

Segédlet
az
Épületenergetikai Tanúsítói Jogosultság
megszerzéséhez
a
9/2023 ÉKM rendelet alapján

A segédlet Dr. Csoknyai Tamás, Dr. Szalay Zsuzsa, Dr. Nagy Balázs, Dr. Horváth Miklós által írt az Alkalmazott Épületenergetika c. kézikönyv és az érvényes rendeletek alapján készült.

Szerkesztette: Nagy Péter

Budapest, 2024. január

Tartalom

Rövidítések jegyzéke.....	7
Fogalommagyarázat	7
1 Bevezetés.....	11
1.1 Előzmények	11
1.2 A követelményrendszer elvi háttere	11
2 Számítási módszer és követelmények	14
2.1 A számítások háttere.....	14
2.2 A szabályozás struktúrája	14
2.3 A küszöbértékek előírásának alapja	15
2.4 A küszöbértékek és a referencia épület	15
2.5 Számítási módszerek	17
2.6 Az egyszerűsített számítás főbb újdonságai	18
3 Módszertani áttekintés.....	20
3.1 Követelmények ellenőrzése	20
3.2 Energiatanúsítás.....	21
3.3 Alkalmazás	22
3.4 Egyszerűsített és részletes számítás.....	22
3.5 Részletes módszerek és dinamikus szimuláció – mikor alkalmazzuk és mikor ne? ..	25
4 Az egyes határoló szerkezetekre vonatkozó számítások.....	32
4.1 A hőátbocsátási tényező számítása.....	32
4.1.1 Hővezetési tényező.....	34
4.1.2 Felületi hőátadási ellenállás	35
4.1.3 Légrétegek hővezetési ellenállása	36
4.1.4 Inhomogén rétegek a rétegtervben	38
4.1.5 Változó vastagságú réteget tartalmazó szerkezetek	40
4.1.6 A hőátbocsátási tényező korrekciója.....	42
4.1.7 Panelos épületek homlokzati falainak átlagos hőátbocsátási tényezői.....	45
4.2 Homlokzati üvegfalak, függönyfalak hőátbocsátási tényezője	46
4.3 Nyílászárók hőátbocsátási tényezője	48
4.3.1 Egyhjú nyílászárók	49
4.3.2 Kéthjú nyílászárók.....	50
4.3.3 Nyílászárók társított árnyékolószerkezettel.....	50
4.4 Talajjal érintkező szerkezetek hőveszteségének számítása	53
4.4.1 A talaj hőtechnikai jellemzői.....	53

4.4.2	Talajon fekvő padló.....	53
4.4.3	Terepszint feletti padlószervezetek esetén	55
4.4.4	Fűtött pince.....	56
4.4.5	Perem hőszigetelés hatása terepszint közelében fekvő padló esetén	58
5	A termikus zónázás szabályai.....	61
6	Fűtés/ hűtés éves nettó hőenergia igénye	66
6.1	Hőátvitel transzmisszióval.....	67
6.1.1	Általános eset	67
6.1.2	A csatlakozási hőhidak hatása.....	68
6.1.3	Nem kondicionált terek hatása	71
6.1.4	Talajjal érintkező szerkezetek	74
6.1.5	Transzmissziós hőátvitel	76
6.2	Hőátvitel szellőzéssel	76
6.2.1	Általános eset	76
6.2.2	Természetes szellőzés esete	77
6.2.3	Éjszakai többlet szellőztetés a nyári félévben (hűtés esetén).....	78
6.2.4	Szellőzési hőátviteli tényező a gépi szellőzés néhány esetére	78
6.2.5	Szellőzési hőátvitel.....	81
6.3	Szoláris hőnyereségek/ hőterhelések	81
6.3.1	Direkt sugárzási hőnyereségek.....	81
6.3.2	Indirekt sugárzási nyereségek	92
6.4	Belső hőnyereségek/ hőterhelések.....	92
6.5	Teljes hőnyereség és hőátvitel.....	93
6.5.1	A szakaszos üzem hatása fűtési üzemben	93
6.6	Hőtároló képesség és időálló	94
6.7	A fűtési nettó hőenergia igény számítása	96
6.7.1	Hasznosítási tényező fűtés esetén	96
6.7.2	A fűtés nettó hőenergia igénye.....	97
6.7.3	Fajlagos nettó fűtési energiaigény.....	97
6.8	A hűtési nettó hőenergia igény számítása.....	98
6.8.1	Hasznosítási tényező hűtés esetén.....	98
6.8.2	A hűtés nettó hőenergia igénye	99
6.8.3	A szakaszos üzem hatása hűtési üzemben.....	99
6.8.4	Fajlagos nettó hűtési energiaigény	100
6.9	Látens hőenergia igény	100

6.10	Számítási időszak.....	100
6.10.1	Számítási időszak hossza	100
6.10.2	Hosszú szünet figyelembe vétele	101
6.11	A fajlagos hővesztéstényező	101
6.12	Fűtési hőszükséglet becsült értéke a lefedési arányok meghatározásához	101
7	Az épülettechnikai rendszerek számításának alapelvei.....	102
7.1	Hőtermelők teljesítménytényezője és villamos segédenergia igénye.....	105
7.1.1	Kazánok.....	105
7.1.2	Hőszivattyúk.....	108
7.1.3	Távhőszolgáltatás	110
7.1.4	Egyedi és direkt elektromos fűtések.....	110
8	A fűtési rendszer energiafelhasználása.....	113
8.1	A fűtési rendszer által fedezett nettó hőenergia igény	113
8.2	A fűtés végső hő- és villamos energia fogyasztása	113
8.3	Hőtermelők teljesítménytényezője és villamos segédenergia igénye.....	114
8.3.1	Kazánok.....	114
8.3.2	Hőszivattyúk.....	117
8.3.3	Távhőszolgáltatás	119
8.3.4	Egyedi és direkt elektromos fűtések.....	119
8.4	Napkollektorok	121
8.5	A hőelosztás veszteségei	121
8.5.1	Egyszerűsített módszer.....	121
8.5.2	Részletes módszer	122
8.6	A teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteségek	122
8.6.1	Egyszerűsített módszer.....	123
8.7	A hőtárolás veszteségei és segédenergia igénye.....	132
8.7.1	Részletes módszer	132
8.8	A hőelosztás segédenergia igénye	133
8.8.1	Egyszerűsített módszer.....	133
8.8.2	Részletes módszer	134
9	A fűtési rendszer energiafelhasználása.....	135
9.1	A fűtési rendszer által fedezett nettó hőenergia igény	135
9.2	A fűtés végső hő- és villamos energia fogyasztása	135
9.3	Hőtermelők teljesítménytényezője és villamos segédenergia igénye.....	136
9.3.1	Kazánok.....	136

9.3.2	Hőszivattyúk.....	139
9.3.3	Távhőszolgáltatás	141
9.3.4	Egyedi és direkt elektromos fűtések.....	141
9.4	Napkollektorok	143
9.5	A hőelosztás veszteségei	143
9.5.1	Egyszerűsített módszer.....	143
9.5.2	Részletes módszer	144
9.6	A teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteségek	144
9.6.1	Egyszerűsített módszer.....	145
9.7	A hőtárolás veszteségei és segédenergia igénye.....	152
9.7.1	Részletes módszer	152
9.8	A hőelosztás segédenergia igénye	153
9.8.1	Egyszerűsített módszer.....	153
9.8.2	Részletes módszer	154
10	A légtechnikai rendszer energiafelhasználása.....	155
10.1	Egyszerűsített módszer	155
10.1.1	A szállított térfogatáram.....	155
10.1.2	A nettó fűtési energiaigényének léghevítés által fedezett hányada.....	155
10.1.3	Szellőző levegő előmelegítés talajhőcserélőben	157
10.1.4	A légtechnika energiafelhasználása	157
10.1.5	A szellőzés végsőenergia igénye egyszerűsített módszerrel	159
10.2	Részletes módszer.....	162
	Hűtési rendszer energiafelhasználása.....	163
11.1	Egyszerűsített módszer	163
11.1.1	A hűtés látens hőigénye.....	163
11.1.2	A hűtőgép teljesítménytényezője	163
11.1.3	Elosztási veszteségek	164
11.2	Részletes módszer.....	164
11.3	Az épület energetikai rendszereiből származó nyereségáramok.....	164
11.4	Napelemek energiatermelése	165
11.4.1	Egyszerűsített módszer.....	165
11.4.2	Részletes módszerek	165
11.5	Szélenergia hasznosítás.....	165
12	Az épület komplex indikátorai	166
12.1	A fajlagos súlyozott energetikai teljesítmény	168

12.2	Súlyozó tényezők	168
12.3	A megújuló energia mennyisége	171
13	Épületszerkezetek azonosítása	173
13.1	Meglévő épülethatároló szerkezetek hőtechnikai azonosítása	173
13.1.1	Homlokzati falak azonosítása	173
13.1.2	Lapostetők azonosítása	176
13.1.3	Beépített tetőteret határoló szerkezetek azonosítása	179
13.1.4	Padlásfödémek azonosítása	179
13.1.5	Pincefödémek és árkádfödémek azonosítása	180
13.2	Nyílászáró szerkezetek azonosítása	181
14	Épülettechnikai rendszerek azonosítása	183
14.1	A tanúsítás általános szempontjai	183
14.2	Fűtési rendszerek azonosítása	183
14.2.1	Kazánok, hőtermelők azonosítása	183
14.2.2	Hőtermelők hatásfoka és energetikai mutatói (kazánok)	184
14.2.3	Hőtermelők hatásfoka és energetikai mutatói (villanymotor hajtású kompresszoros hőszivattyúk)	189
14.2.4	Fűtési rendszer szabályozásának azonosítása	191
14.3	HMV rendszerek azonosítása	196
14.3.1	HMV előállítás azonosítása	197
14.3.2	HMV hálózat azonosítása	197
14.4	Szellőzési rendszerek azonosítása	198
14.4.1	Légkezelők azonosítása	198
14.4.2	Légtechnikai hálózat besabályozásának ellenőrzése	198
14.5	Hűtési rendszerek azonosítása	199
15	Korszerűsítési javaslatok	199
15.1	A korszerűsítési javaslatok minimumkövetelményei	199
15.2	Épületszerkezetek	199
15.2.1	Homlokzati falak utólagos hőszigetelése	200
15.2.2	Lapostetők utólagos hőszigetelése	201
15.2.3	Beépített tetőteret határoló szerkezetek utólagos hőszigetelése	201
15.2.4	Padlásfödémek utólagos hőszigetelése	202
15.2.5	Pincefödémek utólagos hőszigetelése	203
15.3	Épülettechnikai rendszerek	203
15.3.1	A gépészeti berendezések erkölcsi avulása	203

15.3.2	Hőtermelők.....	204
15.3.3	Fűtési rendszerek.....	204
15.3.4	Használati melegvízellátó rendszerek	208
15.3.5	Légtechnikai rendszerek és szellőzés	210
15.3.6	Hűtési rendszerek korszerűsítése.....	212
15.3.7	Megújuló energiaforrások alkalmazása.....	212
15.3.8	Épületfelügyeleti rendszerek szerepe az energiafelhasználás csökkentésében	212
16	Az energetikai tanúsítás szabályai.....	214
16.1	Legfontosabb változások	214
16.2	Az energetikai és széndioxid emisszió szerinti besorolás szabályai.....	214
16.3	Épületszerkezetek értékelési osztályai	215
16.4	Épülettechnikai rendszerek értékelési osztályai.....	218
16.5	A tanúsítvány felépítése	219
17	Összefoglalás.....	232

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ÉKM rend.: 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet

176-os rend.: 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet

ÉKM 1. Függelék.: Az 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet 1. függeléke (a rendeletről különálló dokumentum), ez tartalmazza a számítási módszert

ÉKM 2. Függelék.: Az 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet 1. függeléke (a rendeletről különálló dokumentum), a számítási módszer melléklete

FOGALOMMAGYARÁZAT

1. *alternatív rendszer*: a megújuló energiaforrásokon alapuló decentralizált energiaellátási rendszer, a kapcsolt energiatermelés, a táv- vagy tömbfűtés és -hűtés vagy a hőszivattyús rendszer;

2. *árnyékoló szerkezet*: olyan mozgatható szerkezet, amely a transzparens szerkezetekkel funkcionális és jellemzően szerkezeti kapcsolatban áll, továbbá célja, hogy szabályozható módon a direkt napsugárzás továbbjutását részben vagy egészben megakadályozza;

3. *átlagos hőátbocsátási tényező*: egy épületelemen a szerkezettel érintkező közegek közti egységnyi hőmérséklet-különbség hatására időegység alatt áthaladó hő egységnyi felületre jutó értéke, amely a csatlakozási hőhidak kivételével az épületelemen belüli hőhidak, a rétegterv, a beépítés és az öregedés hatását is tükrözi;

4. *csatlakozási hőhíd*: funkcionálisan különböző vagy eltérő térbeli helyzetű épületelemek csatlakozásánál kialakuló hőhíd;

5. *dinamikus szimuláció*: az épület és az épülettechnikai rendszer időben változó viselkedésének modellezésére alkalmas számítógépes modellezési eljárás, mely képes figyelembe venni a dinamikus változó külső és belső (igény oldali) hatásokat;

6. *effektív névleges teljesítmény*: a gyártó által előírt és garantált maximális leadott hőteljesítmény (kW-ban kifejezve), amely a folyamatos működés során átadható, ugyanakkor megfelel a gyártó által megjelölt hasznos teljesítménynek;

7. *egyéb rendeltetésű épület*: lakóépületnek és szállás jellegű épületnek nem minősülő épület;

8. *elektromos töltőpont*: a közúti közlekedésről szóló 1988. évi I. törvény 45/B. § 6. pontja szerinti fogalom;

9. *energiamegtakarítási célú felújítás*: a meglévő épület energiahatékonyágát befolyásoló épületelem utólagos beépítése, cseréje, kiegészítése vagy az épületelem alapvető jellemzőjének megváltoztatása vagy azon állagmegóvási, javítási, karbantartási munka, amely energiamegtakarítást eredményez;

10. *épület*: az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló kormányrendelet szerinti épület;

11. *épületautomatizálási és -szabályozási rendszer*: olyan rendszer, amely magában foglalja mindazon termékeket, szoftvereket és mérnöki szolgáltatásokat, amelyek automatikus vezérlés révén és a kézi működtetés megkönnyítésével elősegíthetik az épülettechnikai rendszerek energiahatékony, gazdaságos és biztonságos üzemeltetését;

12. *épületelem*: a határoló szerkezetek vagy az épülettechnikai rendszerek valamely eleme;

13. *épületelemen belüli hőhíd*: az épületelem körvonalán belül a geometriai forma vagy az anyaghasználat miatt kialakuló hőhíd;

14. *épülettechnikai rendszer*: az épület vagy önálló rendeltetési egysége helyiségfűtésére, helyiségűtésére, szellőztetésére, használati melegvíz-ellátására, beépített világítására, épületautomatizálására és -szabályozására, helyszíni villamosenergia-termelésére szolgáló műszaki berendezések vagy ezek kombinációi, ideértve a megújuló energiaforrásokat használó rendszereket is;

15. *fajlagos hőveszteség-tényező*: a transzmissziós hőáramok és a fűtési idény átlagos feltételei mellett kialakuló passzív sugárzási hőnyereség hasznosított hányadának algebrai összege egységnyi belső-külső hőmérséklet-különbségre és egységnyi fűtött térfogatra vetítve;

16. *felület-térfogat arány*: a kondicionált terek és a kondicionált terek által minden oldalról körülvevő nem kondicionált terek összességét burkoló határoló szerkezetek belméretek szerint számított felületének és a belméretek szerint számított burkolt térfogatnak a hányadosa;

17. *fűtési rendszer*: a beltéri légkezelés egy adott formájához szükséges komponensek olyan kombinációja, melynek révén növelhető a hőmérséklet;

18. *gépi hűtés*: hőenergia elvonása az épületből épülettechnikai rendszerrel, levegő vagy folyékony hőhordozó közeg révén;

19. *használati melegvíz*: olyan víz, amely bármilyen rendeltetésű épületben alkalmas emberi fogyasztásra és háztartási célú felhasználásra, ide nem értve a helyiség- vagy a medencefűtést, valamint a kereskedelmi célú felhasználást;

20. *használati melegvízellátó rendszer*: hidegvízből használati melegvíz előállítását, tárolását és elosztását végző komponensek kombinációja;

21. *hasznos alapterület*: az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló kormányrendelet szerinti hasznos alapterület;

22. *határoló szerkezet*: az épület fűtött, szellőztetett, hűtött belső helyiségeit a külső környezettől vagy az épület fűtetlen, szellőzés nélküli helyiségétől elválasztó épületszerkezet;

23. *hőhíd*: a határoló és nyílászáró szerkezet olyan része, ahol a geometriai forma vagy az anyaghasználat miatt többdimenziós hőáram- és hőmérséklet-eloszlás alakul ki;

24. *hőszivattyú*: olyan gép, készülék vagy berendezés, amely a természetes közegekből – különösen a levegőből, a vízből vagy a talajból – hőt vezet át az épületbe vagy az ipari alkalmazásba azáltal, hogy megfordítja a hő természetes áramlásának irányát, és így az az alacsonyabb hőmérséklettől a magasabb hőmérséklet felé áramlik, továbbá amely képes a hőt az épületből kivonni és a környezetnek átadni;

25. *hőtermelő berendezés*: a fűtési rendszer azon része, amely hasznos hőt állít elő fűtőanyagok kazánban történő elégetésével vagy az elektromos ellenállásos fűtőrendszer fűtőelemeiben fellépő hőhatás (Joule-hatás) alkalmazásával, valamint a környezeti levegőből, szellőzőberendezésből távozó használt levegőből, vízből vagy geotermikus hőforrásból való, hőszivattyúval történő hőelvonás révén;

26. *jelentős felújítás*: a határoló szerkezetek összes felületének legalább a 25%-át érintő felújítás;

27. *kapcsolt energiatermelés*: hő- és villamos vagy mozgási energia egyetlen folyamat során, egyidejűleg történő előállítása;

28. *kazán*: kazántest-tüzelőegység kombináció, amely az égés során felszabaduló hőt a fűtőközegnek adja át;

29. *kondicionált tér*: olyan tér, amelynek szabályozott belső hőmérsékletét közvetlenül vagy közvetve épülettechnikai rendszer biztosítja;

30. *közel nulla energiaigényű épület*: az 1. és a 2. mellékletben foglalt követelményeknek megfelelő épület;

31. *lakóépület*: jellemzően lakást és a hozzá tartozó kiszolgálóhelyiségeket magába foglaló épület;

32. *légkondicionáló rendszer*: a beltéri légkezelés egy adott formájához szükséges komponensek olyan kombinációja, amely által szabályozható vagy csökkenthető a hőmérséklet;

33. *meglévő épület*: a felújítási munkák megkezdését megelőzően használatbavételi engedéllyel, használatbavétel tudomásulvételével vagy az épület felépítésének megtörténtét tanúsító hatósági bizonyítvánnyal rendelkező vagy legalább 10 éve használatban lévő épület;

34. *megújuló forrásokból származó energia*: megújuló, nem fosszilis forrásokból származó energia, azaz a szél-, nap-, aerotermikus, geotermikus, hidrotermikus és óceánból nyert energia, valamint a vízenergia, a biomasszából, hulladéklerakó helyeken és szennyvíztisztító telepeken keletkező gázokból és biogázokból nyert energia;

35. *nyílászáró szerkezet*: az épületen belüli tereket egymástól vagy azokat a külső légtértől időszakosan elválasztó szerkezet;

36. *önálló rendeltetési egység*: az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló kormányrendelet szerinti önálló rendeltetési egység;

37. *összesített energetikai jellemző*: az épület fajlagos nem megújuló forrásból származó primerenergia-igénye egységnyi hasznos alapterületre és egy évre vetítve;

38. *primerenergia*: az a megújuló és nem megújuló forrásból származó energia, amely nem esett át semminemű átalakításon vagy feldolgozási eljáráson;

39. *referenciaépület*: olyan fiktív épület, amely a tervezett épület méreteivel, térosztásával, körrajzával, tömegformálásával, nyílásarányával és tájolásával mindenben megegyezik, továbbá az adott telken, annak épített és természeti környezetében helyezkedik el, emellett a határoló és nyílászáró szerkezetei a rájuk vonatkozó követelményeket pontosan kielégítik, emellett referencia épülettechnikai rendszerrel rendelkezik;

40. *referencia épülettechnikai rendszer*: olyan épülettechnikai rendszer, amely a referenciaépület számított energiaigényét fedezi;

41. *szállás jellegű épület*: olyan lakóépületnek nem minősülő épület, amely nem életvitelszerű, átmeneti tartózkodásra alkalmas, és amelyet az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet 104/A. §-ában foglaltak szerint terveztek meg és alakítottak ki;

42. *szellőzőrendszer*: a 2009/125/EK európai parlamenti és tanácsi irányelvnek a szellőztetőberendezések környezettudatos tervezésére vonatkozó követelmények tekintetében történő végrehajtásáról szóló, 2014. július 7-i 1253/2014/EU bizottsági rendelet szerinti berendezés;

43. *távfűtés vagy távhűtés*: a távhőszolgáltatásról szóló törvény szerinti távhőszolgáltatás, vagy gőz, melegvíz, vagy hűtött folyadék formájában, egy központi vagy decentralizált termelési egységből, vezetéken keresztül történő hőenergia-szolgáltatás légterek vagy folyamatok fűtése vagy hűtése céljából;

44. *transzparens szerkezet*: olyan nyílászáró szerkezet, amely a napsugárzás egy részét átengedi.

1 Bevezetés

1.1 Előzmények

Az Európai Unió először 2002-ben adott ki Épületenergetikai Irányelvet (2002/91/EK irányelv). Ebben általánosságokban fogalmazták meg a célokat, a tagországok feladata volt a nemzeti szabályozások kidolgozása és bevezetése. A nemzeti szabályozások két lényeges eleme az épületek energetikai minőségére vonatkozó követelményrendszer és a tanúsítás. A követelmények számszerű meghatározása a tagországok kompetenciája volt, ehhez természetesen a számítási módszereket és bizonyos bemenő adatokat is ki kellett dolgozni. Ezeket a módszereket és bemenő adatokat kellett alkalmazni a tanúsítási eljárásokban is. Az egyes tagországok szabályozásainak harmonizálása érdekében rendszeres egyeztetések folytak és folynak jelenleg is a tagországok részvételével.

Magyarország 2006-ban vezette be az Irányelvnek megfelelő szabályozást a számítási módszertant és követelményrendszert magába foglaló TNM 7/2006 számú miniszteri és az energiatanúsításról szóló 176/2008 kormányrendelettel.

Az Irányelvnek megfelelően a szabályozást ötévente felül kell vizsgálni. Kisebb módosítások, kiegészítések történtek, de a követelmények lényegében nem változtak. A határidő miatt ugyan volt szándék a szabályozás érdemi átdolgozására – ebben a munkában a Mérnöki Kamara és a Debreceni Egyetem voltak érintettek, de érdemi változás nem történt, ami annak is betudható, hogy a kormányzati struktúra is átalakult és a szabályozás kodifikálásának feladata és felelőssége minisztériumról minisztériumra vándorolt.

Időközben az Európai Unió kétszer, 2010-ben (2010/31/EU irányelv) és 2018-ban (2018/844/EK irányelv) is átdolgozta az épületenergetikai irányelvet és több más ehhez kapcsolódó irányelv és módszertani útmutató is megjelent. Ebben azonban a hibák nem kerültek javításra, sőt újabb alapvető elvi hibák kerültek bele.

Ennek a helyzetnek a feloldására készült el az illetékes minisztériumok megbízásából a 2023. májusában elfogadott szabályozás, amelyet részletes tanulmányok alapoztak meg. Kidolgozásában a BME koordinálásával számos szakember vett részt és a folyamatot nyílt szakmai viták és egyeztetések kísérték.

Az új szabályozásban a 176/2008 kormányrendelet módosult, a 7/2006 TNM rendeletet pedig felváltotta a 9/2023. (V. 25.) EKM rendelet.

Jelen segédlet az Innovációs és Technológiai Minisztérium és a Magyar Mérnöki Kamara támogatásával készült el.

1.2 A követelményrendszer elvi háttere

Az Épületenergetikai Irányelv 2010-ben megjelent átdolgozott kiadása egy új fogalmat: a közel nulla energiaigényű épület kategóriát vezetett be. Elvárás, hogy megadott időpontok után valamennyi új épület közel nulla energiaigényű legyen.

A közel nulla energiaigény definícióját az Irányelv nem túl szerencsésen fogalmazza meg. A célok azonban világosak: energiatakarékosság és környezetvédelem.

A definíció *fordítása* értelmező megjegyzésekkel a következő:

A közel nulla energiaigényű épület

- „*energetikai teljesítménye magas*” – a honi terminológia szerint ez azt jelenti, hogy az épület veszteségei kicsik, az épület a nyereségáramokat jól hasznosítja, az épület a túlzott nyári felmelegedés ellen jól védett; ide érthető még az, hogy az épületgépészeti rendszerek jó hatásfokúak, segédenergia igényük csekély;
- „*az energiaigény közel nulla vagy nagyon alacsony*” – ez részben következik az előző pontból, de az előző pont helyett e pont alatt (is) lehet gondolni az épületgépészeti rendszerekre, ugyanakkor a mondat értelme vitatható, mert bár a fűtés, hűtés energiaigénye az észszerűség határáig (sőt azon túl is) csökkenthető, a melegvízellátás nettó energiaigénye nem korlátozható: valamennyi térfogatú és valamilyen hőmérsékletű melegvízre szükség van;
- „*az energiaigényt nagyon jelentős mértékben megújuló energiaforrásokból kell fedezni, beleértve a megújuló forrásokból helyben vagy közelben kinyert energiát.*”

Ez utóbbi követelmény félreértésekre adott okot: több nemzeti szabályozásban – így a hazaiakban is – követelményként megjelent a „megújuló részarány”. Eltekintve attól, hogy a korábbi hazai szabályozásban ennek számítási módja abszurd eredményekre vezetett, a helyes elv szerint számított megújuló részarány önmagában nem tükrözi sem az energetikai, sem a környezetvédelmi hatékonyságot. A félreértések tisztázása végett „hivatalos (uniós)” értelmezés is kimondta, hogy

„Az energiahatékony épületek célja nem az, hogy minél több megújuló energiaforrást használjunk, hanem az, hogy a lehető legkevesebb nem megújuló energiát fogyasszunk. Magasabb megújuló energia részarány ne eredményezzen rosszabb energetikai teljesítményt.”¹

Energetikai szempontból az alapkövetelmény az, hogy a nem megújuló forrásokból származó primer energia igény legyen „közel a nullához”, környezetvédelmi szempontból pedig az, hogy ez minél kisebb széndioxid kibocsátással járjon.

Az Irányelvben szereplő energiaigény az épület használatának („üzemeltetésének”) energiaigénye. Ez a műszaki lehetőségeket illetően akármilyen közel lehetne a nullához, a jobb közelséghez azonban több és jobb építőanyagra, épületgépészeti elemre van szükség, amelyek előállítása és beépítése szintén energiát igényel. A valódi cél a célszerű időintervallumra halmozott használati energiaigény és a beépített energia összegének minimalizálása kell, hogy legyen. A beépített energiára vonatkozó kutatási eredmények egyre szaporodnak, de jelenleg még nem elegendőek ahhoz, hogy a szabályozás alapját képezzék. Elvégezhető azonban az optimalizálás pénzügyi alapon, ami nem egy utolsó szempont a döntések megalapozásához. Ehhez az unió kötelező erejű módszertani útmutatót adott közre, amelynek alapján a használati energiaigény „követelményértéke” (helyesebben megengedett maximális vagy küszöbértéke) költségoptimumhoz kötendő. A költségekbe beszámítandó az energiafogyasztás halmozott ára harmincéves időszakra (ez nagyjából egybevághat a legtöbb épületgépészeti elem és egyes homlokzati hőszigetelési rendszerek fizikai élettartamával), beszámítandók az energiaigényt

¹ PD CEN ISO/TR 52000-2:2017

közvetlenül befolyásoló épületelemek (hőszigetelés, nyílászárók) és az épületgépészeti rendszerek beruházási költségei.

Közel nulla energiaigényű az az épület, amelynek fajlagos nem megújuló primer energiaigénye (egységnyi alapterületre és egy évre vetítve, kWh/m²év) nem haladja meg a szabályozásban előírt küszöbértéket.

Hasonló lakonikus rövidségű a széndioxid kibocsátásra vonatkozó elvárás: a követelménynek megfelel az az épület, amelynek fajlagos széndioxid kibocsátása (kg/m²év) nem haladja meg a szabályozásban előírt küszöbértéket.

A számítások során adódnak még érdekes részeredmények, köztük a fajlagos primer megújuló energiaigény vagy a helyesen számított megújuló részarány: ezek érdekes informatív indikátorok, de nincs hozzájuk küszöbérték rendelve és nem követelmények.

Ezzel kapcsolatban tisztázandó, hogy az épületnek akkor is van kibocsátása, ha csak elektromos áramot fogyaszt (például hőszivattyú meghajtására vagy ad absurdum direkt elektromos fűtésre), csak ez nem helyben, hanem az erőműnél keletkezik. Ugyanígy, ha az épületen napelemet alkalmazunk, akkor az épületre vonatkozó kibocsátás csökken – de nem helyben az épületnél, hanem az erőműnél.

2 Számítási módszer és követelmények

2.1 A számítások háttere

Az Épületenergetikai Irányelv mellett egyéb uniós irányelvek is megjelentek, amelyek kapcsolatban állnak az épületenergetika és az azzal összefüggő környezetvédelem témáival.

Ezek közül elsőként a megújuló energiára vonatkozó irányelv említendő, amely egy kétszeres elszámolás megakadályozása céljából az épületek passzív szoláris nyereségével kapcsolatban közöl félreértelmezhető és elvileg nem tisztázott szabályt, miszerint az épület által hasznosított passzív szoláris nyereség nem vehető figyelembe a megújuló energia hasznosításának, mert az az épület energiaigényét csökkentő tényező.

Nyilvánvaló, hogy a napenergia építészeti és épületszerkezeti megoldásokkal történő hasznosítása a megújuló energia hasznosításának legtisztább módja és igen jelentős szerepet játszhat a fűtési idény energiamérlegében. Az ominózus mondat csak azt célozta, hogy ne kétszer kerüljön beszámításra: egyszer azért, mert a hőveszteséget eleve a pozitív és a negatív áramok algebrai összegeként számítják (vagyis az a passzív nyereség miatt kisebb), majd még egyszer figyelembe veszik a passzív nyereséget, mint megújuló energia hasznosítást. Ez azonban nem fordul elő, ha tiszta fogalmakkal dolgozunk: a hőveszteség az veszteség és csak az, a hasznosított passzív sugárzási nyereség pedig egy azok közül a hőáramok közül, amelyek a veszteségeket fedezik (a fűtési rendszerrel és a belső hőforrásokkal együtt).

Több irányelv tárgya egyes termékek energetikai minősége. Ezek között számos olyan van, amely az épülettechnikai rendszerek alkotóeleme (kazán, szivattyú, hőszivattyú,...). Így érinti az épületek energiaigényét és a környezetterhelést. Természetesen ez annyit jelent, hogy csak megfelelő minőségű termékeket alkalmazzunk, ami nem csak egyéni döntés kérdése, hanem olykor jogszabályi vagy piaci kényszer is. Az épületgépészeti rendszerek tervezése és/vagy a tanúsítás során több olyan részeredmény adódik, amely e rendszerek minőségét jellemzi és fontos informatív indikátorral szolgál.

2.2 A szabályozás struktúrája

A szabályozás többszintű.

Az elemi szinten – amint azt a megnevezés is mutatja – az épület és az épületgépészeti rendszer egyes elemeinek jellemzőire vonatkozó követelmények (helyesebben megengedett maximumok vagy minimumok, vagyis küszöbértékek) szerepelnek. A határoló- és nyílászáró szerkezetekre ez a (pontosan definiált módon számított) hőátbocsátási tényező, bizonyos tájolású és dőlésszögű benapozott üvegezések esetében a nyári időszakra vonatkozó (esetleg társított szerkezettel együtt elért) össz-sugárzás átbecsátási tényező. Épülettechnikai elemek, részrendszerek esetében a hatásfok vagy egyéb műszaki elvárások. Ezek követelmények, amelyeket a tervezőnek be kell tartania és a tanúsítónak ellenőriznie kell.

A teljes létesítményre (épület és épülettechnikai rendszer együtt) két követelmény van: a nem megújuló energiaigény fajlagos értéke és a széndioxid kibocsátás fajlagos értéke, mindkettő az egységnyi alapterületre és egy évre vetítve.

