...0,40...0,50...0,65...0,80...1,00...1,20...1,50...1,80... 0,39 0,49 0,64 0,79 0,99 1,19 1,49 1,79 2,20	1,20 1,40 1,65 1,85 2,05 2,25 2,45 2,65 2,80	1,10 1,30 1,50 1,70 1,90 2,05 2,25 2,45 2,65	0,95 1,15 1,35 1,50 1,65 1,90 2,05 2,25 2,45	0,85 1,00 1,15 1,30 1,45 1,65 1,85 2,00 2,20	0,70 0,85 1,00 1,15 1,30 1,45 1,65 1,80 2,00	0,55 0,70 0,85 1,00 1,15 1,30 1,45 1,65 1,80	0,45 0,60 0,70 0,85 1,00 1,10 1,25 1,40 1,55	0,35 0,45 0,55 0,65 0,75 0,90 1,00 1,15 1,30
...- 6,00	1,20	1,40	1,65	1,85	2,05	2,25	2,45	2,65	2,80
- 6,00...- 5,05	1,10	1,30	1,50	1,70	1,90	2,05	2,25	2,45	2,65
- 5,00...- 4,05	0,95	1,15	1,35	1,50	1,65	1,90	2,05	2,25	2,45
- 4,05...- 3,05	0,85	1,00	1,15	1,30	1,45	1,65	1,85	2,00	2,20
- 3,00...- 2,05	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30	1,45	1,65	1,80	2,00
- 2,00...- 1,55	0,55	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30	1,45	1,65	1,80
- 1,50...- 1,05	0,45	0,60	0,70	0,85	1,00	1,10	1,25	1,40	1,55
- 1,00...- 0,75	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,90	1,00	1,15	1,30
- 0,70...- 0,45	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,65	0,80	0,90	1,05
- 0,40...- 0,25	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,65	0,74
- 0,25 ...-	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,45	0,45

3.2.2. ábra Forrás: MSZ-04-140/3

A talajjal érintkező szerkezeteken áthaladó transzmissziós energiaáram a fenti vonalmenti hőátbocsátási tényezők segítségével az alábbi összefüggéssel számítható:

$$\dot{Q}_{v,i} = \sum_{j=1}^m \Psi_j \cdot l_j \cdot (t_i - t_e) \quad [W]$$

ahol:

Ψ_j a j-ik talajjal érintkező szerkezet vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK]

l_j a j-ik szerkezethez tartozó külső élhossz [m]

t_e a külső hőmérséklet méretezési értéke [°C]

t_i a helyiség belső hőmérséklete [°C]

m a helyiség talajjal érintkező szerkezeteinek száma

A külső transzmissziós energiaáramot a helyiség időállandójának (hőtároló képességének) függvényében egy helyesbítő tényezővel (P_T) szorozni kell. Ennek figyelembevételével a külső transzmissziós energiaáram értéke:

$$\dot{Q}_{v,e} = P_T \cdot (\dot{Q}_{v,k} + \dot{Q}_{v,l})$$

A helyesbítő tényező értéke a T időállandó függvényében:

T [nap]	P _T
<2	1,05
2 ... 4	1,00
>4	0,95

3.2.3. ábra Forrás: MSZ-04-140/3

3. Belső transzmissziós energiaáram

A belső transzmissziós energiaáram számítása a méretezett helyiséget a szomszédos terektől elválasztó határoló és nyílászáró szerkezetekre az alábbi összefüggéssel végezhető:

$$\dot{Q}_{v,i} = \sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j \cdot (t_i - t_{sz}) \quad [W]$$

ahol:

U_j a j-ik szerkezet hőátbocsátási tényezője [W/m²K]

A_j a j-ik szerkezet felülete [m²]

t_{sz} a szomszédos tér hőmérséklete [°C]

t_i a helyiség belső hőmérséklete [°C]

n a helyiséget a szomszédos terektől elválasztó szerkezetek száma

A belső szerkezetek eredő hőátbocsátási tényezőjének számítása során a csatlakozási vonalak és hőhidak hatásának figyelembevétele csak $(t_i - t_{sz}) > 8$ K esetén végezhető el.

Ha a szomszédos tér más rendeltetési egységhez tartozik és a fűtésre egyedi készülék vagy egyedileg szabályozható és fogyasztásárnyosan elszámolt központi rendszer szolgál, akkor a hőmérséklete az előírt helyiséghőmérsékletnél 4 K-nel alacsonyabbnak tekintendő. Ez például társasházban azt jelenti, hogy egy helyisége tervezett hőleadó teljesítményének számításakor azt tételezzük fel, hogy a vele határos szomszéd lakást huzamosabb időn keresztül csak temperálják, nem tartják az előírt helyiséghőmérsékletet.

4. Filtrációs hőszükséglet

A filtrációs hőszükségletet a fűtőberendezésnek kell fedeznie. Ettől elkülönítetten kell kezeln a légtechnikai rendszerekbe beépített légfűtők teljesítményét. Ha a légfűtővel a helyiség hőmérséklete feletti hőmérsékleten fújuk be a levegőt, akkor ezzel a „légfűtéssel” a fűtési hőszükséglet csökken.

Egy adott helyisége több térből (a környezetből, a szomszéd helyiségekből) is juthat be levegő, ebben az esetben a helyiség filtrációs hőszükséglete a számított energiáramok algebrai összege. Ha nem dönthető el, hogy a lehetséges útvonalak közül melyiken mekkora levegőáram veendő figyelembe, akkor a lehetséges legkedvezőtlenebb esetet (az összes levegő a legalacsonyabb hőmérsékletű térből lép be) kell a számításnál figyelembe venni.

Ha a helyisége bejutó léggáram hőmérséklete a helyiségre előírt hőmérsékletnél nagyobb, akkor értelemszerűen a helyiségnek filtrációs hőnyeresége van.

A filtrációs hőszükséglet meghatározására szolgáló összefüggés:

$$\dot{Q}_{\text{if}} = L \cdot \rho_{\text{be}} \cdot c \cdot (t_i - t_{\text{be}}) \quad [W]$$

ahol:

L a levegő térfogatárama [m^3/s]

ρ_{be} a belépő levegő sűrűsége [kg/m^3]

c a levegő fajhője [J/kgK]

t_i a belső hőmérséklet [$^\circ\text{C}$]

t_{be} a levegő belépési hőmérséklete [$^\circ\text{C}$]

A filtrációs levegőforgalmat létrehozó hatások (a sűrűségkülönbség, a szél és a kiegészítő szellőztetés) mindenike több paraméter függvénye, ezért a pillanatnyi levegőforgalom erősen változó lehet. E miatt többnyire más módszerekkel történik a légmennyiség becslése.

A helyiségekben legalább a szükséges légcsereszámhoz tartozó fűtőteljesítményt biztosítani kell. Ha a szükséges légcsereszám több feltételből számítható (például tüzelőberendezés égesi levegője, biztonsági előírás, benntartózkodók száma), akkor a kiadódó legnagyobb érték tekintendő a szükséges légcsereszámnak.

A filtrációs levegőforgalom és a szükséges légcsereszám közül mindig a nagyobbkat kell alkalmazni a hőszükséglet számítás során. A tervezésnél olyan méretű hőleadókat kell beépíteni, hogy az ott tartózkodók elni tudjanak azzal a lehetőséggel, hogy ablaknyitásos szellőztetéssel a szükséges légcserét megvalósítsák.

Egyes helyiségek légcsereszámát, vagy a szükséges szellőzési térfogatáramokat előírások rögzítik. Lakószobákra, ha egyéb követelményből magasabb érték nem adódik, minimum $n = 0,5$ [1/h] légcsereszámról végzendő el a méretezés. A gyakorlatban célszerű a számítást $n = 0,8$ [1/h] értékkal végezni.

Ez a légmennyiség szükséges ahhoz, hogy a helyiség levegőjébe jutó szennyezőanyagokat biztonságosan el lehessen távolítani, elfogadható mértékűre hígítani. Lakások esetében a szennyezés elsősorban a lakásban fejlődő vízgőz, a benntartózkodók CO_2 kibocsátása, de e mellett ez a szellőző levegő szolgál a szagok, oldószerek gőzeinek az eltávolítására is.

A lakás nagyobb terhelésű helyiségeiben ajánlott tervezési értékek:

konyha: $45 \text{ m}^3/\text{h}$

fürdőszoba: 45 m³/h

WC: 15 m³/h

Ezekben a helyiségekben célszerű inkább ezekkel az értékekkel számolni, mint a légesereszámokkal, mert a terhelés többnyire a helyiség méretétől független. Az értékek átlagos értékek, mert a szellőztetés ugyan nagyobb légmennyiségekkel történik, de szakaszosan.

Nagyobb létszámok tartózkodására szolgáló helyiségekben a CO₂ koncentráció egészségügyi határérték fölé való növekedésének megakadályozására minimum 20 m³/h,fő fejadaggal kell számolni. Magasabb komfortigény, vagy például dohányzás engedélyezése esetén ennél nagyobb fejadaggal történik a számítás. Nagyobb létszám esetén célszerű nem csak a megnövekedett filtrációs energiaáramot figyelembe venni, hanem a személyek hőleadását is figyelembe lehet venni hőnyereséggént.

Légtértechnikai rendszerrel rendelkező helyiségekben a tervezett légmennyiségekkel történik a számítás, feltéve, hogy az biztosítja a helyiség szükséges légcseréjét.

Korszerű, hőszigetelt épületek esetében a filtrációs hőigény gyakran meghaladja a transzmissziós hőveszteség értékét. Energia megtakarítási szándékkal ezért egyre gyakrabban készülnek épületek hővisszanyerővel felszerelt, szabályozott szellőzést biztosító légtértechnika rendszerekkel, amelyekben a távozó levegő energiáját felhasználva történik a szellőző levegő előmelegítése.

5. Napsugárzásból származó energiaáram

A szokványos üvegezett szerkezeteken át a helyiségbe bejutó napsugárzási energiaáram számítására szolgáló összefüggés:

$$\dot{Q}_s = A_u \cdot \dot{q}_s \quad [W]$$

ahol:

A_u az üvegezett szerkezet felülete [m²]

\dot{q}_s a napsugárzás fajlagos energiaárama [W/m²]

A napsugárzás fajlagos energiaárama a tájolás és benapozás függvényében a következő értékekkel számítandó:

Tájolási szektor	D		DK és DN		K és N		É	
Benapozás	Teljes	Részben	Teljes	Részben	Teljes	Részben	Teljes	Részben
\dot{q}_s [W]	45	25	30	20	15	10	0	0

3.5.1. ábra Forrás: MSZ-04-140/3

Ha egy helyiségen több üvegezett külső felület van, a számítást mindenkoruk külön-külön elvégezzük, majd azok eredményeit összegezni kell.

A fajlagos energiaáram értékeiből látható, hogy a hőszükséglet számításnál a napsugárzásból származó nyereség nagyon visszafogottan van figyelembe véve. Ez egyrészt a biztonságra való törekvessel magyarázható, a fűtési rendszer teljesítménye akkor is elegendő kell legyen, ha nem süt a nap.

A napsugárzás figyelembe vételének célja, hogy az eltérő tájolású helyiségek közti különbségeket lehessen ezen keresztül figyelembe venni. Éppen ezért a szabvány értelmében ez a számítás elhagyható, ha a fűtési rendszer zónázott, és az egyes zónák szabályozása napsugárzás-érzékelőről történik. Ugyancsak elhagyható, ha a fűtési rendszer helyiségenkénti szabályozási lehetőséget biztosít, például termosztatikus radiátorszelepekkel. Mivel ma már alapvető elvárás a helyiségenkénti szabályozhatóság, ezért a leggyakrabban az, amikor a napsugárzásból származó nyereséggel nem számolunk.

6. Belső hőnyereség

A belső hőnyereség származhat emberek, gépek, világítás stb. hőleadásából. Ezzel a hőnyereséggel a fűtési hőszükséglet csökkenhető.

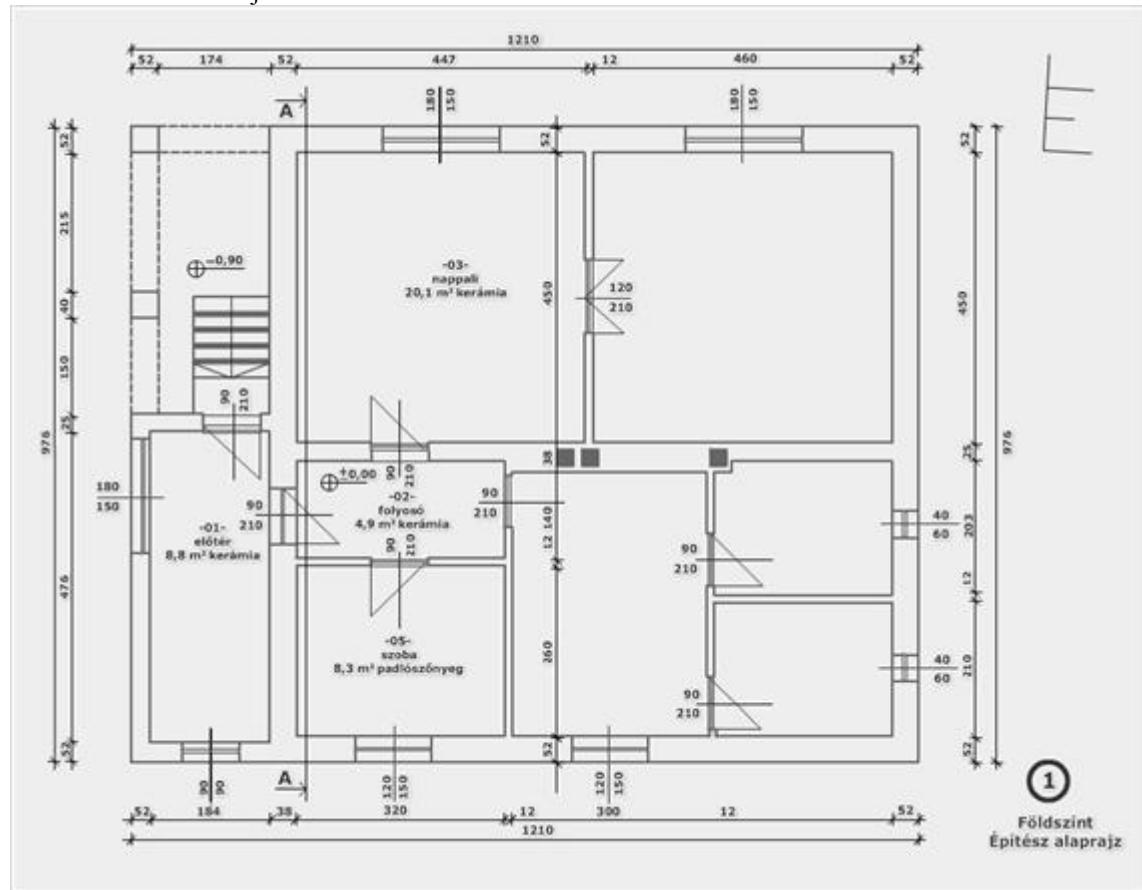
Azt kell azonban meggondolni, hogy csak akkora belső hőnyereséggel szabad a fűtési hőszükségletet csökkenteni, amely biztosan rendelkezésre áll a méretezési állapotban. Sok esetben elvárás, hogy a helyiség hőmérsékletét már a használat kezdetére biztosítani kell, ugyanakkor az emberek hőleadásával nem lehet számolni, mert azok nem tartózkodnak még ott, valamint a gépek nincsenek még bekapcsolva, így hőt sem adhatnak le.

Például egy zsúfolt színházteremben az emberek hőleadása meghaladhatja a helyiségi hőveszteségeit, tehát a fűtésre már nincs is szükség. Elvárás viszont, hogy az előadás kezdetére megfelelő hőmérséklet legyen a teremben, tehát a fűtési rendszert arra az állapotra kell méretezni, amikor még nem tartózkodik ott senki.

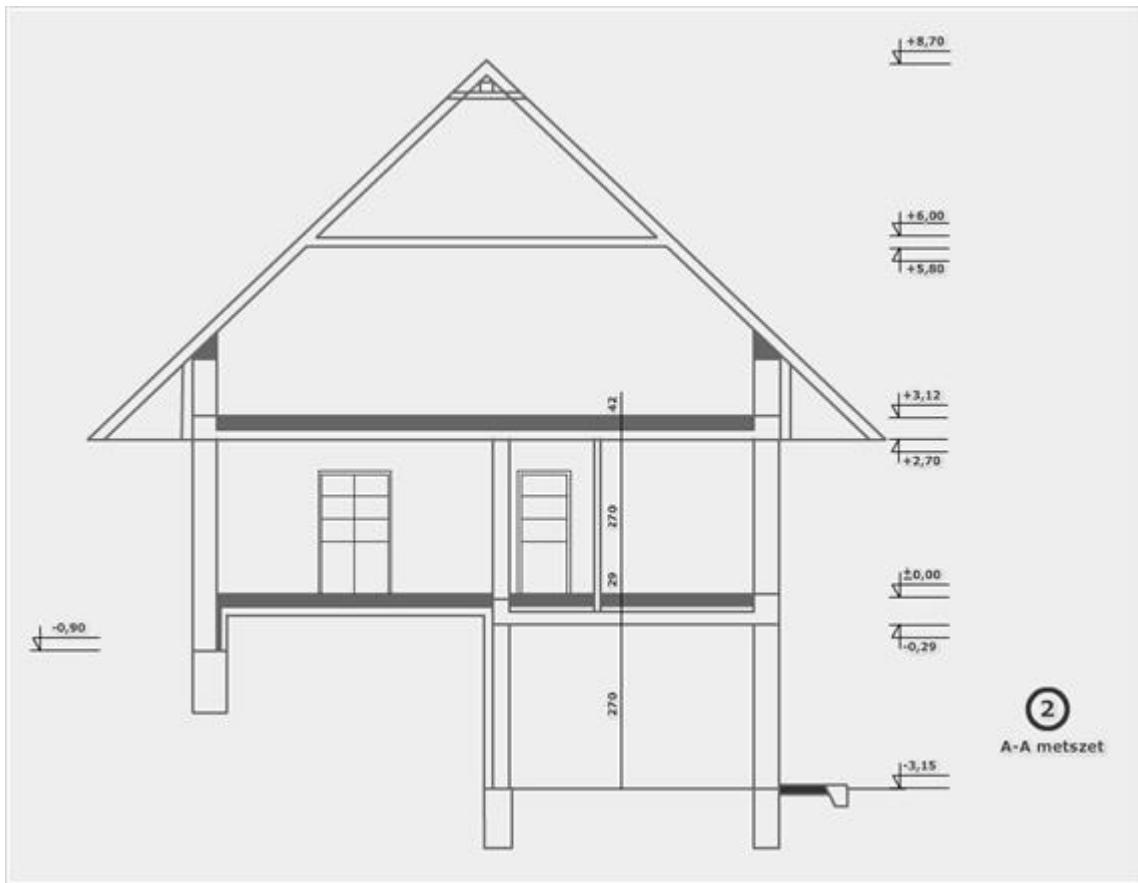
7. Fűtési hőszükséglet számítása – számpélda

Készítse el egy lakóépület hőszükséglet számítását!

A lakóépület egyszintes, részben alápincézett, sátortetős családi ház, amelynek alaprajzát és metszetét a következő ábrák mutatják be:



3.7.1. ábra



3.7.2. ábra

Az egyes szerkezetek adatai:

Hőszigetelt külső fal

A szerkezet rétegeinek vastagságát az építész tervek tartalmazzák, a hővezetési tényezők értékeit a gyártók termékismertetőiből, szakkönyvekből lehet kikeresni.

A polisztirolhab hőszigetelés azért került 2 részletben megadásra, mert a külső 1 cm vastagságú rétegben a számítás során azt is figyelembe vesszük, hogy a ragasztóhabarcs felhordása és bedörzsölése miatt a hővezetési tényezőt korrigálni kell. Az MSZ-04-140-2 szabvány 2. mellékletének 1. táblázatában javasolt korrekciós érték 0,42. Ennek felhasználásával a korrigált hővezetési tényező értéke:

$$\lambda_{corr} = \lambda \cdot (1 + \kappa) = 0,042 \cdot (1 + 0,42) = 0,05964 \text{ W/mK}$$

A vakolás befolyása csak kis rétegvastagságban érinti a hőszigetelést, ezért a további vastagságait korrekció nélkül alkalmaztuk.

Egyéb rétegeknél nem volt szükséges a hővezetési tényezőt korrigálni.

A rétegvastagságok és hővezetési tényezők felhasználásával az egyes rétegek hővezetési ellenállása:

$$R = \frac{d}{\lambda_{corr}}$$

Az értékek behelyettesítésénél vigyázni kell, hogy a vastagságot méter dimenzióban kell behelyettesíteni.

Az alábbi táblázat foglalja össze az egyes rétegek hővezetési ellenállásait, illetve minden által azok összege is szerepel ott.

Réteg megnevezése	d [cm]	λ [W/mK]	κ -	λ_{corr} [W/mK]	R [m ² K/W]
Külső vakolat	0,5	0,99			0,00505
Ragasztóhabarcs	1	0,93			0,01075
Polisztirolhab	1	0,042	0,42	0,05964	0,16767
Polisztirolhab	9	0,042			2,1429
Töm. ég. agyagtégla falazat	38	0,78			0,48718
Javitott mészvakolat	1,5	0,87			0,01724
összesen:					2,83079

3.7.3. ábra

A külső oldali hőátadási tényező $\alpha_e=24$ W/m²K, a belső oldali hőátadási tényező $\alpha_i=8$ W/m²K értékének figyelembe vételevel a szerkezet hőátbocsátási tényezője:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{d}{\lambda_{corr}} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{24} + 2,83079 + \frac{1}{8}} = 0,334 \text{ W / m}^2\text{K}$$

Mivel a szerkezet erősen hőhidas, ezért a 7/2006 TNM rendelet korrekciós táblázatának felhasználásával a hőhíd korrekció értéke $\kappa=30$ %. Így a korrigált hőátbocsátási tényező értéke:

$$U_{corr} = U \cdot (1+\kappa) = 0,334 \cdot (1+0,3) = 0,434 \text{ W / m}^2\text{K}$$

Belső fal 41 cm

A 38 cm vastagságú kisméretű téglalapfalazat minden oldalt vakolt.

Az egyes rétegek adatai:

Réteg megnevezése	d [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Mészvakolat	1,5	0,81	0,01852
Töm. ég. agyagtégla falazat	38	0,78	0,48718
Mészvakolat	1,5	0,81	0,01852
összesen:			0,52422

3.7.4. ábra

Az egyes rétegeknél itt nem kellett hővezetési tényező korrekciót alkalmazni.

Minden oldali hőátadási tényező értéke $\alpha=8$ W/m²K, a szerkezet hőátbocsátási tényezője:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{d}{\lambda_{corr}} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0,52422 + \frac{1}{8}} = 1,29 \text{ W / m}^2\text{K}$$

A szerkezettel nem kell hőhidak miatti korrekciót alkalmazni.

Belső fal 33 cm

A 30 cm vastagságú B-30 téglalapfalazat minden oldalt vakolt.

Az egyes rétegek adatai:

Réteg megnevezése	d [cm]	λ [W/mK]	R [m^2K/W]
Javított mészvakolat	1,5	0,87	0,01724
Üreges blokktégla falazat B-30	30	0,64	0,46875
Javított mészvakolat	1,5	0,87	0,01724
összesen:			0,50323

3.7.5. ábra

Az egyes rétegeknél itt nem kellett hővezetési tényező korrekciót alkalmazni.

Mindkét oldali hőátadási tényező értéke $\alpha=8$ [W/m²K], a szerkezet hőátbocsátási tényezője:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{d}{\lambda_{korr}} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0,50323 + \frac{1}{8}} = 1,33 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A szerkeztnél nem kell hőhidak miatti korrekciót alkalmazni.

Belső fal 13 cm

A 10 cm vastagságú belső válaszfal minden oldalt vakolt.

Az egyes rétegek adatai:

Réteg megnevezése	d [cm]	λ [W/mK]	R [m^2K/W]
Javított mészvakolat	1,5	0,87	0,01724
Válaszfal téglá	10	0,52	0,19231
Javított mészvakolat	1,5	0,87	0,01724
összesen:			0,22679

3.7.6. ábra

Az egyes rétegeknél itt nem kellett hővezetési tényező korrekciót alkalmazni.

Mindkét oldali hőátadási tényező értéke $\alpha=8$ W/m²K, a szerkezet hőátbocsátási tényezője:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{d}{\lambda_{korr}} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0,22679 + \frac{1}{8}} = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A szerkeztnél nem kell hőhidak miatti korrekciót alkalmazni.

Pincefödémmel

A POROTHERM födémnél a gyártó a gerendaszerkezet hővezetési ellenállását adta meg. A szerkezet alulról polisztirolhab hőszigeteléssel van ellátva.

Az egyes rétegek adatai:

Réteg megnevezése	d [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Kerámia	0,6	1,05	0,00571
Ágyazóhabarcs	1	0,93	0,01075
POROTHERM födélem 4 cm felbeton	21	-	0,293
AT-N200 expandált polisztirolhab	5	0,035	1,4286
Mészvakolat	1	0,81	0,01235
összesen:			1,75041

3.7.7. ábra

Az egyes rétegeknél itt nem kellett hővezetési tényező korrekciót alkalmazni.

Az alsó oldali hőátadási tényező $\alpha_e=8$ W/m²K, a felső oldali hőátadási tényező $\alpha_i=6$ W/m²K értékének figyelembe vételével a szerkezet hőátbocsátási tényezője:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{d}{\lambda_{kor}} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 1,75041 + \frac{1}{6}} = 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A 7/2006 TNM rendelet korrekciós táblázatának felhasználásával a hőhíd korrekció értéke $\kappa=10$ %. Így a korrigált hőátbocsátási tényező értéke:

$$U_{kor} = U \cdot (1+\kappa) = 0,49 \cdot (1+0,1) = 0,539 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A hőszükséglet számítása során a pincetér hőmérsékletét a méretezési állapotban a szabvány által ajánlott +5 °C értékre vesszük fel (3.1.2.1.táblázat).

Padlásfödélem

A POROTHERM födémnél a gyártó a gerendaszerkezet hővezetési ellenállását adta meg. A szerkezet felülről polisztirolhab hőszigetelést és kavicsbeton járófelületet kapott.

Az egyes rétegek adatai:

Réteg megnevezése	d [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Kavicsbeton	5	1,28	0,03906
AT-N200 expandált polisztirolhab	15	0,035	4,2857
POROTHERM födélem 4 cm felbeton	21	-	0,293
Mészvakolat	1	0,81	0,01235
összesen:			4,63011

3.7.8. ábra

Az egyes rétegeknél itt nem kellett hővezetési tényező korrekciót alkalmazni.

A felső oldali hőátadási tényező $\alpha_e=12$ W/m²K, az alsó oldali hőátadási tényező $\alpha_i=10$ W/m²K értékének figyelembe vételével a szerkezet hőátbocsátási tényezője:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{d}{\lambda_{kor}} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{12} + 4,63011 + \frac{1}{10}} = 0,208 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A 7/2006 TNM rendelet korrekciós táblázatának felhasználásával a hőhíd korrekciónak értéke $\kappa=10\%$. Így a korrigált hőátbocsátási tényező értéke:

$$U_{kor} = U \cdot (1 + \kappa) = 0,208 \cdot (1 + 0,1) = 0,229 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A hőszükséglet számítása során a padlástér hőmérsékletét a méretezési állapotban a szabvány által ajánlott -4°C értékre vesszük fel (3.1.2.1.táblázat).

Talajon levő padló +1m

Az épület É-i oldali helyiségeinél a padló a talajjal érintkezik. A szerkezet vonalmenti hőátbocsátási tényezőjének meghatározásához ki kell számítani a padló rétegek összes hővezetési ellenállását. A hővezetési ellenállás számításánál a nagyon vékony rétegek (vízszigetelés, PVC fólia) elhanyagolhatók. Ezeknek a rétegeknek a páradiffúziós számításoknál van markáns szerepe.

Az egyes rétegek adatait a táblázat tartalmazza:

Réteg megnevezése	d [cm]	λ [W/mK]	R [$\text{m}^2\text{K/W}$]
Kerámia burkolat	1	3,5	0,00286
Kavicsbeton	8	1,28	0,0625
PVC fólia	0,1	-	-
Ásványi gyapottermék	3	0,051	0,58824
Bitumenkenés 2x melegen	0,2	-	-
Kavicsbeton	5	1,28	0,03906
Kavicsfeltöltés	15	0,35	0,42857
összesen:			1,12123

3.7.9. ábra

A hővezetési ellenállás és a külső terepszinttől mért +1 m szintkülönbség figyelembe vételével a szabvány 1.1 táblázatából kiolvasott vonalmenti hőátbocsátási tényező értéke $\Psi=1,3\text{W/mK}$.

Nyílászárók

Az épület nyílászáróinak paramétereit az építész tervdokumentáció tartalmazta.

Szerkezet megnevezése	U [W/m ² K]
Bejárati ajtó	1,80
Belső ajtó	2,90
SOFA ablak	1,40
SOFA ablak redőnnel	1,40

3.7.10. ábra

Helyiségek hőszükséglet-számítása

Az épület Baranyában található, ezért a méretezési külső hőmérséklet értékét -11°C -ra vesszük fel.

A mértékadó belső hőmérséklet felvételekor a 03 Nappali és 04 Hálószoba esetében kellett 1°C hőérzeti növekményt alkalmazni, mivel a helyiségeknek több lehűlő felülete van, egyiken 50 %-nál kisebb méretű üvegezéssel (szabvány 9.1. bekezdés).

Az épület közepes hőtároló tömeggel rendelkezik, az időállandója 2..4 nap közötti, ezért a külső szerkezetekre számított transzmissziós áramot $P_t=1$ helyesbítő tényezővel kell szorozni (szabvány 6.4.2. bekezdés).

A filtrációnál a legtöbb helyiségnél a lakásoknál javasolt $n=0,8$ 1/h légesereszámmal, a konyha és fürdőszoba esetében pedig $45 \text{ m}^3/\text{h}$ átlagos térfogatárammal számolunk.

Ezeknek az adatoknak a felhasználásával az egyes helyiségek hőveszteség-számítása részletezve:

01 ElőtérAlapterület: 8,8 m² Belmagasság: 2,7 mTérfogat: 23,8 m³

Mértékadó hőmérséklet télen: 16,0 °C Külső hőmérséklet: -11,0 °C

Korrektív tényező: 1,00 Transzmissziós veszteség: 438 W

Filtrációs mód: Légcsereszám alapján Belépő levegő hőmérséklete: -11,0 °C

Légcsereszám: 0,80 1/h Filtrációs hőveszteség: 174 W

Hőveszteség összesen: 612 W

Szerkezet megnevezése	db -	x [m]	y [m]	A [m ²]	-A [m ²]	tájolás -	U [W/m ² K]	Ψ [W/mK]	t _e [°C]	Qt [W]
Bejárati ajtó	1	1,00	2,10	2,10		5° (É)	1,80		-11	102
Hőszigetelt külső fal	1	1,84	2,70	4,97	2,10	5° (É)	0,43		-11	34
SOFA ablak redőnnel	1	1,80	1,50	2,70		275° (NY)	1,40		-11	102
Hőszigetelt külső fal	1	4,76	2,70	12,85	2,70	275° (NY)	0,43		-11	119
SOFA ablak redőnnel	1	0,90	0,90	0,81		185° (D)	1,40		-11	31
Hőszigetelt külső fal	1	1,84	2,70	4,97	0,81	185° (D)	0,43		-11	49
Belső fal 41 cm	1	2,60	5,40	14,04			1,29		21	-91
Pincefödém	1	8,80	1,00	8,80			0,54		5	52
Padlásfödém	1	8,80	1,00	8,80			0,23		-4	40
									Q _{tr}	438

3.7.11. ábra

$$\dot{Q}_{\text{tr}} = \frac{n}{3600} \cdot V \cdot \rho_{\text{de}} \cdot c \cdot (t_i - t_{de}) = \frac{0,8}{3600} \cdot 23,8 \cdot 1,22 \cdot 1004 \cdot (16 - (-11)) = 174 \text{ W}$$

02 FolyosóAlapterület: 4,9 m² Belmagasság: 2,7 mTérfogat: 13,2 m³

Mértékadó hőmérséklet télen: 18,0 °C Külső hőmérséklet: -11,0 °C

Korrektív tényező: 1,00 Transzmissziós veszteség: -27 W

Filtrációs mód: Légcsereszám alapján Belépő levegő hőmérséklete: 16,0 °C

Légcsereszám: 0,80 1/h Filtrációs hőveszteség: 7 W

Hőveszteség összesen: -20 W

Szerkezet megnevezése	db -	x [m]	y [m]	A [m ²]	-A [m ²]	tájolás -	U [W/m ² K]	Ψ [W/mK]	t _e [°C]	Qt [W]
Belső ajtó	1	0,90	2,10	1,89			2,90		16	11
Belső fal 41 cm	1	1,40	2,70	3,78	1,89		1,29		16	5
Belső ajtó	1	0,90	2,10	1,89			2,90		21	-16
Belső fal 33 cm	1	3,20	2,70	8,64	1,89		1,33		21	-27
Belső ajtó	1	0,90	2,10	1,89			2,90		21	-16
Belső fal 13 cm	1	3,20	2,70	8,64	1,89		2,10		21	-43
Pincefödém	1	4,90	1,00	4,90			0,54		5	34
Padlásfödém	1	4,90	1,00	4,90			0,23		-4	25
									Q _{tr}	-27

3.7.12. ábra

$$\dot{Q}_{\text{irrf}} = \frac{n}{3600} \cdot V \cdot \rho_{\text{be}} \cdot c \cdot (t_i - t_{\text{be}}) = \frac{0,8}{3600} \cdot 13,2 \cdot 1,22 \cdot 1004 \cdot (18 - 16) = 7 \text{ W}$$

03 Nappali

Alapterület: 20,1 m² Belmagasság: 2,7 m

Térfogat: 54,3 m³

Mértékadó hőmérséklet télen: 21,0 °C Külső hőmérséklet: -11,0 °C

Korrektív tényező: 1,00 Transzmissziós veszteség: 909 W

Filtrációs mód: Légcsereszám alapján Belépő levegő hőmérséklete: -11,0 °C

Légcsereszám: 0,80 1/h Filtrációs hőveszteség: 473 W

Hőveszteség összesen: 1382 W

Szerkezet megnevezése	db -	x [m]	y [m]	A [m ²]	-A [m ²]	tájolás -	U [W/m ² K]	Ψ [W/mK]	t _e [°C]	Qt [W]
SOFA ablak redőnnel	1	1,80	1,50	2,70		5° (É)	1,40		-11	121
Hőszigetelt külső fal	1	4,47	2,70	12,07	2,70	5° (É)	0,43		-11	130
Hőszigetelt külső fal	1	4,50	2,70	12,15		275° (NY)	0,43		-11	169
Talajon levő padló +1m	1	8,97		20,12				1,3	-11	373
Padlásfödém	1	20,12	1,00	20,12			0,23		-4	116
								O _{tr}		909

3.7.13. ábra

$$\dot{Q}_{\text{irrf}} = \frac{n}{3600} \cdot V \cdot \rho_{\text{be}} \cdot c \cdot (t_i - t_{\text{be}}) = \frac{0,8}{3600} \cdot 54,3 \cdot 1,22 \cdot 1004 \cdot (21 - (-11)) = 473 \text{ W}$$

04 Hálószoba

Alapterület: 20,7 m² Belmagasság: 2,7 m

Térfogat: 55,9 m³

Mértékadó hőmérséklet télen: 21,0 °C Külső hőmérséklet: -11,0 °C

Korrektív tényező: 1,00 Transzmissziós veszteség: 923 W

Filtrációs mód: Légcsereszám alapján Belépő levegő hőmérséklete: -11,0 °C

Légcsereszám: 0,80 1/h Filtrációs hőveszteség: 486 W

Hőveszteség összesen: 1399 W

Szerkezet megnevezése	db -	x [m]	y [m]	A [m ²]	-A [m ²]	tájolás -	U [W/m ² K]	Ψ [W/mK]	t _e [°C]	Qt [W]
SOFA ablak redőnnel	1	1,80	1,50	2,70		5° (É)	1,40		-11	121
Hőszigetelt külső fal	1	4,60	2,70	12,42	2,70	5° (É)	0,43		-11	135
Hőszigetelt külső fal	1	4,50	2,70	12,15		95° (K)	0,43		-11	169
Talajon levő padló +1m	1	9,10		20,70				1,3	-11	379
Padlásfödém	1	20,70	1,00	20,70			0,23		-4	119
								O _{tr}		923

3.7.14. ábra

$$\dot{Q}_{\text{rf}} = \frac{n}{3600} \cdot V \cdot \rho_{\text{be}} \cdot c \cdot (t_i - t_{\text{be}}) = \frac{0,8}{3600} \cdot 55,9 \cdot 1,22 \cdot 1004 \cdot (21 - (-11)) = 486 \text{ W}$$

05 Lakószoba

Alapterület: 8,3 m² Belmagasság: 2,7 m

Térfogat: 22,4 m³

Mértékadó hőmérséklet télen: 20,0 °C Külső hőmérséklet: -11,0 °C

Korrektív tényező: 1,00 Transzmissziós veszteség: 319 W

Filtrációs mód: Légcsereszám alapján Belépő levegő hőmérséklete: -11,0 °C

Légcsereszám: 0,80 1/h Filtrációs hőveszteség: 189 W

Hőveszteség összesen: 508 W

Szerkezet megnevezése	db -	x [m]	y [m]	A [m ²]	-A [m ²]	tájolás -	U [W/m ² K]	Ψ [W/mK]	t _e [°C]	Qt [W]
SOFA ablak redőnnel	1	1,20	1,50	1,80		185° (D)	1,40		-11	78
Hőszigetelt külső fal	1	3,20	2,70	8,64	1,80	185° (D)	0,43		-11	92
Belső fal 41 cm	1	2,60	2,70	7,02			1,29		16	36
Pincefödém	1	8,30	1,00	8,30			0,54		5	67
Padlásfödém	1	8,30	1,00	8,30			0,23		-4	46
									Q _{tr}	319

3.7.15. ábra

$$\dot{Q}_{\text{rf}} = \frac{n}{3600} \cdot V \cdot \rho_{\text{be}} \cdot c \cdot (t_i - t_{\text{be}}) = \frac{0,8}{3600} \cdot 22,4 \cdot 1,22 \cdot 1004 \cdot (20 - (-11)) = 189 \text{ W}$$

06 Konyha

Alapterület: 12,4 m² Belmagasság: 2,7 m

Térfogat: 33,4 m³

Mértékadó hőmérséklet télen: 18,0 °C Külső hőmérséklet: -11,0 °C

Korrektív tényező: 1,00 Transzmissziós veszteség: 311 W

Filtrációs mód: Ismert légmennyiséggel Belépő levegő hőmérséklete: -11,0 °C

Levegő térfogatáram: 45,00 m³/h Filtrációs hőveszteség: 444 W

Hőveszteség összesen: 755 W

Szerkezet megnevezése	db -	x [m]	y [m]	A [m ²]	-A [m ²]	tájolás -	U [W/m ² K]	Ψ [W/mK]	t _e [°C]	Qt [W]
SOFA ablak redőnnel	1	1,20	1,50	1,80		185° (D)	1,40		-11	73
Hőszigetelt külső fal	1	3,00	2,70	8,10	1,80	185° (D)	0,43		-11	79
Belső ajtó	1	0,90	2,10	1,89			2,90		12	33
Belső fal 13 cm	1	2,22	2,70	5,99	1,89		2,10		12	52
Belső ajtó	1	0,90	2,10	1,89			2,90		24	-33
Belső fal 13 cm	1	2,03	2,70	5,48	1,89		2,10		24	-45
Pincefödém	1	12,36	1,00	12,36			0,54		5	87
Padlásfödém	1	12,36	1,00	12,36			0,23		-9	63
									Q _{tr}	311

3.7.16. ábra

$$\dot{Q}_{\text{if}} = \frac{\dot{V}}{3600} \cdot \rho_{\text{de}} \cdot c \cdot (t_i - t_{\text{de}}) = \frac{45}{3600} \cdot 1,22 \cdot 1004 \cdot (18 - (-11)) = 444 \text{ W}$$

07 Fürdőszoba

Alapterület: 5,6 m² Belmagasság: 2,7 m

Térfogat: 15,1 m³

Mértékadó hőmérséklet télen: 24,0 °C Külső hőmérséklet: -11,0 °C

Korreciós tényező: 1,00 Transzmissziós veszteség: 483 W

Filtrációs mód: Ismert légmennyiséggel Belépő levegő hőmérséklete: -11,0 °C

Levegő térfogatáram: 45,00 m³/h Filtrációs hőveszteség: 536 W

Hőveszteség összesen: 1019 W

Szerkezet megnevezése	db -	x [m]	y [m]	A [m ²]	-A [m ²]	tájolás -	U [W/m ² K]	Ψ [W/mK]	t _e [°C]	Qt [W]
SOFA ablak	1	0,40	0,60	0,24		95° (K)	1,40		-11	12
Hőszigetelt külső fal	1	2,03	2,70	5,48	0,24	95° (K)	0,43		-11	80
Belső fal 13 cm	1	2,75	2,70	7,43			2,10		12	187
Belső fal 25 cm	1	2,75	2,70	7,43			1,48		21	33
Belső ajtó	1	0,90	2,10	1,89			2,90		18	33
Belső fal 13 cm	1	2,03	2,70	5,48	1,89		2,10		18	45
Pincefödélm	1	5,60	1,00	5,60			0,54		5	57
Padlásfödélm	1	5,60	1,00	5,60			0,23		-4	36
									Qt _{tr}	483

3.7.17. ábra

$$\dot{Q}_{\text{if}} = \frac{\dot{V}}{3600} \cdot \rho_{\text{de}} \cdot c \cdot (t_i - t_{\text{de}}) = \frac{45}{3600} \cdot 1,22 \cdot 1004 \cdot (24 - (-11)) = 536 \text{ W}$$

08 Kamra

Alapterület: 5,8 m² Belmagasság: 2,7 m

Térfogat: 15,6 m³

Mértékadó hőmérséklet télen: 12,0 °C Külső hőmérséklet: -11,0 °C

Korreciós tényező: 1,00 Transzmissziós veszteség: -112 W

Filtrációs mód: Légcsereszám alapján Belépő levegő hőmérséklete: -11,0 °C

Légcsereszám: 0,50 1/h Filtrációs hőveszteség: 61 W

Hőveszteség összesen: -51 W

Szerkezet megnevezése	db -	x [m]	y [m]	A [m ²]	-A [m ²]	tájolás -	U [W/m ² K]	Ψ [W/mK]	t _e [°C]	Q _t [W]
SOFA ablak	1	0,40	0,60	0,24		95° (K)	1,40		-11	8
Hőszigetelt külső fal	1	2,10	2,70	5,67	0,24	95° (K)	0,43		-11	54
Belső fal 13 cm	1	2,75	2,70	7,43		185° (D)	0,43		-11	74
Belső fal 25 cm	1	2,75	2,70	7,43			2,10		24	-187
Belső ajtó	1	0,90	2,10	1,89			2,90		18	-33
Belső fal 13 cm	1	2,10	2,70	5,67			2,10		18	-71
Pincefödém	1	2,75	2,10	5,78			0,54		5	22
Padlásfödém	1	2,75	2,10	5,78			0,23		-4	21
								Q _{tr}		-112

3.7.18. ábra

$$\dot{Q}_{\text{rf}} = \frac{n}{3600} \cdot V \cdot \rho_{\text{ae}} \cdot c \cdot (t_i - t_{\text{ae}}) = \frac{0,5}{3600} \cdot 15,6 \cdot 1,22 \cdot 1004 \cdot (12 - (-11)) = 61 \text{ W}$$

Végül összefoglalásszerűen az épület egyes helyiségeinek a táblázata, amelyben az egyes helyiségek fajlagos veszteségei is nyomon követhetők. A fajlagos veszteségek ismerete hasznos lehet a számítási hibák kiszűrésére.

Megnevezés	Helyiség funkciója	A [m ²]	t _i [°C]	Q [W]	q [W/m ²]	q̄ [W/m ³]
01	Előtér	8,8	16	612	69,5	25,7
02	Folyosó	4,9	18	-20	-4,1	-1,5
03	Nappali	20,12	21	1400	68,7	25,5
04	Hálószoba	20,7	21	1427	67,6	25,0
05	Lakószoba	8,3	20	515	61,2	22,7
06	Konyha	12,36	18	764	61,1	22,6
07	Fürdőszoba	5,6	24	1024	182,0	67,5
08	Kamra	5,78	12	-46	-8,8	-3,3

3.7.19. ábra

Az épület összes hőszükséglete méretezési állapotban 5604 [W].

4. fejezet - Hőtermelés, egyedi és központi hőtermelő berendezések

Az elmúlt 100 évben a fűtéstechnika fejlődése szempontjából az álló kazánok kialakítása meghatározó szerepet töltött be, az elmúlt 30 évben pedig különösen sok változásban, újításban estek át. Manapság azért kell odafigyelni ezekre a berendezésekre, mert a fűtési rendszerek megítélésének fő szempontja annak gazdaságossága és szennyezőanyag kibocsátása, ezt pedig alapvetően a hőtermelő határozza meg.

Az elmúlt időszakot a tüzelőanyag váltás mellett az jellemzi, hogy a fejlesztésekkel olyan tüzelőberendezések jelentek meg, amelyeknél a tüzelőanyag megtakarítás mellett egyúttal emissziójuk is jelentősen csökkent. Jó példái ennek az 1970-es évek második felében megjelent alacsonyhőmérsékletű kazánok, illetve az 1980-as években piacra került kondenzációs kazánok.

Új épületekben sokszor előfordul, hogy pince nélkül épülnek, illetve az egyes helyiségek használata több célt is szolgál. Ez a kazánok elhelyezésével kapcsolatban is új követelményeket jelent, olyan kazánokra van szükség, amelyek kis helyigényük és kis tömegük. Ezek a felhasználói igények vezettek a falikazánok kifejlesztéséhez, mert ezeket a készülékeket gépészeti- vagy fűtőhelyiség hiányában is el lehet helyezni a lakásban. A teljesítményüket korlátozza

- a rendelkezésre álló hely,
- a szerelési tömeg,
- az az igény, hogy a kazán tartalmazza a szivattyút, a tágulási tartályt, a biztonsági berendezéseket, esetleg HMV-készítésre is legyen alkalmas.

A kazánok csoportosítását sokféle szempontból meg lehet tenni. A hőfelvevő közeg rendszerint víz, vagy ritkábban, felforralás és elpárolgás után gőz. Ha a hőfelvevő közeg levegő, akkor a berendezést többnyire nem kazánnak nevezzük, hanem helyette kályháról, kandallóról, kemencéről vagy léghévítről beszélünk.

A teljesítményük szerint ismerünk:

- kisteljesítményű kazánokat: kb. 50 kW teljesítményhatárig,
- középteljesítményű kazánokat: kb. 50 kW-tól kb. 500 kW teljesítményhatárig,
- nagyteljesítményű kazánokat: kb. 500 kW-tól kb. 5000 kW teljesítményhatárig,

Üzemi nyomás és hőmérséklet szerint beszélünk:

- melegvíz-üzemű kazánokról 115°C hőmérséklet alatt,
- forróvíz-üzemű kazánokról 115°C hőmérséklet felett,
- kisnyomású gőzkazánokról 0,5 bar túlnyomás alatt,
- középnyomású gőzkazánokról 0,5 bar és 6 bar közötti túlnyomás esetén,
- nagynyomású gőzkazánokról 6 bar túlnyomás felett.

Az alkalmazott tüzelőanyag szerint a kazán energiaforrása lehet:

- szilárd tüzelőanyag koksz, antracit, szén, fa, lignit, tőzeg, pellet,
- folyékony tüzelőanyag tüzelőolaj, fűtőolaj, pakura,
- gáz nemű tüzelőanyag földgáz, városi gáz, PB-gáz,
- villamos energia

- vegyes tüzelőanyag többfajta tüzelőanyag tüzelésére alkalmas égővel,
- különleges tüzelőanyagok biomassza, szemétégetés.

Az elmúlt évek energia megtakarítási intézkedéseinek, az EU 2002/91/EC direktívának a hatására egy fontos csoportosítási szempont a melegvíz-üzemű kazánoknál, hogy a vízhőmérsékletre milyen követelmények vannak. Ebből a szempontból megkülönböztetünk:

- állandó hőmérsékletű kazánokat (nevezik szabványos, vagy hagyományos kazánnak is),
- alacsonyhőmérsékletű kazánokat,
- kondenzációs kazánokat.

Az állandó hőmérsékletű kazánokra az a jellemző, hogy a kazán vízhőmérsékletét nem szabad tartósan 60-65 °C alá csökkenteni, mert ilyenkor az égéstermék kondenzálódik a kazán belső felületén, és ez a kazán korrózióját eredményezi. Ezeknél a kazánoknál ezért a szabályozójuk állandó kazánvíz hőmérsékletet tart.

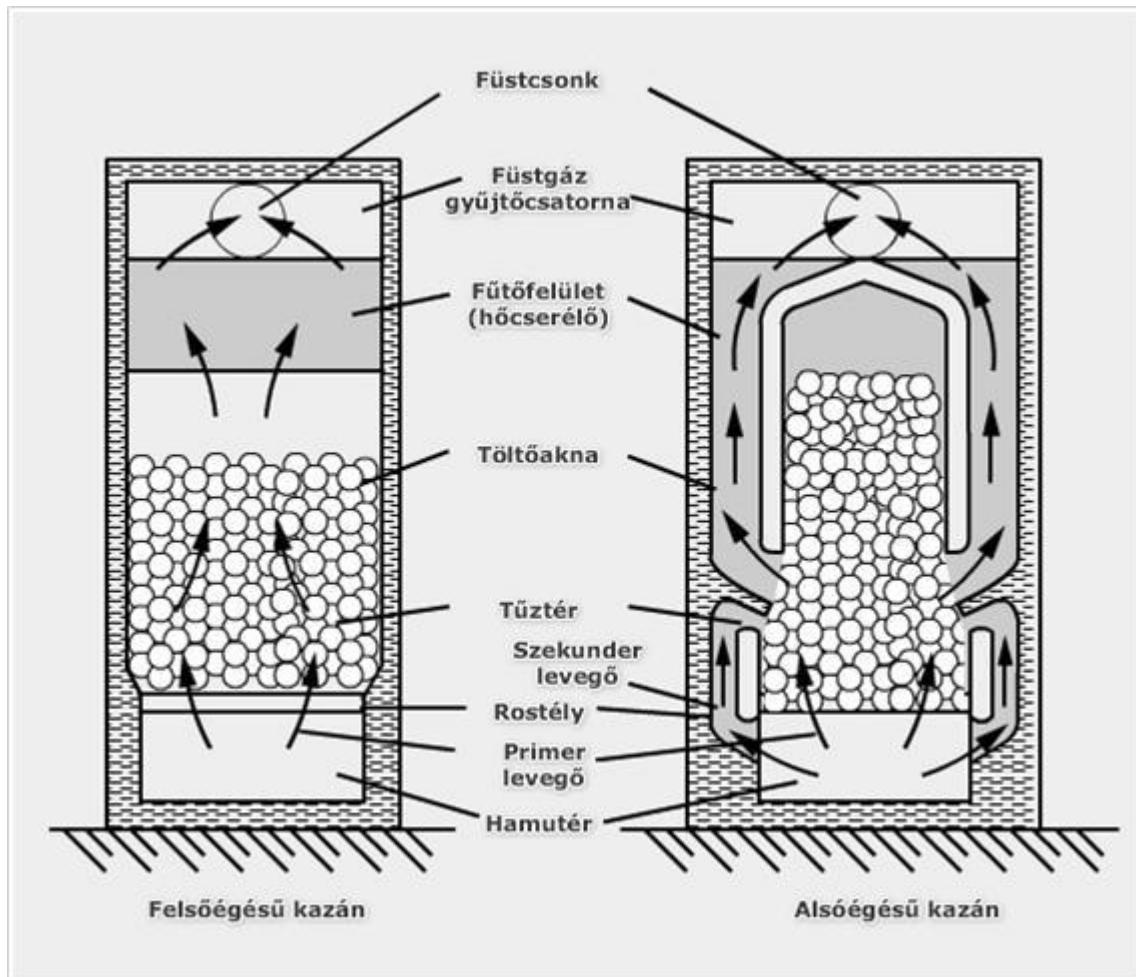
Az alacsonyhőmérsékletű kazánoknál a német elnevezések megkülönböztetik a „Niedertemperaturkessel” és „Tieftemperaturkessel” kategóriát is. Az elsőnél a vízhőmérséklet alsó korlátja 35-40 °C, míg a másodiknál esetleg nincs is alsó korlát megállapítva. Hazánkban nem terjedt el a két kategória megkülönböztetése, mi csak a közös „alacsonyhőmérsékletű kazán” kategóriát szoktuk használni. Az alacsony vízhőmérsékletek ellenére kondenzáció nem jön létre a kazánban, ennek megoldásait később tárgyaljuk. Mivel így a kazán alacsonyabb vízhőmérséklet mellettüben sem károsodik, ezért ezeket a készülékeket úgy célszerű üzemeltetni, hogy a fűtővíz hőmérsékletét az időjárás függvényében változtatjuk. Az időjárásfüggő szabályozás legnagyobb részt az előremenő fűtővíz hőmérsékletének az érzékelő különböző hőmérséklet függvényében történő szabályozását jelenti, amit azonban napsugárzás és szélhatás érzékelőkkel is ki lehet egészíteni. Mindig csupán a szükséges hőmérsékletet tartjuk, ezzel a készenléti veszteségek csökkenhetők. A félreértesek elkerülése végett megjegyezzük, hogy szabad ezeket a kazánokat magas vízhőmérséklettel is üzemeltetni, de nem célszerű, mert ilyenkor magasabbak a veszteségeik.

A kondenzációs kazánoknál az égéstermekkel távozó vízgőz energiatartalmát is hasznosítani lehet (ez földgáz tüzelőanyag esetén jelentős, ~11 %), ezért ezeknek a kazánoknak jellemzően 8-10 %-kal magasabb lehet a hatásfoka az előzőeknél. A kazánokat célszerű minél alacsonyabb vízhőmérséklettel üzemeltetni, hogy minél nagyobb mértékű kondenzáció legyen elérhető. Ha a kazán alacsonyabb vízhőmérséklettel üzemel, az nem csupán azért növeli a hatásfokát, mert nagyobb mértékű a kondenzáció, hanem azért is, mert a kazán készenléti veszteségei is csökkennek, ezért ezt a készüléket is időjárásfüggő szabályozással célszerű üzemeltetni.

1. Kazánkonstrukciók

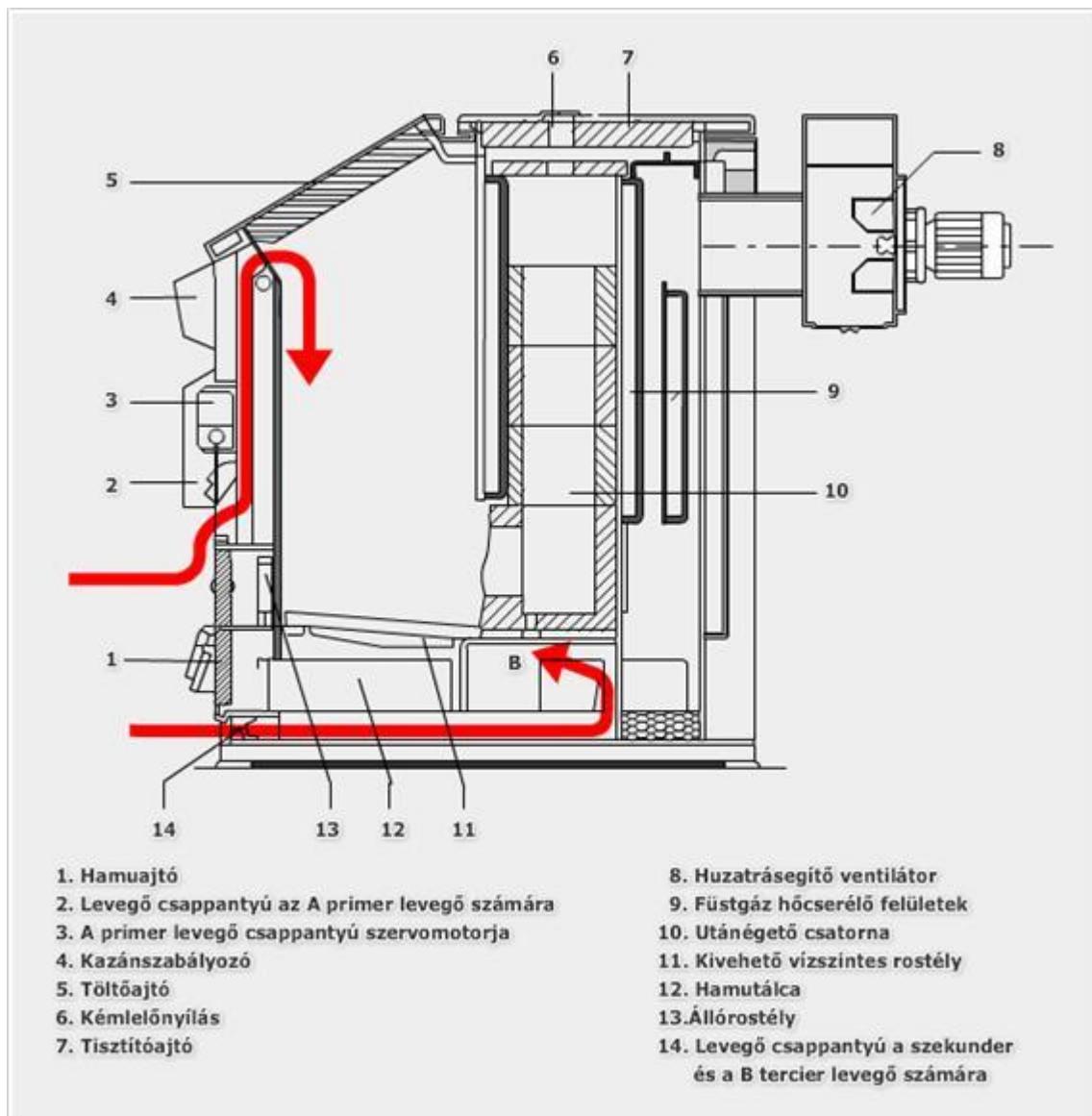
A 4.1.1. ábra a szilárdtüzelésű kazánok két markáns csoportját mutatja be. A felsőégésű kazánok előnye, hogy mivel a tüzelőanyag fentről lefelé ég el, ezért a felmelegedő tüzelőanyag kigázosodása során felszabaduló éghető gázok égő rétegen áramolnak keresztül, ezért jobb hatásfokú, tisztább égés jellemzi. Hátránya, hogy nem lehet folyamatosan tüzelni benne, a raktatás után ki kell salakolni, majd ezután lehet csak ismét megrakni.

Az alsóégésű kazánban alul kell meggyújtani a tüzelőanyagot. A felette levő, még nem égő tüzelőanyag kigázosodásakor keletkező gázok előzetlenül tudnak távozni, ezért ez a konstrukció rosszabb hatásfokú. A leégő tüzelőanyag folyamatosan csúszik lefelé, felülről utánatlölte az égés folyamatosan fenntartható.



4.1.1. ábra

A 4.1.2. ábra egy korszerű fatüzelésű kazánt mutat be. Az optimális égési levegő mennyiségről a készülékre szerelt huzatrássegítő ventilátor gondoskodik. A tüztér után kialakított utánégető csatorna biztosítja az éghető gázok maradéktalan elégetését.



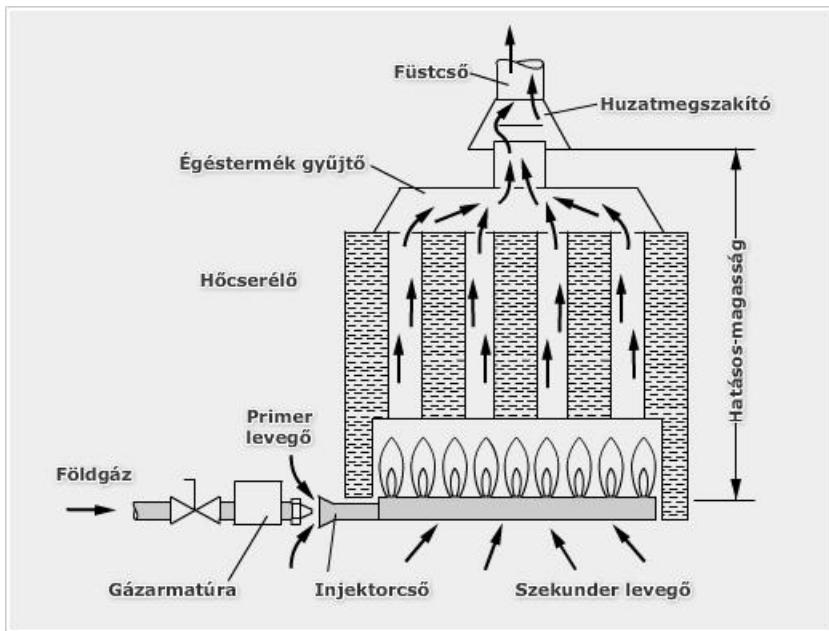
4.1.2. ábra Forrás: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Heizung_Holzkessel_161188.html

A 4.1.3. ábrán látható faelgázosító kazánnál a kazánra szerelt ventilátor gondoskodik arról, hogy a tüztér (amely egyúttal a töltőakna is) alján levő nyílásban lefelé áramoljon ki az égéstermékek. Így a tüztérben keletkezett gázok csak az izzó tüzelőanyagon keresztül tudnak eltávozni, tehát a kigázosodás során keletkezett éghető gázok maradéktalanul elégetésre kerülnek.



4.1.3. ábra Forrás: <http://www.atmos.cz/germany/kotle-001>

A 4.1.4. ábrán látható atmoszférikus gázkazán jellemzője, hogy a kazán alján és a huzatmegszakítónál is a felállítási helyiség légterével összeköttetésben van, ezért a kazánon belül sem túlnyomás, sem depresszió nem tud kialakulni. A kazánon belüli áramlási viszonyokat a környezeténél magasabb hőmérsékletű égéstermék és a helyiség levegő sűrűségének különbsége, és az ábrán is jelölt hatásos magasság határozza meg. Így a berendezés légarumlásra érzékeny égője a külső hőmérséklet huzatot befolyásoló hatásától függetlenítve van. A megoldás nagy hátránya, hogy az égő kikapcsolt helyzetében is sok levegő áramlik a meleg kazánon keresztül, ezért nagy a kazán készenléti vesztesége.



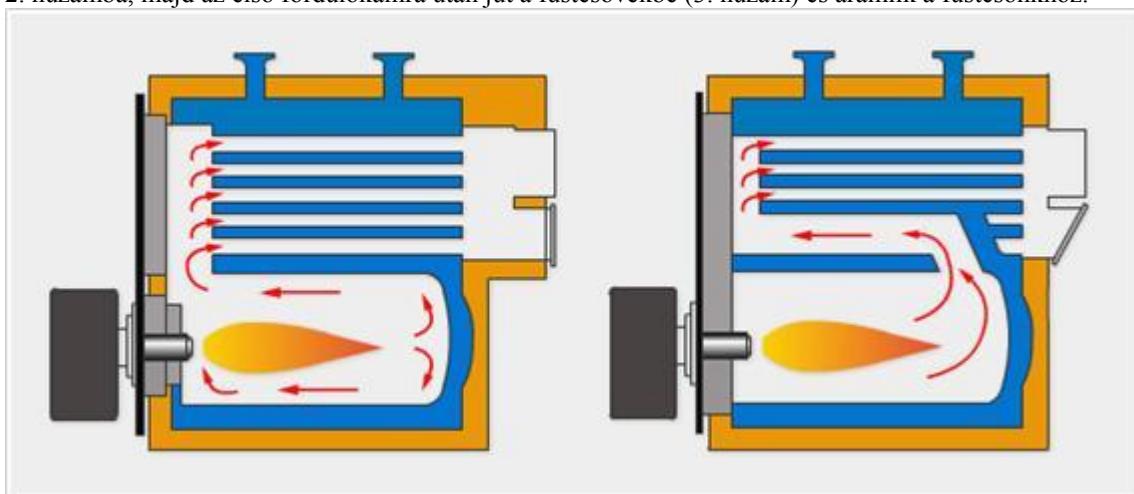
4.1.4. ábra

A 4.1.5. ábra nagy vízterű, blokkégős kazánok sematikus kialakítását mutatja be. Mivel a kazánra szerelt blokkégő ventilátora úgy van beállítva, hogy a kazán füstcsönkján a kazánhelyiség nyomásánál 1-2 Pa-lal alacsonyabb legyen a nyomás, ezért a kazánon belül a környezetnél magasabb nyomás van, ezért ezeket a kazánokat túlnyomásos tűzterű kazánoknak nevezik.

A blokkégő feladata az olaj vagy gáz tüzelőanyag és az égesi levegő összekeverése és tűzterbe való bejuttatása mellett a kazán áramlási ellenállásának fedezése. A kazánon belüli, markáns áramlási iránytalalék rendelkező részeket huzamoknak nevezünk.

A bal oldali ábra egy zsáktűzterű, kéthuzamú kazánt ábrázol. Az égő által a tűzterbe bevezetett közeg kénytelen a tűzterben visszafordulva elöl kiáramolni (1. huzam), majd az első fordulókamrán és a füstcsöveken (2. huzam) keresztül áramlik a kazán hátoldalán levő füstcsönkhöz.

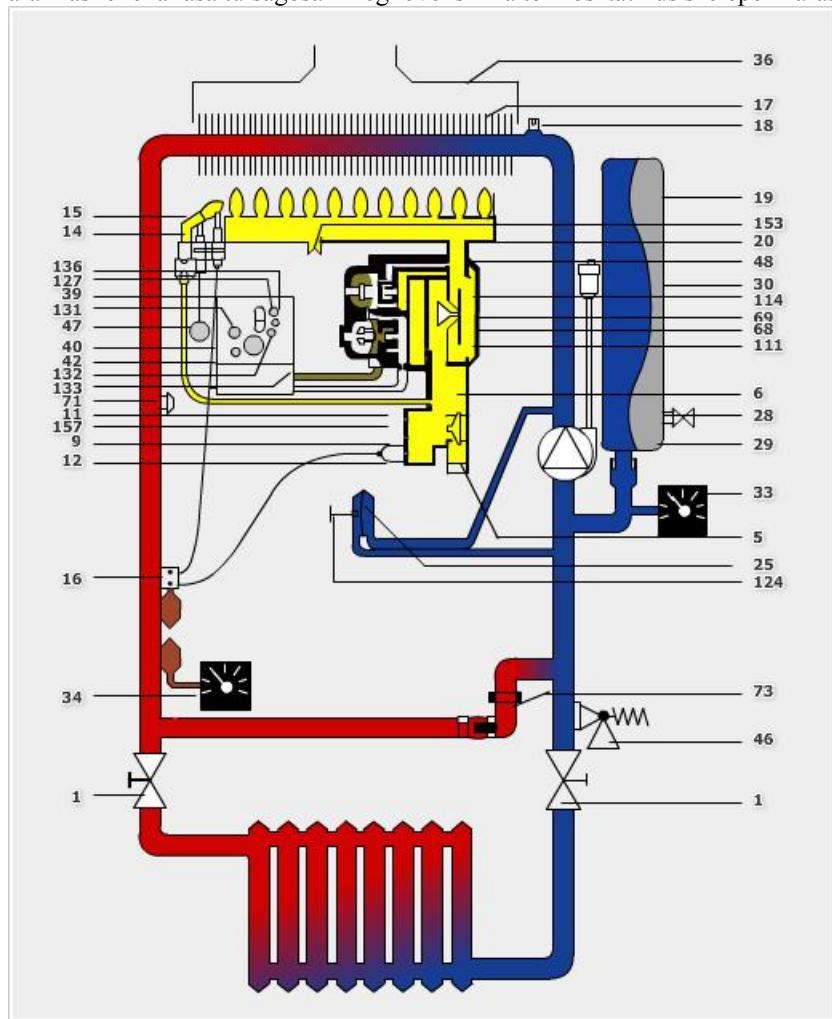
A jobb oldali háromhuzamú kazánnál a tűzter (1. huzam) végén lép át az égéstermék a nagyobb keresztmetszetű 2. huzamba, majd az első fordulókamra után jut a füstcsövekbe (3. huzam) és áramlik a füstcsönkhöz.



4.1.5. ábra Forrás: Viessmann Fűtéstechnika Kft.

A 4.1.6. ábra egy fali gázkazán sematikus kialakítását mutatja be. Az égő (153) feletti bordáscsöves hőcserélő (17) nagyon kicsi vízterfogatú, ezért ennél a kazánnál nem csupán a vízhőmérsékletre szabnak alsó korlátot, hanem az átáramló vízmennyisége minimális és maximális értéke is behatárolt. Mivel a kazán nagyon érzékeny a tömegáramra, ezért a keringető szivattyú (29) része a kazánnak. A megfelelő vízmennyiséget a kazánba épített

túláramszelép (78) biztosítja, amely nyitja a megkerülő (bypass) ágat, ha a kazánra kötött fűtési rendszer áramlási ellenállása túlságosan megnövekszik a termosztatikus szelepek zárása következtében.