Továbbra is megmarad a fajlagos hőveszteségtényező követelményértéke, annak ellenére, hogy ez a számítási algoritmusban már nem lényeges elem, nem épül rá az energiafelhasználás számítása. Ugyanakkor így biztosítható az, hogy ne a gépészettel akarjanak a tervezők kompenzálni egy energetikailag kedvezőtlen építészeti koncepciót.

2.3 A küszöbértékek előírásának alapja

Az épület elemeire vonatkozó küszöbértékek összhangban vannak a jelenlegi piaci kínálattal, a szakmai testületek véleményével és a forgalmazók többségének ajánlásaival. A falszerkezetek esetében például meghatározó volt, hogy milyen hőátbocsátási tényezője van a korszerű falazóelemekkel épített egyrétegű (valójában a vakolatokkal persze többretegű) falaknak, milyen hőszigetelő rendszerek érhetők el a piacon. A nyílászárók esetében a kínálatból a „felső közép kategória” volt a mértékadó. Az épületgépészeti elemekre vonatkozó követelmények uniós dokumentumokból származnak.

A nem megújuló primer energiaigény fajlagos értékének küszöbértéke épület fajtánként (családi ház, alacsony, közép magas, magas lakóépület, különböző szintszámú irodaépületek) több ezer véletlenszerűen generált épületre és azok különböző gépészeti rendszereire elvégzett számítások eredményein alapul. A változatok nagy száma miatt a statisztikai mintában szélsőséges, de még reálisan kivitelezhető épületek is szerepelnek. A küszöbérték az eredményekhez úgy illeszkedik, hogy mértéktartóan használt megújuló energiával annak az épületek 95 %-a meg tud felelni. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy ha tekintünk egy olyan épületet, amely minden elemi követelménynek pontosan megfelel, és abban egy kondenzációs földgázkazánról táplált fűtési és használati melegvízellátás van, akkor az a követelményeknek még nem felel meg, de a többesres mintára elvégzett próbaszámítások bizonyossága szerint egy kisebb napelem mezővel kiegészítve már igen. A napelem csak egyike a lehetséges opcióknak, kollektorokkal segített szoláris melegvízellátás, hőszivattyú, hővisszanyerős légtechnikai rendszer, korszerű biomassza tüzelés közül valamelyik szintén megfelelő eredményre vezet. Elvileg az is szóba jöhet, csak nem feltétlenül racionális, hogy nem alkalmazunk megújuló energiát, hanem a rájuk vonatkozó követelményeknél jobb épületelemeket alkalmazunk (fokozott hőszigetelést, high-tech nyílászárókat).

Azon kedvezőtlen adottságú épületek esetében, amelyek a statisztikai minta 5 %-ába tartoznak, a megfeleltetés eszköztára ugyanez, de lehet, hogy a napelem mezőből (ha erre lehetőség van) nagyobbat kell választani vagy a megújuló energia hasznosításának nem egy, hanem két opcióját kell alkalmazni (például hőszivattyút is és kollektorokkal segített szoláris melegvízellátást is).

A széndioxid kibocsátásra vonatkozó küszöbérték ugyanezen mintahalmazok épületgépészeti rendszereire elvégzett számításokból mintegy „automatikusan” adódik.

2.4 A küszöbértékek és a referencia épület

A számítási eredmények statisztikai alapon meghatározott felhasználói igényekre vonatkoznak. A valós eredmények ettől eltérhetnek annak függvényében, hogy a felhasználók száma,

jelenléte, tevékenysége, igényei, magatartása mennyiben tér el az átlagosnak tekintett „standard”-tól. Vannak olyan épületfunkciók, ahol a „standard” meghatározása lehetséges és megfogalmazható egy úgynevezett felhasználói profil: mekkora alapterületre jut egy felhasználó, mennyi a friss levegő igény, mennyi a melegvízigény, mekkora belső hőnyereség adódik a rendeltetésszerű használatból stb. Ezekkel az adatokkal az energiamérleg és a kibocsátás számítható, tehát az olyan épületekre, amelyekre a felhasználói profil megfogalmazható a küszöbértékek általános érvényű konkrét számokkal megadhatók. Így járunk el lakó funkció esetén.

Vannak olyan épületfunkciók, amelyekre nem határozható meg a felhasználói profil. Példaként tekintsünk egy szállodát: mekkora a szobák alapterülete, van-e étterem és azt a szállóvendégeken kívül mások is használják-e, vannak-e rendezvénytermek, van-e wellness szolgáltatás, stb. Nyilván sok mindentől függ az, hogy mekkora a fajlagos energiaigény és mennyi lehet annak reális küszöbértéke – nem lehet egy számot általános érvénnyel „a szálloda” funkcióhoz rendelni. Számos példát lehet még felhozni olyan rendeltetésű épületekre, amelyekre nem határozható meg általános érvényű felhasználói profil (sportlétesítmény, kórház, bevásárló központ...). Ezekben az esetekben a küszöbértéket referencia épület alapján állapítjuk meg.

Másik példa lehet az irodaház funkció. Ma egy beruházó különböző komfortkategóriákra létesíthet irodaházat. Továbbá számos esetben multifunkciós irodák létesülnek, bennük étteremmel, kereskedelmi egységekkel. A jobb komfortkategória magasabb friss levegő igényvel, megvilágítási szinttel jár, ami nagyobb energiaigényt jelent. A rögzített követelményérték ennek hatását nem tükrözi, viszont a referencia épület módszerrel a probléma kezelhető, a magasabb komfortszintű épület esetén nem lesz szükségszerűen nehezebb a követelmények teljesítése.

A referenciaépület építészeti szempontból az, amit az építész megtervezett. Környezete megegyezik a valós építési helyszínnel (benapozást befolyásoló szomszédos épületek, terepalakulatok, növényzet). Feltételezzük, hogy mindegyik épületelem pontosan megfelel a rá vonatkozó követelménynek. A felhasználói profil (létszám, foglaltság ideje, világítás, friss levegő, melegvízigény, belső hőforrásként figyelembe veendő eszközök, stb.) az építési program alapján határozandó meg, adott esetben figyelembe véve vonatkozó jogszabályi előírásokat, szabványokat, a szakma által elfogadott, bevált tervezési segédleteket.

Ezekre az igényekre ebbe az épületbe méretezünk egy referencia gépészeti rendszert, amelynek részleteit a szabályozás pontosan meghatározza. Ez a referencia rendszer laza megfogalmazásban azzal jellemezhető, hogy korszerű elemekből épül fel, amelyek felső-középkategóriásként jellemezhetők, de ezen túl semmi különös és nincs megújuló energiát hasznosító gépészeti elem. Ezen elv alól kivételt képez, hogy gépi szellőzés esetén 50%-os hatásfokú hővisszanyerővel rendelkezik, ami elmarad a korszerűtől, szándékoltan azért, hogy a tárgyi épületben egy jó hatásfokú hővisszanyerő alkalmazása érdemi megtakarítást eredményezhessen.

Erre az épületre meghatározzuk a fajlagos primer energiaigényt. A küszöbérték az így kapott eredmény 80%-a.

Hogy ezt elérjük, a „semmi különös” helyett kell valamit alkalmazni, ami lehet jobb hatásfokú gépészeti elem, lehet leginkább megújuló energiát hasznosító gépészeti rendszer, lehet az elemi követelményeknél jobb épületelem.

Természetesen egy tájékozott, előrelátó építész tervező, különösen akkor, ha a gépész tervezővel már a kezdetektől együttműködik, eleve tudja, hogy milyen módon fogja a követelményeket teljesíteni és ennek megfelelő méretűre tervezni a gépészeti helyiségeket, a kazánházat, gondoskodik vagy sem kéményről (a referenciagépészetben földgáztüzelésű kondenzációs kazán van, aminek az energetikai adataival lehet számolni anélkül, hogy megterveznénk a kéményt, ha tudjuk, hogy az épület majd hőszivattyúval fogja kielégíteni a követelményeket). Ha tudjuk például, hogy aktív szoláris rendszerrel fogunk rásegíteni a melegvízellátásra vagy napelemeket fogunk alkalmazni, akkor a kollektorok, napelemek elhelyezésére lehetőleg optimális tetőidomot tervezünk, helyet biztosítunk a tároló tartálynak.

2.5 Számítási módszerek

Részben az Épületenergetikai Irányelv is szükségessé teszi a számítási módszerek korszerűsítését, de döntően az elmúlt években megjelenő és kihirdetett európai szabványokra kell utalni. Ezek között mintegy száz, ún. EPB szabvány közöl olyan számítási módszereket, amelyekre az Irányelv utal. Külön szabvány áll rendelkezésre például függőnyfalak, hőhidak, hőszivattyúk, vagy akár elosztási veszteségek számítására. Ezeknek a szabványoknak az alkalmazásáról a tagországoknak bejelentést kell tenniük az Európai Unió felé.

Jelen szabályozás előkészítésekor minden olyan szabvány áttekintésre került, amelyet 2020 májusáig kihirdetettek: ezek között európai, honosított és magyar szabványok egyaránt vannak, ez közel ötven szabványt jelent. Ezek összterjedelme igen nagy: egy-egy szabvány is 50 – 150 oldalra rúg.

A honosított európai szabványok nagyobb része magyar címmel került és kerül közzétételre, de tartalma angol nyelven jelenik meg. Az európai szabványoknak is az angol nyelvű kiadásait használjuk.

Ebből következik a szabályozásnak egy azonnal észrevehető újítása: a betűszimbólumok, indexek tekintetében az európai szabványokban használt rendszert vettük át. Ez szokatlansága miatt kezdetben nyilván nehézségeket okoz, de ennek hiányában a szabványok követése, egyes szoftverek használata még nagyobb nehézségekkel járna. Egy másik fontos, és vélhetően eleinte nehézségeket okozó következmény az, hogy a számítás logikáját az EPB alapszabványok logikájához kellett igazítani, hogy azok részletes módszerként illeszthetők legyenek.

A számítások az esetek túlnyomó részében elvégezhetők a rendeletben ismertetett egyszerűsített módszerrel. Vannak azonban olyan komplex vagy különleges épületek, épületszerkezetek, épülettechnikai rendszerek, melyek elfogadható pontosságú modellezése nem képzelhető el komplexebb modellezés, illetve a dinamikus hatások figyelembe vétele nélkül. Ilyenkor elkerülhetetlen a részletes módszerek, az EPB szabványok, numerikus módszerek, vagy dinamikus szimuláció alkalmazása.

A szabványokban többféle számítási módszer szerepel. Ezek között találhatók úgynevezett kézi számítási módszerek, amelyek többnyire valamilyen elem hőtechnikai jellemzőjének

meghatározására szolgálnak. Példaként említhető a szerkezeteken belüli hőhidak hatását is tükröző hőátbocsátási tényező vagy a vonalmenti és pontszerű hőhidak.

Bonyolultabb geometriák vagy anyaghasználat esetében az ilyen számításokat numerikus módszerrel számoljuk. (A félreértések vagy a helytelen szóhasználat megelőzése végett megjegyzendő, hogy ez nem szimuláció. A szimuláció azt jelenti, hogy egy időben lejátszódó folyamatot követünk, a numerikus modellezés egy időben nem változó jelenségről ad információt.)

Az energiamérleg számítása elvileg négyféle módon lehetséges: szezonális adatok alapján, havi, órai módszerrel vagy szimulációval. A pontosság, az információk értéke és gazdagsága ebben a sorrendben nő, de ugyanez mondható el a számítások idő- és munkaigényéről.

Szezonális módszerrel, annak pontatlansága miatt ma már csak részlegesen számolunk. A havi módszer az egyszerűsített eljárásokban használatos. Órai módszert vagy az ahhoz nagyon közel álló szimulációt részletes számítási eljárásban használunk.

A számításokhoz természetesen szükség van bemenő adatokra, a szimulációhoz egy referenciaévre, amely az év minden órájára tartalmazza a számításokhoz szükséges adatokat. Ennek koncepciója nyílt szakmai fórumon került megvitatásra, a lényege az, hogy tartalmaz olyan többnapos reális „időjárási történeteket”, amelyek alapján az automatikus szabályozástól kezdve az épület időállandójáig számos tényező hatása lekövethető és a gépészeti rendszerek szélsőséges üzemállapotairól is nyerünk információt. Természetesen a referenciaév alapján a havi módszerhez szükséges adatok is rendelkezésre állnak. Eddig el nem érhető részletességű adatbázis készült a különböző tájolású és dőlésű felületekre jutó napsugárzás intenzitásáról.

Az EPB szabványok szerinti részletes számítások elvégzéséhez a szabványokkal harmonizált Excel bázisú kalkulátorok készültek. További információk és a kalkulátorok az epb.center honlapon találhatók.

2.6 Az egyszerűsített számítás főbb újdonságai

Az egyszerűsített számítás számos új területtel bővült, illetve pontosabb számítási módszerek kerültek kidolgozásra. Néhány fontosabb változás a teljesség igénye nélkül a következő:

- Pontosabb talaj irányú veszteség számítás
- Új árnyékvető számítási módszer
- Pontosabb nettó hűtési igény számítás
- Napkollektorok által termelt energia számítása
- Napelemek által termelt energia számítása
- Több alapeset kezelésére képes légtechnikai számítás (pl. előfűtés, talajhőcserélős levegő előmelegítés, recirkuláció)
- Fan-coilos rendszerek számítása
- Jelentősen változott a szabályozási veszteségek számítása
- Beépített világítás részletesebb számítása
- Lényegesen bővültek a technikai segédtablázatok (pl. nyílászáró adatok, árnyékoló adatok) valamint a nettó igény táblázatok

- Jelentősen bővültek a meteorológiai jellegű háttéradatok, melyek a részletes módszerekhez is illeszthetők
- Kidolgozásra került részletes módszerként az ErP irányelv hatálya alá eső épülettechnikai rendszerelemek ErP rendeletek szerinti hatékonysági mutatókat figyelembe vevő számítás.

3 Módszertani áttekintés

A továbbiakban késsel jelölt dőlt betűkkel emeltük ki a rendelet szövegéhez adott kiegészítéseket. A szöveg többi része a rendelet szövegével megegyezik, kivéve a számozásokat, kereszthivatkozásokat. A kereszthivatkozásokat jelen könyv számozásához igazítottuk.

3.1 Követelmények ellenőrzése

1. Az épület rendeltetésének, alapadatainak meghatározása. *A rendeltetés meghatározó a számítás folytatása szempontjából. Lakóépületek esetén a követelményeket nem kell számolni, azok adottak. Nem lakóépületek esetén a követelmények ún. referencia épület módszerrel határozandók meg. A korábbiaktól eltérően ebbe a körbe tartoznak az iroda- és oktatási épületek is, amire azért volt szükség, hogy a különböző komfortkategóriájú épületekhez ne azonos követelményérték tartozzon. A funkció a nettó igények szempontjából is meghatározó.*

2. Geometriai adatok meghatározása, beleértve a csatlakozási élhosszakat is. *Minden méretet belső oldalon mérünk. A nyílászárók felületét a névleges méretek alapján kell felvenni.*

3. A szerkezetek elemi követelményeihez kapcsolódó értékek meghatározása (átlagos és egyenértékű hőátbocsátási tényezők).

4. Az épületszerkezetekre, a nyári túlmelegedésre és az épülettechnikai rendszerelemekre vonatkozó elemi követelmények ellenőrzése.

5. Az épület felület/térfogatarány számítása. Épület felületbe (A) beszámítandó a kondicionált tereket határoló valamennyi szerkezet felülete: beleértve a teljes talajjal, szomszédos épülettel, energetikailag nem védett nem kondicionált helyiségekkel érintkező felületeket; a belméretek alapján számolva. A felületbe (A) nem számítható be az azonos épületen belül külön fűtött rendeltetési egységek közötti szerkezetek, vagy az önálló rendeltetési egységen belüli felületek. Az épület térfogat (V) fűtött épülettérfogatot jelent, annak légtömör szerkezetekkel határolt hányadát belméretek szerint számolva, beleértve az 1,9 m belmagasság alatti térrészek térfogatát is. Az épülettérfogatba nem számolandó a tartózkodástól légtömör szerkezetekkel elzárt búvóterek térfogata; ilyen például a légtömör álpadló alatti vagy légtömör álmennyezet feletti tér. *A felület-térfogat arány befolyásolja a fajlagos hőveszteségtényező, valamint jelentős felújítás esetén az összesített energetikai jellemző követelményértékét.*

6. Nettó fűtési és hűtési hőenergia-igény számítása.

7. A fűtési rendszer energiafelhasználása.

7.1. A fűtési rendszer által fedezendő nettó hőenergia igény meghatározása energiahordozónként. *Egyszerűsített módszer esetén a havi bontású nettó igényeket szezonra összegezni kell, mert a gépészeti veszteségek egyszerűsített számítása szezonális.*

7.2. Rendszer veszteségek meghatározása.

7.3. A rendszer hőenergia felhasználásának meghatározása energiahordozónként.

7.4. A rendszer villamos segédenergia felhasználásának meghatározása.

8. A használati melegvízellátó rendszer energiafelhasználása.

8.1. Nettó hőenergia igény meghatározása.

8.2. Rendszer veszteségek meghatározása.

8.3. A rendszer hőenergia felhasználásának meghatározása (égéshő alapon) energiahordozónként.

8.4. A rendszer villamos segédenergia felhasználásának meghatározása.

9. A szellőző rendszer energiafelhasználása.

9.1. A légfűtéssel fedezendő nettó hőenergia igényének meghatározása (előfűtés, utófűtés, látens hő külön-külön).

9.2. Rendszer veszteségek meghatározása.

9.3. A rendszer hőenergia felhasználásának meghatározása (égéshő alapon) energiahordozónként.

9.4. A rendszer villamos segédenergia felhasználásának meghatározása.

10. A hűtési rendszer energiafelhasználása.

10.1. Rendszer veszteségek meghatározása.

10.2. A rendszer hőenergia felhasználásának meghatározása energiahordozónként.

10.3. A rendszer villamos segédenergia felhasználásának meghatározása.

11. A világítás villamos energiafelhasználásának meghatározása, mely lakó és szállás jellegű épületek (a továbbiakban együtt: lakóépületek) esetén elhagyandó

12. Az épület saját rendszereiből származó nyereségáramok meghatározása.

13. Az épület komplex indikátorainak meghatározása (pl. fajlagos megújuló, nem megújuló, teljes primerenergia felhasználás, szén-dioxid kibocsátás) a nettó kondicionált alapterület egységére fajlagosítva.

14. A referencia épületre vonatkozó számítások elvégzése és a referenciaépület komplex indikátorainak meghatározása (a komplex indikátorokra vonatkozó követelményértékek meghatározása); Lakóépületek esetén a referenciaérték adott, meghatározása csak szimuláció vagy részletes módszer esetén lehetséges és szükséges.

15. A követelményeknek való megfelelés ellenőrzése, nem megfelelés esetén az épület áttervezése.

3.2 Energiatanúsítás

Energiatanúsítás esetén a 3.1. alatt leírt lépéseket kell követni a következő különbségekkel:

- Önálló rendeltetési egység tanúsítása esetén a fajlagos hőveszteség tényező számítása elhagyható.
- Egyéb rendeltetésű (nem lakó vagy szállás jellegű) funkciójú önálló rendeltetési egység tanúsítása esetén egyszerűsített esetben az önálló rendeltetési egységre kell elvégezni a referencia számításokat.

- A számítás kiegészül utolsó pontként a kategóriába sorolással és a tanúsítvány kiállításával.

Az épületszerkezeteket és az épülettechnikai rendszereket hatékonyság szerint értékelni kell, melynek alapja épületszerkezetek esetén az elemi követelményérték, épülettechnikai rendszernél pedig a referencia gépészet.

3.3 Alkalmazás

Az ÉKM rend. 1. függ.-ben szereplő számítási módszer az energetikai követelményeknek való megfelelés ellenőrzésére, illetve energetikai tanúsítás céljára alkalmazandó. A számítás szabványos feltételek mellett érvényes, a fogyasztótól független eredményt ad.

Tervezés esetén az előírt energetikai minimumkövetelmények betartandók. A tervezés és méretezés egyéb előírásait (pl. komfort, tűzvédelem, állagvédelem) teljeskörűen a jogszabály nem tárgyalja, ami nem mentesíti a tervezőt ezen szempontok betartásától.

Amennyiben a dokumentumban hivatkozott valamely rendeletet vagy szabványt hatályon kívül helyeznek, és más, helyettesítő dokumentum váltja fel, akkor a helyettesítő dokumentumot kell alkalmazni.

Energetikai audit esetén a számítás arra alkalmas, hogy meghatározzuk az épület fogyasztását szabványos használat esetén. Ezt a mért fogyasztással való összevetéskor szem előtt kell tartani. A valós működés modellezéséhez a tényleges használati adatokkal kell számolni, melynek módszertanát a jogszabály nem tárgyalja.

3.4 Egyszerűsített és részletes számítás

A számítás során egyszerűsített vagy részletes számítási módszerek között lehet választani. Az egyszerűsített és részletes módszerek alkalmazása között számítási lépésenként megengedett dönteni. Jelen jogszabály az egyszerűsített módszert ismerteti hivatkozásokkal a részletes módszerekre. A részletes módszerek eljárásait a Magyar Szabványügyi Testület honlapján elérhető (<https://prod.mszt.hu/hu-hu/>) szabványai képezik. A részletes és egyszerűsített módszer közötti választás általában szabadon eldönthető, kivéve ahol erről a szöveg másképp rendelkezik. *Az EPB szabványok túlnyomó többsége csak angol nyelven áll rendelkezésre és költségtérítéssel érhető el. A legtöbb szabványhoz az EPB Center oldalán MS Excel formátumú ingyenesen letölthető kalkulátorok találhatók. Tapasztalatunk szerint a szabványok áttekintésükkor (2020-ban) még sok helyen javításra, pontosításra szorultak.*

Részletes módszerként elfogadható a nemzetközi gyakorlatban elfogadott validált dinamikus szimulációs szoftverek alkalmazása is a következő feltételekkel:

- A referencia épület módszert kell alkalmazni a követelmények meghatározásához még lakóépületeknél is. *Erre azért van szükség, mert egyszerűsített módszer esetén a követelmények meghatározása egyszerűsített módszerrel alapuló modellezéssel történt, és csak így biztosítható a követelmény és a számított energiafelhasználás összehasonlíthatósága.*
- A meteorológiai adatsort az ÉKM 2. Függelék 1.1. pont szerint kell felvenni. *Csak így biztosítható, hogy az eredmény a meteorológiai adatsortól független legyen, valamint a tanúsítványok egymással összehasonlíthatóak legyenek, függetlenül attól, hogy kézi számítással, vagy szimulációval készültek.*

- A súlyozó tényezőket a 12.2. pont szerint kell felvenni. *A súlyozó tényezők több szimulációs szoftverben megadhatóak, amennyiben mégsem, akkor a végeenergiaigényben (pl. site energy) megkapott eredményeket manuálisan kell beszorozni a megfelelő súlyszámokkal.*
- Az energetikai tanúsítvány összefoglaló lapján és a korszerűsítési javaslatokat tartalmazó lapon szereplő számértékeket a rendelet szerinti mértékegységekben kell megadni. A fajlagos eredmények esetén a vonatkoztatási értékeket a rendelet szerint kell meghatározni (pl. hasznos alapterület, fűtött térfogat belméretekkel felvéve).
- A bemenő adatok felvétele során legalább az egyszerűsített módszer szerinti részletességet be kell tartani. *A szimulációs szoftverek nagyobb komplexitású számítást végeznek, azonban nem megfelelő adatbevitel esetén lehetőség van bizonyos részletek elhanyagolására (pl. hőhidak). A részletesség szintje minden adat esetén érje el legalább a rendeletben megadott egyszerűsített módszer szerinti részletességet! A következő pontok kifejtik a legfontosabb szempontokat.*
- A határoló szerkezetek hőátbocsátási tényezőjét a 4.1. pont szerint kell meghatározni, figyelembe véve a légrétegeket, az inhomogén rétegeket, illetve a légürekekre, mechanikus rögzítőelemekre és fordított tetőkre vonatkozó korrekciós tényezőket. A felületi hőátadási ellenállás számítható dinamikus módon. *A szimulációs szoftverekben megadhatóak az épületszerkezeti rétegek, de az egyéb hatások gyakran nem számíthatóak a szoftveren belül (pl. inhomogenitások, elemen belüli hőhidak, beépítés és öregedés hatása). A rétegrendet ilyenkor úgy kell módosítani, hogy a hővezetési ellenállás megegyezzen az inhomogenitást és a korrekciós tényezőket is tartalmazó eredő ellenállással.*
- A homlokzati üvegfalak, függönyfalak hőátbocsátási tényezőjét a 4.2. pont, a nyílászárók hőátbocsátási tényezőjét a 4.3. pont szerint kell meghatározni. *Az üvegezés a szimulációs szoftverekben általában megadható részletesen az üvegek rétegszáma, bevonata és gáztöltete alapján. A keretarány és a keret hővezetési ellenállása egyezzen meg az adott nyílászáróéval.*
- A társított árnyékoló szerkezetek többlet hőszigetelő hatásának figyelembe vételekor a fűtési időnyben azt kell feltételezni, hogy kézi szabályozás esetén a használati időszakban a társított szerkezet napkeltétől vagy 6 órától (amelyik a későbbi) napnyugtáig nyitva van, egyébként csukva. Automatikus szabályozás esetén napkelteig napnyugtától nyitva van, egyébként csukva. *A valós szabályozás ettől eltérő lehet, de a tanúsítás során az egységesség miatt ezt kell feltételezni. A többlet hőszigetelő hatás akár el is hanyagolható.*
- A talajjal érintkező szerkezetek hőáramait a 4.4. pont, az MSZ EN ISO 13370 szabvány dinamikus számítási programok alkalmazására vonatkozó előírásai szerint, vagy egy azzal egyenértékű számítási módszerrel kell modellezni. *A szimulációs szoftverek a talaj hatását különböző módszerekkel veszik figyelembe (pl. virtuális réteg, végeselemes vagy véges differencia módszeren alapuló modellek, termikus vagy teljes higrotermikus modellek). A szoftver lehetőségeihez mérten a talajjal érintkező szerkezeteket minél részletesebben kell számítani.*
- A termikus zónákat a 5. fejezet szerint kell kialakítani. A belső válaszfalakat nem szükséges megmodellezni, de hőtároló tömegüket figyelembe kell venni. *A termikus zónák kialakításának szabályai követik a szimulációban jellemzően alkalmazott szempontokat.*

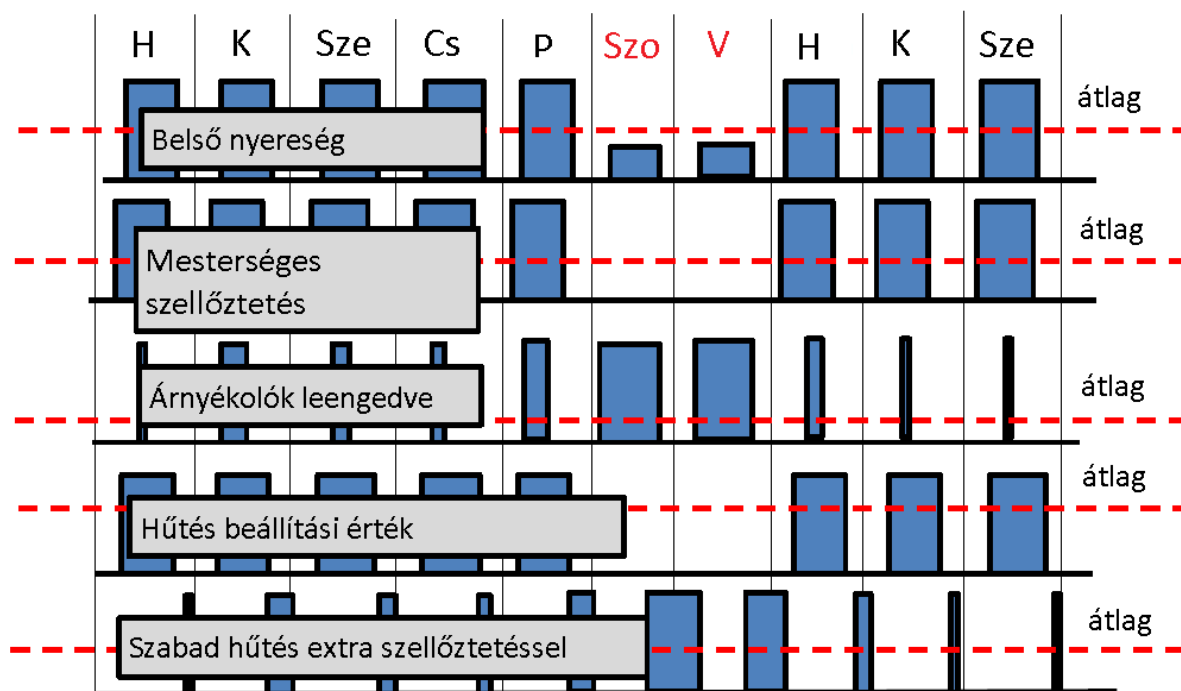
- A csatlakozási hőhidakat figyelembe kell venni a 6.1.2. pont szerint. *A teljes épület dinamikus szimulációs szoftverek jellemzően nem számítják a csatlakozási hőhidakat, de ezek vonalmenti hőátbocsátási tényezői általában külön megadhatóak hőhidfajtánként vagy a hőátbocsátási tényezőket úgy kell módosítani, hogy az egyszerűsített módszer szerinti hőhidhatást is tartalmazzák.*
- A nem kondicionált tereket nem kondicionált zónaként kell modellezni. *Mivel a nem kondicionált terek módosítják a hőáramokat, ezeket is szükséges a modellben létrehozni és nem kondicionált zónaként beállítani.*
- Az árnyékoló szerkezetek működtetésére azt kell feltételezni, hogy a hűtési időnyben az árnyékoló csukva van, ha a sugárzási intenzitás $> 300 \text{ W/m}^2$. *Az árnyékoló szerkezetek célja a túlmelegedés kockázatának csökkentése és a káprázás elkerülése. A kézi szabályozás a használati magatartástól függ, ezt a tanúsítás céljára egységesen kezeljük.*
- Az épület sugárzási nyereségeit jelentősen befolyásoló külső akadályokat (pl. domborzat és környező épületek) modellezni kell. A növényzet árnyékoló hatása figyelembe vehető. A vízszintes és függőleges árnyékvetítőket modellezni kell, ha árnyékvetítő szögük nagyobb mint 30° , egyébként figyelembe vételük szabadon választható.
- A fogyasztói profilt, azaz a fogyasztói igényeket és az ebből származó adatokat – előírt hőmérsékletek, légcsereszám, belső hőterhelés, világítás, a használati melegvíz-ellátás nettó energiaigénye – az épület használati módja (használok száma, tevékenysége, technológia stb.) alapján zónánként kell felvenni. Lakóépületek esetén a fogyasztói profilt az MSZ EN ISO 16798-1 szabvány, vagy egy azzal egyenértékű számítási módszer szerint kell felvenni és a HMV hőigényt a ÉKM 2. Függelék 2.2. táblázata szerint. Egyéb épületek esetén a szabvány használata ajánlott. Lakóépületek esetén, amennyiben a fűtés automatikával programozható, leszabályozás az éjszakai órákban (22-06) vehető figyelembe. *A szimulációs szoftverek órai használati profilokat és menetrendeket használnak, míg a rendelet napi átlagokat ad meg. Egyéb épületek esetén a függelékben megadott értékek ajánlottak, de ezekről el lehet térni. A vizsgált épület és a követelmények meghatározásához használt referencia épület esetén azonban azonos profilokat kell alkalmazni. Amennyiben lehetőség van a szimulációs programban a belső hőmérséklet szabályozás típusának beállítására, úgy az operatív hőmérsékletre való szabályozást kell alkalmazni.*
- A filtrációs légcsereszámot a 6.2.2. pont szerint kell meghatározni vagy az épület tömítetlensége alapján modellezni kell. *A filtráció modellezhető konstans értékkel az egyszerűsített módszer szerint, de bizonyos szoftverekben lehetőség van komplexebb légáram modellezésre is, mely szintén elfogadható.*
- Az épülettechnikai rendszerek egyszerűsített modellezése esetén a teljeítménytényezőt, segédenergiaigényt, elosztási, tárolási és szabályozási veszteségeket a 7-0. fejezetek szerint kell figyelembe venni vagy az épülettechnikai rendszert részletesen modellezni kell. *Részletes épületgépészeti szimulációnál az egyes rendszerelemek (hőtermelő, hőleadó, elosztóhálózat, tároló, szivattyú stb.) modellezhetők a validált épületenergetikai szimulációs programba beépített jellemző üzemi paraméterekkel, illetve profilokkal is.*

Fentiek azt szolgálják, hogy a szimuláció során is érvényesítsük a rendeletben foglaltakkal való harmonizációt.

3.5 Részletes módszerek és dinamikus szimuláció – mikor alkalmazzuk és mikor ne?

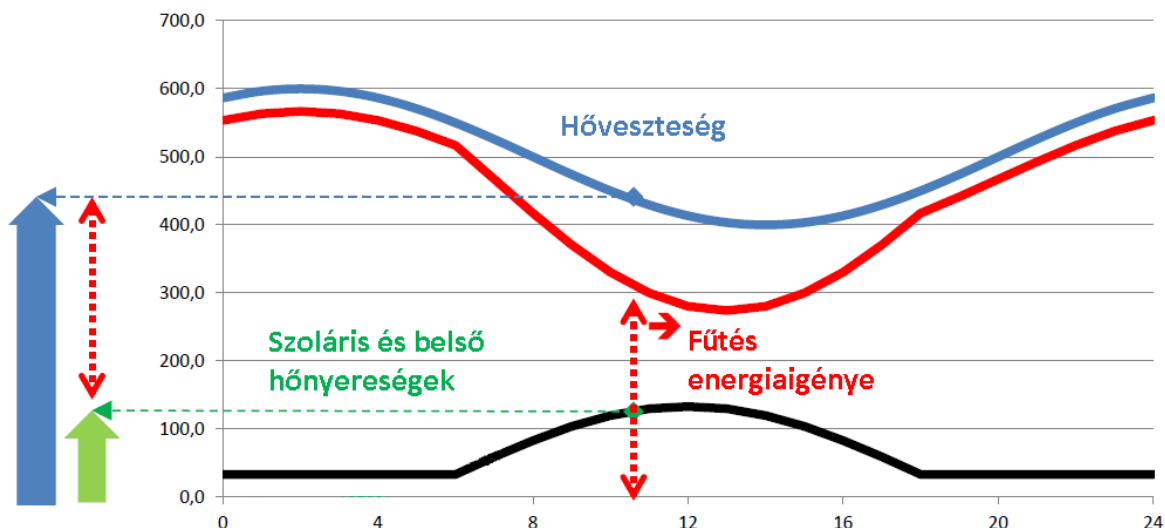
Az egyszerűsített módszerek az energiamérleget befolyásoló időben változó hatásokat átlagértékkel veszik figyelembe. Legegyszerűbb szezonális (éves) értékekkel számolni, ehhez képest a havi módszerek figyelembe veszik a szezonális változásokat, az órai módszerek és a dinamikus szimuláció pedig már a nappali-éjszakai és pillanatnyi ingadozások hatását is tükrözik. Számos tényező van, melyek egy napon belül is dinamikusan változnak, ilyenek például:

- *Árnyékolók működtetése*
- *Hőmérsékletbeállítások (éjszakai, hétvégi temperálás)*
- *Igények*
- *Kihasználtság*
- *Gépi szellőzés napi üzemmenete*
- *Éjszakai átszellőztetés*
- *Elosztóhálózat és tárolók hőmérséklete*
- *Környezeti energiát hasznosító berendezések energiafelvétele*
- *Üzemszüneti állapotok (hétvége)*



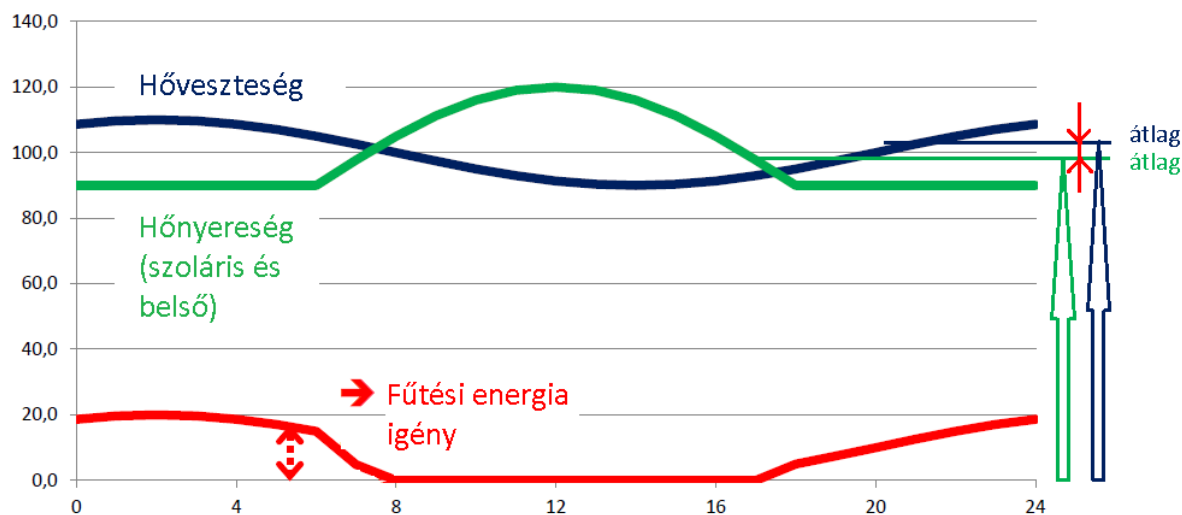
3.1. ábra. Dinamikus hatások egy épületben: szakaszosan jelentkező hatások és átlagértékeik (Dick van Dijk BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

A 3.1. ábra néhány dinamikusan változó paraméter időbeni változásait illusztrálja. Látható, hogy az átlagértékkel történő számítás torzító hatású lehet. Az árnyékolók átlagban alacsony kihasználtsága például arra a téves következtetésre vezethet, hogy a szoláris terhelés ellen alig védekezünk, pedig a valóságban az árnyékolók alkalmazása minden bizonnyal a sugárzási terheléshez igazodik.



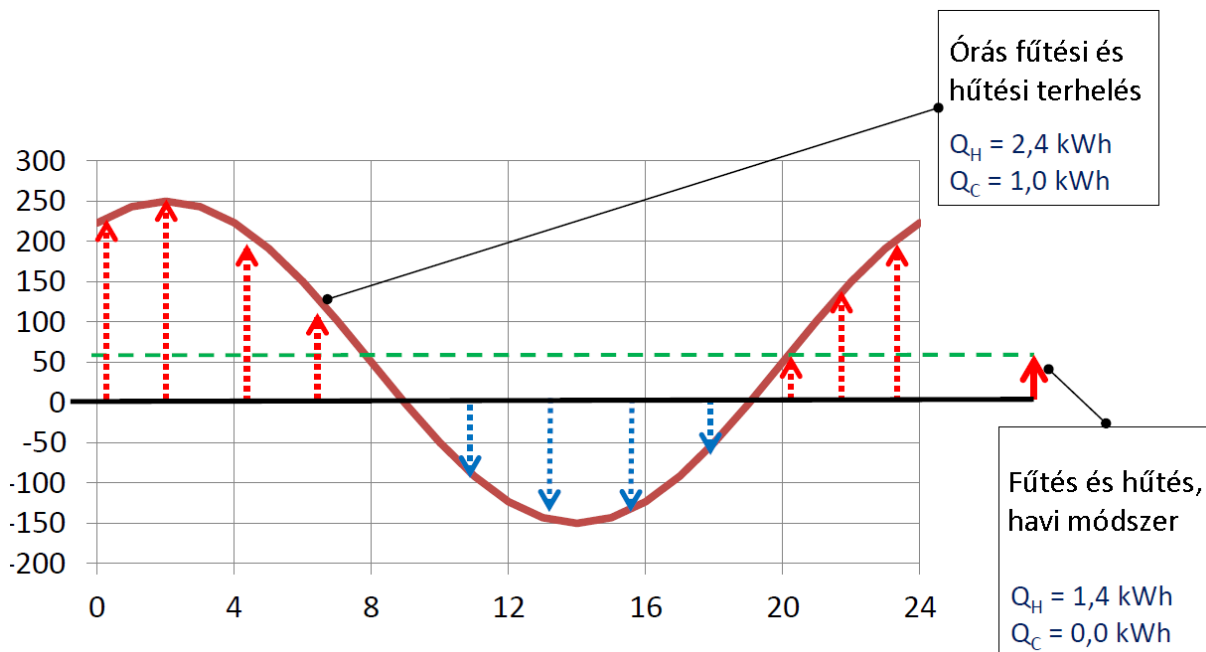
3.2. ábra. Veszteségek és nyereségek időbeni változása egy nap során (régí épület) (Dick van Dijk BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

A probléma annál jelentősebb minél jobban hőszigetelt épületről van szó. A 3.2. ábra egy régi építésű, rosszul szigetelt épületre mutatja a veszteségek és nyereségek napi alakulását. A különbség a pillanatnyi hőigény, ami mindenkor pozitív, azaz a fűtési igény folyamatosan fennáll. Ezért az igény az átlagértékekkel is jól számítható, mert a nyereségek teljes mértékben hasznosulnak.



3.3. ábra. Veszteségek és nyereségek időbeni változása egy nap során (alacsony energiaigényű épület) (Dick van Dijk BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

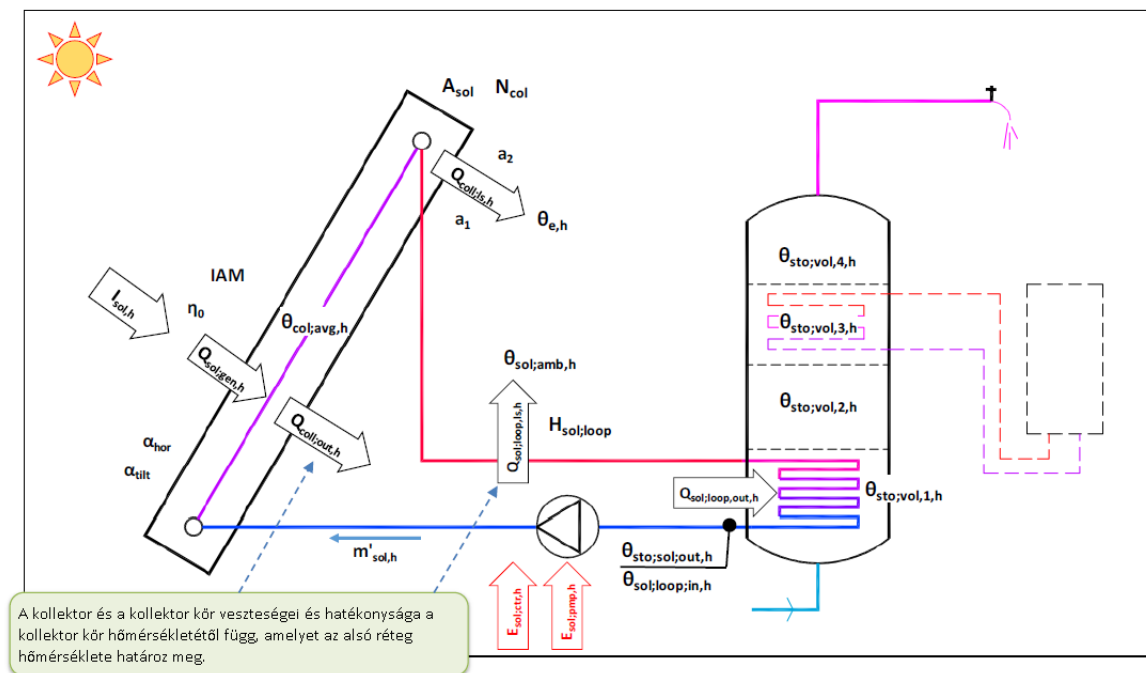
Ezzel szemben egy jól szigetelt épület esetén (3.3. ábra) a veszteségek a dél körüli órákban meghaladják a veszteségeket, így ekkor a fűtési igény nulla. Átlagértékkel számolva torz eredményt kapunk, hiszen a déli órákban a nyereségek egy része nem hasznosul, de ezt az átlagértékek nem tükrözik. Így kisebb fűtési igény adódik az egész napra mint órai módszerrel vagy szimulációval. A havi és szezonális módszer ebből adóan torzításhoz vezet, amit korrekciós tényezőkkel (jelen esetben ez a hasznosítási tényező) szoktunk kezelni.



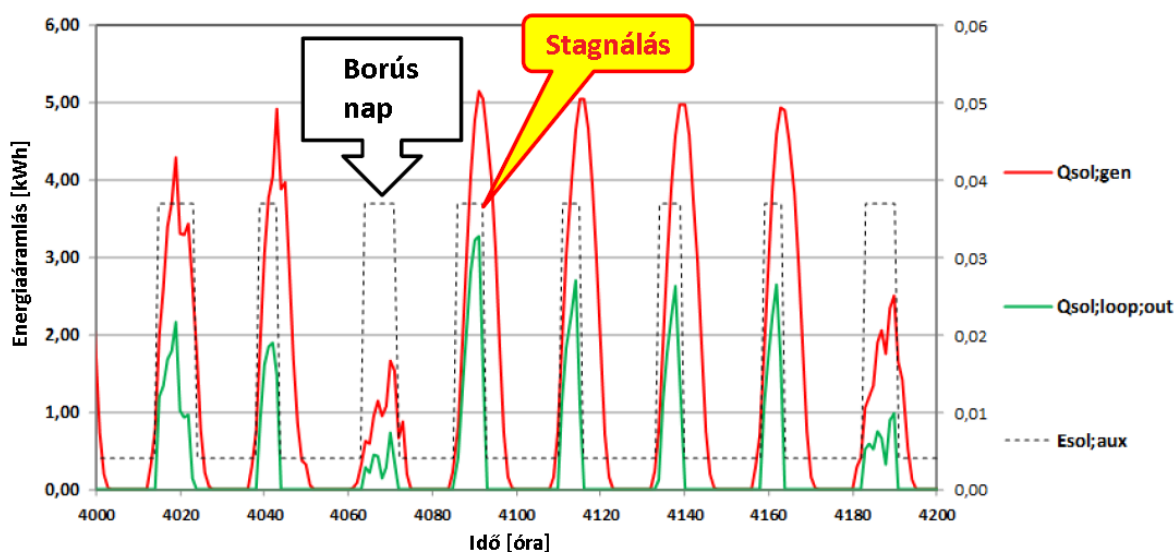
3.4. ábra. Fűtési vagy hűtési igény napi alakulása átmeneti időszakban (Dick van Dijk BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

Előfordul, hogy egy napon belül fellép fűtési és hűtési igény különböző időszakokban, ahogy a 3.4. ábra mutatja. A görbe alatti területek a pozitív térfélen a napi fűtési igényt, a negatív térfélen a napi hűtési igényt mutatják, melyek értéke 2,4 kWh és 1,0 kWh. Ha a hőigény napi átlagát számoljuk, akkor a fűtési igényre a kettő különbsége, 1,4 kWh óra adódik és a hűtési igényre pedig zérus érték. A probléma órai vagy szimulációs módszerrel kezelhető, még a napi léptékű számítás is pontatlan korrekció nélkül.

Az épületechnikai rendszerekre is számos példát lehet találni. Egy napkollektoros rendszer esetén előforduló jelenség, hogy a kollektor túlmelegszik és leáll a szivattyú, amíg az újra le nem hűl (a szivattyú szabályozás a tároló alsó zónájának hőmérséklete alapján működik). Nem túl napos időben ez nem jellemző, ezért a kollektort erő teljes sugárzási energia hasznosítható. Erős sugárzás esetén azonban csak részleges hasznosulás lép fel. A 3.6. ábra ezt illusztrálja. A harmadik és az utolsó nap borús, ekkor a szivattyú egész nap megy, amíg van szoláris energiahozam, teljes a hasznosulás. A többi napon azonban a szivattyú előbb le kell álljon, mert a tároló alsó zónája túlmelegszik, ami a hasznosulást jelentősen visszaveti. Egy ennél is fontosabb tényező a HMV igény napi alakulása, ami általában szintén nincs szinkronban a termeléssel. A problémát szezonális vagy havi módszer esetén korrekciós tényezőkkel (lefedési arányokkal) kezeljük, de ilyen tényezők csak bizonyos tipikus esetekre állnak rendelkezésre.

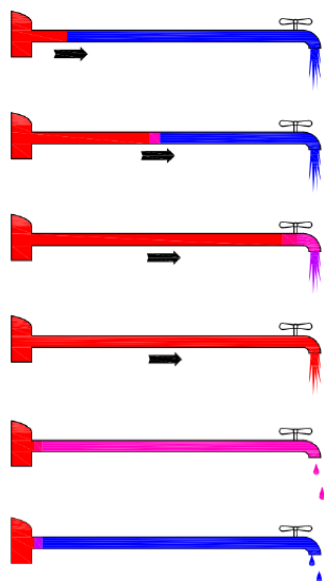


3.5. ábra. Napkollektoros HMV készítés kapcsolása és energiaáramai (Laurent Socal BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

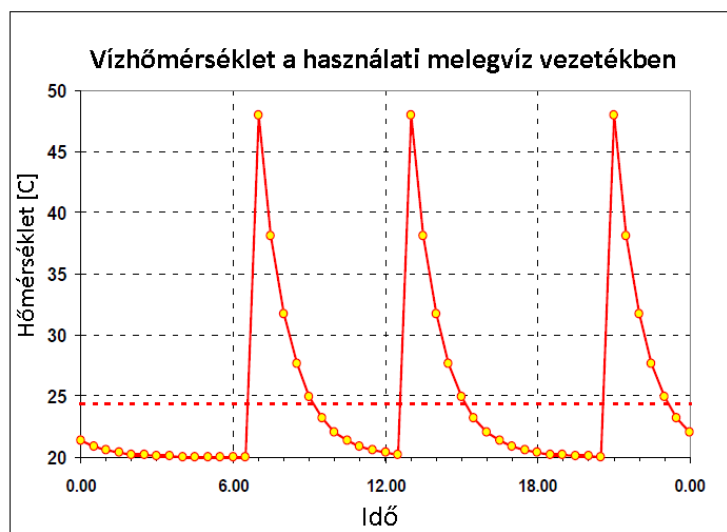


3.6. ábra. A napkollektort érő sugárzás ($Q_{sol;gen}$), a tároló hőcserélőjén átadott hő ($Q_{sol;loop;out}$) és a szivattyú teljesítményfelvételének ($E_{sol;aux}$) időben alakulása (Laurent Socal BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

A hőszállító hálózat is dinamikus tulajdonságokkal bír. A 3.7. ábra csapolási ciklusokra mutatja be egy, a cirkulációs körön kívül eső csőszakasz felmelegedését és lehűlését. A diagramot megnézve könnyen belátható, hogy a napi átlaghőmérséklet (szaggatott piros vízszintes vonal) - melyből havi és szezonális átlag számíthat az egyszerűsített számításnál, - meghatározása nem könnyű feladat. A méretezési melegvízhőmérséklettel számolva hibás következtetésekre jutunk. Szimulációval, órai módszerrel a probléma jól modellezhető, feltéve ha pontosan ismerjük a csapolási ciklusok időbeni és mennyiségi jellemzőit.



Egy csapolási ciklus



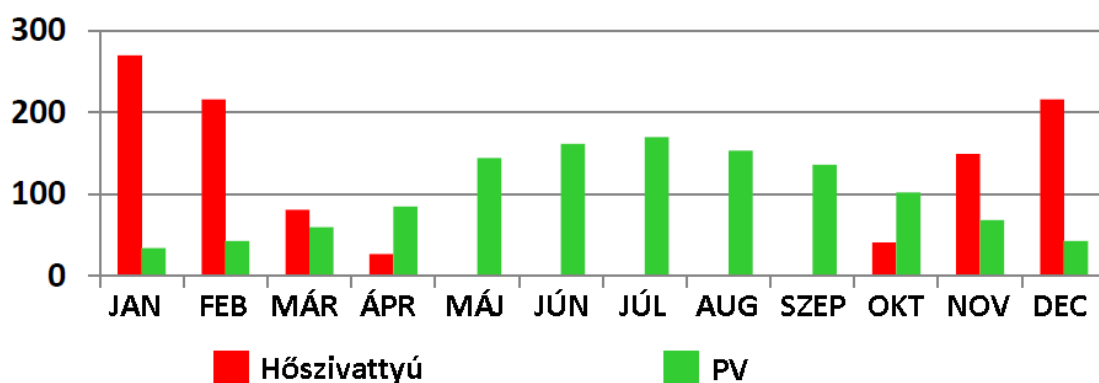
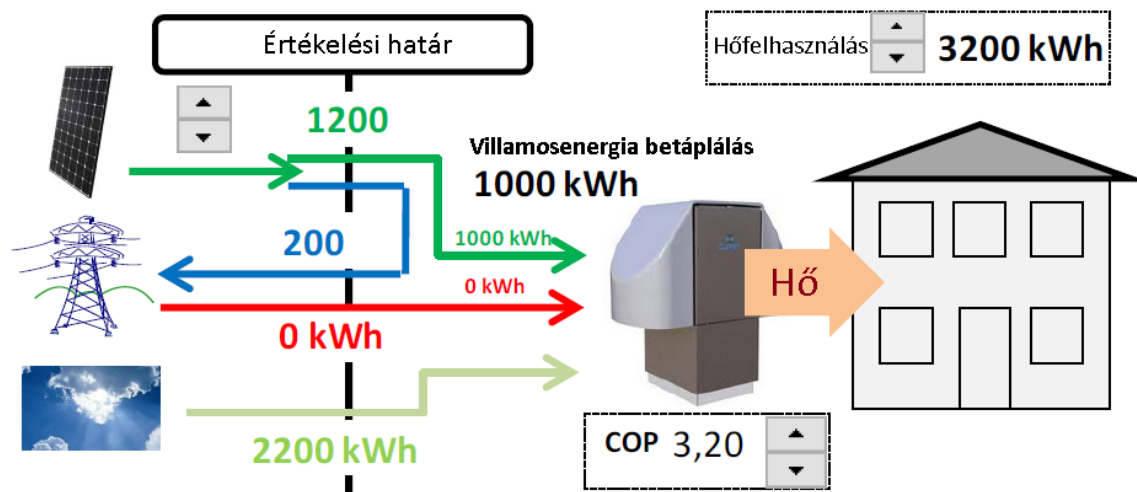
3.7. ábra. A cirkulációs körön kívül eső HMV ágak dinamikus viselkedése (Laurent Socal BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

A komfortparaméterekhez kötött szabályozási megoldások esetén a dinamikus hatások szerepe szintén számottevő. Ilyen például a széndioxid koncentráció alapján vezérelt szellőzés esete. A széndioxid koncentráció függ a jelenléttől, a használat módjától. A 3.8. ábra egy lakásban történt CO₂ mérés eredményét mutatja. Látszik, hogy a legmagasabb koncentráció éjjel tapasztalható, amikor mindenki otthon van. Nappal, amikor elmennek otthonról a koncentráció fokozatosan csökken, és este a hazaérkezéseknek megfelelően újra növekedésnek indul. Ha ehhez egy frisslevegős gépi szellőzést építünk ki, akkor az beállítástól függően a magasabb koncentrációk esetén fog bekapcsolni, mely lehet, hogy a napi átlagos koncentrációnál magasabb értéket jelent. Ez szezonális módszer esetén akár azt eredményezheti, hogy gépi szellőzésre esetleg sosincs szükség, míg órai módszer esetén számottevő lehet az igény.



3.8. ábra. A szén-dioxid koncentráció napi alakulása egy lakásban (Laurent Socal BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

Végezetül egy példa a napelemes áramtermeléssel kapcsolatosan. A 3.9. ábra egy napelemes rásegítésű hőszivattyús rendszer havi energiaigényét és PV áramtermelését mutatja. Éves átlagban a napelemmel termelt villamos energia képes a hőszivattyú villamos energiaigényének fedezésére, de ha a havi termeléseket nézzük, akkor ez már egyáltalán nincs így. Vagyis az éves átlagértékkel való számítás téves eredményre vezet, ha a hasznosulás szerint nem korrigálunk. Az ábra nem mutatja, de a probléma napi ciklusban is jelentkezik: a fűtési igény csúcsok éjjel jelentkeznek, míg a napelem éjjel nem termel. Vagyis igazán jól az órai módszerrel vagy szimulációval modellezhető a probléma.



3.9. ábra. Napelemmel működtetett hőszivattyú esetén a termelés (PV áramtermelése) és az igény (hőszivattyú áramfelvétele) időbeni alakulása (Laurent Socal BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

Láttuk tehát, hogy a rövidebb (órai vagy még gyakoribb) léptékű számítás sok esetben pontosabb eredményt ad, különösen alacsony energiaigényű és megújuló energiákat hasznosító épületek esetén. Ugyanakkor azt is látni kell, hogy a részletes számítás akkor ad pontosabb eredményt, ha a bemenő adatok kellő részletességgel és megbízhatósággal rendelkezésre állnak. A fenti példánál maradva, ha nem tudjuk a belső hőterhelések, a csapolási igények vagy a széndioxid koncentráció napi alakulását és csak feltételezésekkel élünk, akkor a részletes módszerek sem adnak pontosabb eredményt. Ugyanakkor idő- és erőforrás igényesebbek, mint az egyszerűsített módszerek, sőt a bonyolultabb számítás miatt nagyobb a hibalehetőség és ellenőrzésük is nehezebb.

4 Az egyes határoló szerkezetekre vonatkozó számítások

4.1 A hőátbocsátási tényező számítása

Az átlagos hőátbocsátási tényező számítható

- a) részletes módszer alkalmazása esetén az egész épületszerkezet vagy egy jellemző részének numerikus modellezésével, az MSZ EN ISO 10211 szerinti modellezési szabályokkal,
- b) egyszerűsített módszer alkalmazása esetén az alábbi összefüggésekkel.

A határolószerkezetek hőátbocsátási tényezője az eredő hővezetési ellenállás reciproka:

$$U = \frac{1}{R_{tot}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad (4.1)$$

ahol:

U hőátbocsátási tényező [$W/m^2 K$],

R_{tot} eredő hővezetési ellenállás [$m^2 K/W$].

Az eredő hővezetési ellenállás a hőáramlás irányára merőleges n darab homogén rétegből álló szerkezet esetén:

$$R_{tot} = R_{si} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{se} \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (4.2)$$

ahol:

R_{tot} eredő hővezetési ellenállás [$m^2 K/W$],

R_i az épületszerkezet rétegeinek hővezetési ellenállása [$m^2 K/W$],

R_{si} belső felületi hőátadási ellenállás [$m^2 K/W$],

R_{se} külső felületi hőátadási ellenállás [$m^2 K/W$].

Belső szerkezetek (pl. válaszfalak) vagy fűtött és fűtetlen tereket elválasztó szerkezetek esetén a szerkezet mindkét oldalán R_{si} értékét kell figyelembe venni.

Egy réteg hővezetési ellenállása:

$$R = \frac{d}{\lambda} \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (4.3)$$

ahol

d réteg vastagsága [m],

λ réteg tervezési hővezetési tényezője [W/mK].

*Az így meghatározott hőátbocsátási tényező a rétegtervi hőátbocsátási tényező. A követelmények nem erre, hanem az **átlagos** hőátbocsátási tényezőre vonatkoznak, mely az épületelem egységnyi átlagos felületére vonatkozó vagy a termék egészére, a minősítési iratban megadott [W/(m²K) mértékegységű] jellemző, amely tartalmazza nem homogén szerkezetek esetén a szerkezeten belül, egy átlagos négyzetméter felületre vonatkoztatva jellemzően előforduló pontszerű (rögzítési rendszerek, konzolok, dübelek, csavarok, átkötővasak stb. által okozott) és vonalmenti (vázszerkezetek, hézagok, panelcsatlakozások, szarufák, pillérek, stb. által okozott) hőhidak, valamint a beépítésből, öregedésből és a szerkezetet ért hatásokból adódó rontó tényezőket is, viszont nem veszi figyelembe a csatlakozási hőhidak hatását. Az átlagos hőátbocsátási tényező számításához nyújtanak segítséget a további pontok.*

A hővezetési tényezőt az 4.1.1, a felületi hőátadási ellenállásokat az 4.1.2 és a légrétegek hővezetési ellenállását az 4.1.3. pontok szerint kell meghatározni. Amennyiben a szerkezetben inhomogén rétegeket is vannak (pl. szarufákkal vagy vázoszlopokkal megszakított hőszigetelés), ezeket az 4.1.4. pont szerinti módszerrel kell számítani. Ha a szerkezet változó vastagságú réteget tartalmaz, azt az 4.1.5. pont szerint kell figyelembe venni. A hőátbocsátási tényező további korrekciója lehet szükséges az 4.1.6. pont szerint, ha mechanikai rögzítőelemek szúrják át a hőszigetelést, ha kisebb hézagok, légüregek alakulhatnak ki a hőszigetelésben, továbbá fordított rétegtrendű lapostetők esetén. A tervezett szerkezetek állagvédelmi ellenőrzését az MSZ 24140, vagy az MSZ EN ISO 13788 szabvány, valamint egy azokkal egyenértékű számítási módszer szerint lehet elvégezni. *Az állagvédelmi vizsgálat elvégzését a havi felbontás és a jobb fizikai modell végett is az MSZ EN ISO 13788 szabvány szerinti számítási módszerekkel javasoljuk elvégezni. E szabvány alkalmazásával az épületszerkezetek és épületelemek hő- és nedvességttechnikai viselkedésének számítása során meghatározhatjuk a kritikus felületi nedvességet és a szerkezeten belüli páralecsapódást megelőző belső felületi hőmérsékletet. A módszer felhasználható egyéb belső felületi kondenzációs problémák, valamint a szerkezeten keresztüli páradiffúzió miatti a réteghatároknál kialakuló kondenzáció*

kockázatának felmérése. Az MSZ EN ISO 13788 szabvány módszere azonban önmagában nem vesz figyelembe számos fontos fizikai jelenséget, beleértve például az anyagtulajdonságok nedvességtartalom függvényében történő megváltozását, a kapilláris szívás és folyadéktranszportot az anyagokon belül, a légmozgás hatását az anyagokon keresztül vagy az anyagok illesztési hézagainál, valamint az anyagok higroszkópikus nedvességtartalmát és a nedvességtartalomváltozásának hatását. Emiatt az említett egyszerűsített eljárások akkor alkalmazhatók, ha e jelenségek hatásai elhanyagolhatók. Minden olyan esetben, amikor többdimenziós nedvességtranszport tud kialakulni az épületszerkezetben, az MSZ EN 15026 szabvány szerinti numerikus modellezés végzendő. Utóbbi szabványt írja elő az MSZ 24140 szabvány is, amennyiben „többdimenziós vízgőzáramokat” kell számítanunk, vagy ha meglévő egyenes rétegrendű lapos tetők felújítása és indokolt esetben új egyenes rétegrendű lapos tetők tervezése során vízgőznyomás-levezető rendszert kell kialakítani. Továbbá olyan esetekben, amikor az egyszerűsített módszerekkel (MSZ 24140, MSZ EN ISO 13788) végzett állagvédelmi számítások nemmegfelelőséget mutatnak a szerkezet megfelelőségét instacioner nedvességtranszport számításával lehet igazolni az MSZ EN 15026 szerint.

4.1.1 Hővezetési tényező

Az anyag- és szerkezetjellemzők tervezési értékeit a termék minősítő irata alapján, illetve az MSZ EN ISO 10456 szerint kell figyelembe venni. Meglévő szerkezetek esetében megbízható adatok hiányában az MSZ 24140 szabvány mellékleteiben található anyagjellemzők használhatók. Amennyiben a termék minősítő irata a deklarált (közölt) hővezetési tényezőt közli és a laboratóriumi szabványos mérés körülményei eltérnek a jellemző beépítési feltételektől, az MSZ EN ISO 10456 szerinti korrekciós tényezők figyelembevételével meg kell határozni a tervezési hővezetési tényezőt.

Kétféle hővezetési tényezőt különböztetünk meg:

- a deklarált (közölt) hővezetési tényezőt laboratóriumi körülmények között, szabványos méréssel, megadott hőmérséklet és nedvességtartalom mellett határozzák meg (általánosságban $+10\text{ °C}$ -on, kiszáritott állapotban), valamint statisztikai korrekciós tényezőt tartalmaz (az MSZ EN ISO 10456 szerint), hogy a véges számú mintákon végzett laboratóriumi mérés jól jellemezze a vizsgált terméket.

- a tervezési hővezetési tényező a beépített állapotban, a rendeltetésszerű használat során fellépő hatásoknak kitett anyagra vonatkozik. A deklarált hővezetési tényezőket a számítások során minden esetben át kell számítani tervezési hővezetési tényezőre.

Az anyag- és szerkezetjellemzők számításakor a hővezetési tényező tervezési értékét kell figyelembe venni. Az MSZ EN ISO 10456 tipikusan építőipari alkalmazásban használt anyagokra közelítő tervezési értékeket tartalmaz testsűrűségek függvényében, melyek alapján lineáris interpolációval határozható meg a számítások során felhasználható hővezetési tényező, tehát ezek további korrekciójára nincs szükség. Azonban a szabvány például hőszigetelésekre vagy falazóblokkokra nem ad meg közelítő tervezési hővezetési tényezőket, viszont tartalmazza ezek tipikus építőipari alkalmazás melletti egyensúlyi nedvességtartalmát.