4.1.6. ábra Forrás: Vaillant Saunier Duval Kft.

A 4.1.7. ábra egy alacsonyhőmérsékletű, öntöttvas tagos kazán egy kazántagjának metszetét mutatja be. Ezen két olyan technikai megoldás is megfigyelhető, amelyek azt a célt szolgálják, hogy a kazánban alacsony vízhőmérséklet mellett se következzen be kondenzáció.

Az egyik megoldás, hogy a második és harmadik huzamban az égéstermék oldal bordázott, ennek révén a felületi hőmérséklet magasabb lesz.

A másik megoldás a Buderus Eco-Stream nevű találmánya. A kazánba a hideg visszatérő víz felül van bevezetve. A kazántagokat összekötő felső közcsavar közepében átfűzött csövön minden kazántagnál 2-2 furat van kialakítva, ezeken keresztül „spriccel” be a víz. A nagy sebességgel áramló lehűlt vízhez az injektorhatás következtében azonnal keveredik a kazán felső részében összegyűlt meleg víz. Ezzel azt lehet elérni, hogy a visszatérő víz hőmérséklete azonnal megemelkedik. A kevert víz ezután a nagyobb sürüsége folytán „lefolyik” a kazántest külső részén, majd felmelegedve a tüztér és a füstcsövek közt áramlik fel. A speciális vízvezetés teszi lehetővé, hogy a kazán alacsony vízhőmérséklettel is kondenzációmentesen üzemeltethető legyen.

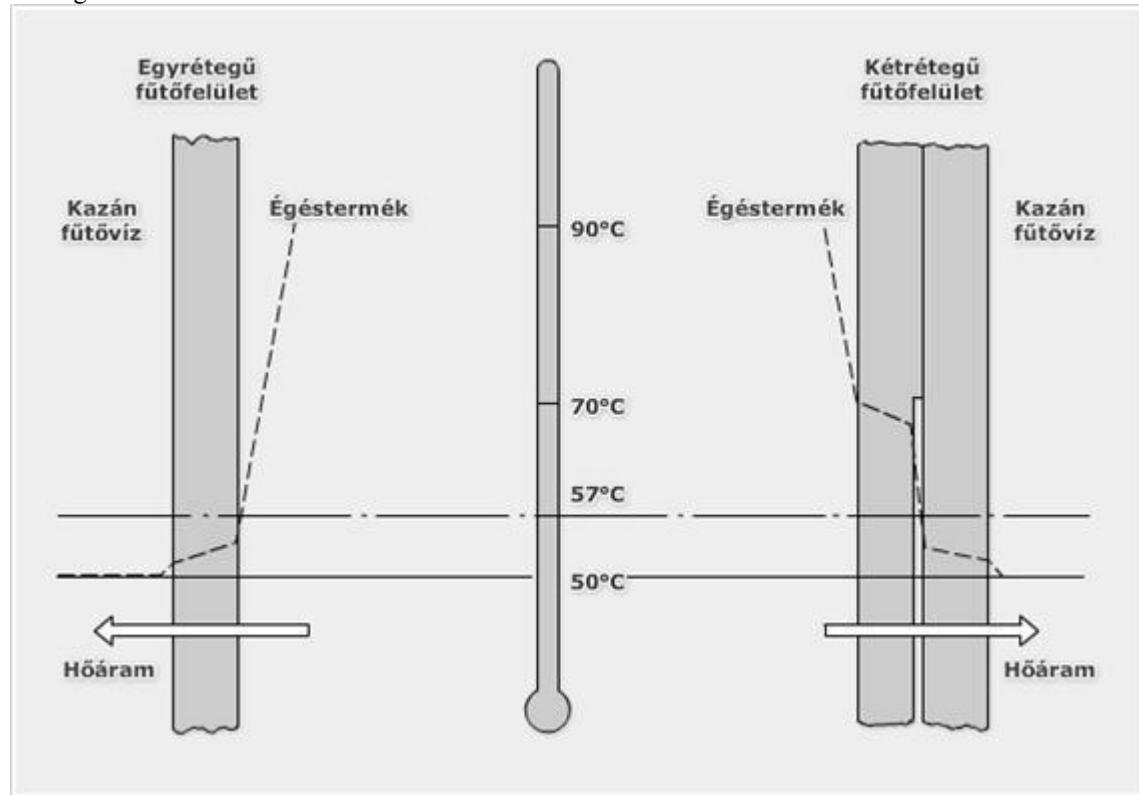


4.1.7. ábra Forrás: Robert Bosch Kft. Termotechnika Üzletág

A 4.1.8. – 4.1.10. ábrák többrétegű fűtőfelületek kialakítását és tipikus hőmérsékletviszonyait mutatják be. Az égéstermék oldali felület az a legalacsonyabb hőmérsékletű kazánrész, amelyen az égéstermék kondenzációja előskön megtörténik. Mivel a fémek jó hővezetési tényezővel rendelkeznek és a vízoldali hőátadási tényező lényegesen nagyobb, mint az égéstermék oldali, ezért a kazánok hőcserélő felületein az égéstermék oldali

falhőmérséklet nagyon közel esik a fűtővíz hőmérsékletéhez. Ha a fűtőfelületet több rétegű, és a rétegek között rossz hővezetési tényezőjű levegő van, akkor az égéstermék oldali felületi hőmérséklet lényegesen magasabb lesz. A jelenség nagyon hasonlít az egyrétegű és kétrétegű (hőszigetelő) ablaküvegezésnél tapasztalható kondenzációs viszonyokra. A kisebb hőátbocsátási tényezőjű kétrétegű üvegezésen még nem következik be kondenzáció, miközben hasonló hőmérsékletviszonyok mellett az egyrétegű üvegezésen már igen.

Ennek persze műszaki következménye, hogy ha a kettős réteggel tudatosan lerontjuk a kazán hőcserélőjének hőátbocsátási tényezőjét, akkor ugyanakkor teljesítményhez nagyobb fűtőfelületet, nagyobb méretű, költségesebb kazánt kell kialakítani.



4.1.8. ábra Forrás: Viessmann Fűtéstechnika Kft.

A 4.1.9. ábra tűzteré úgy készül, hogy a belső, bordázott öntöttvas gyűrűkre izzó, kitágult állapotban húzzák rá a külső acélköpenyt, amely kihűlve ráfeszül. A gyűrűk külső oldalába hornyok vannak kiképezve, amelyek révén szigetelő légréteg alakul ki. Az égő működése közben a tűzterben magasabb a hőmérséklet, mint a vízterben, ezért a belső gyűrűk nagyobb hőtágulása következtében a szigetelő légréteg vékonyodik. Kikapcsolt égőnél, ha meleg a kazánvíz, akkor a köpenycső tágul jobban, ezért vastagodik a szigetelő légréteg, kisebb lesz a hőátbocsátási tényező, így csökken a tűzter felé a kazán vesztesége is.



4.1.9. ábra Forrás: Viessmann Fűtéstechnika Kft.

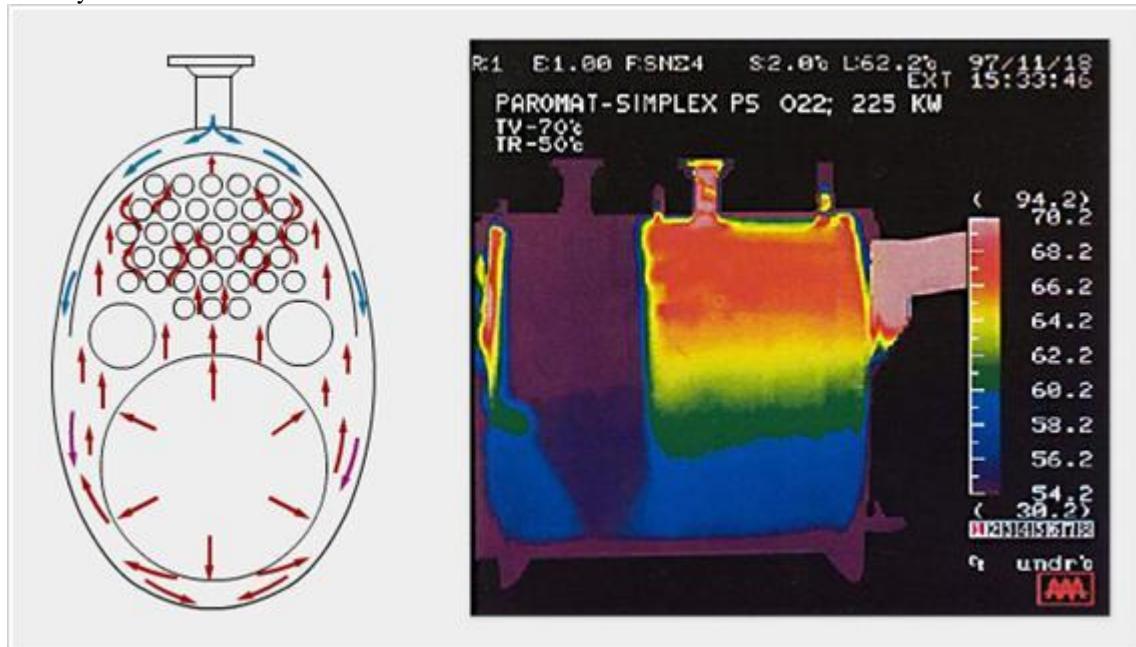
A 4.1.10. ábra több rétegű füstcsövet ábrázol. A belül bordázott csövön belül áramlik az égéstermék. A beledugott, minden két végén ledugózott középső cső biztosítja, hogy az égéstermék csak a bordák közti térben tud áramolni. A bordázott csőre egy nagyobb átmérőjű acélcsövet húznak, amelyet helyenként rásajtolnak a belső csőre. A két sajtolás között szigetelő légpárnák alakulnak ki. A sajtolások távolságával szabályozni lehet a szigetelés mértékét. A füstcsövek elején még forró az égéstermék, ezért ott sűrűbb sajtolással nagyobb hőátbocsátási tényezőre törekzenek, mint a csövek végén, ahol már alacsonyabb a hőmérséklet.



4.1.10. ábra Forrás: Viessmann Fűtéstechnika Kft.

A 4.1.11. ábra nagyvízterű kazánjában a vízvezetéssel érik el, hogy ne legyen kondenzáció. A felül bevezetett hideg visszatérő vizet egy terelőlemezzel vezetik le a kazán aljába, így nem tud a kondenzációra érzékenyebb

füstcsövek közelébe jutni. A felmelegedés következtében kisebb sűrűségű víz gravitációsan emelkedik fel ismét a kazán felső részébe. A kép jobb oldali hőkamerás felvételen jól nyomon követhetők a kazán belső hőmérséklet viszonyai.



4.1.11. ábra Forrás: Viessmann Fűtéstechnika Kft.

A 4.1.12. ábra kondenzációs kazánja rozsdamentes acélból készül, ezért érzéketlen a savas kondenzátumra. Az égéstermék harmatponti hőmérséklet alá való hűtését a tüztér után kapcsolt lemezes hőcserélővel érik el. A kazán blokkégőjének ventilátora biztosítja, hogy az égéstermék lefelé áramoljon az alul elhelyezett füstcsönhöz. A fűtővíz ellenáramban, felfelé áramlik. Mivel mind az égéstermék, mind a kondenzátum lefelé áramlik, ezért ez a megoldás biztosítja, hogy az égéstermék „lefújja” a „hőszigetelő” kondenzátumot a hőcserélő felületéről, ezért a hőátbocsátási tényező maximális értékű lesz.

Az ábrán levő kazánon két visszatérő csonk látható. Ez azt a célt szolgálja, hogy olyan esetben, amikor a kazánra kapcsolt rendszerek visszatérő vízhőmérséklete különböző, azokat elkülönítve lehessen a kazánra kapcsolni. Például a padlófűtés alacsonyabb vízhőmérséklete van alul bevezetve, míg feljebb, a hőcserélő közepén csatlakozik a radiátoros rendszer magasabb visszatérő vize. Ezzel teljesül az a cél, hogy az égéstermeket minél alacsonyabb hőmérsékletre visszahűtve a lehető legnagyobb mértékű kondenzációt, és a lehető legkisebb égéstermék veszteséget érjük el.

Ökölszabályként az mondható, hogy ezekben a kazánokban a távozó égéstermék hőmérséklete csupán 5-10 °C-kal haladja meg a belépő víz hőmérsékletét.



4.1.12. ábra Forrás: Viessmann Fűtéstechnika Kft.

2. Kazánok hatásfokai

A kazánok minősítésénél meg kell különböztetnünk a tüzeléstechnikai hatásfokot, a kazánhatásfokot és az éves hatásfokot.

2.1. Tüzeléstechnikai hatásfok

Az h_k tüzeléstechnikai hatásfok a berendezés égőjének üzeme közben értelmezett hatásfok, amit az égéstermék jellemzőinek mérésével állapítanak meg. Ez a hatásfok nem tartalmazza azokat a veszteségeket, amelyek a távozó égéstermektől függetlenül fellépnek, tehát ebben nem szerepel a kazán sugárzási vesztesége, szilárd tüzelésű kazán esetén a salak és rostélyveszteség, nincsenek az égő üzemszünetek közbeni veszteségek figyelembe véve.

Az égéstermék veszteség meghatározásához három paraméter mérése szükséges:

- Az égéstermék oxigéntartalma (esetleg CO₂-tartalma)
- Az égéstermék hőmérséklete közvetlen a kazánból való kilépésnél
- A környezeti hőmérséklet, ami a legtöbb esetben megegyezik az égési levegő hőmérsékletével

Az égéstermék oxigéntartalma arra ad információt, hogy mekkora a légfelesleg, a hőmérsékletek pedig a veszteség meghatározásához kellenek.

A veszteségek számítására szolgáló összefüggés:

$$P_{ch} = (t_f - t_i) \cdot \left(\frac{A}{21 - O_{2,fl,dry}} + B \right) [\%]$$

ahol:

P_{ch} az égéstermék veszteség, %

O_{2,fl,dry} a száraz égéstermék oxigén tartalma, %

t_f az égéstermék hőmérséklete, °C

t_i az égési levegő hőmérséklete, °C

A és B tüzelőanyagtól függő konstansok, értékeik:

	Tüzelőolaj	Földgáz	PB
A	0,68	0,66	0,63
B	0,007	0,009	0,008

4.2.1.1. ábra

A veszteség felhasználásával a tüzeléstechnikai hatásfok az alábbi módon határozható meg:

$$\eta_N = \frac{100 - P_{ch}}{100} [-]$$

A teljességhoz hozzátarozik, hogy erre a számításra általában nincs szükségünk, mert a ma használatos korszerű, elektronikus füstgázelemző készülékek már a végeredményt írják ki a mérések során.

2.2. Kazánhatásfok

Az η_N kazánhatásfok a kazánból felhasznált fűtési energia és a tüzelőanyag eltüzelésénél felhasznált energia hárnyadosa.

$$\eta_N = \frac{\dot{Q}_{hasznostott}}{\dot{Q}_{bevezetett}} [-]$$

Az η_N kazánhatásfok minden az égő üzeme közbeni, minden az üzemszünetben fellépő veszteségeket figyelembe veszi. Az η_N kazánhatásfokot különböző kazánterhelésekknél, különböző vízhőmérsékleteknél lehet értelmezni.

A kazán hasznosított teljesítménye azért kisebb, mert a kazánnak különböző veszteségei vannak.

$$\dot{Q}_{hasznosított} = \dot{Q}_{bevezetett} - (\dot{Q}_f + \dot{Q}_e + \dot{Q}_k + \dot{Q}_s + \dot{Q}_r) \quad [W]$$

Az összefüggésben \dot{Q}_f a füstgáz- vagy kéményveszteség. Ez azért jelentkezik, mert az égéstermek a bevezetett tüzelőanyag és égesi levegő hőmérsékleténél magasabb hőmérsékleten távozik. A korszerű kazánoknak ez a legjelentősebb vesztesége, számítani az alábbi módon lehet:

$$\dot{Q}_f = \dot{m}_f \cdot c_f \cdot (t_f - t_i) \quad [W]$$

ahol:

\dot{Q}_f az égéstermek vesztesége, W

\dot{m}_f a keletkezett égéstermek tömegárama, kg/s

\dot{Q}_e az égéstermek fajhője, J/kgK

t_f az égéstermek hőmérséklete, °C

t_i az égesi levegő hőmérséklete, °C

c_f az elégetlen gázok okozta veszteség. Ez a veszteség az olaj- és gáztüzelésű berendezések esetén elhanyagolható értékű (jelenléte az égő rossz beállítására utal), szilárd tüzelés esetén azonban jelentős tétel lehet. A leggyakrabban a tökéletlen égés következtében visszamaradó CO vagy H₂ okoz ilyen veszteséget. Az égéstermekben jelen levő CO vagy H₂ térfogatszáza konként kb. 4-5 % veszteséget okoz.

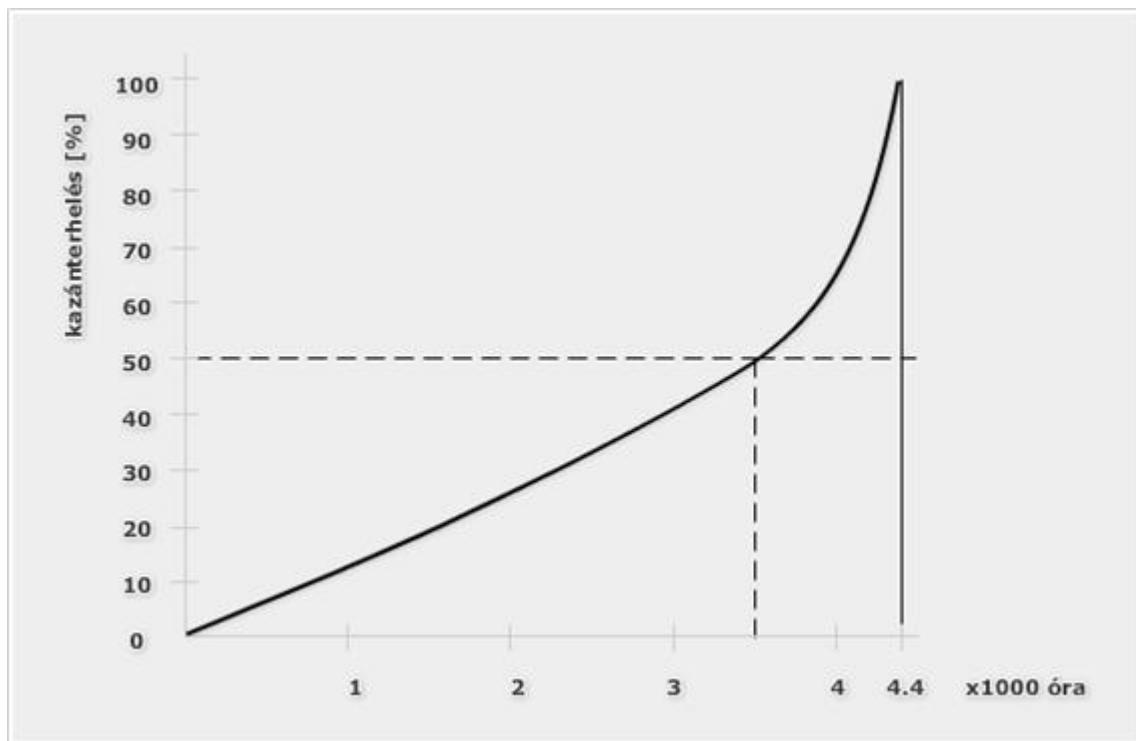
\dot{Q}_k a korom- és pernyeveszteség. Az elégetlen C nem hasznosított hőtartalma miatt jelentkezik. Értéke szilárd tüzelőanyagoknál 1-3 %, olaj- és gáztüzelésnél elhanyagolható.

\dot{Q}_s a sugárzási veszteség. Mivel a kazántest melegebb a környezeténél, ezért konvekcióval és sugárzással energiát ad le. Ez a veszteség szigeteletlen kazánknál jelentős lehet, a kazán szigetelésével azonban töredékére csökkenthető. Szigeteletlen készülékeknel elérheti akár a 10%-ot is, jól szigetelt, nagyteljesítményű berendezéseknel néhány tized százalék.

\dot{Q}_r a rostély és salak veszteség. Ez természetesen csupán a szilárdtüzelésű berendezésekre jellemző veszteség. A két veszteség összesen 5-10 % értéket érhet el.

A katalógus adatok esetén a kazán tüzeléstechnikai hatásfokát megkapjuk akkor is, ha a kazán hőteljesítményét a hőterhelésével osztjuk.

A kazánnak nem kell teljes fűtési időszakban teljes terheléssel üzemelnie. A kazánterhelés és a használati idő közti kapcsolatot jól szemlélteti a 4.2.2.1. ábra:



4.2.2.1. ábra

Általánosságban kijelenthető, hogy a csak fűtésre szolgáló berendezések esetén a fűtési idény több mint 80 %-ában a méretezési teljesítmény felénél kisebb teljesítményre van szükség. A teljes terheléssel való üzemelés csak nagyon rövid időszakra jellemző.

A kazán részterhelésen való üzemeltetése gyakran az égő ki-bekapcsolásával érhető el. Amikor az égő ki van kapcsolva, akkor nincs energia bevitel, de a kazánban levő meleg a fűtővíz miatt változatlanul vesztesége van a környezete felé. Ezt a veszteséget készenléti veszteségnak nevezzük. A készenléti veszteség kétféleképpen, sugárzási veszteséggént és kéményveszteséggént jelentkezik. A kéményveszteség nagymértékben csökkenhető, ha égéstermék csappantyú van a készülék után beépítve. A ventilátorral működő készülékeknel a ventilátor kikapcsolásával a berendezésen átáramló levegő mennyisége jelentősen csökken. Ha figyelembe vesszük azt is, hogy a készüléken átáramló és a kéményen keresztül távozó levegő utánpótlása a külső térből történik, akkor belátható, hogy ez a térel egyes készülékeknel nagyon jelentős lehet. A teljes fűtési idényre vetített veszteség atmoszférifikus égővel felszerelt készülékeknel elérheti a teljes energiafelhasználás 10 %-át is.

A részterhelésen értelmezett kazánhatásfok és a teljes terhelésen mért kazánhatásfok között az alábbi kapcsolat van:

$$\eta_N = \frac{\eta_{N,100}}{1 + \dot{q}_\delta \cdot \frac{\tau_2}{\tau_1}}$$

ahol:

η_N a kazánhatásfok, -

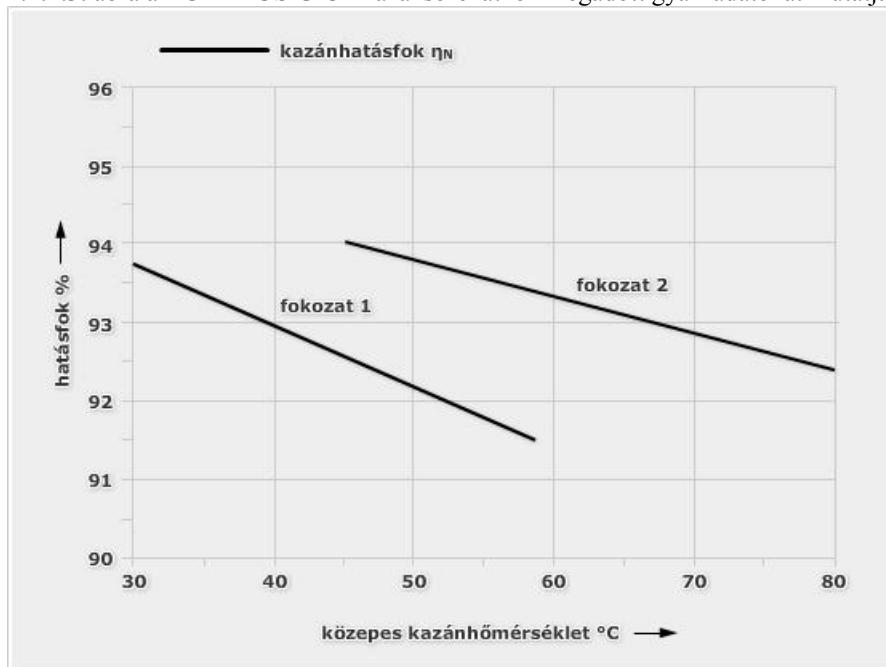
$\eta_{N,100}$ a kazán hatásfoka teljes terhelésen, -

τ_1 az égő üzemidejének hossza egy kapcsolási intervallumban, h

τ_2 a készenléti időszak hossza egy kapcsolási intervallumban, h

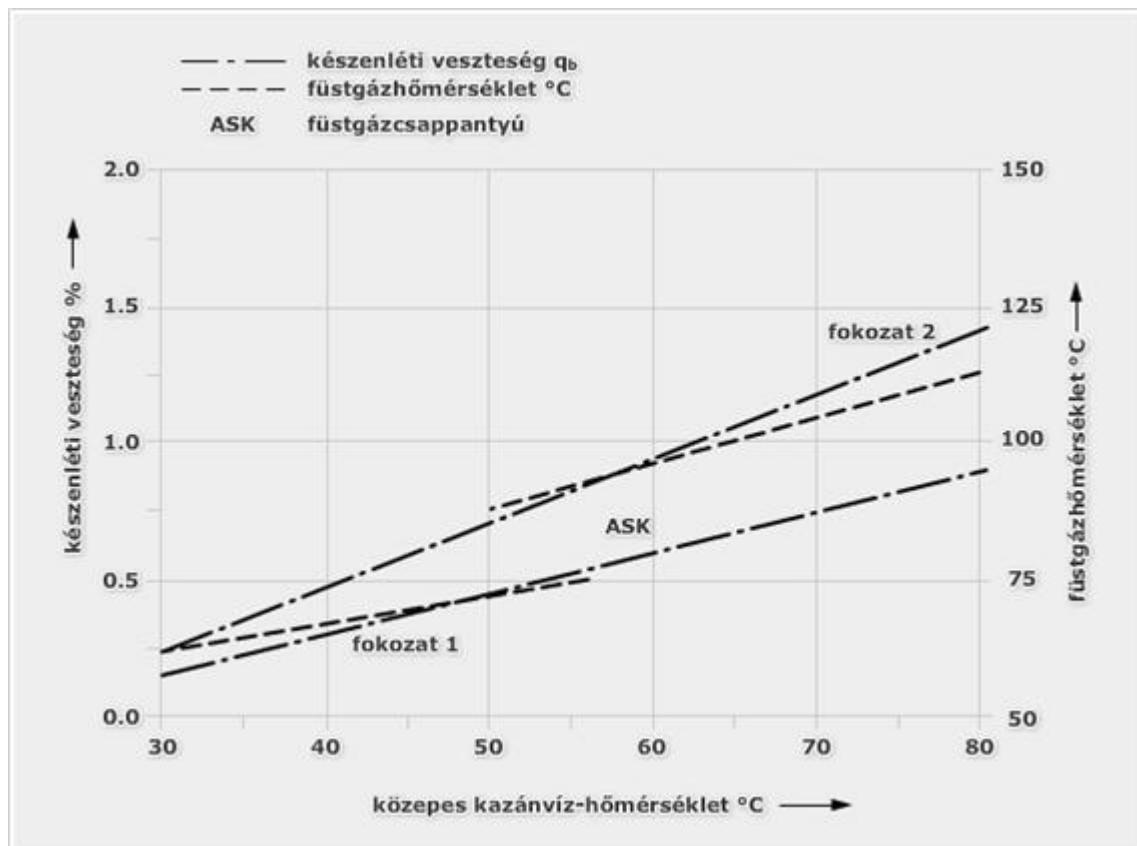
 a kazán fajlagos készenléti vesztesége a teljesítményre vetítve, -

A kazán hatásfoka és készenléti vesztesége is függ attól, hogy mekkora a kazánvíz hőmérséklete. A 4.2.2.2. és 4.2.2.3. ábra a BUDERUS G434 kazánsorozathoz megadott gyári adatokat mutatja be.



4.2.2.2. ábra Forrás: Buderus termékkatalógus

Az ábrán látható, hogy a kazánvíz hőmérsékletének csökkenésével az égéstermék jobban lehűl, ezért a kazán hatásfoka növekszik. Az 1. fokozatban kisebb az égéstermék mennyisége, ezért alacsonyabb hőmérsékletre hűl le, de mivel a kazán felülete, és így a sugárzási vesztesége változatlan, ez összességében a hatásfok romlását eredményezi.



4.2.2.3. ábra Forrás: Buderus termékkatalógus

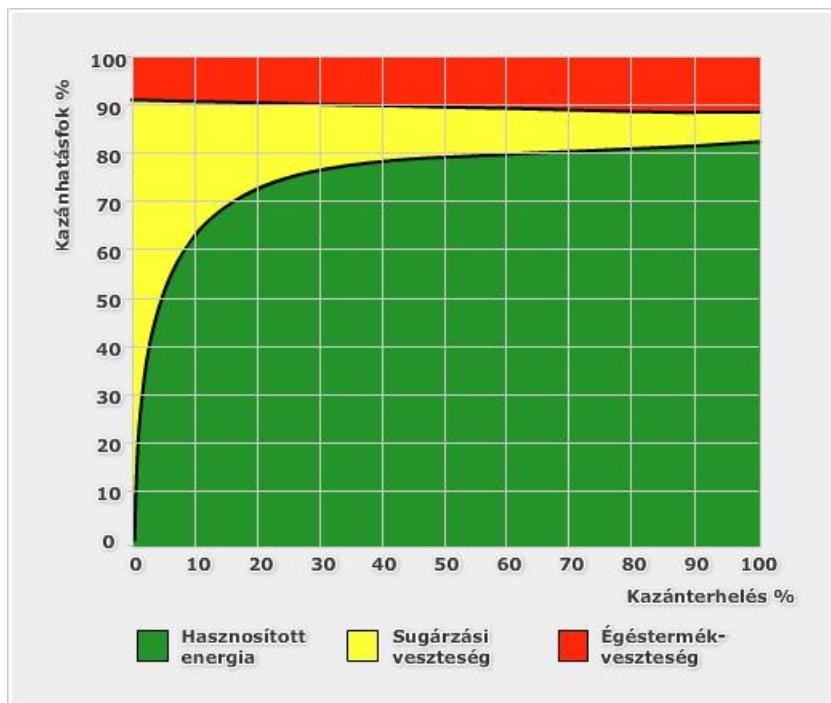
Az égéstermék hőmérséklete a vízhőmérséklet csökkenésével csökken. A készenléti veszteség a közepes kazánvíz-hőmérséklet és a környezeti hőmérséklet különbségével arányos, azért a vízhőmérséklet csökkenésével ez is csökken. Látható az is, hogy égéstermék csappantyú használatával a kikapcsolt égőjű kazánon átáramló levegő mennyisége csökkenthető, ami a készenléti veszteség jelentős csökkenését vonja magával.

A kazánhatásfok minimumára és a kazánok besorolására nemzetközi és hazai rendeletek születtek. A kazánhatások minimumára vonatkozó előírásokat az alábbi táblázat tartalmazza:

Tájolási szektor	Névleges telj. kW	Hatásfok névleges teljesítményen		Hatásfok részleges teljesítményen	
		Átlagos vízhőm. °C	Hatásfok %	Átlagos vízhőm. °C	Hatásfok %
Szabványos kazán	4-400	70	$\geq 84 + 2\log(P_n)$	50	$\geq 80 + 3\log(P_n)$
Alacsony hőmérsékletű kazán	4-400	70	$\geq 87,5 + 1,5\log(P_n)$	50	$\geq 87,5 + 1,5\log(P_n)$
Kondenzációs kazán	4-400	70	$\geq 91 + 1\log(P_n)$	30	$\geq 91 + 1\log(P_n)$

4.2.2.4. ábra

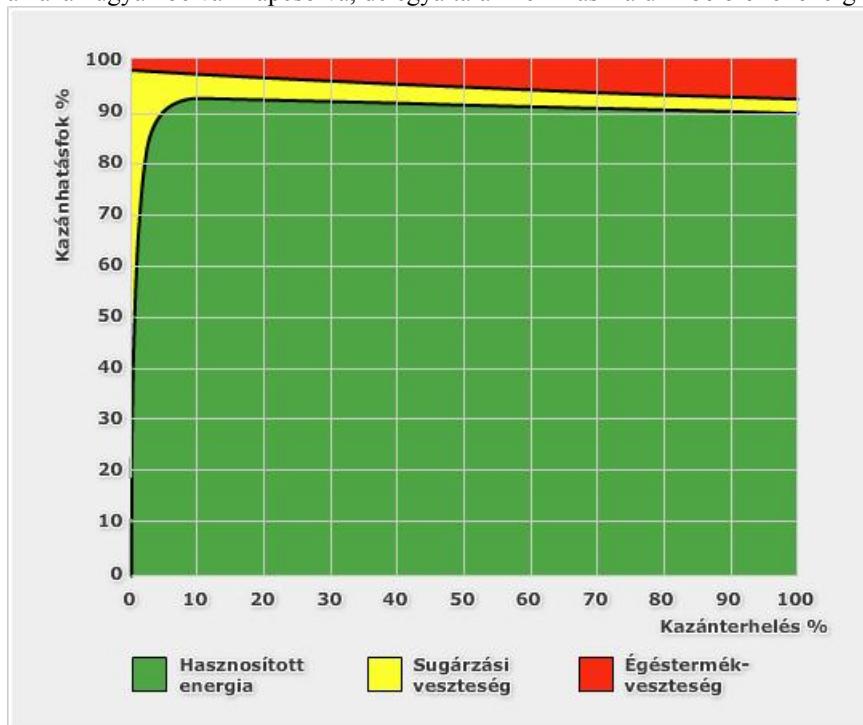
A különböző kazántípusoknál a kazánterhelés függvényében eltérően változik a kazánhatásfok. A 4.2.2.5. ábra egy állandó hőmérsékletű kazánt mutat be. A terhelés csökkenésével egyre nagyobb időarányban van az égő kikapcsolva, a kazánnak az állandóan magas vízhőmérséklet miatt jelentős a készenléti vesztesége. Az égéstermék veszteség csökken, mert kevesebb a kazán bekapcsolási ideje. Láthatóan alacsony terhelésekknél ennek a kazántípusnak jelentősen csökken a kazánhatásfoka. A terhelés eloszlás függvényből láttuk, hogy az idő jelentős részében alacsony terheléssel kell a kazánnak üzemelnie, ezért a teljes fűtési idényre vetítve ennek a kazánnak lesz a legrosszabb az éves hatásfoka.



4.2.2.5. ábra Forrás: Viessmann Fűtéstechnika Kft.

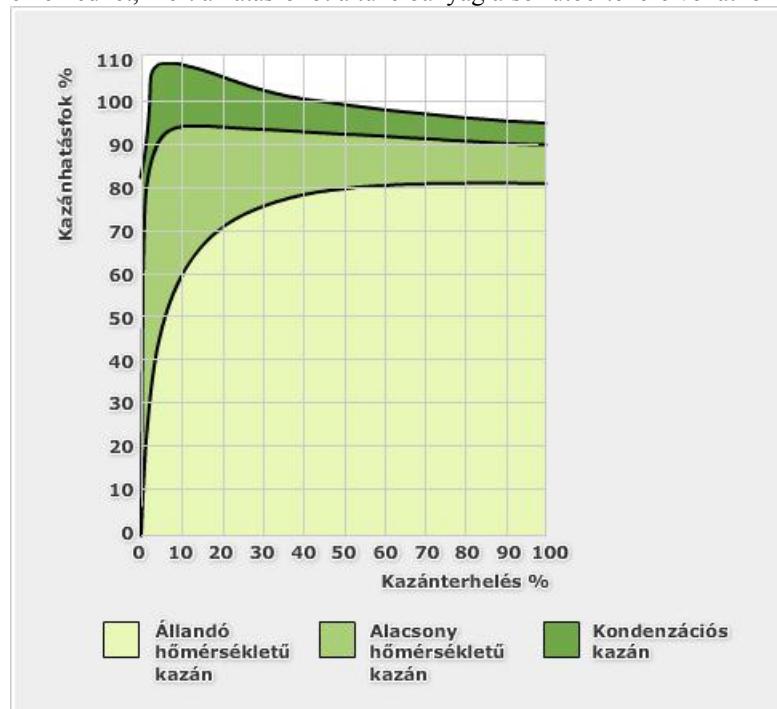
A 4.2.2.6. ábra egy alacsonyhőmérsékletű kazánt mutat be. Mivel a külső hőmérséklet emelkedésével nem csak terhelés csökken, hanem ennél a kazántípusnál a kazánvíz hőmérséklete is csökkenthető, ezért egy széles tartományban a veszteségek is jelentősen csökkennek, a kazánhatásfok részterhelésnél akár jobb is lehet, mint teljes terhelésnél.

Természetesen 0 kazánterhelésnél ennek a kazánfajtának is 0 lesz a hatásfoka, mert a 0 terhelés azt jelenti, hogy a kazán ugyan be van kapcsolva, de egyáltalán nem használunk belőle fel energiát.



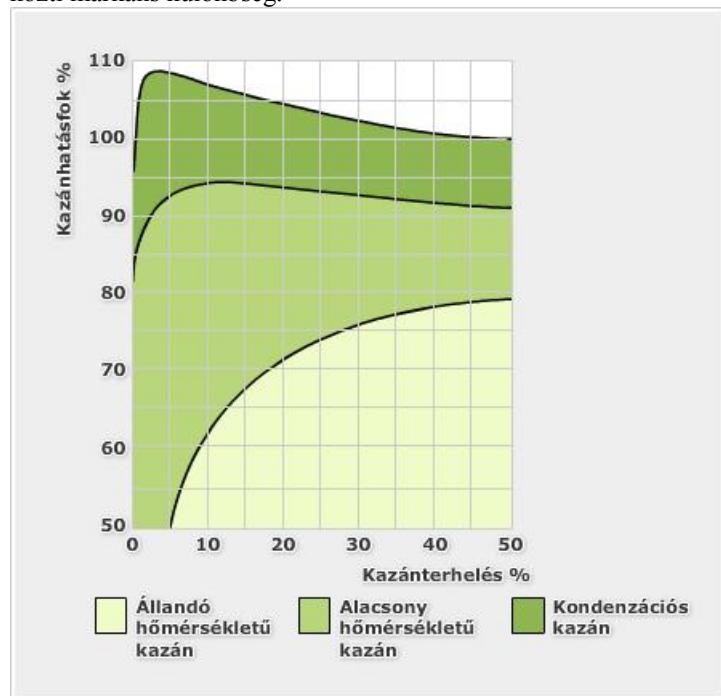
4.2.2.6. ábra Forrás: Viessmann Fűtéstechnika Kft.

A 4.2.2.7.. ábra a kondenzációs kazán kazánhatásfokának változását az előzőekben ismertetett két kazántípussal közös diagramon ábrázolja. Ennél a kazántípusnál is csökkenteni lehet a terhelés csökkenésével a fűtővíz hőmérsékletet, ami itt nem csak a készenléti veszeség csökkenését eredményezi, hanem a kondenzáció mértékét is növeli. A kazánhatásfok ezért ennél a kazánnál javul a legjobban részterhelésnél. Akár 100 % fölött is emelkedhet, mert a hatásfokot a tüzelőanyag alsó fűtőértékére vonatkoztatjuk.



4.2.2.7. ábra Forrás: Viessmann Fűtéstechnika Kft.

Az éves hatásfok szempontjából az alacsony terhelések mellett üzem játssza a legfontosabb szerepet. A 4.2.2.8.. ábra kinagyítva mutatja be a diagramnak ezt részletét, hogy még nagyobb hangsúlyt kapjon az egyes kazánok közti markáns különbség.



4.2.2.8. ábra Forrás: Viessmann Fűtéstechnika Kft.

2.3. A kazán éves hatásfoka

A kazánok tényleges energiafelhasználását legjobban az η_a éves hatásfok jellemzi. Ez a teljes fűtési idényben hasznosított és a kazánba ténylegesen bevezetett energia hányadosa.

A teljes terhelésen mért kazánhatásfok és az éves hatásfok között az alábbi összefüggés teremti meg a kapcsolatot:

$$\eta_a = \frac{\eta_{N,100} \cdot f_s}{1 + \dot{q}_b \cdot \left(\frac{Z_F}{Z_{vH}} - 1 \right)}$$

ahol:

η_a a kazán éves hatásfoka, -

$\eta_{N,100}$ a kazán hatásfoka teljes terhelésen, -

Z_F a fűtési idény hossza, h

Z_{vH} a kazánégő teljes terheléssel való működésének időtartama, h

\dot{q}_b a kazán fajlagos készenléti vesztesége a teljesítményre vetítve, -

f_s az elpiszkolódási tényező a kazán két karbantartási periódusa között, -

A Z_{vH} égő üzemiidő egyes kazánoknál esetleg a beépített üzemóra számlálóról leolvasható, vagy ha a kazán fogyasztása külön mért, akkor abból számítható.

Új kazán esetén a különböző terhelésekkel mérhető kazánhatásfokokat is fel lehet használni arra, hogy a kazán éves hatásfokat megállapítsuk. A DIN 4702 értelmében a fűtési időszakot 5 részre kell bontani olyan módon, hogy az egy részidőszakok során felhasznált energia egyenlő legyen. Ezeknél a jellemző terhelésekkel kell a kazánhatásfokot megállapítani, és azokból az éves hatásfok az alábbi módon számítható:

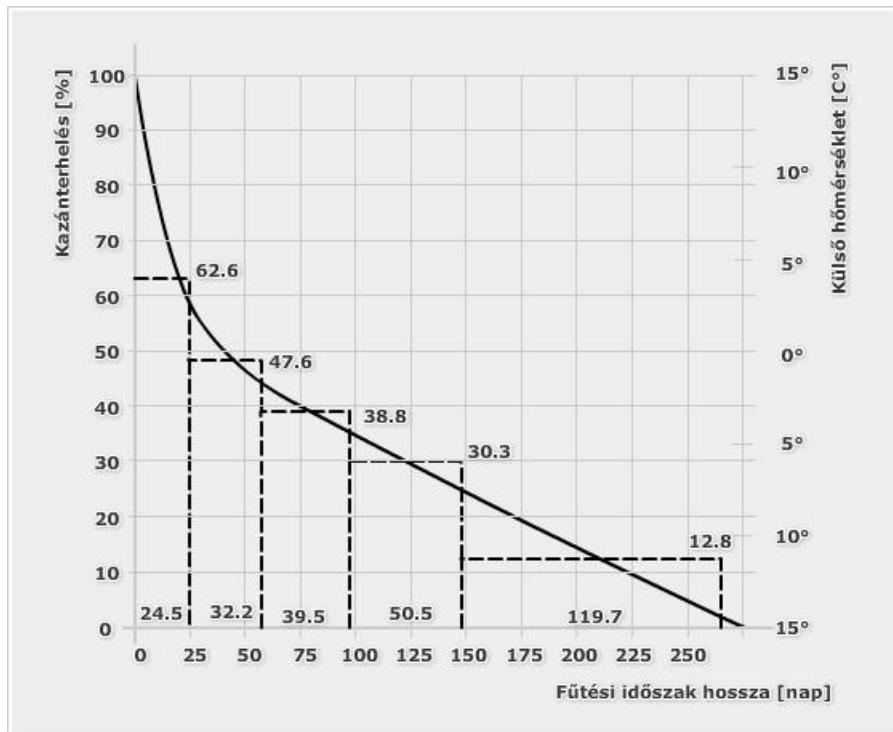
$$\eta_a = \frac{5}{\sum_{i=1}^5 \frac{1}{\eta_{\phi,i}}}$$

ahol:

η_a a kazán éves hatásfoka, -

$\eta_{\phi,i}$ a kazánhatásfok adott terhelésen, -

A német előírások 12.8, 30.3, 38.8, 47.6 és 62.6% terhelések melletti kazánhatásfok mérését írják elő. A 4.2.3.1. ábrán szereplő diagram mutatja be a hőfokgyakoriság, a külső hőmérséklet, a fűtési napok és a kazánterhelés kapcsolatát. Vegyük észre, hogy a 4.2.2.1. ábra tulajdonképpen ugyanezt ábrázolta, csak az adatok kissé másként voltak feldolgozva.



4.2.3.1. ábra

A fogyasztás szempontjából az éves hatásfok a meghatározó kazánjellemző. Az energiaárak napjainkra annyira megemelkedtek, hogy új kazán beépítése esetén egyértelműen a kondenzációs kazán mellett kell dönten. Ma már a meglévő állandó hőmérsékletű kazánok cseréje (és egyre inkább az alacsonyhőmérsékletűek is) korszerű kondenzációs kazánra ugyancsak megfontolandó gazdasági döntés.

Ez a tény a gázkazánok piacán azt jelenti, hogy a kondenzációs kazánok kezdik kiszorítani a másik két kazánfajtát. Olajtüzelésnél kisebb a kondenzációval megtakarítható energia (~3...4 %), ezért továbbra is van lé吉jogosultsága az alacsonyhőmérsékletű kazánoknak.

A tüzelőanyag áraknak köszönhetően a szilárdtüzelésen belül ma a fatüzelés a leggyakoribb. Fatüzelésű kazántípusnál változatlanul az állandó hőmérsékletű kazánok vannak jelen a piacon. Ezeknél a készülékeknél tehát fontos, hogy azokat magas hőmérsékleten üzemeltessük. Mivel ez gyakran nem egyeztethető össze az épület fűtési rendszereinek igényeivel, azért mindenképpen puffertároló alkalmazása javasolt.

Felhasznált irodalom

Handbuch für Heizungstechnik. Beuth Verlag. 2002.

Arbeitsblatt K5. Heizkessel és Kennwerte. BUDERUS kiadvány.

Fűtés- és Klímatechnika. Recknagel, Sprenger, és Schramek. Dialóg Campus Kiadó. 2000.

5. fejezet - Távhőellátás, kapcsolt energiatermelés

A távhőellátás, vagy a gyakran használt, de nem annyira pontos kifejezéssel távfűtés, a legfiatalabb közmű. A városi távhőellátásról, mint közműről csak az utóbbi 30-40 évben beszélhetünk.

A távhőellátás alkalmazására elsősorban ott kerülhet sor, ahol fogyasztási helyek koncentráltan helyezkednek el, a kapcsolt energiatermelés, vagy a hulladékhő hasznosítás előnyeit lehet kihasználni. Magyarországon az elmúlt évtizedekben számos távfűtési rendszer létesült, mert számos, elsősorban társadalmi érdek ezt indokolta.

Napjainkban Ausztriában, Németországban megfigyelhető tendencia, hogy kisebb távhőellátó rendszerek létesülnek (érdekes módon elnevezésben is megkülönböztetik a nagy távfűtésekétől, a Nahwärmę kifejezést használják), hogy a biomassza hasznosítás lehetőségét felhasználva olcsóbban üzemeltethető energiatermelőket vegyenek igénybe. A bonyolult és költséges berendezések így gazdaságosan telepíthetők.

A távhőellátás néhány előnye az egyedi épületfűtéssel szemben:

- Nincsenek épületenként hőtermelők, így nincsenek károsanyag-kibocsátó emissziós források sem. A távhőellátás esetén a kibocsátás koncentráltan történik, ami környezetvédelmi szempontból előnyösebb. A sűrűn lakott városközpontokban, ahol a közlekedés is jelentős környezetterhelést jelent, nem kell még az épületek fűtésére is kazánokat telepíteni. A fűtőmű a városközponttól távolabb helyezhető el.
- A nagy rendszereknél a fogyasztások egyidejűsége miatt kisebb összteljesítményt kell a központi rendszer esetén beépíteni.
- A nagyobb rendszereknél egyszerűbb és gazdaságosabb hulladékhő-hasznosítást, kapcsolt energiatermelést megvalósítani. Korszerű szabályozástechnikát lehet alkalmazni.
- Az épületeknél nem kell tüzelőanyag tárolót, kazánhelyiséget kialakítani, ezek létesítési és amortizációs költségei nem az épület tulajdonosát terhelik. Nem kell a kazánt kezelő személyzetet alkalmazni. Az épületben kialakított hőközpont és annak kezelését, karbantartását végző személyzet általában a szolgáltatóhoz tartozik.
- A költségek elosztását és a díj beszedését a szolgáltató végzi, nem kell a társasházi közösségnek ezzel foglalkoznia.

Természetesen hátrányai is vannak távhőellátásnak:

- Nagy kiterjedésű, ezért nagy költségű rendszert kell létesíteni, üzemeltetni, ez általában költségesebb megoldás, mint az épületenkénti hőtermelők létesítése.
- A kiterjedt hálózat jelentős hőveszteséggel rendelkezik, illetve nagy a szivattyúzási energia is. A gázszolgáltatással összevetve nagyobb a létesítési és üzemeltetési költsége is az energiaellátó rendszernek.
- Nehezebben valósítható meg egy-egy lakás fűtésének egyedi átalakítása, mert a rendszert együttesen kell kezelni.
- A fűtővíz hőmérsékletszabályozása miatt nem áll minden rendelkezésre a 100% teljesítmény.

A távhőszolgáltató rendszer elemei:

- hőtermelő,
- hőszállító rendszer, távhővezeték,
- hőfogadó, hőközpont.

1. Hőtermelő berendezések

A hőtermelés lehetséges:

- kizártlagos hőtermelés formájában (fűtőmű, tömbkazántelep)
- villamosenergia-szolgáltatással egybekötve (fűtőerőmű vagy hőszolgáltató erőmű)

Az energiaigények kielégítéséhez szükséges energiaátalakítás szükségszerűen veszteségekkel és a környezet terhelésével, szennyezésével jár. Az energiaellátás költségeit és a környezet terhelésének mértékét meghatározza, hogy adott energiaszükséglet kielégítéséhez mennyivel több elsődleges (primer) energiahordozót (tüzelőanyagot) kell felhasználni.

Fűtőműről akkor beszélünk, ha az oda telepített berendezés csupán hőenergia előállítására szolgál.

A kapcsolt energiatermelés alatt a villamos- és hőenergia egyidejű előállítását értjük. Ez persze nem tökéletes definíció, mert minden villamos erőmű egyúttal hőt is termel. Ami a kapcsolt energiatermelést megkülönbözteti az az, hogy itt a keletkező hőt is teljes mértékben hasznosítják. Például egy autó a mozgatásához szükséges energián kívül hőt is termel, az autó mégsem kapcsolt energiatermelésű egység, mivel a létrehozott hőenergia nagy része elvész.

A kapcsolt energiatermelést ezért a következőképpen lehet meghatározni:

Kapcsolt energiatermelés alatt a villamos és hőenergia olyan egyidejű előállítását értjük, amely során minden terméket hasznosítjuk.

A hő- és energiatermelés ezen kombinációját gyakran kombinált hő- és villamosenergia-termelésnek (Combined Heat and Power, CHP) is nevezik. A kapcsolt energiatermelésből származó energia majdnem minden villamos energia, de lehet sűrített levegő vagy másfajta energia is. A kapcsolt energiatermelés technológiájától függően, ha a keletkező hő hőmérséklete alacsony, akkor fűtésre, ha magas, akkor ipari folyamatokban (rendszerint gőz formájában) lehet felhasználni.

Egy kapcsolt energiatermelésű egység a következő részeket minden tartalmazza:

- A tüzelőanyagot forgómozgássá és hővé alakító primer energiaátalakító.
- A forgómozgást villamos energiává alakító generátor.
- A keletkező hőt visszanyerő rendszer.

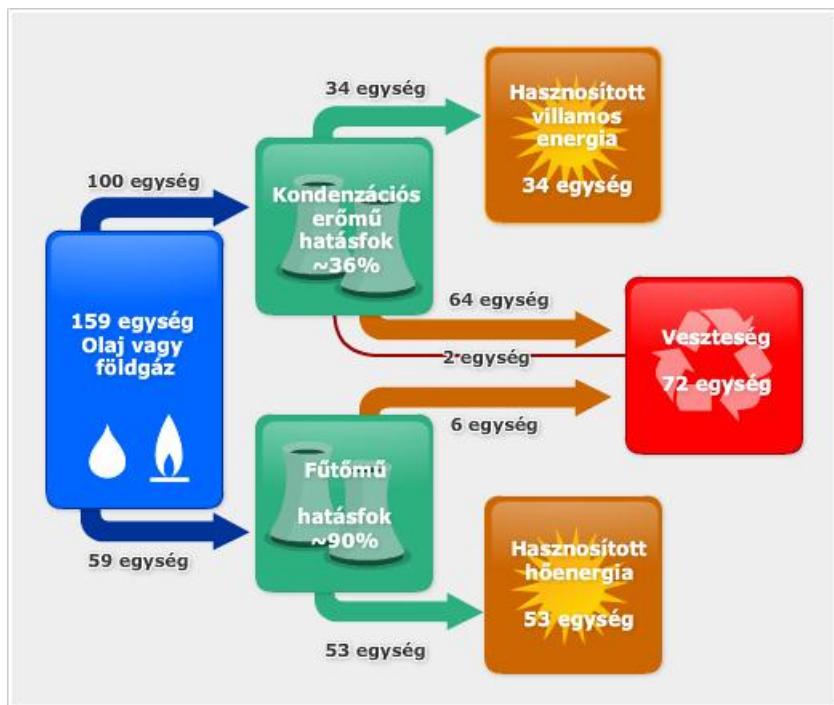
A kapcsolt energiatermelést különböző méretekben, különböző technológiákkal és különböző felhasználási területeken lehet használni. Gyakran különbséget tesznek a kis- és a nagyméretű kapcsolt energiatermelés között. A belső égésű motorok (gázmotorok) által működtetett kapcsolt energiatermelést általában kisméretű, míg a gázturbinával működtetetteket nagyméretű egységeknek szokták tekinteni. Természetesen ennél sokkal lényegesebb a felhasznált technológia alapján történő csoportosítás.

A hagyományos villamos- és hőenergia-termeléssel való összehasonlítás

Az energiatermelés hatásfokának növelésére szolgáló, manapság rendelkezésre álló módszerek közül a legfontosabb a kapcsolt energiatermelés. Egy átlagos kapcsolt energiatermelésű erőmű hatásfoka 87%, azaz a felhasznált energiának csak a 13%-a vész kárba. Összehasonlításul, egy kombinált ciklusú gőz- és gázturbinát használó modern villamos erőmű hatásfoka 55%, azaz a felhasznált energiának a 45%-a kárba vész. Ennél is rosszabb egy kondenzációs erőmű, mert a villamosenergia-termelés átlagos hatásfoka csak 36%.

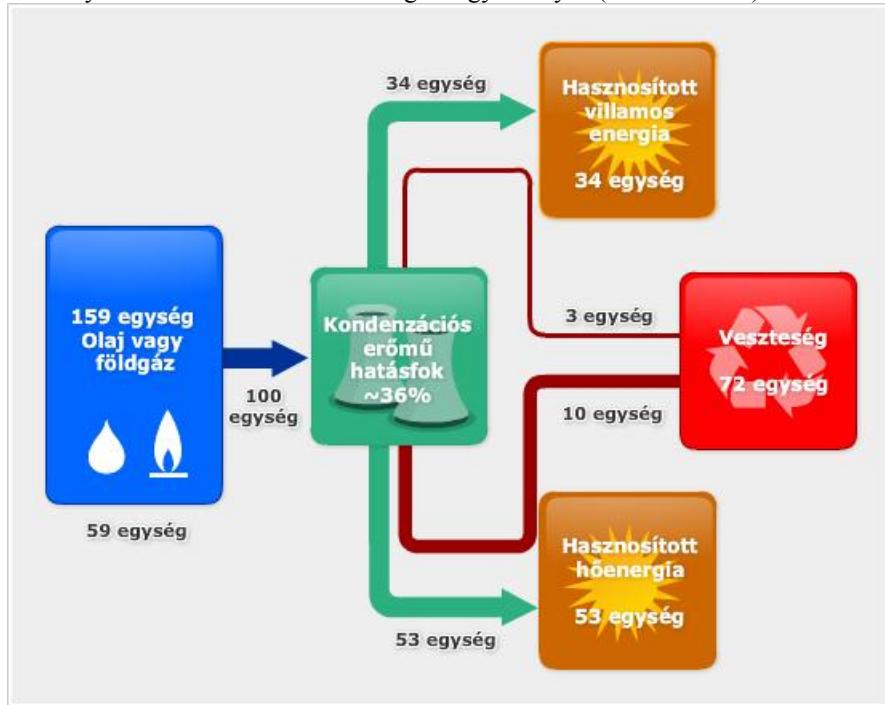
Az 5.1.1. ábra a hagyományos villamos- és hőenergia-termelést mutatja be. A 34 egységnyi villamos és 53 egységnyi hőenergia-igény kielégítéséhez 159 egységnyi energiatartalmú primer energiahordozót (olaj vagy földgáz) kell felhasználni.

Ebből 72 egységnyi – a primer energiahordozóban rejlö – energiamennyiségek hasznosítatlannak a környezetet terhelik, költsége pedig az árat növeli.



5.1.1. ábra Forrás: www.fotav.hu

Az 5.1.2. ábra kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésre mutat példát. A 34 egységnyi villamos és 53 egységnyi hőenergia-igény kielégítéséhez csak 100 egységnyi energiatartalmú primer energiahordozót kell felhasználni. Így 13 egységnyi energiamennyiség terhelíti a környezetet, 59 egységnyi energiamennyiség költsége és környezet-terhelése takarítható meg a hagyományos (kondenzációs) erőművekhez viszonyítva.



5.1.2. ábra Forrás: www.fotav.hu

Ahogyan az az előző ábrákról is látszik, a kapcsolt energiatermeléssel jelentős megtakarítás érhető el. Ez a kapcsolt energiatermelés sikerének egyik alapvető magyarázata.

A kapcsolt energiatermelés előnyei

A nagyobb hatásfok mellett a kapcsolt energiatermelés más előnyöket is kínál. Ezek közül a legfontosabbak a következők:

- Ha az összes megtermelt hőt a helyszínen fel lehet használni, akkor a kapcsolt energiatermeléssel lehet a legolcsóbban villamos energiát előállítani.
- A kapcsolt energiatermelés alkalmazásával csökken a környezetszennyezés, különösen a CO₂-kibocsátás.
- A villamos energia helyben történő előállítása növeli az ellátás biztonságát.
- A kapcsolt energiatermelésben fel lehet használni a termelési folyamatok melléktermékeit (pl. a szerves hulladékot).

A kapcsolt energiatermelés alkalmazása

A kapcsolt energiatermelés fajtái

A kapcsolt energiatermelést sokféle területen lehet alkalmazni, ma már széleskörűen alkalmazzák épületek, mint pl. irodaházak, kórházak, lakóházak és uszodák, valamint üvegházak fűtésére és egyben villamosenergia-termelésre.

A kapcsolt energiatermelést már régóta használják az ipar különböző területein, különösen a papír- és a vegyiparban, ahol jelentős mennyiségű villamos- és hőenergiára van szükség. A kapcsolt energiatermelés a technológia fejlődésével ma már egyre több területen kap létfogósultságot. Ezek közül a legfontosabbak a feldolgozóipar, a kereskedelmi és adminisztratív épületek fűtése, a távhőellátás; mindegyik terület közös jellemzője a nagy hőenergia igénye.

A lehetséges felhasználási területeket különböző jellemzők alapján lehet csoportosítani:

- Méret: nagy vagy kicsi
- Hőhasznosítás: fűtés vagy ipari folyamat
- Technológia: gázturbina vagy gázmotor
- Felhasználó: egy vagy több
- Tulajdonos: a felhasználó egyedül vagy pl. az áramszolgáltatóval közösen.

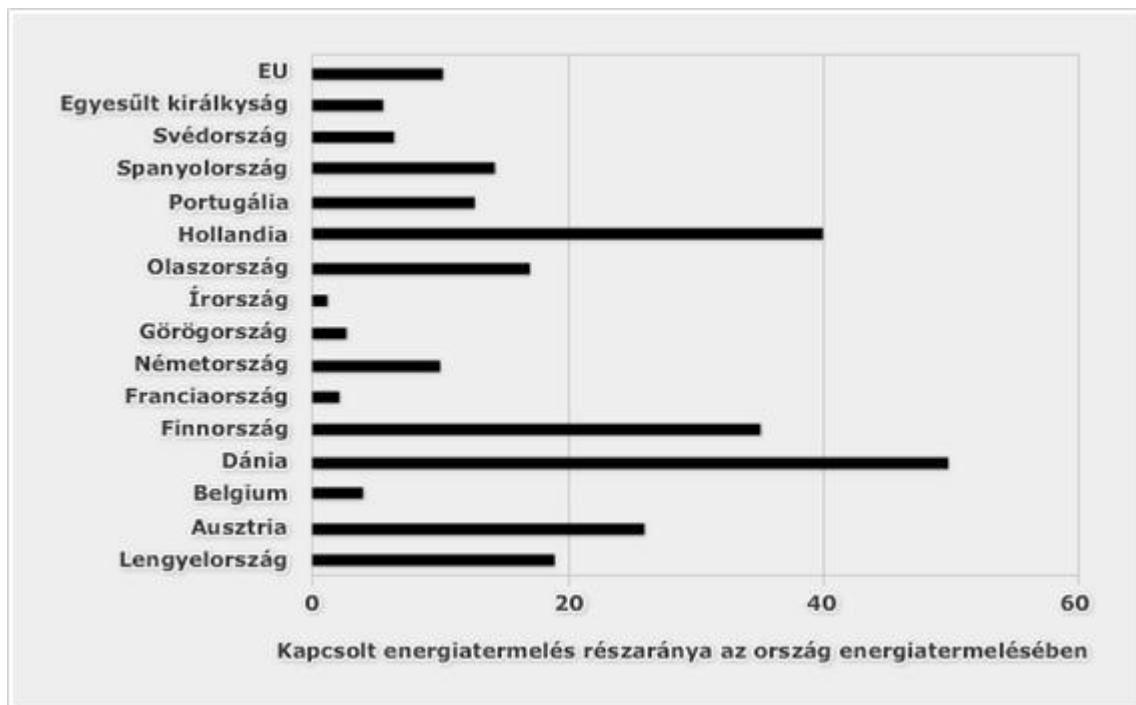
A méret alapján történő csoportosítás meglehetősen viszonylagos. A gázturbinás ipari kapcsolt energiatermelésben például 5 MW villamos kapacitás kicsinek minősül, de ha ugyanezt a teljesítményt gázmotorral állítják elő, már nagynak.

Sokkal hasznosabb az alkalmazott technológia szerinti csoportosítás, különösen, ha a hőhasznosítás módját is figyelembe vesszük. Fűtésre általában gázmotorokat használnak. Ha nagyobb hőmérsékletekre van szükség, pl. ipari folyamatok során, akkor a gázturbinák alkalmazása a célravezetőbb.

Kis villamos teljesítmények esetén (200 kW...5 MW) hagyományosan a gázmotorok, míg nagyobb teljesítmények esetén (>5 MW) a gázturbinák alkalmazása terjedt el, az utóbbi években azonban már jelentek a kis villamos teljesítményű (30 kW...500 kW) mikroturbinák is.

A kapcsolt energiatermelés helyzete Európában

A kapcsolt energiatermelés jelentős szerepet játszik Európa energiaellátásában, jelenleg a teljes villamosenergia-termelés 10%-át teszi ki. Európa szerte jelentős eltérések figyelhetők meg a kapcsolt energiatermelésű erőművek méretében és részarányában. Ezek az eltérések a történelmi, energiapolitikai, a rendelkezésre álló természeti erőforrásoktól függő, kulturális és éghajlatbeli különbségeken alapulnak, és szorosan összefüggnek a villamosenergia-piacok szerkezetével és működésével. Az 5.1.3. ábra a kapcsolt energiatermelés helyzetét mutatja néhány EU tagországban.

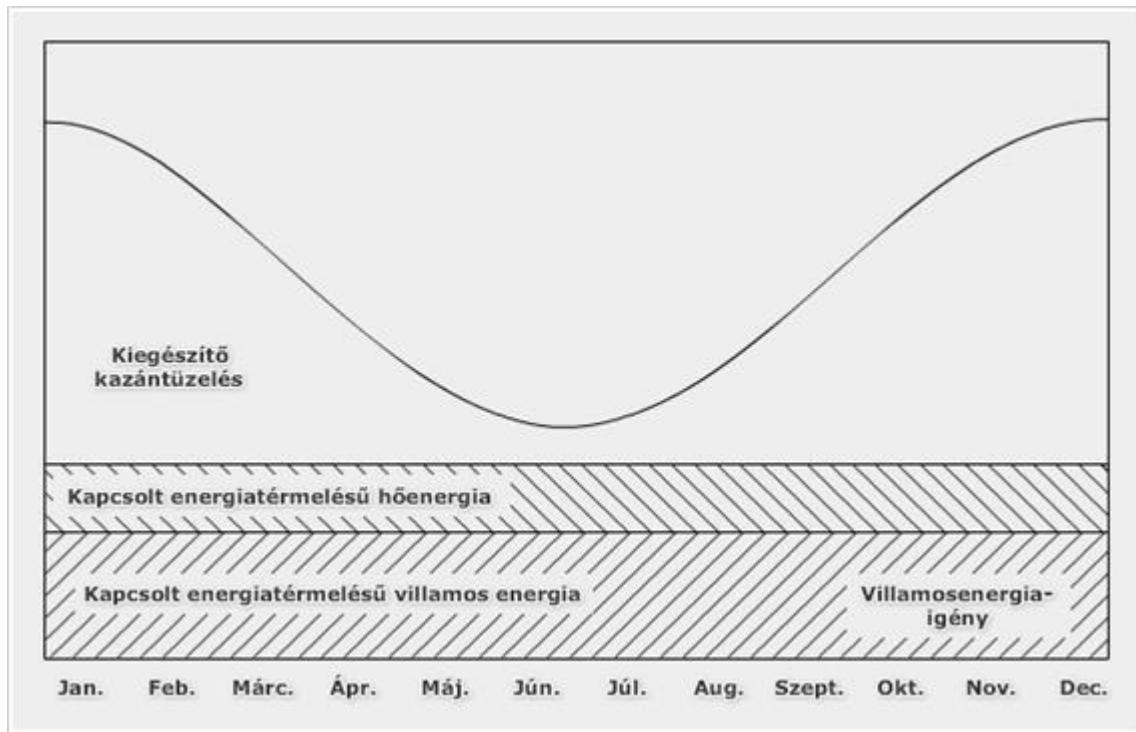


5.1.3. ábra Forrás: Cogen Europa

Az 5.1.3. ábráról látszik, hogy a kapcsolt energiatermelés részaránya a különböző országok teljes energiatermelésében néhány % (Irország) és 50 % (Dánia) között változik. Azokban az országokban, ahol a részarány magas (Dánia, Finnország és Hollandia), a kapcsolt energiatermelés egyértelmű támogatásával érték el ezt a szintet. Hollandiában például a kapcsolt energiatermelésben felhasznált gáz árának jelentős támogatása és az így előállított villamos energia kedvezményes átvétele eredményezte 1990 és 2000 között a kapcsolt energiatermelés figyelemremélő növekedését. Azonban a kapcsolt energiatermelésben sem lehet tovább fenntartani az ártámogatásokat, emiatt a liberalizált piacon csak a megtermelt hőt gazdaságosan felhasználó rendszerek maradnak életképesek.