A hővezetési tényező korrekciójára régen az MSZ-04-140-2 nemzeti szabvány adott útmutatást, azonban ezt a szabványt 2012-ben visszavonták, ezért már ne alkalmazzuk! A jelenleg hatályos nemzeti MSZ 24140 szabvány is az MSZ EN ISO 10456 szabványra hivatkozik.

A tervezési hővezetési tényező az MSZ EN ISO 10456 szerint meghatározható a következő képlettel:

$$\lambda_t = \lambda_d \cdot F_T \cdot F_m \cdot F_a$$

ahol λ_t a tervezési hővezetési tényező (W/mK), λ_d a deklarált hővezetési tényező (W/mK), F_T a hőmérséklet átszámítási tényező, F_m a nedvesség átszámítási tényező, F_a pedig az öregedés átszámítási tényező. A hőmérséklet átszámítási tényező a következő képlettel határozható meg:

$$F_T = e^{f_T \cdot (T_t - T_d)}$$

ahol f_T a hőmérséklet átszámítási együttható, melyet a szabvány táblázatos formában tartalmaz számos hőszigetelő és építőanyag esetén. A hőmérséklet átszámítási együttható függhet az anyag deklarált hővezetési tényezőjétől, testsűrűségétől, vastagságától, kialakításától, bevonatától vagy kasírozásától, stb. T_t a tervezett beépített állapotra jellemző anyag átlagos hőmérséklete, míg T_d a deklarált hővezetési tényező meghatározásánál alkalmazott hőmérséklet (jellemzően +10 °C). A nedvesség átszámítási tényező a következő képletekkel határozható meg:

$$F_m = e^{f_u \cdot (u_t - u_d)} \text{ vagy } F_m = e^{f_\psi \cdot (\psi_t - \psi_d)}$$

ahol f_u a tömegszázalék szerinti nedvességtartalom (kg/kg), f_ψ a térfogatszázalék szerinti nedvességtartalom (m³/m³) az anyagokban. u_t a tervezett beépített állapotra jellemző anyag átlagos nedvességtartalma tömegszázalék szerint, míg ψ_t térfogatszázalék szerint megadva. u_d és ψ_d a deklarált hővezetési tényező meghatározásánál alkalmazott nedvességtartalom tömeg-, illetve térfogatszázalékban megadva (jellemzően kiszárított, azaz 0 m³/m³ vagy 0 kg/kg). Az öregedés átszámítási tényezőt szabványos számítás hiányában jelenleg 1-re vehetjük fel azzal a megkötéssel, hogy a deklarált hővezetési tényező mérésének öregített mintákon kell megtörténnie. Azonban figyelembe kell vennünk az anyagok öregedésének hatását az energetikai számítások során, számos építőanyagnak változik a hővezetési tényezője az idő előrehaladtával (pl. hőszigetelő anyagok, betonok stb.), ilyen esetben pedig a tanúsításkor megfelelő hővezetési tényező alkalmazandó, melyet akár laboratóriumi, akár helyszíni mérésekkel határozhatunk meg.

4.1.2 Felületi hőátadási ellenállás

Általános esetben, mindkét oldalon levegővel érintkező szerkezet esetén a 4.1. táblázat értékei használhatóak. A vízszintes irányhoz tartozó értékek alkalmazhatóak a vízszintes síktól ±30°-os szögig. Nem sík felületek, alacsony emissziós tényezőjű felületek, továbbá speciális peremfeltételek esetén az MSZ EN ISO 6946 szabvány vagy azzal egyenértékű számítási módszer szerinti hőátadási ellenállással kell számolni.

A táblázatban megadott értékek $\varepsilon=0,9$ félgömbös sugárzási együtthatóval (emissziós tényezővel), +20 °C belső hőmérséklettel, +10 °C külső hőmérséklettel és $v=4$ m/s szélességgel kerültek meghatározásra.

Az MSZ EN ISO 6946 szabvány a korábbi számítási eljárásokban használt „ h_i - h_e ” felületi hőátadási tényezők helyett közvetlenül a felületi (hőátadási) ellenállások (R_{si} és R_{se}) értékét adja meg. A felületi ellenállások a hőátadási tényezők reciprokai, azonban a szabványban szereplő értékek nem minden esetben egyeznek a korábbi (pl. MSZ 04-140-2) szabványokban közölt

hőátadási tényezők reciprokaival, azok alkalmazása tehát nem teljesen egyenértékű a hatályos európai uniós harmonizált szabvánnyal.

4.1. táblázat: A felületi hőátadási ellenállás értékei (MSZ EN ISO 6946)

Felületi hőátadási ellenállás $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$	A hőáram iránya		
	Felfelé	Vízszintes	Lefelé
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Az MSZ EN ISO 6946 szabvány alapján a fűtetlen terek hővezetési ellenállása fűtött épületek feletti természetes szellőzésű padlásterek esetén, ha a határoló tetőszerkezet nem hőszigetelt, akkor a tető jellemzőitől függően pikkelyes tető alátét fólia vagy deszkázat nélkül $0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, lemezfedésű vagy pikkelyes tető alátét fóliával vagy deszkázattal $0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, míg kis emissziós tényezőjű felület vagy együttes alátét fólia és deszkázat esetén $0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ többlet hővezetési ellenállással vehető fel, amennyiben a természetes szellőzésű padlástér hatásának számítását egyszerűsített módon végezzük el. Egyéb esetekben az MSZ EN ISO 13789 szabvány szerinti számítást kell alkalmazni.

4.1.3 Légrétegek hővezetési ellenállása

A légrétegek hővezetési ellenállása meghatározható

- részletes módszerrel az MSZ EN ISO 6946 D melléklete szerint. A részletes módszert kell alkalmazni, ha a b) pontban felsorolt feltételek valamelyike nem teljesül. Vastag ($d > 0,3 \text{ m}$) légrétegek a hőátbocsátási tényezőben nem vehetők figyelembe, ehelyett a hőáramokat kell számítani a hőegyensúly alapján.
- egyszerűsített módszerrel az alábbi összefüggések szerint, ha a légréteget szokványos (min. 0,8 emissziós tényezőjű) párhuzamos felületek határolják a hőáram irányára merőlegesen, a légréteg a vastagságához képest nagy kiterjedésű (vastagsága a másik két irányú méret bármelyikének max. 0,1-szerese), de 0,3 m-nél nem vastagabb és a belső környezettel nincs kapcsolatban.

Háromféle légréteget különböztetünk meg a kiszellőztetés mértékétől függően:

- zárt légréteg,

- kismértékben kiszellőztetett légréteg,

- intenzíven kiszellőztetett légréteg.

Zárt légréteg hővezetési ellenállását a 4.2. táblázat tartalmazza. A vízszintes irányhoz tartozó értékek használhatóak a vízszintes síktól $\pm 30^\circ$ -os szögig. Zárt légréteggként kezelhetők azon légrétegek is, amelyek nincsenek hőszigeteléssel elválasztva a külső környezettől és kisméretű nyílásokkal össze vannak kapcsolva a külső környezettel, de ezeken keresztül nem alakul ki a rétegre merőleges légáramlás. Függőleges légrétegek esetén a nyílások nem haladhatják meg az 500 mm^2 -t a szerkezet alapéle mentén mért méterenként (vízszintes irányban), vízszintes légrétegek esetén a nyílások nem haladhatják meg az 500 mm^2 -t 1 m^2 felületre vetítve. *A nyitott függőleges hézagzárású, drén-nyílásokkal áttört kapcsolatokkal kialakított burkolatok általában ebbe a kategóriába tartoznak. Megjegyezzük, hogy a zárt légrétegek szabad nyílásaira vonatkozó követelmények igen szigorúnak tekinthetők a vonatkozó MSZ EN ISO 6946 szabvány értelmében, mivel már csupán egy 0,5 mm-es hézag is elegendő egy folyóméteren ahhoz, hogy hőtechnikailag ne tekinthessük zártnak a légréteget!*

4.2. táblázat: Zárt, nagy emissziós tényezőjű felületekkel határolt légrétegek hővezetési ellenállása (MSZ EN ISO 6946)

A légréteg vastagsága (mm)	Hővezetési ellenállás [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$] A hőáram iránya		
	Felfelé	Vízszintes	Lefelé
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23
MEGJEGYZÉS: A közbenső értékek lineáris interpolációval számíthatók.			

Kismértékben kiszellőztetett légréteg esetén korlátozott a légáramlás a külső környezet felől: a nyílások területe függőleges légrétegek esetén $500 \text{ mm}^2 < A_{\text{szell}} < 1500 \text{ mm}^2$ a szerkezet alapéle mentén mért méterenként (vízszintes irányban), vízszintes légrétegek esetén $500 \text{ mm}^2 < A_{\text{szell}} < 1500 \text{ mm}^2$ 1 m^2 felületre vetítve. Az eredő hővezetési ellenállás ekkor:

$$R_{tot} = \frac{1500 - A_{szell}}{1000} R_{tot,zárt} + \frac{A_{szell} - 500}{1000} R_{tot,szell} \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (4.4)$$

ahol

A_{szell} a nyílások területe [m^2]

$R_{tot,zárt}$ a zárt légréteg eredő hővezetési ellenállása [$m^2 K/W$],

$R_{tot,szell}$ az intenzíven kiszellőztetett légréteg eredő hővezetési ellenállása [$m^2 K/W$]

Intenzíven kiszellőztetett légrétegnek nevezzük azt a légréteget, ahol $A_{szell} \geq 1500 \text{ mm}^2$ a szerkezet alapéle mentén mért 1 m hosszra vetítve (vízszintes irányban) függőleges légrétegek esetén; ill. $A_{szell} \geq 1500 \text{ mm}^2$ 1 m^2 felületre vetítve vízszintes légrétegek esetén. Ilyen esetben a légréteg és a légréteget a külső környezettől elválasztó réteg(ek) hővezetési ellenállását el kell hanyagolni. A felületi hőátadási ellenállást nulla szélsőbesség figyelembevételével lehet figyelembe venni, vagy az R_{si} belső hőátadási ellenállás megfelelő értéke is használható. *Átszellőztetett homlokzatburkolatok kiszellőztetett légrétege megfelelő tervezés esetén ebbe a kategóriába tartozik, azaz a kiszellőztetett légréteg és a burkolat hőtechnikai hatását egyszerűsített számítások során elhanyagoljuk. Megállapíthatjuk továbbá, hogy intenzíven kiszellőztetett légrétegnek számít minden olyan eset, ahol 1,5 mm-nyi hézag található egy folyóméteren, emiatt különösen törekedni kell az építési pontatlanságok és házagok elkerülésére, valamint az épületszerkezetek csatlakozásainál és az elemen belüli hézagok tömítésére és légzárására. Hőszigetelések nem megfelelő rögzítése (pl. pogácsázós ragasztás az alkalmazástechnikai előírásokban szereplő pont-perem módszer vagy teljes felületű ragasztás helyett) és pontatlan illesztése során könnyen kialakulhat 1,5 mm-nél nagyobb hézag, melyen keresztül a hőszigetelések át tudnak szellőzni és hőszigetelő hatásuk jelentősen csökken!*

4.1.4 Inhomogén rétegek a rétegtervben

A szerkezet hőtechnikailag inhomogén rétegeket is tartalmazhat (több anyagból összetett szerkezet, pl. szarufák a hőszigetelésben), melyek hőhidhatást okoznak és melyek hatását az átlagos hőátbocsátási tényező meghatározásakor figyelembe kell venni. *A csatlakozási hőhidakat a transzmissziós hőátvitel számításakor fogjuk figyelembe venni.*

A rétegtervben szereplő inhomogenitásból származó (elemen belüli) hőhidak hatása számítható

- részletes módszer alkalmazása esetén numerikus modellezéssel, az MSZ EN ISO 10211 szerinti modellezési szabályokkal,
- egyszerűsített módszerrel az MSZ EN ISO 6946 szabványnak megfelelően az alábbiak szerint. Megengedhető közelítés a hővezetési ellenállás alsó határértékének figyelembe vétele. Az egyszerűsített módszer nem alkalmazható olyan inhomogén rétegeket tartalmazó szerkezetek esetén, ahol a hővezetési ellenállás felső és az alsó határértékének aránya meghaladja az 1,5-t, illetve a hőszigetelést átszűrő fém kötőelemek esetén (ezeket a 4.5. képlet szerinti korrekciós tényezővel kell figyelembe venni).

A szerkezet R_{tot} eredő hővezetési ellenállása a felső és az alsó határérték számtani közepe:

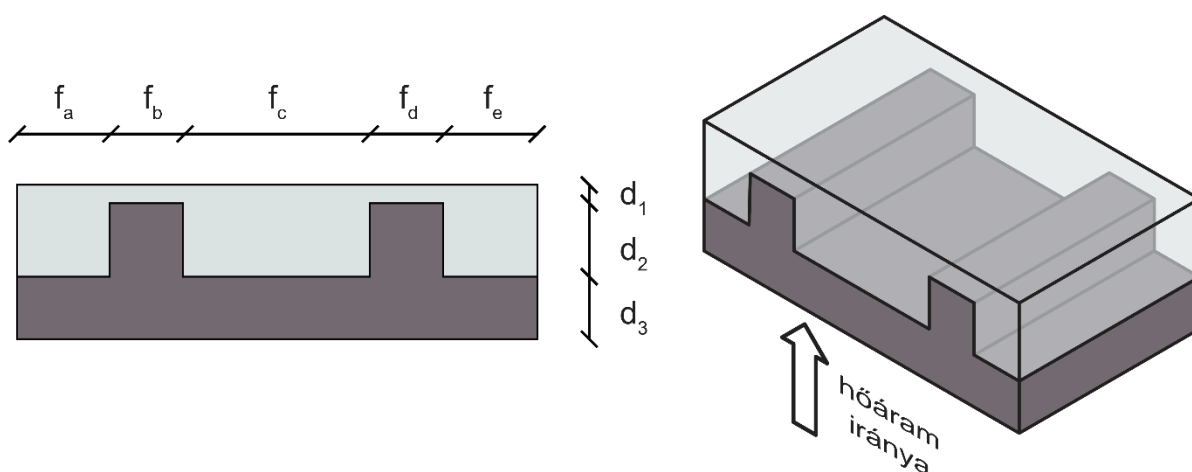
$$R_{tot} = \frac{R_{tot,felső} + R_{tot,alsó}}{2} \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (4.5)$$

ahol

$R_{tot,felső}$ az eredő hővezetési ellenállás felső határértéke $[m^2 K/W]$,

$R_{tot,alsó}$ az eredő hővezetési ellenállás alsó határértéke $[m^2 K/W]$

A felső és alsó határértékek meghatározásához a szerkezetet rétegekre és szeletekre kell osztani olyan módon, hogy hőtechnikai szempontból homogén elemek keletkezzenek.



4.1. ábra. Hőtechnikailag inhomogén épületelemek felosztása

Az eredő hővezetési ellenállás felső határértéke

A felső határérték a szerkezet felületeire merőleges egydimenziós hőáram feltételezésével határozható meg:

$$\frac{1}{R_{tot,felső}} = \frac{f_a}{R_{tot,a}} + \frac{f_b}{R_{tot,b}} + \dots + \frac{f_q}{R_{tot,q}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad (4.6)$$

ahol

$R_{tot,a}, R_{tot,b}, \dots, R_{tot,q}$ az egyes szeletek eredő hővezetési ellenállása $[m^2 K/W]$,

$f_a, f_b, \dots, f_q$ az egyes szeletek elemi területe (a homlokfelülethez viszonyított részaránya).

Az eredő hővezetési ellenállás alsó határértéke

Az eredő hővezetési ellenállás $R_{tot,alsó}$ alsó határértéke az épületszerkezet összes, a felülettel párhuzamos síkját izotermális (állandó hőmérsékletű) felületnek feltételezve határozható meg. A hőtechnikailag inhomogén, *a szerkezet felületeire ható egydimenziós hőáramra merőleges* rétegek R_j egyenértékű hővezetési ellenállása:

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_{eq,j}} \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (4.7)$$

ahol a j réteg $\lambda_{eq,j}$ egyenértékű hővezetési tényezője:

$$\lambda_{eq,j} = \lambda_{aj} f_a + \lambda_{bj} f_b + \dots + \lambda_{qj} f_q \left[\frac{W}{mK} \right] \quad (4.8)$$

Az alsó határérték:

$$R_{tot,alsó} = \sum R_j \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (4.9)$$

4.1.5 Változó vastagságú réteget tartalmazó szerkezetek

Változó vastagságú réteget tartalmazó szerkezetek (pl. lapostető lejtésképző réteggel)

hőátbocsátási tényezőjének számításakor

- részletes módszer szerint az MSZ EN ISO 6946 szabvány E mellékletét kell követni, amennyiben a lejtés nem haladja meg az 5%-ot. Ennél nagyobb lejtés esetén numerikus modellezés ad megfelelő eredményt.
- egyszerűsített módszer szerint megengedett a változó vastagságú réteg átlagos vastagságának figyelembe vétele.

A szabvány szerint a réteget azonos lejtésű, egyszerű téglalap vagy háromszög alapú elemekre kell bontani, ezekre külön meg kell határozni a hőátbocsátási tényezőket, majd ezeket a hőátbocsátási tényezőket az egyes elemek alapterületének arányában átlagolva kapjuk a szerkezet eredő hőátbocsátási tényezőjét.

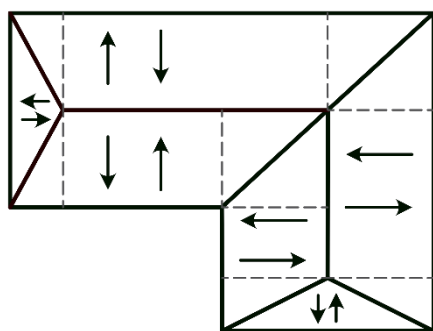
Az egyes elemeknél a hővezetési ellenállás két tagból áll: az állandó vastagságú részhez tartozó R_0 hővezetési ellenállásból (mely azonos minden elem esetén, tartalmazza a felületi ellenállásokat és szükség szerint az inhomogenitásból adódó korrekciót is) és a változó vastagságú rész legnagyobb R_2 ellenállásából (lsd. 4.2. ábra), mely a legnagyobb vastagság és a hővezetési tényező hányadosa ($R_2 = d_2 / \lambda_i$). Ez alapján az ábrában megadott képletek szerint

számítható az egyes elemek hőátbocsátási tényezője (a szabvány még egy itt nem szereplő esetet közöl, amelyben a háromszög minden csúcsához más vastagság tartozik).

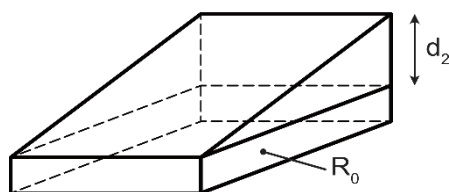
A szerkezet eredő hőátbocsátási U értéke:

$$U = \frac{\sum U_i A_i}{\sum A_i} \quad (4.10)$$

A lapostető
felosztása

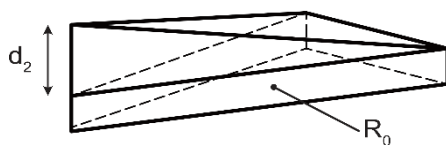


Téglalap alapú



$$U = \frac{1}{R_2} \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_0} \right)$$

Háromszög



$$U = \frac{2}{R_2} \left[\left(1 + \frac{R_0}{R_2} \right) \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_0} \right) - 1 \right]$$

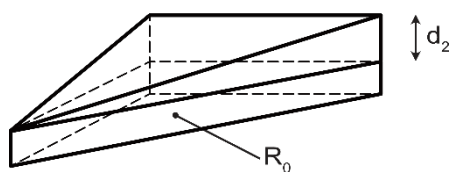
alapú, csúcsnál a

legvastagabb

Háromszög

alapú, csúcsnál a

legvékonyabb



$$U = \frac{2}{R_2} \left[1 - \frac{R_0}{R_2} \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_0} \right) \right]$$

4.2. ábra: A változó vastagságú réteg figyelembe vétele különböző esetekben

4.1.6 A hőátbocsátási tényező korrekciója

A számított hőátbocsátási tényező korrekciója szükséges lehet a hőszigetelésben lévő légüregek, a hőszigetelést átszűrő mechanikai rögzítőelemek és a fordított rétegrendű lapostetőkön a csapadék miatt. A korrigált hőátbocsátási tényező az eredeti hőátbocsátási tényező és a ΔU korrekciós tényező összege:

$$U = U_0 + \Delta U \quad (4.11)$$

$$\Delta U = \Delta U_{\text{légüreg}} + \Delta U_{\text{rögz}} + \Delta U_{\text{ford}} \quad (4.12)$$

ahol

$\Delta U_{\text{légüreg}}$ a légüregekre, *hézagokra, légrésekre, légzárványokra* vonatkozó korrekciós tényező,

$\Delta U_{\text{rögz}}$ a mechanikus rögzítőelemekre vonatkozó korrekciós tényező,

ΔU_{ford} a fordított tetőkre vonatkozó korrekciós tényező.

Amennyiben ΔU értéke kisebb, mint a számított hőátbocsátási tényező 3%-a, megengedett a korrekciós tényező elhanyagolása.

A *légüregek* lehetnek a hőszigetelő lemezek/ táblák közötti vagy a szerkezet és a hőszigetelés közötti, a hőáram irányával párhuzamos illesztési hézagok *és légrések*, illetve a hőáram irányára merőleges üregek, *légzárványok*. Ezek megfelelő színvonalú kivitelezés mellett is kialakulhatnak például az illesztéseknél, az egymással érintkező nem teljesen sík felületek miatt vagy a nem teljes felületű ragasztás esetén. A korrekciós tényező:

$$\Delta U_{\text{légüreg}} = \Delta U'' \left(\frac{R_1}{R_{\text{tot}}} \right)^2 \quad (4.13)$$

ahol

R_1 a légüreget tartalmazó réteg hővezetési ellenállása,

R_{tot} a szerkezet eredő hővezetési ellenállása a légüregek figyelembe vétele nélkül,

$\Delta U''$ korrekciós tényező; értéke 0,04, ha az átmenő illesztési hézagok és légüregek hatására a hőszigetelés hideg és meleg oldala között szabad légáramlás alakulhat ki (2. szint); értéke 0,01, ha van átmenő hézag, de ilyen légáramlás nem jöhet létre (1. szint).

Általános esetben az 1. szinthez tartozó korrekciós tényezőt kell figyelembe venni. Nincs szükség korrekciós tényező alkalmazására lépcsőzetesen eltolt, egynél több rétegben beépített hőszigetelés esetén.

4.3.táblázat: Légüregek miatti korrekciós tényezők

Szint	Leírás	ΔU^* (W/m ² K)
0	Nincs légzárvány a hőszigetelésben, vagy csak kisebb légzárványok láthatók, melyek a hőátbocsátási tényezőre nincsenek számottevő hatással	0,00
1	A légrések hidat képeznek a hőszigetelés meleg és hideg oldal felületei között, de nem okoznak cirkulációt	0,01
2	A légrések hidat képeznek a hőszigetelés meleg és hideg oldal felületei között, és üregekkel kombinálódva szabad légmozgás jöhet létre a meleg és hideg oldal között	0,04

Az 1. szinthez tartozik pl. a szarufák/vázoszlopok által megszakított, de szorosan és hézagmentesen illeszkedő hőszigetelés vagy a tompa illesztésű hőszigetelő táblák, ahol a megengedett mérettűrés és mérettartás mellett az illesztési hézagok meghaladhatják az 5 mm-t, de a hőszigetelés szorosan csatlakozik a szerkezethez. A 2. szinthez tartoznak azon egy- vagy többrétegű kialakítások, ahol a hőszigetelés nem szorosan csatlakozik a szerkezethez és az átmenő hézagokon keresztül légáramlás tud kialakulni. A hőáram növekedés a 2. szint esetén számottevő.

A mechanikai rögzítőelemek (pl. beütőszeges dübelek, acél rögzítőpálcák, átkötő vasak, átszellőztetett homlokzatburkolatok távtartó konzoljai és rögzítőelemei) hatása

- a) részletes módszer esetén a rögzítőelem pontszerű hőátbocsátási tényezőjével vehető figyelembe az MSZ EN ISO 10211 szerinti numerikus modellezéssel,

b) egyszerűsített módszer esetén alkalmazható az alábbi módszer.

A korrekciós tényező:

$$\Delta U_{r\ddot{o}gz} = \alpha \frac{\lambda_{r\ddot{o}gz} A_{r\ddot{o}gz} n_{r\ddot{o}gz}}{d_1} \left(\frac{R_1}{R_{tot}} \right)^2 \quad (4.14)$$

ahol

α $\alpha = 0,8$ ha a rögzítőelem teljesen áthatol a szigetelésen,

$\alpha = 0,8 \times \frac{d_1}{d_0}$ ha a rögzítőelem süllyesztett.

$\lambda_{r\ddot{o}gz}$ a rögzítőelem hővezetési tényezője [W/(m·K)],

$n_{r\ddot{o}gz}$ a rögzítőelemek száma négyzetméterenként [db/m²],

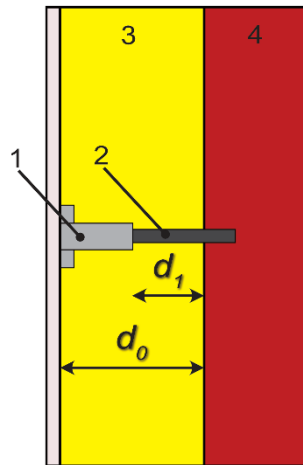
$A_{r\ddot{o}gz}$ egy rögzítőelem keresztmetszeti területe [m²],

d_0 a rögzítőelemet tartalmazó hőszigetelés vastagsága [m],

d_1 a hőszigetelő réteget átszűrő rögzítőelem hosszúsága a hőszigetelő rétegben [m],

R_1 a rögzítőelemek által átszúrt hőszigetelő réteg hővezetési ellenállása [m²·K/W],

R_{tot} a szerkezet hőhídhatás nélkül számított eredő hővezetési ellenállása [m²·K/W].



4.3. ábra: Süllyesztett rögzítő elem: 1. műanyag fej; 2. süllyesztett rögzítőelem; 3. hőszigetelés; 4. falszerkezet

A rögzítőelem hosszúsága (d_1) a hőszigetelés vastagságánál nagyobb is lehet, ha a rögzítőelem a merőlegetől eltérő szög alatt hatol be. Süllyesztett rögzítőelem esetén d_1 kisebb a hőszigetelés vastagságánál, ekkor R_1 egyenlő d_1 és a hőszigetelés hővezetési tényezőjének hányadosával. Nem kell korrekciót alkalmazni légréteget átszűrő rögzítőelem esetén, továbbá ha a rögzítőelem

hővezetési tényezője 1 W/mK-nél kisebb. A rögzítőelem területének meghatározásakor az 1 W/mK-nél nagyobb hővezetési tényezőjű részt kell figyelembe venni. *Kompozit beütőszeges dübelek esetén szintén csak az 1 W/mK-nél nagyobb hővezetési tényezőjű részt kell figyelembe venni, azaz a műanyag beütőelem hossza nem számít bele a hőszigetelő réteget átszűrő rögzítőelem hosszúságába a hőszigetelő rétegben.* Két fémlemezt összekötő fém rögzítőelem (pl. fémfegyverzetű szendvicspanel) esetén csak részletes módszer alkalmazható.

Fordított rétegrendű lapostetők esetén a hőszigetelés alá beszivárgó, a vízszigetelés felületén áramló csapadék jelentősen növelheti a hőveszteséget. Általános esetben megengedett ennek a hatásnak az elhanyagolása, de figyelembe kell venni, ha a vízszigetelés fölötti hőszigetelés egyrétegű és tompa illesztésű és a hőszigetelés fölötti réteg jó vízáteresztő tulajdonságú (pl. kavicsréteg). Ebben az esetben a korrekciós tényezőt az MSZ EN ISO 6946 szabvány F melléklete szerint kell meghatározni, $p = 1,3$ mm/nap feltételezésével.

A ΔU_r korrekciós tényező:

$$\Delta U_r = p f x \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2 \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (4.15)$$

ahol:

- p *a csapadék átlagos mennyisége a fűtési idő alatt, a földrajzi helyre jellemző adatok szerint [mm/nap];*
- f *p -nek a vízszigetelésig eljutó hányadát megadó átszivárgási tényező;*
- x *a vízszigetelésen áramló esővíz által okozott többlet hőveszteséget jellemző tényező $[(\text{W} \cdot \text{nap})/(\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{mm})]$;*
- R_1 *a vízszigetelés fölött elhelyezkedő hőszigetelés hővezetési ellenállása $[\text{m}^2 \cdot \text{K/W}]$;*
- R_T *a szerkezet eredő hővezetési ellenállása a korrekció előtt $[\text{m}^2 \cdot \text{K/W}]$.*

A vízszigetelés fölötti egyrétegű, tompa illesztésű hőszigetelés és áteresztő fedés, pl. kavics esetén $(f \cdot x) = 0,04$. Egy jól hőszigetelt tető esetén ekkor a ΔU_r korrekciós tényező akár 0,03-0,04 W/m²K értékkel is leronthatja a hőátbocsátási tényezőt.

4.1.7 Panelos épületek homlokzati falainak átlagos hőátbocsátási tényezői

Az 1992 előtt épült házigyári panelos rendszerek átlagos U-tényezőjét az utólagos hőszigetelés függvényében (ÉKM 2. függelék 4.3. pont) szerint kell felvenni. Az értékek nem tartalmazzák a csatlakozási hőhidak hatását, de az elemen belüli hőhidak hatását igen. *Panelos épületek esetén fontos, hogy e táblázatban közölt hőátbocsátási tényezőket alkalmazzuk tervezési vagy tanúsítási alapadatként, mivel a táblázatban megtalálhatók a panelek öregedett állapotára jellemző átlagos hőátbocsátási tényezők!*

4.2 Homlokzati üvegfalak, függönyfalak hőátbocsátási tényezője

Az elemes és vázas függönyfalak hőátbocsátási tényezője meghatározható

- részletes módszer alkalmazása esetén az MSZ EN ISO 12631 szerinti „átfogó értékelő módszer” használatával, numerikus modellezéssel,
- egyszerűsített módszerrel az MSZ EN ISO 12631 szabvány alapján „komponens értékelő módszer” használatával az alábbiak szerint, mely eljárás azonban nem alkalmazható strukturális üvegezés (SG), strukturális szilikon üvegezés (SSG) és átszellőztetett kialakítás esetén.

A függönyfalak hőátbocsátási tényezője a függönyfalat alkotó elemek hőátbocsátási tényezőjének felületarányos átlaga:

$$U_{FF} = \frac{\sum (U_{FF,elem} \cdot A_{FF,elem})}{\sum A_{FF,elem}} \quad (4.16)$$

ahol

$U_{FF,elem}$ a függönyfalat alkotó elem hőátbocsátási tényezője [W/m²K]

$A_{FF,elem}$ a függönyfalat alkotó elem felülete [m²]

Egy függönyfal elem hőátbocsátási tényezője:

$$U_{FF,elem} = \frac{\sum A_{ü} \cdot U_{ü} + \sum A_p \cdot U_p + \sum A_k \cdot U_k + \sum A_l \cdot U_l + \sum A_b \cdot U_b}{\sum A_{ü} + \sum A_p + \sum A_k + \sum A_l + \sum A_b} + \frac{\sum l_{k,ü} \cdot \psi_{k,ü} + \sum l_{b,ü} \cdot \psi_{b,ü} + \sum l_{g,ü} \cdot \psi_{g,ü} + \sum l_{b,p} \cdot \psi_{b,p} + \sum l_{b,k} \cdot \psi_{b,k} + \sum l_{g,k} \cdot \psi_{g,k}}{\sum A_{ü} + \sum A_p + \sum A_k + \sum A_b + \sum A_g} \quad (4.10)$$

ahol

$U_{ü}$ az üvegezés hőátbocsátási tényezője [W/m²K],

U_p	az átlátszatlan panel <i>vagy kitöltés</i> hőátbocsátási tényezője [W/m ² K],
U_k	a keret hőátbocsátási tényezője [W/m ² K],
U_l	a lizéna <i>(függőleges borda)</i> hőátbocsátási tényezője [W/m ² K],
U_b	a <i>(vízszintes)</i> borda hőátbocsátási tényezője [W/m ² K],
$\psi_{k,\ddot{u}}$	a keret-üvegezés csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK],
$\psi_{l,\ddot{u}}$	a lizéna-üvegezés csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK],
$\psi_{b,\ddot{u}}$	a borda-üvegezés csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK],
$\psi_{l,p}$	a lizéna-átlátszatlan panel csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK],
$\psi_{b,p}$	a borda-átlátszatlan panel csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK],
$\psi_{l,k}$	a lizéna-keret csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK],
$\psi_{b,k}$	a borda-keret csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK],
$A_{\ddot{u}}$	az üvegezés felülete [m ²],
A_p	az átlátszatlan panel felülete [m ²],
A_k	a keret felülete [m ²],
A_l	a lizéna felülete [m ²],
A_b	a borda felülete [m ²],
$l_{k,\ddot{u}}$	a keret-üvegezés csatlakozási hőhíd hossza [m],

$l_{l,\ddot{u}}$	a lizéna-üvegezés csatlakozási hőhíd hossza [m],
$l_{b,\ddot{u}}$	a borda-üvegezés csatlakozási hőhíd hossza [m],
$l_{l,p}$	a lizéna-átlátszatlan panel csatlakozási hőhíd hossza [m],
$l_{b,p}$	a borda-átlátszatlan panel csatlakozási hőhíd hossza [m],
$l_{l,k}$	a lizéna-keret csatlakozási hőhíd hossza [m],
$l_{b,k}$	a borda-keret csatlakozási hőhíd hossza [m].

Átszellőztetett, kismértékben átszellőztetett és zárt kéthéjú homlokzatburkolatok hőátbocsátási tényezőjét a 4.1.3. pontban megadott légrétegekre vonatkozó hővezetési ellenállások figyelembe vételével lehet számítani.

4.3 Nyílászárók hőátbocsátási tényezője

A nyílászárók hőátbocsátási tényezője meghatározható

- a) részletes módszer alkalmazása esetén az MSZ EN ISO 10077-1 szerint vagy numerikus modellezéssel az MSZ EN ISO 10077-2 szabvány szerint,
- b) egyszerűsített számítási módszer alkalmazása esetén az MSZ EN ISO 10077-1 szabvány alapján, de egyszerűsítésekkel, az alábbi összefüggésekkel. Az adott méretű nyílászáró vagy a nyílászáró komponensek hőtechnikai adatait a termékek teljesítménynyilatkozata alapján kell felvenni. Teljesítménynyilatkozat hiányában felvehetőek a nyílászáró komponensekre vonatkozó tájékoztató műszaki adatok. *Az MSZ EN ISO 10077-1 szabvány szerint az üvegezések hőátbocsátási tényezőit az ISO 10292 szabvány szerint kell számítani, valamint ISO 10291/ISO 10293 szabványok szerint lehet méréssel meghatározni. A szabvány továbbá normatív mellékletében közli, hogy három rétegű vagy nem függőleges üvegezések esetén az ISO 10292 szerint, vagy Európában az MSZ EN 673 szerint kell számítani az U_g értékeket. Az MSZ EN 673 számítási módszere egyértelműen megkülönbözteti a függőleges, valamint dőlt síkú*

nyílászárók üvegezésének számítását és eltérő konstansokat kell a számítási képletekben alkalmazni a beépítés pozíciójától függően. A dőlt síkban beépített üvegezések nagyobb U_g értékkel rendelkeznek, mint a függőleges pozícióban beépített üvegezések (ezért is enged meg nagyobb hőátbocsátási tényezőt a rendelet tetősík ablakok vagy üvegtetők esetére). Fontos tehát, hogy a tervezett vagy beépített pozícióban számított U_g értékkel vegyük figyelembe a nyílászárók vagy egyéb üvegezett szerkezeteket.

4.3.1 Egyhéjú nyílászárók

Egyhéjú nyílászárók (ablakok, ajtók) hőátbocsátási tényezője az alábbi összefüggés alkalmazásával számolható:

$$U_{ny,e} = \frac{\sum A_{\tilde{u}} \cdot U_{\tilde{u}} + \sum A_p \cdot U_p + \sum A_k \cdot U_k + \sum l_{k,\tilde{u}} \cdot \psi_{k,\tilde{u}} + \sum l_{k,p} \cdot \psi_{k,p} + \sum l_{m,\tilde{u}} \cdot \psi_{m,\tilde{u}}}{\sum A_{\tilde{u}} + \sum A_p + \sum A_k} \quad (4.18)$$

ahol

$U_{\tilde{u}}$	az üvegezés hőátbocsátási tényezője [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$],
U_p	az átlátszatlan panel hőátbocsátási tényezője [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$],
U_k	a keret (tok és szárny) hőátbocsátási tényezője [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$],
$\psi_{k,\tilde{u}}$	a keret és az üvegezés csatlakozásának összesített vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK],
$\psi_{k,p}$	a keret és az átlátszatlan panel csatlakozásának összesített vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK],
$\psi_{m,\tilde{u}}$	az üvegezésben elhelyezett merevítőprofil és az üvegezés csatlakozásának összesített vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK],
$A_{\tilde{u}}$	az üvegezés felülete [m^2],
A_p	az átlátszatlan panel felülete [m^2],
A_k	a keret (tok és szárny) felülete a belső oldalról nézve [m^2],
$l_{k,\tilde{u}}$	a keret és az üvegezés csatlakozási hőhíd hossza [m],
$l_{k,p}$	a keret és az átlátszatlan panel csatlakozási hőhíd hossza [m],

$l_{m,\bar{u}}$ az üvegezésben elhelyezett merevítőprofil és az üvegezés csatlakozási hőhíd hossza [m].

4.3.2 Kéthéjű nyílászárók

A kéthéjű (átszellőztetés nélküli, külső és belső szárnnyal kialakított, kapcsolt) nyílászárók hőátbocsátási tényezője az alábbi összefüggés alkalmazásával számolható:

$$U_{ny,k} = \frac{1}{\frac{1}{U_{Ny,1}} - R_{si} + R_l - R_{se} + \frac{1}{U_{Ny,2}}} \quad (4.19)$$

ahol

$U_{ny,1}, U_{ny,2}$ Kapcsolt (külső és belső) héjak hőátbocsátási tényezője [W/m^2K]

R_l A kapcsolt (külső és belső) nyílászárók közötti légréteg egyenértékű hővezetési ellenállása [m^2K/W]

4.3.3 Nyílászárók társított árnyékolószerkezettel

Társított árnyékolószerkezetek hővezetési ellenállásának többlet hőszigetelő hatása az elemi követelmények ellenőrzésekor nem vehető figyelembe.

Ugyanakkor társított árnyékolószerkezetek hővezetési ellenállása fűtési energiaigény számításakor figyelembe vehető a nyílászáró hőátbocsátási tényezőjében az MSZ EN ISO 10077-1 szabvány alapján a következő módon:

$$U_{Ny,t} = 0,7 \cdot U_{Ny} + 0,3 \cdot \frac{1}{\frac{1}{U_{Ny}} + \Delta R} \quad (4.20)$$

ahol

U_{Ny} Nyílászáró hőátbocsátási tényezője [W/m^2K]

ΔR Többlet hővezetési ellenállás, mely tartalmazza a társított árnyékolószerkezet $R_{\text{árny}}$ hővezetési ellenállását, valamint az árnyékolószerkezet és a nyílászáró közötti légréteg R_l hővezetési ellenállását [m^2K/W]

Az árnyékolószerkezetek hővezetési ellenállása meghatározható az alábbi módon:

Az árnyékolók légáteresztési osztályát az 4.21-es képlettel számított effektív teljes hézagosságuk alapján a 4.4. táblázat alapján határozhatjuk meg.

$$b_{eth} = b_{ha} + b_{hf} + b_{ho} \quad (4.21)$$

ahol

b_{ha} , b_{hf} , b_{ho} Átlagos hézagméret az árnyékoló zárt állapotában alul, felül és oldalt [mm]

4.4. táblázat: Árnyékolók légáteresztése

Osztály	Árnyékoló légáteresztő képessége	b_{eth} [mm]
1	nagyon magas	$b_{eth} \geq 35$
2	magas	$15 \leq b_{eth} < 35$
3	átlagos	$8 \leq b_{eth} < 15$
4	alacsony	$b_{eth} \geq 8$
5	légtömör	$b_{eth} \leq 3$ és $b_{ha}+b_{ho}=0$ vagy $b_{hf}+b_{ho}=0$

Ha a zárt árnyékolószerkezet hővezetési ellenállása ismert, a 4.5. táblázat alapján határozható meg a többlet hővezetési ellenállás:

4.5. táblázat: Zárt árnyékolók többlet hővezetési ellenállása, ha az árnyékolószerkezet hővezetési ellenállása ismert

Árnyékolók légáteresztési osztálya	Többslet hővezetési ellenállás ΔR [m ² K/W]
1	0,08
2	$0,25 R_{\text{árny}} + 0,09$
3	$0,55 R_{\text{árny}} + 0,11$
4	$0,80 R_{\text{árny}} + 0,14$
5	$0,95 R_{\text{árny}} + 0,17$

Ha a zárt árnyékolószerkezet hővezetési ellenállása nem ismert, a 4.6. táblázat közelítő értékei alkalmazhatók:

4.6. táblázat: Zárt árnyékolók többslet hővezetési ellenállása

Árnyékoló típusa	Árnyékolószerkezet átlagos hővezetési ellenállása, $R_{\text{árny}}$	Többslet hővezetési ellenállás ΔR [m ² K/W]		
		1-2 osztály	3 osztály	4-5 osztály
Alumínium redőny	0,01	0,09	0,12	0,15
Fa vagy műanyag redőny habkitöltés nélküli lamellákkal	0,10	0,12	0,16	0,22
Redőny habkitöltéses lamellákkal	0,15	0,13	0,19	0,26
25-30 mm-es fa lamellák	0,20	0,14	0,22	0,30

4.4 Talajjal érintkező szerkezetek hőveszteségének számítása

A talajjal érintkező határoló szerkezetek esetén a veszteségáramokat

a) részletes módszer alkalmazása esetén az MSZ EN ISO 13370 szabvány előírásai szerinti számítással vagy numerikus modellezéssel (az MSZ EN ISO 10211 alapján felvett geometriai modellel és -20 m-es mélységben +10 °C talajhőmérséklet feltételezésével) kell meghatározni. Nagy pontossági igény esetén a periodikus hőáramok valamint az áramló talajvíz hatása is figyelembe vehetők,

b) egyszerűsített számítási módszer alkalmazása esetén az MSZ EN ISO 13370 szabvány alapján, de egyszerűsítésekkel, az alábbi összefüggésekkel kell meghatározni.

4.4.1 A talaj hőtechnikai jellemzői

A talaj hőtechnikai tulajdonságai a 4.7. táblázat alapján vehetők fel. Amennyiben a talaj típusa nem ismert, a 2. típus jellemzőit kell figyelembe venni.

4.7. táblázat: Talajok jellemző hőtechnikai adatai

Talaj-típus	Leírás	Hővezetési tényező λ_{talaj} W/(m·K)	Térfogatra vonatkoztatott hőkapacitás ρc , J/(m ³ ·K)
1	Agyag, iszap	1,5	$3,0 \cdot 10^6$
2	Homok, kavics	2,0	$2,0 \cdot 10^6$
3	Homogén kő	3,5	$2,0 \cdot 10^6$

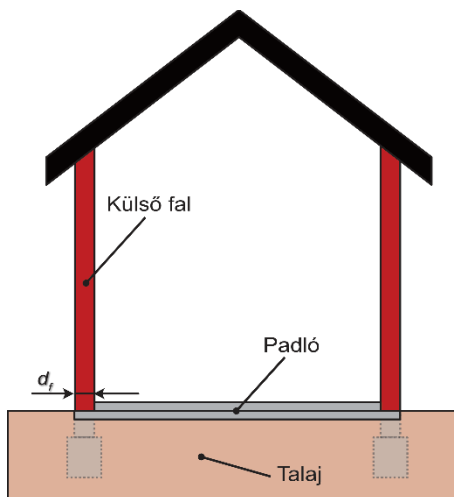
A terepszint alatt beépített építőanyagok hőtechnikai jellemzőinek meghatározásánál figyelembe kell venni a beépítés helyének jellemző nedvesség és hőmérsékletviszonyait. Amennyiben a padlóval közvetlenül érintkező terek belső hőmérséklete eltér egymástól, a helyiséghőmérsékletek területarányos átlagértéke használható.

Amennyiben az ágyazat (pl. zúzottkő, kavicsfeltöltés) jellemzői nem ismertek, a 4.7. táblázat 2. típusát kell figyelembe venni, vagy a hővezetési ellenállását a számítás során el kell hanyagolni.

4.4.2 Talajon fekvő padló

Az MSZ EN ISO 13370 szabvány számítási eljárásának elvi elrendezési vázlata az alábbi ábrán látható. A modell szerint homogén, egyetlen hővezetési ellenállással jellemzett padlólemez (melynek vastagsága a modell szempontjából lényegtelen, csupán az ellenállás mértéke fog

számítani) és az emellett található „ d_f ” falvastagságú külső fal vastagsága alapján és a talaj hővezetési tényezőjének, valamint természetesen a padlószervezet geometriai méreteinek ismeretében számíthatjuk a padló egyenértékű hőátbocsátási tényezőjét. Ez abban különbözik a padló rétegtervi hőátbocsátási tényezőjétől, hogy a talaj hővezetési ellenállását is tartalmazza.



4.4. ábra: Talajon fekvő padlószervezet modellje (MSZ EN ISO 13370 alapján)

A padló hőátbocsátási tényezőjének meghatározásához számítandó a talajon fekvő padló karakterisztikus mérete:

$$B = \frac{A}{0,5P} \quad (4.22)$$

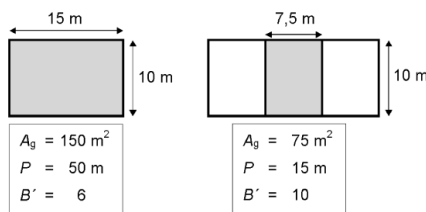
ahol

B a padló karakterisztikus mérete [m],

A a kondicionált tér padlójának területe [m²],

P a padló kitett kerülete, melybe beleszámítandó a külső környezettől vagy a szomszédos fűtetlen tértől elválasztó csatlakozások hossza [m].

A padló kitett kerületét az alábbi 4.5. ábra segít értelmezni, melyen látható, hogy csak a külső környezettől vagy a szomszédos fűtött tértől elválasztó csatlakozások hossza számít a padló karakterisztikus méretének meghatározásához.



4.5. ábra: Az MSZ EN ISO 13370 szerinti talajon fekvő padlószervezet modellje

A padló egyenértékű vastagsága (a padlószervezet hővezetési ellenállásával azonos hővezetési ellenállású talajréteg vastagsága) a csatlakozó fal vastagsága és a padló hővezetési ellenállása alapján:

$$d_p = d_f + \lambda_{talaj}(R_{si} + R_p + R_{se}) \quad (4.23)$$

ahol

d_p a padló egyenértékű vastagsága [m],

d_f a csatlakozó külső falak teljes vastagsága [m],

λ_{talaj} a talaj hővezetési tényezője [W/mK],

R_p a padló szerkezet hővezetési ellenállása, figyelembe véve a padlón, padló alatt vagy a padlóban elhelyezett teljes felületű hőszigetelést [m^2K/W],

R_{si} a belső felületi hőátadási ellenállás [m^2K/W],

R_{se} a külső felületi hőátadási ellenállás [m^2K/W].

A padló szerkezet hővezetési ellenállásának számításakor a szemcsés ágyazat (pl. homokos kavics, zúzottkő) hővezetési ellenállását nem szabad figyelembe venni, a nagy testsűrűségű betonlemez és vékony padlóburkolatok hatása elhanyagolható.

A legtöbb esetben elhanyagolható mértékű különbség adódik a padló egyenértékű vastagságában, ha a felső burkolati réteg megváltozik (pl. melegburkolat helyett hidegburkolat kerül rá). Ezért javasolható, hogy egyszerűsített számítások során, különösen kisebb épületek esetén, egyféle padlót vegyünk fel egy jellemző és általános padlóburkolattal.

A talajon fekvő padló (a talaj hatását is tartalmazó) egyenértékű hőátbocsátási tényezője a padló egyenértékű vastagságától és a padló a terepszinttől számított z mélységétől függően számítható a következő képletek szerint.

- Ha $(d_p + 0,5z) < B$ (hőszigetelés nélküli vagy mérsékelten hőszigetelt padló):

$$U_{T,p} = \frac{2\lambda_{talaj}}{\pi B + d_p + 0,5z} \ln \left(\frac{\pi B}{d_p + 0,5z} + 1 \right) \quad (4.24)$$

- Ha $(d_p + 0,5z) \geq B$ (jól hőszigetelt padló):

$$U_{T,p} = \frac{\lambda_{talaj}}{0,457B + d_p + 0,5z} \quad (4.25)$$

Amennyiben a padló mélysége a külső terepszinthez képest változó, az átlagértéket kell figyelembe venni. Terepszint közelében fekvő padlónak a külső terepszinthez képest $\pm 0,5$ m szintkülönbségen belül elhelyezkedő padlót nevezzük, ekkor $z = 0$.

Talajtól elemelt padló szerkezetek (amikor a padló nem közvetlenül a talajra kerül, hanem egy bűvőtér van alatta) hőveszteségét az MSZ EN ISO 13370 szabvány szerint kell számítani.

4.4.3 Terepszint feletti padló szerkezetek esetén

Terepszint feletti padló szerkezetek esetén (lásd 4.6. ábra), ha a padló szerkezet területe nem haladja meg a 250 m^2 -t és a padló szerkezet felső szintjének magassága a külső oldali talaj szintjétől legalább $m > 0,5$ m-re helyezkedik el, az egyenértékű hőátbocsátási tényező a 4.26-os összefüggéssel számítható:

$$U_{T,p} = \frac{1}{\frac{1}{U_p} + \frac{1}{U_{talaj} + U_{T,lf}}} \quad (4.26)$$

ahol

U_p a padlószervezet hőátbocsátási tényezője (felületi ellenállásokkal) [W/m²K]

U_{talaj} a padlószervezet alatti talaj egyenértékű hőátbocsátási tényezője (ha van lábazati szigetelés, akkor azt figyelembe lehet venni U_{talaj} -ban a terepszint alatt) [W/m²K]:

$$U_{talaj} = \frac{2\lambda_{talaj}}{\pi B + d_{lf} + m} \ln \left(\frac{\pi B}{d_{lf} + m} + 1 \right) \quad (4.27)$$

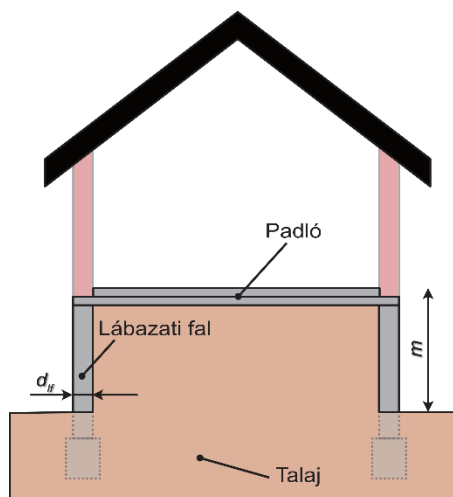
d_{lf} a lábazati fal teljes vastagsága [m]

$U_{T,lf}$ a lábazati fal egyenértékű hőátbocsátási tényezője, mely tartalmazza a lábazati szigetelés terepszint feletti részét és a talaj hatását is [W/m²K]:

$$U_{T,lf} = \frac{2 \cdot m \cdot U_{lf}}{B} \quad (4.28)$$

ahol

U_{lf} a lábazati fal hőátbocsátási tényezője (felületi ellenállásokkal) [W/m²K],
 m a padlószervezet felső szintjének magassága a külső terepszint felett [m].

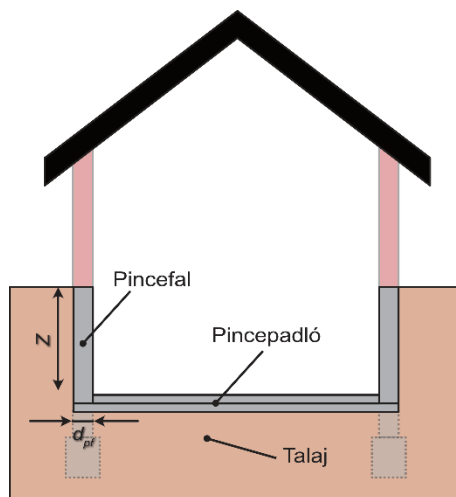


4.6. ábra: A terepszint feletti padlószervezet modellje

A terepszint feletti padlószervezeteket gyakorlatilag egy búvóterében talajjal feltöltött talajtól emelt padlószervezetként számíthatjuk. A terepszint feletti padlószervezetek hőtechnikai hatása jelentős szintmagasság vagy szigetelés nélküli lábazati fal esetén lehet számottevő. Nagyméretű padlóknál ez a lábazati fal miatti többledhővesztesség bár a teljes hővesztések tekintetében kevésbé jelentős értékű, állagvédelmi szempontból minden esetben megfontolandó a lábazati fal megfelelő hőszigetelése!

4.4.4 Fűtött pince

A fűtött pince hővesztése a talajjal érintkező pincepadló és a pincefal hővesztéséből adódik, ehhez ki kell számítani a pincepadló és a pincefal egyenértékű hőátbocsátási tényezőjét.



4.7. ábra: Fűtött pince modellje (MSZ EN ISO 13370 alapján)

Fűtött pince padlójának egyenértékű hőátbocsátási tényezője a 4.4.2. pont szerint számítható.

A pincepadló hőátbocsátási tényezőjének meghatározásához számítandó a talajon fekvő padló karakterisztikus mérete:

$$B = \frac{A}{0,5P}$$

ahol

B a pincepadló karakterisztikus mérete [m],

A a kondicionált tér pincepadlójának területe [m²],

P a pincepadló kitett kerülete, melybe beleszámítandó a külső környezettől vagy a szomszédos fűtetlen tértől elválasztó csatlakozások hossza [m].

A padló egyenértékű vastagsága (a padlószervezet hővezetési ellenállásával azonos hővezetési ellenállású talajréteg vastagsága) a csatlakozó fal vastagsága és a padló hővezetési ellenállása alapján:

$$d_{pp} = d_{pf} + \lambda_{talaj}(R_{si} + R_{pp} + R_{se})$$

ahol

d_{pp} a pincepadló egyenértékű vastagsága [m],

d_{pf} a csatlakozó külső pincefalak teljes vastagsága [m],

λ_{talaj} a talaj hővezetési tényezője [W/mK],

R_{pp} a pincepadlószervezet hővezetési ellenállása, figyelembe véve a padlón, padló alatt vagy a padlóban elhelyezett teljes felületű hőszigetelést [m²K/W],

R_{si} a belső felületi hőátadási ellenállás [m²K/W],

R_{se} a külső felületi hőátadási ellenállás [m²K/W].

A pincepadló esetén is a padlószervezet hővezetési ellenállásának számításakor a szemcsés ágyazat (pl. homokos kavics, zúzottkő) hővezetési ellenállását nem szabad figyelembe venni, a nagy testsűrűségű betonlemez és vékony padlóburkolatok hatása elhanyagolható.

A talajon fekvő pincepadló (a talaj hatását is tartalmazó) egyenértékű hőátbocsátási tényezője a pincepadló egyenértékű vastagságától és a padló a terepszinttől számított z mélységétől függően számítható a következő képletek szerint. Pincepadló esetén a z mélység nem lehet zérus.

- Ha $(d_p + 0,5z) < B$ (hőszigetelés nélküli vagy mérsékelten hőszigetelt padló):

$$U_{T,p} = \frac{2\lambda_{talaj}}{\pi B + d_p + 0,5z} \ln \left(\frac{\pi B}{d_p + 0,5z} + 1 \right)$$

- Ha $(d_p + 0,5z) \geq B$ (jól hőszigetelt padló):

$$U_{T,p} = \frac{\lambda_{talaj}}{0,457 B + d_p + 0,5z}$$

A pincefal egyenértékű hőátbocsátási tényezőjéhez számítandó a fűtött pince falának egyenértékű vastagsága:

$$d_{pf} = \lambda_{talaj} (R_{si} + R_{pf} + R_{se}) \quad (4.29)$$

ahol

R_{pf} a pincefal hővezetési ellenállása figyelembe véve valamennyi réteget [$\text{m}^2\text{K/W}$]

A talajjal érintkező pincefal (a talaj hatását is tartalmazó) egyenértékű hőátbocsátási tényezője:

$$U_{T,pf} = \frac{2\lambda_{talaj}}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5d_p}{d_p + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_{pf}} + 1 \right) \quad (4.30)$$

Amennyiben $d_{pf} < d_p$ (ritka eset), az összefüggésben d_p helyett d_{pf} -t kell használni.

A fenti képletek nem vonatkoznak részlegesen alapincézett épületekre. Ilyen esetekben megengedhető közelítés, ha az épületet teljesen alapincézettnek feltételezzük, de mélységét a tényleges mélység felének vesszük fel. A részlegesen fűtött pincék esetén a számítást el kell végezni teljesen fűtött pince, illetve fűtetlen pince esetére is az MSZ EN ISO 13370 alapján, majd az eredményeket a fűtött és fűtetlen alapterületek arányában súlyozni kell.

4.4.5 Perem hőszigetelés hatása terepszint közelében fekvő padló esetén

Terepszint közelében fekvő padló esetén a perem hőszigetelés (kerület mentén vízszintesen vagy függőlegesen elhelyezett hőszigetelő sáv vagy kis testsűrűségű, jó hőszigetelő képességű lábazati fal) hatását egy negatív előjelű vonalmenti hőátbocsátási tényezővel vesszük figyelembe. Amennyiben többféle perem hőszigetelés van (vízszintes és függőleges is), a számítást külön el kell végeznie az egyes hőszigetelésekre, és a legnagyobb csökkenést adó szigetelést lehet figyelembe venni.

A perem hőszigetelés hatásának számításához meg kell határozni a perem szigetelés miatti többlet egyenértékű vastagságot:

$$d' = R' \lambda_{talaj} \quad (4.31)$$

ahol R' a perem hőszigetelés miatti többlet hővezetési ellenállás, azaz a perem hőszigetelés és az általa helyettesített talaj hővezetési ellenállásának különbsége:

$$R' = R_{psz} - \frac{d_{psz}}{\lambda_{talaj}} \quad (4.32)$$

ahol

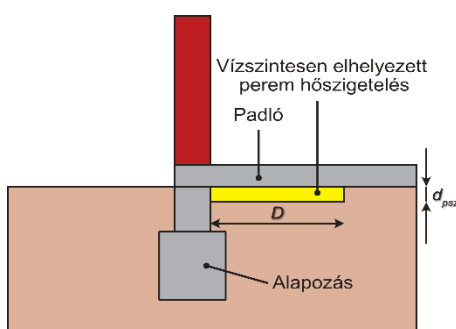
R_{psz} a perem hőszigetelés hővezetési ellenállása [$\text{m}^2\text{K/W}$],

d_{psz} a perem hőszigetelés vastagsága [m].

A vízszintesen elhelyezett perem hőszigetelés vonalmenti hőátbocsátási tényezője:

$$\psi_{psz,v} = -\frac{\lambda_{talaj}}{\pi} \left[\ln\left(\frac{D}{d_p} + 1\right) - \ln\left(\frac{D}{d_p + d'} + 1\right) \right] \quad (4.33)$$

ahol D a vízszintesen elhelyezett perem hőszigetelés szélessége a csatlakozó falszerkezet szélétől számítva [m].



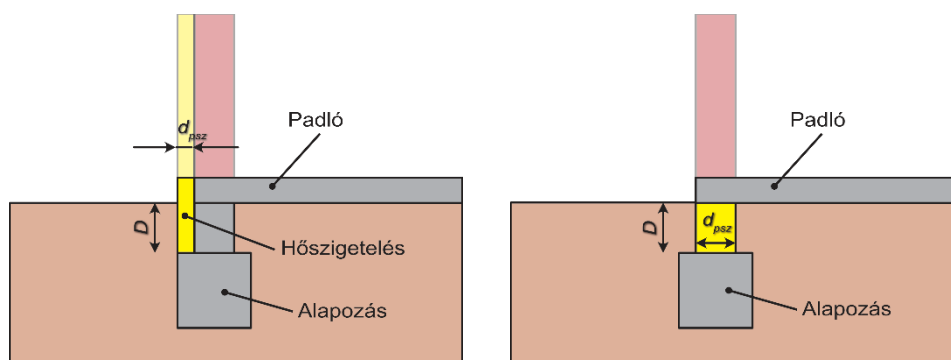
4.8. ábra: Vízszintes hőszigetelő sáv modellje (MSZ EN ISO 13370 alapján)

Az ábra a padlólemez alatt elhelyezett vízszintes hőszigetelő sávot mutatja, azonban egyaránt a 4.33-as képlet alkalmazásával számítható a padlólemez felett vagy az épületen kívül (pl. „fagyvédő szoknya”) elhelyezett vízszintes peremszigetelés is.

A függőlegesen elhelyezett perem hőszigetelés vonalmenti hőátbocsátási tényezője:

$$\psi_{psz,f} = -\frac{\lambda_{talaj}}{\pi} \left[\ln\left(\frac{2D}{d_p} + 1\right) - \ln\left(\frac{2D}{d_p + d'} + 1\right) \right] \quad (4.34)$$

ahol D a függőlegesen elhelyezett perem hőszigetelés mélysége a terepszint alatt [m].



4.9. ábra: Függőleges hőszigetelő sáv (balra) és hőszigetelő alapozás (jobbra) modelljei (MSZ EN ISO 13370 alapján)

Az ábra a függőlegesen elhelyezett belső oldali peremszigetelést, valamint az anyagában hőszigetelő (kis testsűrűségű) lábazati falat ábrázolja. A 4.34-es képletet kell alkalmazni külső oldali vagy a lábazati falban elhelyezett függőleges peremszigetelés esetén is.

A perem hőszigetelés hatása figyelembe vehető a padló egyenértékű hőátbocsátási tényezőjében is:

$$U_{T,p} = U_{T,p,0} + \frac{P_{psz}\psi_{psz}}{A} \quad (4.35)$$

ahol

$U_{T,p,0}$ a padló hőátbocsátási tényezője a perem hőszigetelés hatása nélkül [W/m²K];

P_{psz} a perem hőszigetelés hossza a kerület mentén [m].

5 *A termikus zónázás szabályai*

Az épületenergetikai számításhoz az épületet vagy épületrészt lehetőség szerint egy termikus zónaként kell kezelni. Bizonyos esetben szükség lehet több termikus zónára osztásra, például:

- különböző funkció (használati feltételek),
- az épületrészek hőmérséklete közötti jelentős különbség (pl. hőnyereségek, hőtárolás, tájolás, árnyékolás),
- az épülettechnikai rendszer összetettsége miatt.

Többzónás számítás esetén a számítást zónánként kell elvégezni, majd a zónák eredményeit összesíteni.

A termikus zónákat a következő lépéseket követve kell kialakítani:

1. A helyiségek kategóriába sorolása a fő funkció és használati feltételek alapján és termikus zónákba sorolás

Minden helyiséget be kell sorolni egy kategóriába a fő funkciója és használati feltételei alapján. A szomszédos, legalább egy közös határoló felülettel rendelkező, azonos kategóriába tartozó (azonos funkciójú) tereket egy zónába lehet sorolni.

Egy zóna lehet:

- kondicionált zóna, amelyre legalább az egyik szezonra (fűtés vagy hűtés) van előírt hőmérséklet vagy
- nem kondicionált zóna.

A nem kondicionált zónák a termikus kapcsolat szempontjából három kategóriába sorolhatóak:

- erősen kapcsolt nem kondicionált zóna;
- gyengén kapcsolt nem kondicionált zóna;
- gyengén kapcsolt nem kondicionált zóna jelentős szoláris és/vagy belső hőnyereséggel.

Erősen kapcsolt a nem kondicionált zóna, ha a zóna hőmérséklete megközelíti a szomszédos kondicionált zóna előírt hőmérsékletét. Az erősen kapcsolt nem kondicionált zónák összevonhatóak egy zónába a szomszédos kondicionált terekkel. Ezen tereket figyelembe kell venni a nettó hasznos alapterületben és az energiamérlegben is. Ilyenek például a következő esetek:

- a tér minden oldalon kondicionált térrel határos,
- a tér és a kondicionált tér között jelentős légcseré alakul ki,
- a tér nagyon kisméretű, lsd. 6. pont.

A gyengén kapcsolt nem kondicionált zónában kialakuló hőmérsékletet a nem kondicionált tér és a külső tér, illetve a nem kondicionált és a szomszédos kondicionált tér közötti hőátviteli tényezők aránya adja meg. A gyengén kapcsolt nem kondicionált zónák a 6.1.3. pont szerint kezelhetők egyszerűsített módszerrel korrekciós tényezők figyelembe vételével vagy részletes módszerrel a hőátviteli tényezők arányának meghatározásával. Gyengén kapcsolt például a nem kondicionált zóna, ha

- a külső környezettől gyenge légzárású nyílászárók választják el (a nyílások összmérete meghaladja a tér alapterületére vetített $0,003 \text{ m}^2/\text{m}^2\text{-t}$) vagy
- a tér intenzíven szellőztetve van ($> 3 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ alapterületre vetítve, kb. $n = 3 \text{ 1/h}$) (pl. garázs).