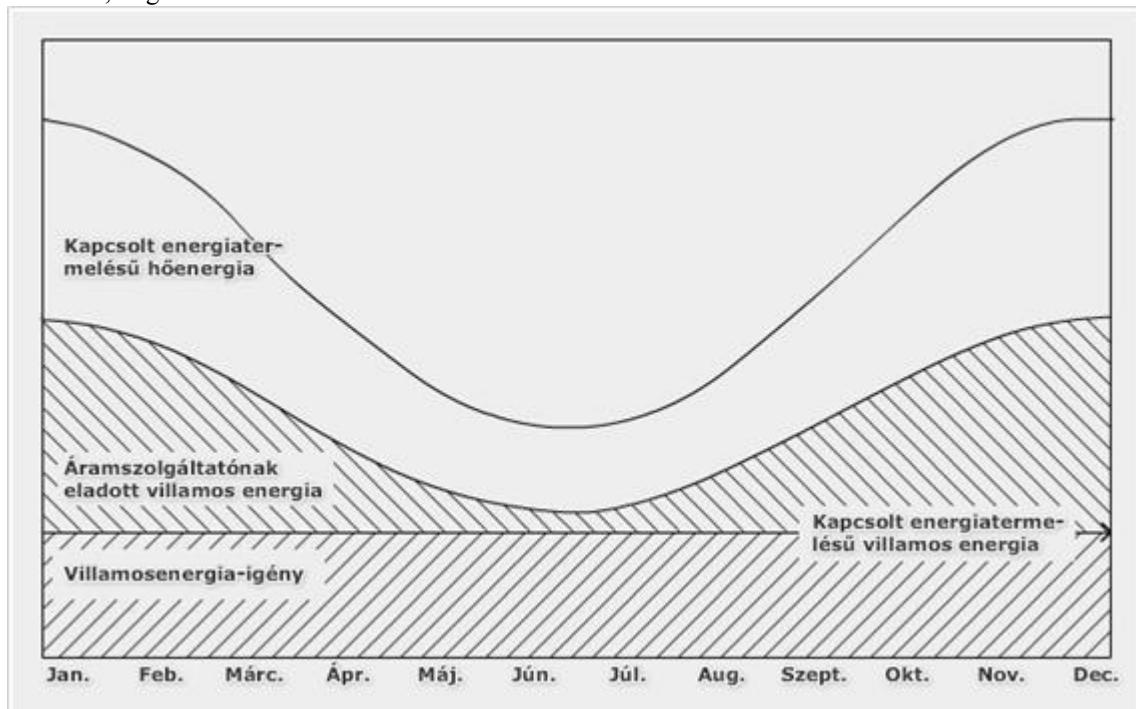
Egy jól megtervezett és üzemeltetett kapcsolt energiatermelésű egység hatásfoka minden nagyobb lesz, mint a villamos- és a hőenergiát külön előállító egységeké. Bár a kapcsolt energiatermelés jövedelmezőségét az olcsón előállított villamos energia határozza meg, a sikere alapvetően a hőenergia felhasználásától függ. Emiatt az első számú feltétel, hogy legyen olyan hőigény, amelyet kapcsolt energiatermeléssel ki lehet elégíteni. Ökoliszabályként azt lehet mondani, hogy a kapcsolt energiatermelés várhatóan akkor lesz nyereséges, ha a hő felhasználására évente legalább 4500 órán át van lehetőség. Az a lehető legjobb helyzet, ha mind a hő, mind a villamos energia felhasználása az előállítás helyszínén történik. A legtöbb esetben azonban a villamosenergiatermelés meghaladja a helyi igényeket, ha a kapcsolt energiatermelésű egységet a hőigény alapján méretezik.

Ezt szemlélteti az 5.1.4. és 5.1.5. ábra. Az 5.1.4. ábra azt az esetet mutatja, amikor a kapcsolt energiatermelésű egységet a villamosenergia-igényre méretezték. Ebben a példában a villamosenergia-igény az év során állandó, így az előállított hőenergia is állandó lesz. Mivel a téli hónapokban a hőenergia-igény nagyobb, kiegészítő hőtermelésre van szükség.



5.1.4. ábra Forrás: Magyar Rézpiaci Központ (HCPC)

Az 5.1.5. ábra azt az esetet mutatja, amikor a kapcsolt energiatermelésű egységet a hőenergia-igényre méretezték. A villamosenergia-termelés követi a hőtermelést, miközben a villamosenergia-igény állandó marad. Ha a megtermelt villamos energia elmarad az igénytől, akkor a különbséget az áramszolgáltatótól meg kell vásárolni, míg ellenkező esetben a többletet el lehet adni.



5.1.5. ábra Forrás: Magyar Rézpiaci Központ (HCPC)

A kapcsolt energiatermelés legtöbb alkalmazásánál a hőigény meghaladja a villamosenergia-igényt (egész évre viszonyítva). Más szavakkal, a hő- és a villamos energia aránya 1-nél nagyobb. Ez az arány azonban jelentősen változik az év, sőt a nap folyamán is. Környezetvédelmi szempontból mindenkor jobb, ha a kapcsolt energiatermelés a hőigényt követi, gazdasági szempontból viszont néha előnyösebb, ha a villamosenergia-igényt

követi. A villamosenergia-igényre méretezett esetben vannak időszakok (különösen nyáron), amikor a megtérített hőt nem lehet felhasználni, emiatt a kapcsolt energiatermelésű egység eredő hatásfoka csökken.

A hőigényre méretezett kapcsolt energiatermelésű egység esetén vannak időszakok (különösen télen), amikor a többlet villamos energiát az áramszolgáltatónak el kell adni. Ha ebben az időszakban a villamos energia piaci ára alacsony, akkor ez kedvezőtlenül befolyásolja az egység eredő gazdaságosságát.

A kapcsolt energiatermelés technológiája

Primer energiaátalakítás

A kapcsolt energiatermelés területén jelenleg kétfajta energiaátalakítási technológia létezik: a gázturbinák és a belső égésű motorok. A tüzelőanyag-cellák, mikroturbinák és a Stirling-motorok használata a közeljövőben várható. A primer energiaátalakítók összehasonlítását az 5.1.6. táblázat tartalmazza.

Primer energiaátalakító	Tüzelőanyag	Villamos teljesítmény-tartomány (MW)	Villamos hatásfok	Jellemző teljes hatásfok	Hő
Kombinált ciklusú gázturbina	Földgáz	3...>300	35...55%	73...90%	Közepes nyomású gőz vagy nagyhőmérsékletű forró víz
Gázturbina	Földgáz	0,3...>50	25...42%	65...87%	Nagy nyomású gőz vagy forró gáz (500...600°C)
Dízelmotor	Gázolaj	0,2...20	35...45%	65...9%	Alacsony nyomású gőz. Alacsony és közepes hőmérsékletű forró víz
Gázmotor	Földgáz, biogáz	0,003...6	25...43%	70...92%	Alacsony és közepes hőmérsékletű forró víz
Tüzelőanyagcella	Hidrogén, földgáz	0,001...100	40...60%	90%	Gőz vagy forró víz
Mikro turbina	Földgáz, gázolaj, biogáz	0,03...1	27%	90%	Forró fáradt gáz vagy forró víz
Stirling motor	Minden tüzelőanyag	0,001...0,005	10...15%	95%	Forró víz

5.1.6. ábra Forrás: Magyar Rézpiaci Központ (HCPC)

Gázturbinák

A nagyméretű (jellemzően 1...100 MW villamos teljesítményű) kapcsolt energiatermelésű egységek széleskörűen alkalmazott primer energia átalakítója a gázturbina. Az tüzelőanyagot a nagynyomású égéstérben sűrített levegő hozzáadásával égetik el. A lapátokra vezetett forró nagynyomású égéstermek (a hőmérséklet 1200...1300 °C) megforgatják a turbinát, így annak tengelyén mechanikai energia keletkezik, és ez hajtja a villamos energiát előállító generátort. A forró fáradt gázokat kétféleképpen lehet felhasználni: vagy a helyi ipari folyamatok hőigényét lehet velük úgy kielégíteni, hogy (közvetlenül vagy hőcserélőn keresztül) hulladékhő-hasznosító kazánnal gőzt állítunk elő, vagy gőzturbinával villamos energiát termelünk velük. A gázturbinából, hulladékhő-hasznosító kazánból és gőzturbinából álló elrendezést „kombinált ciklusú gázturbinának” nevezzük.

Belső égésű motorok

A belső égésű motorok működési elve megegyezik a járműmotorok elvét. A villamos hatásfokuk nagyobb, mint a gázturbináké, de az általuk előállított hőenergiát nehezebb hasznosítani, mert a hőmérséklet alacsonyabb. A hőenergia közel egyenlő mértékben oszlik meg a kipufogó gázok (hőmérsékletük kb. 400 °C) és a gázmotor hűtőközege (hőmérséklete kb. 100 °C) között. Sok esetben a hűtőközegből és a kipufogógázokból visszanyert hőenergia kimenete közös, jellemzően 100 °C körüli hőmérsékletű forró vizet állítanak elő velük. A megújuló energiaforrások előtérbe kerülésével a biogázzal üzemeltetett belső égésű motorok (amelyhez a motoroknak csak kismértékű átalakítása szükséges) egyre jobban terjednek.

Tüzelőanyag-cellák

A tüzelőanyag-cellák a tüzelőanyagot (földgáz, metanol vagy hidrogén) elektrokémiai folyamatok során alakítják át villamos- és hőenergiává. Az (üzemanyagból származó) hidrogén és a (levegőből származó) oxigén egyesülése során víz, villamos energia és hő keletkezik. Az üzemanyagcellák azért népszerűek, mert nagy a villamos hatásfokuk (akár 60%), és nem tartalmaznak mozgó alkatrészeket.

Az üzemanyagcellák különböző típusúak lehetnek, mert bár alapelvek közös, de a felhasznált anyagok, az üzemanyagok és a működési jellemzők (üzemi hőmérséklet, kimenő teljesítmény, az üzemanyag tisztaságával szemben támasztott követelmények) tekintetében jelentősen különbözhetnek egymástól, ennek megfelelően az alkalmazási területük is eltér. Kétféle üzemanyagcella fejlesztése van olyan fázisban, hogy általános alkalmazásuk az elkövetkező tíz évben várható: az egyik a szilárd oxid üzemanyagcella (solid oxide fuel cell, SOFC), a másik a protoncerélő membrános üzemanyagcella (proton exchange membrane, PEM). A SOFC nagyméretű, tartós kapcsolt energiatermelésre alkalmas (villamos energia 100 MW-ig, hőtermelés 600...1000 °C hőmérsékleten). A PEM üzemanyagcella elsősorban kis teljesítményigények kielégítésére szolgál, és a 70...150 °C hőmérsékletű hőtermelésével családi házak fűtésére használható.

Mikroturbinák

Az utóbbi években sikerült egészen kis villamos teljesítményű turbinákat kifejleszteni (akár 30 kW). Ezek a mikroturbinák mostanában jelentek meg a piacon, és különösen a kertszemetek, irodaépületek energiaellátását biztosító kapcsolt energiatermelésre alkalmasak. A gázmotorokkal szemben előnyös választásnak tűnnek, mivel NO_x kibocsátásuk alacsony és kevés karbantartást igényelnek, emellett magas hőmérsékletű hőt termelnek. A mikroturbinák villamos hatásfoka azonban nem éri el a gázmotorokét.

Stirling-motorok

A kapcsolt energiatermelésben alkalmazott másik „új” technológia a Stirling-motor. Valójában az alapelvet 1816-ban fejlesztették ki, még mielőtt a belső égésű Otto-motort járművek meghajtására használták volna.

Annak idején a legígéretesebb technológiának tartották. A Stirling-motor azonban nagyon jó minőségű anyagokat igényel, mivel a hőcserélőt kívülről folyamatosan melegíteni kell. Ha abban az időben rendelkezésre álltak volna megfelelő anyagok, lehet, hogy a járműveket ma Stirling-motorok hajtanák.

A Stirling-motor a hőmérsékletkülönbséget alakítja át mozgási energiává. Az alapelve egy adott mennyiséggű gáz (levegő, hidrogén vagy hélium) ismétlődő felmelegítése és lehűtése. Ez úgy történik, hogy a gáz a forró és a hideg hőcserélő között mozog, miközben mechanikai munkát végez. A forró hőcserélő a külső hőforrással (amelyet pl. a tüzelőanyag elégetése táplál) termikus csatolásban lévő kamra, a hideg hőcserélő pedig egy külső hőelnyelővel termikus csatolásban lévő kamra. A fejlesztők már közel járnak az olyan Stirling-motorok elkészítéséhez, amelyek családi házak (hő és villamos) energiaellátására lesznek alkalmasak. A Stirling-motor villamos hatásfoka alig több mint 10%.

2. Távhővezetékek

A távhővezeték és tartozékaiknak rendeltetése, hogy a hőenergiát a hőtermelő létesítménytől a fogyasztói hőközpontig (hőfogadó állomásig) szállítsa.

A távhőellátó hálózat kialakítása szerint lehet:

- sugaras vagy ágvezeték rendszerű, ha az elosztóvezeték leágazása a távvezetékről sugárínyban halad a fogyasztói hőközpont felé,
- körvezeték-rendszerű, ha az egyes elosztóvezetékeket, sugarakat összekötik. A kövezetékes rendszer előnye, hogy a hőellátást helyi zavar esetén átmenetileg egy másik ágról lehet biztosítani.

A távhővezeték részei:

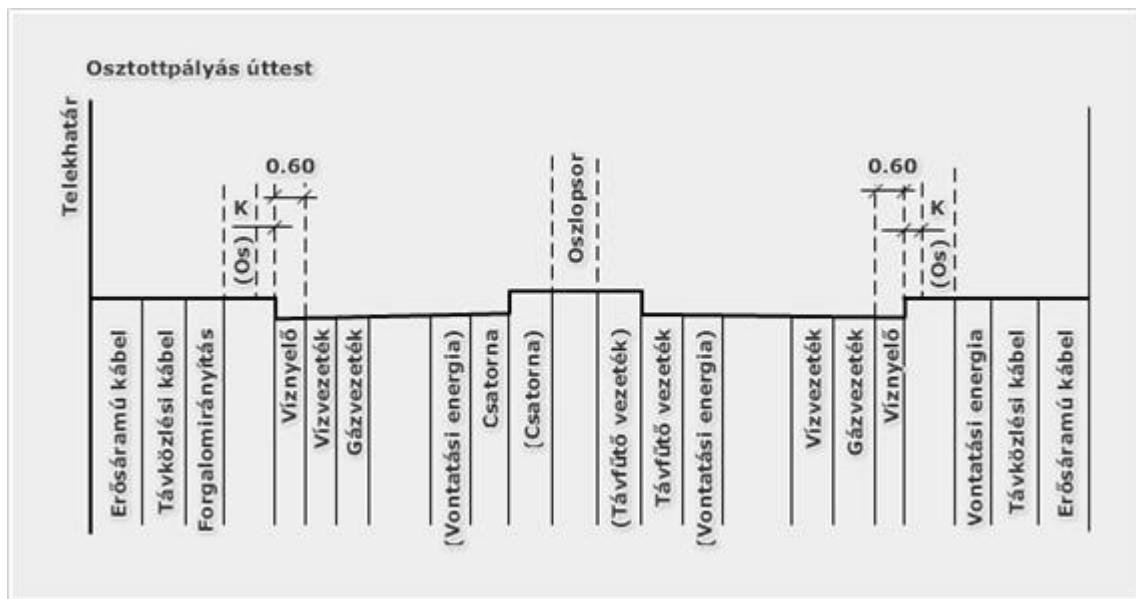
- a **gerincvezeték** a fogyasztói körzeteket, elosztó hőközpontokat tápláló távhővezeték,
- az **elosztóvezeték** a fogyasztói körzeten belül a gerincvezetékből, esetenként az elosztó hőközponttól kiindulva a fogyasztói hőközpontok irányába vezet,
- a **bekötővezeték** az elosztóvezetékekből – esetleg a gerincvezetékekből – kiindulva a fogyasztói hőközpontig vezet,
- a **fogyasztói hálózat** a fogyasztói hőközponttól (hőfogadó állomásból) kiindulva a hőfogyasztó saját körzetén belül látja el hőenergiával és használati meleg vízzel a felhasználó berendezéseket.

A távhőszolgáltató rendszerek a következők:

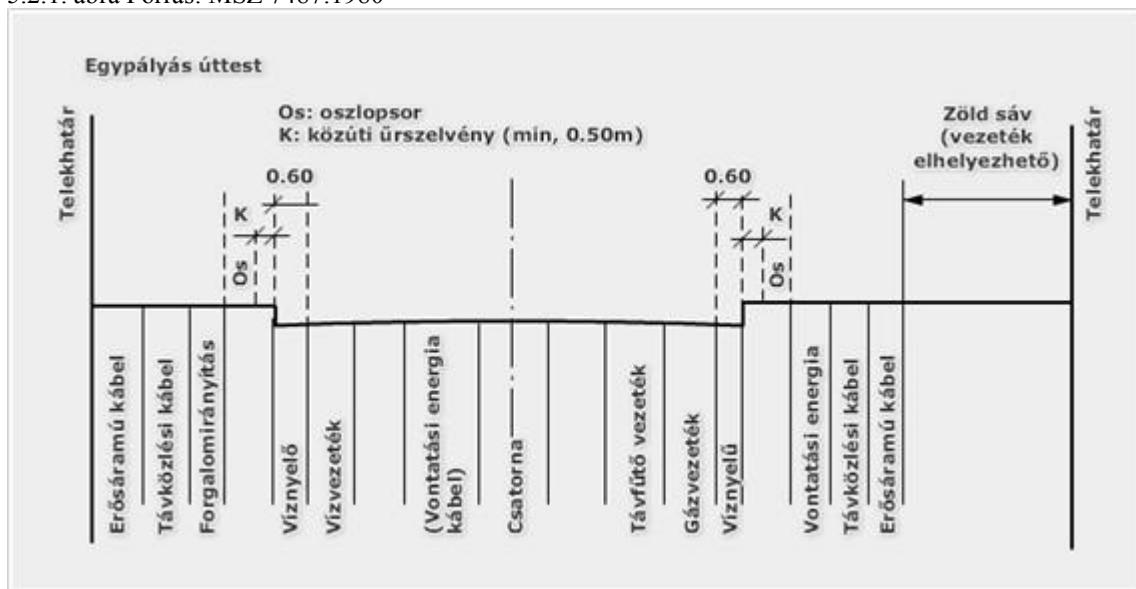
- A melegvíz-fűtési rendszernél a víz hőfoka kisebb távolságra 70...90 °C, nagyobb távolságra 100...110 °C. Alkalmazási köre főleg kisebb lakó- vagy középület csoportokra terjed ki, esetleg olyan ipari üzemekre, melyeknél nincs jelentős gózfogyasztás. A melegvíz-fűtés előnye a nagy üzembiztonság, az aránylag kis hőveszesés. A vezeték nyomócsöként követheti a terepalakulatot. Hátránya, hogy az alacsonyabb hőfok miatt aránylag nagyobb csökeresztmetszet szükséges.
- A forróvízfűtési rendszereknél alkalmazott túlhevített víz hőfoka 110-220 °C. A gőzképződés megakadályozására jelentős túlnyomás szükséges (150 °C-nál pl. 5 bar). A korszerű távfűtésekben ezt a rendszert alkalmazzák. A vezetékben uralkodó nyomás 3 részből tevődik össze: a csővezeték legmagasabb pontjának megfelelő hidrosztatikus nyomásból, a hőfoknak megfelelő párolgási nyomásból és a keringetési nyomásból, mely utóbbi a vezetékrendszer ellenállásától függ. A városi távfűtési hálózatoknál majdnem kizártlagosan a 2 csöves forró víz távfűtési rendszert alkalmazzák. A hőfoklépcső a primer oldalon 130...150/80...90 °C, a szekunder oldalon általában 90/70 °C. Az előremenő és a visszatérő primer vízzel szállított hőmennyiségek különbözete marad a fogyasztónál. A forróvízfűtés előnyei azonosak a melegvízfűtés előnyeivel, ezen felül lényegesen kisebb csőátmérők szükségesek és nagyobb távolságra lehet hőt szállítani.
- A kisnyomású gőz távfűtést – mely 2...3 bar túlnyomású gőzzel üzemel – főleg ipari üzemek hőellátásánál alkalmazzák. A hőhordozó közeg nagyobb távolságra is szivattyú nélkül szállítható.
- A középnyomású gőz távfűtés 10...20 bar túlnyomású gőzzel üzemel. A gőz távvezeték kondenzvíz viaszavezetését gravitációsan kell megoldani. A kétvezetékes rendszert főleg akkor alkalmazzák, ha csak fűtésre szolgál. Az egyik a gózszállító vezeték, a másik a kondenzvíz-vezeték. A háromvezetékes rendszernél két különböző nyomású gőz és egy kondenzvíz-vezetéket alkalmaznak, főleg többcélú felhasználás esetén (fűtés-ipar).

A távhőellátó vezetékek elhelyezése lehet:

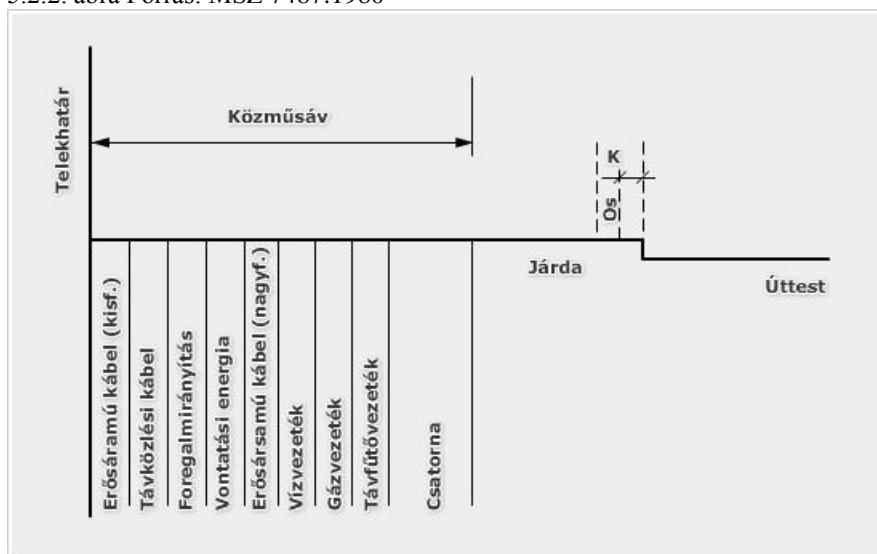
- terepszint felett
- oszlopokon,
- épületek tetőzetén, falazatán,
- bakokon,
- csőhídon;
- terepszint alatt
- közvetlen alatalajban (megfelelő védő és hőszigeteléssel),
- védőburkolatban,
- védőcsőben,
- védőcsatornában,
- közműcsatornában – közműalagútban.



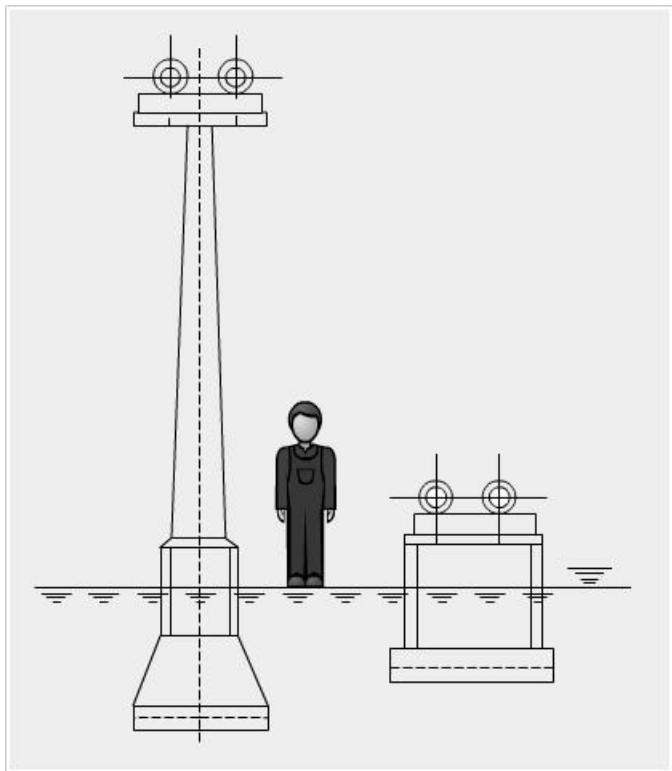
5.2.1. ábra Forrás: MSZ 7487:1980



5.2.2. ábra Forrás: MSZ 7487:1980



5.2.3. ábra Forrás: MSZ 7487:1980



5.2.4. ábra Forrás: BME Hőszállítás jegyzet



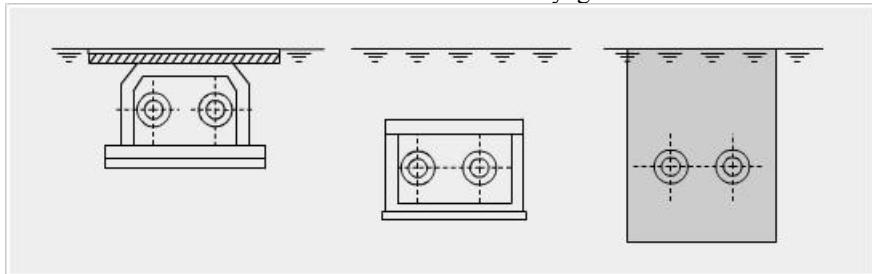
5.2.5. ábra Forrás: Baumann Mihály



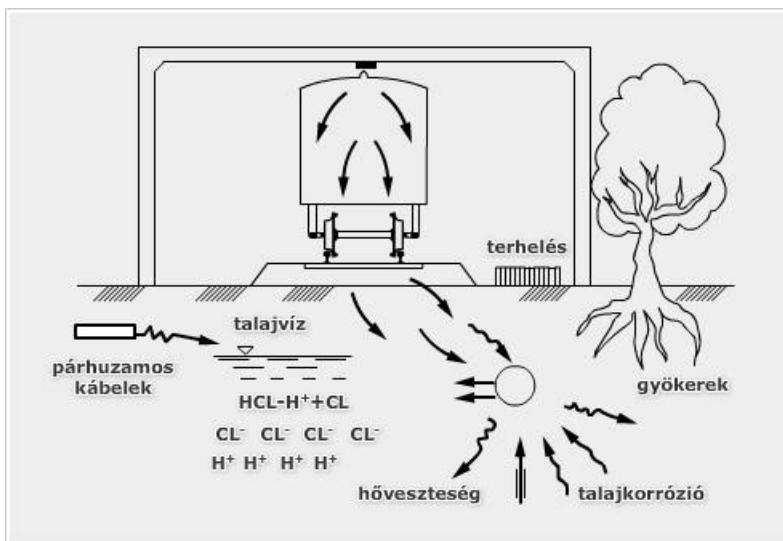
5.2.6. ábra Forrás: Baumann Mihály



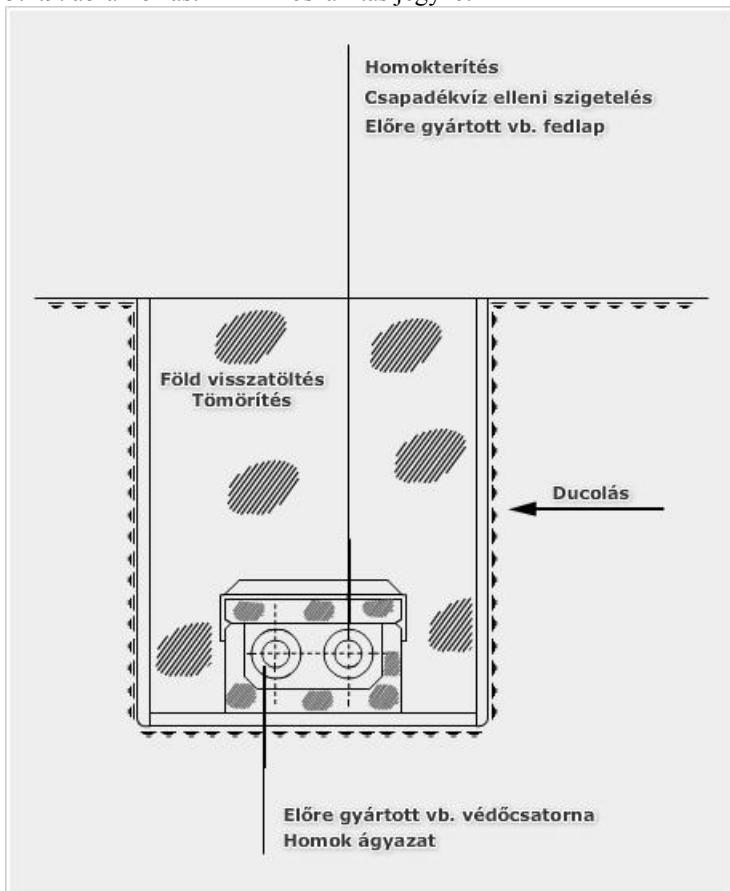
5.2.7. ábra Forrás: DHRT. Kovács Zsolt előadás anyaga



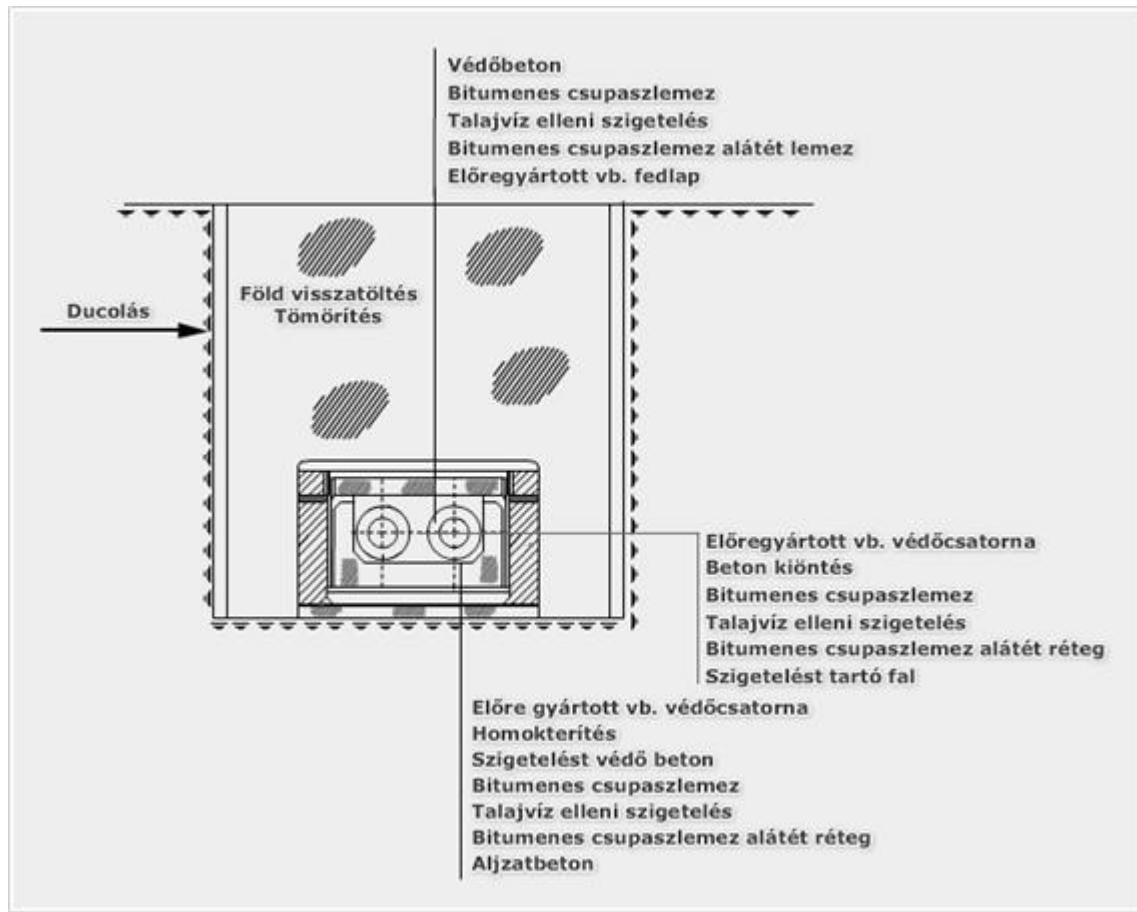
5.2.8. ábra Forrás: BME Hőszállítás jegyzet



5.2.9. ábra Forrás: BME Hőszállítás jegyzet



5.2.10. ábra Forrás: BME Hőszállítás jegyzet



5.2.11. ábra Forrás: BME Hőszállítás jegyzet



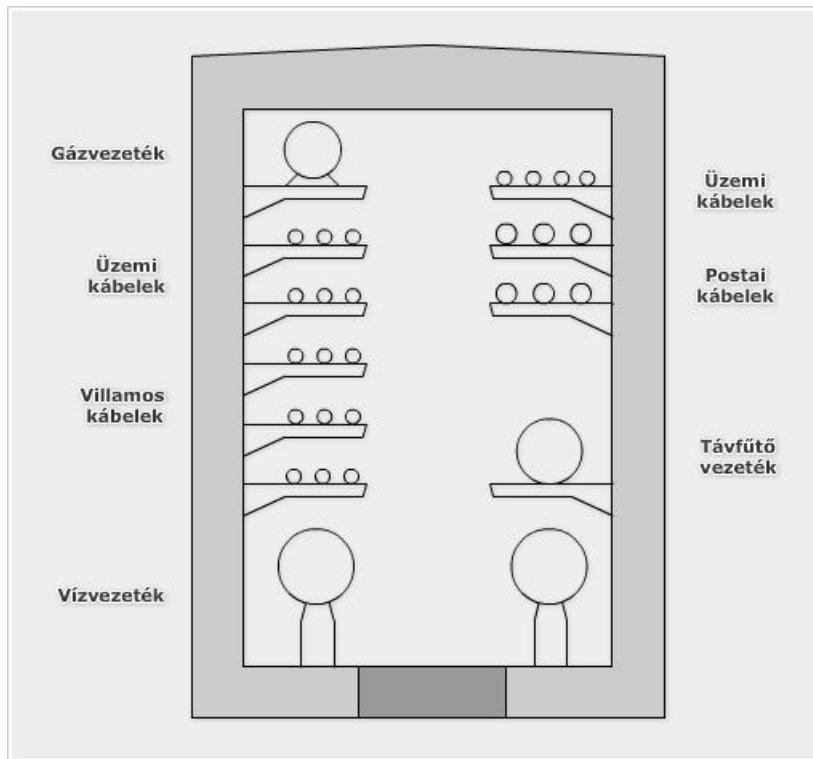
5.2.12. ábra



5.2.13. ábra



5.2.14. ábra Forrás: DHRT. Kovács Zsolt előadás anyaga



5.2.15. ábra Forrás: BME Hőszállítás jegyzet



5.2.16. ábra Forrás: Wikipédia



5.2.17. ábra Forrás: Wikipédia



5.2.18. ábra Forrás: DHRT. Kovács Zsolt előadás anyaga

A közvetlen földbe fektetett vezetékeknél (előreszigetelt vezetékeknek is nevezik) az alábbi alkotóelemeket lehet megkülönböztetni:

- **Haszoncső:** feladata a fűtőközeg szállítása. Az alkalmazott csőanyag nagyon változatos lehet: acél, horganyzott acél, rozsdamentes acél, réz, PE.
- **Hőszigetelő hab:** általában merev poliuretánhab szigeteléseket alkalmaznak (ebben az esetben a hab hozzáköti a haszoncsőhöz és a köpenyecsőhöz is és így egy egységet alkotnak hőtáplálás szempontjából), de ritkábban használnak rugalmas, többrétegű zártcellás PE-X-habot is.
- **Köpenyecső:** feladata a hőszigetelés és haszoncső védelme. Anyaga többnyire PE, de gyártanak spirálkorcolt fémburkolatú csöveket is.
- **Jelzővezeték:** feladata a víz beszivárgás vagy csőhibák korai felismerése, jelzése és lokalizálása.



5.2.19. ábra Forrás: Wikipédia

Az előreszigetelt csövek kötésének lépései:

- A haszoncső összekötése hegesztéssel.

- A jelzővezeték szálak összekötése.
- A köpenyecsővek közötti nyílás lezárása karmantyúval.
- Az üreg kitöltése szigetelőhabbal.
- A karmantyú vízszigetelése.



5.2.20. ábra Forrás: Wikipédia



5.2.21. ábra Forrás: <http://www.agroenergieschwyz.ch>



5.2.22. ábra Forrás: <http://www.agroenergieschwyz.ch>

Hőtágulás:

A vezetékek hőtágulása (dilatáció) a magas hőmérsékletek és nagy távolságok miatt jelentős. A hőtágulásból eredő feszültségek számottevők lehetnek.

A hőtágulások felvétele kétféle módszerrel történhet:

- a csővezeték nyomvonalvezetésével,
- kompenzátorokkal.

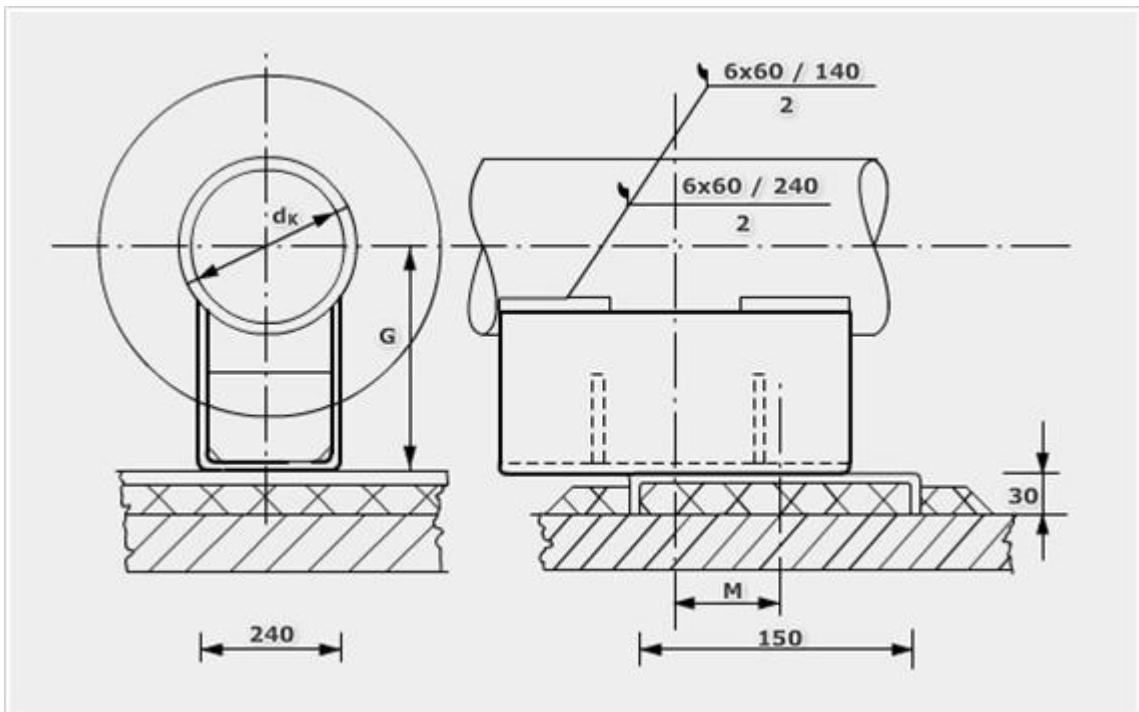
Jelentősen csökkenthetők a hőtágulásból eredő erők az ún. termikus előfeszítéssel. Ennek során a vezetéket a végleges megfogása előtt a tervezett maximális üzemi hőmérséklet feléig felfűti és ebben az állapotában rögzítik.

Az 5.2.23. ábrán egy termikus előfeszítésre előkészített csőpár látható. A csövekben levő közeg felfűtése elektromos árammal történik. A kék nyilak a hőtágulás mértékének ellenőrzésére szolgáló kifeszített huzalra és jelölésre mutatnak.

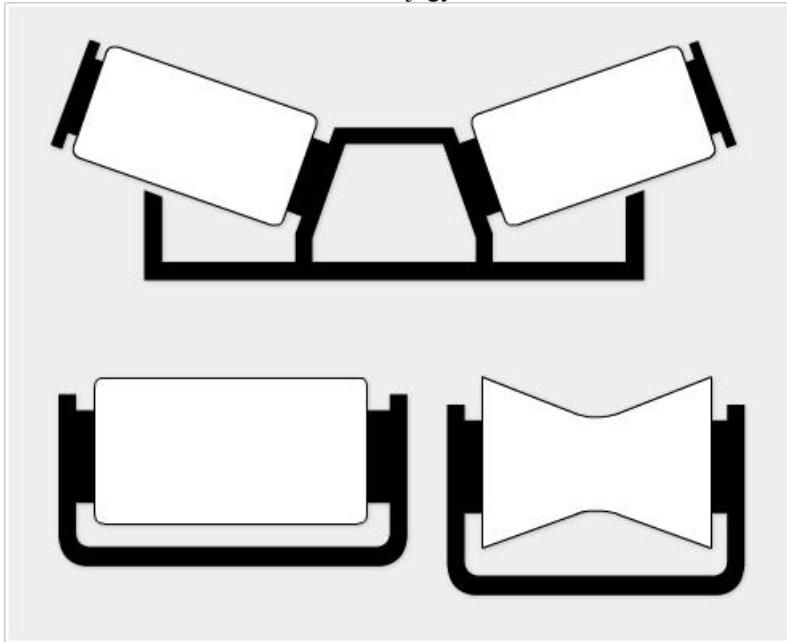


5.2.23. ábra Forrás: EVNWärme GmbH. www.evn.at

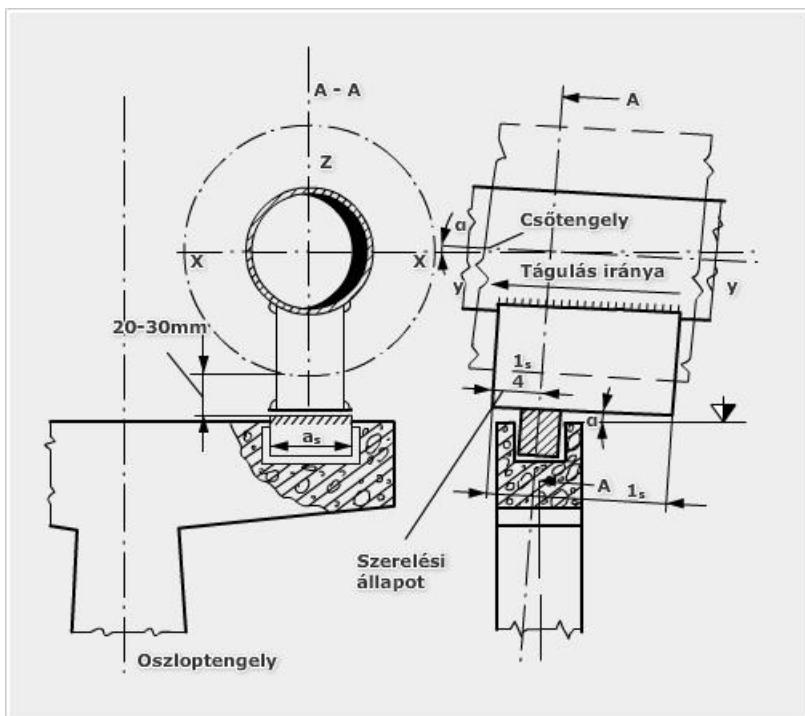
A vezetékek megfelelő hőtágulását úgy lehet biztosítani, ha azok mozgását fix megfogásokkal és csúszó alátámasztásokkal, előre megtervezett módon korlátozzuk és irányítjuk.



5.2.24. ábra Forrás: BME Hőszállítás jegyzet



5.2.25. ábra Forrás: BME Hőszállítás jegyzet



5.2.26. ábra Forrás: BME Hőszállítás jegyzet



5.2.27. ábra Forrás: DHRT. Kovács Zsolt előadás anyaga



5.2.28. ábra Forrás: Baumann Mihály



5.2.29. ábra Forrás: DHRT. Kovács Zsolt előadás anyaga



5.2.30. ábra Forrás: DHRT. Kovács Zsolt előadás anyaga



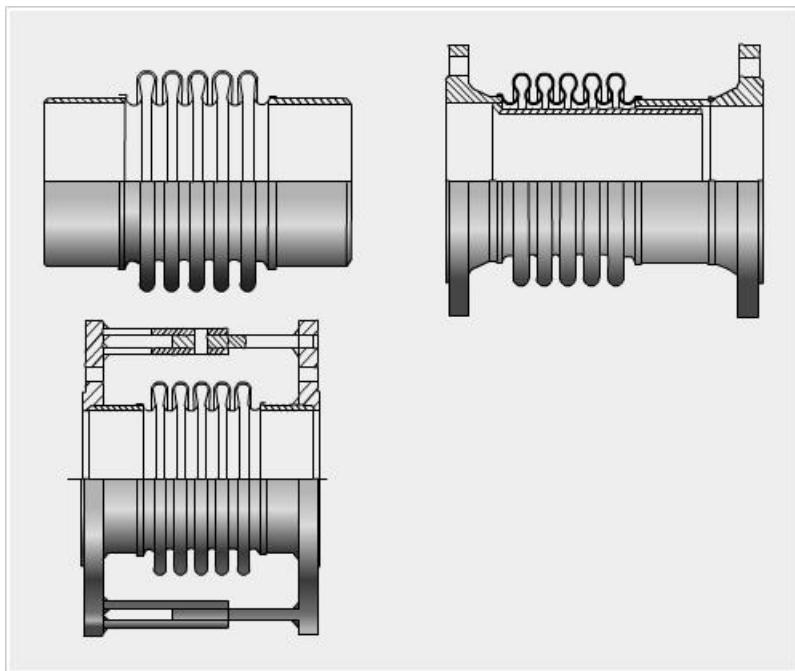
5.2.31. ábra Forrás: DHRT. Kovács Zsolt előadás anyaga



5.2.32. ábra Forrás: DHRT. Kovács Zsolt előadás anyaga



5.2.33. ábra Forrás: Wikipédia



5.2.34. ábra Forrás: BME Hőszállítás jegyzet



5.2.35. ábra Forrás: DHRT. Kovács Zsolt előadás anyaga



5.2.36. ábra Forrás: DHRT. Kovács Zsolt előadás anyaga

3. Hőközpontok

A hőközpontok a hő fogadására, mérésére, szabályozására és szétosztására szolgálnak.

A hőközpontok kialakításának egy fontos szempontja, hogy ezek a rendszerelemek olyan környezetben működnek, ahol az üzemviszonyok jelentősen megváltozhatnak. Elsősorban a rendszerhez csatlakozó fogyasztók számának változása jelenthet nagy változást. Amíg korábban a tömeges állami lakásépítések időszakában a nagy kapacitásbővülés volt a jellemző, napjainkban tipikusabb a leválások és az épület energetikai korszerűsítések miatti teljesítmény csökkenés. A hazai távfűtési rendszerek többségében ezért a hőközpontokat úgy tervezik, hogy azok primer oldali ellenállása az 1 bar értéket ne haladja meg, a vezetékhálózatot pedig úgy alakítják ki, hogy valamennyi hőközpontnál ez a nyomáskülönbség minden rendelkezésre álljon.

A hőközpontok csatlakozása szerint beszélhetünk

- közvetlen vagy direkt,
- közvetett vagy indirekt

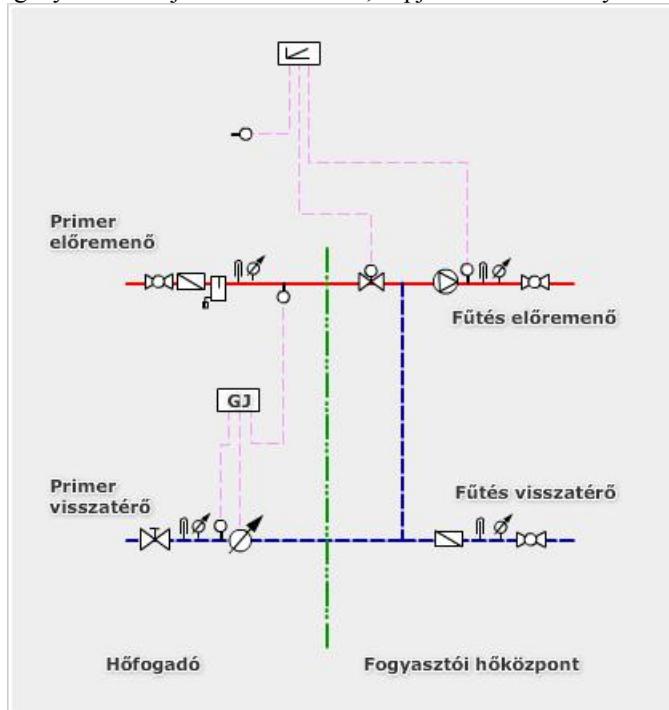
hőközpontokról.

A **közvetlen csatlakozású hőközpont** jellemzője, hogy a távhőellátó hálózat és a fogyasztási rendszer közös vízteret képez. Ennek előnye az egyszerűbb kialakíthatóság, elmarad a hőcserélő, így magasabb hőmérsékletszint (akár a primer előremenővel megegyező szekunder előremenő lehet) biztosítható, nincsenek teljesítmény korlátok.

Hátránya viszont az, hogy az üzemvitele érzékenyebb. Nem alakítható ki olyan helyen, ahol az egyes épületek között jelentősebb terepmagasságok vannak, mert a lejjebb elhelyezkedő épületeknél túl nagy statikus nyomások alakulnának ki, azzal a szekunder rendszerek nem terhelhetőek. További gond, hogy a szekunder rendszer

tömörtelensége a teljes rendszer működését veszélyeztetheti, valamint az így (akár a fűtött létesítmény egy helyiségébe) kijutó és ott részben gözzé alakuló forró víz súlyos égési sérülést is okozhat.

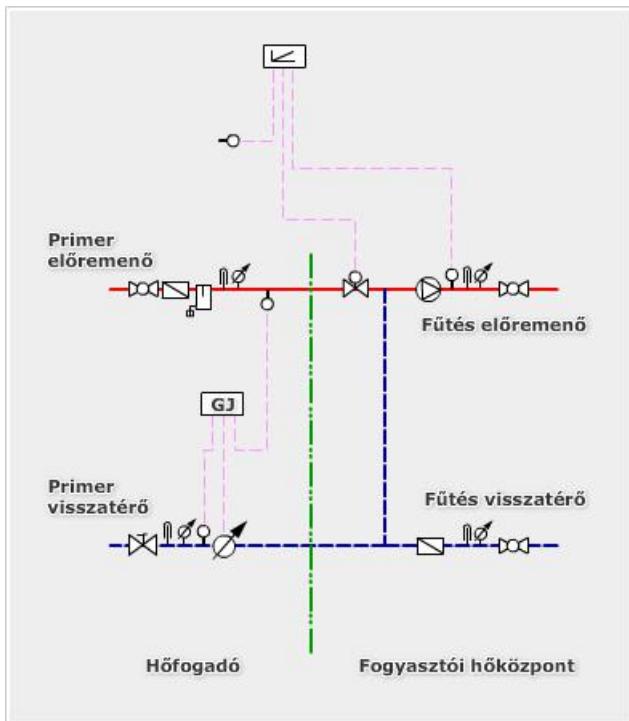
Napjainkban hazánkban arról lehet beszélni, hogy közvetlen kapcsolású hőközpontok alkalmazása csak kis kiterjedésű és 90 °C vízhőmérséklet alatti rendszereknél fordul elő. Korábban a debreceni távhőellátó rendszer volt Magyarországon a legnagyobb közvetlen kapcsolású rendszer, de az üzemeltetési nehézségek és a biztonság igénye miatt teljesen átalakították, napjainkra valamennyi hőközpont közvetett kapcsolású.



5.3.1. ábra

A közvetett hőközpont esetén a távhőellátó hálózat és a fogyasztási rendszer egy hőcserélővel külön van választva, így minden oldalon a rendszer sajátosságainak megfelelő nyomás tartható.

Előnye a rendszernek a nagyobb üzemeltetési biztonság, hátránya viszont, hogy a hőcserélő miatt hőmérsékletszint csökkenés van, illetve a fogyasztói oldalon rendelkezésre álló teljesítmény korlátozott.



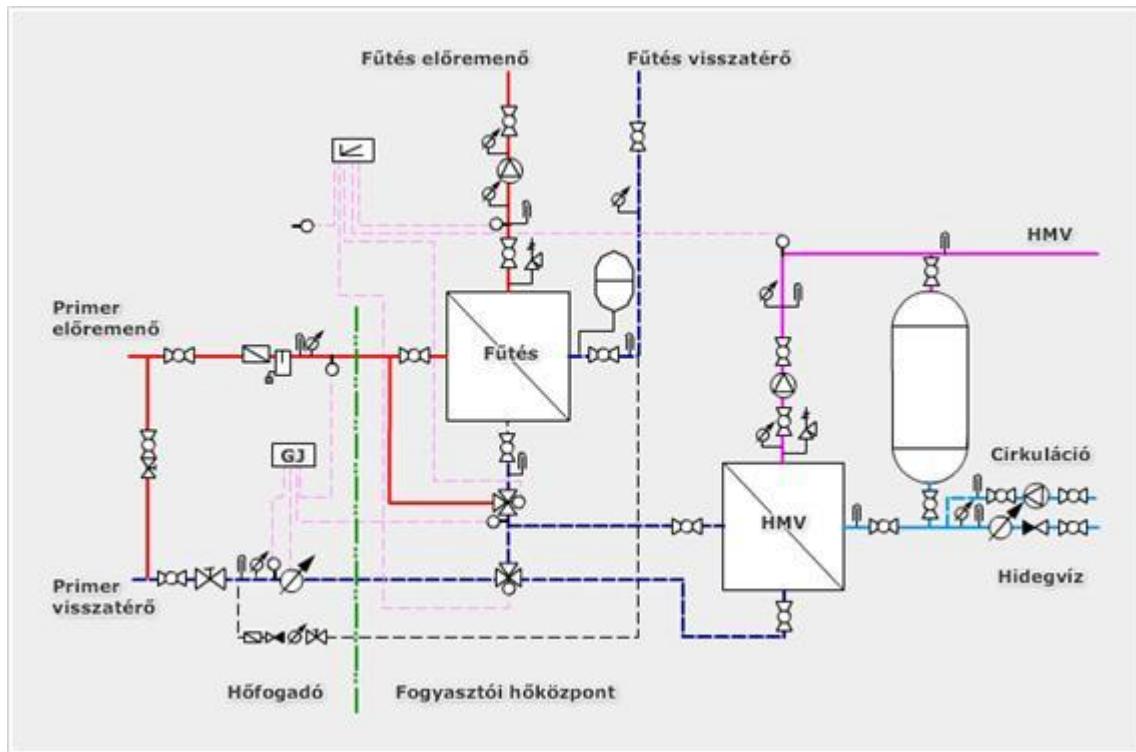
5.3.2. ábra

A kialakításuk szerint beszélhetünk:

- állandó tömegáramú,
- változó tömegáramú hőközpontokról.

A műszakilag korrekt állandó/változó tömegáram helyett kissé pontatlanul gyakran az állandó/változó térfogatáram kifejezést használjuk, de ugyanazt értjük alatta.

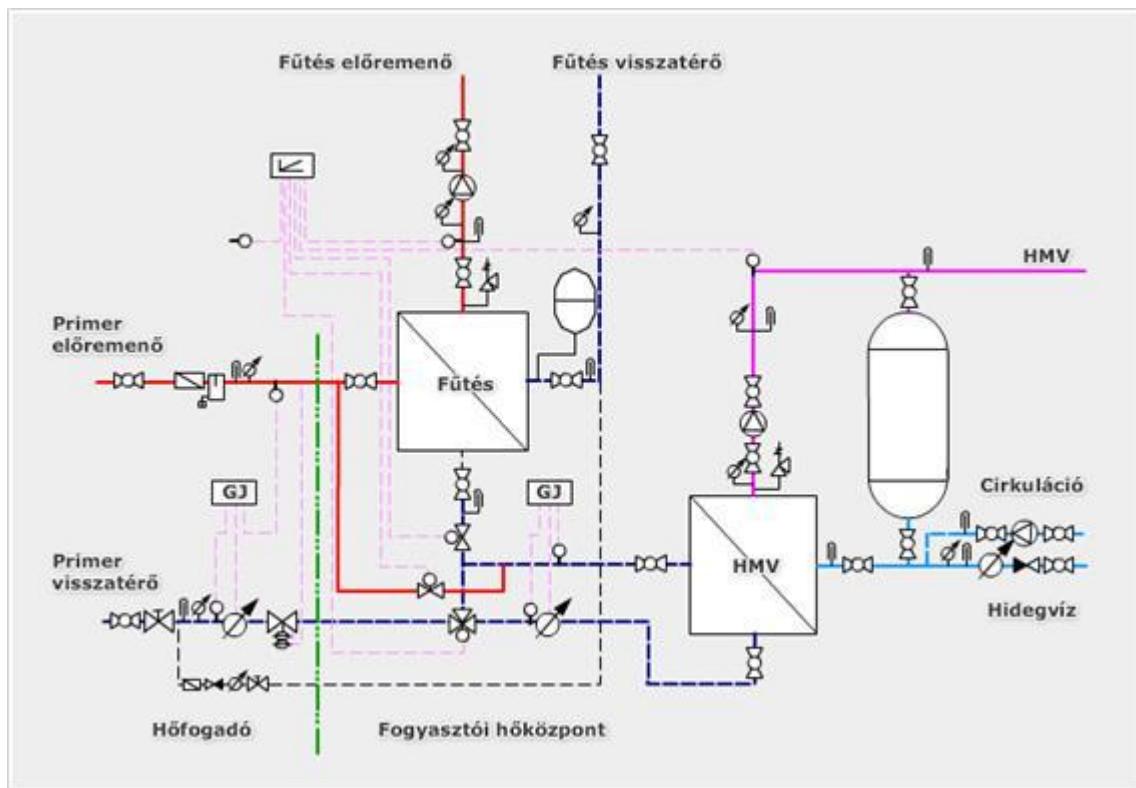
Az állandó tömegáramú hőközpontok alkalmazása esetén a távhőellátási hálózatban a rendszer beszabályozása után az egyes fogyasztókhöz a beállított fűtővíz tömegáram érkezik folyamatosan. Azért, hogy ez az állapot ne is változzon, a csatlakozás előtt egy átkötést alakítanak ki az előremenő és visszatérő vezetékpár közt. Ha a hőközpontot karbantartási munkák miatt ki kell zárni, akkor az átkötésben található elzáró szerelvényt kinyitva, azon keresztül továbbra is átáramolhat a hőközpont méretezési tömegárama, így nem változnak a távfűtési hálózatban a nyomásviszonyok.



5.3.3. ábra

A változó tömegáramú hőközpontok az után kezdtek elterjedni, hogy az erőművi szivattyúk fordulatszám szabályozásának költségei csökkentek, miközben az energia költségek növekedtek. Amennyiben a primer rendszerben mindenkorán akkora vízmennyiséget keringetünk, mint amennyi éppen szükséges, az állandó tömegáramú kialakításhoz képest jelentős villamos energia megtakarítás érhető el.

Mivel a változó tömegáramú rendszerben a hálózat ellenállása is változik, ezért az egyes hőközpontok csatlakozási nyomásai is jelentősen változhatnak. Azért, hogy ez a nyomásingadozás a hőközpont működését ne befolyásolja, a változó tömegáramú hőközpontok hőfogadó részébe egy nyomáskülönbség szabályozó van beépítve. Ennek feladata a hőközpontra jutó nyomáskülönbség állandóságának biztosítása mellett többnyire az is, hogy a hőközponton átáramló térfogatáramot korlátozza, a hőközponton maximum a lekötött, szerződött vízmennyiség folyhat keresztül. A kettős feladat miatt nyomáskülönbség szabályozó és térfogatáram korlátozó szelepeknek nevezik.



5.3.4. ábra

A hőközpontokat két markáns részre lehet osztani:

- hőfogadó,
- fogyasztói hőközpont.

A hőfogadó a szolgáltató tulajdonába tartozó rész. Ez a fogyasztói hőközponttól fallal, kerítéssel le van választva, kivéve, ha a fogyasztói hőközpontot is a szolgáltató üzemelteti. Ennek oka, hogy itt van elhelyezve az elszámolás alapját képező hőmennyiségmérő. E mellett a hőfogadó az alábbi szerelvények, berendezések elhelyezésére szolgál:

- elzáró szerelvények,
- beszabályozó szerelvény,
- iszapfogó, szennyfogó szűrő az előremenőben,
- hőmérők, nyomásmérők,
- a szekunder rendszer feltöltésére szolgáló csatlakozás vízmérővel,
- átkötő szakasz (csak állandó tömegáramú hőközpontnál),
- nyomáskülönbség szabályozó és térfogatáram korlátozó szelep (csak változó tömegáramú hőközpontnál).

A fogyasztói hőközpont üzemeltetője és tulajdonosa egyaránt lehet a fogyasztó és a szolgáltató. Ebben a részben vannak elhelyezve a fűtés és HMV-készítés hőcserélői, szabályozó szerelvényei, szabályozói az érzékelőkkel, valamint a szekunder rendszerek működését szolgáló szivattyúk stb. Ezeket a fogyasztó által megbízott üzemeltető kezeli.

Az 5.3.3. ábrán látható állandó tömegáramú hőközpont kapcsolásában a fűtés teljesítményszabályozását a hőcserélő után beépített motoros háromjáratú (kétutúnak is nevezett) szeleppel lehet elvégezni. A szeleppel a hőcserélőn és a kerülő ágon áramló vízmennyiség aránya állítható, az össztömegáram állandó. A szelep

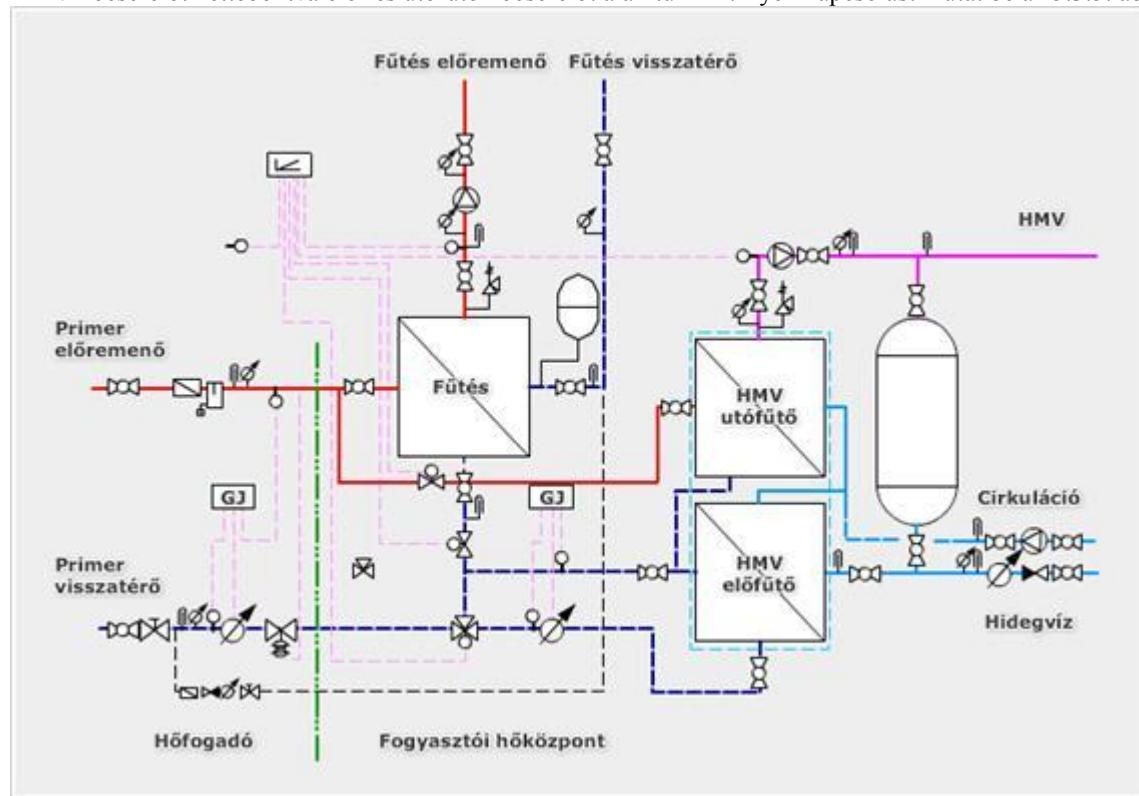
működtetését végző szabályozó a szekunder előremenő víz hőmérsékletét a külső hőmérséklet függvényében szabályozza.

A HMV-rendszer teljesítmény szabályozása ugyancsak háromjáratú szerelvénnyel történik, hogy a térfogatáram állandóságát biztosítani lehessen. A szelep a hőcserélőn és a kerülő szakaszon áramló víz arányát változtatja úgy, hogy a termelt HMV állandó vízhőmérsékletét biztosítsa.

Amennyiben a fűtésről érkező teljes vízmennyiség átáramlik a hőcserélőn, de a HMV hőmérséklete továbbra is alacsonyabb a megkívántnál, akkor a fűtési hőcserélőn kevesebb vizet átengedve, a kevert fűtővíz hőmérsékletének emelésével növeli a szabályozó a HMV hőcserélő teljesítményét. Ezt nevezük HMV előnykapcsolásnak, ami a fűtési rendszer és a fűtött épület hőkapacitása (hőtároló képessége) miatt engedhető meg.

Az 5.3.4. ábrán a változó tömegáramú hőközpont kapcsolásában a fűtés teljesítményszabályozására a hőcserélő utáni együtű motoros szelep szolgál. A fűtési hőcserélőből kilépő víz hőmérséklete gyakran elegendő ahhoz, hogy azzal a HMV felfűthető legyen, ezért az innen kilépő víz vagy a HMV hőcserélőn megy keresztül, vagy a kerülőágon. Amennyiben a teljes fűtési vízmennyiség átvezetetése mellett sem elegendő a HMV hőcserélő teljesítménye, akkor a másik együtű motoros szelep segítségével a HMV hőcserélőbe áramló primer víz mennyisége, valamint a HMV hőcserélő belépő hőmérséklete növelhető.

Ennek a kapcsolásnak a hátránya, hogy a fűtési és primer víz keverésével a HMV hőcserélőbe belépő víz hőmérséklete alacsonyabb a primer víznél (mint ahogy az 5.3.3. ábra kapcsolásánál is). Javitja a helyzetet, ha a HMV hőcserélőt kettébontva elő- és utófűtő hőcserélőt alakítunk ki. Ilyen kapcsolást mutat be az 5.3.5. ábra.



5.3.5. ábra

Ennél a kapcsolásnál az előfűtő hőcserélőben primer oldalon a fűtési hőcserélőből és HMV utófűtő hőcserélőből kilépő vizet használják, míg az utófűtő hőcserélő közvetlen a primer előremenő vízről üzemel. A kapcsolás célja, hogy minél kisebb primer tömegárammal, a primer víz minél nagyobb lehűtésével lehessen megvalósítani a feladatot, mert így a távfűtési rendszer üzemeltetési költségei csökkennek.

A HMV elő- és utófűtő hőcserélők gyakran egybe vannak építve, ilyenkor az erre alkalmazott lemezes hőcserélőnek 6 csatlakozó csonkja van.

6. fejezet - Fűtőtestek

A fejezetben azokat a fűtőberendezéseket tárgyaljuk, amelyek elsősorban vízzel, mint fűtőközeggel üzemelnek. Nem részei a fejezetnek a villamos energiával, vagy az energiahordozó égéstermékkével működő berendezések.

Napjainkban, a 21. század elején a fűtőtestek gazdag kínálatával találkozunk. Valamennyi beépítési helyzethez lehet formában, kialakításban oda illő megoldást találni. Gyakran belsőépítészeti műtárgynak beillő megoldásokról is beszélhetünk.

A fűtőtesteket a kialakítás szempontjából csoportosítva:

- acéllemez lapradiátorok (6.1. – 6.3. ábrák),
- öntöttvas és acéllemez tagos radiátorok (6.4. – 6.8. ábrák),
- fűtőfalak és konvektorok acélprofilból (6.9. – 6.10. ábrák),
- törölközöszárító radiátorok (6.11. ábra),
- padlókonvektorkeretek (6.12. ábra),
- szegélyfűtőtestek,
- fan-coil berendezések (6.13. ábra).