5.1. táblázat: Lakóépületek helyiségeinek besorolása és kezelése az energiamérlegben

Helyiség kategória	Helyiségek például	Beszámít A _N -ba?	Energiamérlegbe beleszámít?
Kondicionált vagy erősen kapcsolt nem kondicionált zóna	- Kondicionált helyiségek (pl. nappali, hálószoba, dolgozószoba, hőleadóval rendelkező helyiségek) - Lakótéren belüli erősen kapcsolt nem kondicionált helyiségek (pl. WC, kamra, közlekedő, hőleadóval nem feltétlenül rendelkező, de a lakótérhez tartozó helyiségek)	igen	igen, kondicionált térként számítandó
Kondicionált vagy erősen kapcsolt nem kondicionált zóna – közös terek	Közös fűtött lépcsőház, közös fűtött garázs	Lakás tanúsítása esetén nem, egész épület tanúsítása esetén igen	Lakás tanúsítása esetén adiabatikus felületként kell kezelni (azaz a hőáramot elhanyagoljuk), egész épület tanúsítása esetén igen
Gyengén kapcsolt nem kondicionált terek	Fűtetlen padlás, fűtetlen pince, fűtetlen mélygarázs, fűtetlen közös lépcsőház, fűtetlen saját garázs, egyéb fűtetlen terek	nem	Egyszerűsített módszer esetén korrekciós tényezővel vesszük figyelembe, részletes módszer esetén szabvány szerinti számítással (ld. 6.1.3). Az ezen terekhez tartozó egyéb energiafogyasztást nem vesszük figyelembe.
Gyengén kapcsolt nem kondicionált zóna jelentős szoláris és/vagy belső hőnyereséggel	Pl. naptér, átrium fűtés, hűtés nélkül	nem	Egyszerűsített módszer esetén a nyereségek elhanyagolhatóak, részletes módszer esetén szabvány szerinti számítással. Az ezen terekhez tartozó egyéb energiafogyasztást nem vesszük figyelembe.

A gyengén kapcsolt, jelentős szoláris és/vagy belső hőnyereséggel rendelkező nem kondicionált zónákat (pl. naptér, fűtés/ hűtés nélküli átrium) egyszerűsített módszer esetén az egyéb nem kondicionált terekkel azonosan lehet kezelni a nyereségek elhanyagolásával, részletes számítás esetén a sugárzási nyereségeket figyelembe kell venni az MSZ EN ISO 52016-1 szerint.

A szomszédos nem kondicionált terek összevonhatóak egy zónába amennyiben a kapcsolaterősségük nagyjából egyforma.

2. Felosztás az épülettechnikai rendszerek alapján

Az egy zónába tartozó helyiségek jellemző épülettechnikai rendszerei (fűtés, hűtés, páratlanítás) azonosak legyenek. Zónahatárt kell felállítani, ha az összefüggő térrészek épülettechnikai rendszere között markáns különbség van (pl. különböző energiaforrású hőtermelő, különböző típusú hőleadó vagy elosztóhálózat, gépi hűtéssel vagy szellőzéssel rendelkező és nem rendelkező térrészek között).

3. Összevonás hasonló használati feltételek esetén

A szomszédos zónák összevonhatóak, ha a használati feltételek azonosak vagy hasonlóak (minimum és maximum parancsolt hőmérsékletek, páratartalom, használat időtartama naponta és hetente). Hasonlóan minősülnek a használati feltételek, ha:

- a fűtési és hűtési parancsolt hőmérsékletek közötti különbség kevesebb, mint 4 K és
- a napi menetrendek nem különböznek 3 óránál nagyobb mértékben. (Nem vonhatóak össze, ha például az egyik zónát hétvégén is használják, a másikat nem).

Ebben az esetben a használati feltételek alapterületek alapján súlyozott átlaga használható.

4. (További) felosztás a hőegyensúly szempontjából

A termikus zónákra osztást úgy kell megtenni, hogy a zónák hőegyensúly szempontjából megfelelően homogének legyenek. Azonos zónába tartozónak tekintjük azokat a helyiségeket, amelyek benapozása között nincs jelentős különbség és a hőtároló képességben két osztálynál kisebb különbség van. Ha ezen feltételek közül valamelyik nem teljesül, akkor a zónát fel kell osztani. Ha az így kialakuló második zóna alapterülete kisebb, mint az eredeti zóna 25%-a, a felosztás nem kötelező.

5. Egyszerűsítés kisméretű zónák esetén

A kisméretű zónák összevonhatóak egy szomszédos zónával, ha az épülettechnikai rendszerei azonosak, de a használati feltételek vagy a hőegyensúly szempontjából releváns tulajdonságai különbözőek. Kisméretűnek minősül a zóna, ha alapterülete az adott épület összes hasznos alapterületének kevesebb, mint 5%-a.

6. Egyszerűsítés nagyon kisméretű zónák esetén

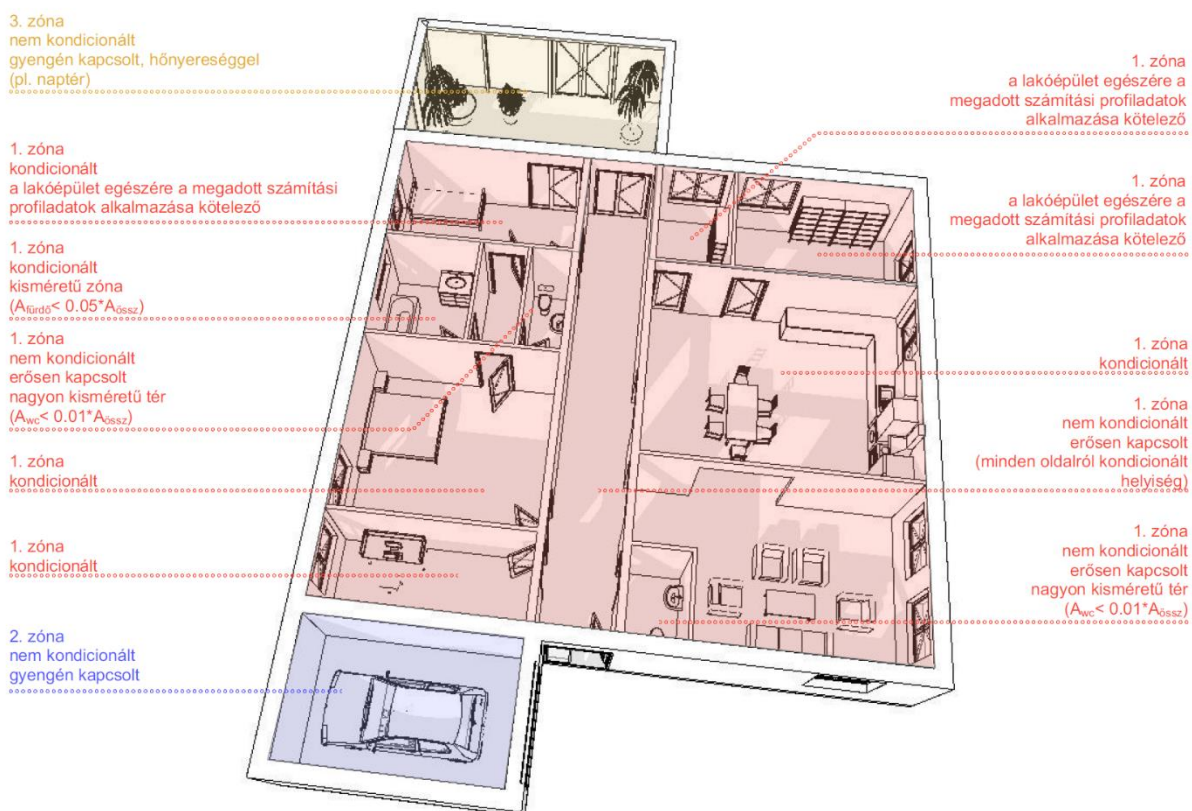
A nagyon kisméretű zónák összevonhatóak egy szomszédos zónával akkor is, ha az épülettechnikai rendszerei különbözőek. Nagyon kisméretűnek minősül a zóna, ha alapterülete az adott épület összes hasznos alapterületének kevesebb, mint 1%-a.

Hőszükséglet számításához, fűtési és hűtési hőleadók méretezéséhez szokásos az épület egyes helyiségeit külön kezelni. Energiaigény számításához azonban érdemes a helyiségeket összevonni és termikus szempontból homogén zónákat kialakítani, a dinamikus szimulációkban alkalmazott alapelvek mentén. A rendeletben megadott lépések segítséget nyújtanak a zónák kialakításához, de a zónázás a tanúsító feladata, az adott épület adottságainak függvényében kell végiggondolni a legmegfelelőbb felosztást. A túl sok zóna

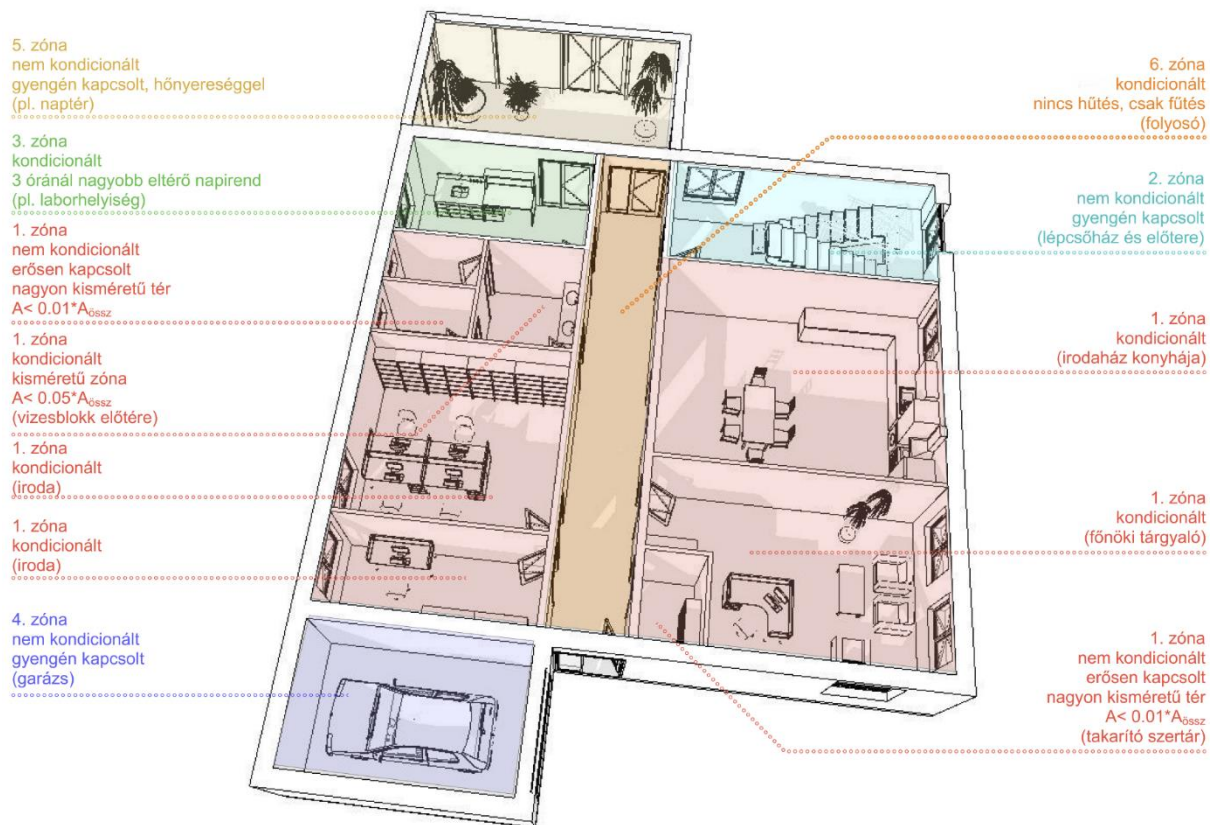
megbonyolítja a számítást és futtatási időt, a túl kevés zóna viszont az eredmények pontosságára lehet kedvezőtlen hatással.

Az 5.1. ábra egy lakóépület termikus zónáinak kialakítását mutatja. Lakó funkció esetén a tanúsításban a rendelet által megadott profiladatok használata kötelező, ezért a fűtött téren belül nem szükséges külön zónákat kialakítani. A lakótérhez gyengén kapcsolódó nem kondicionált napteret, illetve a garázst külön termikus zónaként kell kezelni.

Az 5.2. ábra iroda funkció esetén mutatja a zónák kialakítását. (1) Funkció alapján az irodák és a laborhelyiség külön zónába vannak sorolva, illetve a nem kondicionált napter, garázs és lépcsőház is külön zónába tartoznak. A szomszédos irodákat nem szükséges külön zónába sorolni, hiszen használati feltételeik azonosak. (2): A közepső folyosó nincs hűtéssel ellátva, ezért külön zónába soroljuk. (3): A laborhelyiség napi menetrendje eltér az irodákétól, mivel itt éjszaka és hétvégén is állandó klimatikus feltételeket kell biztosítani, ezért nem vonható össze az irodákkal. (4): Továbbá megfontolható, hogy a folyosó két oldalán két külön zónát alakítsunk ki, ha jelentősen eltér a két oldal sugárzási nyeresége/terhelése. A déli oldalon nagyobb hűtési energiaigény jelentkezhet, mint az északi oldalon. Az egész épület energiaigényének szempontjából azonban várhatóan kicsi a különbség. (5-6): A kisméretű zónákat (pl. mosdóblokk) érdemes összevonni a szomszédos zónával.



5.1. ábra: Példa egy lakó funkciójú épület termikus zónáinak kialakítására (forrás: Csabafi Enikő, Auricon Mérnöki Kft.)



5.2. ábra: Példa egy iroda funkciójú épület termikus zónáinak kialakítására (forrás: Csabafi Enikő, Auricon Mérnöki Kft.)

6 Fűtés/ hűtés éves nettó hőenergia igénye

A fűtés és hűtés éves nettó hőenergia igényét

- a) részletes számítás esetén órai alapon az MSZ EN ISO 52016-1 szerinti órai módszerrel vagy dinamikus szimulációval,
- a) egyszerűsített számítás esetén az alábbi összefüggések szerint, havi számítási időszakra kell meghatározni. Az egyszerűsített eljárás nem alkalmas kéthéjú üveghomlokzattal rendelkező épületek energiaigényének számítására. Elfogadható közelítés a szintenként tagolt kéthéjú homlokzat fűtetlen naptérként való figyelembe vétele.

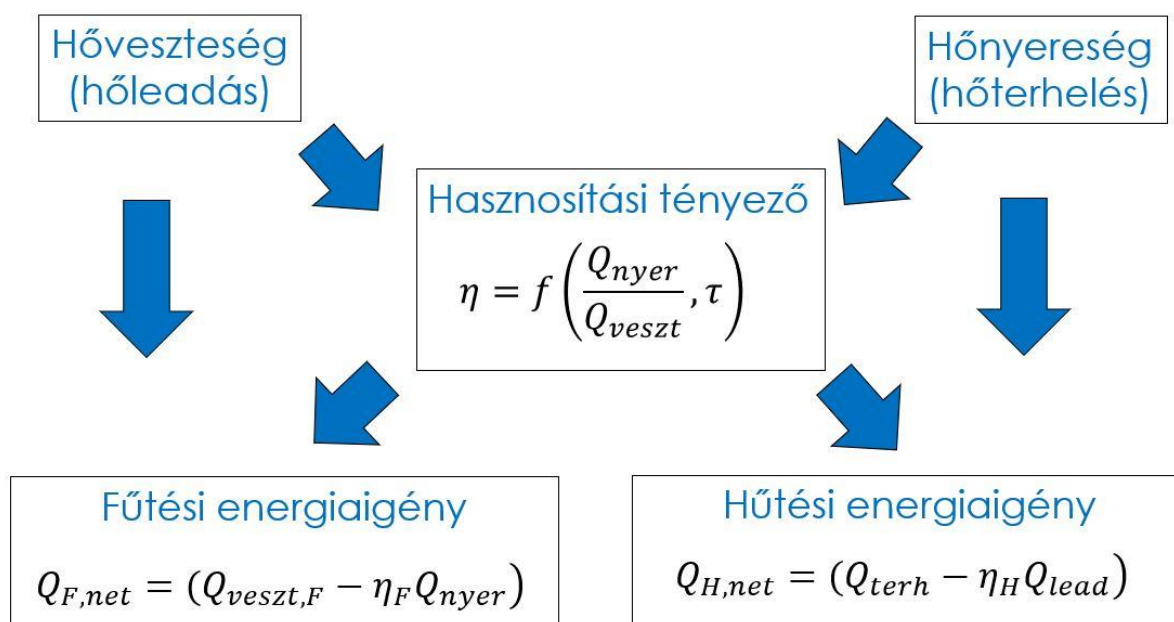
Az órai számításnak sok előnye van a havi számításhoz képest: például pontosabban figyelembe vehető a használat, szellőztetés menetrendje, az árnyékolók működtetése, az operatív és a léghőmérséklet közötti különbség (ld. 3.5. fejezet). A havi számításban az inputok átlagértékek: havi átlaghőmérséklet, átlag sugárzási energiahozam, átlagos belső használati feltételek (hőnyereség, szellőztetés, stb). A dinamikus hatásokat korrekciós tényezőkkel veszik figyelembe.

A számítást zónánként kell végrehajtani, majd a zónákra kapott eredmények összegzésével kapható az egész épületre vonatkozó eredmény. Az épület zónákra osztásának szabályait a 5. pont tartalmazza. Egymással határos kondicionált zónák esetén a zónák közötti hőátvitelt el lehet hanyagolni. Amennyiben a zónák közötti termikus kapcsolatot figyelembe szeretnénk venni, az MSZ EN ISO 52016-1 szerinti termikusan összekapcsolt zónákra vonatkozó módszert kell alkalmazni.

Több zóna esetén a valóságban természetesen hőátvitel alakul ki a zónák között is. Ez a hőcsere azonban nehezen számszerűsíthető és sok, csak önkényesen felvehető inputot igényel (pl. milyen irányú és mekkora szellőzési és filtrációs hőátvitel valósul meg a zónák között, azaz mennyit vannak nyitva a belső ajtók, milyenek a nyomásviszonyok, mekkora a tényleges belső hőmérséklet az egyes zónákban, stb.) Mindezeket a használói viselkedés is nagymértékben befolyásolja. Megbízható adatok hiányában a zónák közötti hőátvitel számítása a bizonytalanságokat inkább növeli és ezért kevés előnnyel jár.

A nettó fűtés/ hűtési energiaigény számításához meg kell határozni a hőveszteségeket/ hőleadást (hőátvitelt) és a hőnyereségeket/ hőterhelést (6.1-6.4). Ezek aránya, valamint az épület vagy zóna időállandója (6.6) alapján határozható meg a fűtési/ hűtési hasznosítási tényező, majd a fűtési/ hűtési nettó energiaigény (6.7-6.8).

A számítás menetét foglalja össze a 6.1. ábra. A hűtésre vonatkozó számítás a fűtés „tükröképe”. Fűtés esetén a transzmissziós és szellőzési hőátvitel hőveszteségeként, ugyanez hűtés esetén hőleadásként jelentkezik. Fűtés esetén a szoláris és belső hőnyereségek csökkentik a fűtési energiaigényt, míg hűtés esetén ezek hőterhelésként jelennek meg. Fűtés esetén a számított fűtési hasznosítási tényező azt fejezi ki, hogy a nyereségek milyen arányban fognak hasznosulni. Hűtés esetén a hőleadást szorozzuk a hűtési hasznosítási tényezővel.



6.1. ábra: A fűtési és hűtési energiaigény számításának fő lépései

Mivel azonos hónapban fűtés és hűtés is lehetséges, két külön számítást kell végezni az év 12 hónapjára, egyszer fűtés, egyszer hűtés feltételezésével, az üzemmódra jellemző feltételekkel (pl. légcsereszám, árnyékolók használata más lehet fűtés és hűtés esetén), majd az eredményeket összegezni az évre.

A számítást ugyan 12 hónapra végezzük, de bizonyos hónapokban az igény nulla lesz. Átlagos feltételek esetén a nyári hónapokban a hőnyereségek meghaladják a hővesztéseket és így a fűtési energiaigény kinullázódik. Hasonlóképpen a téli hónapokban nem várható hűtési igény. Az átmeneti hónapokban fűtés és hűtés is fellephet, a valóságban ezekben a hónapokban váltakozva jelentkezik fűtési vagy hűtési igény. A nyereség-vesztesség arány és a hasznosítási tényezők pontos számítása miatt nem szükséges a hőfokhidat és a fűtési idő hosszát külön számítani, mint az eddigi szezonális módszerben.

6.1 Hőátvitel transzmisszióval

6.1.1 Általános eset

A direkt transzmissziós hőátviteli tényező külső térrel határos szerkezetek esetén:

$$H_{tr,D} = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j \quad (6.1)$$

ahol

- A_i az i épülethatároló szerkezet területe [m^2],
- U_i az i épülethatároló szerkezet hőátbocsátási tényezője [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$],
- l_k a k csatlakozási hőhíd hossza [m],
- Ψ_k a k csatlakozási hőhíd vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK],
- χ_j a j pontszerű hőhíd hőátbocsátási tényezője [W/K].

Az opak szerkezetek hőátbocsátási tényezőjét az 4.1. szerint kell meghatározni, a szükséges korrekciók figyelembe vételével. Az elem átlagos hőátbocsátási tényezőjében már figyelembe vett vonal- és pontszerű hőhidakat itt nem szabad figyelembe venni. A nyílászárók és függönyfalak hőátbocsátási tényezőjét az 4.2. és 4.3. szerint kell meghatározni. A fűtési és a hűtési módra számított hőátbocsátási tényező különböző lehet (pl. nyílászárók esetén a társított szerkezet hatása miatt).

Az összes lehűlő felületbe (ΣA) a fűtött tereket határoló valamennyi szerkezet beletartozik (a talajjal, szomszédos épülettel, fűtetlen helyiségekkel érintkező felületek is). A szomszédos fűtött épület felé azonban nem feltételezünk hőáramot, tehát ez a 6.1 képletben nem szerepel (adiabatikus felületnek tekintjük).

6.1.2 A csatlakozási hőhidak hatása

A külső környezet és a nem kondicionált terek felé irányuló transzmissziós hőátviteli tényezőben a szerkezeti csatlakozásoknál keletkező csatlakozási hőhidveszteségeket és a pontszerű hőhidakat

a) részletes módszer alkalmazása esetén hőhidkatalógus felhasználásával, belső méretek figyelembe vételével vagy numerikus modellezéssel, az MSZ EN ISO 10211 szabvány szerinti modellezési szabályokkal a 6.1. képlettel

b) egyszerűsített módszer alkalmazása esetén a következő összefüggés szerint kell figyelembe venni:

$$H_{tr} = \sum_i A_i U_{R,i} \quad (6.2)$$

ahol

$$U_R = U \cdot (1 + \zeta) \quad (6.3)$$

Az egyszerűsített eljárás tehát nem foglalkozik az egyes éltípusok vonalmenti hőátbocsátási tényezőivel, hanem a határoló szerkezetek hőátbocsátási tényezőjét megszorozza egy korrekciós tényezővel: az így kapott „eredő” hőátbocsátási tényező a hőhidak hatását is kifejezi. Még egyszer fontos hangsúlyozni, hogy ez a korrekció a csatlakozási hőhidak hatását veszi figyelembe. A rétegtervben előforduló, ismétlődő vonalmenti és pontszerű hőhidakat (vázelemek, fém rögzítőelemek stb) az átlagos hőátbocsátási tényező már tartalmazza.

A ζ korrekciós tényező nem használható szerkezetek belső oldalán elhelyezett hőszigetelések esetén. Ezen esetekben részletes hőhidmodell vagy vonatkozó szakirodalmi adatok felhasználása javasolt. A ζ korrekciós tényező értékeit a szerkezet típusa és a határolás tagoltsága függvényében a 6.1. táblázat tartalmazza.

6.1. táblázat: A csatlakozási hőhidak hatását kifejező korrekciós tényező

Határoló szerkezetek			A csatlakozási hőhidak hatását kifejező korrekciós tényező ζ
Külső falak ¹⁾	külső oldali, vagy szerkezeten belüli megszakítatlan hőszigeteléssel	gyengén hőhidas	0,15
		közepesen hőhidas	0,20
		erősen hőhidas	0,30
	egyéb külső falak	gyengén hőhidas	0,25
		közepesen hőhidas	0,30
		erősen hőhidas	0,40
Lapostetők ²⁾		gyengén hőhidas	0,10
		közepesen hőhidas	0,15
		erősen hőhidas	0,20
Beépített tetőteret határoló szerkezetek ³⁾		gyengén hőhidas	0,10
		közepesen hőhidas	0,15
		erősen hőhidas	0,20
Padlásfödémek ⁴⁾			0,10
Árkádfödémek ⁴⁾			0,10
Pincefödémek ⁴⁾	szerkezeten belüli hőszigeteléssel		0,20
	alsó oldali hőszigeteléssel		0,10
Fűtött és fűtetlen terek közötti falak, fűtött pincetereket határoló, külső oldalon hőszigetelt falak			0,05

¹⁾ Besorolás a pozitív falsarkok, a falazatokba beépített, az elemen belüli hőhidak közé nem sorolt acél vagy vasbeton pillérek, a homlokzatsíkból kinyúló falak, a nyílászáró-kerületek, a csatlakozó födémek és belső teherhordó falak, erkélyek, lodzsák, függőfolyosók hosszának fajlagos mennyisége alapján (a külső falak nyílászárókkal együtt vett felületéhez viszonyítva).

²⁾ Besorolás az attikafalak, a mellvédfalak, a fal-, felülvilágító- és felépítmény-szegélyek hosszának fajlagos mennyisége alapján a (tető felületéhez viszonyítva, a tetőfödém kerülete a külső falaknál (belső méretekkel) figyelembe véve).

³⁾ Besorolás a tetőélek és élszaruk, a felépítményszegélyek, a nyílászáró-kerületek hosszának, valamint a térd- és ormfalak és a tető csatlakozási hosszának fajlagos mennyisége alapján (a födém kerülete a külső falaknál (belső méretekkel) figyelembe véve).

⁴⁾ A födém kerülete a külső falaknál figyelembe véve.

A besoroláshoz szükséges tájékoztató adatokat a 6.2. táblázat tartalmazza.

6.2. táblázat: Tájékoztató adatok a ζ korrekciós tényező kiválasztásához

	A hőhidak hosszának fajlagos mennyisége (fm/m^2)		
Határoló szerkezetek	Határoló szerkezet besorolása		
	gyengén hőhidas	közepesen hőhidas	erősen hőhidas
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

Részletes számítás esetén a következő módszerek használhatóak:

- hőhidkatalógusok, melyek belső fő méretek szerint adják meg a ψ_i értéket,
- numerikus modellezés az MSZ EN ISO 10211 alapján.

Valamennyi esetben nagyon fontos a méretrend következetes alkalmazása. Az energetikai számításokban az épületburok veszteségeit külső, belső vagy belső fő méretek szerint lehet számolni. Különböző országokban és szoftverek esetén különböző méretrend terjedt el. A magyar szabályozás a belső méreteket használja, míg például a passzívházakra kifejlesztett PhPP szoftver a külső méreteket. A belső méretek szerint számított vonalmenti hőátbocsátási tényezők rendszerint jelentősen nagyobbak, mint a külső méretek szerint meghatározottak. Az összes hőáram természetesen minden esetben azonos, de nem ugyanazon elv szerint kell minden összetevőt számolni. Mivel Magyarországon a rendelet szerint a rétegtervi veszteségeket belső felületekkel számoljuk, a hőhidak okozta többletvesztésért is ezt figyelembe véve kell meghatározni.

A hőhidvesztések meghatározhatóak hőhidkatalógusok segítségével, amennyiben találunk az adott csomóponthoz kellően hasonló csomópontot.

Egyszerűsített hőhidkatalógus az MSZ EN ISO 14683 szabványban található, mely jellemző csomópontokat tartalmaz. A hőhidvesztéseket azonban az egyes szerkezetekre csak egyféle anyagtulajdonságra határozták meg, így ez a hőhidkatalógus csak korlátozottan használható. Léteznek részletesebb, hazai építőipari sajátosságainkat, rendszerkomponenseket és épületszerkezeti kialakításokat jobban figyelembe vevő hőhidkatalógusok is, például a Nemzeti Hőhidkatalógus (ingyenesen elérhető a <https://epito.bme.hu/em/emkek> weboldalon), valamint a gyártók/forgalmazók által közreadott hőhidkatalógusok. Az ilyen katalógusok a kötöttségek ellenére jól használhatóak, de csak a bennük szereplő csomópontokhoz nagyon hasonló kialakítás esetén adnak elfogadható pontosságú eredményt, mivel a csomóponti méretek rögzítettek és az anyagok adottak. Léteznek olyan katalógusok is, ahol rugalmasabban, bizonyos határon belül választhatóak a méretek és az anyagok.

Numerikus 2D-s vagy 3D-s modellezéssel bármely csomóponti kialakítás számítható, azonban általánosan kijelenthető, hogy míg vonalmenti hőátbocsátási tényező szempontjából legtöbb esetben elegendő a 2D-s modell, addig pontszerű hőátbocsátási tényező 3D-s modellezéssel kezelhető. Ezen módszerek a hőáramok és a hőmérsékleteloszlás számítását úgy végzik, hogy az adott rendszert kicsiny elemi részekre, végelemekre vagy cellákra osztják. Egy-egy elemi rész olyan kicsi, hogy az egyetlen hőmérsékletadattal jellemezhető. A felbontás minősége és sűrűsége kihatással lehet a modellezés eredményére is. Minden egyes rendszerre az egyensúlyi feltétele az, hogy a bemenő és a távozó áramok összege zérus. Az energia-megmaradási törvény ($\text{div } q = 0$) és a Fourier törvény ($q = -\lambda \text{ grad } \theta$) felhasználásával, továbbá a peremfeltételek figyelembevételével olyan egyenletrendszert kapunk, amely a csomóponti- vagy cella hőmérsékletek függvénye. E rendszer megoldása, vagy közvetlenül, vagy rendszerint iterációs módszerrel megadja a csomóponti, illetve cella hőmérsékleteket, amelyek alapján a hőmérsékletmező meghatározható. A hőmérséklet-eloszlásból a Fourier-törvény segítségével kiszámíthatók a hőáramok. A csomópontok felületi hőmérséklete is megbízhatóan becsülhető. A numerikus modellezés szabályait az MSZ EN ISO 10211 szabvány adja meg. A hőáram végeelem, véges térfogat, véges differencia vagy hasonló módszerrel határozható meg (pl. Auricon Energetic, Therm, Agros2D, HEAT stb. szoftver segítségével).

6.1.3 Nem kondicionált terek hatása

Ha az épület egyes határoló felületei vagy szerkezetei nem a külső környezettel, hanem attól eltérő hőmérsékletű, gyengén kapcsolt nem kondicionált terekkel érintkeznek (pince, padlás, raktár), akkor ezen felületek transzmissziós hőátviteli tényezőjét b tényezővel kell módosítani:

$$H_{tr,x} = b \cdot H_{tr,ix} \quad (6.4)$$

ahol

$H_{tr,ix}$ transzmissziós hőátviteli tényező a belső tér és a nem kondicionált tér között [W/K].

A b módosító tényező

- részletes módszer alkalmazása esetén az MSZ EN ISO 13789 szabvány szerint határozható meg; fűtetlen napterek esetén a b tényező és az indirekt sugárzási nyereség meghatározását azonos módszerrel kell végezni,
- egyszerűsített módszerrel a 6.3. táblázat szerinti b értékek alkalmazhatóak. Októbertől áprilisig $b_{tél}$, májustól szeptemberig $b_{nyár}$ értékeit kell alkalmazni fűtés és hűtés esetén. Az egyszerűsített módszer értékei akkor alkalmazhatóak, ha a zóna/épület parancsolt hőmérséklete fűtés esetén 18-22 °C, hűtés esetén 24-28 °C között van.