6.1. ábra Forrás: <http://www.vogelundnoot.com>



6.2. ábra Forrás: <http://www.vogelundnoot.com>



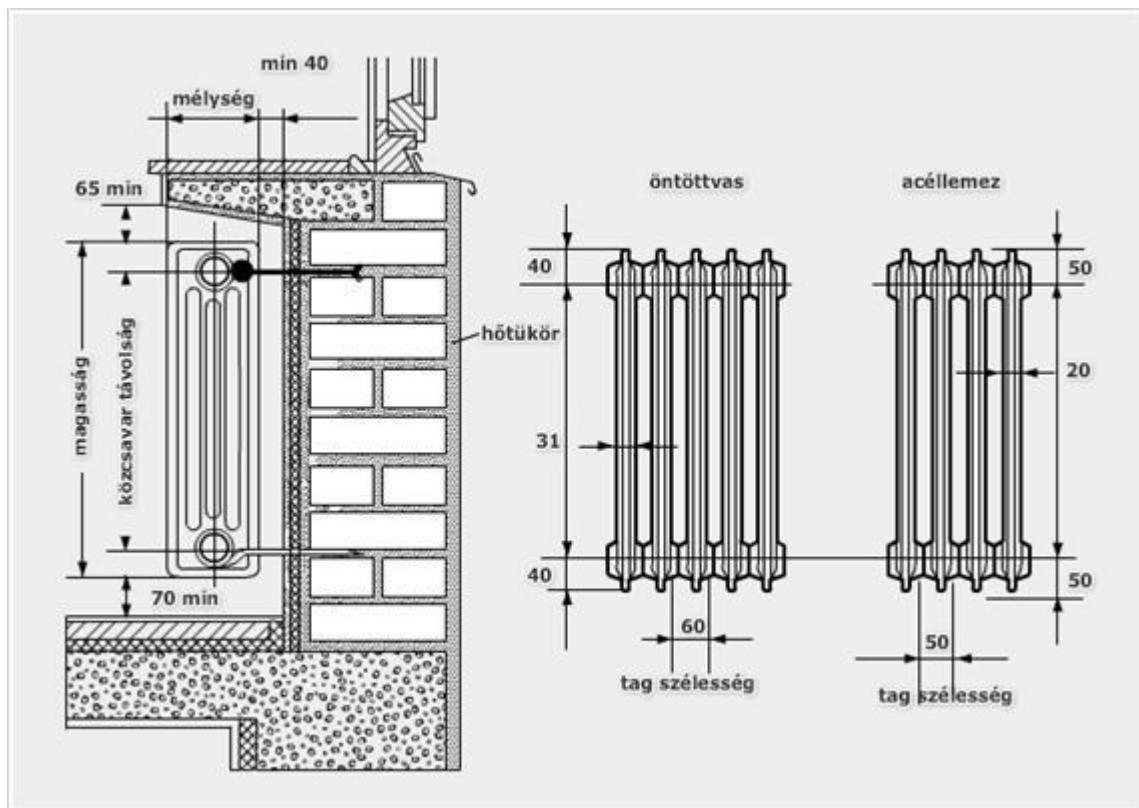
6.3. ábra Forrás: <http://www.vogelundnoot.com>



6.4. ábra Forrás: PURMO Magyarország



6.5. ábra Forrás: PURMO Magyarország



6.6. ábra Forrás: Recknagel-Sprenger-Schramek: Fűtés- és klímatechnika 2000



6.7. ábra Forrás: Csiha András



6.8. ábra Forrás: Csiha András



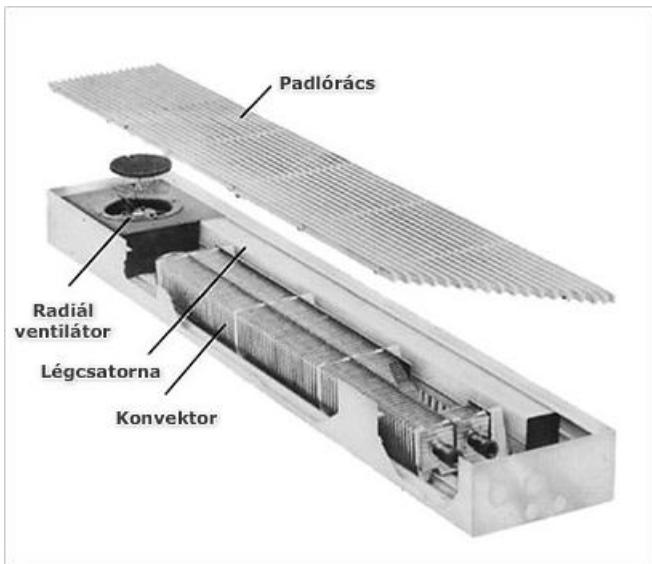
6.9. ábra Forrás: PURMO Magyarország



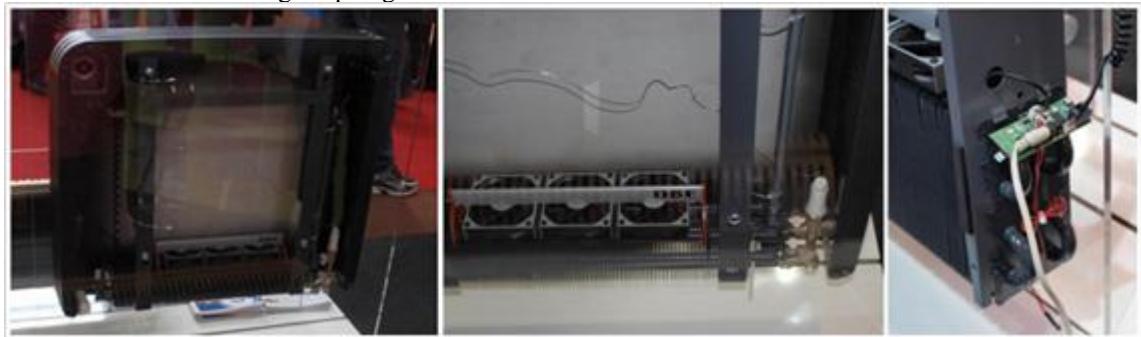
6.10. ábra Forrás: <http://www.vogelundnoot.com>



6.11. ábra Forrás: <http://www.vogelundnoot.com>



6.12. ábra Forrás: Recknagel-Sprenger-Schramek: Fűtés- és klímatechnika 2000



6.13. ábra Forrás: Csiha András

A kialakításon kívül gyakran az anyaguk alapján csoportosítják a fűtőtesteket, így beszélhetünk

- öntöttvas,
- acéllemez,
- alumínium

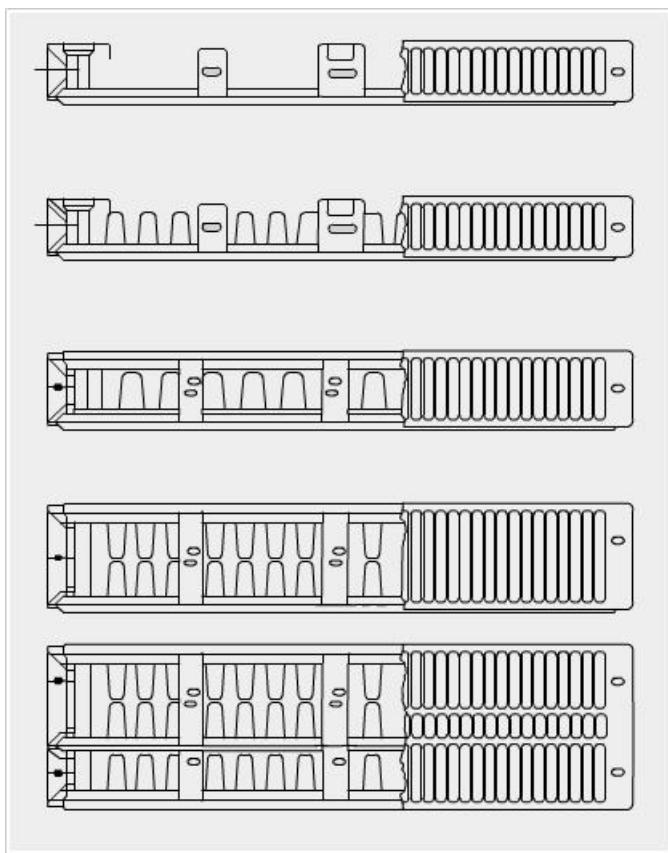
radiátorokról, de ritkábban előfordul réz, rozsdamentes acél is. Különlegességeként meg lehet említeni üvegből, kerámiából készült fűtőtesteket is.

Korábban a legelterjedtebben a tagos radiátor kialakításokat alkalmazták, ahol az öntöttvasból, acéllemezből készült tagokat közcsavar segítségével (ritkábban hegesztéssel) tetszőleges tagszámban tagsítottak.



6.14. ábra Forrás: Recknagel-Sprenger-Schramek: Fűtés- és klímatechnika 2000

Napjainkban számos gyártója, forgalmazója van az acéllemez lapradiátoroknak. A lapok számával, a méretekkel, a konvektorlemezek számával kombinálva nagyon sok változat kapható. A nagy választék célja az, hogy legyen lehetőség mind a méret, mind a teljesítmény optimális megválasztására.



6.15. ábra

A fűtőtestek (hőleadók, radiátorok) feladata, hogy a hőtermelőben előállított hőenergiát a helyiségekben sugárzással és konvekcióval átadja, ezzel a hőveszteségnek megfelelő hőáramot a fűtőtest felületéről döntően sugárzással, vagy döntően konvekcióval áramlik-e a fűtött környezetbe. Elvi, hőtani szempontból a fűtőtest is hőcserélő berendezés.

A fűtőtest-típusok osztályozásának gyakori megoldása, a hőleadási mechanizmus szempontjából való csoportosításuk. Ennek keretében azt kell vizsgálnunk, hogy a hőáram a fűtőtest felületéről döntően sugárzással, vagy döntően konvekcióval áramlik-e a fűtött környezetbe. A 6.16. táblázat a különböző radiátorok hőleadásának sugárzási arányát mutatja be.

Fűtőtest típusa	Sugárzásos hőleadás aránya			
	Helyiség felé	Fal felé	Össz	
Tagos fűtőtest	0,28	0,10	0,38	
Keskeny tagos fűtőtest	0,26	0,11	0,37	
Acélcsoportos fűtőtest	2 oszlopos	0,27	0,12	0,38
	4 oszlopos	0,20	0,07	0,27
	6 oszlopos	0,17	0,05	0,22
Tagos fűtőtest zárt előlappal	0,21	0,08	0,29	
Bordás fűtőtest, bordáscső	0,20	0,07	0,27	
Lapradiátorok	10 (E)	0,38	0,18	0,57
	11 (EK)	0,25	0,11	0,36
	20 (D)	0,23	0,10	0,33
	21 (EKE)	0,20	0,08	0,28
	22 (DK)	0,17	0,07	0,23
	33 (DKEK)	0,14	0,04	0,18

6.16. ábra

Érdekességképpen jegyezzük meg, hogy a radiátor szavunk a latin „radiatio” (sugárzás) szóból származik, miközben a fenti táblázatból jól látszik, hogy (a sima, egysoros lapradiátor kivételével) hőleadásuk nagyobb részt konvekcióval történik.

A fűtőtest tulajdonképpen egy hőcserélő, amelynél jellemzően a belső oldalon víz kis sebességű, de kényszeráramlásáról beszélhetünk, ezért a belső oldali hőátadási tényező becsült értéke $500 \div 2000 \text{ W/m}^2\text{K}$. A külső oldalon levegő szabadáramlása a tipikus, a külső oldali hőátadási tényező $5 \div 20 \text{ W/m}^2\text{K}$. A fűtőtest fémből készül, falvastagsága $0,5 \div 5 \text{ mm}$, hővezetési tényezője $50 \div 200 \text{ W/mK}$. Ezeket figyelembe véve elmondható, hogy a hőátbocsátási tényező szempontjából a fémfal hővezetési ellenállása elhanyagolható, a belső oldali hőátadási tényező hatása nem túl jelentős, a legjelentősebb hatása a külső oldali hőátadási tényezőnek van.

A külső oldali hőátadási tényező a hasonlóságelmélet felhasználásával számítható. Az alap összefüggés határolatlan térben való szabadáramlásnál:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^{\frac{n}{3}}$$

Az összefüggésben szereplő konstansok értékei az alábbi táblázat szerint változnak:

GrPr	C	n
$10^{-4} \div 10^{-3}$	0,5	0
$10^{-3} \div 5 \times 10^2$	1,18	1/8
$5 \times 10^2 \div 2 \times 10^7$	0,54	1/4
$2 \times 10^7 \div 10^{13}$	1,18	1/3

6.17. ábra

A hőátadási folyamatok hasonlóságának jellemzője, a Nusselt-szám segítségével számítható a külső hőátadási tényező:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda} \Rightarrow \alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{l}$$

Az összefüggésekben szereplő áramlástaní hasonlósági jellemző, a Grashoff-szám számítására szolgáló összefüggés:

$$Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot \Delta t \cdot l^3}{\nu^2}$$

ahol:

l a jellemző méret, jelen esetben a fűtőtest magassága, m

λ a levegő hővezetési tényezője, W/mK

β a levegő térfogati hőtágulási tényezője, 1/K

g a nehézségi gyorsulás, m/s²

Δt a felületi hőmérséklet és léghőmérséklet különbsége, K

ν a levegő kinematikai viszkozitása, m²/s

Fűtőtestek esetében a GrPr szorozat értéke az előbbi táblázat utolsó tartományába tartozik. Mivel itt a kitevő értéke 1/3, ezért az összefüggés bal oldalán a Nu-számban és a jobb oldalán levő összefüggésben is első

hatványon szerepel a jellemző méret, így egyszerűsítés után kiesik. Ezért is hívják ezt a tartományt „önmodellezőnek”, itt a hőátadási tényező értéke nem függ a jellemző mérettől, a fűtőtest magasságától.

Összességében azt lehet mondani, hogy a külső hőátadási tényező összefüggése a levegő különböző fizikai jellemzői mellett alapvetően a hőmérsékletkülönbség 1/3-ik hatványától függ. Mivel a hőátbocsátási tényező elsősorban a külső hőátbocsátási tényezőtől függ, ezért végeredményben a hőátbocsátási tényezőre az alábbi összefüggés írható fel:

$$U = U_N \cdot \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_N} \right)^{\frac{1}{3}}$$

ahol:

U_N a hőátbocsátási tényező névleges állapotban, $\text{W/m}^2\text{K}$

Δt_N a névleges állapothoz tartozó hőmérsékletkülönbség, K

Az átlagos hőmérsékletkülönbség a fűtővíz- és helyiséghőmérséklet felhasználásával az alábbi összefüggéssel számítható:

$$\Delta t = \frac{t_{ve} - t_{vw}}{\ln \frac{t_{ve} - t_i}{t_{vw} - t_i}}$$

ahol:

t_{ve} az előremenő fűtővíz hőmérséklet, K

t_{vw} az visszatérő fűtővíz hőmérséklet, K

t_i a helyiséghőmérséklet, K

A gyakorlatban a logaritmikus hőmérsékletkülönbség számítása helyett egyszerűsítve a

$$\Delta t = \frac{t_{ve} + t_{vw}}{2} - t_i$$

összefüggést is használják, de ezzel kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy a számtani átlaggal való számítás kis hőmérsékletkülönbségeknél pontatlan, ezért célszerű a logaritmikus kifejezést használni.

Mint minden hőcserélőnek, így a fűtőtestnek a teljesítménye is a

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta t$$

összefüggéssel számítható. Ezt az összefüggést a névleges hőmérsékletek mellett is fel lehet írni:

$$Q_N = A \cdot U_N \cdot \Delta t_N$$

A két egyenletet elosztva egymással, és a hőátbocsátási tényező függvényét behelyettesítve az alábbi egyenletet kapjuk:

$$\frac{Q}{Q_N} = \frac{A \cdot U \cdot \Delta t}{A \cdot U_N \cdot \Delta t_N} = \frac{A \cdot U_N \cdot \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_N} \right)^n \cdot \Delta t}{A \cdot U_N \cdot \Delta t_N}$$

Az összefüggés egyszerűsítve az alábbi alakú lesz:

$$\frac{Q}{Q_N} = \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_N} \right)^{1+n}$$

A gyakorlatban a fűtőtest hőleadás számításának alapja szabványos laboratóriumi mérés, amellyel a névleges teljesítményt és a hőmérséklet kitevő értékét határozzák meg. A névleges teljesítményt normál légköri nyomáson ($p_N=101,3$ kPa) az alábbi hőmérsékleteknél határozzák meg:

előremenő fűtővíz hőmérséklet: $t_{veN}=75$ °C

visszatérő fűtővíz hőmérséklet: $t_{vvN}=65$ °C

helyiséghőmérséklet: $t_{in}=20$ °C

Ebből adódóan a névleges állapothoz tartozó átlagos logaritmikus hőmérsékletkülönbség, $\Delta t_N=49,83$ K.

Korábban az volt a gyakorlat, hogy a 90/70 °C fűtővíz hőmérséklethez és 20 °C helyiséghőmérséklethez tartozó teljesítményt adták meg névleges teljesítményként, de mára általános gyakorlattá vált a 75/65/20 °C hőmérsékletekhez tartozó teljesítmény megadása.

A hőmérsékletfüggést leíró kitevő értékét szintén a laboratóriumi méréssel határozzák meg. Értéke a fűtőtest kialakításától és méretétől függ, az alábbiakban néhány tipikus értéket adunk meg tájékoztatásul:

Padlófűtés	1+n = 1,05 ... 1,10
Lapradiátor	1+n = 1,26 ... 1,33
Törölközőszárító radiátor	1+n = 1,20 ... 1,30
Tagos acéllemez radiátor	1+n = 1,30 ... 1,33
Konvektorok	1+n = 1,30 ... 1,40

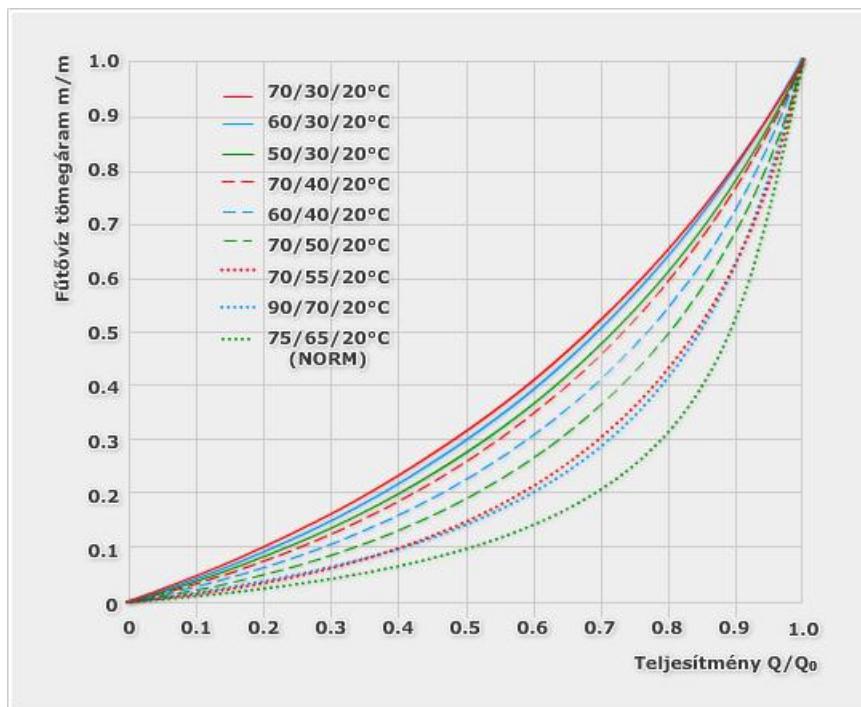
6.18. ábra

A teljesítmény azonban számos más hatástól is függ, ezek közül kívánunk néhányat bemutatni.

Ha ezeket a hatásokat összefoglalóan kellene megfogalmazni, akkor három csoportba sorolhatjuk azokat:

- Fűtőtest kialakításától függő tényezők: Ebbe tartozik például a fűtőtest geometrai méretei, anyaga, bordázottsága, vízoldali és levegő oldali áramlást befolyásoló szerkezeti megoldások. Ezekkel nem kívánok foglalkozni, mert ezek a radiátor gyártójánál eldőlő kérdések, a tervező, szerelő ezeket már nem tudja megváltoztatni.
- Üzemviszonyok: a fűtővíz- és helyiséglevegő hőmérséklete, a környező felületek felületi hőmérséklete és emissziós tényezője, a fűtővíz tömegárama, a levegő áramlási sebessége.
- Beépítési viszonyok: a radiátor bekötés módja, elhelyezése a helyiségen, burkolatok és egyéb áramlást befolyásoló szerkezetek stb.

A hőmérsékletek hatását az előzőekben már bemutattuk. A fűtővíz tömegárama markánsan befolyásolja a teljesítményt. Az 6.19. ábra $1+n = 1,3$ fűtőtest kitevő és 20 °C helyiséghőmérséklet mellett ábrázolja a fűtőtest teljesítményét a tömegáram függvényében (hőfoklépcsőtől függően).



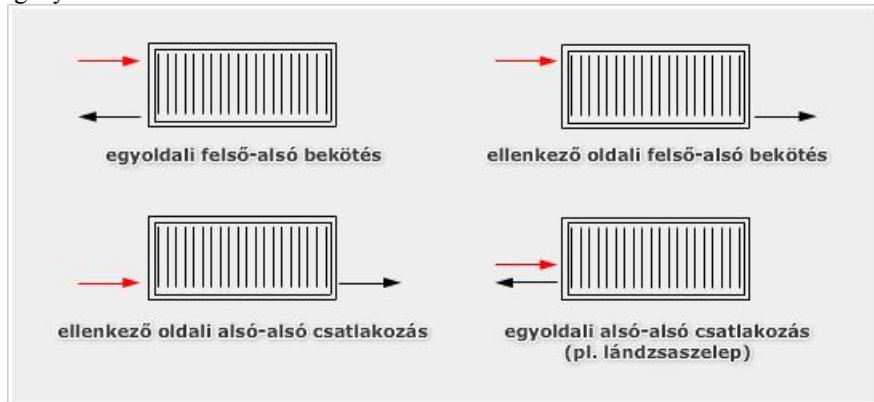
6.19. ábra Forrás: Handbuch für Heizungstechnik, Buderus Heiztechnik GmbH 2002

Az ábrán többféle méretezési hőfoklépcsőjű rendszer szerepel. Annál a rendszernél, ahol kicsi a hőfoklépcső, ott még jelentősebb a hatása, ahol eleve alacsony volt a tömegáram, mert nagy volt a hőfoklépcső, ott már kezd a lineáris felé közelíteni a görbe.

Milyen következtetéseket lehet ebből a viselkedésből kiolvasni?

- Szerencsénk, hogy a fűtőtest teljesítménye ilyen módon változik, mert ez sokszor elfedi a rendszer hidraulikai beszabályozatlanságát. Lehet, hogy a fűtőtestbe csupán a tervezett fűtővíz tömegáramának fele jut csak, de mivel a teljesítménye 15-20%-al csökken, ezt az átlag felhasználó nem veszi észre. Ha vízmennyiség kétszerese a tervezettnek, a teljesítmény 10-15%-al nő csupán meg, ez ugyancsak nehezen észrevehető. Problémák igazából akkor lépnek fel, ha nagyon kicsi a fűtőtestbe áramló vízmennyiség, mondjuk csupán 10-20%-a a tervezettnek, mert ekkor már észrevehetően lecsökken a teljesítmény. Az is szerencse, hogy egy beszabályozatlan rendszernél néha a „kézrátétel” is megfelelő gyógymód. Ha szakember teszi rá a kezét a fűtőtest előremenő és visszatérő vezetékére, akkor a hőmérsékletkülönbözők sokszor fontos megállapítások tehetők. Ha szinte nem érezhető különbség, akkor nagyon nagy a tömegáram, ha a kilépő vízhőmérséklet nagyon alacsony, akkor a tervezett vízmennyiség töredéke jut a radiátorba. Tehát jól ki lehet szűrni azokat a fűtőtesteket, ahol célszerű beavatkozni. Persze a „kézrátétel” itt is egyfajta kuruzslás, célszerűbb más, pontosabb eszközökkel mérni, illetve a beszabályozást számításokkal megalapozni.
- Egycsöves fűtéseknel ez a tulajdonság okozza azt, hogy a kör (vagy strang) érzékeny a fűtővíz mennyiségrére. Egy a tervezettnek kisebb tömegárammal működő egycsöves kör 1. radiátora ugyanúgy viselkedik, mint egy kétcsöves kötésű radiátor, a teljesítménye alig csökken, ezért a tervezettnek nagyobb a lehűlés benne. Ahogy haladunk előre, a sorban következő radiátorokon ez a folyamat felerősödik: a tervezetthez képest egyre csökkenő fűtővíz hőmérséklet egyre nagyobb teljesítménycsökkenést okoz, a kör végén lévő fűtőtesthez pedig már a tervezettnek lényegesen alacsonyabb hőmérsékleten érkezik a fűtővíz, tehát annak teljesítménye is lényegesen kisebb lesz.
- Egy átfolyós egycsöves fűtés átalakításakor gyakran felmerül a kérdés, hogy átkötőszakasz beépítése után nem kell-e a fűtőtestet megnövelni, mert az átalakítás után esetleg a kör vízmennyiségének esetleg csupán 30%-a jut a radiátorba. Általában elmondható, hogy nem, mert a kör vízmennyisége többszöröse annak, ami egy kétcsöves fűtésnél megszokott, így a teljesítmény görbénél egy lapos szakaszán vagyunk. Alig csökken a teljesítmény az átkötőszakasz beépítésével, mert ez a lecsökkent tömegáram is több, mint egy kétcsöves kötésnél megszokott.

A radiátor bekötés a berendezésen belüli áramlási viszonyokat befolyásolja. A névleges teljesítményt egyoldali felső-alsó bekötésre szokták megadni. A 6.20. ábra különböző bekötési megoldásokat mutat be a teljesség igénye nélkül.



6.20. ábra

A radiátor bekötésének hatása nagymértékben függ a gyártmány kialakításától, ezért nem lehet általános érvényű megállapításokat tenni.

Az egyoldali felső-alsó bekötés hosszú radiátoroknál azt a kérdést veti fel, hogy vajon a radiátor bekötéssel szembeni oldalára jut-e elegendő fűtővíz. Általában 1,5-2m felett azt javasolják, hogy célszerű az ellenkező oldali felső-alsó bekötést (keresztkötést) alkalmazni, mert ez a fűtővíz kedvezőbb, egyenletesebb átáramlását biztosítja, ezzel a teljesítmény növekedését eredményezi. A tagos radiátoroknál ezért használnak is egy úgynevezett tagszám szerinti korrekciós tényezőt, ez 10 tag esetében 1,0 értékű. Ez alatti tagszámoknál 1-nél néhány százalékkal nagyobb, 10 feletti tagszámoknál pedig 1-nél kisebb értékű a korrekciós tényező. Konstrukciós elvként elmondható, hogy az egyenletesebb áramlás biztosítására a radiátor felső és alsó elosztó részét kis ellenállásúra célszerű kiképezni, a függőleges összekötéseket pedig lehetőleg nagy ellenállásúra. Ezt az elvet a tagos radiátoroknál kevésbé, a lapradiátoroknál viszont már sokkal jobban lehet érvényesíteni, ezért ezeknél nincs hosszkorrekció.

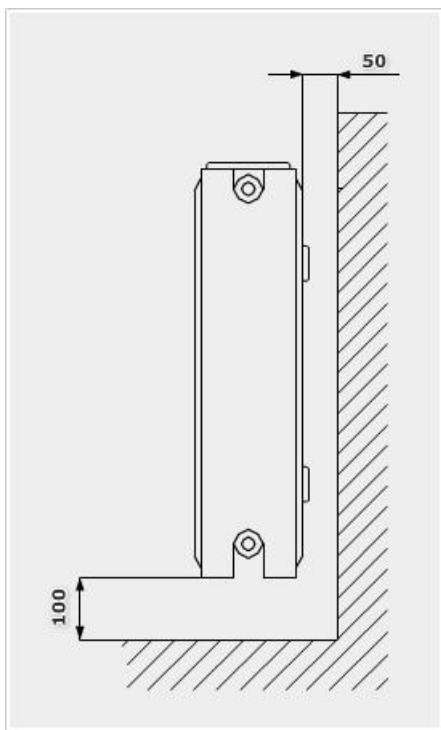
Az ellenkező oldali alsó-alsó bekötés esetenként kb. 10% teljesítmény csökkenéssel jár, az egyoldali oldali alsó-alsó bekötés pedig ennél kissé magasabb, 10-15%-os csökkenést eredményez.

Néhány gyártónál olyan megoldással találkozni, hogy a radiátoron belül elzáró, vagy fojtótárcsákat esetleg befecskendező csöveget építenek be, így a bekötés módjától szinte függetlenül állandó a radiátor teljesítménye. A beépített szerkezetek feladata, hogy bármely bekötési módnál az ellenkező oldali felső-alsó bekötés teljesítményre kedvező áramlási viszonyai alakuljanak ki.

A napjainkban gyakran alkalmazott beépített szelepes radiátorok az alsó csatlakozás ellenére az egyoldali felső-alsó bekötésnek felelnek meg.

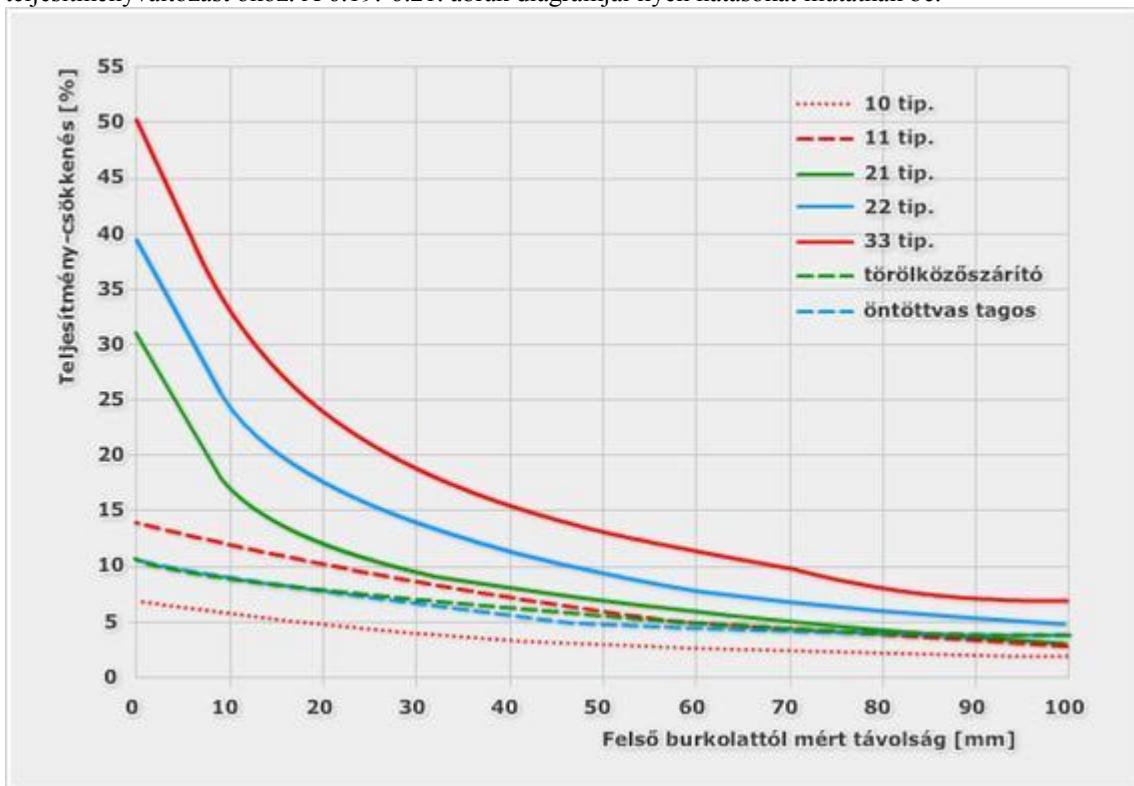
A radiátor burkolása, vagy falmélyedésbe, aknába való beépítése azt eredményezi, hogy megváltozik a fűtőtest körüli légsebesség. Mivel ennek csökkenése a hőleadás szempontjából meghatározó külső oldali hőátadási tényező romlását eredményezi, ez a teljesítmény csökkenését vonja magával. Ugyancsak rontja a hőleadást, ha a burkolat árnyékoló szerkezetként a sugárzással való hőleadást csökkenti.

A 6.21. ábra azt az elrendezést mutatja be lapradiátor esetében, amelyet szabadon elhelyezett fűtőtestnek tekintünk.

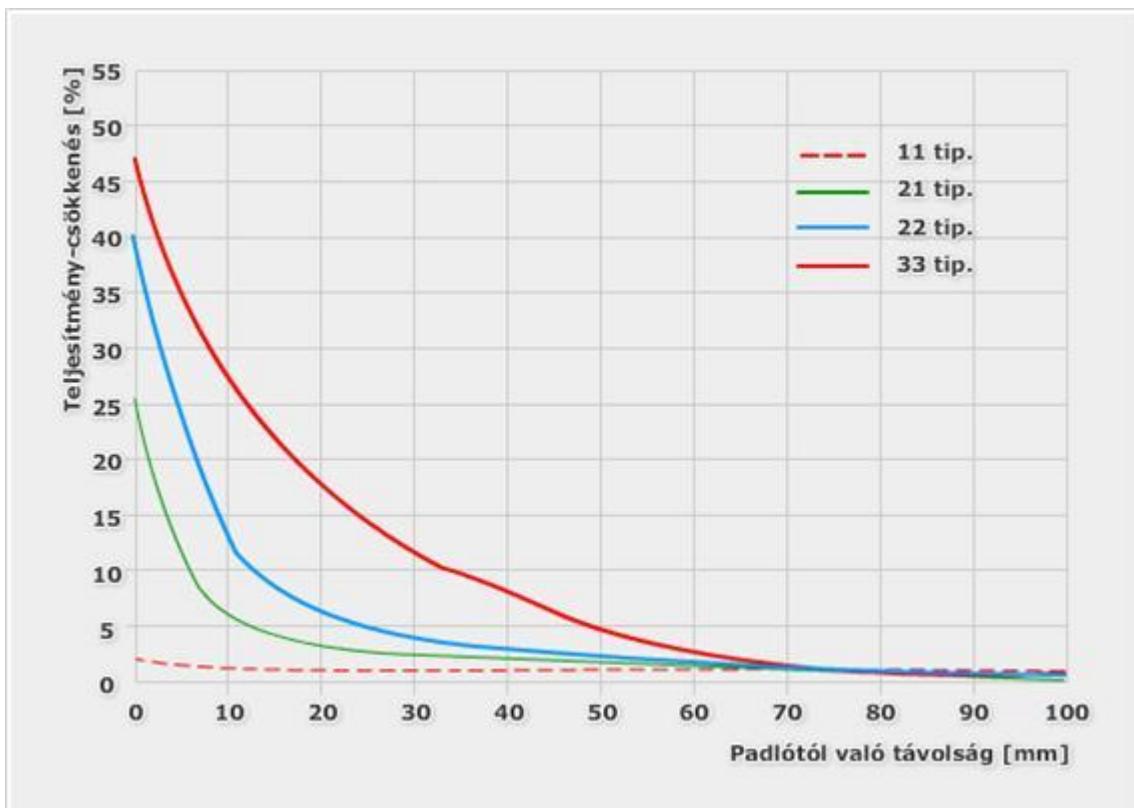


6.21. ábra Forrás: Handbuch für Heizungstechnik, Buderus Heiztechnik GmbH 2002

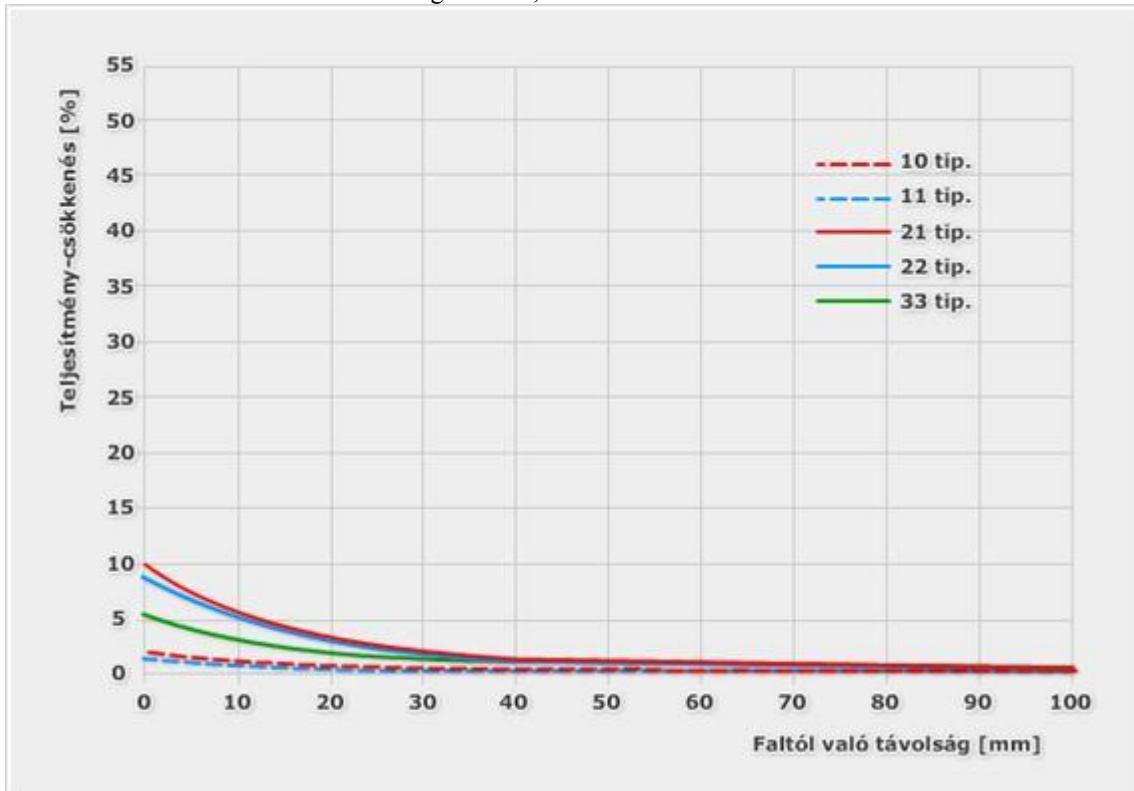
A radiátor feletti párkánytól, padlótól vagy hátsó faltól való távolság radiátoronként más, de hasonló jellegű teljesítményváltozást okoz. A 6.19.-6.21. ábrák diagramjai ilyen hatásokat mutatnak be.



6.22. ábra Forrás: Handbuch für Heizungstechnik, Buderus Heiztechnik GmbH 2002

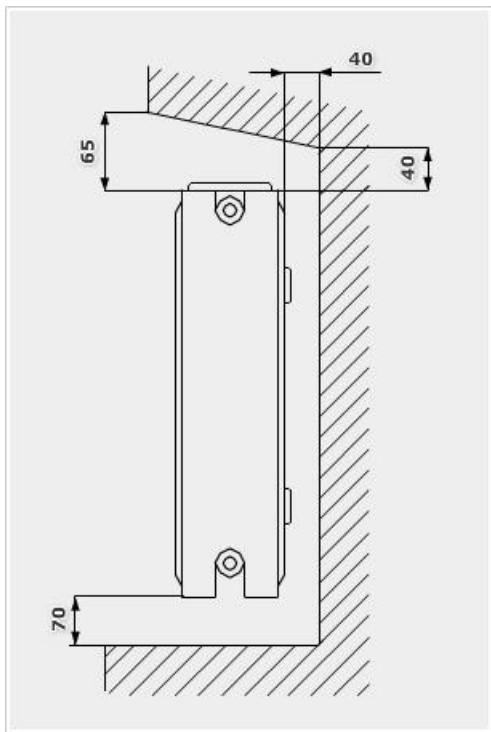


6.23. ábra Forrás: Handbuch für Heizungstechnik, Buderus Heiztechnik GmbH 2002



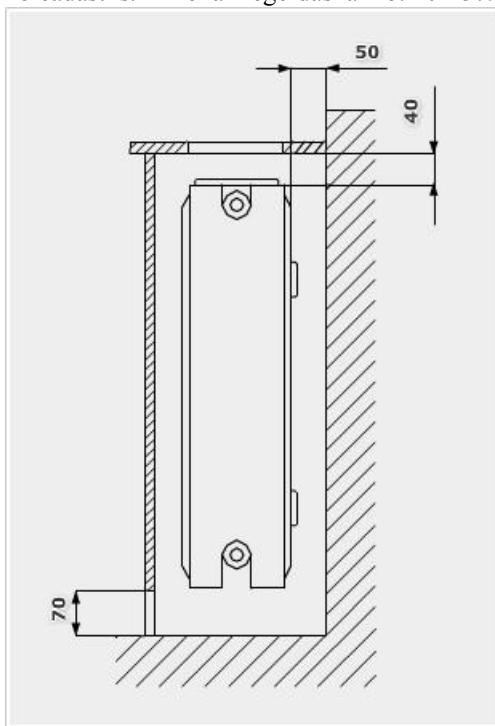
6.24. ábra Forrás: Handbuch für Heizungstechnik, Buderus Heiztechnik GmbH 2002

A 6.25. ábra egy falmélyedésbe beépített fűtőtestet mutat be. A megadott méretek mellett még csak kis mértékű, 1-4%-os teljesítménycsökkenés tapasztalható. Ha a falmélyedés már jelentősebben korlátozza a fűtőtest szabad körüláramlását, akkor nagyobb teljesítménycsökkenéssel kell számolni.



6.25. ábra Forrás: Handbuch für Heizungstechnik, Buderus Heiztechnik GmbH 2002

A 6.26. ábra egy burkolattal ellátott radiátort mutat be. Ha a burkolat a fűtőtest homlokkeresztmetszetét eltarthatja, akkor akadályozza a levegő odaáramlását, illetve jelentősen csökkenti a hőszigárással történő hőleadást is. Ennél a megoldásnál kb. 10-15% teljesítménycsökkenéssel kell számolni.



6.26. ábra Forrás: Handbuch für Heizungstechnik, Buderus Heiztechnik GmbH 2002

A lapradiátorokat esztétikai megfontolásból a gyártók gyakran burkolattal látják el. A felső burkolat hatása erősen függ a radiátor típusától és a rács méretétől, az irodalom 5-20%-os teljesítménycsökkenésről beszél. Az első és oldalsó burkolat 5-10%-os teljesítménycsökkenést eredményez. Ezekkel a hatásokkal gyakran azért nem

kell foglalkoznunk, mert a radiátor gyártója a teljesítménymérést már a burkolattal ellátott radiátorral végezte el. Nem szabad elfelejteni, hogy egy radiátorra lógó nehéz függöny is hasonló hatásokat érhet el.



6.27. ábra Forrás: Csiha András

Végül érdekességeként megemlíttünk egy olyan esetet is, amikor a burkolat teljesítménynövelő hatású. Azoknál a konvektoroknál, ahol a hőleadó szerkezet (például bordáscső) magassága kicsi, ott előnyt jelenthet egy magasabb burkolat, ami megakadályozza a meleg levegő szétterülését és keveredését a helyiség levegővel, ezért szinte kéményként viselkedik. A megnövekedett áramlási sebesség a teljesítmény egészen jelentős növekedését eredményezi.

Hasonló hatást ventilátorokkal is el lehet érni, ezért találunk olyan készülékekben ventilátort, ahol a kis beépítési méretek mellett nagy teljesítmény a cél. A fan-coil készülékek és a padlóba süllyesztett konvektorkor jó példák erre. Ezeknél a készülékeknél kikapcsolt ventilátor esetén a teljesítmény a töredékére csökken.

Végül arról sem szabad megfeledkezni, hogy a fűtőtestek sugárzással való hőleadását a felület emissziós tényezője is befolyásolja. Ez elsősorban a fényes, tükröző bevonattal rendelkező radiátorokra (krómizzott, nikkelezett bevonatok) vonatkozik. Ezek a bevonatok akár 10-15%-os teljesítménycsökkenést is eredményezhetnek.

Az elmondott példák sokasága azt igazolja, hogy a fűtőtestek hőleadása számos paraméter függvénye. Ezek hatásával tisztában kell lennünk, ha el akarjuk kerülni az elégtelen fűtőteljesítményből adódó felhasználói panaszokat.

Akkor, amikor a fan-coil berendezés egyúttal a külső friss levegő bevezetését is megoldja, már a fűtéstechnika és a légtechnika határterületére jutottunk.

Felhasznált irodalom

Handbuch für Heizungstechnik. Beuth Verlag. 2002.

Hidraulika, a melegvízfűtés szíve. Rudolf, Jauschowetz. HERZ Armaturen GmbH., Wien. 2007.

Fűtés- és Klimatechnika. Recknagel, Sprenger, és Schramek. Dialóg Campus Kiadó. 2000.

7. fejezet - Termosztatikus radiátorszelepek

Napjainkban egyre több fűtési rendszer készül helyiségenkénti szabályozási lehetőséggel, mert energiatudatos fogyasztói magatartással komoly energia megtakarítást lehet elérni. Ennek legegyszerűbb megoldása a termosztatikus szelepek alkalmazása.

Fontos kiemelni, hogy termosztatikus szelepekkel úgy érhettünk el minimális többletköltséggel jelentős energia megtakarítást, hogy a hőkomfort nem csökken a fűtött helyiségekben, sőt. Ennek ellenére – a világ sok országával ellentétben – Magyarországon sajnos még mindig nem kötelező az alkalmazásuk.

1. A termosztatikus radiátorszelep leírása

A termosztatikus radiátorszelep egy segédenergia nélkül üzemelő, arányos, helyiséghőmérséklet szabályozó.

Két fő részből áll:

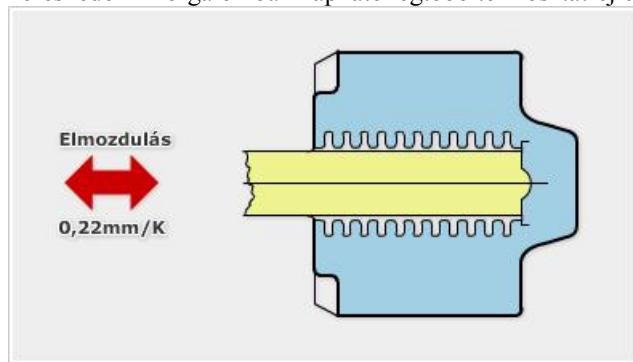
- a szeleptestből, és a
- termosztátfejből.



7.1.1. ábra

2. Termosztátfejek

A termosztátfej egy csőmembrános érzékelővel kialakított arányos szabályozó, amely lehet folyadék, gőz vagy zsír (vaksz) töltésű. A leggyakrabban a folyadék töltetű termosztátfejeket alkalmazzák, mert azzal lehet a legkedvezőbb szabályozástechnikai eredményeket elérni. A gőz töltetnek előnye a gyorsabb reakció, de hátránya, hogy kisebb erőket képes kifejteni. A zsírtöltet előnye, hogy kisebb méretű érzékelő alakítható ki, de hátránya, hogy rosszabbak a szabályozástechnikai tulajdonságai és korlátozott az élettartama (kb. 15 év). A kereskedelmi forgalomban kapható legtöbb termosztátfej csőmembrános érzékelője folyadék töltetű.



7.2.1. ábra

A termosztátfej a helyiség hőmérsékletét érzékeli, majd ennek megfelelően a folyadék kitágul vagy összehúzódik és elmozdítja a csőmembránnal egybeépített tengelyt. A termosztátfejet közvetlenül a szeleptestre kell szerelni. A termosztátfej tengelye mozgatja a szeleptest szelepszárát és fojtóelemtét. A helyiség hőmérsékletének csökkenésekor az érzékelőben lévő folyadék térfogata csökken, a szelep fojtóeleme nyit, a radiátorba több fűtővíz áramlik be, és így a radiátor több hőt tud leadni. A helyiség hőmérsékletének emelkedésekor ennek ellenkezője játszódik le, a radiátorba kevesebb fűtővíz jut és csökken a radiátor hőleadása.

Előfordulhat, hogy a helyiség pillanatnyi hőigényét egyéb hőforrás (napsugárzás, emberek hőleadása, elektromos gépek, világítás stb.) biztosítja, szelep teljesen lezár és a radiátor egyáltalán nem ad le hőt. Úgy is

fogalmazhatunk, hogy a termosztatikus radiátorszelep automatikusan hasznosít minden, a helyiségen ingyenesen rendelkezésre álló „hulladékhoz”, ezzel csökkenti a fűtés energiafelhasználását.

A termosztatikus radiátorszelep helyes működésekor gyakran előfordul, hogy a radiátor felső része meleg, míg az alsó része a kevesebb beáramló fűtővíz következtében langos vagy akár hideg.

Az arányos szabályozó berendezésekre, így a termosztatikus radiátorszelepekre jellemző, hogy a beállított hőmérsékletértéket (alapjelét) csak bizonyos eltéréssel tartja. Ezt arányossági sávnak nevezzük, értékét termosztatikus radiátorszelep esetén szabályozástechnikai okok miatt kb. 2 °C-ra kell megválasztani.

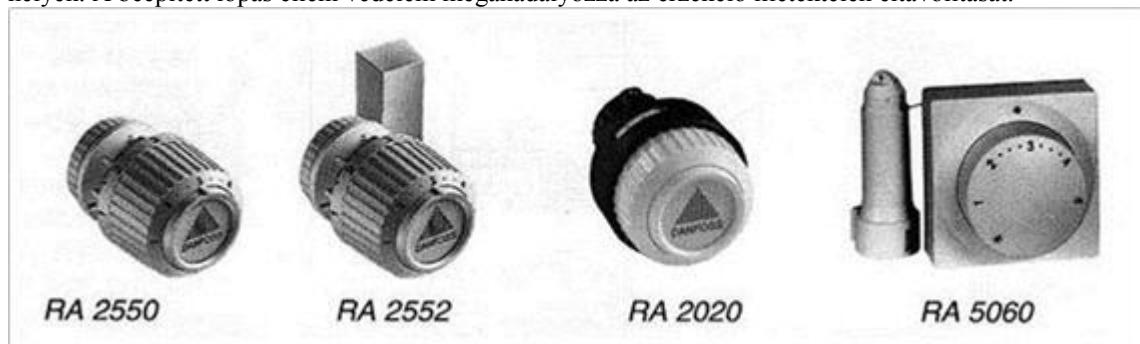
A belső hőmérséklet alapjel a termosztátfej elforgatásával állítható, ezáltal a rugó előfeszítést változtatva.

A termosztátfejek elhelyezésekor fontos, hogy valóban a helyiség hőmérsékletét érzékeljék, ezért nem minden esetben elegendő megoldás, hogy a termosztátfje kompakt módon van kialakítva, azaz egybeépítve tartalmazza az érzékelőt, a beavatkozó elemet és az alapjel állítási lehetőséget. Amikor például függöny, vagy burkolat mögé kerül a szelepfej, akkor célszerű az érzékelőt attól külön választani, hogy olyan helyre lehessen elhelyezni, ahol helyes hőmérsékletet érzékel. Ekkor az érzékelőt 3-8 m hosszúságú kapilláriscső köti össze a szelepen levő fejjel, ami a beavatkozó elemet és az alapjel állítást biztosít.

Készül olyan kivitel is, amelynél az érzékelő és az alapjel állítás egyben (esetleg ezek is különválasztva), egy kapilláriscső segítségével távolabb elhelyezett házba kerül, csupán a beavatkozó elem van a szeleptesten elhelyezve.

A következőkben néhány minőségi gyártó gyártmányait ismertetjük röviden.

A Danfoss RA típusú termosztátfejek göztöltetű érzékelővel rendelkeznek. A szeleptestre való csatlakozás az úgynevezett KLAPP csatlakozóval történik. A fejet szerszám nélkül egy erőteljes nyomással fel kell pattintani szeleptestre. A fej felütközésekor a KLAPP csatlakozó automatikusan zár és az érzékelőt szilárdan rögzíti a helyén. A beépített lopás elleni védelem megakadályozza az érzékelő illetéktelen eltávolítását.



7.2.2. ábra

Az RA 2550 típus 5-26 °C-os beállítható hőmérséklettartománnyal, fagyvédelemmel, a beállított hőmérséklet alsó-felső korlátozási és rögzítési lehetőségeivel rendelkezik.

Az RA 2020 típus rongálás elleni védelemmel van ellátva.

Az RA 2552 típus távérzékelővel, az RA 5060 típus távbeállítási lehetőséggel rendelkezik. A kapcsolódó kapilláris cső 2, 5 illetve 8 m hosszúságú lehet.



7.2.3. ábra

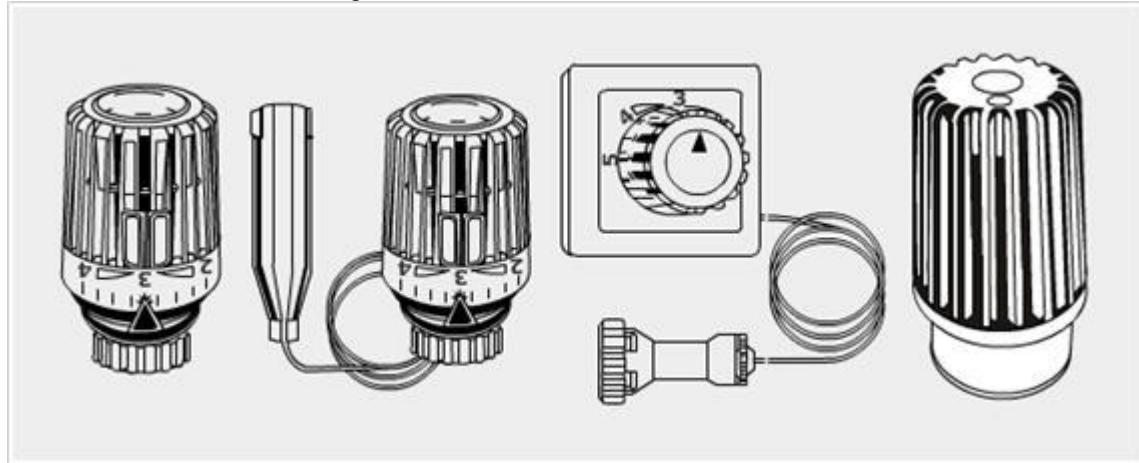
A Heimeier K típusú termosztátfejek folyadék töltetű érzékelővel rendelkeznek. A szeleptestre való csatlakozás M 30x1,5 menettel történik – ez a méret gyakorlatilag szabványossá vált, így egy adott termosztatikus szeleptestre akár több gyártó több típusú termosztátfeje is felszerelhető. A szelepen található takarék ütközökkel a felhasználó a hőmérsékletet alulról és felülről korlátozhatja, vagy adott értéken rögzítheti.

A standard kivitelű fejen a hőmérséklet 6-28 °C tartományban állítható be. A „0” állással rendelkező változattal zárt szelephelyzet is beállítható.

Kapható eltolt hőmérséklettartományú (15-35 °C) változat is, elsősorban uszodákhoz.

A B típusú hivatali kivitel speciálisan megerősített házzal rendelkezik közintézményekben való alkalmazásra. A fej károsodás nélkül 1000 N erővel terhelhető. A hőmérséklet állítása csak egy speciális kulccsal lehetséges, a fej egyébként szabadon elfordul. Lopás elleni védelemmel van ellátva.

A fejeknek kapható távérzékelővel és távbeállítási lehetőséggel rendelkező változata. A kapcsolódó kapilláris cső hossza 1,25 – 15 m közt 6 lépcsőben változik.



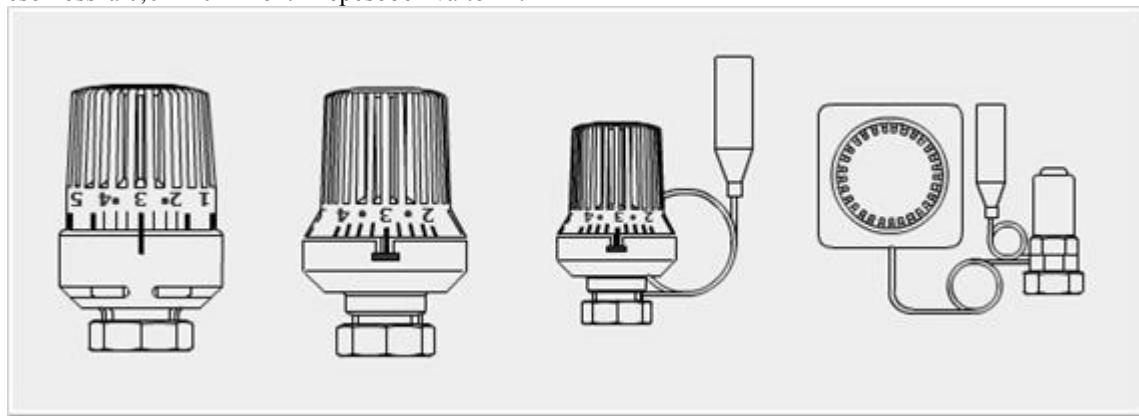
7.2.4. ábra

Az Oventrop UNI XH és UNI LH típusú termosztátfejek folyadék töltetű érzékelővel rendelkeznek. A szeleptestre való csatlakozás M 30x1,5 menettel történik. A beállítható hőmérséklet alulról és felülről korlátozható, vagy adott értéken rögzíthető.

A beállítható hőmérséklettartomány 7-28 °C, a „0” állással rendelkező változat el is zárható.

Az UNI LH fejek lopás elleni védelemmel láthatók el, egy burkolattal vandálbiztos kivitelűvé alakíthatók át.

A fejeknek kapható távérzékelővel és távbeállítási lehetőséggel rendelkező változata. A kapcsolódó kapilláris cső hossza 0,6 – 10 m közt 4 lépcsőben változik.



7.2.5. ábra

Az MNG Thera-2 és Thera-3 típusú termosztátfejek folyadék töltetű érzékelővel rendelkeznek. A szeleptestre csatlakozás M 30x1,5 menettel történik. A beállítható hőmérsékletet alulról és felülről korlátozható, vagy adott értéken rögzíthető.

A hőmérséklet 6-26 °C tartományban állítható be, a „0” állás funkciója megegyezik a már ismertetettekkel.

A Thera-2 fejek lopás elleni védelemmel egészíthetők ki.

A fejeknek kapható távérzékelővel és távbeállítási lehetőséggel rendelkező változata. A kapcsolódó kapilláris cső hossza 2 vagy 5 m hosszúságú.



7.2.6. ábra



7.2.7. ábra

Mivel a termosztátfej nem minden esetben azt a hőmérsékletet érzékeli, ami a helyiség tartózkodási zónájában jellemző, ezért azon nem hőmérséklet értékeit tüntetnek fel. A termosztátfején látható jelhez, illetve számokhoz kb. a következő hőmérsékletek tartoznak:

Jel	*	1	2	3	4	5
Kb. °C	6	10	16	20	24	28

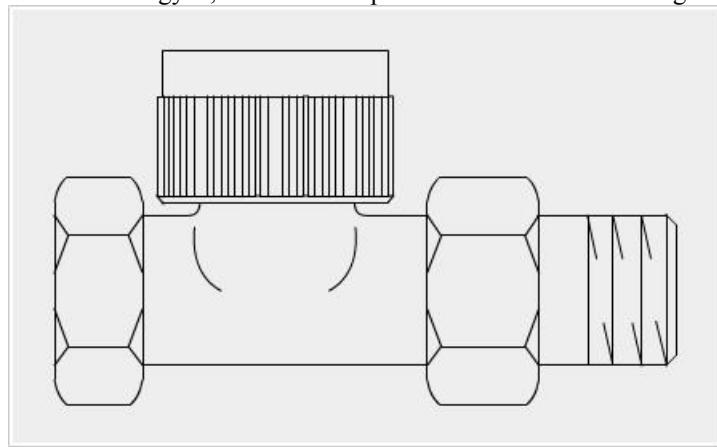
7.2.8. ábra

A * jel az ún. fagyvédő állást jelenti. Amennyiben hosszabb ideig nem használnak egy helyiséget, vagy nincs igény ennél magasabb hőmérsékletre (pl. garázs), erre a jelre kell állítani a termosztátfejet.

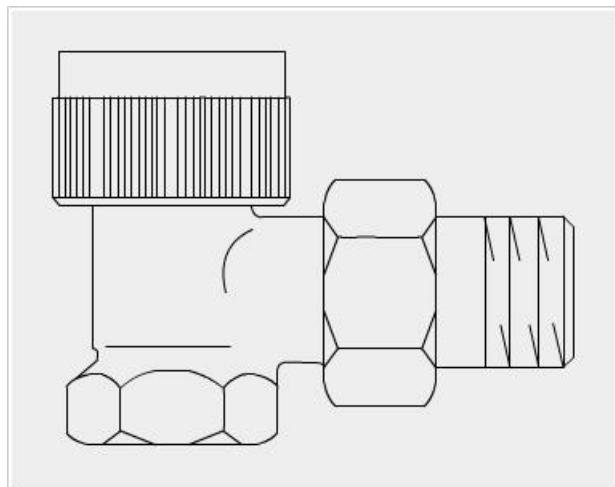
Kapható olyan fej is, amelyen „0” állás is található. Ez az állás a szelep zárását biztosítja, a záras a környezeti hőmérséklettől függetlenül mindenkor megvalósítható – ha lehet, mindenkor ilyet válasszunk.

3. Termosztatikus radiátorszelep szeleptestek

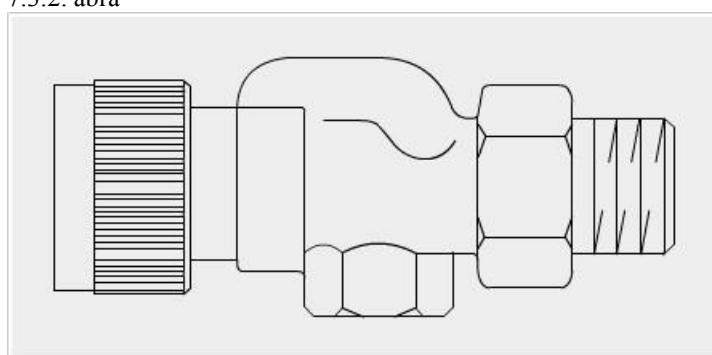
A termosztátfejek abban az esetben érzékelik helyesen a hőmérsékletet, ha vízszintesen vannak beépítve, mert így tud a szellőzőin keresztül a levegő megfelelően átáramolni. Azért, hogy ez minden csatlakozási kivitelnél biztosítható legyen, többféle szeleptest kialakításra van szükség.



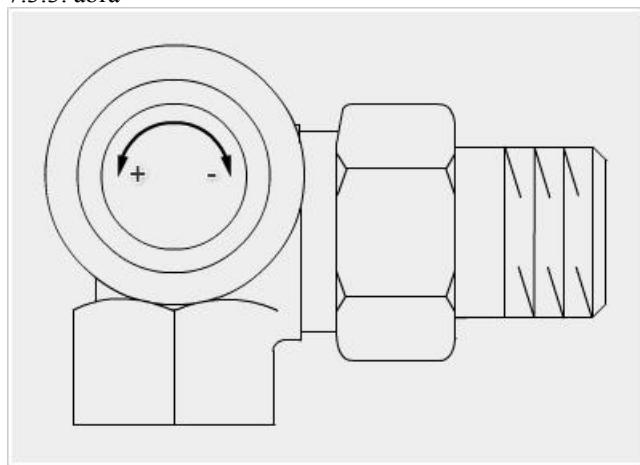
7.3.1. ábra



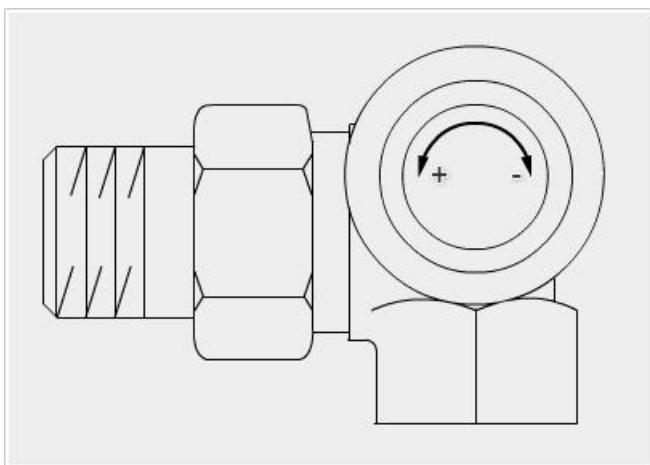
7.3.2. ábra



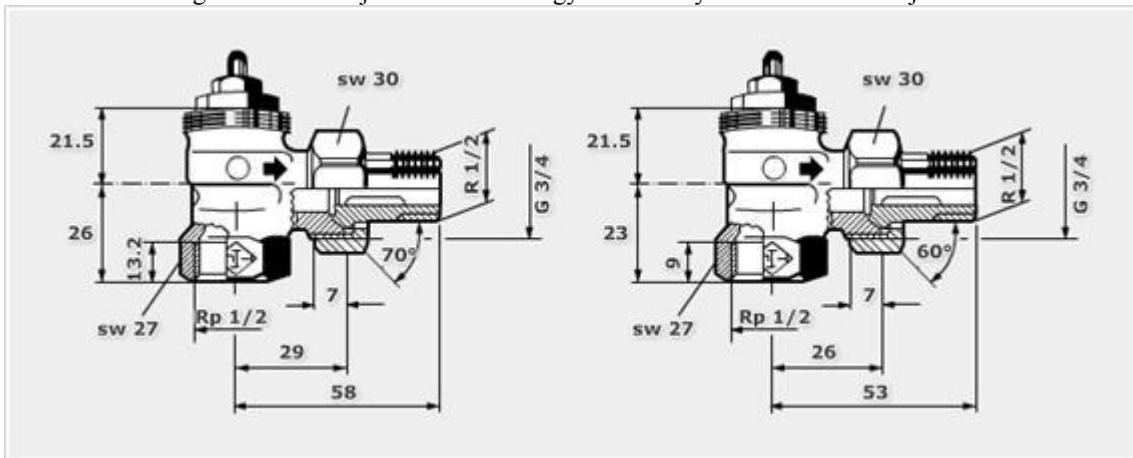
7.3.3. ábra



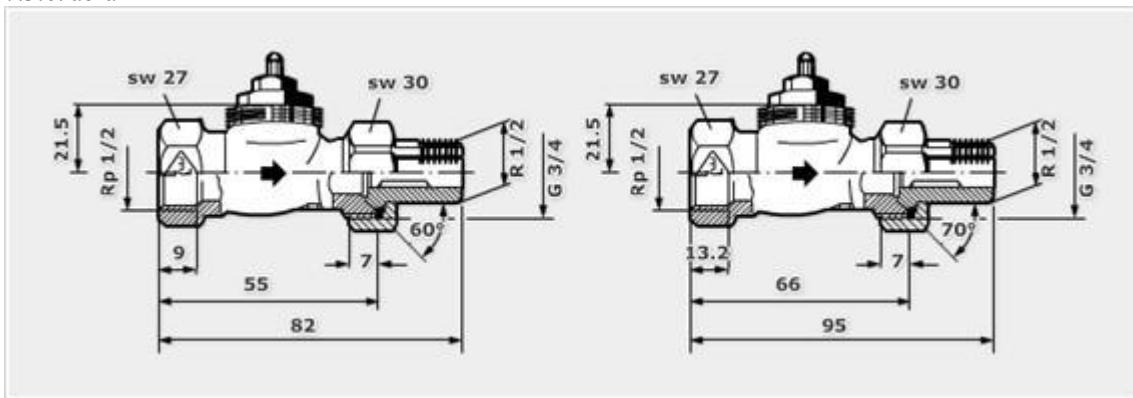
7.3.4. ábra



7.3.5. ábra



7.3.6. ábra



7.3.7. ábra

A szelepek bronzból vagy sárgarézből készülnek. A bronz alkalmazásának az előnye, hogy az ötvözöanyagok közt nem szerepel (vagy csak kis mennyiségben) a cink. Így egyszerűen nem fenyeget a cink kioldódás veszélye, és az abból adódó elridegedés. Másrészt, mivel a bronz a sárgaréznél lényegesen lágyabb fém, ezért az ebből készült szerelvényeknél ritkábban fordulnak elő szerelési feszültségből adódó ház megrepedések. A bronz jól

önthető, belőle bonyolult, áramlástechnikailag kedvezőbb belső formák is kialakíthatóak. A sárgarézből öntéssel vagy préskovácsolással készülő szelepházak belső alakját forgácsolással alakítják ki.

Amennyiben fontos a beépített szerelvény külső megjelenése, egyes gyártmányokhoz vásárolható fehér színű, utólag felpattintható műanyag burkolat.

Egy meleg vizes fűtőrendszerbe nagyon eltérő felületű radiátorok kerülhetnek beépítésre. A legnagyobb és a legkisebb hőleadású radiátor között akár 20-szoros különbség is előfordulhat, ami azonos névleges hőfoklépcsőt (pl.: 90/70 °C) feltételezve 20-szoros névleges fűtővíz tömegáramot jelent. Ilyen nagy különbséget nem lehet egy szeleptest-családdal megoldani, mert a kicsi radiátoroknál túl kicsi, míg a nagy radiátoroknál túl nagy nyomáskülönbség adódna. Ennek a kérdésnek a kezelésére az egyes gyártóknál többféle méretű és többféle ellenállású szeleptestet kínál. A normál (kétsöves fűtésbe szánt) szelepek mellett ezért kínálnak nagy ellenállású és kis ellenállású szelepeket is, ez utóbbiakat lehet használni egysöves fűtéseknel vagy gravitációs fűtésnél is.

4. Kombinált szabályozás

A helyiségek pillanatnyi hőigényét a fűtési idényben sok tényező együttes hatása határozza meg, ezek közül a legfontosabbak: belső és külső hőmérsékletek különbsége, hőszigetelés mértéke, külső és belső hőterhelések, hőforrások.

Ismert, hogy a fűtési idény nagyobbik részében (kb. a fűtési idény 80 %-ában) a szükséges hőteljesítmény a méretezési érték 50%-a alatt marad (a fűtési idény átlaghőmérséklete Magyarországon +3...+4 °C körüli). Enyhe időszakban a fűtéssel bevitt teljesítményt csökkenteni kell. A csökkentésnek két módja van:

- időjárásfüggő előremenő vízhőmérséklet szabályozás (minőségi szabályozás);
- a fűtőtestekbe beáramló tömegáram csökkentése (mennyiségi szabályozás).

Mindkét szabályozási módnak vannak hátrányai. Az időjárásfüggő előremenő vízhőmérséklet szabályozás nem tudja figyelembe venni az egyes helyiségek pillanatnyi hőterhelését, a mennyiségi szabályozás viszont állandó, magas előremenő vízhőmérséklettel, és a szükségesnél nagyobb maradó szabályozási eltéréssel üzemel. Célszerű ezért a két szabályozást együttesen alkalmazni. A központi, időjárásfüggő előremenő vízhőmérséklet-szabályozás fűtési görbékét, meredekségét kb. 5-10 °C-kal kell magasabba állítani, mint a „tiszta” hőmérsékletszabályozásnál. Ez a szükségesnél magasabb vízhőmérséklet kisebb maradó szabályozási eltérés mellett biztosítja az egyes, időszakosan alacsonyabb hőmérsékletre állított helyiségekben a gyorsabb felfűtési lehetőséget.

Központi éjszakai vagy hétvégi fűtéscsökkentésnél lehetőleg 3-4 °C-kal mérsékeljük a helyiséghőmérsékleteket, ez kb. 10-12 °C csökkentésnek felel meg a fűtési szabályozási jelleggörbére vonatkoztatva. A termosztatikus radiátorszelepek a csökkentésnek és a méretezésüknek megfelelően nyitni fognak, hidraulikusan jól beszabályozott rendszer esetében a fűtővíz-elosztás ebben az állapotban is megfelelő marad.

5. Termosztatikus radiátorszeleppel szerelt rendszerek üzemeltetése

A termosztatikus radiátorszelepek a mindenkor komfortigényeknek megfelelő helyiségenkénti hőmérsékletszabályozást tesznek lehetővé. Feltéve, hogy a rendszert helyesen alakították ki, méretezték és szabályozták be, az egyes helyiségek üzemidejének megfelelően célszerű a termosztatikus radiátorszelepeket működtetni, mert így a megfelelő komfort mellett nagyobb energia-megtakaritást lehet elérni.

A következőkben röviden összefoglaljuk egy termosztatikus szelep használati útmutatójában általában szereplő ismereteket:

- A termosztatikus radiátorszelep egy egyszerűen kezelhető hőmérsékletszabályozó, mely közvetlenül a fűtőtesthez csatlakozik, és a helyiség levegőjének hőmérsékletét szabályozza a fűtőtest hőleadásának változtatásával. A szelep érzékelője a helyiség levegőjének hőmérsékletét érzékel, és ha a beállított értéktől eltérést érzékel, csökkenti vagy növeli a radiátorba beáramló fűtővíz tömegáramát. A szabályozó helyes használatával jelentős energia megtakarítás érhető el.

- Beállítása: A termosztatikus radiátorszelep kézzel állítható, a szelep által tartható hőmérsékletek 6 és 26 °C között változtathatók. A termosztátfején lévő 3-as állás kb. 20°C-nak, a 0 állás teljesen zárt helyzetnek, a * helyzet fagyvédő állásnak felel meg. Az egyes számok közötti hőmérsékletkülönbség kb. 4 °C-nak felel meg. Állítsa be az Önnek megfelelőnek gondolt hőmérsékletet a termosztátfején, ha az így kialakuló hőmérséklet mégsem megfelelő, állítsa magasabb vagy alacsonyabb értékre. Vegye figyelembe, hogy magasabb hőmérsékletnél nagyobb a hőenergia felhasználás. Általában azt lehet mondani, hogy minden 1°C hőmérséklet-növelés a fogyasztást kb. 5-6 %-kal növeli.
- Ha a helyiséget erős napsugárzás éri, vagy valamilyen nagyobb teljesítményű elektromos berendezést üzemeltetnek, a termosztatikus radiátorszelep figyelembe veszi ennek hatását, mert a helyiség hőmérsékletének növekedésével zár a szelep. Ha ez a hőmennyiség egyenlő vagy nagyobb a helyiség pillanatnyi hőigényénél, a termosztatikus radiátorszelep a radiátorba beáramló vizet elzárja, kikapcsolja a fűtést.
- Szellőztetés: A fűtési idény alatt a helyiséget csak a nyílászáró (ablak) rövid ideig tartó nyitva tartásával kell szellőztetni. Ha hosszabb ideig tartó szellőztetésre van szükség, a termosztatikus radiátorszelepet állítsa a legalacsonyabb állásra. A termosztát ugyanis ekkor is megkíséri a beállított hőmérsékletet tartani, ezért a szelepet teljesen kinyitja, és sok fűtővízet enged be a radiátorba. Teljesen nyitott szeleppel ekkor az ablakon keresztül fűtük a külső teret. A szellőztetés befejezésekor természetesen a szelepet ismét állítsuk a kívánt helyzetbe.
- Fűtés csökkentése: Ha a helyiséget nem használja, vagy éjszaka alacsonyabb hőmérsékletre van szükség, állítsa a szelepet alacsonyabb értékre, pl. 3-ról 2-re. Ha a fűtési rendszerben központi szabályozóval előremenő vízhőmérséklet csökkentés van, a szelepet hagyhatja a nappali igénynek megfelelő értéken. Az időszakos fűtővíz-csökkentés jelentős energiamegtakarítást eredményez.
- Fagy- és nedvességvédelem: Ha egy vagy több helyiséget hosszabb ideig nem használ, a szelepet állítsa a fagyvédő állásra. A termosztát ekkor kb. 8-10 °C hőmérsékletet tart a helyiségben, és megvédi azt a fagyveszélytől, valamint a káros nedvesség-lecsapódástól.
- Karbantartás-szerviz: A termosztatikus radiátorszelep élettartama alatt általában nem igényel karbantartást. Ha valamilyen rendellenességet tapasztal az üzemeltetés során, forduljon fűtési szakemberhez.

A köztudatban elterjedt az a tévhít, hogy a helyiség hőmérsékletének időszakos csökkentése nem jelent megtakarítást, mert sokkal több energia kell az épület, a falak felfűtéséhez, mint a hőn tartásához. Ez nem igaz!

Anélkül, hogy hosszabb elvi fejtegetésbe bocsátkoznánk, számos mérési és irodalmi adat alapján kijelenthető, elvileg mindegy, hogy milyen hőtehetetlenségű és hőszigetelésű épületről van szó, az is mindegy, hogy mennyi időre és milyen hőmérsékletszintre történik a csökkentés, a hőmérséklet csökkentése minden energiamegtakarítást eredményez.

Egy rövid idejű csökkentésnek nincs kimutatható energiamegtakarítási vonzata, de ha 2-3 óránál hosszabb ideig nincs szükség a helyiségben a normál hőmérsékletre, akkor már célszerű a csökkentés.

Azoknál az épületeknél nagyobb megtakarítás érhető el, amelyeknek rossz a hőszigetelése, ezért gyorsan kihülnek. Ezzel nem azt akarjuk állítani, hogy nem érdemes a hőszigetelést elvégezni, hisz ez a nagy megtakarítás az épület „normál” hőveszteségéhez képest értendő. A jó hőszigetelésű épületnek kicsi a hővesztesége, ezért viszonylag keveset lehet már csak megtakarítani.

Célszerű a lehetséges legalacsonyabb értékre csökkenteni a helyiséghőmérsékletet, mert a megtakarítás ekkor nagyobb lesz, de több ok miatt sem lehet akármeddig lehűlni hagyni az épületet:

- Közérzeti, hőérzeti okokból. Pl. egy hálószobában 16 °C alatti hőmérséklet már alvásnál is kellemetlen lehet. Nem szabad elfelejtenünk, hogy a megtakarítást sem szabad túlzásba vinnünk, nem szabad, hogy ez a közérzet rovására menjen.
- Nem szabad olyan mértékben lecsökkenteni a helyiséghőmérsékletet, hogy az épületszerkezetek károsodásához vezessen. Gondolni kell a páralecsapódásra, és esetleg túlzott csökkentés esetén a fagyveszélyre is.

- Ha túlságosan lecsökkentjük a helyiség hőmérsékletét, akkor a normál hőmérséklet eléréséhez sok idő kell. Ha nem automatizált a normál hőmérsékletre való visszaállás (felfűtés), akkor kényelmetlen lehet pl. a hideg lakásba hazaérve 1-2 órát várni, míg újra elérjük a kívánt hőmérsékletet. Különösen igaz lehet ez, ha a fűtővíz az időjárás függvényében központilag szabályozott, mert ilyenkor esetenként csak alacsonyabb hőmérsékleten áll rendelkezésre, és ez a felfűtési időt tovább növeli.

A legtöbb gyártó azt ajánlja, hogy a csökkentéskor 16°C helyiséghőmérsékletet állítsunk be, ez alá az előbb felsorolt okokból nem célszerű csökkenteni. A termosztatikus radiátorszelepet viszont tudatosan úgy kell használni, mint a „*villanykapcsolót*”. Pl. a hálószobában napközben felesleges a 20°C hőmérsékletet tartani. Reggel a felkeléskor legyen az első mozdulat az, hogy a fűtést „*lekapcsoljuk*”, azaz a szelepet alacsonyabb hőmérsékletre állítjuk. Hasonló megfontolással számos más helyiségben is a használaton kívüli időszakban érdemes a hőmérsékletet csökkenteni. Ez fajta szemlélet esetenként 20-30 % energiamegtakarítást jelenthet.

6. Szabályozástechnikai alpfogalmak

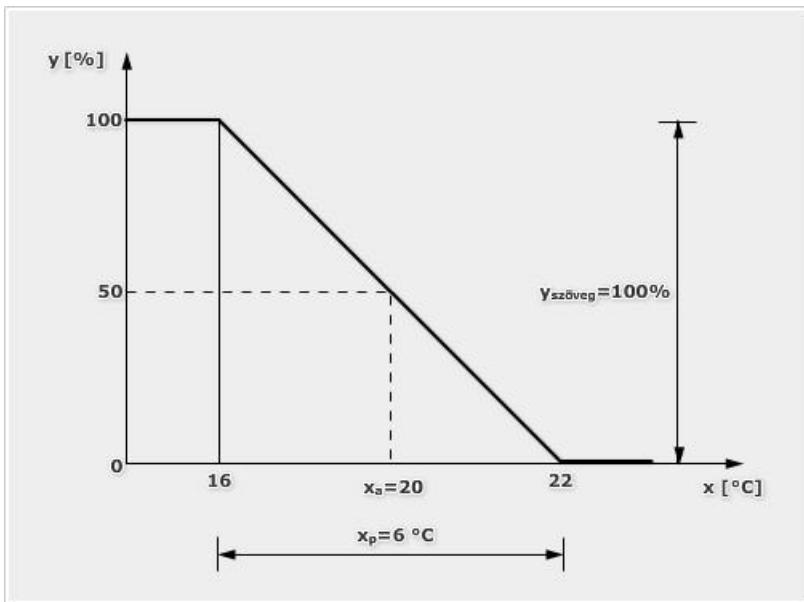
A termosztatikus radiátorszelep segédenergia nélküli, arányos (P) helyiséghőmérséklet szabályozó. A termosztatikus radiátorszelep a helyiség hőmérsékletét, a szabályozott jellemző pillanatnyi értékét hasonlítja össze a termosztátfej beállított értékével, a kívánt alapértékkel. Ennek az összehasonlításnak az eredménye a szabályozási eltérés, mely termosztatikus radiátorszelep esetében közvetlenül a beavatkozó jellemzőt adja. A helyiséghőmérséklet, azaz a szabályozott jellemző változása a folyadék térfogatának, és egy csőmembránnak az arányos változását illetve elmozdulását hozza létre.

Az alapérték-állító rugó feszítésével, vagyis a termosztátfej elfordításával mechanikus úton állítható be az alapérték, azaz a helyiség kívánt hőmérséklete. Ha a helyiség hőmérséklete a beállított alapérték fölött emelkedik, a szabályozó zárni kezd, fojtja a radiátorba beáramló fűtővíz tömegáramát, és ennek eredményeként csökken a helyiség hőmérséklete. Ezzel egy zárt hatáslánc alakul ki, amit szabályozási körnek nevezünk. Ez a szabályozási kör a termosztatikus radiátorszelep hőmérsékletérzékelőjétől kiindulva a szelep elmozdulásán, a fűtővíz tömegáramának változásán, a fűtőtesten, a helyiség levegőjén keresztül a hőmérsékletérzékelőig tart.

7. Arányos szabályozók

A termosztatikus radiátorszelep segédenergia nélküli arányos szabályozó. Arányos szabályozó esetében a kimenő jellemző változása arányos a bemenő jellemző változásával, azaz a szabályozott jellemző (helyiség hőmérsékletének) változása arányos a beavatkozó jellemző (szelep elmozdulásának) változásával.

Ezt az összefüggést egy példán keresztül mutatja az 7.7.1. ábra. Arányos hőmérsékletszabályozó esetében a vízszintes tengelyre az érzékelő hőmérsékletét (az x szabályozott jellemzőt), a függőleges tengelyre a szelep fojtóelemének helyzetét (az y beavatkozó jellemzőt) rajzoljuk fel. A példa szerint az érzékelőn 6°C hőmérsékletváltozásnak kell bekövetkezni, hogy a szelep fojtóeleme a zárt helyzetből a teljesen nyitott helyzetbe mozduljon el. Ezt a hőmérsékletváltozást, szabályozott jellemző változást, az arányos szabályozó arányossági sávjának nevezzük, és XP-vel jelöljük. Az ábra szerinti példában a szabályozó arányossági sávja (P-sávja) $\text{XP} = 6^{\circ}\text{C}$.



7.7.1. ábra

Az arányos szabályozó tulajdonságából következik, hogy az arányos szabályozó nem a beállított értéket tartja, hanem az arányossági sávon belül – a berendezés terhelésétől függően – bárhol nyugalomba kerülhet. Az alapérték és az arányos szabályozó által beállított érték közötti különbséget maradó szabályozási eltérésnek, vagy röviden arányos eltérésnek nevezünk.

A szabályozás pontossága szempontjából az lenne a célszerű, ha a szabályozó arányossági sávja minél kisebb lenne. Ennek ellentmond azonban az a szabályozástechnikai követelmény, hogy a szabályozó berendezést úgy kell mértezni, úgy kell illeszteni a szabályozott szakaszhoz, hogy a szabályozási kör stabilan, lengés nélkül üzemeljen. Figyelembe véve a szabályozott szakasz tulajdonságait (időállandóját, holtidejét), a termosztatikus radiátorszelepeket, mint arányos szabályozókat, kb. 2 °C arányossági sávra kell mértezni. Az egyes helyiségek időállandója, holtideje különböző, függ a helyiség határoló szerkezetétől, nyílászáróinak méretétől, típusától, egyéb tényezőktől, ezért az optimális arányossági sáv helyiségenként eltérő, azonban nagy átlagban a 2 °C megfelelő tervezési érték.

A különböző cégek által gyártott termosztátfejek 1 °C hőmérsékletváltozás hatására 0,15-0,25 mm fojtóelem-elmozdulást hoznak létre, azaz az arányossági vagy átviteli tényezőjük $KR = 0,15-0,25 \text{ mm}/\text{°C}$. 2 °C arányossági sávot figyelembe véve a fojtóelem teljes elmozdulása 0,3-0,5 mm lenne. Gyártási okok miatt a termosztatikus radiátorszelepek fojtóelemének teljes elmozdulás kb. 1-2 mm, ami általában 6-8 °C arányossági sávnak felel meg. Ebből a teljes elmozdulási lehetőségből a kb. 2 °C hőmérsékletváltozáshoz tartozó szelepelmozdulást kell a fűtőberendezés mértezésekor felhasználni, azaz úgy kell a szelepet mértezni, hogy a szelep zárt helyzetéből kiindulva 2 °C hőmérsékletcsökkenéshez tartozó szelepnyitás mellett a radiátorba a mértezési fűtővíz mennyiség beáramoljon. A különböző hőmérséklet-változásokhoz, arányos eltérésekhez (P-eltérésekhez) tartozó szelepállások mellett a gyártó cégek megadják a szelep átbocsátóképességét, pl. P-eltérés: 1 °C, 2 °C, 3 °C stb. A 2 °C hőmérséklet-különbséghez tartozó értéket, mely a kívánatos 2 °C arányossági sávnak felel meg, kiemelten adják meg, és normál értéknek nevezik (az átbocsátóképességet – vagy átfolyási tényezőt – a k_v -értékkal jellemzik m^3/h -ban kifejezve, lásd a 7.8. pontban).

Milyen következményekkel jár az, hogy egy hőmérsékletszabályozóval van dolgunk?

Sokszor azt a kijelentést lehet tervezőktől hallani, hogy a termosztatikus szelepekkel felszerelt rendszert nem kell beszabályozni, mert a szelepek automatikus működésük és "tudják a dolgukat". Nem elegendő az, hogy amennyiben túl meleg van, zár a szelep, és ezzel csökkenti a bevitt energiát, amikor pedig túl alacsony a helyiséghőmérséklet, nyit a szelep, így növelve a fűtőtest teljesítményét? A tervezők fejében is keveredik néha a szabályozás és beszabályozás fogalma.

Mi történik, ha nincs beszabályozva a termosztatikus szeleppel felszerelt fűtési rendszer?

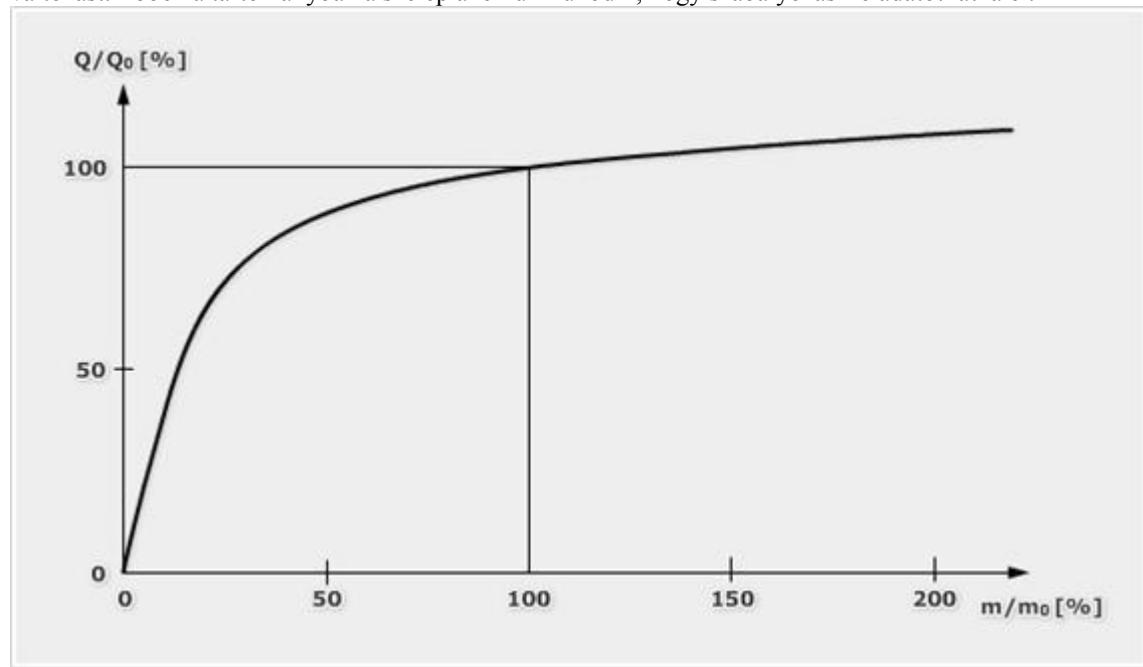
Kiterjedt fűtési rendszer esetében az egyes radiátoroknál rendelkezésre álló nyomáskülönbség erősen eltérő lehet. Ennek az a következménye, hogy ugyannál a belső hőmérsékletnél, tehát ugyanannál a szelepállásnál, más

az egyes szelepeken átáramló fűtővíz mennyisége, ezért más a fűtőtestek teljesítménye. Ennek következtében az egyes fűtőtesteknél más-más egyensúlyi helyzet alakul ki, a szelepek eltérő arányossági sávval működnek. Az előzőek értelmében a túl kicsi arányossági sáv lengésekhez vezethet, a túl nagy arányossági sáv pedig közérzeti problémákkal jár. A rendszer helyes működéséhez mindenkorban be kell szabályozni a rendszert, vagyis fojtásokkal minden fűtőtestnél biztosítani, hogy pontosan akkora nyomáskülönbség álljon rendelkezésre, mint amennyi a 2 °C arányossági sáv melletti működéshez szükséges.

8. Szabályozó szelepek

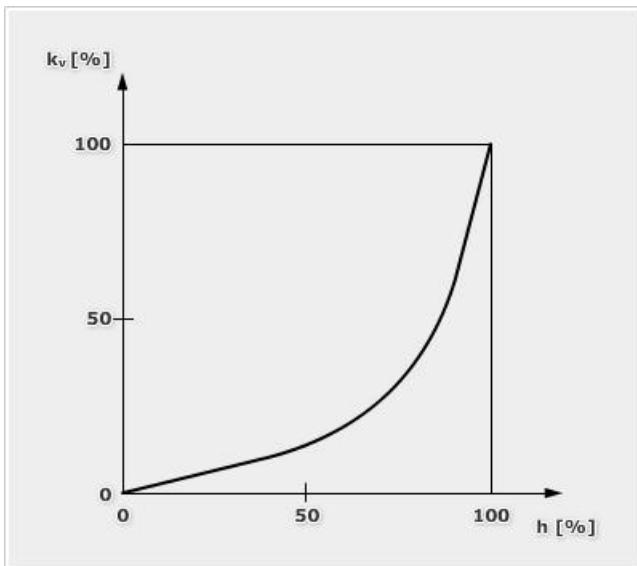
A szabályozó szelepek, mint beavatkozó tagok, a szabályozási kör részét képezik, összekötő tagot képeznek a szabályozó berendezés, valamint a szabályozott szakasz között. Feladatauk a szabályozott szakaszhöz vezetendő fűtővíz tömegáram változtatása.

A szabályozásnál döntő szerepe van a beavatkozó tag, azaz a szabályozó szelep átviteli viszonyának. Ezt a viszonyt a szelep jelleggörbék jellemzik. A cél mindenkorban az, hogy a szabályozott jellemző és a beavatkozó jellemző között lineáris kapcsolat legyen, más szóval minden szelephelyzetben azonos szelepelmozduláshoz tartozónan azonos hőmérsékletváltozás következzen be a helyiségben. Mivel a vízfűtésű hőleadóknál, radiátoroknál a fűtővíz tömegáramának változása következtében a hőleadás nem lineárisan változik (7.8.1. ábra), ezért a szabályozó szelep jelleggörbékkel kell úgy megválasztani, hogy a radiátor jelleggörbékét kompenzálna. Ha ez a kompenzáció nem jön létre, a szelep zárása közelében kis vízmennyiség-változás hatására a radiátor hőleadása jelentősen változik, a szelep és a szabályozás kétállásúvá válik, azaz folyamatosan nyit-zár, míg a szelep nyitott állása közelében kis vízmennyiség-változás gyakorlatilag nem hoz létre hőteljesítmény-változást. Ebben a tartományban a szelep anélkül működik, hogy szabályozási feladatot látna el.



7.8.1. ábra

Figyelembe véve a fűtőtest, mint hőcserélő ábra szerinti jelleggörbékét és a szükséges kompenzálo hatást, az úgynyevezett egyenlőszázalékos jelleggörbékű szabályozó szelep az ideális. A szabályozó szelepeken a térfogatáram változását a szelep fojtóeleme helyzetének függvényében az alap átfolyási jelleggörbe adja meg. Egy ilyen egyenlőszázalékos jelleggörbékű szelep átfolyási jelleggörbékét mutatja a 7.8.2. ábra.



7.8.2. ábra

A szelepek névleges átmérője gyakran megegyezik a csővezeték méretével, azonban az átbocsátóképességet nem a csatlakozó mérete, hanem a belső elemek kialakítása határozza meg. A gyártó cégek gyakran azonos csatlakozó méret mellett különböző átbocsátóképességű (KVS-értékű) szelepeket gyártanak. Gyakran előfordul, hogy pl. NÁ 10 méretben 4-5, NÁ15 méretben 6-10 különböző átbocsátóképességű termosztatikus szelep közül lehet választani. Ez a választék teszi lehetővé, hogy az adott rendszerhez jól illesztett átbocsátóképességű szelep kerüljön be a melegvíz-fűtési rendszerbe.

9. Szabályozó szelepek KV-értéke

Szabályozó szelepek átbocsátóképességének megadására a KV-, illetve a KVS-értéket használják, amit átfolyási tényezőnek is neveznek.

A KV-érték alatt a h szelepállás mellett átáramló, 1000 kg/m^3 sűrűségű folyadék (víz) térfogatáramát értjük m^3/h -ban, ha a szelep két oldalán a nyomáskülönbség 105 N/m^2 (1bar). Egy adott gyártási szériára vonatkozóan és teljesen nyitott szelepállás esetén az értéket KVS-sel jelöljük.

A gyártmányismertetőkben tehát a szabályozószelepek átbocsátóképességét KVS-értékkel adják meg. Amennyiben a szabályozószelep két oldalán a nyomáskülönbség nem 1 bar, a szelepen átáramló fűtővíz térfogatárama az alábbi összefüggéssel számítható ki.

$$\dot{V} = k_{VS} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{\Delta p_0}} \quad [\text{m}^3 / \text{h}]$$

ahol $Dp_0 = 1$ bar. Ha ismerjük a szelepen átáramló fűtővíz térfogatáramát és a szelepen megengedett nyomáskülönbséget, a választandó szelep átbocsátóképessége az alábbi összefüggéssel határozható meg.

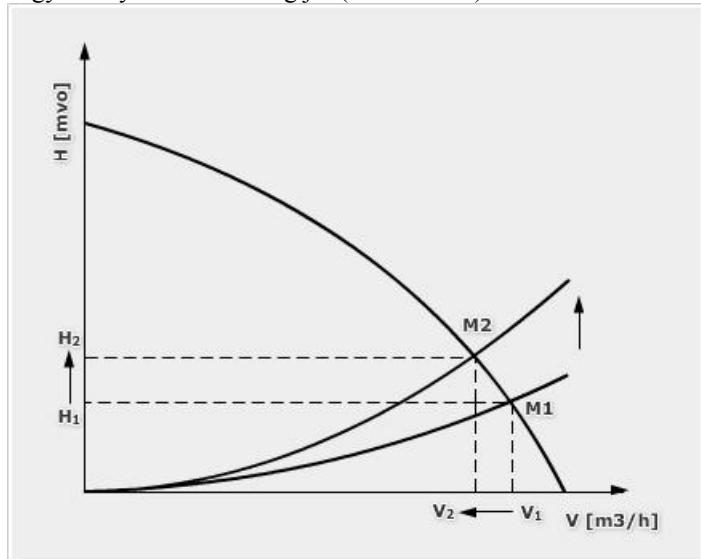
$$k_{VS} = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p}} \quad [\text{m}^3 / \text{h}]$$

A termosztatikus radiátorszelepeket, mint már korábban leírtuk, kb. 2°C arányossági sávra kell kiválasztani, ezért a gyártó cégek katalógusaikban pl. 1°C , 2°C , 3C stb. értékekre is megadják a szelep átbocsátóképességét. Az ezekhez a szelepállásokhoz tartozó értékeket gyakran KV1, KV2stb. értékkal jelölik. Előfordul, hogy a javasolt méretezési állapothoz, a 2°C arányossági sávhoz tartozó átbocsátóképességet "normál" állapotnak nevezik, és KV1-nel jelölik.

10. Szelepjelleggörbék

Az előző fejezetben említettük a szelepek ideális és gyártott jelleggörbéit. A 7.8.2. ábra egy egyenlőszázalékos szabályozó szelep alap átfolyási jelleggörbékét mutatja. Az ábra függőleges tengelyén a kV-értéket ábrázoltuk, ami azt jelenti, hogy különböző szelepállások mellett, de állandó nyomáskülönbség esetén mennyi a szelepen átáramló folyadémennyiség (fűtővíz térfogatáram).

Kétcsoves melegvíz-fűtési rendszerben, ahol a termosztatikus radiátorszelepek egymáshoz képest párhuzamosan vannak kapcsolva, bármely szelep fojtása kihat az összes többi szelepre. Ha egy vagy több szelepen bármilyen ok miatt fojtás következik be, a keringtető szivattyú kevesebb vízmennyiséget fog szállítani, a szivattyú munkapontja eltolódik az M1 pontból az M2 pontba, emelőmagassága megnő, azaz a szabályozó szelepekre nagyobb nyomáskülönbség jut (7.10.1. ábra).



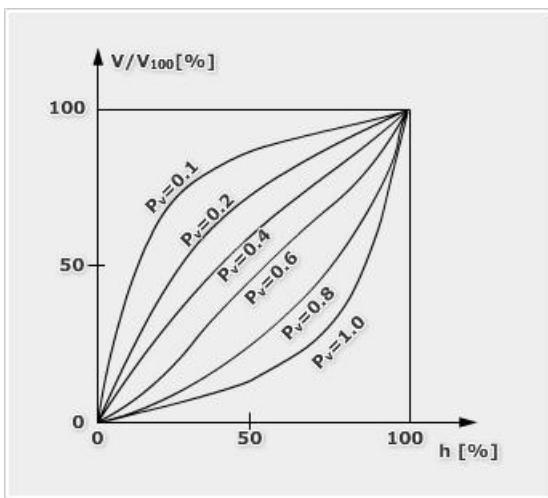
7.10.1. ábra

Ennek következtében a szabályozó szelepekre jutó nyomáskülönbség egy termosztatikus radiátorszelepekkel szerelt melegvíz-fűtésnél nem állandó, és a nyomáskülönbség változásának függvényében megváltozik a szabályozó szelep jelleggörbéje is. Az így kialakuló jelleggörbéket üzemi jelleggörbéknek nevezünk. A jelleggörbék változása a nyomáskülönbség változásától függ. A változás mértékét a rendszer nyomásviszonyai határozzák meg, és a változás mértékét a szeleptényezővel (szokták szelepautoritásnak is nevezni) jellemezhetjük.

Szeleptényezőnek a szelep nyitott helyzetében és a szelep zárt helyzetében a szelepre jutó nyomáskülönbségek hánnyadosát nevezük és PV-vel jelöljük (szokás az autoritás szó használata és az „a” jelölés is).

$$P_V = \frac{\Delta p_{100}}{\Delta p_0}$$

Termosztatikus radiátorszelepek beépítése esetén a kétcsoves melegvíz-fűtési rendszer nyomásviszonyait úgy kell megválasztani, hogy a szeleptényező 0,3 és 0,7 között legyen. Ha a szeleptényező 0,3-nál kisebb, a szelep jelleggörbe oly mértékben torzul, hogy a szelep nem kompenzázza a radiátor jelleggörbékét, és a szabályozás, különösen a szelep zárási helyzete közelében, kétállású nyit-zár szabályozássá válik. Ha a szeleptényező 0,7-nél nagyobb, igen nagy lesz az egymás közelében lévő szabályozó szelepek egymásra hatása.



7.10.2. ábra

11. Változó tömegáramú kétcsöves rendszer

A hagyományos meleg víz üzemű fűtőberendezéseknél, ahol a radiátorszelepek kézi működtetésűek, állandó tömegáramú rendszerről beszélhetünk. Ezeknél a rendszerekben a tervező a radiátorok hőteljesítménye és a melegvíz-fűtésű rendszer névleges hőmérsékletkülönbsége alapján kiszámolja a szükséges tömegáramokat, majd a nyomásviszonyok alapján megadja a radiátorszelepek és a strangszabályozó szelepek beállítási értékeit (beszabályozási tervet készít). A kivitelezésnél ezeket az értékeket kell beállítani a hidraulikai beszabályozás során, s a fűtési rendszer egyes csővezetékeiben, áramköreben a beállított fűtővíz tömegáramot fogja keringtetni a keringtető szivattyú. Többnyire elmondható, hogy a rendszerben található szelepek csupán a hidraulikai beszabályozásra szolgálnak, esetleg az egyes radiátorok kiiktatására használják őket.

A termosztatikus szeleppel felszerelt rendszerek hidraulikai méretezésénél azonban az eddig tervezési szokásainkat át kell értékelnünk! Ezeknek a rendszereknek a méretezése nem ugyanazon a módon történik, mint a hagyományos kézi szelepekkel felszerelt rendszereké. A termosztatikus szelepekkel felszerelt rendszer nem állandó tömegáramú rendszer, mert a nyomásviszonyok állandóan változnak, könnyen előfordulhat, hogy a szelepek egy része fojt, vagy akár teljesen elzár. A tapasztalatok azt mutatják, hogy még azoknál a társasházaknál is, ahol tíznél kevesebb lakás található, számítani kell arra, hogy egy időben akár valamennyi szelep zárva lehet. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a változó nyomáskülönbségek miatt meg kell tenni a megfelelő intézkedéseket.

Két szempontot kell feltétlenül figyelembe venni:

- A termosztatikus szelepekre jutó nyomáskülönbség semmi esetre sem haladhatja meg a 20-30 kPa értéket, mert zajossá válhatnak.
- A termosztatikus szelepek elegendően nagy szeleptényezővel rendelkezzenek, ennek értéke minimum $P_v = 0,3$ kell legyen.

Az első szempont következménye az, hogy azokat a rendszereket, amelyeknél számítani kell arra, hogy egy időben valamennyi szelep elzárhat, olyan szivattyúval kell felszerelni, amelynek üresjárási nyomása sem haladja meg a 20-30 kPa értéket. Célszerűen ezeknél az alkalmazásoknál frekvenciaváltós, folyamatos fordulatszám szabályozású szivattyút kell beépíteni. Ha nem lehet elkerülni egy meredekebb jelleggörbékű, illetve nagyobb emelőmagasságú szivattyú alkalmazását, akkor túláramszelep vagy nyomáskülönbség szabályozó beépítésére feltétlenül szükség lehet – lásd a 7.13. pontban. (Egyedi fűtésnél külön gondot jelent, ha a kisvízterű (fali) kazánoknál a működés feltétele egy minimális vízmennyiség, illetve a készülékre köthető rendszer ellenállása nem lehet bármekkora.)

A második szempont teljesítése a gyakorlatban jobban szabályozható rendszert eredményez. A tervezésnél ennek a feltételnek a kielégítésével a termosztatikus szelep üzem közbeni kedvezőbb viselkedését lehet biztosítani.

12. Változó tömegáramú rendszerek hidraulikai méretezése

A fűtési rendszer méretezésénél az alábbi tervezési lépésekkel kell végrehajtani:

1. **Hőszükséglet-számítás** az MSZ-04-140-3-1987 szabvány előírásai szerint.
2. A méretezési **hőfoklépcső megválasztása**. Az épületek fokozott hőszigetelésének következtében a helyiségek hővesztesége lecsökkent, ezért a korábban általánosan elterjedt 90/70 °C hőfoklépcső helyett ma a korszerű alacsonyhőmérsékletű fűtési rendszereknél inkább a 70/50 °C, vagy kondenzációs kazánnal akár az 55/45 °C hőfoklépcső a használatosabb.
3. **Radiátorok kiválasztása**.
4. **Csőhálózat kialakításának megtervezése**, alaprajzok és függőleges csőterv készítése.
5. **Szakaszok alapadatainak meghatározása**. A hálózatot szakaszokra kell bontani úgy, hogy egy-egy szakaszon belül ne változzon sem az ellátott fogyasztók köre, sem a vezeték tulajdonsága.
6. Az egyes szakaszok **fűtővíz tömegáramának meghatározása** a fogyasztók teljesítménye alapján.
7. **Vezeték átmérójének megválasztása** előmérétezéssel. A szokásos szivattyús melegvíz-fűtéseknel az átmérő megválasztásakor 50 - 300 Pa/m fajlagos súrlódási ellenállást célszerű figyelembe venni.
8. Egyes vezetékszakaszok **áramlásiellenállásának számítása**. A beszabályozásra szolgáló szelepek ellenállását ilyenkor is figyelembe kell venni nyitott helyzetükben jellemző értékkel.
9. Az egyes **áramkörök összellenállásának meghatározása**, a mértékadó (legnagyobb ellenállású) áramkör megkeresése.
10. **Termosztatikus szelepek ellenőrzése**, az előzetesen megválasztott szelepekre teljesül-e a $P_v = 0,3 - 0,7$ szeleptényező a 2 °C arányossági sáv figyelembenél. Szükség esetén módosítani kell a szelep tulajdonságait vagy az üzemviszonyait és a feladatot a 6. ponttól újra kell kezdeni.
11. **Beszabályozási értékek meghatározása**. A mértékadó áramkörben nincs szükség fojtásra, ezért a szelepet a nyitott helyzetében érvényes ellenállásával kell figyelembe venni. A többi áramkörben a szükséges fojtást, és az ahhoz tartozó szelepállást kell meghatározni.
12. **Számítás ellenőrzése**. Ellenőrizni kell, hogy a mértékadó áramkör ellenállása megfelelő-e. Ha szükséges, akkor csőátmérő-, esetleg szelepváltoztatással korrigálunk. Ellenőrizni kell, hogy az egyes áramkörök ellenállásában nincsenek-e aránytalanságok. A túlságosan nagy, vagy túl kicsi ellenállású köröknél változtatni kell a csőméretekben. Ellenőrizni kell, hogy a hidraulikai beszabályozásra szolgáló szelepeken beállíthatóak-e egyáltalán a számított fojtások – kis tömegáramoknál előfordulhat, hogy a szelephez megadott legkisebb beállítás mellett sincs a szelepnek elegendően nagy ellenállása. A mértékadó áramkör kivételével valamennyi áramkörben célszerű megpróbálni, hogy lehetséges-e a csőátmérő csökkentésével a szükséges fojtást csökkenteni. Ezt az átmérő csökkentést csak olyan mértékben szabad megtenni, hogy az aktuális kör ellenállása ne haladja meg a mértékadó áramkör ellenállását. Valamennyi beavatkozás után a számítást újra kell kezdeni a 6. ponttól.
- Termosztatikus szelepekkel felszerelt fűtési rendszereknél is gondoskodni kell a beszabályozás lehetőségéről. Ez többféleképpen történhet:
13. Kis kiterjedésű rendszereknél előfordulhat, hogy beszabályozásra szolgáló szerelvények nélkül is készíthető jó, termosztatikus szelepekkel felszerelt rendszer. Amennyiben valamennyi fűtőtestnél 1 és 3 °C arányossági sávba esik valamennyi szelep, úgy a rendszer beszabályozás nélkül is elfogadható. A tervezés során ilyenkor a szelepkészletből az oda illő szelep megválasztása a feladat.
14. Az ún. „előbeállítás nélküli” termosztatikus szelepeknél, ahol nincs lehetőség a szelepen belül a fojtás változtatására, többnyire a visszatérő vezetékbe épített szeleppel, visszatérő csavarzáttal (radiátorcsavarzáttal) történik a beszabályozás. Ennek a szelepnak a beszabályozás mellett több funkciója is lehet, szolgálhat zárársa is, és ezen keresztül megoldható a radiátor türítése-feltöltése is.

15. Egyes gyártók úgynevezett „előbeállításos” termosztatikus szelepeket is gyártanak, amelyek lényegében kettős beállításúak. A hőtechnikai szabályozási funkciót ellátó szeleptest mellett található egy másik, hidraulikai beszabályozásra szolgáló elem is. Erre példa a DANFOSS RA-N szelepsorozatnál a ferdén felmetszett hengerpalást, vagy a HEIMEIER V-Exakt szelepek hengerpalástján elhelyezett furatok, az OVENTROP AV6 szelepsorozatán található különböző szélességű hornyok stb. Ekkor a beszabályozási feladatot ezeknek az elemeknek az elforgatásával lehet elvégezni.

16. A beszabályozás megoldható cserélhető K_{vs} -betétekkel is. Ekkor a tervező feladata olyan ellenállású szelepbetétet választani, amely mellett a szelep 2°C arányossági sávú működése biztosítható.

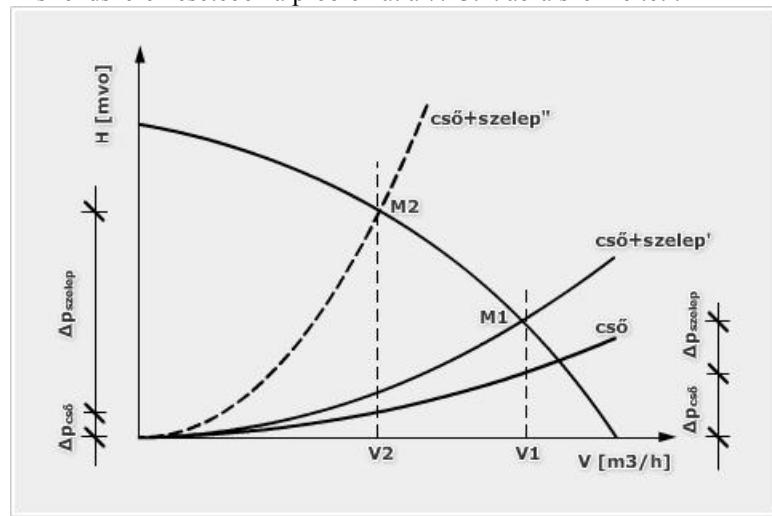
A felsorolt megoldások közül az 1. nem alkalmazható kiterjedtebb rendszereknél. A 4. megoldás szabályozástechnikailag a legjobb, de a kivitelezése a sok eltérő betét miatt nehézkessé teszi, ezért ritkán alkalmazzák. A 3. megoldást elsősorban olyan esetekben célszerű alkalmazni, amikor nincs beépítve visszatérő csavarzat. A korszerű fűtési rendszereknél többnyire az is elvárt, hogy fűtőtestekként lehessen a rendszert szakaszolni, üríteni, ezért a legcélsoberűbb a 2. megoldás alkalmazása. A visszatérő csavarzat alkalmazásának további előnye az is, hogy egyúttal a cső és a fűtőtest közötti oldható kapcsolódást is megoldja.

A rendszer beszabályozási tervének készítésekor ügyelni kell arra, hogy a beszabályozásra szolgáló fojtóelem ellenállása a kör ellenállását és nem a szabályozószelep ellenállását növeli. A túl nagy fojtás eredménye ennek következtében a kisebb szeleptényező. Ez a korábban említett okok miatt kisebb arányossági sáv kialakulását eredményezheti.

13. Nyomásviszonyok

Hogyan kell kezelni azt a problémát, hogy a termosztatikus szelepek automatikus zárása miatt a fűtési rendszer nem állandó, hanem változó tömegáramú rendszerként üzemel?

Kis rendszerek esetében a problémát a 7.13.1. ábra szemlélteti.



7.13.1. ábra

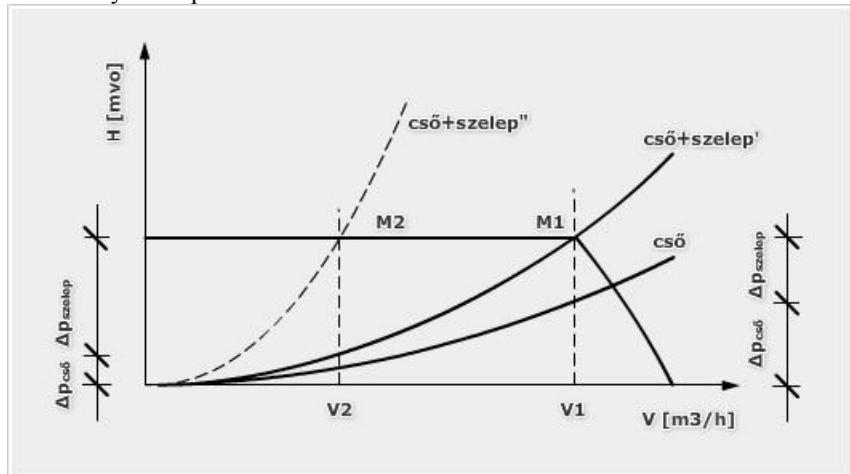
Az ábrán külön ábrázoltuk a csőrendszer ellenállását és külön a vezetékrendszer és radiátorszelep együttes ellenállását. Ez utóbbi metszéspontja a szivattyú jelleggörbéjével adja a méretezési állapotbeli munkapontot (M1).

Ha több termosztatikus szelep zár, akkor a rendszerben áramló víz mennyisége jelentősen lecsökkenhet. Ha ekkor az M2 munkapont alakul ki, akkor az ábrán látható, hogy a lecsökkenő vízmennyiség következtében a vezetékrendszer ellenállása is csökken. A szivattyú emelőmagassága ennél a térfogatáramnál nagyobb, tehát a termosztatikus szelepekre nagyobb nyomáskülönbség jut. Ez a nyomáskülönbség a méretezési állapotbeliak ákár többszöröse is lehet.

A megnövekedett nyomáskülönbség következtében a még működő szelepeken megnövekszik az átáramló vízmennyiség. Ennek a hőteljesítmény növekedése a következménye, tehát a jelenség „továbbgyűrűzik”, ettől ezek szelepek is zárnak majd, ami a szelepekre jutó nyomáskülönbség további növekedésével jár.

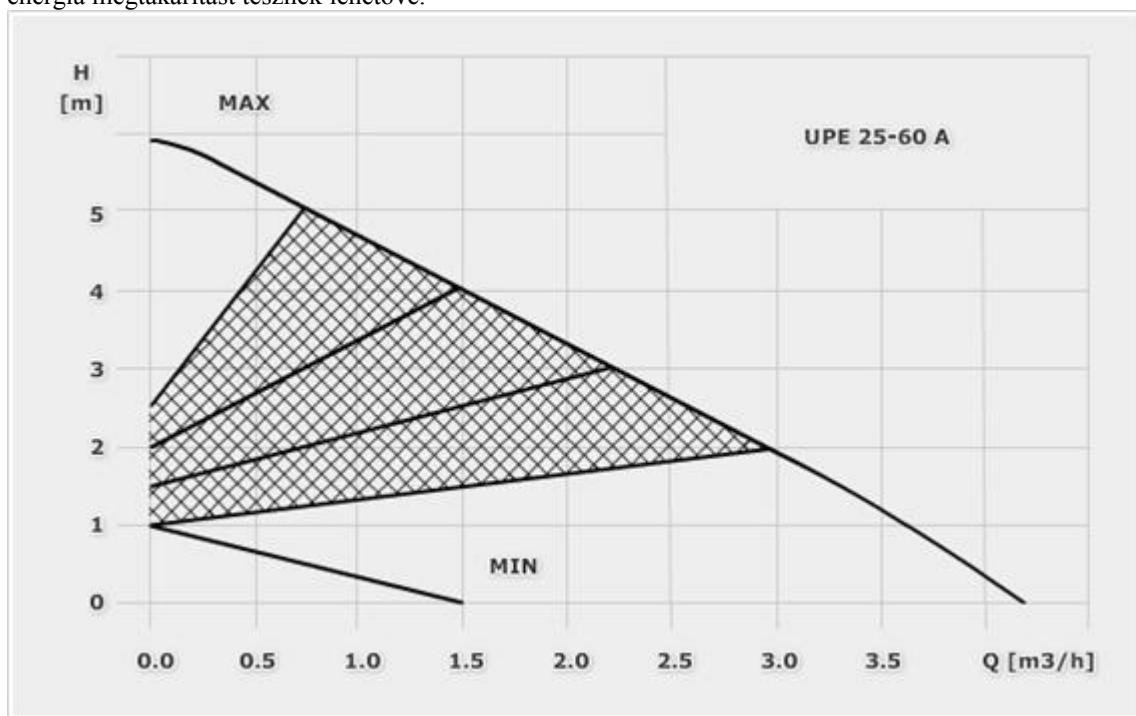
E jelenség mellett sokkal nagyobb gondot jelent az, hogy a szelepekre jutó nyomáskülönbség meredek jelleggörbékű szivattyúknál a zajhatár fölé növekedhet.

A probléma célszerűen fordulatszám szabályozású szivattyú alkalmazásával kerülhető el. Az ilyen elektronikus szabályozású szivattyúk belső érzékelője biztosítja, hogy széles vízmennyiség tartományban konstans szállítómagasság álljon rendelkezésre (dp-c üzemmód –állandó nyomáskülönbség). A 7.13.2. ábra jól szemlélteti, hogy ekkor is megnövekszik a szelepre jutó nyomáskülönbség, de ha jól választottuk meg a szivattyú emelőmagasságát, akkor ez nem érheti el a zajhatárt még abban az esetben sem, ha történetesen valamennyi szelep elzár és a csővezeték ellenállása nullára csökken.



7.13.2. ábra

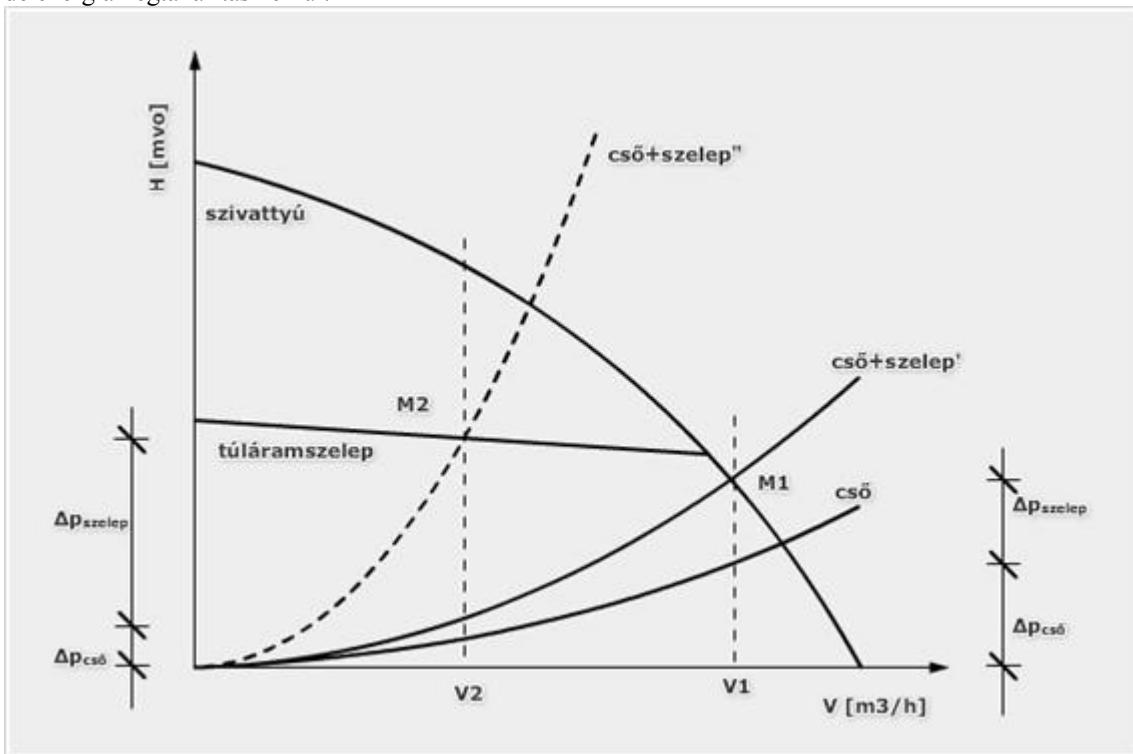
Újabban az elektronikus szabályozású szivattyúnknál lehetőség van az arányos szabályozás választására (dp-v üzemmód, változó nyomáskülönbség), ilyenkor a szivattyúk szállítómagassága csökken a vízmennyiség csökkenésével. Ez még kisebb szelepekre jutó nyomásnövekedést eredményez, mert megfelelő beállításnál a szivattyú jelleggörbje közel párhuzamosan halad a csővezeték jelleggörbéjével. A folyamatos fordulatszám szabályozású szivattyúk – főleg dp-v üzemmódban – nagyon jelentős, sokszor 50%-ot meghaladó keringetési energia megtakarítást tesznek lehetővé.



7.13.3. ábra

Kis fűtési rendszerekben elterjedtebb az előzőnél olcsóbb, de üzemeltetési költségeit tekintve kedvezőtlenebb megoldás, a túláramszelép alkalmazása. Ilyenkor állandó fordulatszámú keringtető szivattyú alkalmazható, amelynél vagy a szivattyú nyomó és szívó oldala közé, vagy a hőtermelő előremenő és visszatérő vezetéke közé építenek be túláramszelépet (sok falikazán eleve tartalmazza).

A rugóterhelésű szelep a beállított nyomáskülönbségnél kinyit, a szivattyút rövidre zárva megakadályozza a vízmennyiségi lecsökkenését és ezzel a szivattyú emelőmagasságának megnövekedését. A 7.13.4. ábrán látható, hogy a rendszer szempontjából hasonló a hatása, mint az állandó nyomáskülönbséget biztosító szivattyúnál volt, de energiamegtakarítás nélkül.

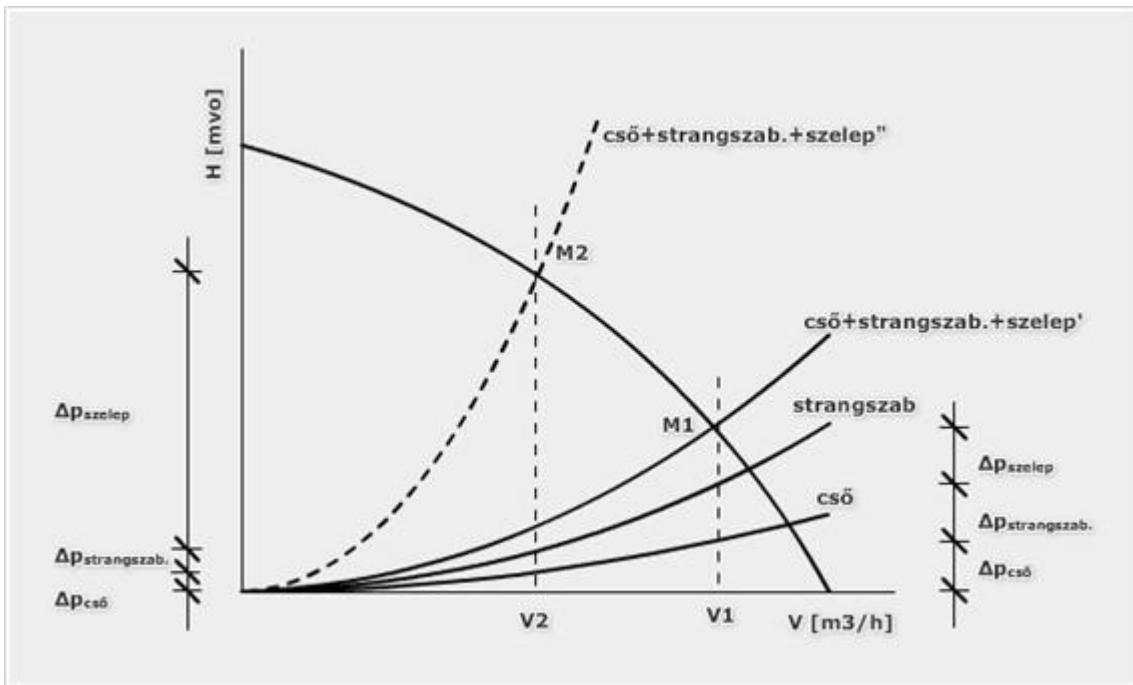


7.13.4. ábra

Nagyobb rendszereknél a korlátozott átbocsátó képessége, és a kedvezőtlen energetikai viszonyok miatt a túláramszelépet ritkán alkalmazzák. Ezeknél a rendszereknél egyértelműen az elektronikus szabályozású szivattyúk alkalmazása jellemző.

Azoknál a nagyobb melegvíz-fűtésű rendszereknél, ahol a keringtető szivattyú névleges munkapontjában a nyomáskülönbség nagyobb 0,2 barnál, pl. 0,5-0,8 bar, a központi nyomáskülönbség szabályozás mellett további szabályozásrelevek beépítése is szükségessé válhat a melegvíz-fűtésű rendszer egyes helyein, pl. többszintes épületek esetén a felszállók alján beépített segédenergia nélküli nyomáskülönbség szabályozával.

Kiterjedtebb rendszer beszabályozása nem történhet csak a radiátoroknál levő szelepek segítségével, mert sok esetben túl nagy fojtást kellene beállítani. Egyébként is célszerű nem sok radiátorszelepen beállítani a fojtást, hanem a rendszert szakaszokra bontva, a közös részt egy helyen fojtani. Ilyenkor általában kézi beállítású strangszabályozót alkalmaznak. Termosztatikus szelepekkel felszerelt rendszereknél a strangszabályozó szelepek ellenállása részterheléseknel ugyancsak lecsökken. Sajnos ez éppen akkor történik, amikor a strangszabályozó ellenállásának növekedésére lenne szükség, hogy a termosztatikus szelepekre jutó nyomás kevésbé változzon. A problémát a 7.13.5. ábra szemlélteti.

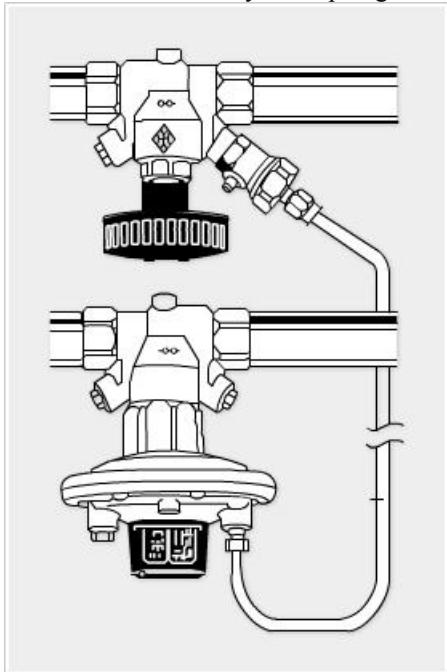


7.13.5. ábra

Ezknél a rendszerekben sok esetben nem segít a fordulatszám szabályozású szivattyú alkalmazása, mert a rendszer alapvezetékének túl nagy az ellenállása, és ezért a vízmennyiség lecsökkenésével ez a nyomáskülönbség is a szelepeket terheli.

Megoldást ilyenkor a nyomáskülönbség szabályozó szelep alkalmazása jelent, mert ezt a strang alján, tehát az érintett radiátoros hálózatrész közelében lehet beépíteni.

A szerelvény beépítésére példa a 7.13.6. ábra szerinti kapcsolás. A szelepet a visszatérő vezetékbe kell beépíteni, a visszatérő vezetékben levő nyomás többnyire a szelepházon belül jut a membránra, az előremenő vezetékben uralkodó nyomást pedig a szabályozómembrán túloldalára impulzusvezetékkel kell bevezetni.

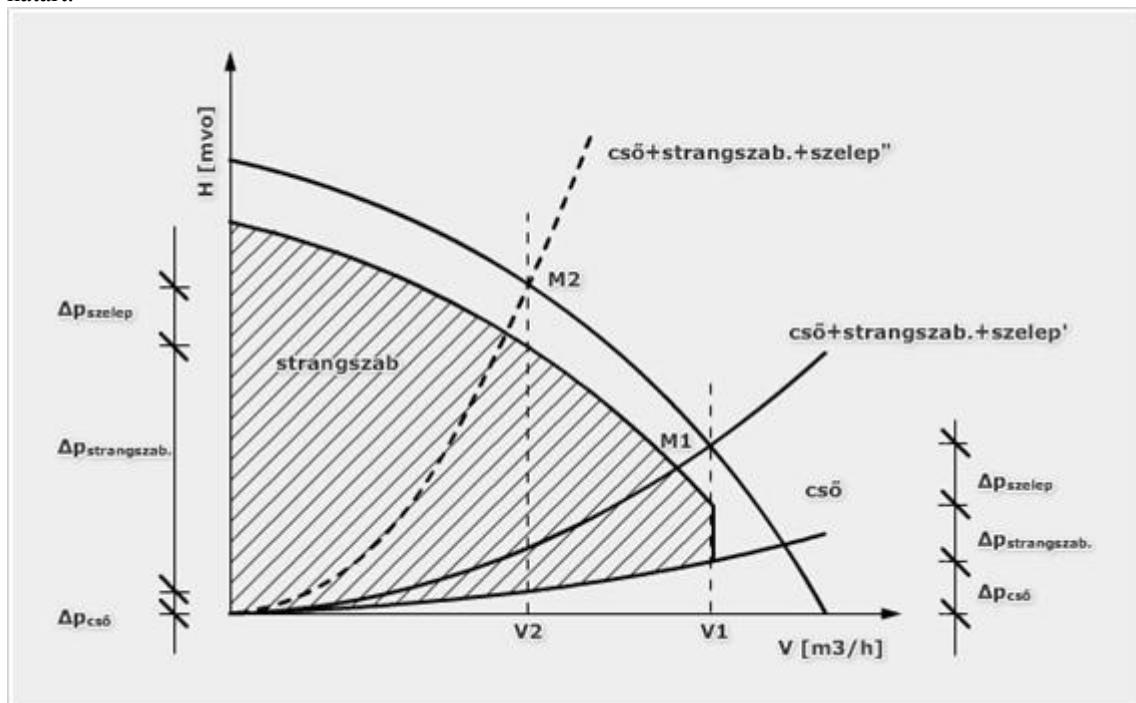


7.13.6. ábra

A nyomáskülönbség szabályozó feladata, hogy a mögötte levő hálózatrész nyomáskülönbségét állandó értéken tartsa. A szabályozó készül rögzített értékű nyomáskülönbségű (pl. 0,1 bar) és állítható értékű nyomáskülönbségű (pl. 0,05-0,5bar) kivitelben is.

A 7.13.7. ábrán látható, hogy a szerelvény részterheléseknel a belső ellenállásának növelésével magára veszi a többlet nyomáskülönbséget, és így a mögötte beépített termosztatikus szelepek nyomásesése közel állandó marad. A rendszer méretezése szempontjából ez ahhoz hasonló előnyt nyújt, mintha több kisebb részre bontott rendszerről beszélhetnénk: a nyomáskülönbség szabályozó mögötti hálózatrész úgy kezelhető, mint egy kisebb, önálló fűtési rendszer.

Célszerű a nyomáskülönbség szabályozók helyét és darabszámát úgy megválasztani, hogy a szabályozott hálózatrészek ellenállása minél kisebb legyen. Nem véletlen, hogy a fix értékű nyomáskülönbség szabályozóknál nagyon gyakori a 0,1 bar értékkel rendelkező alkalmazása, mert ezeknél nagyon könnyű a termosztatikus radiátorszelepek megfelelő szelepautorisát biztosítani, illetve esély sincs arra, hogy a szelep zajossá váljon. Ennek a törekvésnek, a rendszer minél kisebb részekre való osztásának, a költségek szabnak határt.



7.13.7. ábra

8. fejezet - Fűtési rendszerek kialakítása, hidraulikai méretezése

1. Hidraulikai méretezés

A fűtési rendszerek kialakításánál korábban előszeretettel jellemezték a rendszereket aszerint, hogy az alapvezetékek hol helyezkednek el, így beszéltek alsó elosztású, felső elosztású és közbenső elosztású rendszerekről. Mára ez már kevésbé jelentős kérdés, ha ennek okait keressük, akkor talán az alábbi válaszokat lehet erre adni:

- A korábbi rendszerek általában sokkal nagyobb számú fogyasztóval rendelkeztek. Ennek egyik oka az volt, hogy a szabályozások, az elektronika nem volt még olyan fejlett, és arányaiban az ára is jelentősebb volt. Mára az a stratégia, hogy valamennyi különböző használati idejű, különböző sajátosságokkal rendelkező rendszert önállóan szabályozható, saját időprogrammal célszerű ellátni, hogy optimális komfortot és maximális energia megtakarítást lehessen elérni. Tehát egy nagyobb épületben sok kisebb rendszerrel találkozunk. Egy másik oka az, hogy régebben a jó minőségű szivattyúk beszerzése nehéz volt, ezért kevesebb szivattyúval igyekeztek a feladatot megoldani.
- A mai korszerű csővezetéki rendszerek más szerelési technológiát tesznek lehetővé. Addig, amíg az acél vezetékekkel alapvetően falon kívüli szerelés valósítható meg, a mai rendszereknél a lakásokon belüli csatlakozó vezetékek többnyire a padlóba kerülnek.
- A magasabb energiaárak miatt olyan rendszerekre kell törekedni, amelyeknél az egyes lakások, vagy önálló tulajdonú egységek energiaszintjét mérhető. A korábban gyakori sok felszállós (szakmai zsargonban: strangos) rendszerek ezzel megszűntek, mert lakásonként önálló csatlakozásra kell törekedni, hogy a hőmennyiségmérő beépíthető legyen.

A rendszerek hidraulikai méretezése egyre inkább előtérbe kerül, mert csak jól méretezett, jól beszabályozott rendszerrel biztosítható az egyes elemek optimális működése.

A hidraulikai méretezés során feladatunk, hogy új rendszernél az egyes szakaszok csőméretét megválasszuk, de a végső cél a beszabályozási értékek meghatározása.

A kétcsöves fűtési rendszereink sajátossága, hogy azok hurkolt rendszerek. A szivattyú nyomó- és szívócsönja között annyi lehetséges útvonal, áramkör van, ahány fogyasztót a rendszer tartalmaz. Szerencsére nem kell hurkolt hálózat méretezési eljárást alkalmazzunk, hogy meg tudjuk mondani az egyes szakaszok terhelését, mert a feladatunk azzal kezdődik, hogy megfogalmazzuk, makkora vízmennyiséget tervezünk az egyes fogyasztók optimális üzeméhez.

Gyakran lehet hallani, hogy valaki azt fogalmazza meg célként, hogy olyan rendszert kell kialakítani, amelynél minden áramkörnek egyforma az áramlási ellenállása. Erre azt lehet válaszolni, hogy ehhez nem kell semmit sem tenni, mert ezeknek a rendszereknek sajátossága, hogy minden egyforma valamennyi áramkör ellenállása, legfeljebb ez nem az elképzelt tömegáramok mellett valósul meg.

A hidraulikai beszabályozás feladata az, hogy a rendszer valamennyi áramköre ellenállásának egyenlőségét úgy kell biztosítani, hogy mindenütt a tervezett vízmennyiségek áramoljanak.

Egy beszabályozatlan rendszernél arról lehet beszélni, hogy egyes fogyasztóknál a tervezett vízmennyiségnél lényegesen több áramlik, ezért a kedvezőtlen helyen levő fogyasztókhöz nem jut megfelelő vízmennyiség.

A rendszerek hidraulikai méretezésének munkalépései az alábbi „recept” tartalmazza:

1. A hálózat kialakítása, alaprajzok, függőleges csőterv elkészítése.
2. A hálózat szakaszokra bontása. Ennek elve: Egy-egy szakaszon belül sem a víz térfogatáram, sem az átmérő, sem pedig a csőanyag nem változhat.
3. A fogyasztói hőáramok alapján az egyes szakaszokon áramló víz térfogatáramának meghatározása.

4. A víz térfogatáramok és a fajlagos súrlódási ellenállás $s' = 50 - 300 \text{ Pa/m}$ feltételek alapján az előzetes csőátmérő meghatározása.
5. Valamennyi szakasz ellenállásának számítása azzal a feltétellel, hogy a beszabályozásra szolgáló szerelvények nyitott állapotban vannak.
6. Ezután össze kell adni az egy-egy áramkörhöz tartozó szakaszok ellenállásait. Meg kell keresni a legnagyobb ellenállású áramkört, ez a mértékadó vagy gerinc áramkör.
7. Meg kell határozni, hogy egy-egy mellékáramkör ellenállásának legyőzésére mennyi nyomás áll rendelkezésre, mennyi a mellékáramkörök nyomásvesztésége, a különbség elfogyasztásához mekkora fojtásra van szükség, és végül ehhez milyen szelepállás tartozik.
8. Az eredmények értékelése. Nem túl nagy, vagy nem túl kicsi-e a mértékadó áramkör ellenállása; nem lehet-e az átmérőket egyes helyeken csökkenteni, lehetséges lesz-e a termosztatikus szelepek alkalmazása.
9. Ha változtatásra van szükség, akkor újra kell csőátmérőt választani, és a 4. ponttól a lépéseket újra meg újra végre kell hajtani.

Egyes lépéseket célszerű némi magyarázattal elláttni.

Az első három pont a feladat előkészítési lépéseinél tartalmazza. A rendszer hidraulikai méretezését csak a rendszer ismeretében lehet elvégezni. Új rendszernél meg kell tervezni a vezetékek nyomvonalát, hogy minden kapcsolódások, minden egyes szakaszok vezetékhosszai rendelkezésre álljanak.

A 4. pontban megfogalmazott csőátmérő megválasztását természetesen csak új rendszereknél kell elvégezni. Szándékosan nem szerepel ott a vízsebesség alapján való csőméret választás. Ennek oka, hogy azonos vízsebesség mellett nagyságrendekkel nagyobb a fajlagos súrlódási ellenállása a 20 mm alatti belső átmérőjű vezetékeknek, mint a 100 mm feletteknek. Szinte csőméreteként kellene alkalmas sebességet megadni, hogy a módszer működjön (azt azért elmondhatjuk, hogy például lakóhelyiségekben nem célszerű a 0,5 m/s értéket jelentősen túllépni). A fajlagos súrlódási ellenállás megválasztása alkalmasabb, de ez csak táblázatok, diagramok segítségével, vagy program használatával alkalmazható.

A megadott $s' = 50 - 300 \text{ Pa/m}$ határértékek között nagy a különbség, akkor jár el taktikusan a tervező, ha rövid áramkörökhez tartozó vezetékeknel az átlagnál nagyobb, hosszú áramköröknel pedig kisebb s' értékkal számolunk.

Az 5. pontban szereplő technikai feladatakat a fejezet további részei ismertetik.