6.3. táblázat: Gyengén kapcsolt fűtetlen terek miatti b módosító tényezők (októbertől áprilisig $b_{tél}$, májustól szeptemberig $b_{nyár}$ értékek alkalmazandók)

<i>A gyengén kapcsolt nem kondicionált térrel határos szerkezet</i>	$b_{tél}$	$b_{nyár}$
Padlástérrel határos födém vagy fal	0,9	0,0
Zárt, fűtetlen pincével határos födém vagy fal	0,5	1,5
Zárt, fűtetlen mélygarázzsal határos födém vagy fal	0,8	0,8
Zárt, fűtetlen garázzsal határos födém vagy fal	0,9	0,9
Fűtetlen/ hűtés nélküli helyiséggel határos födém vagy fal	0,5	0,5
Fűtetlen, külső homlokzattal rendelkező lépcsőházzal határos fal	0,7	0,7
Naptérrel vagy fűtetlen átriummal határos fal, ha az üvegezett szerkezet ¹		0,0
- egyrétegű	0,8	
- kétrétegű	0,7	
- hőszigetelő üvegezésű ²	0,5	

¹napterek esetén, ha a b tényezőt jelen egyszerűsített módszerrel számoljuk indirekt sugárzási nyereség nem vehető figyelembe

² hőszigetelő üvegezés: legalább kétrétegű, legalább egy low-e bevonattal ellátott és argon nemesgázzal töltött üvegezés

A táblázat szerinti b tényezők szükségszerű egyszerűsítéseket tartalmaznak. A $b_{tél}$ és $b_{nyár}$ értékek különválasztása azért szükséges egyes esetekben, mert bizonyos nem kondicionált terekben nyáron nagy szoláris hőterhelés a jellemző (pl. naptér, kevésbé átszellőztetett padlástér), így ezen terek átlaghőmérséklete megegyezik a külső tér átlaghőmérsékletével vagy akár meg is haladja azt, így a belső tér és a nem kondicionált tér között a hőátvitel ellentétes irányban jöhet létre.

Napterek esetén a táblázatos értékek téli esetben csak a pufferhatást veszik figyelembe. Amennyiben a naptér indirekt sugárzási nyereségét is figyelembe vesszük, a számítást az MSZ EN ISO 52016-1 szerinti vagy azzal egyenértékű módszerrel kell végezni és a táblázatos b tényezők nem alkalmazhatóak. Fűtetlen pince esetén a magasabb nyári érték a talaj nagy hőtehetetlensége miatt kialakuló többlet hőátvitelt jelzi. Ugyanez a jelenség garázs esetén kevésbé érvényesül, mivel a garázsok jellemzően csak félig vagy egyáltalán nincsenek a földbe süllyesztve. Mélygarázs esetén a nagyobb belső hőterhelés és légcsereszámok miatt szintén nem indokolt magasabb hőátvitellel számolni.

Amennyiben a b tényezőt részletes módszerrel szeretnénk számolni, az MSZ EN ISO 13789 számítási módszere alkalmazható. Ekkor a korrekciós tényező (az u -unheated indexet x -re cserélve):

$$b = \frac{H_{xe}}{H_{ix} + H_{xe}} \quad (6.5)$$

ahol

H_{ix} a kondicionált és a nem kondicionált tér közötti hőátviteli tényező, W/K;

H_{xe} a nem kondicionált tér és a külső környezet közötti hőátviteli tényező, W/K.

A hőátviteli tényezők a transzmissziós és a szellőzési hőátvitelt tartalmazzák (de a talaj felé irányuló hőáramokat nem):

$$H_{ix} = H_{tr,ix} + H_{szell,ix} \quad (6.6)$$

$$H_{xe} = H_{tr,xe} + H_{szell,xe} \quad (6.7)$$

Ebből a transzmissziós hőátviteli tényező a szerkezetek hőátbocsátási tényezőjének és felületének, illetve a vonalmenti és pontszerű hőhídveszteségeknek az összege:

$$H_{tr} = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j \quad (6.8)$$

A szellőzési hőátviteli tényező a levegő sűrűségének, fajhőjének és a szellőző térfogatáramnak a szorzatösszege:

$$H_{szell,ix} = \rho c_p \dot{V}_{ix} \quad (6.9)$$

$$H_{szell,xe} = \rho c_p \dot{V}_{xe} \quad (6.10)$$

ahol

ρc_p a levegő sűrűségének és fajhőjének szorzata, értéke $0,35 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K}$;

$\dot{V}_{ix}$ a kondicionált és a nem kondicionált tér közötti szellőző térfogatáram, m^3/h ;

$\dot{V}_{xe}$ a nem kondicionált tér és a külső környezet közötti szellőző térfogatáram, m^3/h .

A szabvány szerint a kondicionált és a nem kondicionált tér közötti szellőzőáram nullának vehető. A szellőzőáram a nem kondicionált tér és a külső környezet között a légcsereszám és a nem kondicionált tér légtérfogatának szorzata. A nem kondicionált tér és a külső környezet között kialakuló légcsereszám (n_{xe}) jellemző értékeire a következő táblázat tartalmaz útmutatást.

$$\dot{V}_{xe} = V_x n_{xe} \quad (6.11)$$

6.4. táblázat: A nem kondicionált tér és a külső környezet közötti légcseres (n_{xe}) konvencionális értékei (MSZ EN ISO 13789)

	Légtömörség típusa	n_{xe} (1/h)
1	Nincsenek nyílászárók, a csatlakozások tömítettek, nincsenek szellőző nyílások	0,1
2	Tömített csatlakozások, nincsenek szellőző nyílások	0,5
3	Tömített csatlakozások, kisméretű szellőző nyílások	1
4	Nem légtömör néhány hézag vagy állandó szellőzőnyílás miatt	3
5	Nem légtömör nagyszámú hézag vagy nagyméretű/nagyszámú állandó szellőzőnyílás miatt	10

A nem kondicionált tér átlaghőmérséklete állandósult állapotban az alábbi képlettel határozható meg (amennyiben szükséges):

$$\theta_x = \frac{\phi + \theta_i H_{ix} + \theta_e H_{xe}}{H_{ix} + H_{xe}} \quad (6.12)$$

ahol

Φ a nem kondicionált térben keletkező hőáram (pl. szoláris nyereség).

6.1.4 Talajjal érintkező szerkezetek

6.1.4.1 Terepszint közelében vagy felett fekvő padló

A terepszint közelében vagy felett fekvő padló transzmissziós hőátviteli tényezője a talajjal érintkező szerkezetek hőáramait és a padló-fal csatlakozási hőhidat veszi figyelembe:

$$H_{tr,T,tp} = AU_{T,p} + P\Psi_{p,f} \quad (6.13)$$

ahol

$H_{tr,T,tp}$ a terepszint közelében vagy felett fekvő padló hőátviteli tényezője állandósult állapotban [W/K],

A a padló területe [m²],

$U_{T,p}$ a terepszint közelében vagy felett fekvő padló a talaj hatását is tartalmazó egyenértékű hőátbocsátási tényezője [W/m²K],

P a padló kitett kerülete [m],

$\Psi_{p,f}$ a padló-fal csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK].

A talajon fekvő padló egyenértékű hőátbocsátási tényezőjét az 4.4. szerint kell meghatározni.

A 6.13 képlet jelentősen eltér az eddigi számítástól, ahol a talajjal érintkező szerkezetek hőveszteségét az épület kerületére számítottuk egy vonalmenti Ψ tényező segítségével. Az új képlet ezzel szemben a talajjal érintkező szerkezetek hőveszteségét más szerkezetekhez hasonlóan a felületre vonatkoztatja és a felületet a talaj hatását is tartalmazó egyenértékű U értékkel szorozza. A képletben megjelenő Ψ tényező csak a padló és fal csatlakozásnál kialakuló szerkezeti hőhídra vonatkozik, tehát nem azonos az eddig alkalmazott tényezővel.

6.1.4.2 Fűtött pince

Fűtött pince hővesztesége két tagból tevődik össze: a talajjal érintkező pincepadló és a pincefal hőveszteségét összegezni kell.

$$H_{tr,T,p} = AU_{T,p} + zPU_{T,pf} + P\Psi_{p,f} \quad (6.14)$$

A pincepadló és a pincefal egyenértékű hőátbocsátási tényezőjét az 4.4. pont szerint kell meghatározni. Amennyiben a pincefal egy része nem talajjal, hanem külső levegővel határos,

ennek a résznek a hőveszteségét is figyelembe kell venni a külső levegővel határos szerkezetekre vonatkozó összefüggések szerint.

A padló-fal csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezőjét fűtött pincék esetén a pincepadló és pincefal csatlakozás esetén egyszerűsített módszer alkalmazásakor elhanyagolhatjuk.

6.1.4.3 Padló-fal csatlakozási hőhíd

A $\Psi_{p,f}$ padló-fal csatlakozási hőhíd miatti veszteséget

- részletes módszer alkalmazása esetén az MSZ EN ISO 10211 szerint, a többi hőhídhoz hasonló módon numerikus modellezéssel vagy hőhídkatalógusok alapján lehet meghatározni,
- egyszerűsített számítás esetén a 6.5. táblázat tartalmazza. Fűtött pince esetén a padló-fal csatlakozási hőhíd elhagyható.

6.5. táblázat: $\Psi_{p,f}$ padló-fal csatlakozási hőhíd hatását kifejező vonalmenti hőátbocsátási tényező

Külső falat alkotó vakolatlan falazat egyenértékű hővezetési tényezője	Külső fal kialakítása	Lábazati fal hőszigetetlen		Lábazati fal csak a terepszintig hőszigetelt ¹		Lábazati fal a terepszint alatt 0,5 m-ig hőszigetelt ¹	
		Padló hőszigetetlen	Padló hőszigetelt ¹	Padló hőszigetetlen	Padló hőszigetelt ¹	Padló hőszigetetlen	Padló hőszigetelt ¹
0,45 W/mK-nél nagyobb	külső oldali, megszakítatlan hőszigeteléssel	0,25	0,45	0,1	0,25	0,05	0,15
	hőszigetelés nélkül	0,15	0,3	0,2	0,25	0,25	0,2
0,15 W/mK és 0,45 W/mK közötti	külső oldali, megszakítatlan hőszigeteléssel	0,15	0,2	0,05	0,15	0,05	0,1
	hőszigetelés nélkül	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0,15
0,15 W/mK-nél kisebb	külső oldali, megszakítatlan hőszigeteléssel	0,1	0,15	0,05	0,1	0,05	0,05
	hőszigetelés nélkül	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1

¹ Tartalmaz legalább egy $R = 1,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ hővezetési ellenállású hőszigetelő réteget.

A külső falat alkotó vakolatlan falazat alatt a homlokzati fal teherhordó falszerkezetét értjük, a vakolat és esetleges külső (vagy belső) oldali kiegészítő hőszigetelés nélkül. Amennyiben ez téglafal, úgy a vakolatlan téglafal egyenértékű hővezetési tényezője alapján sorolhatunk be, melyet a gyártók általában közölnek. Ha beton vagy vasbetonszerkezet alkotja a teherhordó falat, akkor a beton vagy vasbeton egyenértékű hővezetési tényezőjét vegyük figyelembe. Amennyiben szerelt jellegű, könnyűszerkezetes kialakítás csatlakozik a padlószerkezettel, a teherhordó szerkezet által határolt falszerkezeti részlet tekinthető a külső falat alkotó kialakításnak és annak egyenértékű hőátbocsátási tényezője a meghatározó. Hőszigetelt padlónak vagy lábazatnak a padló-fal vonalmenti hőátbocsátási tényező meghatározására

szolgáló táblázat vonatkozásában legalább $R = 1,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ hővezetési ellenállású hőszigetelő réteggel rendelkező padló tekinthető, mely megfelel kb. 5 cm XPS vagy kb. 15 cm tömörített üveghab granulátumból készülő hőszigetelésnek.

6.1.5 Transzmissziós hőátvitel

A transzmissziós hőátviteli tényező alapján számítható a transzmissziós hőátvitel fűtés és hűtés esetén. A transzmissziós hőátvitelt meg kell határozni minden egyes zónára és minden hónapra.

$$Q_{tr,F/H} = \left((\sum H_{tr,D,F/H} + \sum H_{tr,x,F/H}) (\theta_{i,F/H} - \theta_{e,átlag}) + H_{tr,T} (\theta_{i,F/H} - \theta_{e,év}) \right) \cdot \Delta t / 1000 \quad (6.15)$$

ahol

$H_{tr,D,F/H}$	direkt transzmissziós hőátviteli tényező külső környezettel határos szerkezetek esetén fűtésre/hűtésre [W/K],
$H_{tr,x,F/H}$	transzmissziós hőátviteli tényezője nem kondicionált térrel határos szerkezetek esetén fűtésre/hűtésre [W/K],
$H_{tr,T}$	talajjal érintkező szerkezetek transzmissziós hőátviteli tényezője [W/K],
$\theta_{i,F/H}$	a zóna/épület parancsolt hőmérséklete fűtés/ hűtés esetén [°C],
$\theta_{e,átlag}$	a külső tér átlaghőmérséklete, havi átlagérték [°C],
$\theta_{e,év}$	a külső tér éves átlaghőmérséklete [°C],
Δt	a számítási időszak hossza (hónap) [h].

A transzmissziós hőátvitel tehát úgy számítható, hogy a transzmissziós hőátviteli tényezőt a parancsolt belső hőmérséklet és az adott hónap külső átlaghőmérsékletének különbségével és a számítási időszak hosszával szorozzuk. A belső hőmérséklet fűtés és hűtés esetén jellemzően különböző. A hőátvitel alapvetően a belső tér felől a külső tér felé irányul, de bizonyos időszakokban ellentétes irányú és így negatív előjelű is lehet. A talajjal érintkező szerkezetek esetén a talaj nagy hőtehetetlensége miatt a talaj hőmérsékletének időbeli lefutása eltér a külső hőmérséklettől. Egyszerűsített esetben a talajjal érintkező szerkezeteknél a hőátvitel számításakor a külső tér éves átlaghőmérsékletét vesszük figyelembe minden hónapra. Részletes számítás esetén a periodikus hőáramok is figyelembe vehetőek és így az egyes hónapokban eltérő talaj felé irányuló hőáramokat kapunk: kb. januártól júniusig az éves átlagnál nagyobbak, míg júliustól decemberig az éves átlagnál kisebbek a hőáramok.

6.2 Hőátvitel szellőzéssel

6.2.1 Általános eset

A szellőzési hőátviteli tényezőt meg kell határozni minden egyes zónára:

$$H_{szell,F/H} = 0,35 \cdot \sum_k \left(b_{szell,k} \cdot n_k \cdot V_k \cdot \frac{\Delta t_k}{\Delta t} \right) [W/K] \quad (6.16)$$

ahol

0,35	a levegő térfogatra vonatkoztatott hőkapacitása [Wh/m ³ K],
$b_{szell,k}$	hőmérséklet korrekciós tényező a k szellőzési mód esetén, értéke 1, amennyiben a szellőző levegő hőmérséklete megegyezik a külső hőmérséklettel, egyéb esetben a 6.17. képlet szerint számítható,

n_k	légcsereszám a k szellőzési mód esetén, havi átlagérték, figyelembe véve, ha a szellőzési mód nem teljes időben működik [1/h],
V_k	a szellőztetett térfogat [m ³],
k	az egyes szellőzési módokat jelöli, (pl. infiltráció, természetes szellőzés, gépi szellőztetés, éjszakai többlétszellőztetés, stb),
Δt_k	a k szellőzési módhoz tartozó időszak hossza (használati idő) [h],
Δt	a vizsgált teljes időszak (hónap) [h].

A funkciótól függő minimálisan szükséges légcsereszám az ÉKM 2. függelékében megadott, az épület rendeltetésétől függő adat. A táblázatban feltüntetett $\dot{V}_{LT}$ értékéből $n_{szüks} = \frac{\dot{V}_{LT}}{V}$ számítandó. A tényleges légcseré ezt meghaladhatja a tömítetlenség miatt a 6.2.2 pont szerint.

A b_{szell} korrekciós tényező értéke a következőképpen számítható, ha a szellőző levegő hőmérséklete nem azonos a külső környezet hőmérsékletével (pl. előfűtés, előhűtés vagy hővisszanyerés), havi átlagértékek alapján, fűtésre vagy hűtésre:

$$b_{szell} = \frac{\theta_{i,F/H} - \theta_{bef,F/H}}{\theta_{i,F/H} - \theta_{e,átlag}} \quad (6.17)$$

ahol

$\theta_{i,F/H}$	a zóna/épület parancsolt átlagos hőmérséklete fűtés/ hűtés esetén [°C],
$\theta_{bef,F/H}$	a szellőző levegő átlagos befűvési hőmérséklete fűtés/ hűtés esetén [°C],
$\theta_{e,átlag}$	a külső tér átlaghőmérséklete, havi átlagérték [°C]

Szomszédos nem kondicionált térből származó levegőáram esetén $b_{szell} = b$ az 6.1.3. pont szerint. Ez a korrekciós tényező nem alkalmazható légfűtés vagy léghűtés esetén.

Ha különböző napszakokban más szellőzési módok vagy légcsereszámok fordulnak elő, az egyes napszakok külső hőmérséklete eltér a napi átlagos külső hőmérséklettől, ezért részletes módszer esetén a $b_{szell,k}$ értékek napszakonként havi bontásban meghatározhatók, ami pontosabb eredményt biztosít. A továbbiakban ismertetett egyszerűsített módszer esetén általában $b=1$ átlagértéket alkalmazunk és nem tüntetjük fel a képletekben.

6.2.2 Természetes szellőzés esete

A szellőzési hőátviteli tényező tisztán természetes szellőzésű épületben fűtés és hűtés esetén:

$$H_{szell,F/H} = 0,35 \cdot \left(n_{szüks} \cdot \frac{\Delta t_{term}}{\Delta t} + n_{filt} \right) \cdot V \quad (6.18)$$

ahol

n_{filt}	légcsereszám az infiltráció miatt [1/h],
Δt_{term}	a természetes szellőzésű időszak hossza a használati időben [h],
Δt	a vizsgált teljes időszak [h].

A filtrációs légcsereszámot az ÉKM 2. Függelék 2.4. táblázat szerint lehet meghatározni.

Tisztán természetes szellőztetés alapvetően ablaknyitással megvalósuló szellőztetést jelent, de ez a képlet alkalmazható olyan esetben is, amikor a légtechnika kezeletlen levegőt szállít.

A filtrációs veszteség a táblázatban függ a nyílászárók légáteresztésétől, a nyílások elhelyezkedésétől, az épület szintszámától és a szélvédettségétől. A filtrációt állandónak vesszük fel, akkor is jelentkezik, amikor az épület nincs használva. Az 50 Pa melletti légcsereszám túlnyomásos eljárással, légtömörségi (blower door) teszttel határozható meg az MSZ EN ISO 9972 szabvány szerint, ennek elvégzése például passzívház minősítés esetén kötelező.

Amennyiben éjszakai szellőztetés lehetséges, a 6.18-as képletben a 6.19. képlet additív tagként megjelenik.

6.2.3 Éjszakai többlet szellőztetés a nyári félévben (hűtés esetén)

Hűtési módban figyelembe vehető az éjszakai többlet szellőztetés kedvező hatása.

Az intenzív éjszakai *természetes* szellőztetés előfeltételei a következők:

- tűréshatárt meg nem haladó utcai zaj- és porterhelés
- vagyonvédelmi kockázat nem áll fenn
- egyéb rendeltetésű funkció esetében az ablakok vagy szellőzőnyílások automatikus zárása/nyitása az időpont és az időjárás alakulása függvényében.

A szellőzési hőátviteli tényező növekménye az éjszakai órákra (23-06) májustól szeptemberig:

$$H_{szell,H,nyár,éjjel} = 0,35 \cdot \left(b_{éjjel} \cdot \frac{7}{24} \cdot n_{éjjel} \right) \cdot V [W/K] \quad (6.19)$$

ahol

$b_{éjjel}$ az alacsonyabb hőmérsékletű éjszakai szellőző levegő miatti módosító tényező,
 $\frac{7}{24}$ az éjszakai szellőztetés időaránya nyáron, 23 – 6 óra közötti éjszakai szellőztetés feltételezve,

$n_{éjjel}$ az éjszakai légcsereszám növekmény.

A $b_{éjjel}$ korrekciós tényező az 6.17. képlet szerint határozható meg vagy egyszerűsített számítás esetén $b_{éjjel} = 1,5$ -nek vehető fel. Az $n_{éjjel}$ éjszakai légcsereszám növekmény ablaknyitások szellőztetés esetén. Amennyiben az éjszakai szellőztetést légtechnikai rendszer biztosítja ez az egyszerűsített módszer nem alkalmazható.

A nyári félévben a túlmelegedés elkerülésének hatékony módja a megfelelő szellőztetési stratégia: magasabb külső hőmérséklet esetén csak a szükséges, alacsonyabb külső hőmérséklet esetén intenzív légcseré. Ez utóbbi elsősorban éjszaka jellemző. A táblázatban megadott becsült légcsereszámok a nyílászáró helyétől, a keresztzellőzés lehetőségétől függnének. Amennyiben az éjszakai szellőztetés légtechnikai rendszerrel valósul meg, a térfogatáramot a rendszer tervezési értéke alapján kell felvenni. A $b_{éjjel}=1,5$ szorzó a május- szeptember 23-6 óra közötti külső átlaghőmérsékletet és a teljes napi külső átlaghőmérsékletet veszi figyelembe. Részletes módszer esetén az egyes hónapokra meghatározható a b tényező vagy órai számítás alkalmazható.

6.2.4 Szellőzési hőátviteli tényező a gépi szellőzés néhány esetére

Általános szabályként a 6.2.1. pont az irányadó. Az alábbiakban bemutatunk néhány gyakori esetben alkalmazható egyszerűsített módszert.

Folyamatos hővisszanyerős, állandó térfogatáramon működtetett, előfűtés vagy talajhőcserélős levegő előkezelés nélküli gépi szellőzés esetén (külső térből történik a levegő beszívása):

$$H_{szell,F} = 0,35 \cdot (\dot{V}_{LT,friss} \cdot (1 - \eta_r) + n_{filt} \cdot V) \quad [W/K] \quad (6.20)$$

A folyamatos működésű hővisszanyerő például lakóépületben jellemző. A képletben annyi az újdonság, hogy a térfogatáram mellett szorzóként megjelenik egy tag a hővisszanyerő hatásfokával. Amennyiben nem a térfogatáram van megadva, hanem a légcsereszám, a képletbe $\dot{V}_{LT}$ helyére $n_{szüks} V$ kerül. A levegő felfűtési energiából csak azt a részt kell a fűtési rendszerrel fedezni, amelyet a hővisszanyerő nem tud biztosítani. A filtrációs veszteségen nem lehet hővisszanyerést alkalmazni, ezért az külön tagként szerepel. A $\dot{V}_{LT}$ értékének megállapításához tervezői érték is felvehető, a függelék táblázata csak ajánlás (lakóépületek kivételével).

Szellőzési hőátviteli tényező szakaszos, gépi szellőzés, külső térből történő beszívás esetére fűtési és hűtési módra:

$$H_{szell,F/H} = \Sigma (H_{term,F/H} + \Sigma H_{LT,n,F/H} + H_{filt,F/H}) \quad [W/K] \quad (6.21)$$

A képlet képes kezelni azt a fűtési esetet, ha a gépi szellőzés különböző időszakokban többféle fokozaton működik vagy ki van kapcsolva, továbbá, ha a hővisszanyerő előtt fagyvédelmi előfűtés van kiépítve vagy talajkollektoros levegő előmelegítés működik.

A szakaszos üzem jellemző például középületekben, irodaházakban. Egy lehetséges üzemmenet az, hogy a légtechnikai rendszer csak munkaidőben jár, mégpedig a jelenlétnek megfelelő nagyobb légcsereszámmal. Ebben a nagyobb légcseré miatti fűtőteljesítmény igényt a hővisszanyerő mérsékeli. Amikor a légtechnikai rendszer nem működik, a hővisszanyerő hatása sem érvényesül, de a légcsereszám is kisebb, jelenlét hiányában csak az infiltrációnak megfelelő. Fontos a számítás során, hogy a különböző üzemmódokhoz tartó időtartamok összege egyenlő legyen a teljes vizsgált időszak hosszával.

A szellőzési hőátviteli tényező abban az időszakban, amikor az épületet használják, de a gépi szellőzés ki van kapcsolva (pl. eltérő téli és nyári üzem) a 6.2.2. pontban leírtak szerint határozandó meg.

$$H_{term,F/H} = 0,35 \cdot n_{term} \cdot \frac{\Delta t_{term}}{\Delta t} \cdot V \quad [W/K] \quad (6.22)$$

Az n_{term} értéke a 6.2.2 fejezet alapján határozható meg.

A gépi szellőzés n. fokozatához tartozó hőátviteli tényezők számítása különböző esetekre:

A) a gépi szellőzés n. fokozatához tartozó hőátviteli tényező alapesetben (fűtés vagy hűtés, nincs hővisszanyerő):

$$H_{LT,n,F/H} = 0,35 \cdot \dot{V}_{LT,n,friss} \cdot \frac{\Delta t_{LT,n}}{\Delta t} \quad (6.23)$$

Egyszerűsített módszer alkalmazása esetén hűtési üzemmódot mindig így számoljuk. *Vagyis hűtés esetén nem vehetjük figyelembe a hővisszanyerő vagy a talajhőcserélő hatását,*

mert az egyszerűsített számítás ekkor nem ad megbízható eredményt. Részletes módszer szükséges a pontos számításhoz.

B) a gépi szellőzés n. fokozatához tartozó hőátviteli tényező hővisszanyerő esetén (csak fűtés)

$$H_{LT,n,F} = 0,35 \cdot \dot{V}_{LT,n,friss} \cdot \frac{\Delta t_{LT,n}}{\Delta t} \cdot (1 - \eta_r) \quad (6.24)$$

C) a gépi szellőzés n. fokozatához tartozó hőátviteli tényező fagyvédelmi előfűtés és hővisszanyerő esetén (csak fűtési üzem):

$$H_{LT,n,F} = 0,35 \cdot \frac{\dot{V}_{LT,n,friss}}{Dt} \cdot \left(\left((\Delta t_{LT,n} - \Delta t_{EF,n,e < -4C}) + \Delta t_{EF,n,e < -4C} \cdot \frac{\theta_{i,F} - (-4)}{\theta_{i,F} - \theta_{e;átlag}} \right) \cdot (1 - \eta_r) + \Delta t_{EF,n,e < -4C} \cdot \frac{-4 - \theta_{e < -4C}}{\theta_{i,F} - \theta_{e;átlag}} \right) \quad (6.25)$$

A képlet azt fejezi ki, hogy -4 °C alatt fagyvédelmi előfűtést alkalmazunk, mely a hővisszanyerő előtt helyezkedik el (vagyis az általa fedezett szellőzési hőigényre nem érvényesül a hővisszanyerés). -4 °C-tól eltérő érték esetén a képlet értelemszerűen módosítandó.

D) a gépi szellőzés n. fokozatához tartozó hőátviteli tényező talajkollektoros előmelegítés és hővisszanyerő esetén (csak fűtési üzem):

$$H_{LT,n,F} = 0,35 \cdot \dot{V}_{LT,n,friss} \cdot \frac{\Delta t_{LT,n}}{\Delta t} \cdot \frac{\theta_{i,F} - \theta_{thcs,F}}{\theta_{i,F} - \theta_{e;átlag}} \cdot (1 - \eta_r) \quad (6.26)$$

A képlet azt fejezi ki, hogy a hővisszanyerőbe a talajhőcserélőből kilépő hőmérsékletű levegő lép be külső levegő helyett.

Nyári időszakban a képlet nem alkalmazható, ekkor a 11.2. pont szerinti részletes módszer alkalmazható, vagy a talajhőcserélő hatása figyelmen kívül hagyható.

Az épületburok tömítetlenségéből származó többlet légcserét kifejező szellőzési hőátviteli tényező:

$$H_{fult,F/H} = 0,35 \cdot n_{fult} \cdot V \quad (6.27)$$

Amennyiben éjszaka a légtechnika nem működik, de éjszakai természetes szellőztetés lehetséges az éjszakai szellőzés többlet hőátviteli tényezője a 6.2.3. szerint figyelembe vehető.

A fenti képletekben:

Δt	a vizsgált teljes időszak (hónap)
$n_{szüks}$	szükséges minimális légcsereszám [1/h]
n_{fult}	az épületburok tömítetlenségéből adódó légcseré [1/h]
$\theta_{thcs,F}$	a talajhőcserélőből kilépő levegő átlaghőmérséklete (ld. 10.1.3) [°C]
Δt_{term}	a gépi szellőzés üzemszüneti ideje a vizsgált időszakon belül (csak természetes szellőzés) [h]

η_r	hővisszanyerő hatásfoka
$\theta_{e<-4C}$	átlagos külső hőmérséklet abban az időszakban, amikor a külső hőmérséklet -4 C alatt van (fagyvédelmi előfűtés esete) [°C]
$\dot{V}_{LT,n,friss}$	szellőzési térfogatáram (csak a friss levegős hányad) a gépi szellőzés n. üzemmódjánál [m³/h]
$\Delta t_{LT,n}$	a vizsgált időszakon belül vett üzemidő a gépi szellőzés n. üzemmódjánál [h]
$\Delta t_{EF,n,e<-4C}$	az az időszak a vizsgált időszakon belül, amikor a gépi szellőzés n. üzemmódban megy és a külső hőmérséklet -4 C alatt van és fagyvédelmi előfűtés működik, értéke nulla, ha nincs fagyvédelmi előfűtés [h]

6.2.5 Szellőzési hőátvitel

A szellőzési hőátviteli tényező alapján számítható a szellőzési hőátvitel érezhető hányada fűtés és hűtés esetén. A szellőzési hőátvitelt meg kell határozni minden egyes zónára és minden hónapra.

$$Q_{szell,F/H} = \sum H_{szell,F/H} (\theta_{i,F/H} - \theta_{e,átlag}) \Delta t / 1000 \quad (6.28)$$

ahol

$\theta_{i,F/H}$	a zóna/épület parancsolt hőmérséklete fűtés/ hűtés esetén [°C],
$\theta_{e,átlag}$	a külső tér átlaghőmérséklete, havi átlagérték [°C],
Δt	a számítási időszak hossza (hónap) [h].

A transzmisszióhoz hasonlóan a hőátvitel tehát a szellőzési hőátviteli tényező, a parancsolt belső hőmérséklet és az adott hónap külső átlaghőmérséklet közötti különbség, valamint az adott időszak (hónap) hosszának szorzata. A parancsolt belső hőmérséklet fűtés és hűtés esetén jellemzően különböző. A hőátvitel alapvetően a belső tér felől a külső tér felé irányul, de bizonyos időszakokban ellentétes irányú és így negatív előjelű is lehet.

6.3 Szoláris hőnyereségek/ hőterhelések

A szoláris nyereségeket meg kell határozni minden egyes zónára és minden hónapra.

$$Q_{s,F/H} = Q_{sd,F/H} + Q_{sid,F/H} \quad (6.29)$$

ahol

$Q_{sd,F/H}$	a direkt sugárzási hőnyereség fűtés vagy hűtés esetén [kWh],
$Q_{sid,F/H}$	az indirekt sugárzási hőnyereség a fűtés vagy hűtés esetén [kWh].

6.3.1 Direkt sugárzási hőnyereségek

A transzparens szerkezetek direkt szoláris nyeresége:

$$Q_{sd,F/H} = \sum_i A_{ü,i} \cdot g_{F/H,i} \cdot g_{árny,H,i} \cdot F_{árny,i} \cdot G_{s,i} \quad (6.30)$$

ahol

$A_{ü,i}$	az i tájolású és hajlásszögű üvegezés területe [m^2],
$g_{F/H,i}$	az i tájolású és hajlásszögű üvegezés összesített sugárzásátbocsátási képessége fűtés/hűtés esetén,
$g_{árny,H,i}$	az i tájolású és hajlásszögű nyílászáró társított (napvédő) szerkezetének sugárzásátbocsátási képessége,
$F_{árny,i}$	a külső akadályok (pl. horizont, függőleges és vízszintes árnyékvetők) miatti összesített árnyékoltsági tényező az i tájolású és hajlásszögű nyílászáró esetén,
$G_{s,i}$	az i tájolású és hajlásszögű felületre érkező napsugárzási energiahozam az adott időszakra [kWh/m^2]

Az üvegezés területe meghatározható az adott nyílászáró geometriai adatai alapján vagy az átlagos keretarány alapján:

$$A_{ü} = A_{nyz}(1 - F_{keret}) \quad (6.31)$$

ahol

A_{nyz}	a nyílászáró területe [m^2],
F_{keret}	a nyílászáró keretaránya.

A keretarány az adott nyílászáró geometriája alapján vehető fel. Pontosabb adatok hiányában a keretarány általában 30%, régi (1990 előtti) nyílászárók esetén 25%, felülvilágítók és vékony télikert szerkezetek esetén 10%, míg kisméretű ($< 0,5 m^2$) nyílászárók esetén 50%.

Az üvegezés összesített sugárzásátbocsátási képessége (a beesési szög figyelembe vételével):

$$g_{F/H} = F_{ü} \cdot g_n \quad (6.32)$$

ahol

$F_{ü}$	az üvegezés beesési szögtől függő korrekciós tényezője, alapértéke 0,9,
g_n	az üveg sugárzásátbocsátási képessége merőlegesen beeső napsugárzás esetén.