Az, hogy melyik a mértékadó áramkör, bizonyos esetekben megfelelő rutinnal megbecsülhető, de nem elegő csak a mértékadó áramkör végigszámolása, hogy a szivattyú paramétereit megkapjuk. A beszabályozáshoz szükséges fojtások számítása miatt amúgy is fel kell dolgozni a teljes rendszert, elég, ha menetközben kiderül melyik is a mértékadó áramkör. Egy jól kiegynsúlyozott rendszert az is jellemzi, hogy bizonyos csőátmérő változtatások sokszor a mértékadó áramkör megváltozását is eredményezhetik.

A 8. pontban megfogalmazott általános dolgokat is célszerű pontosítani. Általában indokolt arra törekedni, hogy a rendszer áramlási ellenállása 10 és 20 kPa között legyen. A 10 kPa alatti ellenállás már sok esetben indokolatlanul nagy csőméretekkel és költségekkel jár együtt. Persze családi ház méretű rendszereknél gyakran előfordul, hogy ilyen kis ellenállások adódnak.

A 20 kPa feletti rendszer ellenállások már sok esetben speciális megoldások alkalmazását is megkövetlik. Ez különösen igaz termosztatikus szelepekkel felszerelt, változó tömegáramú rendszereknél. Célszerű ezért a termosztatikus szelepeknél leírtakat ismételten áttekinteni.

Természetesen gyakran előfordul, hogy 20 kPa feletti a rendszer ellenállása, de ezeket a rendszereket nagyobb körültekintéssel kell kezelni. Nem szabad arról sem megfeledkezni, hogy a szivattyú által felvett villamos energia a nyomáskülönbségtől függ, ezért is célszerű kisebb ellenállású rendszerre törekedni.

A nem a mértékadó áramkörhöz tartozó vezetékeket érdemes felülvizsgálni, nem lehet-e a csőátmérőt csökkenteni. Ha az átmérő csökkentése nem érinti a mértékadó áramkört, akkor a kisebb csőátmérő ellenére sem változnak a szivattyú paraméterei. Tehát ilyenkor az átmérő csökkentésnek több szempontból is előnye van: olcsóbb, könnyebben szerelhető és egyszerűbben beszabályozható rendszert kapunk.

Csövek és szerelvények súrlódásból és alaki ellenállásokból eredő áramlási ellenállását közös összefüggéssel lehet számítani:

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot \left(\frac{\lambda \cdot l}{d} + \sum \zeta \right) \quad [Pa]$$

ahol:

Δp az áramlási ellenállás, Pa

ρ az áramló közeg sűrűsége, kg/m³

v az áramlási sebesség, m/s

λ a csősúrlódási tényező, -

l a csővezeték hossza, md a cső belső átmérője, m

ζ a szerelvények, iránytörések... alaki ellenállástényezője, -

A csősúrlódási tényező értéke erősen függ az áramlásra jellemző dimenzió nélküli számtól, a Reynolds-szám-tól és az érdességi viszonyuktól. A Reynolds-szám számítására szolgáló összefüggés:

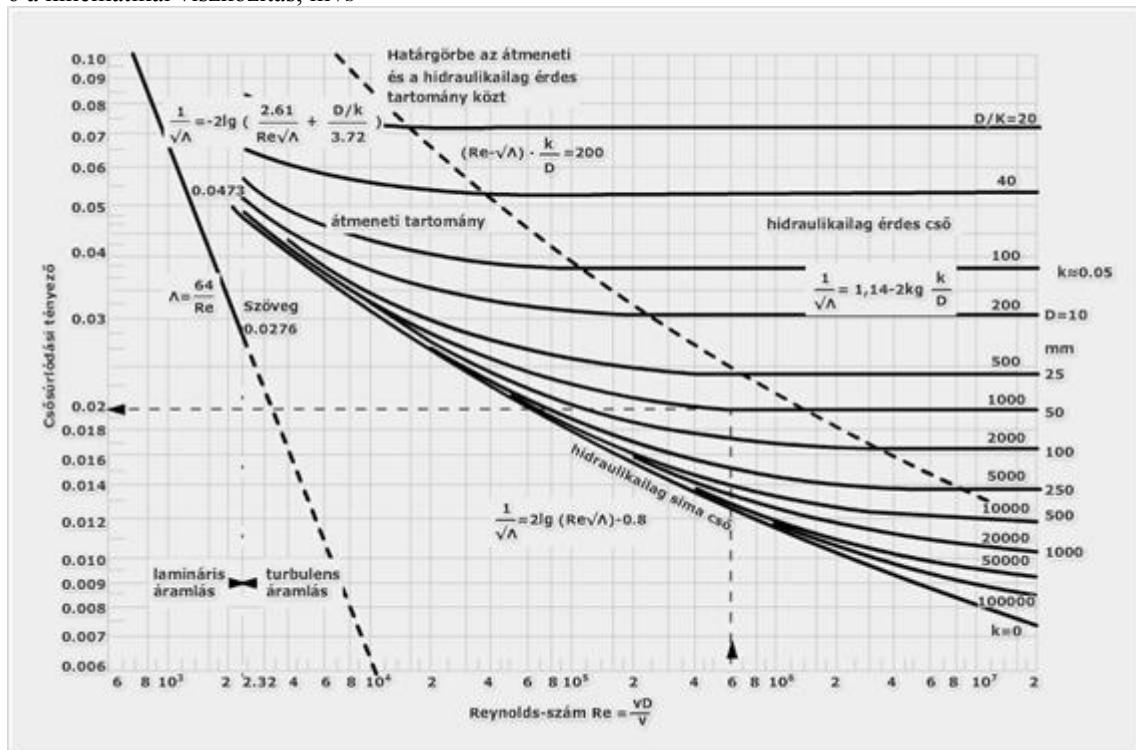
$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad [-]$$

Re a Reynolds-szám, -

v az áramlási sebesség, m/s

d a cső belső átmérője, m

ν a kinematikai viszkozitás, m²/s



8.1.1. ábra Forrás: Arbeitsmappe Heiztechnik – Raumlufttechnik – Sanitärtechnik, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1984

A csősúrlódási tényező számítására szolgáló összefüggések tartományonként változnak.

Lamináris tartományban ($Re < 2320$) számítása a Hagen–Poiseuilles-összefüggéssel végezhető:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Turbulens áramlás és hidraulikailag sima cső esetén a Blasius-összefüggés használható ($4000 < Re < 10^5$):

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}$$

Turbulens áramlás és hidraulikailag érdes cső esetén a Nikuradse-összefüggés szerint:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,14 - 2 \cdot \lg \left(\frac{k}{d} \right)$$

Turbulens áramlás esetén az átmeneti tartományban a Colebrook-egyenlet használható:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left(\frac{k}{d \cdot 3,71} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right)$$

Az összefüggésekben:

λ a csősúrlódási tényező, -

Re az áramlásra jellemző Reynolds-szám, -

k a cső érdessége, m

d a cső belső átmérője, m

Az egyes csőanyagok érdesség értékeinek felvételére a 8.1.2. táblázat nyújt segítséget:

Csőfajta	ϵ (csőérdesség) [mm]
Húzott csövek (réz stb.)	0,0015
PVC- és PE-csövek	0,007
Azbeszt cementcső (új)	0,05...0,1
Kereskedelmi forgalomban levő acélcsovek	0,045
Horganyzott acélcsovek	0,15
Acélcso, korrodált	0,15...1,0
Acélcso, erősen korrodált	1,0...3,0
Öntöttvas csövek	0,4...0,6
Öntöttvas csövek, bitumenezett	0,125
Lemezcsatomák, hornyolt	0,15
Hajlékony csövek	0,6...0,8, részben nagyobb, egészen 2,0-ig
Rabic, sima	1,5
Vakolt csatornák	3,0...5,0
Facsatomák	0,2...1,0
Betoncsatornák, nyers	1,0...3,0

8.1.2. ábra Forrás: Recknagel-Sprenger-Schramek: Fűtés- és klímatechnika 2000, Dialóg-Campus Kiadó, Budapest-Pécs 2000.

A súrlódási ellenállás ilyen módon való számolása kézi számításoknál túlságosan munkaigényes, különösen akkor, ha a csősúrlódási tényezőt is minden esetben meghatározzuk. A munka hatékonyságának fokozása érdekében ezért a gyakorlatban inkább diagramokat, táblázatokat használunk. Ezekből az egyes jellemzők különböző feltételek függvényében kiolvashatók.

Szintén a hatékonyság növelése érdekében célszerű a fajlagos súrlódási ellenállás és a dinamikus nyomás bevezetése.

$$s' = \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot \frac{\lambda}{d} \quad [Pa/m]$$

$$p_{din} = \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \quad [Pa]$$

Ezeknek a használatával a szakasz áramlási ellenállásának számítása nagyon leegyszerűsödik.

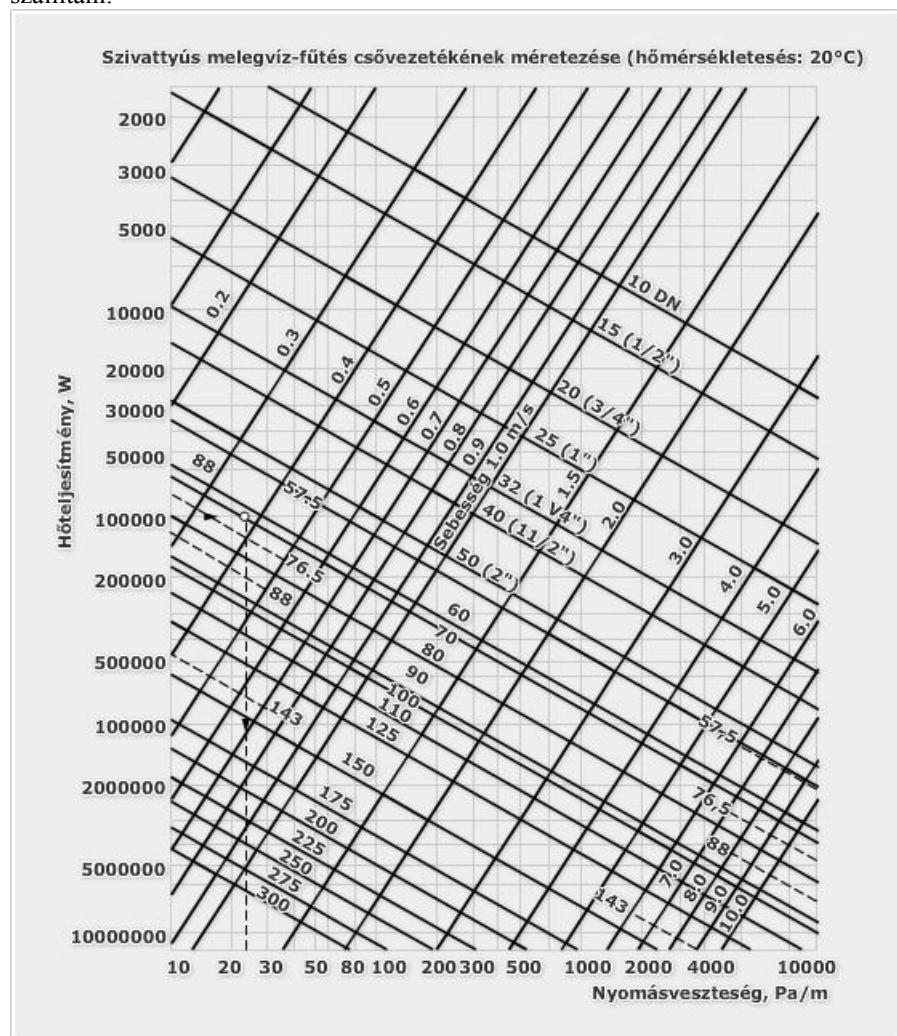
$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot \left(\frac{\lambda \cdot l}{d} + \sum \zeta \right) = s' \cdot l + p_{din} \cdot \sum \zeta \quad [Pa]$$

A segítséget az jelenti, ha a diagramokból vagy táblázatokból a csőméret és a vízmennyiség függvényében közvetlenül le lehet olvasni ezt a két paramétert. Erre mutatnak példát a 8.1.3. ábra és 8.1.4.-8.1.7. táblázatok.

A súrlódási ellenállásnál komoly szerepet játszik a víz viszkozitása, ezért fontos, hogy a diagramok, táblázatok fejlécében kiderüljön, hogy milyen vízhőmérséklet mellett készült. A hideg vizet szállító csöveknek kb. 30%-al nagyobb az ellenállása, mint az ugyanolyan tömegáramot szállító melegvíz-vezetékeké. A példaként felhozott táblázatoknál szerepel a hőmérséklet, a diagramnál legalább utalás van arra, hogy a diagram fűtési csövekhez készült.

Még jelentősebb szerepe van a cső belső átmérőjének, különösen a kis átmérőjű vezetékeknél van jelentős eltérés a különböző falvastagságú csöveknél. Ebből a szempontból korrekt a táblázat, mert a számításokban figyelembe vett belső átmérő is meg van adva. A diagramon viszont csak névleges átmérők szerepelnek, ezért a diagram korából és a megjelenés környezetéből csak következtetni lehet arra, hogy azon acélcsovek áramlási ellenállása szerepel. A jelölt példa szerint 20 °C hőfoklépcsőjű fűtési hálózatban 100 kW hőteljesítményt NÁ70

(76x2,9) méretű csövön ~0,37 m/s sebesség mellett ~24 Pa/m fajlagos súrlódási nyomásveszteséggel lehet szállítani.



8.1.3. ábra Forrás: Völgyes: Fűtéstechnikai adatok, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.

A 8.1.4.-8.1.7. táblázatok úgy vannak feldolgozva, hogy minden fajlagos súrlódási tényező és csőméret táblázati cellában három paraméter van feltüntetve. A legfelső érték a fűtővíz tömegárama kg/s mértékegységben, a középső sor 20 °C hőfoklépcső és az előző tömegáram melletti hőteljesítmény kW-ban, míg a harmadik érték az előzőek melletti vízsebesség m/s mértékegységben. Jobban használható lenne a táblázat, ha egy 4. érték is szerepelne, a vízsebesség felhasználásával számított dinamikus nyomás.

A táblázatokat a csőméret megválasztására úgy lehet használni, hogy összegzem az adott szakasz fogyasztónak teljesítményét. Nem kell a tömegáramot számítanom, a táblázat középső adatait nézve keresem ki azt a csővezetéket, amely abba a fajlagos súrlódási ellenállás tartományba esik, ami számomra kedvező. A teljesítmények összegzésénél vigyázni kell arra, hogy a táblázat 20 °C hőfoklépcsőhöz készült, tehát azoknál a fogyasztóknál, amelyeknek ettől eltérő hőfoklépcsője van, a teljesítményt át kell számítani, mennyi lenne a teljesítmény, ha ugyanilyen tömegáram mellett a hőfoklépcső 20 °C lenne.

Természetesen annak sincs akadálya, hogy ne a teljesítményeket, hanem a tömegáramokat összegezzem, de ha a fogyasztóm többségénél 20 °C hőfoklépcső a gyakori, akkor a teljesítmények összegzése az egyszerűbb. Az átszámítás egyszerű arányosság feltételezésével történhet.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta t} = \frac{\dot{Q}_{20}}{c \cdot 20} \quad [\text{kg / s}]$$

Az egyenlet átrendezésével és a fajhővel való egyszerűsítés után:

$$\dot{Q}_{20} = \dot{Q} \cdot \frac{20}{\Delta t} \quad [W]$$

Nézzünk példát a táblázat használatára. Mekkora csőátmérőt használunk azon a szakaszon, amelyen az

$\dot{Q}_{20} = 55 \text{ kW}$ $s = 50 \div 300 \text{ Pa/m}$ fajlagos súrlódási összegzett teljesítmény? Ha a javasolt s fajlagos súrlódási ellenállás tartományból szeretnénk választani, akkor a 8.1.4. és 8.1.5. táblázatok elesnek, mert azoknál jóval alacsonyabbak fajlagos súrlódási tényező értékek, a 8.1.7. táblázatot pedig a nagy csőátmérők miatt vethetjük el.

A 8.1.6. táblázatban több oszlopban is találunk olyan cellát, amelyben az 55 kW-hoz közeli érték szerepel. Az NÁ 50 mm-es csőnél kb. 30 Pa/m érték tartozik ehhez a teljesítményhez, az NÁ 40 mm-es csőnél kb. 80 Pa/m, az NÁ 32 mm-es csőnél kb. 200 Pa/m, végül az NÁ 25 mm-es csőnél kb. 800 Pa/m értéket olvashatunk le. Attól függően, hogy a szakasz csak közeli áramkörök része, vagy valamelyik távoli áramkörben is szerepel, választhatunk az NÁ 40 mm vagy NÁ 32 mm méretű csövek közül.

Tegyük fel, hogy az NÁ 40 mm-es ($1\frac{1}{2}$ ") mellett döntöttünk, akkor érdemes két szomszédos cella értékeit felhasználva interpolálni. A számításunk pontossága elegendő akkor is, ha ez fejben való számítással történik. Mivel a 80 Pa/m fajlagos súrlódási ellenálláshoz 52,3 kW teljesítmény és 0,496 m/s vízsebesség, a 100 Pa/m értékhez pedig 58,7 kW teljesítmény és 0,557 m/s vízsebesség tartozik, ezért a fajlagos súrlódási ellenállást 90 Pa/m értékkel fogjuk figyelembe venni, míg a vízsebességet célszerű 0,53 m/s értékkel használni.

Ez utóbbi értéket felhasználva a dinamikus nyomás számított értéke 980 kg/m^3 víz sűrűség mellett:

$$p_{din} = \frac{\rho}{2} \cdot v^2 = \frac{980}{2} \cdot 0,53^2 = 137,6 \quad [Pa]$$

A súrlódási ellenállás (S') 1 méter hosszú, kör keresztmetszetű csőben, víz áramlása esetén, 80 °C vízbomérséklet mellett								
$N/(m^3 \cdot m)$ mértékegységhen megadva			A cső türt legkisebb					
S' $N/(m^3 \cdot m)$	MSZ 102/2 acélcső; DN							
	0,0114	0,0150	0,0204	0,0260	0,0347	0,0406	0,0497	0,0685
	10 (°/r)	15 (°/r)	20 (°/r)	25 (°/r)	32 (°/r)	40 (°/r)	50	65
0,50	0,000 56	0,001 69	0,005 92	0,015 32	0,025 85	0,039 61	0,068 25	0,162 90
	0,047 41	0,142 10	0,495 80	1,283 00	2,164 00	3,317 00	5,715 00	13,640 00
	0,005 70	0,009 80	0,018 00	0,029 00	0,028 00	0,031 00	0,036 00	0,045 00
0,60	0,000 67	0,002 03	0,007 10	0,013 12	0,028 73	0,043 91	0,075 84	0,180 20
	0,056 90	0,170 50	0,595 00	1,098 00	2,405 00	3,677 00	6,351 00	15,090 00
	0,006 80	0,011 00	0,022 00	0,025 00	0,031 00	0,034 00	0,040 00	0,050 00
0,80	0,000 90	0,002 71	0,009 47	0,015 45	0,033 71	0,051 52	0,088 93	0,211 20
	0,075 87	0,227 40	0,793 30	1,293 00	2,822 00	4,314 00	7,447 00	17,690 00
	0,009 20	0,015 00	0,029 00	0,029 90	0,036 00	0,040 00	0,047 00	0,048 00
1,00	0,001 13	0,003 39	0,011 84	0,017 50	0,038 17	0,058 33	0,100 60	0,239 00
	0,094 83	0,284 20	0,991 70	1,465 00	3,197 00	4,884 00	8,429 00	20,010 00
	0,011 00	0,019 00	0,036 00	0,033 00	0,041 00	0,046 00	0,053 00	0,066 00
1,20	0,001 35	0,004 07	0,010 19	0,019 43	0,043 80	0,064 74	0,111 60	0,265 00
	0,113 80	0,341 10	0,853 70	1,627 00	3,548 00	5,421 00	9,352 00	22,190 00
	0,013 00	0,023 00	0,031 00	0,037 00	0,046 00	0,051 00	0,059 00	0,074 00
1,40	0,001 58	0,004 75	0,011 14	0,021 16	0,046 13	0,070 46	0,121 50	0,288 20
	0,132 70	0,397 90	0,933 00	1,772 00	3,863 00	5,900 00	10,170 00	24,130 00
	0,015 00	0,027 00	0,034 00	0,041 00	0,050 00	0,056 00	0,064 00	0,080 00
1,60	0,001 81	0,005 43	0,012 00	0,022 80	0,049 67	0,075 85	0,130 80	0,310 10
	0,151 70	0,454 80	1,004 00	1,909 00	4,159 00	6,352 00	10,950 00	25,970 00
	0,018 00	0,031 00	0,037 00	0,044 00	0,054 00	0,060 00	0,069 00	0,086 00
1,80	0,002 03	0,006 11	0,012 81	0,024 34	0,053 02	0,080 95	0,139 50	0,330 70
	0,170 70	0,511 50	1,073 00	2,038 00	4,440 00	6,779 00	11,680 00	27,690 00
	0,020 00	0,035 00	0,039 00	0,047 00	0,057 00	0,064 00	0,074 00	0,092 00
2,00	0,002 26	0,006 78	0,013 59	0,025 81	0,056 20	0,085 80	0,147 00	0,350 40
	0,189 40	0,568 50	1,138 00	2,161 00	4,706 00	7,185 00	12,380 00	19,340 00
	0,022 00	0,039 00	0,042 00	0,056 00	0,061 00	0,068 00	0,078 00	0,097 00
2,50	0,002 83	0,008 48	0,015 38	0,029 20	0,063 56	0,097 00	0,167 10	0,395 60
	0,237 00	0,710 60	1,288 00	2,445 00	5,322 00	8,122 00	13,990 00	33,130 00
	0,028 00	0,049 00	0,047 00	0,056 00	0,069 00	0,077 00	0,088 00	0,110 00
3,00	0,003 39	0,007 33	0,017 08	0,032 42	0,070 55	0,107 60	0,185 30	0,438 60
	0,284 50	0,613 90	1,430 00	2,715 00	5,907 00	9,013 00	15,520 00	36,730 00
	0,034 00	0,042 00	0,053 00	0,062 00	0,076 00	0,085 00	0,098 00	0,122 00
4,00	0,004 53	0,008 62	0,020 01	0,037 96	0,082 53	0,125 89	0,216 60	0,512 00
	0,379 30	0,722 00	1,676 00	3,179 00	6,911 00	10,530 00	18,140 00	42,880 00
	0,045 00	0,050 00	0,062 00	0,073 00	0,089 00	0,100 00	0,114 00	0,142 00
5,00	0,005 66	0,009 75	0,022 64	0,042 92	0,093 24	0,142 10	0,244 50	0,577 50
	0,474 10	0,817 10	1,895 00	3,594 00	7,808 00	11,900 00	20,470 00	48,360 00
	0,057 00	0,056 00	0,070 00	0,083 00	0,101 00	0,112 00	0,129 00	0,161 00
6,00	0,006 79	0,010 82	0,025 10	0,047 57	0,103 20	0,157 40	0,270 70	0,638 90
	0,569 00	0,906 50	2,102 00	3,983 00	8,649 00	13,180 00	22,660 00	53,500 00
	0,068 00	0,063 00	0,078 00	0,092 00	0,112 00	0,125 00	0,143 00	0,178 00
8,00	0,006 05	0,012 67	0,029 37	0,055 61	0,120 60	0,183 70	0,315 70	0,744 40
	0,506 90	1,061 00	2,459 00	4,657 00	10,100 00	15,380 00	26,440 00	62,340 00
	0,061 00	0,073 00	0,091 00	0,107 00	0,131 00	0,146 00	0,167 00	0,207 00
10,00	0,006 84	0,014 33	0,033 17	0,062 79	0,136 10	0,207 20	0,355 90	0,838 40
	0,537 30	1,199 00	2,778 00	5,258 00	11,390 00	17,350 00	29,800 00	70,200 00
	0,069 00	0,083 00	0,103 00	0,121 00	0,148 00	0,164 00	0,188 00	0,234 00
12,00	0,007 57	0,015 83	0,036 65	0,069 32	0,150 10	0,228 50	0,392 40	0,923 70
	0,634 00	1,326 00	3,069 00	5,805 00	12,570 00	19,140 00	32,860 00	77,350 00
	0,076 00	0,092 00	0,114 00	0,134 00	0,163 00	0,181 00	0,208 00	0,257 00
14,00	0,008 24	0,017 23	0,039 86	0,075 27	0,163 10	0,248 30	0,426 10	1,002 00
	0,690 20	1,443 00	3,337 00	6,311 00	13,660 00	20,790 00	35,680 00	83,940 00
	0,083 00	0,100 00	0,124 00	0,146 00	0,177 00	0,197 00	0,226 00	0,279 00
16,00	0,008 87	0,018 54	0,042 86	0,081 02	0,175 30	0,266 70	0,457 60	1,075 00
	0,742 80	1,552 00	3,589 00	6,784 00	14,680 00	22,330 00	38,310 00	90,090 00
	0,089 00	0,107 00	0,133 00	0,157 00	0,190 00	0,212 00	0,242 00	0,30 000

8.1.4. ábra Forrás: Völgyes: Fűtéstechnikai adatok, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.

Fűtési rendszerek kialakítása,
hidraulikai méretezése

belső átmérője, mm						
0,0807	0,0985	0,1223	0,1470	0,2023	0,2532	0,3014
MSZ 99 acélcso; DN, mm						
80	100	125	150	200	250	300
0,252 60	0,433 70	0,776 50	1,271 00	3,005 00	5,482 00	8,753 00
21,150 00	36,320 00	65,020 00	106,400 00	251,700 00	459,100 00	732,900 00
0,050 00	0,058 00	0,067 00	0,077 00	0,096 00	0,112 00	0,126 00
0,280 50	0,481 30	0,861 60	1,410 00	3,326 00	6,075 00	9,701 00
23,490 00	40,300 00	72,150 00	118,100 00	278,500 00	508,700 00	812,400 00
0,056 00	0,064 00	0,075 00	0,085 00	0,106 00	0,124 00	0,139 00
0,328 50	0,563 50	1,008 00	1,649 00	3,886 00	7,091 00	11,310 00
27,510 00	47,180 00	84,410 00	138,000 00	325,400 00	593,800 00	947,700 00
0,066 00	0,075 00	0,088 00	0,099 00	0,124 00	0,144 00	0,163 00
0,371 50	0,636 90	1,138 00	1,862 00	4,385 00	7,997 00	12,750 00
31,110 00	53,330 00	95,370 00	155,900 00	367,100 00	669,600 00	1 068,000 00
0,074 00	0,085 00	0,099 00	0,112 00	0,140 00	0,163 00	0,183 00
0,411 90	0,705 90	1,261 00	2,062 00	4,853 00	8,847 00	14,100 00
34,490 00	59,110 00	105,600 00	172,700 00	406,300 00	740,800 00	1 181,000 00
0,082 00	0,095 00	0,110 00	0,125 00	0,155 00	0,180 00	0,203 00
0,447 90	0,767 40	1,371 00	2,240 00	5,268 00	9,601 00	15,300 00
37,510 00	64,260 00	114,800 00	187,600 00	441,100 00	803,900 00	1 281,000 00
0,090 00	0,103 00	0,119 00	0,135 00	0,168 00	0,196 00	0,220 00
0,481 80	0,825 10	1,473 00	2,407 00	5,659 00	10,300 00	16,420 00
40,340 00	69,090 00	123,400 00	201,600 00	473,800 00	863,200 00	1 375,000 00
0,096 00	0,111 00	0,128 00	0,145 00	0,181 00	0,210 00	0,236 00
0,513 80	0,879 70	1,570 00	2,565 00	6,027 00	10,970 00	17,480 00
43,020 00	73,660 00	131,500 00	214,800 00	504,700 00	919,000 00	1 464,000 00
0,103 00	0,118 00	0,137 00	0,155 00	0,192 00	0,224 00	0,252 00
0,544 20	0,931 50	1,662 00	2,715 00	6,376 00	11,600 00	18,490 00
45,570 00	78,000 00	139,200 00	227,300 00	533,900 00	972,000 00	1 548,000 00
0,109 00	0,125 00	0,145 00	0,164 00	0,204 00	0,237 00	0,266 00
0,614 20	1,050 00	1,874 00	3,059 00	7,179 00	13,060 00	20,790 00
51,430 00	87,990 00	156,900 00	256,200 00	601,100 00	1 093,000 00	1 741,000 00
0,123 00	0,141 00	0,163 00	0,185 00	0,229 00	0,266 00	0,299 00
0,680 70	1,164 00	2,076 00	3,387 00	7,942 00	14,440 00	22,980 00
57,000 00	97,480 00	173,800 00	283,600 00	665,000 00	1 209,000 00	1 924,000 00
0,136 00	0,156 00	0,181 00	0,205 00	0,254 00	0,295 00	0,331 00
0,794 20	1,357 00	2,418 00	3,943 00	9,236 00	16,780 00	26,690 00
66,500 00	113,600 00	202,500 00	330,200 00	773,400 00	1 405,000 00	2 235,000 00
0,159 00	0,182 00	0,211 00	0,239 00	0,295 00	0,343 00	0,384 00
0,895 30	1,529 00	2,723 00	4,438 00	10,380 00	18,860 00	29,990 00
74,970 00	128,000 00	228,000 00	371,600 00	869,800 00	1 549,000 00	2 511,000 00
0,180 00	0,206 00	0,238 00	0,269 00	0,332 00	0,385 00	0,432 00
0,990 10	1,690 00	3,009 00	4,902 00	11,460 00	20,810 00	33,080 00
82,910 00	141,500 00	252,000 00	410,500 00	960,000 00	1 742,000 00	2 770,000 00
0,199 00	0,227 00	0,263 00	0,297 00	0,367 00	0,524 00	0,476 00
1,153 00	1,997 00	3,499 00	5,697 00	13,310 00	24,140 00	38,360 00
96,560 00	164,700 00	293,000 00	477,100 00	1 114,000 00	2 022,000 00	3 212,000 00
0,232 00	0,265 00	0,306 00	0,345 00	0,426 00	0,493 00	0,552 00
1,298 00	2,213 00	3,935 00	6,403 00	14,940 00	27,100 00	43,040 00
108,600 00	185,300 00	329,500 00	536,200 00	2 151,000 00	2 269,000 00	3 604,000 00
0,261 00	0,298 00	0,344 00	0,388 00	0,478 00	0,553 00	0,620 00
1,429 00	2,436 00	4,330 00	7,044 00	16,430 00	29,780 00	47,290 00
119,700 00	204,000 00	362,600 00	589,800 00	1 376,000 00	2 494,000 00	3 960,000 00
0,287 00	0,328 00	0,378 00	0,427 00	0,526 00	0,608 00	0,681 00
1,551 00	2,642 00	4,695 00	7,634 00	17,800 00	32,250 00	51,200 00
129,800 00	221,300 00	393,100 00	639,300 00	1 490,000 00	2 701,000 00	4 287,000 00
0,312 00	0,356 00	0,410 00	0,462 00	0,569 00	0,659 00	0,738 00
1,664 00	2,835 00	5,034 00	8,185 00	19,070 00	34,560 00	54,840 00
139,300 00	237,400 00	421,500 00	685,300 00	1 597,000 00	2 894,000 00	4 592,000 00
0,334 00	0,382 00	0,440 00	0,496 00	0,610 00	0,706 00	0,790 00

8.1.5. ábra Forrás: Völgyes: Fűtéstechnikai adatok, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.

Fűtési rendszerek kialakítása,
hidraulikai méretezése

S' N/m ³ · m)	A cső türt legkisebb							
	0,0114	0,0150	0,0204	0,0260	0,0347	0,0406	0,0497	0,0685
	MSZ 102/2 acélcső; DN, mm							
	10 (1/8")	15 (1/4")	20 (5/8")	25 (1")	32 (1 1/4")	40 (1 1/2")	50	65
18,00	0,009 47	0,019 79	0,045 74	0,086 44	0,187 00	0,284 40	0,487 70	1,146 00
	0,793 30	1,657 00	3,820 00	7,238 00	15,650 00	23,810 00	40,840 00	95,990 00
	0,095 00	0,115 00	0,142 00	0,167 00	0,203 00	0,226 00	0,258 00	0,320 00
20,00	0,010 03	0,020 96	0,048 42	0,091 46	0,197 80	0,300 70	0,515 70	1,211 00
	0,840 30	1,755 00	4,054 00	7,659 00	15,560 00	25,180 00	43,180 00	101,400 00
	0,101 00	0,122 00	0,150 00	0,177 00	0,215 00	0,239 00	0,273 00	0,338 00
24,00	0,011 08	0,023 14	0,053 42	0,100 80	0,218 00	0,331 30	0,567 90	1,333 00
	0,928 30	1,938 00	4,473 00	8,446 00	18,250 00	27,740 00	47,550 00	111,600 00
	0,111 00	0,134 00	0,166 00	0,195 00	0,237 00	0,263 00	0,301 00	0,372 00
30,00	0,012 52	0,026 12	0,060 24	0,113 60	0,245 40	0,372 90	0,638 90	1,498 00
	1,048 00	2,187 00	5,044 00	9,518 00	20,550 00	31,230 00	53,490 00	125,500 00
	0,126 00	0,152 00	0,187 00	0,220 00	0,267 00	0,296 00	0,338 00	0,418 00
40,00	0,014 65	0,030 55	0,070 39	0,132 70	0,286 30	0,434 80	0,744 30	1,744 00
	1,227 00	2,558 00	5,895 00	11,110 00	23,970 00	36,410 00	62,330 00	146,000 00
	0,147 00	0,177 00	0,219 00	0,257 00	0,311 00	0,345 00	0,394 00	0,487 00
50,00	0,016 53	0,034 43	0,079 26	0,149 30	0,321 90	0,488 70	0,836 20	1,958 00
	1,384 00	2,883 00	5,637 00	12,500 00	26,950 00	40,920 00	70,020 00	163,900 00
	0,166 00	0,200 00	0,247 00	0,289 00	0,350 00	0,388 00	0,443 00	0,546 00
60,00	0,018 23	0,037 95	0,087 31	0,164 40	0,354 20	0,537 60	0,919 50	2,152 00
	1,526 00	3,178 00	7,311 00	13,760 00	29,660 00	45,010 00	77,000 00	180,200 00
	0,183 00	0,221 00	0,272 00	0,318 00	0,385 00	0,427 00	0,487 00	0,600 00
80,00	0,021 27	0,044 24	0,101 60	0,191 30	0,411 80	0,624 70	1,067 00	2,497 00
	1,781 00	3,705 00	8,514 00	16,020 00	34,480 00	52,310 00	89,410 00	209,100 00
	0,214 00	0,257 00	0,317 00	0,370 00	0,448 00	0,496 00	0,566 00	0,697 00
100,00	0,023 97	0,049 81	0,114 30	0,215 00	0,462 70	0,701 60	1,198 00	2,801 00
	2,007 00	4,171 00	9,577 00	18,010 00	38,740 00	58,750 00	100,300 00	234,600 00
	0,241 00	0,290 00	0,356 00	0,416 00	0,503 00	0,557 00	0,635 00	0,782 00
120,00	0,026 42	0,054 88	0,125 90	0,236 70	0,509 00	0,776 00	1,318 00	3,079 00
	2,213 00	4,596 00	10,540 00	19,820 00	42,620 00	64,610 00	110,300 00	257,800 00
	0,266 00	0,319 00	0,392 00	0,458 00	0,533 00	0,613 00	0,699 00	0,859 00
140,00	0,028 67	0,059 53	0,136 50	0,256 50	0,551 30	0,835 60	1,427 00	3,332 00
	2,401 00	4,985 00	11,430 00	21,480 00	46,170 00	69,970 00	119,400 00	279,000 00
	0,289 00	0,346 00	0,425 00	0,497 00	0,599 00	0,664 00	0,756 00	0,930 00
160,00	0,030 77	0,063 86	0,146 40	0,275 00	0,590 80	0,895 20	1,528 00	3,568 00
	2,577 00	5,348 00	12,260 00	23,020 00	49,470 00	74,960 00	127,900 00	398,700 00
	0,310 00	0,371 00	0,456 00	0,533 00	0,642 00	0,711 00	0,810 00	0,996 00
180,00	0,032 75	0,067 94	0,155 60	0,292 30	0,627 90	0,951 30	1,623 00	3,789 00
	2,742 00	5,689 00	13,030 00	24,480 00	52,580 00	79,660 00	135,900 00	317,300 00
	0,330 00	0,395 00	0,485 00	0,566 00	0,683 00	0,756 00	0,811 00	1,050 00
200,00	0,034 62	0,071 80	0,164 40	0,308 80	0,663 00	1,004 00	1,714 00	3,999 00
	2,899 00	6,012 00	13,770 00	25,850 00	55,520 00	84,100 00	143,500 00	334,900 00
	0,349 00	0,418 00	0,512 00	0,598 00	0,721 00	0,798 00	0,908 00	1,110 00
240,00	0,038 13	0,079 03	0,180 90	0,339 50	0,728 70	1,103 00	1,883 00	4,392 00
	3,193 00	6,617 00	15,150 00	28,430 00	61,020 00	92,420 00	157,600 00	367,800 00
	0,384 00	0,460 00	0,564 00	0,658 00	0,793 00	0,877 00	0,998 00	1,220 00
300,00	0,042 86	0,088 77	0,203 10	0,380 90	0,817 20	1,237 00	2,110 00	4,920 00
	3,588 00	7,433 00	17,000 00	31,900 00	68,430 00	103,600 00	176,700 00	412,000 00
	0,432 00	0,516 00	0,633 00	0,738 00	0,889 00	0,983 00	1,110 00	1,370 00
400,00	0,049 87	0,103 20	0,236 00	0,442 40	0,948 50	1,435 00	2,448 00	5,704 00
	4,176 00	8,644 00	19,760 00	37,040 00	79,420 00	120,200 00	204,900 00	477,600 00
	0,502 00	0,601 00	0,735 00	0,857 00	1,030 00	1,140 00	1,290 00	1,590 00
500,00	0,055 98	0,115 80	0,264 60	0,495 80	1,062 00	1,608 00	2,741 00	6,385 00
	4,688 00	9,697 00	22,150 00	41,520 00	88,970 00	134,600 00	229,500 00	534,600 00
	0,564 00	0,674 00	0,824 00	0,961 00	1,150 00	1,270 00	1,450 00	1,780 00
600,00	0,061 52	0,127 20	0,290 50	0,544 20	1,165 00	1,764 00	3,006 00	7,001 00
	5,152 00	10,650 00	24,320 00	45,570 00	97,620 00	147,700 00	251,700 00	586,300 00
	0,620 00	0,740 00	0,905 00	1,050 00	1,260 00	1,400 00	1,590 00	1,950 00
800,00	0,071 47	0,147 60	0,337 00	0,631 10	1,351 00	2,044 00	3,483 00	8,108 00
	5,985 00	12,360 00	28,220 00	52,850 00	113,100 00	171,100 00	291,600 00	679,000 00
	0,720 00	0,859 00	1,050 00	1,220 00	1,470 00	1,620 00	1,840 00	2,260 00
1000,00	0,080 14	0,165 50	0,377 50	0,706 80	1,512 00	2,288 00	3,898 00	9,072 00
	6,710 00	13,850 00	31,610 00	59,180 00	126,600 00	191,600 00	326,400 00	759,600 00
	0,807 00	0,963 00	1,170 00	1,370 00	1,640 00	1,810 00	2,060 00	2,530 00

8.1.6. ábra Forrás: Völgyes: Fűtéstechnikai adatok, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.

Fűtési rendszerek kialakítása,
hidraulikai méretezése

belső átmérője, m						
0,0807	0,0985	0,1223	0,1470	0,2023	0,2532	0,3014
MSZ 99 acélcso; DN, mm						
80	100	125	150	200	250	300
1,772 00	3,019 00	5,360 00	8,712 00	20,300 00	36,760 00	58,340 00
148,400 00	252,800 00	448,800 00	729,500 00	1 700,000 00	3 078,000 00	4 885,000 00
0,356 00	0,406 00	0,468 00	0,528 00	0,649 00	0,751 00	0,840 00
1,873 00	3,189 00	5,661 00	9,200 00	21,430 00	38,800 00	61,560 00
156,800 00	267,000 00	474,000 00	770,400 00	1 794,000 00	3 249,000 00	5 155,000 00
0,376 00	0,429 00	0,495 00	0,557 00	0,686 00	0,793 00	0,887 00
2,061 00	3,507 00	6,223 00	10,110 00	23,540 00	42,610 00	67,580 00
172,500 00	293,700 00	521,100 00	846,600 00	197,000 00	3 568,000 00	3 659,000 00
0,414 00	0,472 00	0,544 00	0,613 00	0,753 00	0,870 00	0,974 00
2,315 00	3,939 00	6,986 00	11,340 00	26,400 00	47,770 00	75,750 00
193,900 00	329,800 00	585,000 00	950,000 00	2 210,000 00	4 000,000 00	6 343,000 00
0,465 00	0,530 00	0,611 00	0,687 00	0,845 00	0,976 00	1,090 00
2,694 00	4,581 00	8,119 00	13,180 00	30,640 00	55,430 00	87,860 00
225,000 00	383,500 00	679,900 00	1 103,000 00	2 566,000 00	4 641,000 00	7 357,000 00
0,542 00	0,617 00	0,710 00	0,799 00	0,981 00	1,130 00	1,260 00
3,023 00	5,138 00	9,104 00	14,770 00	34,330 00	62,080 00	98,390 00
253,100 00	430,200 00	762,300 00	1 237,000 00	2 875,000 00	5 198,000 00	8 239,000 00
0,608 00	0,692 00	0,796 00	0,895 00	1,090 00	1,260 00	1,410 00
3,321 00	5,644 00	9,996 00	16,210 00	37,370 00	68,110 00	107,900 00
278,100 00	472,600 00	837,100 00	1 358,000 00	3 155,000 00	5 703,000 00	9 037,000 00
0,668 00	0,760 00	0,874 00	0,983 00	1,200 00	1,390 00	1,550 00
3,852 00	6,543 00	11,580 00	18,780 00	43,620 00	78,820 00	124,800 00
322,600 00	547,900 00	970,000 00	1 573,000 00	3 652,000 00	6 600,000 00	10 460,000 00
0,775 00	0,881 00	1,010 00	1,130 00	1,390 00	1,610 00	1,790 00
4,321 00	7,336 00	12,980 00	21,050 00	48,860 00	88,270 00	139,800 00
361,800 00	614,300 00	1 087,000 00	1 762,000 00	4 091,000 00	7 391,000 00	11 710,000 00
0,869 00	0,988 00	1,130 00	1,270 00	1,560 00	1,800 00	2,010 00
4,748 00	8,058 00	14,250 00	23,110 00	53,630 00	96,870 00	155,400 00
397,500 00	674,800 00	1 194,000 00	1 935,000 00	4 491,000 00	8 112,000 00	12 850,000 00
0,955 00	1,080 00	1,240 00	1,400 00	1,710 00	1,970 00	2,210 00
5,137 00	8,718 00	15,420 00	24,990 00	57,990 00	104,700 00	165,800 00
430,200 00	730,000 00	1 291,000 00	2 093,000 00	4 855,000 00	8 769,000 00	13 890,000 00
1,030 00	1,170 00	1,340 00	1,510 00	1,850 00	2,140 00	2,390 00
5,500 00	9,332 00	16,500 00	26,750 00	62,040 00	112,000 00	177,400 00
460,500 00	781,400 00	1 382,000 00	2 240,000 00	5 195,000 00	9 382,000 00	14 860,000 00
1,100 00	1,250 00	1,440 00	1,620 00	1,980 00	2,280 00	2,550 00
5,841 00	9,909 00	17,520 00	28,390 00	65,850 00	118,900 00	188,200 00
489,100 00	829,800 00	1 467,000 00	2 378,000 00	5 514,000 00	9 957,000 00	15 770,000 00
1,170 00	1,330 00	1,530 00	1,720 00	2,100 00	2,430 00	2,710 00
6,164 00	10,450 00	18,480 00	29,950 00	69,460 00	125,400 00	198,500 00
516,100 00	875,500 00	1 548,000 00	2 508,000 00	5 816,000 00	10 500,000 00	16 630,000 00
1,240 00	1,400 00	1,610 00	1,810 00	2,220 00	2,560 00	2,860 00
6,768 00	11,470 00	20,290 00	32,870 00	76,210 00	137,500 00	217,800 00
566,700 00	961,100 00	1 699,000 00	2 753,000 00	6 832,000 00	11 520,000 00	18 240,000 00
1,360 00	1,540 00	1,770 00	1,990 00	2,440 00	2,810 00	3,130 00
7,581 00	12,850 00	22,720 00	36,800 00	85,290 00	153,900 00	243,600 00
634,800 00	1 076,000 00	1 902,000 00	3 081,000 00	7 142,000 00	12 890,000 00	20 410,000 00
1,520 00	1,730 00	1,980 00	2,230 00	2,730 00	3,140 00	3,510 00
8,786 00	14,890 00	26,320 00	42,620 00	98,750 00	178,200 00	282,000 00
735,700 00	1 247,000 00	2 203,000 00	3 569,000 00	8 269,000 00	14 920,000 00	23 620,000 00
1,760 00	2,000 00	2,300 00	2,580 00	3,160 00	3,640 00	4,060 00
9,833 00	16,660 00	29,440 00	47,670 00	110,400 00	199,200 00	315,200 00
823,400 00	1 395,000 00	2 465,000 00	3 992,000 00	9 248,000 00	16 690,000 00	26 410,000 00
1,970 00	2,240 00	2,570 00	2,890 00	3,530 00	4,070 00	4,540 00
10,780 00	18,260 00	32,270 00	52,250 00	121,000 00	218,300 00	345,500 00
902,800 00	1 529,000 00	2 702,000 00	4 375,000 00	10 140,000 00	19 290,000 00	28 940,000 00
2,160 00	2,460 00	2,820 00	3,160 00	3,870 00	4,460 00	4,980 00
12,480 00	21,150 00	37,350 00	60,470 00	140,000 00	252,600 00	399,700 00
1045,000 00	1 771,000 00	3 128,000 00	5 064,000 00	11 730,000 00	21 160,000 00	33 470,000 00
2,510 00	2,850 00	3,260 00	3,660 00	4,480 00	5,160 00	5,760 00
13,960 00	23,650 00	41,770 00	67,620 00	156,500 00	282,400 00	446,800 00
1169,000 00	1 980,000 00	3 498,000 00	5 663,000 00	13 100,000 00	23 650,000 00	37 420,000 00
2,800 00	3,180 00	3,650 00	4,100 00	5,010 00	5,770 00	6,440 00

8.1.7. ábra Forrás: Völgyes: Fűtéstechnikai adatok, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.

A 8.1.8. táblázat különböző csöidomok (fittingek) és szerelvények alaki ellenállási tényezőinek értékeit tartalmazza a teljesség igénye nélkül. A mai rendszerelemek bősége mellett nem lehet mindenre kiterjedő táblázatot elvárni, minden az adott termékek gyártónál, forgalmazónál kell a szükséges információkat beszerezni.

Megnevezés	ζ			
Öntöttvas tagos kazán	2,5			
Hőleadók:				
öntöttvas és acéllemez tagos radiátor	2,3			
aluminium radiátor	6			
lap fűtőtestek	6...23			
konvektorok	3...9			
csőcsorok sugárzó fűtőtestekben	3,5...9			
takarók légfűtő készülékek	12..15			
Vezetékélzárók:	DN			
	10...15	20...25	32...40	50-től
tolozár	1,0	0,5	0,3	0,3
ferdeszelep	3,5	3,0	2,5	2,0
elzárószelep	10,0	7,0	5,0	4,0
Fűtőtest-szabályozók:	15...20		20...25	
egyenes csap	4,0		2,0	
sarokcsap	7,0		4,0	
egyenes szelep	16,0		12,0	
sarokszelep	9,0		7,0	
Csöidomok:	10...15	20...25	32...40	50-től
könyök	2,0	1,5	1,0	1,0
90°-os ív	1,5	1,0	0,5	0,5
megkerülőív/etázs	0,7			
kettős ív	1,0...2,0			
nadrágdom	1,5			
karmantú	0			
Kompenzátorok:				
láracső sima hajútásokkal	0,7			
láracső belső iveauken redőzött kivitelű hajútásokkal	1,4			

8.1.8. ábra Forrás: Völgyes: Fűtéstechnikai adatok, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.

Egyes esetekben szerelvényeknél nem az alaki ellenállás-tényező áll rendelkezésre, hanem a k_v érték. Míg az alaki ellenállás-tényező függ az átmérőtől, addig a k_v érték nem, így használata egyszerűbb és általánosabb érvényű. Definíció szerint a k_v érték a szerelvényen 1 bar nyomáskülönbség mellett átfolyó víz mennyisége m^3/h -ban. Ennek felhasználásával az ellenállás az alábbi összefüggéssel számítható:

$$\Delta p = \left(\frac{\dot{V}}{k_v} \right)^2 \cdot \Delta p_0 \quad [Pa]$$

ahol:

Δp az áramlási ellenállás, Pa

\dot{V} az áramló közeg térfogatárama, m^3/h

k_v a szerelvény, berendezés k_v értéke, m^3/h

Δp_0 definícióban szereplő 1 bar = 10^5 Pa nyomáskülönbség, Pa

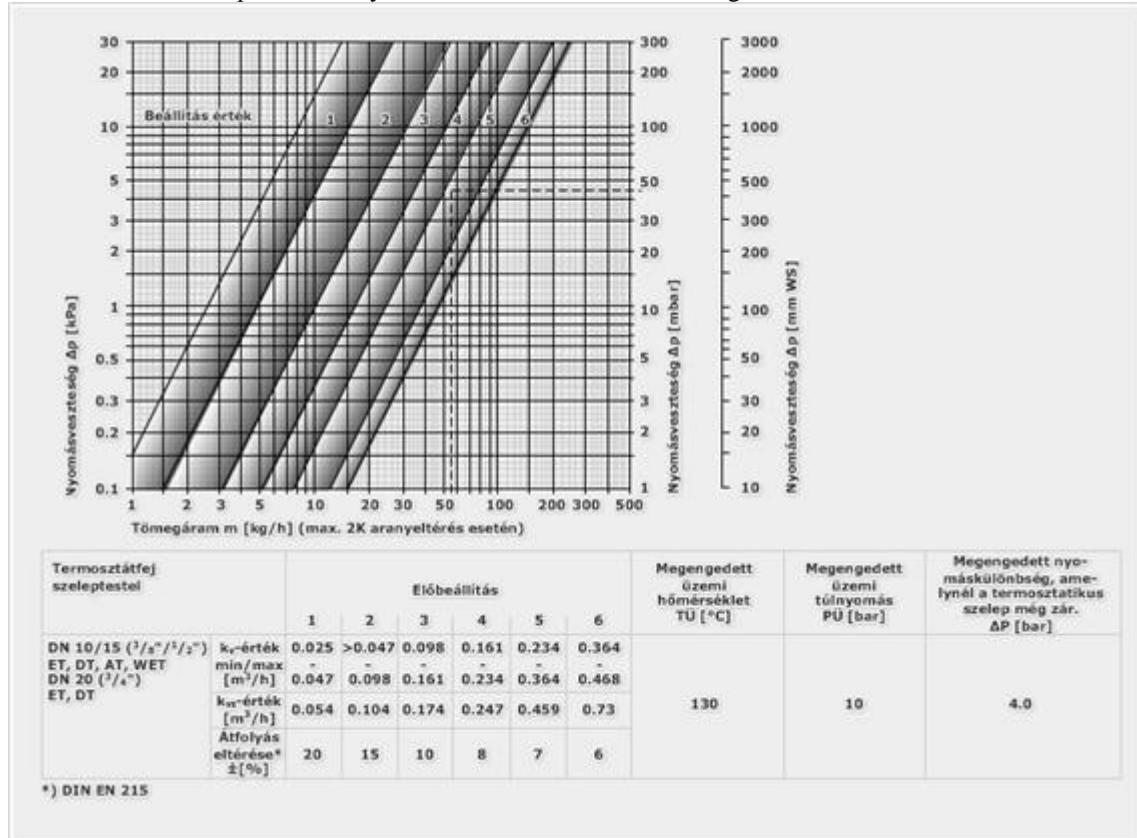
Megjegyzés: a k_{vs} egy adott gyártási szériára jellemző átfolyási érték, valamint használják még a k_{v100} jelölést is, ami 100 %-os nyitott állapotot jelöl.

A rendszerek beszabályozásához szükséges fojtásértékek beállítására többféle műszaki megoldás van. A részletesebb információkkal kapcsolatosan célszerű a 7. fejezetet is megtekinteni.

A 8.1.9. és 8.1.10. ábrák egy úgynevezett kettős beállítású termosztatikus radiátorszelepet és műszaki jellemzőit mutatják be. A termosztatfejet levéve, egy kulcs segítségével lehet a szükséges beszabályozási értékeket beállítani. Az ábra példája szerint ~55 kg/h fűtővíz tömegáram mellett ~44 mbar (~4400 Pa) fojtás megvalósításához az 5-ös beállítási értéket kell választani.



8.1.9. ábra Forrás: <http://www.tahydrronics.com/hu/termek-es-megoldasok/mszaki-dokumentacio/>

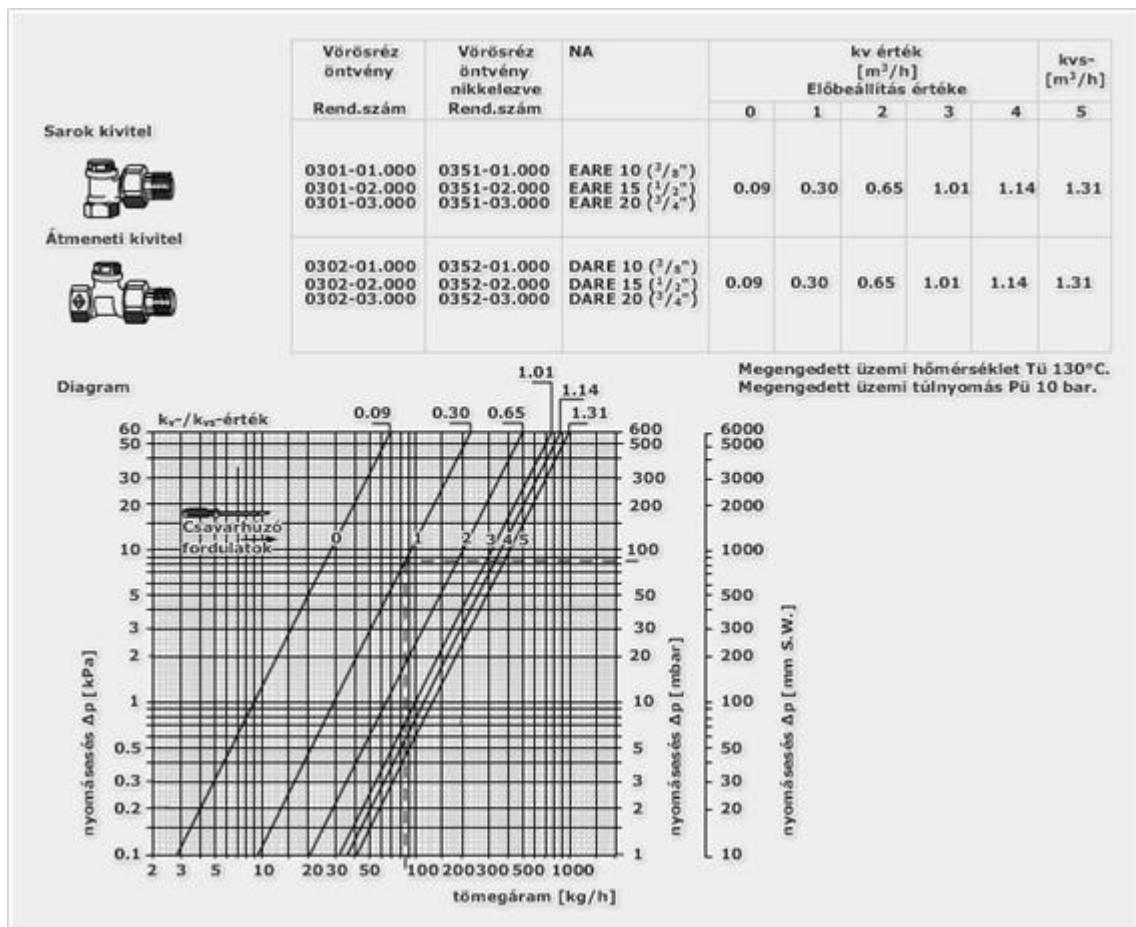


8.1.10. ábra Forrás: <http://www.tahydrronics.com/hu/termek-es-megoldasok/mszaki-dokumentacio/>

A 8.1.11. és 8.1.12. ábrákon bemutatott visszatérő csavarzat (fűtőtestcsavarzat) is szolgálhat beszabályozásra. Ennél a kupak leszedése után csavarhúzóval állítható be a kívánt fojtás értéke.



8.1.11. ábra Forrás: <http://www.tahydrronics.com/hu/termek-es-megoldasok/mszaki-dokumentacio/>



8.1.12. ábra Forrás: <http://www.tahydrronics.com/hu/termek-es-megoldasok/mszaki-dokumentacio/>

A 8.1.13. és 8.1.14. ábrákon szereplő strangszabályozó szelepcsalád nagyobb rendszerek fogyasztó csoportjainak beszabályozására szolgálhat. A szelepen levő csonkok lehetőséget nyújtanak a nyomásesés mérésén keresztül a szelepen átáramló víz térfogatáramának mérésére is.



8.1.13. ábra Forrás: <http://www.tahydrronics.com/hu/termek-es-megoldasok/mszaki-dokumentacio/>

Fordulat	DN 10/09	DN 15/14	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.127	0.511	0.60	1.14	1.75	2.56
1	0.090	0.212	0.757	1.03	1.90	3.30	4.20
1.5	0.137	0.314	1.19	2.10	3.10	4.60	7.20
2	0.260	0.571	1.90	3.62	4.66	6.10	11.7
2.5	0.480	0.877	2.80	5.30	7.10	8.80	16.2
3	0.826	1.38	3.87	6.90	9.50	12.6	21.5
3.5	1.26	1.98	4.75	8.00	11.8	16.0	26.5
4	1.47	2.52	5.70	8.70	14.2	19.2	33.0

8.1.14. ábra Forrás: <http://www.tahydrronics.com/hu/termek-es-megoldasok/mszaki-dokumentacio/>

2. Beszabályozási terv

Magyarországon a hidraulikai beszabályozási terv tartalmára és megjelenési formájára nincs egységes előírás, ezért ez a fejezet csak a jelenlegi gyakorlat alapján megfogalmazott általános irányelvket tartalmazza.

A beszabályozási terv két részből áll:

- műszaki leírás,
- beszabályozási terv és tervrajz.

A beszabályozási terven, általában a kapcsolási és függőleges csőterven az alábbi adatokat célszerű feltüntetni:

- a beszabályozó szelep típusát, méretét, ill. azonosítási számát,
- a beszabályozandó térfogatáramot,
- nyomáskülönbség szabályozás esetén a nyomáskülönbség szabályozó szelep alapjelét,
- a szivattyúk munkapontját,
- elektronikus szabályozás esetén a szabályozás módját (pl. állandó nyomáskülönbség- vagy arányos nyomáskülönbség-tartás),
- a mértékadó áramkör megjelölését.

A beszabályozási tervnek tartalmaznia kell a beszabályozó szelepek előbeállítási értékeit. Amennyiben a kivitelezés során a beépített berendezések változnak, úgy az előbeállítási értékeket újra kell számolni.

A hidraulikai beszabályozási terv megléte minden a tervező, minden a kivitelező, minden a beruházó számára fontos és szükséges, a megfelelő kivitelezés, beüzemelés, átadás-átvétel és üzemeltetés végett.

3. Tágulási tartályok

A fűtési rendszerekben levő víz hőtágulása következtében a zárt rendszerekben nagyon nagy nyomások lépnek fel, ha nem biztosítanánk különböző műszaki megoldásokkal, hogy a nyomás értéke csak adott határokon belül változzon. A rendszerbe épített tágulási tartályok feladata, hogy a rendszer vízhőmérsékletének emelkedésekor megnövekedett térfogatot felvegyék és a rendszer lehűlésekor ismét visszatáplálják a rendszerbe.

A tágult víz mennyisége arányos a rendszerben levő víz térfogatával. A rendszer térfogatának meghatározására lehet ökölszabály értékeket használni. Azt javasolják, hogy a rendszer térfogatát $5 \div 25$ liter/kW értékre válasszuk. Mivel az alsó és felső határ között ötszörös eltérés van, ezért ez egy elég durva becslésre ad csak lehetőséget. Érthető is a széles tartomány, mert a rendszer teljesítményén túl számos más paraméter is befolyásolja a rendszerben levő víz mennyiségét, így például a nagyobb térfogatú tartályok, kazánok, az alkalmazott fűtőtestek, csövek mellett a rendszer kiterjedése. A térfogat becslésekor valamennyi tényező hatását figyelembe kell venni.

Természetesen számítással is meg lehet határozni a víz mennyiségét. A csövek, radiátorok és más berendezési tárgyak víztérfogata számítható, vagy katalógus adatként használható. Szerencsére a hidraulikai hálózatokat méretező programok is szolgáltatják ezt az információt.

A bizonytalanságok miatt szokás egy $1,1 \div 1,2$ körüli biztonsági tényezőt alkalmazni.

A víz tágulásának mértékét mutatja be a 8.3.1. ábra. Ez inkább csak a jelleg megítélésre jó, látható, hogy $+4^{\circ}\text{C}$ értéknél a minimális a fajtérfogata, tehát maximális a sűrűsége. A diagram csak szűk hőmérséklet tartományt tartalmaz, ezért jobban használható a 8.1.9. táblázat víz sűrűséget bemutató oszlopa.

A víz sűrűségének hőmérséklet függését jól lehet használni a tágult víztérfogat számítására. Nézzünk erre egy példát. Ha van egy $800 \text{ liter} = 0,8 \text{ m}^3$ térfogatú fűtési rendszerünk, aminél a legalacsonyabb hőmérsékletet a feltöltéskor jellemző 10°C -ra vesszük fel, akkor a rendszerbe betöltött víz tömege:

$$m = \varrho_{10} \cdot V_{10} = 999,7 \cdot 0,8 = 799,76 \text{ kg}$$

Ha a rendszer $80/60^{\circ}\text{C}$ méretezési hőmérsékletű, a közepes vízhőmérséklet 70°C . Ilyen hőmérsékletnél a víz térfogata:

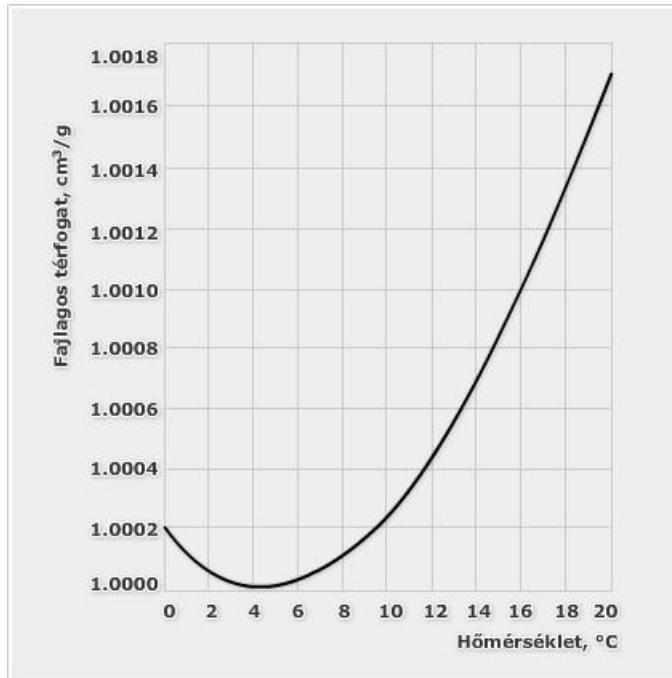
$$V_{70} = \frac{m}{\varrho_{70}} = \frac{799,76}{977,8} = 0,8179 \text{ m}^3$$

A tágult vízmennyiség:

$$\Delta V = V_{70} - V_{10} = 0,8179 - 0,8 = 0,0179 \text{ m}^3 = 17,9 \text{ l}$$

A térfogati tágulás mértéke tehát:

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_{10}} \cdot 100 = \frac{0,0179}{0,8} \cdot 100 = 2,24\%$$



8.3.1. ábra Forrás: Völgyes: Fűtéstechnikai adatok, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.

Hőmérséklet, t, °C	Sűrűség, ϕ, kg/m ³	Térfogati hőtágulási tényező, 10 ⁻⁶ 1/K	Fajló, c, J/(kg*K)	Hővezetési tényező, λ, W/(m*K)	Hőmérséklet-vezetési tényező, 10 ⁻⁶ m ² /s	Dinamikai viszkozitás, 10 ⁻⁴ Pa*s	Kinematikai viszkozitás, 10 ⁻⁴ m ² /s	Prandtl-szám, Pr
0	999,9	-0,7	4,226	0,558	0,131	1793,636	1,789	13,7
5	1000,0	-	4,206	0,568	0,135	1534,741	1,535	11,4
10	999,7	0,95	4,195	0,577	0,137	1296*439	1,300	9,5
15	999,1	-	4,187	0,587	0,141	1135,610	1,146	3,1
20	998,2	2,1	4,182	0,597	0,143	993,414	1,006	7,0
25	997,1	-	4,178	0,606	0,146	880,637	0,884	6,1
30	995,7	3,0	4,176	0,615	0,149	792,377	0,805	5,4
35	994,1	-	4,175	0,624	0,150	719,808	0,725	4,8
40	992,2	3,9	4,175	0,633	0,151	658,026	0,658	4,3
45	990,2	-	4,176	0,640	0,155	605,070	0,611	3,9
50	988,1	4,6	4,178	0,647	0,157	555,056	0,556	3,55
55	985,7	-	4,179	0,652	0,158	509,946	0,517	3,27
60	983,2	5,3	4,181	0,658	0,159	471,670	0,478	3,00
65	980,6	-	4,184	0,663	0,161	435,415	0,444	2,76
70	977,8	5,8	4,187	0,668	0,163	404,034	0,415	2,55
75	974,9	-	4,190	0,671	0,164	376,575	0,366	2,23
80	971,8	6,3	4,194	0,673	0,165	352,059	0,364	2,25
85	968,7	-	4,198	0,676	0,166	328,523	0,339	2,04
90	965,3	7,0	4,202	0,678	0,167	308,909	0,326	1,95
95	961,9	-	4,206	0,680	0,168	292,238	0,310	1,84
100	958,4	7,5	4,211	0,682	0,169	277,528	0,294	1,75
110	951,0	8,0	4,224	0,684	0,170	254,973	0,268	1,57
120	943,5	8,5	4,232	0,685	0,171	235,360	0,244	1,43
130	934,8	9,1	4,250	0,686	0,172	211,824	0,226	1,32
140	926,3	9,7	4,257	0,684	0,172	201,036	0,212	1,23
150	916,9	10,3	4,270	0,684	0,173	185,346	0,201	1,17
160	907,6	10,8	4,285	0,680	0,173	171,616	0,191	1,10
170	897,3	11,5	4,396	0,679	0,172	162,290	0,181	1,05
180	886,6	12,1	4,396	0,673	0,172	152,003	0,173	1,01
190	876,0	12,8	4,480	0,670	0,171	145,138	1,166	0,97
200	862,8	13,5	4,501	0,665	0,170	139,254	0,160	0,95

8.3.2. ábra Forrás: Völgyes: Fűtéstechnikai adatok, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.

3.1. Nyitott tágulási tartály

Ma már ritkábban használunk a fűtési rendszerekben nyitott tágulási tartályt, de 20-30 ével ezelőtt ez szinte egyeduralkodó megoldás volt. Napjainkban ismét egyre gyakoribb a szilárdtüzelésű kazánok, esetleg vízteres kandallók használata. Ezeknél ma már hazánkban is kezdik alkalmazni a kazánba épített vízhűtőt és a hozzá kapcsolódó termikus biztonsági szelepet, de gyakran költségtakarékkossági okokból mégis a nyitott tágulási tartályt választják. Nem árt tehát, ha ismét feleleveníti az ezzel kapcsolatos ismereteinket.

Mi az oka, hogy ma ritkábban alkalmazzuk? Milyen előnyei-hátrányai vannak a nyitott tartálynak egy változó nyomású zárt tágulási tartállyal szemben? Nézzük ezeket:

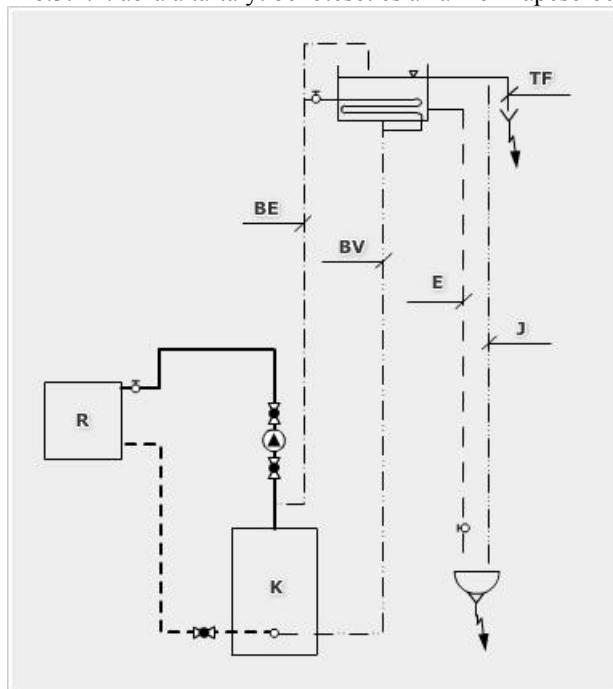
- A nyitott tágulási tartály mindenkor legmagasabb pontjára építendő, a zárt tágulási tartály helyének megválasztásánál kevesebb a kötöttség. E miatt a nyitott tartály időnként nagyon messze kerül a kazántól. Ez hosszú tágulási vezeték alkalmazását követeli meg, amelynél a költségek mellett felmerülhet annak a kérdése is, hogy egy hosszú vízszingintes elhúzásnál nem kell-e esetleg iszap lerakódás miatt eltömödéssel is számolni. Egyes épületeknél a tartályt a fűtött épületrészen kívül kell elhelyezni, ami fagyveszéllyel jár.
- Nyitott tágulási tartálynál állandó a rendszer nyomása. Ez előny a változó nyomású zárt tágulási tartállyal szemben (van állandó nyomású zárt tágulási tartály is), különösen akkor, ha a kazán nem terhelhető nagyobb nyomással. Hátrány lehet a nyitott tágulási tartály, ha nem helyezhető el elég magasan. Az automata légtelenítők helyes működéséhez legalább 0,2 bar (2 mvo) túlnyomás kell. Tetőtéri kazánoknál gondot jelent, hogy a kazánok és szivattyúk helyes működéséhez általában minimum 0,5 bar (5 mvo) túlnyomásra van szükség. Ez nyitott tartállyal nem minden biztosítható.
- A nyitott tágulási tartály vize érintkezik a levegővel, ezért az oldódik benne. Az oldott oxigént tartalmazó víz korroziót okoz az arra érzékeny szerkezetekben. Általában nem jelentős probléma, ha nincs túlzott cirkuláció

a tartályon keresztül. Hibás szerelésnél előfordulhat azonban, hogy a biztonsági előremenő és biztonsági visszatérő vezetéken keresztül folyamatosan cirkuláció valósul meg a tartályon keresztül. Ilyen esetekben a sűrű acéllemez radiátor lyukadás és a sok korroziós iszap keletkezése jelzi a problémát.

- A zárt tágulási tartály mérete időnként többszöröse a nyitott tartálynak. Ez különösen nagy rendszertérfogatknál lehet jelentős probléma.
- Nyitott tágulási tartálynál megoldható a kazánvíz esetleges felforrásánál keletkező gőz elvezetése. A szilárdtüzelésű kazánok a teljesítményét gyakran nem lehet elégé gyorsan szabályozni, ezért ezeknél régebben kötelező volt nyitott tágulási tartályok alkalmazása. Ma a bevezetőben említett termikus biztonsági szeleppel is megoldható a feladat.

A nyitott tágulási tartály méretét úgy kell megválasztani, hogy a hasznos térfogata nagyobb legyen a tágult víztér fogatnál. Hibát nem okoz a túlzott méretű tartály, de természetesen a költségeket növeli.

A 8.3.1.1. ábra a tartályt bekötését és az ahhoz kapcsolódó vezetékeket mutatja be.



8.3.1.1. ábra

A tágulási tartály legfontosabb vezetéke a biztonsági visszatérő vezeték (BV), amit gyakran tágulási vezetéknak is neveznek. A rendszer melegedésekor ezen a vezetéken keresztül áramlik a víz a tartályba, és ugyancsak ezen keresztül jut vissza a rendszer hűlésekor. Célszerű, ha a vezeték kissé túlnyúlik tartály alján, vagy oldalról van bekötve, hogy a tartály alján lerakódó szennyeződések ne jussanak a vezetékre. A vezeték minimális méretét az alábbi összefüggés szerint kell megválasztani:

$$d_{BV} = 15 + 0,93 \cdot \sqrt{\dot{Q}} \quad [mm]$$

Az összefüggésbe \dot{Q} a hőtermelő teljesítménye kW-ban helyettesítendő be.

A biztonsági előremenő vezeték (BE) feladata, hogy amikor a hőtermelőben felforr a víz, a keletkezett gőzt a tartályba vezesse. Ilyenkor a biztonsági visszatérő vezetéken keresztül víz tud a tartályból a kazánban visszaáramolni, ezzel a kazán nem marad hűtés nélkül. Amíg a tágulási tartály vizét nem forralják el, addig a kazán védve van.

A biztonsági előremenő vezetéket nem minden esetben építik ki, korábban a szabvány csak nagyobb teljesítményeknél írta elő, ezért kisebb rendszerekben, családi házaknál ritkán fordul elő. Ha felforr a kazán

vize, az elgőzölgésnél a gőz térfogata kb. 1000-szerese a vízének, ezért gyors áramlás indul meg a tartály felé. Mivel a tágulási vezeték hideg, ezért az abban áramló gőz kondenzálódva a térfogata ismét ezredrészére esik össze. Ugyanabban a vezetékben ilyenkor felváltva egyik, illetve másik irányba áramlik a közeg. Ez nagy sebességű, változó irányú áramlásokat eredményez, ami erős hanghatással és esetleg csőmozgásokkal jár együtt. Ennek elkerülésére szolgál a biztonsági előremenő vezeték, mert akkor az áramlási irányok egyértelműen adottak. A biztonsági előremenő vezetéken keresztül tud a keletkezett gőz kiáramolni, miközben a tartály vize a biztonsági visszatérő vezetéken keresztül visszajut a kazánba és hüti azt.

A biztonsági előremenő vezeték minimális méretét az alábbi összefüggés szerint kell megválasztani:

$$d_{BE} = 15 + 1,39 \cdot \sqrt{Q} \quad [mm]$$

Mindkét vezetéket úgy kell a bekötni, hogy a hőtermelő és a tartály közé nem kerülhet elzáró szerelvény. A vezetékeket úgy kell vezetni, hogy azok ne fagyjanak be, vagy ne tömődhessenek el lerakódások miatt.

A biztonsági előremenő vezetéket akkora hurokkal kell a tartály fölé kötni, hogy a szivattyú ne legyen képes azon keresztül vizet áramoltatni. A nyitott tágulási tartály vízfelszíne amúgy is állandóan érintkezik a levegővel és így levegőt tud felvenni a vize, de ha ez folyamatosan be is kerülne a fűtési rendszerbe, az nagyban növelné a korrózió veszélyét. A 8.3.1.1. ábrán látható kapcsolásnál a vezetéket elegendő akármilyen kis hurokkal kialakítani, mert a szivattyú bekapcsolásával a biztonsági előremenő vezetékben a vízszint a tartályhoz képest csökken, ugyanis a vezeték a rendszer szívott részéhez csatlakozik.

A rendszer nyomásviszonyainak megadásánál szokás szívott és nyomott részekről beszélni. A viszonyítás alapja a rendszer adott pontján hogyan változik nyomás szivattyú bekapcsolásával, ha azt a kikapcsolt szivattyújú rendszer nyomásához hasonlítjuk. A tágulási vezeték bekötési pontjába nyomás minden állandó. Ettől a ponttól a szivattyú szívócsönkjáig szívott rendszerről beszélünk, mert ezen a szakaszon a szivattyú bekapcsolásával a nyomás lecsökken. A szivattyú szívócsonja és a tágulási vezeték bekötése közt pedig nyomott a rendszer, mert itt a nyomás növekszik a szivattyú bekapcsolásakor.

A túlfolyó (TF) vezeték a tartály túltöltésekor hivatott a víz elvezetésére. Mérete a biztonsági visszatérő vezetéknél legalább 1 mérettel legyen nagyobb. A vezetéket a csatornába célszerű kötni. Ha a távolságok nem túl nagyok, akkor célszerű ezt a töltésre szolgáló szerelvény közelében kialakítani, hogy a rendszer töltését végző lássa, ha feltöltötte a rendszert.

Ha ez nem valósítható meg, akkor kap szerepet a jelző (J) vezeték. Ennek feladata, hogy jelezze, ha a túlfolyó vezetékben víz áramlik, bekötni ezért a túlfolyó vezeték aljába kell. Átmérője tetszőlegesen kicsi lehet, jellemző mérete 3/8". Ebbe a vezetékben nem szabad elzáró szerelvényt építeni.

Az ellenőrző vezeték (E) feladata a tartály ellenőrzése. Ez a tartály alsó vízszintje közelében van bekötve, és elzáró szerelvénnyel van felszerelve. Nagy távolságok esetén azonban már kétséges a megfelelő működése, mert nehezen eldönthető, hogy a kifolyó víz a tartály vize, vagy a csőben összegyűlt víz. Átmérőjét a lehető legkisebbre célszerű megválasztani, jellemzően 3/8" méretű.

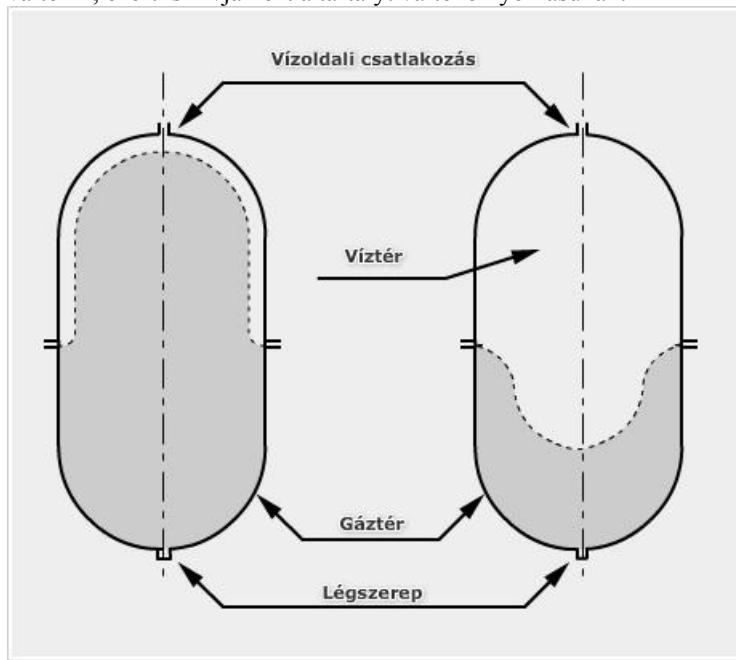
Ha tartály fagyveszélyes helyen van elhelyezve, akkor az ábrán is látható fűtővezetékkal lehet felszerelni. A fűtővezetéket nem szabad azzal kiváltani, hogy a vizet egyszerűen a tartályon keresztül áramoltatjuk. Ez a levegő oldódását segítené elő, amelyet mindenkorban kerülni kell. A fűtőcsőkigyó elhelyezésénél ügyelni kell arra, hogy egyes kapcsolásoknál a biztonsági előremenő vezetékben a vízszint a szivattyú bekapcsolásával lecsökken. Olyan szinten kell kialakítani, ahol még nem szakad meg a vízáram. Néha találkozní azzal, hogy ezért a fűtővezeték a tartályon kívül, az alatt van elhelyezve. Ez is jó megoldás, ha utána a szerkezeteket együtt hőszigeteljük.

3.2. Zárt tágulási tartály

Ennél a megoldásnál meg kell különböztetni a változó nyomású és az állandó nyomású zárt tágulási tartályokat. Ez a fejezet a változó nyomású zárt tágulási tartályokról szól.

A leggyakoribb megoldásnál a mélyhúzású fémlemezből készült tartály felek között egy rugalmas membrán található. A membrán egyik oldalán a fűtővíz, a másikon levegő, vagy valamilyen semleges gáz, például nitrogén található. A víz hőtágulása következtében a gáztöltet összenyomódik, tehát mind a térfogata, mind a

nyomása megváltozik. A membrán ezt a nyomást a vízoldalra is közvetíti, tehát a fűtési rendszer nyomása is változik, ezért is hívják ezt a tartályt változó nyomásúnak.



8.3.2.1. ábra

A 8.3.2.1. ábra a tartály mutatja be különböző állapotokban. A bal oldali ábra a teljesen lehúlt állapotot ábrázolja. Ilyenkor minimális a tartályban levő víz mennyisége, a membrán a tartály falára szorul, és szinte a teljes tartályt gáz tölti ki. A jobb oldali ábra azt az állapotot szemlélteti, amikor a rendszer a maximális hőmérsékletére van felfűtve, ilyenkor a tágult víz a tartályba jutva összenyomja a gáztöltetet. A tartályban ekkor a maximális nyomás lép fel.

A tartály szükséges mérete e két szélső üzemiállapot nyomásától függ, a kiválasztásnál ezeket kell helyesen felvenni.

A minimális nyomást előnyomásnak is hívják (jelölése p_e), mert a tartály üres, vízmentes állapotában ezt kell beállítani. Értékét úgy kell megválasztani, hogy nagyobb legyen, mint a beépítés helyén uralkodó vízoldali statikus nyomás. Ha ennél a statikus nyomásnál kisebb előnyomást állítanánk be, akkor a rendszer hideg állapotában is valamennyi víz jutna a tartályba. Ez nem cél, mert ezzel a hasznos tartályméréstünk csökkenne. Mivel a statikus nyomás sokszor pontatlanul állapítható meg, illetve használat közben esetleg némi gáztöltet elszökhet, ezért a gyakorlatban a ténylegesen szükségesnél $0,2 \div 0,3$ barral magasabb értéket szoktak beállítani.

Néhány esetben nem elegendő csupán a statikus nyomást meghatározni, más szempontok is felmerülhetnek. A víznyomásnak a rendszer minden pontján magasabbnak kell lennie, mint az adott hőmérséklethez tartozó telítési nyomás. Ez fontos szempont lehet $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti hőmérsékleten üzemelő rendszereknél. Ugyancsak speciális helyzet van a tetőtéri kazántelepeknél, a rendszer legmagasabb pontján elhelyezett hőtermelővel kialakított rendszereknél. Az esetleges egyenlőtlenség következtében bekövetkező helyi elgőzölgés, illetve a szivattyú kavítációjának elkerülése érdekében ezeknél a rendszereknél általában minimum 0,5 bar túlnyomást, 0,5 bar(t) írnak elő a kazánnál, ami 1,5 bar(a) abszolút nyomásnak felel meg. Ennek biztosítására nyomáskapcsolóval reteszeli is a kazán működését. Ilyen védelem a legtöbb falikazánban is ki van alakítva, a működésük feltétele a legalább 0,5 bar(t) túlnyomás megléte.

A tartályban megengedett maximális nyomás (jelölése p_{max}) értéke is korlátozott. Úgy kell megválasztani, hogy a rendszer valamennyi eleme kibírja ezt a nyomást. Általában elmondható, hogy a csővezetékek és szerelvények megengedett üzemi nyomása messze magasabb az itt megengedett értékeknél. Kritikus lehet azonban a fűtőtest nyomásállósága. A ma leggyakrabban alkalmazott acéllemez lapradiátoroknak 6 bar(t) vagy 10 bar(t) a megengedett üzemi nyomása. Meglévő rendszereknél azonban ügyelni kell arra, hogy a korábban nagyon gyakran alkalmazott acéllemez tagos radiátorknál gyakori volt a 4 bar(t) üzemi nyomású, csak külön rendelésre készült 6 bar(t)-os változat. A kazánok nyomásállóságát is feltétlenül ellenőrizni kell. Vannak olyan lemez kazánok, amelyeknél 1,5 bar(t) a megengedett üzemi nyomás. Ez már annyira alacsony érték, hogy gyakorlatilag nem lehet változó nyomású zárt tágulási tartályt alkalmazni. Végül magának a tágulási tartálynak a

nyomásállósága is lehet korlát, sőt gyakori, hogy ez tudatosan viszonylag alacsony érték, például 3,5 bar(t) egy olyan rendszerben, ahol a többi elem megengedett üzemi nyomása legalább 4 bar(t), hogy probléma esetén először a tágulási tartály menjen tönkre, ne valamelyik nagyobb értékű rendszerelem.

A maximális nyomás megválasztásánál tehát a legalacsonyabb üzemi nyomású berendezést kell alapul venni. Mivel a rendszer biztosítása rugóterhelésű biztonsági szeleppel történik, ezért annak lefúvatási nyomását kell erre a maximális nyomásra választani, a tartályban tervezett legmagasabb nyomást pedig ennél 0,2-0,3 barral alacsonyabb értékre kell tervezni.

Vigyázni kell arra is, hogy a tartály szintje alatti rendszer részekben a tartálynál mérhető nyomáshoz képest nagyobb nyomás is előfordulhat. Tetőtéri kazántelep esetén a tartály maximális nyomását úgy kell megválasztani, hogy a legmélyebb ponton levő radiátoroknál se legyen túl nagy a nyomás értéke.

A tágulási tartály méretének megválasztásakor a Boyle–Mariotte–gáztörvényt kell a két szélső állapotra felírni, mert a nyomások változása a gáztér nyomásával írható le. Az egyenlet bal oldalán a teljesen gázzal töltött tartály szerepel, és így abban az előnyomás uralkodik. A jobb oldal azt írja le, hogy a fűtővíz hótágulása következetében a tágult víz a tartályba jutva, annak gázterét csökkentette, összenyomta:

$$p_{elő} \cdot V_t = p_{max} \cdot (V_t - \Delta V)$$

ahol:

$p_{elő}$ a tartály előnyomása, bar(a)

p_{max} a tartály megengedett maximális nyomása, bar(a)

V_t a tartály térfogata, liter

ΔV a rendszer tágult vízmennyisége, liter

Az összefüggésben abszolút nyomásokat kell megadni!

Az összefüggést inkább olyan formában szokás használni, ahol a szükséges tartálytérfogat van kifejezve:

$$V_t = \frac{\Delta V \cdot p_{max}}{p_{max} - p_{elő}} = \Delta V \cdot \frac{1}{1 - \frac{p_{elő}}{p_{max}}} \quad [liter]$$

Általában azt lehet mondani, hogy a tartály túlméretezése nem okoz gondot, kivéve, ha olyan nagy tágulási tartályt választottunk, hogy a rendszerben a nyomás alig változik, mert ilyen esetben előfordulhat, hogy a lefúvató szelep nyitása előtt felforr a rendszerben a víz.

A túl kicsi tartálynál gyakran meghaladja a rendszer nyomása a megengedett értéket, a biztonsági szelep gyakran lefúj, ezért gyakori a rendszerben a vízhiány, sűrűn után kell tölteni.

Nézzünk két példát arra, hogyan befolyásolja a szükséges tartálytérfogatot a tartály elhelyezése, illetve a rendszer sajátosságai.

Egy 5 szintes épületbe kell tágulási tartályt választani. A fűtési rendszer tágult víztérfogata ismert, 50 liter. A tágulási tartály a pincében van elhelyezve. A rendszer legmagasabb pontja a tartály felett 15 m. A kazán megengedett üzemi nyomása 6 bar(t), a radiátoroké 4 bar(t) és a tágulási tartályé 3,5 bar(t).

A 15 m magasságú rendszer miatt 1,5 bar(t) statikus nyomás van a tartálynál, ezért annak előnyomását $p_{elő} = 1,8$ bar(t) = 2,8 bar(a) értékre vesszük fel. A maximális nyomás értékét a tágulási tartály határozza meg. A rendszerbe szerelt biztonsági szelep lefúvatási nyomását ezért $p_{le} = 3,5$ bar(t) értékre választjuk. A rendszer maximális nyomása legyen $p_{max} = 3,2$ bar(t) = 4,2 bar(a). Ezek felhasználásával a szükséges tartályméret:

$$V_t = \Delta V \cdot \frac{1}{1 - \frac{p_{elő}}{p_{max}}} = 50 \cdot \frac{1}{1 - \frac{2,8}{4,2}} = 150 \text{ l}$$

Ha ugyanennél az épületnél a kazán és a tágulási tartály a tetőterbe kerül, akkor a tartály a közel a legmagasabb helyre került, a rendszer legmélyebb pontja 15 m-el van a tartály alatt. A kazán biztonságos működéséhez legalább $p_{min} = 0,5$ bar(t) szükséges, ezért az előnyomást $p_{elő} = 0,8$ bar(t) = 1,8 bar(a) értékre vesszük fel. A maximális nyomás felvételenél figyelemmel kell lenni arra, hogy a rendszer alján a nyomás 1,5 barral magasabb. A biztonsági szelep lefúvatási nyomását ezért maximum $p_{le} = 2,5$ bar(t) értékre választhatjuk. A rendszer maximális nyomása így $p_{max} = 2,2$ bar(t) = 3,2 bar(a). A szükséges tartályméréket:

$$V_t = \Delta V \cdot \frac{1}{1 - \frac{p_{elő}}{p_{max}}} = 50 \cdot \frac{1}{1 - \frac{1,8}{3,2}} = 114,3 \text{ l}$$

Az előnyomás és maximális nyomás különbsége minden esetben ugyanakkora volt, a nagyobb tartályméréteket a nagyobb maximális nyomásnál adódik.

Végül érdekességgé válik, mi történne abban az esetben, ha 8 szintes, 24 m magas épületnél kellene hasonló feltételekkel a tartályt alkalmazni.

A pincében elhelyezett tartálynál az előnyomását $p_{elő} = 2,7$ bar(t) = 3,7 bar(a) értékre kellene felvenni. A maximális nyomás értéke változatlan maradhat. A szükséges tartályméréket:

$$V_t = 50 \cdot \frac{1}{1 - \frac{3,7}{4,2}} = 420 \text{ l}$$

A tetőterben elhelyezett tartálynál az előnyomás értéke maradhat változatlan, a biztonsági szelep lefúvatási nyomása maximum $p_{le} = 1,6$ bar(t) értékre választhatjuk. A rendszer maximális nyomása ezért $p_{max} = 1,4$ bar(t) = 2,4 bar(a). A szükséges tartályméréket:

$$V_t = 50 \cdot \frac{1}{1 - \frac{1,8}{2,4}} = 200 \text{ l}$$

Az eredményekből jól látható az, hogy az előnyomás és maximális nyomás közti különbség kicsi, akkor lényegesen nagyobb tartálymérétek adódnak. Ugyancsak növeli a tartály méretet a magasabb értékű maximális nyomás. A 8 szintes épületnél a pincei elhelyezésnél a tágult vízmennyisége többszörösére kellett a változó nyomású zárt tágulási tartály méretét választani. Ha ugyanezt a feladatot egy 10 szintes épületnél kellene megvalósítani, akkor kiderülne, hogy ez nem is valósítható meg már ezzel a tartálytípussal. Ha mindenkiéppen változó nyomású zárt tágulási tartály kívánunk alkalmazni, akkor magasabb nyomásállóságú kell használni. Kérdés persze, hogy ezekkel a radiátorokkal szabad-e vállalni ezt.

Célszerű azonban erre a feladatra inkább állandó nyomású zárt tágulási tartályt alkalmazni, vagy más megoldást keresni.

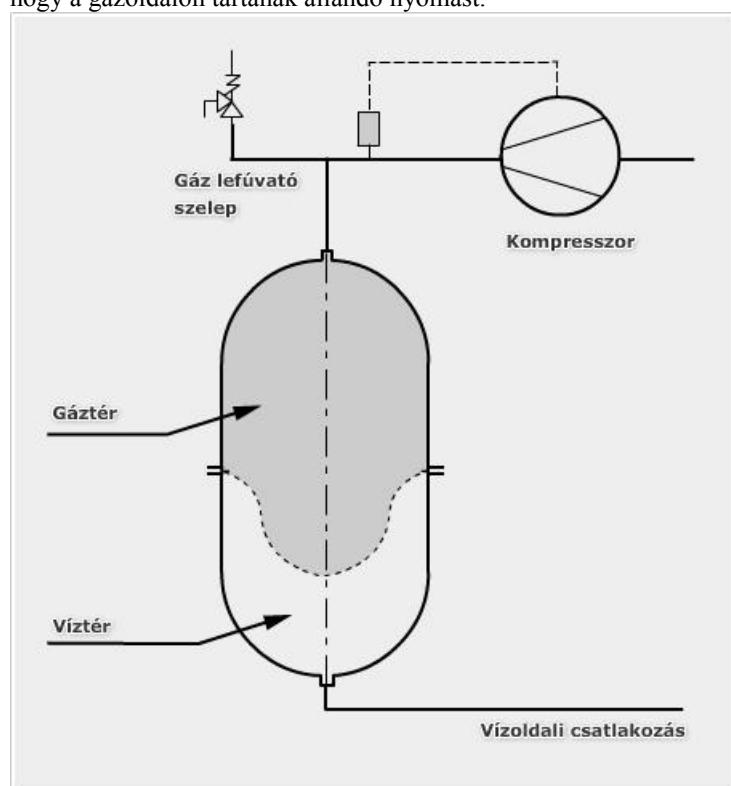
A változó nyomású zárt tágulási tartályok használatának korlátai vannak.

- Korlátot jelenthet a rendszerméret. Mivel a zárt tágulási tartály mérete mindenkorábban nagyobb, mint a tágult víz térfogata, ezért nagy rendszerméretekben, ahol esetleg már több köbméteres tartályokra lenne szükség, a tartályok költsége és elhelyezési nehézségei miatt célszerűbb más megoldást keresni.
- Magas épületeknél a szükséges előnyomás és a megengedett maximális nyomás megválasztásánál erős korlátok vannak. Kedvezőtlen esetben a kicsi nyomásváltozás miatt túl nagy tartálymérét adódik, vagy esetleg nem is lehet a feladatot zárt tartálytal megvalósítani.
- A változó rendszernyomás egyes rendszereknél problémát jelent, ezért nem alkalmazható.

Ezekre az esetekre is kell megoldást találni. A lehetséges megoldások közül kívánok néhányat bemutatni.

3.3. Állandó nyomású zárt tágulási tartály

A zárt tágulási tartályoknak van állandó nyomású változata is. A vízoldali állandó nyomás úgy biztosítható, hogy a gázoldalon tartanak állandó nyomást.



8.3.3.1. ábra

A 8.3.3.1. ábrán látható megoldásnál a víz- és gázteret ugyancsak gumimembrán választja el. A működés során gázoldalon a nyomás természetesen nem állandó értékű, de mivel sokkal kisebb határok között változik, ezért a megoldást állandó nyomásúnak tekinthetjük.

A víz hűlése következtében csökkenő víztérfogat a gázoldalon nyomáscsökkenést okoz. A kompresszorhoz tartozó nyomáskapcsoló egy beállított alsó határ elérésekor bekapesolja a kompresszort, a nem sokkal magasabb felső nyomáshatár elérésekor leállítja azt. A rendszer felfűtésekor táguló víz a gázoldali nyomást növeli. A beépített rugóterhelésű biztonsági szelep nyitónyomása az előző nyomások felett van néhileg. A nyomás elérésekor nyit, ezzel megakadályozza a nyomás további növekedését. A rugóterhelésű szelepet esetenként mágnesszeleppel váltják ki, amelynek működtetése ugyancsak nyomáskapcsolóról történik.

Ennél a megoldásnál a tágult víztérfogattal megegyező méretű tartályra van szükség. Ha a gyártott méretet túlléptük, ekkor elegendő egy olyan kiegészítő tartály alkalmazása, amely ugyancsak membránnal rendelkezik, és a mind a vízoldalon, mind gázoldalon párhuzamosan van kötve a másik tartálytal, de nincs szükség újabb kompresszorra és szelepre. Általában mind a kompresszor, mind a biztonsági szelep mérete megfelel, mert a víz hőmérsékletváltozása, és az ebből adódó térfogatváltozás lassú folyamat.

Egyes esetekben célszerű egy úgynevezett előtéttartály alkalmazása. Ez egy a vízoldalon beiktatott puffer tartály, a feladata megakadályozni, hogy a magas hőmérsékletű víz közvetlenül a tartályba jutva annak gumimembránját veszélyeztesse.

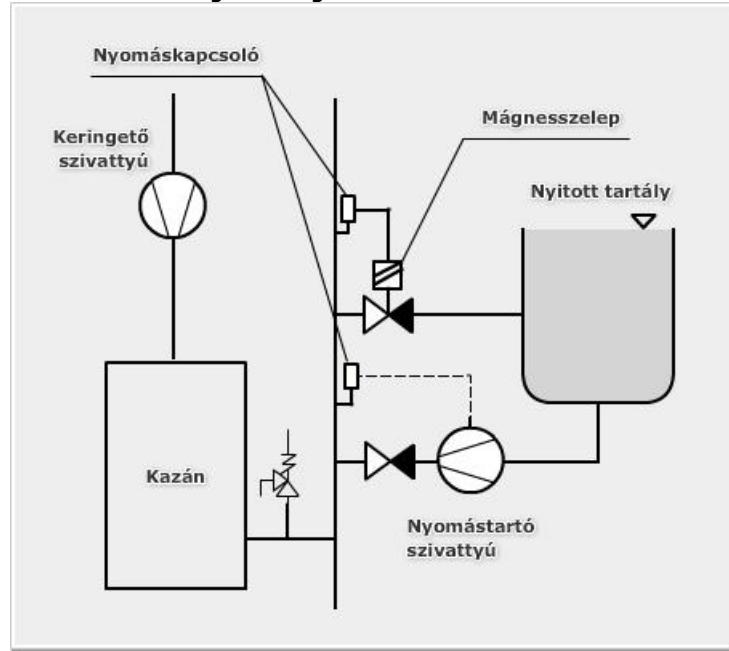
A megoldás hátránya lehet a kompresszor működési zaja.

Nem alkalmas kompresszoros megoldás a csőtörésből eredő hirtelen nyomáscsökkenés kezelésére, de ez csak speciális esetekben elvárás. 100 °C feletti hőmérsékleten üzemelő rendszereknél a kigözölgés, és az abból adódó további problémák elkerülése miatt gondoskodni kell megfelelő víz utánpótlásról. Ezt más megoldásokkal lehet biztosítani.

Ilyen lehet például a gázoldali nyomás nagynyomású gáztartályokról, gázpalackokról való biztosítása. Ha a nyomáskapcsoló helyett gázoldalon nyomáscsökkentő alkalmaznak, akkor a berendezés nem igényel tápfeszültséget, tehát ez a megoldás nem csak nagyobb kapacitású, hanem a feszültség kimagadásra is érzéketlen. Ha a feladathoz semleges gázt, például nitrogént alkalmaznak, akkor a membrán is elhagyható, ami nagy méretekben (távfűtési rendszer primer oldala) ugyancsak szempont.

Egyes esetekben nem gázt, hanem vízgözt alkalmaznak a feladatra. A tartályban telített állapot van, a víztér felett gözpárna található. A megfelelő nyomást a víz telítési hőmérsékletre való felmelegítésével lehet tartani. A megoldás előnye, hogy hirtelen vízelfolyás esetén a nyomáscsökkenés következtében elgőzölgő vízből kb. ezerszer akkora térfogatú vízgőz keletkezik, ezzel a nyomáscsökkenés jelentősen mérsékelhető.

3.4. Szivattyús nyomástartás



8.3.4.1. ábra

Ennél a megoldásnál nagy előnyt jelent, hogy a víz tárolására és utánpótlására nyitott tágulási tartályt lehet alkalmazni, amit nem a rendszer legmagasabb pontján kell elhelyezni. A rendszer nyomástartását szivattyú végzi, amit nyomáskapcsoló vezérel, csökkenő nyomásnál bekapcsolva azt. A hőmérséklet növekedése miatt túlzottan megemelkedő nyomásnál egy másik nyomáskapcsoló mágnesszelep nyitásával engedi le a tágult vizet a nyitott tartályba. Ez utóbbit esetleg rugóterhelésű szeleppel is lehet helyettesíteni. A beépített szivattyúnak kis vízmennyiséget kell szállítania, de a rendszer nyomásának megfelelő emelőmagassággal kell rendelkeznie.

Nagyobb rendszermereteknél, elsősorban távfűtési hőközpontokban elterjedt megoldás.

3.5. Nyomástartó – gáztalanító automatikák

A víztágulásból adódó feladatokon túl egyes megoldások kapcsolódó szolgáltatásként például a vízben oldott gáztartalom csökkentését is kínálják.

A gáztalanítás elvének megértéséhez előbb nézzük meg, hogy mitől függ a vízben oldott gáz mennyisége. A Henry-Dalton törvényként ismert kémiai törvény az alábbi összefüggéssel írható le:

$$C = K \cdot p \quad [m^3 / m^3]$$

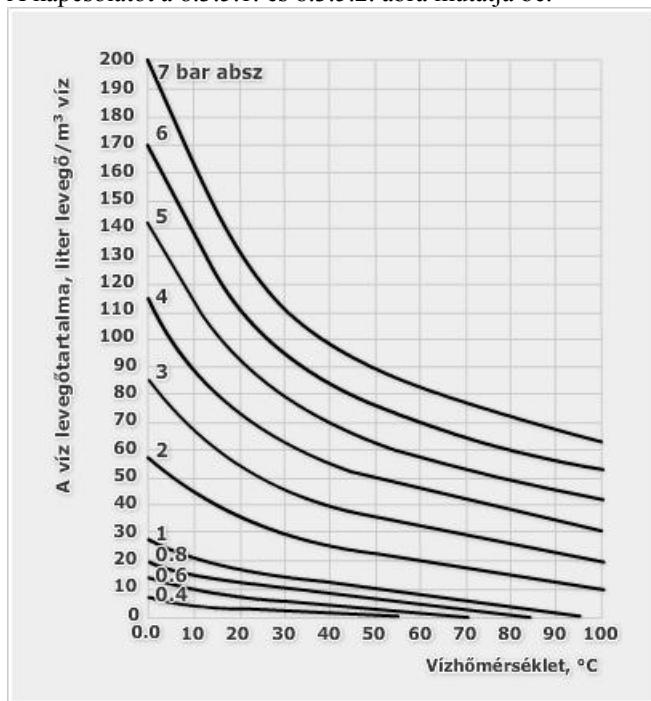
Ahol:

C az oldott gázmennyiség, m^3 gáz/ m^3 víz

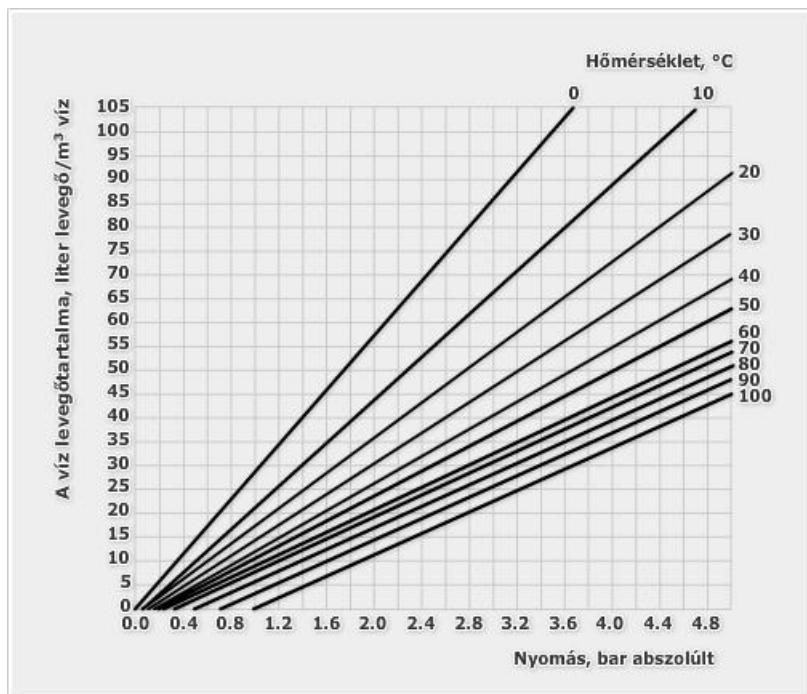
K a gáz minőségétől és hőmérsékletétől függő anyagi állandó

p a rendszer abszolút nyomása, bar(a)

A kapcsolatot a 8.3.5.1. és 8.3.5.2. ábra mutatja be.



8.3.5.1. ábra

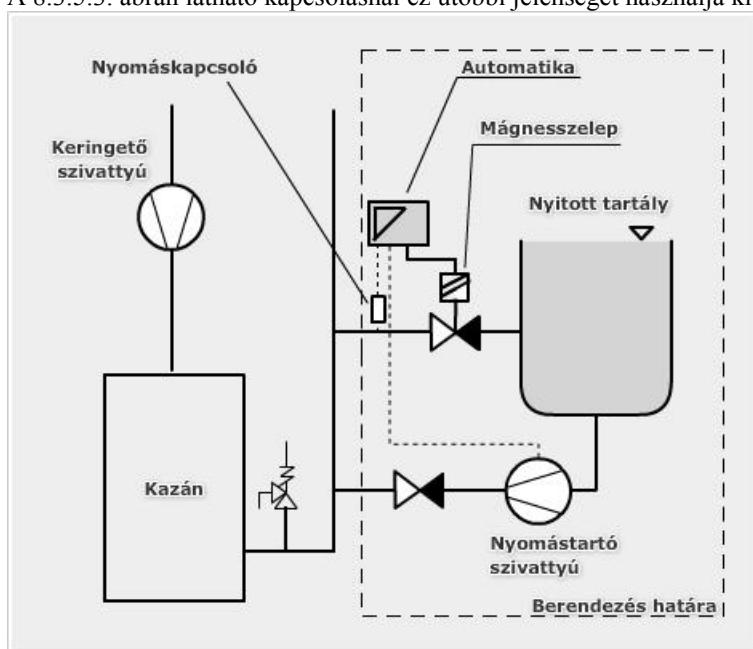


8.3.5.2. ábra

A 8.3.5.1. ábrán jól látható, hogy a telítési hőmérséklet elérésekor a víz gázoldó képessége nullára csökken. Ezt a gőzkazánok tápvíz előkészítésénél használják ki, az ott alkalmazott termikus gáztalanítóban felforralva a vizet abból a gázok kiválnak.

A 8.3.5.2. ábrán látható jelenséget például szénsavas italok nyitásánál érzékelhetjük. A palack nyomását hirtelen lecsökkentve sok széndioxid válik ki hirtelen, mert alacsonyabb nyomáson kisebb az oldóképesség.

A 8.3.5.3. ábrán látható kapcsolásnál ez utóbbit jelenséget használja ki a berendezés.



8.3.5.3. ábra

Ez a berendezés szivattyús nyomástartást az előzőekben ismertetett módon oldja meg. A gáztalanítás úgy történik, hogy időnként a szivattyúval a rendszer nyomását szándékosan megnöveli a berendezés, majd a mágnesszelep nyitásával vizet enged ki a nyitott tartályba. A hirtelen nyomáscsökkenés eredményeként az oldott

levegő mikrobuborékok formájában kiválik. Ezt a folyamatot a berendezés rendszeresen, automatikusan megismétli. A gyakoriság annak függvénye, hogy a szivattyú bekapcsolásával milyen gyorsan emelkedik a rendszer nyomása. Amikor sok oldott levegő van a rendszerben, akkor lassú a nyomásemelkedés, „puha” a rendszer. Az oldott levegőtartalom csökkenésével „felkeményedik” a rendszer és elegendő ezt a feladatot ritkábban elvégezni.

Az oldott oxigéntartalom a rendszerben lezajló korrózió egyik oka, ezért a gáztartalom csökkentésével a berendezés a rendszer élettartamát növeli, karbantartási igényét csökkenti.

4. Biztonsági szerelvények

4.1. Rugóterhelésű biztonsági szelep

A zárt fűtési rendszerek hótágulás miatt bekövetkező nyomásemelkedésének határt kell szabni a rendszer védelme érdekében. Erre a cérla a hőtermelőkhöz biztonsági szelepet kell beépíteni úgy, hogy a hőtermelő és a szelep közé elzárószerelvénnyel nem kerülhet, ezért sokszor magán a kazánon alakítanak ki közvetlenül csatlakozási lehetőséget (a falikazánoknak a biztonsági szelep szerves része). A biztonsági szelep méretét a gyártók előírásai alapján kell megválasztani.

A szelep lefúvató csonkjához vezetéket célszerű csatlakoztatni, hogy a működésekor kilépő víz ne okozzon kárt a helyiségen és az egyéb berendezésekben. Ez a csővezeték azonban nem rendelkezhet jelentős áramlási ellenállással, mert az a szelep biztonságos üzemét befolyásolná. A szelep lefúvató csonkjához ezért egy tölcser beépítése célszerű. A tölcser beépítése egyúttal azt is biztosítja, hogy látható, ha a szelepből víz lép ki.



8.4.1.1. ábra Forrás: FLAMCO termékkatalógus



8.4.1.2. ábra Forrás: FLAMCO termékkatalógus

Korábban a szilárdtüzelésű kazánokat csak nyitott tágulási tartálytal volt szabad biztosítani. Erre azért volt szükség, mert a kazán teljesítménye nem, vagy csak nehezen szabályozható, ezért az abban levő víz könnyen felforrhat. Az ekkor keletkezett gőz biztonsággal elvezethető a korábban ismertetett biztonsági előremenő vezetéken keresztül, miközben a biztonsági visszatérő vezetéken a tágulási tartályból visszaáramló víz gondoskodik a kazán hűtéséről.

Ma gyakran találkozni azzal az igennel, hogy gázkazánnal közös rendszerbe kellene szilárdtüzelésű kazánt kötni. Amennyiben a gázkazánnál a víznyomás alulról korlátozott, minimum 0,5 bar(t), gyakran a nyitott tágulási tartály alkalmazása lehetetlenné válik. Ennek a problémának a megoldására más biztonságtechnikai megoldások is rendelkezésre állnak.

A DIN 4751/2 szabvány 100 kW alatti szilárd tüzelésű rendszereknél lehetővé teszi a zárt tágulási tartály alkalmazását, ha az alábbi feltételek teljesülnek:

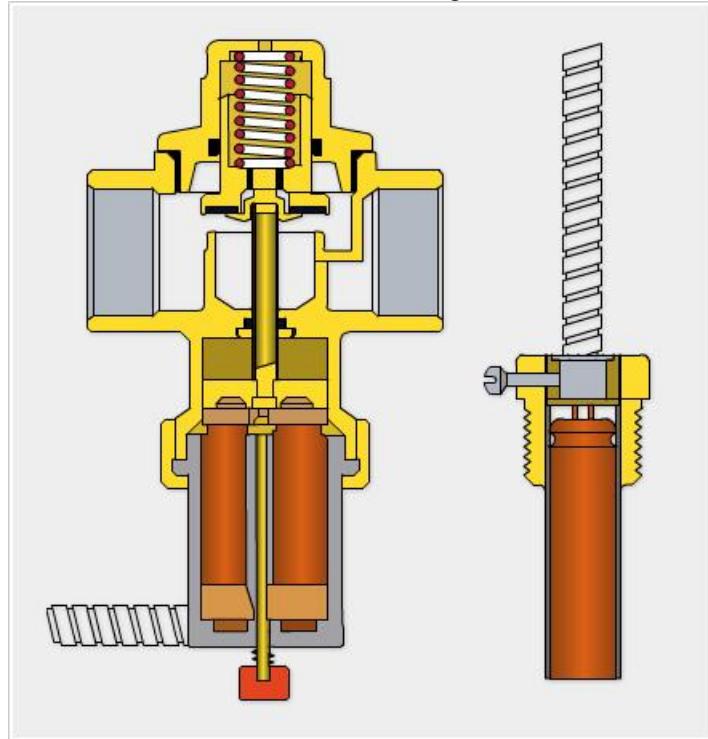
- A rendszert fel kell szerelni termikus biztonsági szeleppel. Azt az épület hidegvíz hálózatára kell kötni, a hálózatban minimum 2 bar túlnyomás rendelkezésre kell álljon.
- A kazánt égési levegő szabályozóval kell ellátni.
- Az égéstermék elvezető rendszerbe huzathatóról kell beépíteni.

A termikus biztonsági szelep olyan segédenergia nélkül működő biztonsági szelep, amelynek folyadéktöltetű érzékelőjét a kazánba kell behelyezni. Ha az érzékelőben levő töltet 95 °-ra felmelegszik, akkor a megnövekedett nyomás nyitja a szelepet. A szelep nyitja a hidegvíz hálózatot, a víz átáramlik a kazánba épített vészeltő hőcserélőn, majd a felmelegedett víz egy nyitott vezetéken keresztül a csatornába jut. A hőcserélő méretét úgy kell megválasztani, hogy képes legyen a kazánban keletkezett hőenergiát elvezetni, így a víz felforrását megakadályozni. A 8.4.1.5. ábra egy kandallóbetétet mutat be, amelyben jól látható a víztérben a spirál formájú vészeltő hőcserélő.

A szelep érzékelőjében egymástól függetlenül működő két tágulótest van, ez a biztonságot szolgálja, mert ha az egyik meghibásodik, a másik képes még a szelep nyitására. A szerelvényen a működés ellenőrzését lehetővé tevő gomb található. A szerelvény működését évente szakemberrel ellenőriztetni kell.



8.4.1.3. ábra Forrás: Caleffi termékkatalógus



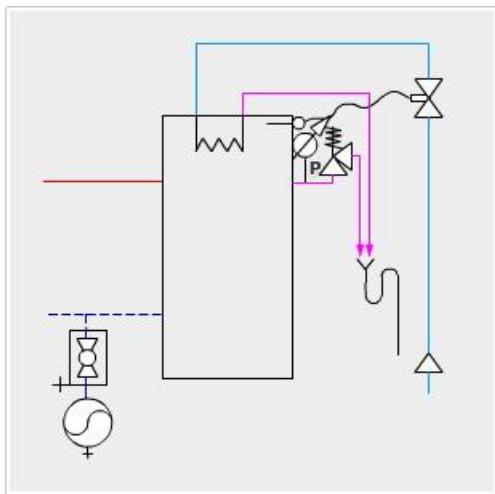
8.4.1.4. ábra Forrás: Caleffi termékkatalógus



8.4.1.5. ábra Forrás: TEKON termékkatalógus

A 8.4.1.6. ábra a kazán biztonsági berendezéseinek beépítésére mutat példát. A termikus biztonsági szelep vezetékébe elzáró szerelvény nem építhető. A termikus biztonsági szelepen, vagy a rugóterhelésű biztonsági szelepen elfolyó víz a szennyvíz csatornába van elvezetve.

Létezik olyan megoldás, is, amelynél a kazánba nincs vészhatású hőcserélő beépítve. A termikus biztonsági szelep nem csak a hidegvíz ágat, hanem az elfolyó víz ágat is nyitja, illetve zárja, a szelep működéskor a hűtővíz közvetlenül a kazán tűzterébe jut. Ez természetesen csak olyan esetben valósítható meg, ha a kazán kostrukciója a hidegvíz közvetlen bevezetését megengedi.



8.4.1.6. ábra

4.2. Csatlakozó blokk

A tágulási tartály csatlakozó vezetékébe elzárószerelvényt biztonsági okokból nem szabad beépíteni. A változó nyomású zárt tartályok előnyomását azonban legalább évente ellenőrizni kell, mert abból a gáztöltet különböző okokból elszökhet. A gázoldalon levő szelepen lehetőség van nyomás mérésére, de ha a rendszer vízzel fel van töltve, akkor a membrán miatt a gázoldalon is a vízoldali nyomás mérhető. Az előnyomás mérésére csak úgy lenne lehetőség, ha ehhez a fűtési rendszert leürítjük.

Ennek a problémának a kiküszöbölésére a tartálygyártók úgynevezett csatlakozó blokkot kínálnak, amely több szolgáltatás is nyújt:

- A tartály csap segítségével kizáráható, de ez a csap az illetéktelen használat ellen biztosítva van. Például egy plombával zárt zárókupakot kell először eltávolítani és utána is csak speciális eszközzel, például imbuszkulccsal lehet a zárást elvégezni.
- A szerelvényen golyósszelep található a tartály nyomásmentesítésére, illetve a mérés utáni feltöltéshez.
- Esetleg nyomásmérő is fel van szerelve a rendszernyomás ellenőrzésére.



8.4.2.1. ábra Forrás: FLAMCO termékkatalógus

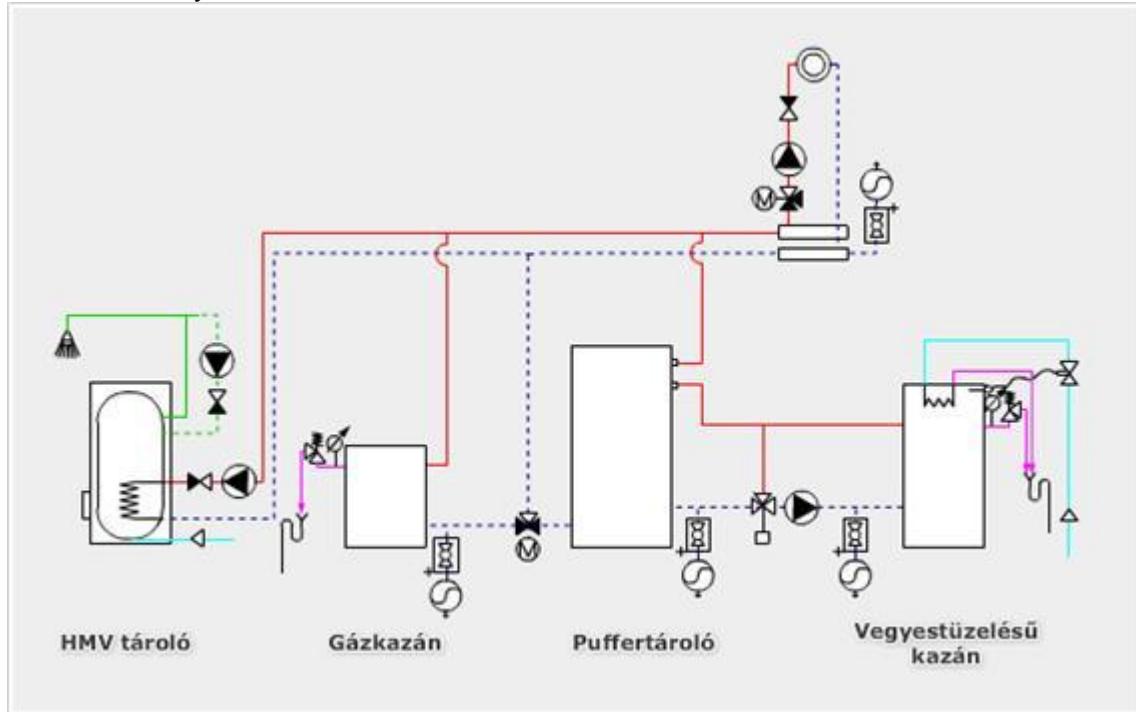
Végül a 8.4.2.2. ábrán példát mutatunk be gázkazán és szilárdtüzelésű kazán közös rendszerben való üzemeltetésének helyes kialakítására.

A szilárdtüzelésű kazán visszatérő vezetékébe olyan termikus működtetésű keverőszelep van beépítve, amely a visszatérő víz hőmérsékletének $60\ldots70$ °C-ra történő emelésével biztosítja, hogy a kazánban ne legyen égéstermék oldali kondenzáció. A szilárdtüzelésű kazánhoz puffertároló kapcsolódik, így a kazán optimálisan, magas vízhőmérsékleten üzemeltethető, , sok égesi levegővel. A kapcsolódó fogyasztói rendszerek fogyasztása a hőtermeléstől függetlenítve van.

Ha a puffertárolóban a víz hőmérséklete a szükséges alá lecsökken, a rendszervezérő automatika a gázkazán visszatérő vezetékébe épített váltószelepet átváltja, és a gázkazánt elindítva gondoskodik a folyamatos energia elvétel lehetőségéről.

A puffertároló méretét kétféle szempont figyelembevételével kell megválasztani. Biztonságtechnikai okokból a puffertároló méretének akkorának kell lennie, hogy a szilárdtüzelésű kazánban keletkező hőenergiát képes legyen felvenni akkor is, ha nincs fogyasztói igény. A másik szempont, hogy adott gyakoriságú begyújtásokkal a rendszer energiaellátása a szilárdtüzelésű kazán egyedüli üzemeltetésével is legyen biztosítható.

A kapcsoláson több tágulási tartály is szerepel. Ennek oka az, hogy a hőtermelők a szakaszolhatóság és leválaszthatóság érdekében elzáró szerelvényekkel is rendelkeznek (ezek az érhetőség érdekében nincsenek ábrázolva), a leválasztott hőtermelőknél is szükség van tágulási tartályokra biztonsági okokból. Ezeknek a tartályoknak a méretének megválasztásánál elegendő a biztosított berendezés víztérfogatát figyelembe venni, ezért ezek a tartályok kisméretűek.



8.4.2.2. ábra Forrás: BUDERUS termékkatalógus

Felhasznált irodalom

Arbeitsmappe. Heiztechnik, Raumlufttechnik, és Sanitärtechnik. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf. 1984.

Fűtéstechnikai adatok. Völgyes. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1989.

Kézben tartott áramlás. Vinkler, Károly. Mérnöki Kamara Nonprofit Kft., Budapest. 2012.

Hidraulika, a melegvízfűtés szíve. Rudolf, Jauschowetz. HERZ Armaturen GmbH., Wien. 2007.

Fűtés- és Klímatechnika. Recknagel, Sprenger, és Schramek. Dialóg Campus Kiadó. 2000.

9. fejezet - Épületek energetikai tanúsítása

Statisztikai adatok bizonyítják, hogy az európai országok energiafogyasztásának 45–50%-a az épületek létesítésére és üzemeltetésére fordítódik, vagyis az energiafelhasználás és a fenntartható fejlődés szempontjából ez a legkritikusabb és legfontosabb szektor.

Ennek értelmében, a fenntartható fejlődés biztosítása érdekében, az Európai Parlament és a Tanács kiadta az épületek energiateljesítményéről szóló 2002/91/EK direktívát, amely kötelezően előírja a tagállamok részére, hogy léptessék hatályba mindeneket a belső szabályokat, amelyek szükségesek ahhoz, hogy az irányelvben megfogalmazott követelmények legkésőbb 2006. január 4-ig hatályba lépjenek.

1. A direktíva lényeges pontjai

- Az új épületek energiafogyasztását az észszerűség határain belül korlátozni kell.
- Az energiafogyasztást primer energiában kell kifejezni, értékének meghatározása során az épület rendeltetésszerű használatához szükséges valamennyi rendszert (fűtés, hűtés, szellőztetés, világítás, melegvízellátás) figyelembe kell venni.
- Meglévő, 1000 m²-nél nagyobb nettó fűtött alapterületű épületek lényeges felújítása esetén ugyanazokat a követelményeket kell alkalmazni, mint az új épületek esetében.
- Az 1000 m²-nél nagyobb nettó fűtött alapterületű új épületek esetében meg kell vizsgálni az alternatív energiaellátás célszerűségét.
- Valamennyi új épületet használatbavételekor, valamennyi meglévő épületet tulajdonjogának változásakor energetikai minőségtanúsítvánnyal (a továbbiakban a magyar rövidítés szerint **ET**) kell ellátni, amelynek érvényességi időtartama tíz év.
- Az 1000 m²-nél nagyobb nettó fűtött alapterületű, nagy közönségforgalmú középületekben ezt a tanúsítványt közszemlére kell tenni.
- A 12 kW-nál nagyobb teljesítményű légkondicionáló rendszereket rendszeres időszakos felülvizsgálatnak kell alávetni.
- A 20 kW-nál nagyobb teljesítményű kazánokat rendszeres időszakos felülvizsgálatnak kell alávetni.
- A tizenöt évnél régebbi kazánokkal üzemelő fűtési rendszereket egyszeri felülvizsgálatnak kell alávetni.
- A minőségtanúsítást végző szakemberek tevékenységét, és a tevékenységre vonatkozó jogosítvány megszerzésének feltételeit szabályozni kell.

A hivatkozott irányelv keretrendeletről tekintendő abban az értelemben, hogy a számítási és vizsgálati módszerek részletes előírását, a tervezési adatokat, a követelményértékeket és a minőségi osztályok határértékeinek meghatározását minden tagországnak magának kell elvégeznie az éghajlati adottságok, az építőipari feltételek, az energiahordozók struktúrájának figyelembevételével.

Az új szabályozással kapcsolatban a tagországok szintjén nem képezheti mérlegelés tárgyát (azaz kötelező) az, hogy:

- a követelményérték az épület valamennyi épületgépészeti és világítási rendszerének összesített energiafogyasztására vonatkozik,
- az összesített energiafogyasztást primer energiában kell kifejezni,
- 1000 m² hasznos alapterületet meghaladó épületek lényeges felújítása esetén a felújított épületre ugyanazokat a követelményeket kell alkalmazni, mint az új épületek esetében.

A szabályozás hatálya alá eső épületek körét illetően a Direktíva részben konkrét meghatározásokat, részben útmutatást ad, a „lényeges felújítás” fogalmára példaként két meghatározást közöl.

Elvárás, hogy a tagországok idevágó szabályozásai között a fogalom-meghatározások, egyes számítási módszerek tekintetében összhang legyen, az ehhez szükséges folyamatos egyeztetések a tagországok tevékenységét összefogó szakmai bizottságokban folytak és folynak.

2. Hazai szabályozás

A direktívában előírt számítási algoritmus és a követelmények a 7/2006. (V.24) TNM rendeletben jelent meg. A rendelet 2006. szeptember 1.-től kötelezővé teszi az épületek engedélyezési terveinek készítésénél azok épületenergetikai ellenőrzését.

3. Hatály és kivételek

Az energetikai követelmények tekintetében a rendelet hatálya kiterjed valamennyi

a/ olyan új épületre, amelyben az előírt belső hőmérséklet a november 15. – március 15. közötti időszakban legalább 100 napon, legalább napi 8 órán át 16 °C vagy annál magasabb, fűtött térfogata legalább 150 m³, és létesítésére,

illetőleg

b/ olyan meglévő épületre, amelyben az előírt belső hőmérséklet a november 15. – március 15. közötti időszakban legalább 100 napon, legalább napi 8 órán át 16 °C vagy annál magasabb, fűtött alapterülete 1000 m²-nél nagyobb, és lényeges felújítására

az építési engedély iránti kérelmet a rendeletben megadott időpontot követően adták be.

4. Kivételek

Az energetikai követelményeket illetően a rendelet hatálya nem terjed ki:

a/ *lényeges felújítás esetén* a műemelki vagy városképi szempontból helyi védelem alatt álló épületekre, ahol az energiatakarékossági követelményeknek való megfelelés elfogadhatatlan mértékben megváltoztatná ezen épületek jellegzetességeit vagy megjelenését,

továbbá

(akár új építés, akár lényeges felújítás esetén)

b/ istentiszteletre vagy vallásos tevékenységre használt épületekre,

c/ az 50 m²-nél kevesebb hasznos alapterületű, illetve évente 4 hónapnál rövidebb használatra szánt épületre,

d/ 3 évnél nem hosszabb ideig használt (ideiglenes) épületekre,

e/ sátorszerkezetű építményekre,

f/ részben vagy egészben föld alatti létesítményekre (amelynél az épület külső határoló felületének legalább 70%-a minimum 1 m vastag földtakarással érintkezik),

g/ szaporítási, termesztési, árusítási célú üvegházakra,

h/ állattartási és egyéb alacsony energiaszükségletű, nem lakáscélú mezőgazdasági épületekre,

i/ olyan ipari épületekre, amelyekben a technológiából származó belső hőnyereség a rendeltetésszerű használat időtartama alatt nagyobb, mint 20 W/m²,

j/ olyan épületekre, amelyekben az október 15. – április 15. közötti időszakban a technológia folyamatok következtében több mint 20-szoros légszere szükséges, illetve alakul ki.

5. A lényeges felújítás

Lényeges felújítás: ahol az épület burkolatának és/vagy energetikai berendezéseinek (pl. fűtés, melegvíz-ellátás, légkondicionálás, szellőzés és világítás) felújításával kapcsolatos összes költség nagyobb az épület értékének 25%-ánál, nem számítva a telek értékét, amelyen az épület elhelyezkedik.

6. Az összesített energetikai jellemző

A rendelet a korábbi energetikai követelményeket megfogalmazó rendeletekkel ellentétben nem csupán az épületre, vagy annak szerkezeteire ír elő követelményeket, hanem az épület és az abban működő gépészeti rendszerek együttesére.

Az épület összesített energetikai jellemzője az épület rendeltetésszerű használatának feltételeit biztosító épületgépészeti rendszerek egységnyi alapterületre vonatkozó, primer energiában kifejezett, kWh/m²a mértékegységű éves fogyasztása.

Az összesített energetikai jellemző tartalmazza a fűtési, légtechnikai, melegvíz-ellátási és (a lakóépületek kivételével) a világítási rendszereinek fogyasztását, beleértve e rendszerek hatásfokát és önfogyasztását.

Az aktív szoláris, fotovoltaikus rendszerekkel és az épület saját rendszereként üzemeltetett kapcsolt energiatermeléssel nyert energia az összfogyasztásból levonható.

Az összesített energetikai jellemző *nem* tartalmazza

- az épületben lévő technológiai célú hőellátó,
- technológiai célú légtechnikai (például peremelszívás),
- technológiai célú melegvíz-ellátási,
- uszodagépészeti,
- balneológiai rendszerek
- és a kültéri világítás energiafogyasztását.

Az összesített energetikai jellemző ilyen formájú – a Direktívából származó és ezért megkerülhetetlen – megfogalmazása két új problémát vet fel: a primer energia és a fogyasztói magatartás kérdését.

7. A primer energia

Az egyes energiahordozók nem egyformán „értékesek”. Ha például az egységnyi fűtési célú hőenergia fogyasztást összevetjük az egységnyi villamosenergia-fogyasztással (amely szolgálhatja a világítást, a kompresszorok, szivattyúk, ventilátorok meghajtását), akkor nyilvánvaló, hogy az egységnyi villamos energia az erőművekben kétszer-háromszor annyi hőenergia fogyasztásból származik – a pontos szám az erőművek fajtájától (nukleáris, hő, víz...) és hatásfokától függ. A szállítás és elosztás veszteségei szintén befolyásolják ezt az arányt. Figyelembe vehető egy adott energiahordozó környezeti hatása is: fatüzelés esetén például a CO₂-kibocsátást semlegesíti az a tény, hogy a növény növekedése közben a lékgörből széndioxidot von ki és köt le. A primer energiatartalom megállapítása egy-egy év statisztikai adatai alapján műszaki kérdés. Az, hogy egy hosszabb (ötéves) időszakban az épületekkel kapcsolatos számításokban milyen adatokat használunk, ezen túlmenően energiapolitikai-stratégiai kérdés is, hiszen ezek révén a tervezők-építetők bizonyos energiahordozók használatára ösztönözhetők.

A Direktívában megfogalmazott szándék egyértelmű:

- csökkenteni az épületek energiafogyasztását – hiszen ha kevesebb energiára van szükség a felhasználónál, akkor bármiféle energiahordozóból kevesebbre van szükség,

- a fennmaradó energiaigény lehető legnagyobb hányadát megújuló energiával fedezni – ennek primer energiatartalma nulla (de a rendszer esetleges villamosenergia-fogyasztását – például szivattyúk hajtására – figyelembe kell venni),
- előnyben részesíteni a kizárolag hőenergiát előállító rendszerekkel szemben a kapcsolt (villamos és hő) energiatermelésből származó hőenergiát,
- a lehetőségek határáig mérsékelni a legértékesebb energia, a villamos energia fogyasztását.

8. A fogyasztói magatartás

Egyértelmű, hogy a fűtési és a hűtési energiaigény (is) függ a fogyasztói magatartástól: elegendő csak a belső hőmérséklet parancsolt értékére, az esetleges szakaszos, vagy téren részleges üzemeltetésre, a szellőzettsére gondolni. Ennek ellenére a fűtési és hűtési energiafogyasztás számításának vannak már kialakult, elfogadott tervezési adatai, amelyek a belső hőmérséklet előírt értéke, a kötelező légcsereszám, az esetleges éjszakai leszabályozás értékein keresztül bizonyos „standard fogyasztói magatartáshoz” tartoznak. A fogyasztói magatartáson túl pedig a fűtési és hűtési igény nagyban függ az épület építészeti koncepciójától és szerkezeti megoldásaitól.

Nagyobb a bizonytalanság a többi rendszert illetően, hiszen akár a melegvíz-fogyasztást, akár a világítást tekintjük, ezek nem az épülettől, hanem a fogyasztók számától és magatartásától függnek. Nyilvánvaló, hogy itt is valamilyen „standard fogyasztó” képezi a számítás alapját, akinek nemcsak a melegvíz-fogyasztási és világítási szokásait kell megfogalmazni, hanem először még azt is, hogy mekkora alapterületre jut egy fogyasztó, például egy lakó, vagy egy irodai dolgozó.

A „standard fogyasztó” adatai, mint a tervezés bemenő értékei, a gépkocsik katalógusaiban közölt üzemanagy fogyasztási adatokkal hasonlíthatók össze. Ez utóbbiakat is bizonyos standard útvonalakon, standard vezetői magatartás mellett határozzák meg. Ezek után egy adott tulajdonos azonos típusú gépkocsijával akármekkora fogyasztási adatot mérhet, attól függően, hogy mekkora terheléssel, milyen úton, mekkora sebességgel, milyen gyorsulásokkal és félezésekkel vezetett, mennyire volt járműve karbantartva, beszabályozva, mekkora volt az abroncsokban a légnymás stb.

A cél ezekkel a megoldásokkal az, hogy az egyes épületek összevetése azonos feltételekkel történjen. Az épületet, és nem az abban lakókat kell minősíteni.

A rendelet a standard használatot három épület rendeltetéséhez definiálja.

Az épület rendeltetése	Légcsereszám fűtési idényben 1/h			Használati meleg víz nettó hőenergia igénye [kWh/m ² a]	Világítási energia igénye [kWh/m ² a]	Világítási energia igény korrekciós szorzó ⁴⁾	Szakaszos üzem korrekciós szorzó ⁴⁾	Belső hőnyereség átlagos értéke [W/m ²]
	1)	2)	3)					
Lakóépületek ⁶⁾	0,5			30	(8) ⁹⁾	-	0,9	5
Irodaépületek ⁷⁾	2	2	2	9	22	0,7	0,8	7
Oktatási épületek ⁸⁾	2,5	2,5	2,5	7	12	0,6	0,8	9

¹⁾ Légcsereszám a használati időben
²⁾ Légcsereszám használati időn kívül
³⁾ Átlagos légcsereszám a használati idő figyelembenével

9.8.1. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

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

- A világítási energia igénye csökkenthető, ha a rendszer jelenlét- vagy mozgásérzékelőkkel és a természetes világításhoz illeszkedő szabályozással van ellátva.
- A szakaszos éjszakai-hétvégi leszabályozott teljesítményű fűtési üzem hatását kifejező korrekciós tényező.
- Folyamatos használat.
- Napi és heti szakaszosságú használat.
- Napi és heti szakaszosságú használat két hónap nyári szünet feltételezésével.

- Lakóépületek esetében nem kell az összevont jellemzőben szerepeltetni.

Megjegyzések a rendeltetés értelmezéséhez

Lakóépületek. Ezek az adatok használhatók egyéb szállásjellegű épületek esetében is (szanatórium, időszálló, diákszálló...).

Irodaépületek. Az adatok középületek, irodaépületek, kisebb belső hőterhelésű szolgáltató létesítmények esetében használhatók. Kivételt képezhetnek a hőérzeti előírások alapján „A” kategóriába sorolt épületek, amelyek egyébként is jellemzően az összetett energetikai rendszerű kategóriába tartoznak.

Oktatási épületek. Gyermekintézmények, alap- és középfokú iskolák esetére vonatkozó adatok. Tanműhelyekkel, laboratóriumokkal, sportlétesítményekkel ellátott oktatási épületek esetében az épület különböző rendeltetésű részekre is bontható.

9. A követelmények tagolása

A Direktíva ugyan csak az összesített primerenergia fogyasztásra ír elő követelményt, a hazai szabályozásban mégis három követelményszintet lehet megkülönböztetni.

A legerősebb szint az összesített primerenergia fogyasztásra előírt követelmény, hiszen ennek értékét minden az épület, minden a gépészeti rendszerek minősége befolyásolja.

A középső szint a fajlagos hőveszteség-tényező, ami az épület és épületszerkezetek összességének megítélésére alkalmas.

A legenyhébb követelményszint az egyes szerkezetek hőátbocsátási tényezőjére megfogalmazott követelmény.

A hármas tagoltságot több doleg is indokolja. A korábbi hasonló szabályozásokban is a hőátbocsátási tényezőre, illetve az épület átlagos hőátbocsátási tényezőjére (ami nagyjából megfelel a fajlagos hőveszteség-tényezőnek) vonatkozó voltak követelmények, ezért célszerű volt azokat is megtartani.

A legfontosabb indok azonban az, hogy a rendelet csak 3 épületrendeltetéshez adja meg a követelmény értékét. Ettől eltérő funkció esetén ezért a követelmény hiánya miatt az engedélyezési tervnél nem kell energetikai számítást készíteni. Ilyenkor viszont a másik két szint követelményét be kell tartani, tehát ezek az épületek sem készülhetnek kontroll nélkül.

10. Rétegtervi hőátbocsátási tényező ¹⁾

Épülethatároló szerkezet	A hőátbocsátási tényező követelményértéke U [W/m ² K]
Külső fal	0,45
Lapostető	0,25
Padlásfödém ²⁾	0,30
Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,25
Alsó zárófödém árkád felett	0,25
Alsó zárófödém fűtetlen pince felett ³⁾	0,50
Homlokzati üvegezett nyílászáró (fa vagy PVC keretszerkezzel)	1,60
Homlokzati üvegezett nyílászáró (fém keretszerkezzel)	2,00
Homlokzati üvegezett nyílászáró, ha névleges felülete kisebb, mint 0,5 m ⁴⁾	2,50
Homlokzati üvegfal ⁴⁾	1,50
Tető-felülvilágító	2,50
Tetősík ablak	1,70
Homlokzati üvegezetlen kapu	3,00
Homlokzati, vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó	1,80
Fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,50
Szomszédos fűtött épületek közötti fal	1,50
Talajjal érintkező fal 0 és -1 m között	0,45
Talajon fekvő padló a kerület mentén 1,5 m széles sávban (a lábazaton elhelyezett azonos ellenállású hőszigeteléssel helyettesíthető)	0,50

9.10.1. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

1) A követelményérték határolószerkezetek esetében „rétegtervi hőátbocsátási tényező”, amin az adott épülethatároló szerkezet átlagos hőátbocsátási tényezője értendő: ha tehát a szerkezet, vagy annak egy része több anyagból összetett (pl. váz- vagy rögzítőelemekkel megszakított hőszigetelés, pontszerű hőhidak stb.), akkor ezek hatását is tartalmazza.

A nyílászáró szerkezetek esetében a keretszerkezet, üvegezés, üvegezés távtartói stb. hatását is tartalmazó hőátbocsátási tényezőt kell figyelembe venni.

A csekély számszerű eltérésre tekintettel, a talajjal érintkező szerkezetek esetében a külső oldali hőátadási tényező hatása elhanyagolható.

2) Egyszerűsített épületenergetikai számítás esetén a fajlagos hőveszteség-tényező számításakor a padláster különböző légtérnél magasabb léghőmérséklete miatt a rétegtervi hőátbocsátási tényező 0,9-szeresét kell figyelembe venni.

3) Egyszerűsített épületenergetikai számítás esetén a fajlagos hőveszteség-tényező számításakor a fűtetlen pincetér különböző légtérnél magasabb léghőmérséklete miatt a rétegtervi hőátbocsátási tényező 0,5-szörösét kell figyelembe venni.

⁴⁾ Az üvegezésre és a távtartókra együttesen értelmezett átlag.

A rétegtervi hőátbocsátási tényező számításakor a szerkezeti anyagok hővezetési tényezőjének korrekcióját, a szerkezeten belüli hőhidak és a geometriai hőhidak hatását figyelembe kell venni. Ezekre jelen esetben nem térünk ki, mert az Épületfizika fejezetben részletes tárgyalásuk megtörtént.

11. Fajlagos hőveszteség-tényező

A fajlagos hőveszteség-tényező a transzmissziós hőáramok és a fűtési idény átlagos feltételei mellett kialakuló (passzív) sugárzási hőnyereség hasznosított hányszádának algebrai összege egységnyi belső-külső hőmérsékletkülönbségre és egységnyi fűtött térfogatra vetítve.

Ez a tényező az épületre, és csak az épületre jellemző adatoktól függ, így az épület rendeltetésétől független.

A fajlagos hőveszteség-tényező értéke a

$$q = \frac{1}{V} \cdot \left(\sum A \cdot U + \sum l \cdot \psi - \frac{Q_{sd} + Q_{sid}}{72} \right) [W / m^3 K]$$

összefüggéssel számítható. A számítás a tervező döntése alapján többféle módon: elhanyagolással, egyszerűbb és részletesebb változatban végezhető.

Az összefüggés jobboldalán V a belméretek szerint számított fűtött térfogat.

A zárójelen belül az első tag a „lehűlő” felületek és hőátbocsátási tényezőik szorzatösszege. A felületeket belméretek alapján kell számítani. A hőátbocsátási tényezők az Épületfizika fejezetben részletezett „rétegtervi” hőátbocsátási tényezők. Ezek egyes esetekben korrigálhatók, ha a szerkezet nem a külső levegővel érintkezik (bővebben a következő fejezetben).

Az összefüggés jobb oldalán a második szorzatösszegben a csatlakozási élek mentén kialakuló „vonalmenti” vagy „hőhíd” veszteségek szerepelnek. Az élek hosszát össze kell számlálni, ezt követően itt a tervező többféle lehetőség között választhat.

Egyszerűsített eljárás esetén nem foglalkozik az egyes eltípusok vonalmenti hőátbocsátási tényezőivel, hanem a rétegtervi hőátbocsátási tényezőt megszorozza egy korrekciós tényezővel: az így kapott „eredő” hőátbocsátási tényező a hőhidak hatását is kifejezi.

Részletes eljárás esetén a tervező minden csatlakozási eltípusra meghatározza Y értékét az MSZ EN ISO 10211 szabványok szerint. Megbízható hőhíd katalógusok adatai szintén használhatók.

Akár egyszerűsített, akár részletes számítási eljárás esetén, a zárójelen belüli második tagban – annak eredeti formája szerint – számítandók a lábazatok, talajjal érintkező padlók, pincefalak vonalmenti veszteségei.

A zárójelen belüli harmadik tag az épület passzív sugárzási nyereségeit fejezi ki. Ezen belül Q_{sd} az üvegezett szerkezeteken bejutó „direkt” nyereség, Q_{isd} pedig az üvegházakból, energiagyűjtő falakból származó „indirekt” nyereség.

A tervező itt is többféle lehetőség közül választhat. Megteheti, hogy a sugárzási nyereségeket teljesen elhanyagolja, hisz ezzel a biztonság javára téved. Egyszerűsített eljárás keretében megteheti, hogy a benapozási feltételeket nem vizsgálja és „körben észak” vagy „ minden árnyékban van” feltételezéssel alacsony sugárzási nyereséggel számol. Részletes számítás keretében a benapozás vizsgálatával igazolja, hogy a magasabb sugárzási nyereség figyelembe vétele megalapozott (bővebben a későbbiekbén).

12. A hőátbocsátási tényezők hőmérséklet korrekciója

Ha az épület egyes határolásai nem a külső környezettel, hanem attól eltérő t_x hőmérsékletű fűtetlen vagy fűtött terekkel érintkeznek (raktár, pince, szomszédos épület...), akkor ezen felületek U hőátbocsátási tényezőit

$$\frac{t_i - t_x}{t_i - t_e}$$

arányban kell módosítani, ahol t_x és t_e a fűtési idényre vonatkozó átlagértékek. Egyszerűsített eljárás keretében ez az arányszám pincefödémek esetében 0,5, padlásfödémek esetében 0,9 értékkel vehető figyelembe. Részletes számítás esetén a szomszédos zónák hőmérséklete számítható a hőegyensúly alapján (MSz EN 832 szerint).

13. A sugárzási nyereségek

13.1. A direkt sugárzási nyereségek

A direkt sugárzási nyereség meghatározása a fűtési idényre:

$$Q_{sd} = \varepsilon \cdot \sum A_v \cdot g \cdot Q_{tot} \quad [kWh/a]$$

Az összefüggésben az üvegezett felületeket (figyelem: nem az ablak felületét!) szorozzuk az üvegezés összesített sugárzásábocsátási (nap-) tényezőjével és a fűtési idényre vonatkozó sugárzási energiahozammal. A szorzatösszeget az ε hasznosítási tényezőjével szorozzuk, amely az épület hőtároló tömegétől függ.

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

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

Sok esetben már a födémek és a teherhordó falak hőtároló tömege alapján eldönthető a besorolás. Ne feledkezzünk viszont meg arról, hogy egyes szilikátbázisú falazatok is a könnyű szerkezet kategóriájába tartozhatnak, továbbá, hogy egyes burkolatok vagy belső oldali hőszigetelések a mögöttük lévő bármilyen nehéz szerkezet hőtároló tömegét is „kikapcsolhatják”.

A hasznosítási tényező értéke

- nehéz szerkezetű épületekre 0,75
- könnyűszerkezetű épületekre 0,50

A direkt sugárzási nyereség meghatározása egy adott dátumra:

$$Q_{sd} = \varepsilon \cdot \sum A_v \cdot g \cdot I_b \quad [W]$$

Az előző összefüggéshez képest a változás annyi, hogy a jobboldalon az egy napra vonatkozó átlagos sugárzás intenzitás adat szerepel.

A direkt sugárzási nyereség meghatározására három okból kerül sor:

Az éves fűtési energiaigény meghatározása során, ha a tervező ezt a nyereségáramot figyelembe akarja venni.

A fűtés határhőmérsékletének (vagy egyensúlyi hőmérsékletének) számításához, ha a tervező a fűtés energiafogyasztását részletesen akarja számítani.

A nyári egyensúlyi hőmérsékletkülönbség számításához.

E célakra a 9.13.1.1. táblázat sugárzási adatai használhatók.

A számítás célja	Tájolás		
	É, ÉK-ÉNY	D	K - NY
Sugárzási energiahozam a fűtési idényre fajlagos hőveszteségtényező számításához $Q_{tot} [\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}]$	100	400	200
Átlagintenzitás egyensúlyi hőmérséklet-különbség számításához $I_b [\text{W}/\text{m}^2]$	27	96	50
Átlagintenzitás nyári túlmelegedés kockázatának számításához $I_{nyár} [\text{W}/\text{m}^2]$	85	150	150

9.13.1.1. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Részletes számítási módszer alkalmazása esetén a transzparens szerkezetek benapozásának ellenőrzése homlokzatonként a november 15.-március 15. közötti időszakra végzendő a fűtési idény energiafogyasztásának számításához, november hónapra a fűtés egyensúlyi hőmérsékletének számításához és júniusi hónapra a nyári túlzott felmelegedés kockázatának számításához.

13.2. Az indirekt sugárzási nyereségek

Részletes számítási módszer alkalmazása esetén az indirekt sugárzási nyereségek (Q_{sid}) meghatározása, az MSZ EN 832 (lakóépület esetében) vagy az EN ISO 13790 (egyéb esetben) szabvány szerint, ha az épületnek van csatlakozó üvegháza, energiagyűjtő fala.

Egyszerűsített számítási módszernél az indirekt sugárzási nyereségek egyszerűen elhagyhatók.

14. A fajlagos hőveszteség-tényező követelményértéke

A fajlagos hőveszteség-tényező megengedett legnagyobb értéke a felület/térfogat arány függvényében a következő összefüggéssel számítandó:

$$A/V \leq 0,3 \quad q_m = 0,2 \text{ W/m}^3\text{K}$$

$$0,3 \leq A/V \leq 1,3 \quad q_m = 0,086 + 0,38 (SA/V) \text{ W/m}^3\text{K}$$

$$A/V \geq 1,3 \quad q_m = 0,58 \text{ W/m}^3\text{K}$$

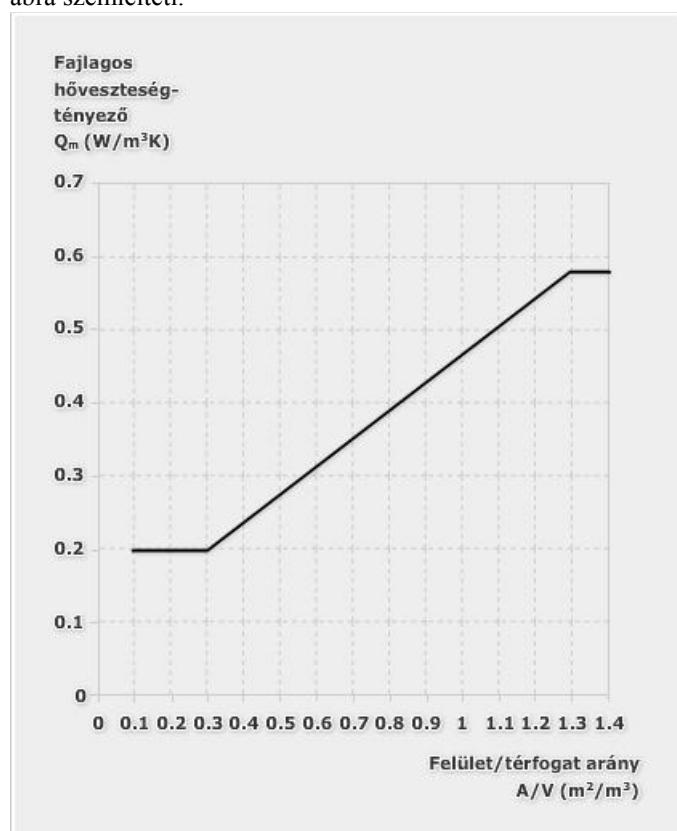
ahol

$\sum A$ = az épülethatároló szerkezetek összfelülete,

V = a fűtött épülettérfogat (fűtött légtérfogat).

Az épületet határoló szerkezetek körébe beletartozik minden, a fűtött teret körbevező határolás: külső levegővel, talajjal, fűteten terekkel, szomszédos fűtött épüettel érintkező szerkezet.

A fajlagos hőveszteség-tényező megengedett legnagyobb értékét a felület/térfogat arány függvényében a 9.14.1. ábra szemlélteti.



9.14.1. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

15. A nyári túlmelegedés kockázata

A nyári sugárzási hőterhelés meghatározása az alábbi összefüggéssel történik:

$$Q_{sugárzás} = \sum A_v \cdot g_{nyár} \cdot I \quad [W]$$

A korszerű üvegezésekre a g értéke általában 0,5-0,7 között van, csökkentő hatásúak a különböző „Low Energy” és „hővédő” fóliák. A $g_{nyár}$ az alkalmazott társított szerkezet hatását is tartalmazza. Megjegyzendő, hogy a jó hőszigetelés következtében nyáron elfogadható belső állapotok csak akkor várhatók, ha jól szerkesztett árnyékvetőkről, vagy *hatásos* társított szerkezetekről gondoskodunk – a belső oldali árnyékolók nem hatásosak.

Számítandó a belső és külső hőmérséklet napi átlagos különbsége a következő összefüggéssel:

$$\Delta t_{nyár} = \frac{Q_{sugárzás} + V \cdot q_b}{\sum A \cdot U + \sum I \cdot \Psi + 0,35 \cdot n_{nyár} \cdot V} \quad [K]$$

Az $n_{nyár}$ légcsereszámot a 9.15.1. táblázatban a nyári feltételekre megadott értékekkel kell figyelembe venni.

Természetes szellőzésről, vagyis kezeletlen külső levegőről van szó, értelmes szellőztetési stratégiát feltételezve (ha a külső hőmérséklet magasabb mint a belső, akkor csak a szükséges, ha a külső hőmérséklet alacsonyabb, akkor intenzív légcsere). A megadott becsült légcsereszámok a nyílászárók helyétől: a keresztszellőzés lehetőségétől függnek. Nagyobb számokkal vehető figyelembe az éjszakai szellőztetés. Részletes elemzések szerint az éjszakai szellőztetés (természetes, vagy a légtechnikai rendszerrel megvalósított tiszta friss levegő) igen hatásos, a klímatizált épületekben is jelentős hűtési energiamegtakarítást tesz lehetővé.

A nyári túlzott felmelegedés kockázata elfogadható, ha $Dtb_{nyár}$ kisebb, mint

- nehéz szerkezetű épületek esetében 3 °C,
- könnyűszerkezetű épületek esetében 2 °C.

A légcsereszám tervezési értékei nyáron, természetes szellőztetéssel [1/h]		Nyitható nyílások	
		egy homlokzaton	több homlokzaton
Éjszakai szellőztetés	nem lehetséges	3	6
	lehetséges	5	9
Megjegyzés: Éjszakai szellőztetés esetében a nagyobb érték az alacsonyabb hőmérsékletű külső levegő kedvező előhűtő hatását fejezi ki.			

9.15.1. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

16. Hőfokhíd, a fűtési idény hossza

A rendelet nem tesz különbséget az épület területi elhelyezkedésében, Magyarországon egységes meteorológiai adatokkal számolunk.

Mint számos területen, a rendelet itt is megengedi, hogy az egyszerűsített és a részletes számítási módszer közül válasszunk. Az egyszerűsített módszer alkalmazásakor a hőfokhíd értékét 72000 hK/év értékűre, a fűtési idény hosszát 4400 h/év értékre kell felvenni. A részletes számításnál az egyensúlyi hőmérsékletkülönbség figyelembe vételével a „Meteorológia” fejezetben leírt módon számíthatók a korrigált értékek.

17. Nettó fűtési energiaigény

A nettó fűtési energiaigényt fedezheti

- a fűtési rendszer,
 - a légtechnikai rendszerbe beépített hővisszanyerő,
 - a légtechnikai rendszerbe beépített léghevítő
- különböző teljesítmény és üzemidő kombinációkban.

Ha a fűtési energiaigényt kizárolag a fűtési rendszer fedeli, akkor a fűtési rendszerrel fedezendő nettó energiaigény az alábbi összefüggéssel számítandó. A légszűré részben infiltrációval, részben természetes szellőztetéssel jön létre.

$$Q_F = H \cdot V \cdot (q + 0,35 \cdot n) \cdot \sigma - Z_F \cdot A_n \cdot q_b \quad [kWh/a]$$

Ha a nettó fűtési energiaigény fedezéséhez a fűtési rendszeren kívül a légtechnikai rendszerbe beépített *folyamatos* működésű hővisszanyerő is hozzájárul (pl. lakóépület), akkor a fűtési rendszerrel fedezendő nettó energiaigény a következők szerint módosul:

$$Q_F = H \cdot V \cdot (q + 0,35 \cdot n \cdot (1 - \eta_r)) \cdot \sigma - Z_F \cdot A_n \cdot q_b \quad [kWh/a]$$

A képletben annyi az újdonság, hogy a légszűré mellett szoróként megjelenik egy tag a hővisszanyerő hatásfokával.

Ha a nettó fűtési energiaigény fedezéséhez a fűtési rendszeren kívül a légtechnikai rendszerbe beépített *szakaszos* működésű hővisszanyerő is hozzájárul (pl. középület), akkor a fűtési rendszerrel fedezendő nettó energiaigény a következők szerint módosul:

$$Q_F = H \cdot V \cdot \left(q + 0,35 \cdot n_{\text{ref}} \cdot \frac{Z_F - Z_{IT}}{Z_F} + 0,35 \cdot n_{IT} \cdot (1 - \eta_r) \frac{Z_{IT}}{Z_F} \right) \cdot \sigma \\ - Z_F \cdot A_n \cdot q_b \quad [kWh/a]$$

Vélelmezhető, hogy szakaszosan használt épületben (például irodaház) a légtechnikai rendszer csak munkaidőben jár, mégpedig a jelenlétének megfelelő nagyobb légszűréssel időszakban (Z_{IT} a légtechnikai rendszer üzemi ideje órában a fűtési idény alatt, osztva ezzel a W/kW átszámítás miatt). Ebben a nagyobb légszűré miatti fűtőteljesítmény igényt a hővisszanyerő mérsékli. Amikor a légtechnikai rendszer nem üzemel, a hővisszanyerő hatása sem érvényesül, de a légszűré mellett szoróként megfelelő.

Figyelem: ebben az esetben a hővisszanyerőn keresztül az épületbe befúvott szellőző levegő helyiséghőmérsékletre való továbbmelegítését a fűtési rendszer fedeli!

Ha a légtechnikai rendszerben a levegő felmelegítésére léghelyítő (is) szolgál, akkor a fűtési rendszerrel fedezendő nettó energiaigény a következők szerint módosul:

$$Q_F = H \cdot V \cdot \left(q + 0,35 \cdot n_{\text{ref}} \cdot \frac{Z_F - Z_{IT}}{Z_F} \right) \cdot \sigma + 0,35 \cdot n_{IT} \cdot V \cdot (t_i - \overline{t_{bef}}) \cdot Z_{IT} \\ - Z_F \cdot A_n \cdot q_b \quad [kWh/a]$$

A zárójelben a második tag a légtechnikai rendszer üzemszünetére vonatkozik, amikor is a kis (infiltrációs) léghelyítő felmelegítésére a fűtési rendszer szolgál. A harmadik tag a légtechnikai rendszerrel fedezett hánnyal: előjele attól függ, hogy a befúvási és a helyiséghőmérséklet közül melyik a magasabb.

A nettó fűtési energiaigénynek a légtechnikai rendszerrel fedezett része a légtechnikai rendszer energiafogyasztásánál számítandó.

A fűtési rendszerrel fedezendő nettó fűtési energiaigény fajlagos értéke:

$$q_f = \frac{Q_F}{A} \quad [kWh / m^2 a]$$

18. A fűtés primer energiaigénye

A fűtés fajlagos primer energia igénye a következő összefüggéssel számítandó:

$$E_F = (q_f + q_{f,k} + q_{f,v} + q_{f,t}) \cdot \sum (C_k \cdot \alpha_k \cdot e_f) + (E_{FSZ} + E_{FT} + q_{k,v}) \cdot e_v \quad [kWh / m^2 a]$$

Az összefüggés kevésbé borzasztó, mint ahogy első látásra tűnik. Az első zárójelben szereplő összeadandók rendre:

- a fűtés fajlagos nettó energiaigénye;
- a teljesítmény és az igény pontatlan illesztéséből származó (tehát a tökéletlen szabályozás miatti) veszteség;
- az elosztóhálózatok hővesztesége;
- az esetleges tároló hővesztesége.

Ennyi hőt kell a „forrásból” a rendszerbe betáplálni. Ez a hőforrás rendszerint a kazán, amelynek magának is van C_k teljesítménytényezője (az éves hatásfok reciproka). A kazánban valamilyen tüzelőanyagot használunk, amelynek primer energiatartalma e_f . Az esetek többségében e két értékkel kell szorozni az első zárójelben lévő tagot.

A szorzatösszeg azért szerepel a második zárójelben, mert elképzelhető, hogy a fűtési rendszert nem csak egy forrás táplálja (például gáz- és vegyes tüzelésű kazán, hőszivattyú és csúcs kazán stb.). Ezek „tüzelőanyagainak” primer energiatartalma különböző lehet, az a pedig az éves igény egyes forrásokból fedezett részarányát jelzi.

A fűtési rendszernek többnyire van villamos segédenergia igénye is. Ennek meghatározásához a szabályozás, az elosztás, a tárolás és a hőtermelő (primer energiában kifejezett) villamos segédenergia igényét kell összegezni: e_v a villamos energia primer energiatartalma. Ezek értékét adjuk hozzá a hőenergia igényhez.

Egyszerűsített módszer alkalmazása esetén tételes számítás helyett a következő pontokban közölt tájékoztató adatok használhatók. Részletes eljárás alkalmazása esetén minősítési iratokon alapuló teljesítménytényező (hatásfok) adatok alkalmazhatók, a veszteségek és a segédenergia igény (elosztó vezetékek hővesztesége, szivattyúk villamos energiafogyasztása...) a szakma szabályai szerint számítandók.

Központi fűtések hőtermelőinek teljesítménytényezői és segédenergia igénye

A teljesítménytényező meghatározásához azt az alapterületet kell figyelembe venni, amelynek fűtésére az adott berendezés szolgál. Erre különösen olyan társasházaknál kell figyelni, ahol lakásonként vannak hőtermelők beépítve.

A táblázatban szereplő értékek $\alpha_k=1$ lefedési arány mellett készültek (tehát minden fűtési rendszer csak egy forrásból van táplálva).

Távfűtés

Távfűtés esetén a teljesítménytényező $C_k=1,01$, a villamos segédenergia igény 0.

Hőtermelők teljesítménytényezői és villamos segédenergia igénye

Alapterület A_N [m ²]	Teljesítménytényezők C_k [-]			Segédenergia q_{kv} [kWh/m ² a]
	Állandó hőmérsékletű kazán	Alacsony hőmérsékletű kazán	Kondenzációs kazán	
100	1,38	1,14	1,05	0,79
150	1,33	1,13	1,05	0,66
200	1,30	1,12	1,04	0,58
300	1,27	1,12	1,04	0,48
500	1,23	1,11	1,03	0,38
750	1,21	1,10	1,03	0,31
1000	1,20	1,10	1,02	0,27
1500	1,18	1,09	1,02	0,23
2500	1,16	1,09	1,02	0,18
5000	1,14	1,08	1,01	0,13
10000	1,13	1,08	1,01	0,09

9.18.1. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Alapterület A_N [m ²]	Teljesítménytényezők C_k [-]			Segédenergia q_{kv} [kWh/m ² a]
	Állandó hőmérsékletű kazán	Alacsony hőmérsékletű kazán	Kondenzációs kazán	
100	1,30			0,79
150	1,24			0,66
200	1,21	1,08	1,01	0,58
300	1,18			0,48
500	1,15			0,38

9.18.2. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Hőforrás / Fűtőközeg	Fűtővíz hőmérséklete	Teljesítménytényező C_k [-]
Víz/Víz	55/45	0,23
	35/28	0,19
Talajhő/Víz	55/45	0,27
	35/28	0,23
Levegő/Víz	55/45	0,37
	35/28	0,30
Távozó levegő/Víz	55/45	0,30
	35/28	0,24

9.18.3. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Szilárdtüzelésű kazán	Fatüzelésű kazán	Pellettüzelésű kazán
1,85	1,75	1,49

9.18.4. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Alapterület A_N [m ²]	Szilárd- tüzelésű kazán (szabályozó nélkül)	Fatüzelésű kazán (szabályozóval)	Pellettüzelésű kazán (ventilátorral/ elektromos gyújtással)
100	0	0,19	1,96
150	0	0,13	1,84
200	0	0,10	1,78
300	0	0,07	1,71
500	0	0,04	1,65

9.18.5. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

A hőelosztás veszteségei

Alapterület A_N [m ²]	A hőelosztás veszteségei $q_{r,v}$ [kWh/m ² a] Vízszintes elosztóvezetékek a fűtött téren kívül			
	90/70 °C	70/55 °C	55/45 °C	35/28 °C
100	13,8	10,3	7,8	4,0
150	10,3	7,7	5,8	2,9
200	8,5	6,3	4,8	2,3
300	6,8	5,0	3,7	1,8
500	5,4	3,9	2,9	1,3
750	4,6	3,4	2,5	1,1
1000	4,3	3,1	2,3	1,0
1500	3,9	2,9	2,1	0,9
2500	3,7	2,7	1,9	0,8
5000	3,4	2,5	1,8	0,8
10000	3,3	2,4	1,8	0,7

9.18.6. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

A közölt tájékoztató adatok átlagosan jól hőszigetelt elosztó hálózatokra vonatkoznak.

Alapterület A_N [m ²]	A hőelosztás veszteségei $q_{r,v}$ [kWh/m ² a] Vízszintes elosztóvezetékek a fűtött téren belül			
	90/70 °C	70/55 °C	55/45 °C	35/28 °C
100	4,1	2,9	2,1	0,7
150	3,6	2,5	1,8	0,6
200	3,3	2,3	1,6	0,6
300	3,0	2,1	1,5	0,5
500	2,8	2,0	1,4	0,5
750	2,7	1,9	1,3	0,5
1000	2,6	1,8	1,3	0,5
1500	2,5	1,8	1,3	0,4
2500	2,5	1,8	1,2	0,4
5000	2,5	1,7	1,2	0,4
10000	2,4	1,7	1,2	0,4

9.18.7. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

A hőelosztás segédenergia igénye

Az elektromos segédenergia igény az épület alapterület, a rendszer méretezési hőfoklépcső és további befolyásoló tényezők függvényében van megadva. A vezetékrendszer alatt az elosztó vezetékek (vízszintes vezetékek), strangok (függőleges vezetékek) és bekötővezetékek értendők.

Alapterület $A_H [m^2]$	Fordulatszám-szabályozású szivattyú				Állandó fordulatú szivattyú			
	Szabad fűtőfelületek			Beágyazott fűtőfelületek	Szabad fűtőfelületek			Beágyazott fűtőfelületek
	20 °C 90/70 °C	15 °C 70/55 °C	10 °C 55/45 °C	7 °C	20 °C 90/70 °C	15 °C 70/55 °C	10 °C 55/45 °C	7 °C
100	1,69	1,85	1,98	3,52	2,02	2,22	2,38	4,22
150	1,12	1,24	1,35	2,40	1,42	1,56	1,71	3,03
200	0,86	0,95	1,06	1,88	1,11	1,24	1,38	2,44
300	0,61	0,68	0,78	1,39	0,81	0,91	1,04	1,85
500	0,42	0,48	0,57	1,01	0,57	0,65	0,78	1,38
750	0,33	0,38	0,47	0,83	0,45	0,52	0,64	1,14
1000	0,28	0,33	0,42	0,74	0,39	0,46	0,58	1,02
1500	0,23	0,28	0,37	0,65	0,33	0,39	0,51	0,90
2500	0,20	0,24	0,33	0,58	0,28	0,34	0,46	0,81
5000	0,17	0,22	0,30	0,53	0,24	0,30	0,42	0,74
10000	0,16	0,20	0,28	0,50	0,22	0,28	0,40	0,70

Eltérő méretezési hőfoklápcső esetén a közelebb eső szomszédos táblázati értékkel kell számolni.

9.18.8. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

A teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteségek

Rendszer	Szabályozás	$q_{r,h}$ [kWh/m ² a]	Megjegyzés
Kétsöves radiátoros és beágyazott fűtések	Szabályozás nélkül	15,0	Idő- és hőmérsékletszabályozás, pl. vagy hasonló tulajdonsággal
	Épület vagy rendeltetési egység egy központi szabályozóval (pl. szobatermosztáttal)	9,6	
	Termosztatikus szelepek és más arányos szabályozók 2 °C arányossági sávval	3,3	
	1 °C arányossági sávval	1,1	
	Elektronikus szabályozó	0,7	
	Elektronikus szabályozó optimalizálási funkcióval	0,4	
Egycsöves fűtések	Épület vagy rendeltetési egység egy központi szabályozóval (pl. szobatermosztáttal)	9,6	Pl. lakásonkénti vízszintes egycsöves rendszer
	Időjárásfüggő központi szabályozás, helyiségenkénti szabályozás nélkül	5,5	Pl. panelépületek átfolyós vagy átkötőszakaszos rendszere
	1 °C arányossági sávval	3,3	

9.18.9. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Az elektromos segédenergia igény 0 kWh/m²a értékkel számolható, ha a hőátadásnál nincs szükség ventilátorra.

A hőtárolás veszteségei és segédenergia igény

Alapterület A_N [m ²]	Fajlagos energiaigény $q_{f,t}$ [kWh/m ² a]				Segédenergia- igény [kWh/m ² a]	
	Elhelyezés a fűtött téren		Elhelyezés a fűtött téren kívül			
	55/45 °C	35/28 °C	55/45 °C	35/28 °C		
100	0,3		2,6	1,4	0,63	
150	0,2	0,1	1,9	1,0	0,43	
200	0,2		1,5	0,8	0,34	
300			1,1	0,6	0,24	
500		0,1	0,7	0,4	0,16	
750			0,5	0,3	0,12	
1000		0,0	0,4	0,2	0,10	
1500			0,3	0,2	0,08	
2500		0,0	0,2	0,1	0,07	
5000			0,2	0,1	0,06	
10000			0,2	0,1	0,05	

9.18.10. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Szilárdtüzelésű vagy biomassza tüzelésű rendszer tárolónál a 9.18.10. táblázatban szereplő fajlagos energiaigény értékeket 2,6 szorzótényezővel meg kell szorozni. A segédenergia igény értékei változtatás nélkül felhasználhatóak.

Egyedi fűtések

Hőforrás / Fűtőközeg	Teljesítménnyező C_k [-]
Elektromos hőszugárzó	1,0
Elektromos hőtárolós kályha	1,0
Gázkonvektor	1,40
Cserépkályha	1,60
Kandalló	1,80
Egyedi fűtés kályhával	1,90

9.18.11. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Elektromos üzemű hőtárolós kályhánál a ventilátor energiaigénye a hőátadás fajlagos energiájába bele van számítva.

Rendszer	Szabályozás	$q_{f,h}$ [kWh/m ² a]
Egyedi fűtések		
Gázkonvektor	Szabályozó termosztáttal	5,5
Egyedi kályha	Szabályozás nélkül	15,0
Kandalló	Szabályozás nélkül	10,0
Elektromos fűtések		
Hőszugárzó	Szabályozás nélkül	5,5
Hőtárolós kályha	Szabályozó termosztáttal	0,7
	Szabályozó termosztáttal	4,4

9.18.12. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

19. A melegvíz-ellátás primer energiaigénye

A melegvíz-ellátás primer energiaigénye a következő összefüggéssel számítható

$$E_{HMV} = (q_{HMV} + q_{HMV,y} + q_{HMV,t}) \cdot \sum (C_k \cdot \alpha_k \cdot e_{HMV}) + (E_C + E_K) \cdot e_v \quad [kWh/m^2a]$$

Az összefüggésben az első zárójelben a melegvíz-ellátás nettó hőigénye, az elosztás és a tárolás hővesztesége szerepel. Ezt a hőtermelő teljesítménytényezőjével (a hatásfok reciproka) és a tüzelőanyag primer energiatartalmával szorozzuk. A második tagban azért van szorztösszeg, mert adott esetben a melegvíz-ellátó rendszer több forrásról van táplálva (például szoláris és villamos) – ilyen esetben meg kell adni, melyiknek mekkora a részesedése az éves igények fedezésében (a), és természetesen minden egyik forrás esetében a megfelelő teljesítménytényezőt és primer energiatartalmat kell figyelembe venni.

A melegvíz-ellátási rendszernek lehet villamos segédenergia igénye is, akár a hőtermelőnél, akár a keringtetés céljára – ezek szerepelnek az utolsó zárójelben, szorozva a villamos áram primer energiaátalakítási tényezőjével.

Egyeszerűsített módszer alkalmazása esetén tételes számítás helyett a következő pontokban közölt tájékoztató adatok használhatók.

Részletes eljárás alkalmazása esetén minősítési iratokban megadott teljesítménytényező (hatásfok) adatok alkalmazhatók, a veszteségek és a segédenergia igény (elosztó vezetékek hővesztesége, szivattyúk villamosenergia-fogyasztása...) a szakma szabályai szerint számítandók.

A melegvíz-termelés teljesítménytényezői és fajlagos segédenergia igénye

Alapterület $A_h [m^2]$	Teljesítménytényezők $C_k [-]$					Segédenergia $E_k [kWh/m^2a]$	
	Állandó hőm. kazán (olaj és gáz)	Alacsony hőmérsékletű kazán	Kondenzációs kazán	Kombikazán ÁF/KT*	Kondenzációs kombikazán ÁF/KT*	Kombi- kazán	Más kazánok
100	1,82	1,21	1,17	1,27/1,41	1,23/1,36	0,20	0,30
150	1,71	1,19	1,15	1,22/1,32	1,19/1,28	0,19	0,24
200	1,64	1,18	1,14	1,20/1,27	1,16/1,24	0,18	0,21
300	1,56	1,17	1,13	1,17/1,22	1,14/1,19	0,17	0,17
500	1,46	1,15	1,12	1,15/1,18	1,11/1,15	0,17	0,13
750	1,40	1,14	1,11				0,11
1000	1,36	1,14	1,10				0,10
1500	1,31	1,13	1,10				0,084
2500	1,26	1,12	1,09				0,069
5000	1,21	1,11	1,08				0,054
10000	1,17	1,10	1,08				0,044

*ÁF: fűtőkazán integrált HMV készítéssel, hőcserélő átfolyós üzemmódban $V<2$ l

*KT: fűtőkazán integrált HMV készítéssel, hőcserélő kis tárolóval $2 < V < 10$ l

9.19.1. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Rendszer	Teljesítménytényező $C_k [-]$								
Elektromos fűtőpatron	1,00								
Átfolyós vízmelegítő, tároló	1,00								
Hőszivattyú HMV készítésre	<table border="1"> <tr> <td>Távozó levegő</td><td>0,26</td></tr> <tr> <td>Távozó levegő/Friss levegő hővisszanyerő $\eta_r=0,6$</td><td>0,29</td></tr> <tr> <td>Távozó levegő/Friss levegő hővisszanyerő $\eta_r=0,8$</td><td>0,31</td></tr> <tr> <td>Pince levegő</td><td>0,33</td></tr> </table>	Távozó levegő	0,26	Távozó levegő/Friss levegő hővisszanyerő $\eta_r=0,6$	0,29	Távozó levegő/Friss levegő hővisszanyerő $\eta_r=0,8$	0,31	Pince levegő	0,33
Távozó levegő	0,26								
Távozó levegő/Friss levegő hővisszanyerő $\eta_r=0,6$	0,29								
Távozó levegő/Friss levegő hővisszanyerő $\eta_r=0,8$	0,31								
Pince levegő	0,33								

9.19.2. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Rendszer	Teljesítménytényező $C_k [-]$	Segédenergia $E_k [kWh/m^2a]$
Távfűtés	1,14	0,40
Gázüzemű bojler	1,22	0
Átfolyós gáz-víz melegítő	1,30	0
Szilárdtüzelésű fürdőhenger	2,00	0

9.19.3. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

A melegvíz-tárolás fajlagos vesztesége

Alapterület $A_N [m^2]$	A tárolás hővesztesége a nettó melegvíz-készítési hőigény százalékában			
	A tároló a fűtött légtéren belül			
	Indirekt fűtésű tároló %	Csúcson kívüli árammal működő elektromos bojler %	Nappali árammal működő elektromos bojler %	Gázüzemű bojler %
100	24	20	13	78
150	17	16	10	66
200	14	14	8	58
300	10	12	7	51
500	7	8	6	43

9.19.4. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Alapterület $A_N [m^2]$	A tárolás hővesztesége a nettó melegvíz-készítési hőigény százalékában			
	A tároló a fűtött légtéren kívül			
	Indirekt fűtésű tároló %	Csúcson kívüli árammal működő elektromos bojler %	Nappali árammal működő elektromos bojler %	Gázüzemű bojler %
100	28	24	16	97
150	21	20	12	80
200	16	16	10	69
300	12	14	8	61
500	9	10	6	53
750	6	8	5	49
1000	5	8	4	46
1500	4	7	4	40
2500	4	6	3	32
5000	3	5	2	26
10000	2	4	2	22

9.19.5. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

A melegvíz-elosztás veszteségei

Alapterület $A_N [m^2]$	Az elosztás hővesztesége a nettó melegvíz-készítési hőigény százalékában			
	Cirkulációval		Cirkuláció nélkül	
	Elosztás a fűtött téren kívül %	Elosztás a fűtött téren belül %	Elosztás a fűtött téren kívül %	Elosztás a fűtött téren belül %
100	28	24		
150	22	19		
200	19	17		
300	17	15		
500	14	13		
750	13	12		
>1000	13	12		
			13	10

9.19.6. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Alapterület $A_N [m^2]$	Fajlagos segédenergia-igény $E_c [kWh/m^2a]$
100	1,14
150	0,82
200	0,66
300	0,49
500	0,34
750	0,27
1000	0,22
1500	0,18
2500	0,14
5000	0,11

9.19.7. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

20. A szellőzési rendszerek primer energiaigénye

A légtechnikai rendszer primer energiaigénye

A légcserét és esetleg a levegő melegítését is szolgáló szellőzési rendszerek fajlagos primer energiaigénye:

$$E_{IT} = \left\{ \left[Q_{IT,x} \cdot (1 + f_{IT,x}) + Q_{IT,v} \right] \cdot C_k \cdot e_{IT} + (E_{VEMT} + E_{IT,s}) \cdot e_v \right\} \cdot \frac{1}{A_N} \quad [kWh / m^2a]$$

Az egyenlet jobboldalán két tag összege látható. Az első tag csak abban az esetben játszik szerepet, ha a légitchnikai rendszerben a levegőt felmelegítjük, ugyanis az első tag a rendszer hőenergia igényét fejezi ki.

A zárójelen belül elsőként a levegő felmelegítésének nettó hőigénye szerepel. Erre a későbbiekben található összefüggés.

A nettó hőigény korrekciós szorzója a teljesítmény és az igény pontatlan illesztéséből, azaz a szabályozás tökéletlenségből származó veszeséget fejezi ki. Az első zárójelen belüli második tag a légesatorna hővesztesége, ezt elegendő a fűtetlen térben haladó szakaszra számolni, ha a hőmérsékletkülönbség ezt indokolja.

Az első zárójeles tag szorzója a höllátásra használt energiahordozó primer energiatartalma.

Primer energiatartalom tekintetében

- a fűtési rendszer energiahordozójának primer energiatartalma mérvadó, ha a légitchnikai és a fűtési rendszer energiaellátása azonos forrásról történik,
- a légitchnikai rendszerben használt energiahordozó a mértékadó egyéb esetben.

A hőtermelők teljesítménytényezőjét és a primer energia átalakítási tényezőket a fűtésnél megadott módon kell felvenni.

A második zárójelben a levegő keringtetésének és a rendszerben lévő esetleges további berendezéseknek a villamosenergia-igénye szerepel, a villamos energia primer energiaátalakítási tényezőjével szorozva.

A fajlagos érték számításához az energiaigényt a hasznos szintterülettel osztjuk.

Egy épületben több egymástól független légitchnikai rendszer lehet. minden légitchnikai rendszer fajlagos primer energia igénye külön számítandó, és azokat a végén kell összegezni és az alapterülettel elosztani.

Egyszerűsített módszer alkalmazása esetén tételes számítás helyett a következő pontokban közölt tájékoztató adatok és összefüggések használhatók.

A légitchnikai rendszerek ventilátorainak villamosenergia-igénye

A rendszerekbe épített ventilátorok villamosenergia-igényét az alábbi összefüggéssel lehet meghatározni:

$$E_{VENT} = \frac{V_{LT} \cdot \Delta p_{LT}}{3600 \cdot \eta_{vent}} \cdot Z_{a,LT} \quad [kWh/a]$$

A ventilátor összhatásfoka magában foglalja a ventilátor, a hajtás és a motor veszteségeit. Értéke pontosabb adat hiányában az alábbi táblázat szerint vehető fel:

	Ventilátor térfogatárama $V_{LT} [\text{m}^3/\text{h}]$	Ventilátor összhatásfoka $\eta_{vent} [-]$
Nagy ventilátorok	$10.000 \leq V_{LT}$	0,70
Közepes ventilátorok	$1.000 \leq V_{LT} < 10.000$	0,55
Kis ventilátorok	$V_{LT} < 1.000$	0,40

9.20.1. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Ha az épületben több ventilátor/légtechnikai rendszer üzemel, azok fogyasztását összegezni kell.

A légtechnikai rendszer nettó éves hőenergia igénye

Amennyiben a légtechnikai rendszerben a levegőt melegítik, annak hőenergia igénye az alábbi összefüggéssel számítandó:

$$Q_{LT,n} = 0,35 \cdot n_{LT} \cdot V \cdot (\overline{t_{\text{hif}}} - 4) \cdot (1 - \eta_r) \cdot Z_{LT} \quad [kWh/a]$$

Az összefüggésben Z_{LT} a légtechnikai rendszer üzemórának száma a fűtési idényben, osztva ezerrel (a W/kW átszámítás miatt). Az utolsó zárójelben az átlagos befűvási hőmérséklet és a fűtési idény (kerekített) átlagos külső hőmérséklete szerepel.

A légtechnikai rendszer veszteségei

Rendszer	Hőmérséklet szabályozás módja	f _{LT,n} %	Megjegyzés
20 °C feletti befűvási hőmérséklet esetén	Helyiségenkénti szabályozás	5	Érvényes az egyes helyi (helyiségenkénti) és a központi kialakításokra, függetlenül a levegő melegítés módjától.
	Központi előszabályozással, helyiségenkénti szabályozás nélkül	10	
	Központi és helyiségenkénti szabályozás nélkül	30	
20 °C alatti befűvási hőmérséklet esetén		0	Pi.: hővisszanyerős rendszer utófűtő nélkül

9.20.2. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Levegőelosztás hővesztesége, Q_{LT,v}

Ha a szállított levegő hőmérséklete a környezeti hőmérsékletnél 15 °C-kal magasabb, akkor a befűvő hálózat hővesztesége az alábbi összefüggésekkel számítható:

– kör keresztmetszetű légsatorna hővesztesége hosszegységre vonatkoztatva

$$Q_{LT,v} = U_{kor} \cdot l_v \cdot (t_{l,kor} - t_{i,atl}) \cdot f_v \cdot Z_{LT} \quad [kWh/a]$$

– négyzet keresztmetszetű légsatorna hővesztesége felületre vonatkoztatva

$$Q_{LT,v} = U_{nxx} \cdot 2 \cdot (a+b) \cdot l_v \cdot (t_{l,nxx} - t_{i,atl}) \cdot f_v \cdot Z_{LT} \quad [kWh/a]$$

Csőátmérő d [mm]	Szigetelés nélkül			20 mm hőszigetelés			50 mm hőszigetelés		
	Áramlási sebesség w_{lev} [m/s]								
	2	4	6	2	4	6	2	4	6
100	1,39	1,83	2,08	0,53	0,57	0,59	0,32	0,33	0,34
150	1,95	2,57	2,93	0,73	0,80	0,83	0,43	0,45	0,46
200	2,48	3,28	3,74	0,94	1,03	1,06	0,53	0,56	0,57
300	3,49	4,63	5,29	1,33	1,47	1,52	0,75	0,79	0,80
500	5,49	7,27	8,30	2,13	2,34	2,43	1,17	1,23	1,25
800	8,30	11,0	12,5	3,29	3,63	3,78	1,79	1,88	1,92
1000	10,1	13,4	15,3	4,05	4,48	4,66	2,20	2,32	2,37
1250	12,2	16,2	18,5	4,99	5,52	5,76	2,71	2,86	2,92
1600	15,2	20,1	23,0	6,29	6,97	7,28	3,42	3,61	3,69

9.20.3. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Áramlási sebesség w_{lev} [m/s]	Szigetelés vastagsága [mm]								
	0	10	20	30	40	50	60	80	100
1	2,60	1,60	1,16	0,91	0,75	0,64	0,55	0,44	0,36
2	3,69	1,95	1,33	1,01	0,82	0,68	0,69	0,46	0,38
3	4,40	2,12	1,41	1,05	0,84	0,70	0,60	0,47	0,39
4	4,90	2,23	1,45	1,08	0,86	0,72	0,61	0,48	0,39
5	5,29	2,30	1,48	1,10	0,87	0,72	0,62	0,48	0,39
6	5,60	2,36	1,51	1,11	0,88	0,73	0,62	0,48	0,39

9.20.4. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

A légsatorna f_v veszteségtényezője fűteten téren kívül haladó légsatorna esetén $f_v=1$, fűtött térben haladó vezetékeknél $f_v=0,15$ értékkel számítható.

A légtechnikai rendszer villamos segédenergia fogyasztása

Az $E_{LT,v}$ villamos segédenergia igény számításához az átadás, elosztás és hőtermelés igényeit kell összegezni. Egy légtechnikai rendszer esetében jellemzően csak a hőtermelő és hővisszanyerő működtetéséhez szükséges segédenergia, esetleg a helyiségenkénti szabályozás, vagy a befúvószerkezethez tartozó ventilátor segédenergia igényét kell fedezni. A segédenergia igény alapvetően a rendszer kialakításnak és az alkalmazott berendezésnek a függvénye, ezért azt a rendszer ismeretében kell meghatározni. A segédenergia igény $E_{LT,v}$ mértékegysége [kWh/a]. Ha az épületben több rendszer van, akkor ezek fajlagos segédenergia igényét összegezni kell. E téTELben vehető figyelembe az esetleges villamos árammal történő fagyvédelmi fűtés is.

A berendezések segédenergia igénye a következő összefüggéssel számítható:

$$E_{LT,s} = \sum E_{LT,s_i} \quad [\text{kWh/a}]$$

21. A gépi hűtés fajlagos éves primer energiafogyasztása

A gépi hűtés fajlagos éves primer energiasugárzás a bruttó energiasugárzásból számítandó:

$$E_{kL} = \frac{Q_{kL} \cdot e_{kL}}{A_N} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

A beépítendő teljesítményre és az üzemidöre nem adható általánosan használható összefüggés, mert a követelmények az épület egészére vonatkoznak, a hűtési hőterhelés számítása viszont csak helyiségenként vagy zónánként végezhető.

A mesterséges hűtés átlagos teljesítményét és évi üzemóráinak számát vagy a beépített teljesítményt és a csúcskihasználási óraszámot a tervező adja meg.

A nettó hűtési energiaigény előzetes becslésére a következő közelítés alkalmazható:

$$E_{hü} = 24 \cdot n_{hü} \cdot (\sum A_N \cdot q_b + Q_{szályoz}) \quad [W]$$

ahol $n_{hü}$ azoknak a napoknak a száma, amelyre teljesül a

$$\bar{t}_e \geq 26 - \Delta t_{szályoz}$$

feltétel.

A hűtőgép villamos vagy hőenergia fogyasztását teljesítménytényezők (COP) alapján, a szállítás és szabályozás veszteségeit a szakma szabályai szerint lehet meghatározni.

22. A világítás fajlagos éves primer energiafogyasztása

A beépített világítás fajlagos éves primer energiafogyasztása:

$$E_{vil} = E_{vil,n} \cdot e_{vil} \cdot \psi \quad [kWh / m^2 a]$$

Néhány rendeltetés esetére a beépített világítás fajlagos energia igényére vonatkozó tervezési adatokat az 9.8.1. táblázat tartalmazza.

23. Az épület energetikai rendszereiből származó nyereségáramok

Az épület saját energetikai rendszereiből származó, az épületben fel nem használt és más fogyasztóknak átadott (fotovoltaikus vagy motorikus áramfejlesztésből származó elektromos, aktív szoláris rendszerből származó hő-) energia az épületben felhasznált primer energia összegéből levonható.

Adott esetben például a szoláris rendszerből származó hőenergiát a használati melegvíz-ellátó rendszerben hasznosítjuk. Ekkor az ott került beszámításra: a melegvíz-ellátás hőigényének valamekkora hányadát a szoláris rendszerrel fedezzük (és az összefüggésekben a megújuló energia zéró primer energiatartalmával kedvező energetikai minőséget igazolhatunk). Hasonló a helyzet, ha egy gázmotoros kapcsolt energiatermelésből vagy fotovoltaikus rendszerből származó villamos áramot a saját épületünk rendszereiben használunk fel. (Ez a megújuló energia hasznosítás is a saját épület primer energia igényét csökkenti a kedvező primer energia átalakítási tényezők révén.)

A levonás arra az esetre vonatkozik, amikor ilyen rendszerből több energia származik, mint amennyit a saját épületben hasznosítani tudunk és a fölösleget „eladjuk” az országos hálózatnak vagy más épületeknek.

24. A primer energia átalakítási tényezők

Az egyes energiahordozók nem egyformán értékesek, az egyes energiahordozók váltószámait, a primer energia átalakítási tényezőket műszaki megfontolások és energiapolitikai okok egyaránt befolyásolják. Az összehasonlíthatóság érdekében az épületek fogyasztását egységesen földgázfogyasztásra kell átszámítani.

Energia	e
elektromos áram	2,50
csúcson kívüli elektromos áram	1,80
földgáz	1,00
tüzelőolaj	1,00
szén	0,95
fűtőművi távfűtés	1,20
távfűtés kapcsolt energiatermelés	1,12
tűzifa, biomassza	0,60
megújuló	0,00

9.24.1. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

A jegyzet írása közben megjelent 40/2012 Kormányrendelet a távfűtés primer energia átalakítási tényezőinél lényegesen több esetet különböztet meg.

25. Az összesített energetikai jellemző számítása

Az összesített energetikai jellemző az épületgépészeti és világítási rendszerek primer energiafogyasztása összegének egységnyi fűtött alapterületre vetített értéke. Ezt kell összevetni a követelményértékkel.

$$E_p = E_F + E_{HM} + E_{vi} + E_{IT} + E_{kl} + E_{\pm} \quad [kWh / m^2a]$$

Az épületek energiafogyasztása nyilvánvalóan az épület rendeltetésétől, funkciójától is függ, ezért a követelmény is funkciótól függően van megállapítva.

Lakó- és szállásjellegű épületek

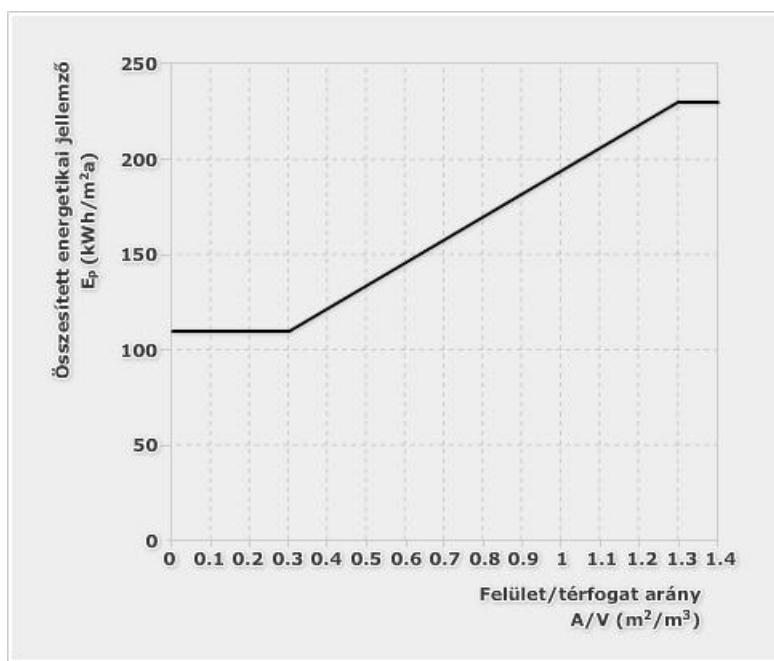
Lakó- és szállásjellegű épületek összesített energetikai jellemzőjének megengedett legnagyobb értéke a következő összefüggéssel számítandó:

$$A/V \leq 0,3 \quad E_p = 110 \text{ kWh/m}^2a$$

$$0,3 \leq A/V \leq 1,3 \quad E_p = 74 + 120*(A/V) \text{ kWh/m}^2a$$

$$A/V \geq 1,3 \quad E_p = 230 \text{ kWh/m}^2a$$

A fenti összefüggéssel megadott értékek az 9.25.1. ábrából is leolvashatók.



9.25.1. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Irodaépületek

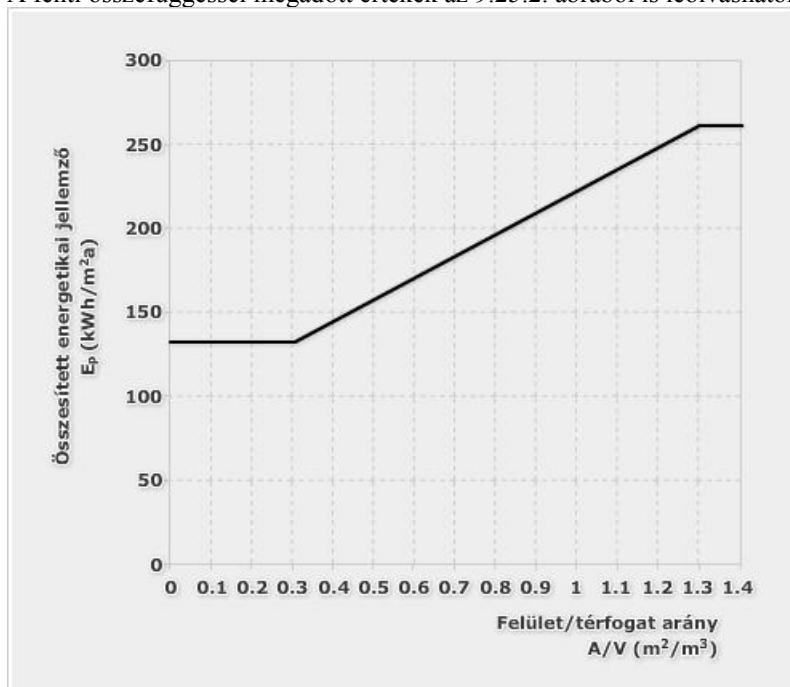
Az irodaépületek (egyszerűbb középületek) összesített energetikai jellemzőjének megengedett legnagyobb értéke a következő összefüggéssel számítandó:

$$A/V \leq 0,3 \quad E_p = 132 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$0,3 \leq A/V \leq 1,3 \quad E_p = 94 + 128*(A/V) \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$A/V \geq 1,3 \quad E_p = 260 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

A fenti összefüggéssel megadott értékek az 9.25.2. ábrából is leolvashatók.



9.25.2. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

Oktatási épületek

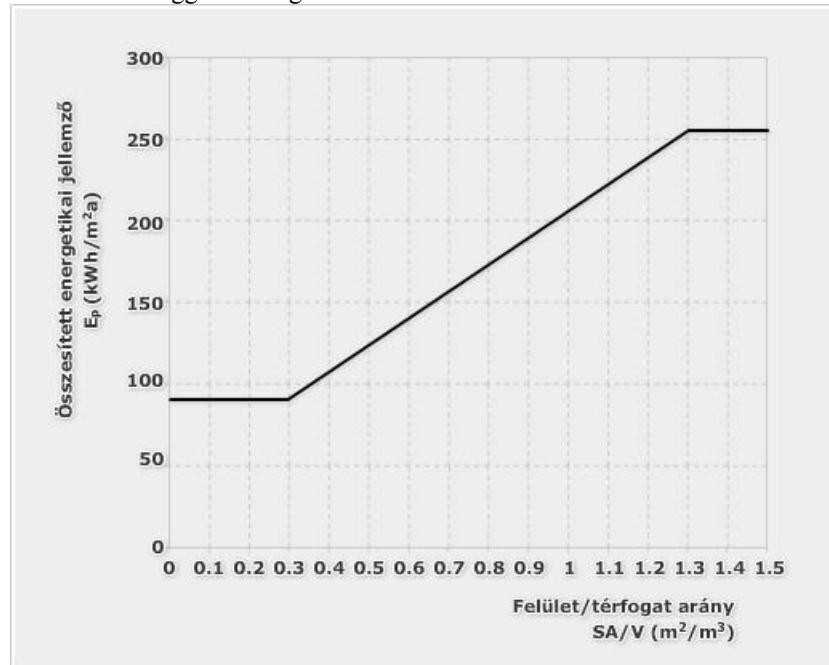
Az oktatási épületek összesített energetikai jellemzőjének megengedett legnagyobb értéke a következő összefüggéssel számítandó:

$$A/V \leq 0,3 E_p = 90 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$0,3 \leq A/V \leq 1,3 E_p = 40,8 + 164*(A/V) \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$A/V \geq 1,3 E_p = 254 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

A fenti összefüggéssel megadott értékek a 9.25.3. ábrából is leolvashatók.



9.25.3. ábra Forrás: 7/2006. TNM rendelet

26. Az épületek energetikai minőségének tanúsítása

26.1. Miért van szükség tanúsítványra?

Az Európai Unió direktívája előírja az épületek és/vagy az egyes – a rendeltetés, a tulajdonjog és/vagy a bérleti jog szempontjából egyértelműen körülhatárolható épületrészek (például lakás, üzlethelyiség, iroda...) energetikai minőségének tanúsítását.

A továbbiakban csak épületről történik említés, de minden esetben a fenti értelmezés érvényes. A direktíva értelmében az energiafogyasztás minden összetevőjét (fűtés, hűtés, szellőztetés, használati meleg víz és – lakóépületek kivételével – világítás) figyelembe kell venni.

E tanúsítvány (a továbbiakban ET) célja a tájékoztatás, hasonlóan ahhoz, ami más fogyasztási javak esetén (gépkocsi, hűtőszekrény) már jó ideje gyakorlat: miért pont a legértékesebb és leghosszabb fizikai élettartamú dolog maradna ki ebből a rendszerből?

A tanúsítványt egy bizonyos reális dátum után ki kell állítani az új épületek használatbavételi eljárásakor, és be kell tudni mutatni meglévő épületről is elidegenítés vagy bérleti jogviszony létrejöttekor.

A tanúsítvány alapján

- az adott épület energetikai minősége a 2006-tól érvényes követelményekkel összehasonlítható,
- az egyes épületek energetikai minősége egymással összehasonlítható,

- az épületek energetikai szempontból minőségi osztályokba sorolhatók.

A fentiek természetesen csak akkor lehetségesek, ha az egyedi fogyasztói magatartás és a véletlen időjárási jellemzők hatását kizártuk (hasonlóan a gépkocsikhoz, amelyeknek standard körülmények között meghatározott fogyasztását adják meg, noha természetesen az egyes vezetők magatartása, a terhelés, az időjárás függvényében attól lényegesen eltérő adatokat is mérhetünk).

Jelen esetben ilyen előre meghatározott, „standardizált” adatokkal kell számolni a belső hőmérsékletet, a hőfokhidat, a sugárzási nyereséget, az egy före jutó alapterületet, a használati időt, a melegvíz-fogyasztást, a világítást minden olyan épületre, amelyre az összesített energetikai jellemző követelményértéke meg van adva. Ha ezeket az adatokat nem „standardizálnánk”, akkor az épületek sem egymással, sem megadott határértékekkel nem lennének összevethetők.

Természetesen marad még sok olyan tényező, amely az adott épület energiafogyasztását befolyásolja, a teljesség igénye nélkül ezek közül néhány:

- a külső határoló szerkezetek és nyílászárók geometriai méretei, hőtechnikai adatai,
- a kazán típusa, a fűtési alapvezeték hossza, helyzete, hőszigetelése, a vezérlés vagy szabályozás módja,
- a használati melegvíz-termelés berendezései (központi, egyedi, átfolyós, tárolós), hálózata és szerelvényei (víztakarékos szerelvények, egyedi mérés),
- az esetleges légtechnikai rendszerek, a klimatizálás rendszere (például lehetséges-e tiszta friss levegősz üzem),
- a világítás fényforrásai és esetleges szabályozása (pl. mozgásérzékelők) és végül, de egyáltalán nem utolsó sorban
- a használt energiahordozók.

Ezek az adatok nagyrészt a tervdokumentációból (ha megvan), helyszíni szemlén, felméréssel, a szereplők által szükségesnek ítélt méréssel határozhatók meg.

26.2. A tanúsítás rendeleti háttere

A tanúsítvány készítését a 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet szabályozza. Ezt az alaprendeletet a 105/2012. (V.30.) kormányrendelet módosítja.

A rendelet 1.§ (3) pontja értelmében tanúsítványt kell készíteni:

- új épület használatba vételi eljárásához;
- meglévő épület, vagy önálló rendeltetési egység ellenérték fejében való tulajdon-átruházása, vagy bérbeadása esetén;
- 500 m², vagy ennél nagyobb (2013. január 9.-től lép hatályba), illetve 250 m², vagy ennél nagyobb (2015. július 9.-én lép hatályba) hasznos alapterületű hatósági rendeltetésű, állami tulajdonú közhasználatú épület esetén.

A tanúsítás során az összesített energetikai jellemző megállapítása a cél. Ez történhet számlával, amelynek alapja a 7/2006. TNM rendeletben szereplő módszer, de elvileg történhet számlák alapján is, amelynek módszertana jelenleg még nincs kidolgozva hazánkban. A számlák alapján történő tanúsítás veszélye azonban az, hogy a tanúsítás fő értelme, a „standard felhasználó” miatti összehasonlíthatóság vesz el, ettől kezdve már nem csak az épületről szól a tanúsítvány.

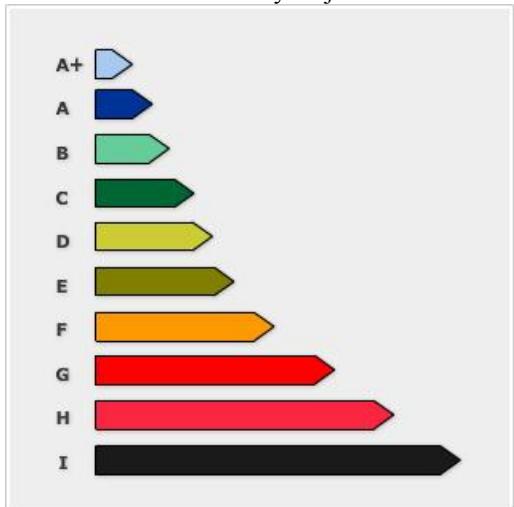
A tanúsítás fontos eleme az épület besorolása. Ennek során a számított primer energiafogyasztás a 7/2006. TNM rendeletben szereplő követelményekkel kerül összevetésre.

A vizsgált épület(rész) összesített energetikai jellemzője és a viszonyítási alap arányának százalékban kifejezett értéke alapján az épületrész minőségi osztályának betűje és szöveges jellemzése az alábbiak szerinti.

A+	<55	Fokozott energiatakarékos
A	56 - 75	Energiatakarékos
B	76 - 95	Követelménynél jobb
C	96 - 100	Követelménynek megfelelő
D	101 - 120	Követelményt megközelítő
E	121 - 150	Átlagosnál jobb
F	151 - 190	Átlagos
G	191 - 250	Átlagost megközelítő
H	251 - 340	Gyenge
I	341 <	Rossz

9.26.2.1. ábra Forrás: 176/2008. Korm. rendelet

A könnyebb értelmezhetőség érdekében egy más termékeknél is megszokott színskálát is használunk, amely a laikusok számára is könnyű tájékozódást tesz lehetővé.



9.26.2.2. ábra Forrás: 176/2008. Korm. rendelet

26.3. Egyéb rendeltetésű épületek tanúsítása

A 7/2006. TNM rendelet csak 3 épületkategóriára (lakó- és szállásjellegű épületek, oktatási épületek, irodaépületek) adja meg az összesített energetikai jellemző követelményértékét. Tanúsítani azonban más rendeltetésű épületeket is kell, ezért erre az esetre az alábbi eljárás szerint kell a számszerű követelményt meghatározni. Az eljárás során egy ún. „referencia épületet” kell képezni és ennek a számított összesített energetikai jellemzőjét kell követelményként használni.

- a referenciaépület mérete a vizsgált épüettel megegyező,
- a fajlagos hőveszteség-tényező értéke a felület/tér fogat viszony függvényében megadott követelményértékkel megegyező,
- az éghajlati adatokként egyszerűsített számításnál is használt átlagos hőfokhíd és fűtési idény hosszúság adatokkal kell számolni,
- a légesereszám az épület használati módjának (használók száma, tevékenysége, technológia stb.) alapján a szakma szabályai szerint számított szükséges érték,
- a belső hőterhelés az épület használati módjának (használók száma, tevékenysége, technológia stb.) alapján a szakma szabályai szerint számított érték,
- a világítási energiaigény az épület használati módjának (használók száma, tevékenysége, technológia stb.) alapján a szakma szabályai szerint számított szükséges érték,

- a használati melegvíz-ellátás energiaigénye az épület használati módjának (használók száma, tevékenysége stb.) alapján a szakma szabályai szerint számított szükséges érték,
- a fűtési rendszer hőtermelőjének helye (fűtött téren belül, vagy kívül) adottságként veendő, a tényleges épülettel megegyező esetet kell használni,
- a feltételezett energiahordozó földgáz,
- a feltételezett hőtermelő alacsony hőmérsékletű kazán,
- a feltételezett szabályozás termosztatikus szelep 2°C arányossági sávval,
- a fűtési rendszerben tároló nincs,
- a vezetékek nyomvonala a ténylegessel megegyező (az elosztó vezeték fűtött téren belül, vagy kívül való vezetése),
- a vezetékek hőveszteségének számításakor a 70/55 °C hőfoklépcsőhöz tartozó vezeték veszteségét kell alapul venni,
- a szivattyú fordulatszám szabályozású,
- a melegvíz-ellátás hőtermelője földgáztüzelésű alacsony hőmérsékletű kazán,
- a vezetékek nyomvonala a ténylegessel megegyező,
- 500 m² hasznos alapterület felett cirkulációs rendszer van,
- a tároló helye adottság (fűtött téren belül, vagy kívül),
- a tároló indirekt fűtésű,
- gépi szellőzéssel csak akkor kell számolni, ha a tényleges épületben is van szellőző rendszer,
- a gépi szellőzéssel befűjt levegő hőmérséklete a helyiséghőmérséklettel egyező, a léghevítőt az alacsony hőmérsékletű, földgáztüzelésű kazánról táplálják,
- a légsatorna hőszigetelése 20 mm vastag,
- a gépi hűtés számításait ugyanazokkal a paraméterekkel kell elvégezni, mint amilyenekkel a tényleges berendezés rendelkezik.

27. Hivatkozások

2002/91/EK számú Épületenergetikai direktíva

7/2006. (V. 24.) TNM rendelet: Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról

176/2008. (VI.30.) Korm. rendelet: Az épületek energetikai tanúsításáról

264/2008. (XI. 6.) Korm. rendelet: A hőtermelő berendezések és légkondicionáló rendszerek energetikai felülvizsgálatáról

105/2012. (V.30.) Korm. rendelet: Egyes építésügyi és területrendezési tárgyú kormányrendeletek módosításáról

40/2012. (VIII. 13.) BM rendelet: Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet módosításáról

Felhasznált irodalom

Az új épületenergetikai szabályozás. Baumann, Mihály. BAUSOFT Pécsvárad Kft.. 2006.

10. fejezet - Önellenőrző feladatok

1. Önellenőrző feladatok

Feladatok

2. Megoldókulcs

Megoldókulcs