Néhány jellegzetes üvegezés típus g_n sugárzásátbocsátási tényezőjére részletesen megtalálható tájékoztató adatokat.

Hűtési módban a társított (napvédő) szerkezeteket hatása is figyelembe vehető. Néhány jellegzetes árnyékoló típus $g_{árny,H}$ árnyékolási tényezőjére a Fűtés esetén $g_{árny,F} = 1$.

A korszerű üvegezésekre g_n általában 0,5 – 0,7 között van, csökkentő hatásúak a különböző Low-E bevonatok és „hővédő” fóliák. Hűtési módban a társított szerkezet hatása is figyelembe vehető. Megjegyzendő, hogy a jó hőszigetelés következtében nyáron elfogadható belső állapotok csak akkor várhatók, ha jól szerkesztett árnyékvetőkről vagy hatásos társított szerkezetekről gondoskodunk – a legtöbb belső oldali árnyékoló nem hatásos.

Az egyes nyílászárókra vonatkozó tájolás és dőlés függvényében meghatározott külső akadályok miatti összesített árnyékoltsági tényezőt

- részletes módszer esetén az MSZ EN 52016-1 szerinti módszerrel vagy azzal egyenértékű többdimenziós benapozásvizsgálati eljárással kell előállítani,
- egyszerűsített módszer esetén tájolás és hajlásszög függvényében megadott tényezők alkalmazásával számítható:

$$F_{árny} = F_h \cdot F_v \cdot F_f \quad (6.33)$$

ahol

- F_h a horizont árnyékoltsági korrekciós tényezője, az árnyékvető a nyílászáró üvegezésének alsó síkjától értelmezett magasságban és a nyílászáró üvegezésének síkjától mért távolság alapján számítandó,
- F_v vízszintes árnyékvetők árnyékoltsági korrekciós tényezője, az árnyékvető a nyílászáró üvegezésének felső síkjától értelmezett távolság és a nyílászáró üvegezésének síkjától mért távolság alapján számítandó,
- F_f függőleges árnyékvetők árnyékoltsági korrekciós tényezője, az árnyékvető a nyílászáró üvegezésének oldalsó síkjától értelmezett távolsággal és a nyílászáró üvegezésének síkjától mért távolság alapján számítandó.

Hűtés esetén a biztonság javára történő közelítés az árnyékoltsági korrekciós tényezők elhagyása. Hűtés esetén az egyes korrekciós tényezők hatása közül dőlt síkú nyílászárók esetén csak a horizont árnyékoltsági korrekciós tényező, minden egyéb esetben pedig a horizont, a vízszintes és a függőleges árnyékvetők árnyékoltsági korrekciós tényezője közül a legnagyobb hatású vehető figyelembe (amennyiben van ilyen árnyékvető).

A külső akadályok miatti árnyékoltság vizsgálata elhagyható, ha a transzparens szerkezetek $Q_{sd,F/H}$ direkt szoláris nyeresége fűtés esetén az északi tájolásra vonatkozó, hűtés esetén zavartalan benapozás feltételezésével az adott tájolásra vonatkozó sugárzási energiahozammal kerül kiszámításra.

A sugárzási energiahozam értékek előírt adatok.

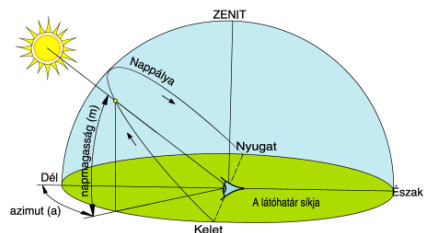
A sugárzási energiahozam értékek a korábbiaknál részletesebben, havi szinten vannak megadva. Értékük az órás felbontású klíma adatokból lett levezetve. 45°-os tájolásokra, valamint 0°, 30°, 45°, 60° és 90° hajlásszögre vonatkoznak.

Opak szerkezetek szoláris nyeresége és az opak, illetve átlátszó szerkezetek égbolt felé történő hosszúhullámú lesugárzása elhanyagolható, nagy pontossági igény esetén az MSZ EN ISO 52016-1 szabvány szerint számítható.

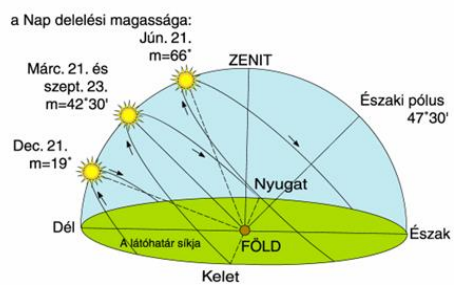
6.3.1.1 Benapozás vizsgálat

A Földről nézve a Nap helyzetét az égbolton két szöggel adjuk meg. A magassági szög (altitude) a vízszintestől mért, függőleges síkban értelmezett szög, az azimut egy kitüntetett irányhoz viszonyított, vízszintes síkban mért szög. Kitüntetett irányként dél és észak egyaránt előfordul a különböző kiadványokban, segédletekben.

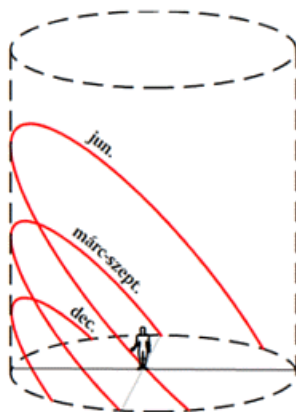
A Földről szemlélve a látszólagos nappályák síkjainak a függőlegestől mért dőlésszöge megegyezik az adott földrajzi hely szélességi fokával.



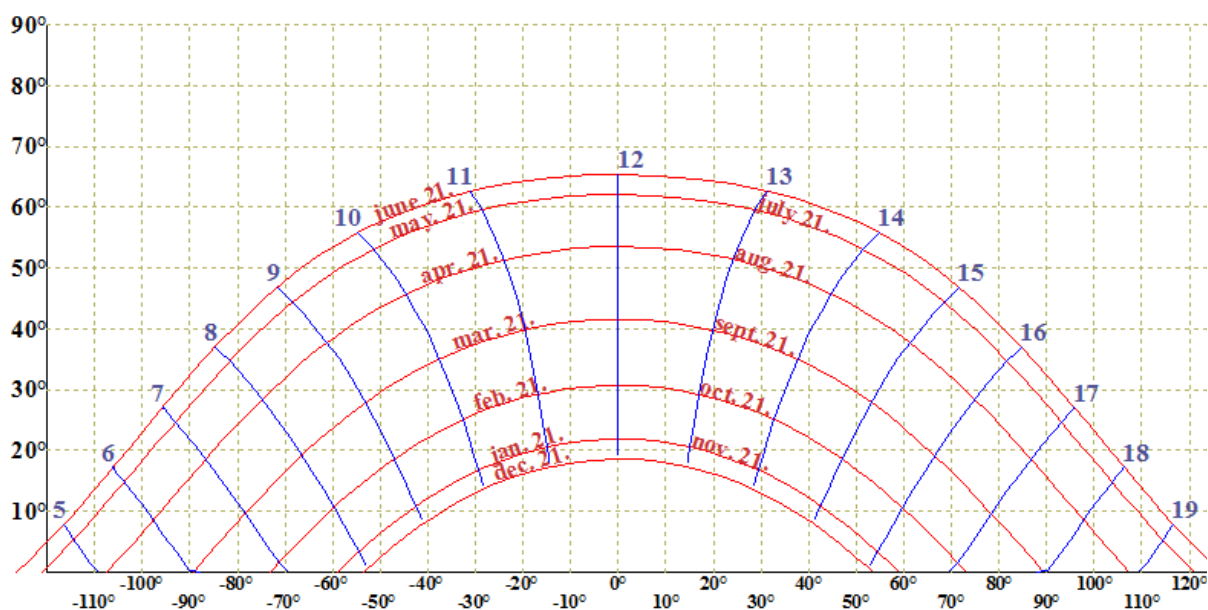
6.2. ábra: A Nap helyzetét meghatározó szögek [3]



6.3. ábra: A nappályák a napéjegyenlőség és a napfordulók napjain [3]



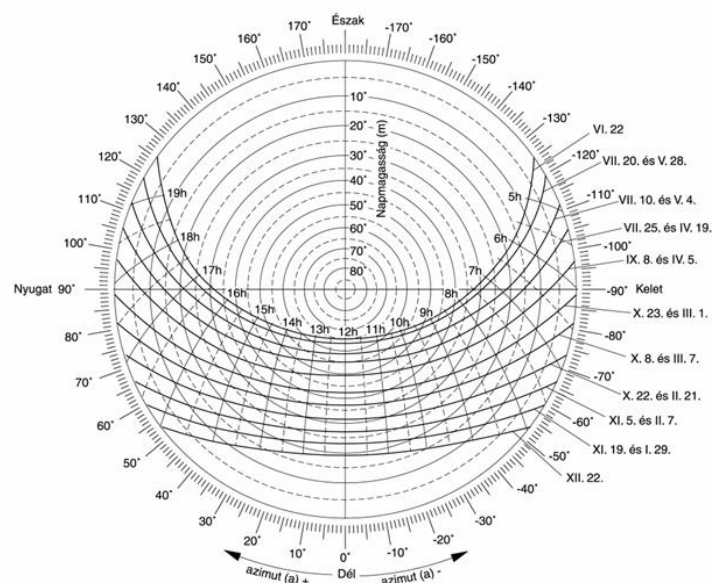
6.4. ábra: A hengeres nappály diagram származtatása



6.5. ábra: Hengeres nappálya diagram

Tervezési célokra a Nap látszólagos pályáját leképezhetjük nappálya diagramok formájában. Ennek egyik változata a hengeres vetület. A 6.4. ábra szerint az alapkör középpontjában álló szemlélő tekintetével a Nap mozgását követve a henger palástján kirajzolja a Nap mozgásának vonalát, rögzítve a megfigyelés dátumát és a vonal mentén a kerek óra (csillagászati) időkhöz tartozó pontokat. A hengert északi alkotója mentén felvágva és kiterítve kapjuk a hengeres vetületet. Ebben a görbék a hónapok reprezentáns napjaihoz tartoznak, a vízszintes tengelyen a déli (kitüntetett) iránytól mért azimut szögeket, a függőleges tengelyen a magassági szögeket olvashatjuk le. A nappálya vonalakat az óravonalak szelik át. A diagramból az év bármely napjára és a nap bármely órájára a Nap helyzetét megadó szögek leolvashatók.

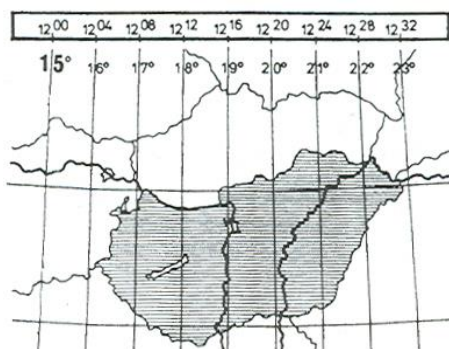
Egy másik vetítési mód a gömbi, amelynek több változata közül a mérsékelt éghajlati övben a sztereografikus vetítés a célszerű. (A szemlélő itt a Déli Sarkról figyeli a Nap látszólagos mozgását, tekintete a gömbfelszínre rajzolja a pályák vonalait, ezt vetítjük le). Ebben a diagramban az azimut szögeket a kör kerülete mentén, a magassági szögeket a koncentrikus körökön látjuk felírva. A görbék szintén az egyes hónapok reprezentáns napjaihoz tartoznak és megtaláljuk az ezeket átszelő óravonalakat is.



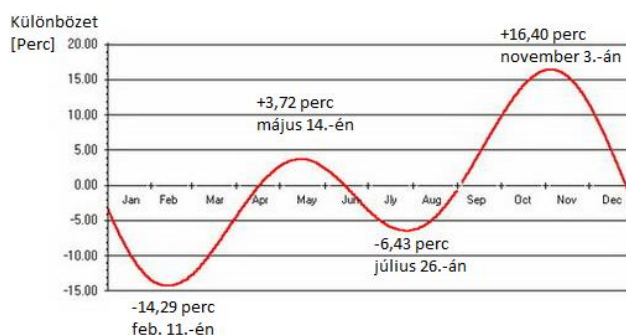
6.6. ábra, Sztereografikus nappálya diagram

A nappálya diagramokon az óra idő a csillagászati idő: akkor van dél, amikor a Nap a pályájának legmagasabb pontján van. Ez azonban a Föld kerülete mentén pontról pontra, hosszúsági köröként máskor van. Az órák az úgynevezett zónaidőket mutatják. A Föld felületét 24 gömbi kétszögre osztjuk fel – mindegyik mérete a kerület mentén 15 hosszúsági fok. Egy-egy gömbi kétszög középvonalában az óra által mutatott idő a csillagászati idővel megegyezik. A zónában a középvonaltól keletre eső helyeken a Nap korábban, nyugatabbra későbben delel - hosszúsági fokként 4-4 perccel. Megjegyzendő, hogy az időzónák határvonalait helyenként a közigazgatási határokhöz illesztik.

További kisebb korrekció hajtható végre amiatt, hogy a Föld keringési sebessége nem egyenletes. Végül egyértelmű korrekció szükséges, ha az órákat a nyári időszámítás miatt hatvan perccel előre igazítják.



6.7. ábra, Időkorrekció Magyarországon a hosszúsági fokok miatt



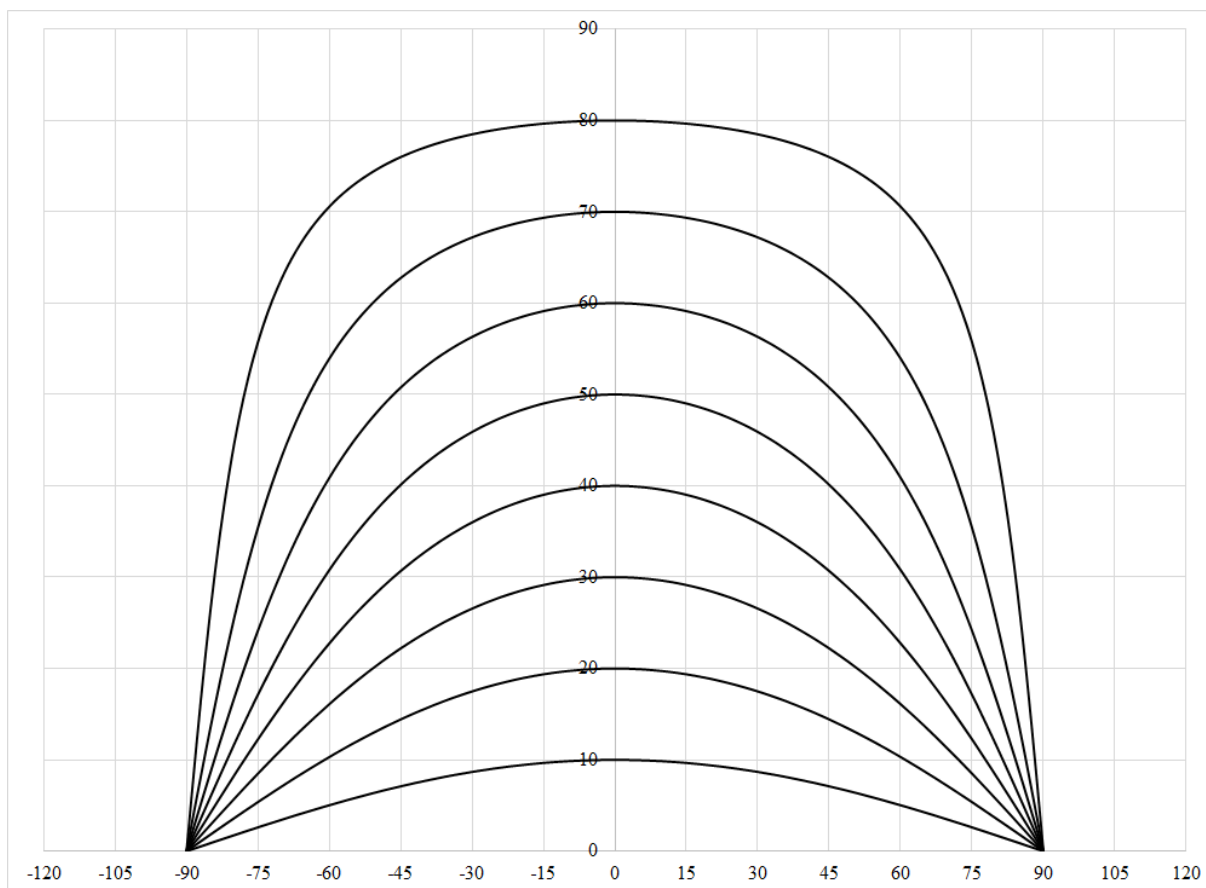
6.8. ábra, Időkorrekció a nem egyenletes keringési sebesség miatt

Annak eldöntésére, hogy egy energiagyűjtő felületet (ablak, kollektor, napelem) adott napon és órában érheti-e direkt napsugárzás további geometriai megfontolások szükségesek: a kérdés az, hogy van-e valami a vizsgált felület és a Nap között, ami megakadályozza, hogy ezek „lássák egymást”.

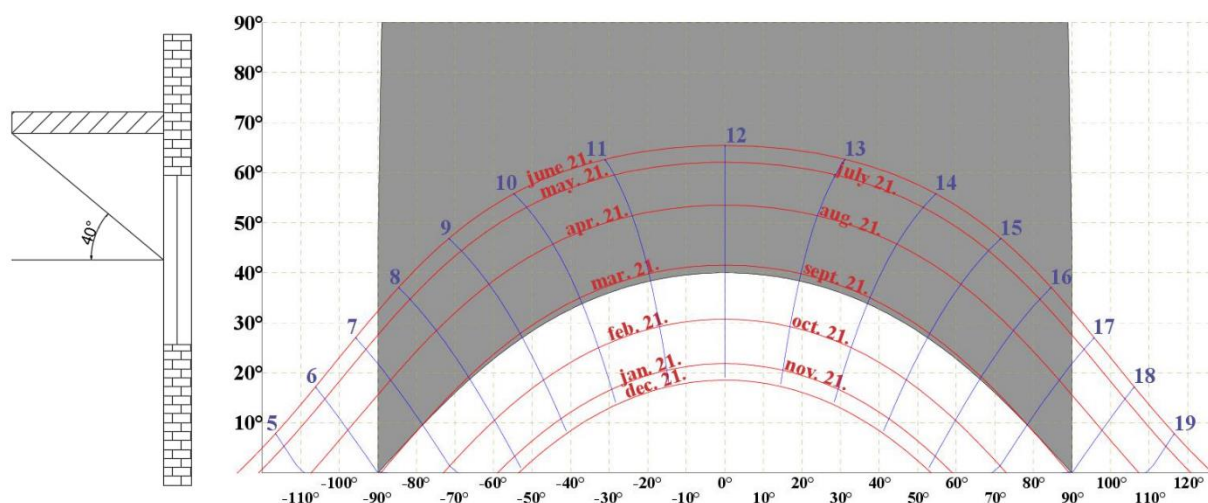
Ilyen akadály lehet egy párkány. Az ablakból a homlokzati síkra merőleges irányban kinézve a párkány élét valamilyen (függőleges síkban mért) szög alatt látjuk. Ha oldalra fordulunk, akkor ez a szög változik, kisebb lesz (6.9. ábra). Ezt az oldalra fordulás szögének függvényében felrajzolva kapjuk a párkány élének leképezését. Ilyen élleképző görbéket eleve készíthetünk, paraméterként azt adva meg, hány fok alatt látjuk az élt a homlokzat síkjára merőleges síkban mérve.



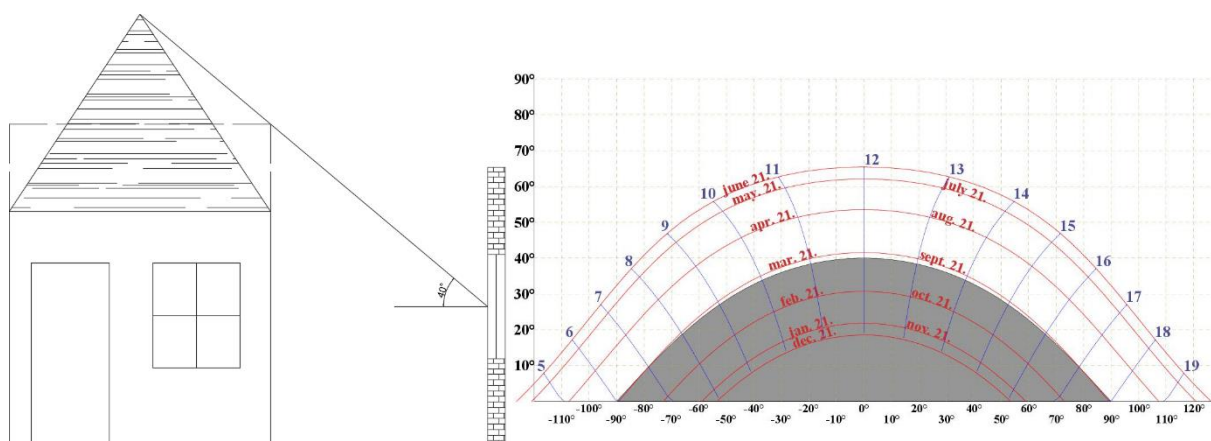
6.9. ábra: Az élleképző görbék származtatása



6.10. ábra: Élleképző görbesereg



6.11. ábra: Az akadály egy párkány, az égboltnak az él feletti része nem látható



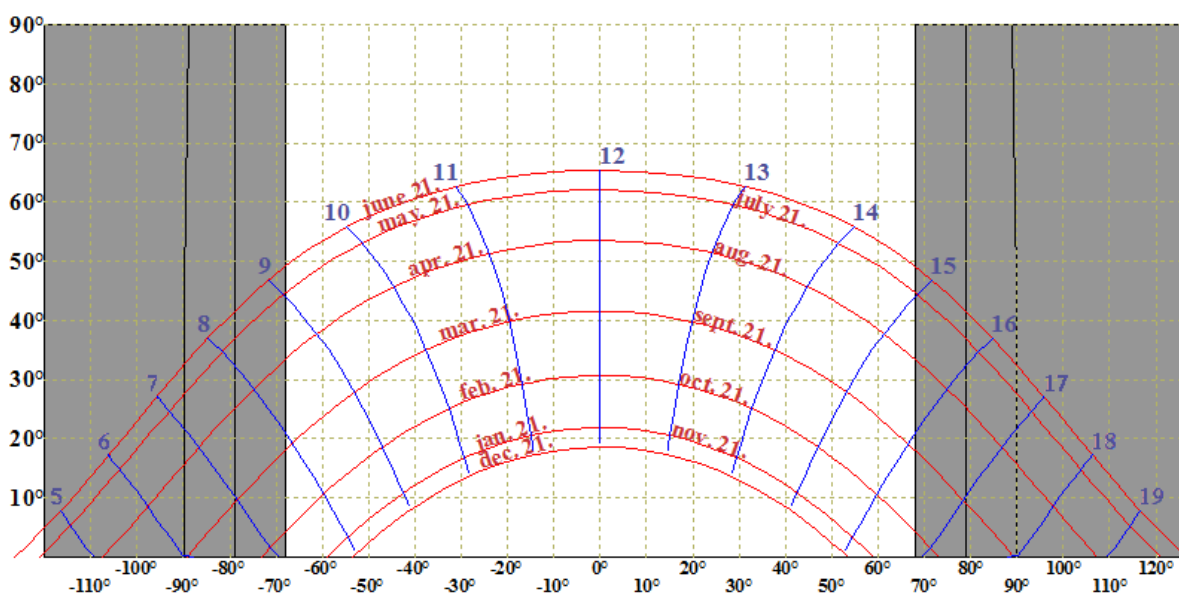
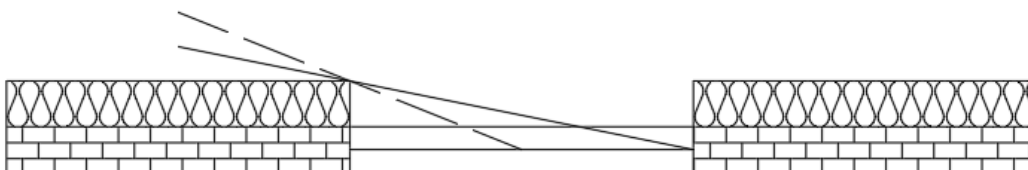
6.12. ábra: Az akadály egy szemközti épület, az égboltnak az él alatti része nem látható

A Nap és a vizsgált pont között a „kölsönös láthatóságot” akadályozó dolgot vízszintes éllek határolják – ez a vízszintes élleképző görbékkel ábrázolható (6.10. ábra). Függőleges éllek esetén az élleképző görbe is függőleges az árnyékmásk diagramban (pl. 6.13. ábra). Ha ezt az ábrát – az árnyékmáskot - (transzparens hordozóra rajzolva) az azonos léptékben rajzolt hengeres nappálya diagrammal fedésbe hozzuk, akkor látható, hogy mely hónapokban és mely órákzókben van a vizsgált pont árnyékban (6.11. ábra, 6.12. ábra).

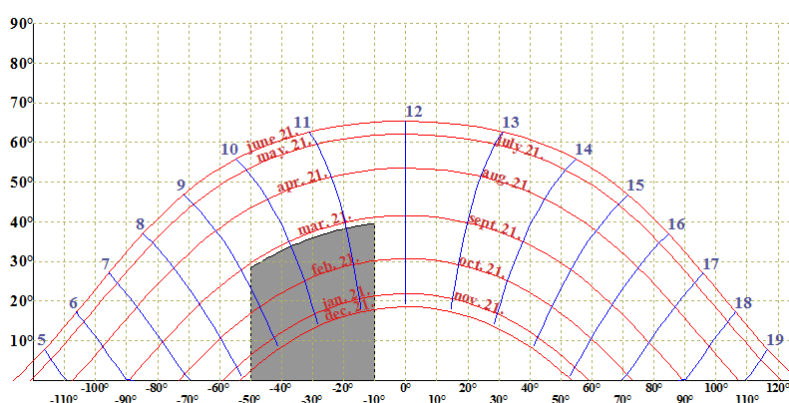
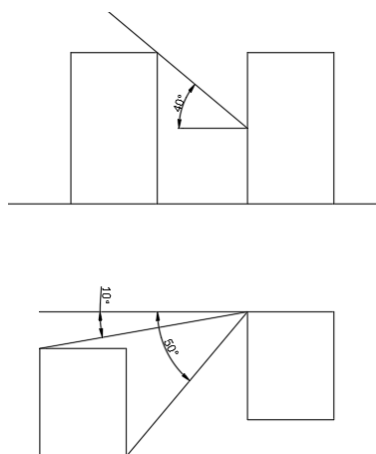
Ha a vizsgált felület déli tájolású, akkor az élleképző görbék vízszintes tengelyének nulla pontja és a nappálya diagram tengelyének nulla pontja fedésben van. Ha a vizsgált felület tájolása déltől eltérő, akkor az élleképző görbék vízszintes tengelyének nulla pontját a nappálya diagram ama pontjával hozzuk fedésbe, amilyen tájolási irányba a fal normálisa – a fal azimutja – mutat.

Sztereografikus nappálya diagram esetében hasonló szerepet játszik az árnyékszögmérő, ennek íves vonalain szerepel, hogy az él milyen (a homlokzatra merőleges függőleges síkban mért) szög alatt látszik, az átmérőt a nappálya diagram középpontján át fektetjük úgy, hogy az átmérő

a vizsgált homlokzat vonalában fekszik. Az akadály által kitakart térszöget az íves vonalak (magasság) és a sugarak (vízszintes síkban mért szögtartomány) között jelöljük.



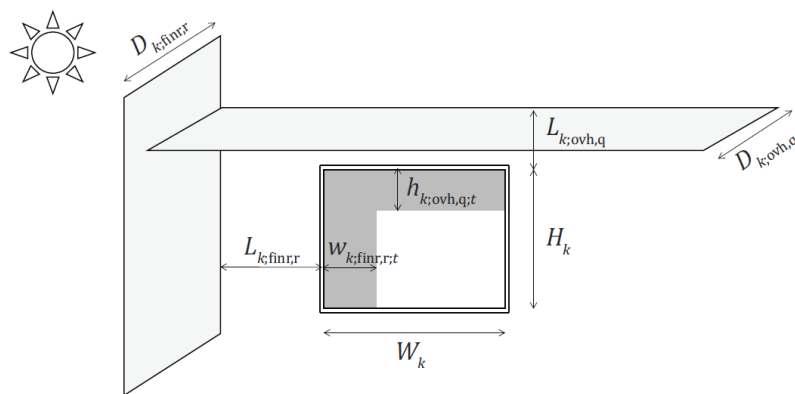
6.13. ábra: Az akadály két pofafal, az égboltnak a függőleges élek mögötti része nem látható, ezt az ábrában függőleges vonalak jelzik



6.14. ábra: Az akadály egy szemközti, véges hosszúságú épület, vízszintes és függőleges síkban egyaránt takarja az égbolt egy részét

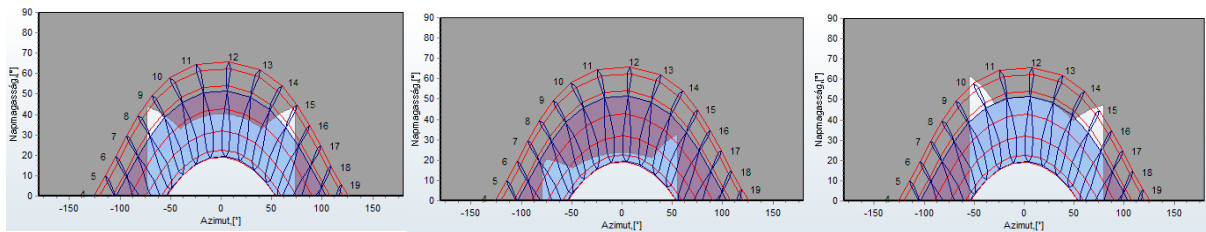
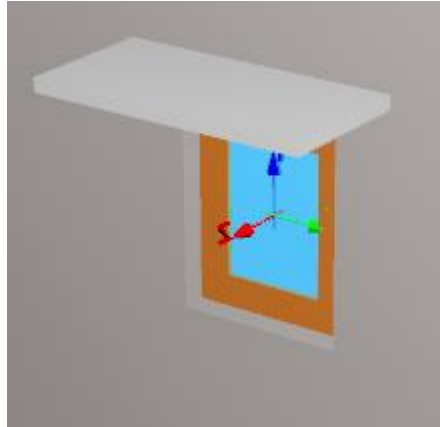
Amellékletben található árnyékoltsági korrekciós tényezőket tartalmazó segédtablázatok az MSZ EN ISO 52016-1 szabvány órai módszerével készültek. Az éghajlati adatokat a Rendelet dinamikus szimulációkhoz meghatározott éghajlati adataiból és az MSZ EN ISO 52010-1 szabvány alapján a 19° hosszúsági és 47,5° szélességi fokra számítottuk. Az árnyékoltsági

korrekciós tényezők többféle hajlásszögben álló 120 cm x 150 cm-es nyílászáró feltételezésével, valamint az órai bontású erdmények helyett havonta átlagolt bontásban kerültek a segédtablázatokba. A horizont árnyékoltsági korrekció meghatározásakor 10 méter magas akadályt feltételeztünk és a távolság változtatásával állítottuk be a kívánt, segédtablázatban szereplő árnyékvetőszögeket. A vízszintes, illetve függőleges árnyékvetőszögek meghatározását 0,5 méteres kinyúlású akadályokkal határoztuk meg. **Az árnyékoltsági korrekciós tényező a horizont, vízszintes és függőleges árnyékoltság szorzata**, mely a biztonság javára történő egyszerűsítés. Fontos, hogy az árnyékoltsági korrekciós tényezők meghatározása során az árnyékvető szögeket a nyílászáró üvegezésétől származtassuk, ne pedig a tok és falcsatlakozástól. Függőleges árnyékvetők árnyékoltsági korrekciós tényezőinek meghatározása esetén biztonság javára tévedő egyszerűsítés, hogy a bal és jobboldali árnyékvetők korrekciós tényezője megegyezik. Továbbá, ha egy nyílászáró mindkét oldalán függőleges árnyékvetővel rendelkezik, akkor a függőleges árnyékoltsági korrekciós tényező a biztonság javára történő közelítéssel **a jobb és baloldali korrekciós tényezők szorzata legyen**. Függőleges és vízszintes árnyékvetők esetén 30 fokos árnyékoltsági szög alatt 1,0 értékkel számolhatunk, míg horizont árnyékoltsági tényező esetén 70 fokos árnyékoltsági szög felett a 70 fokhoz tartozó értékkel számolunk.



6.15. ábra: Függőleges és vízszintes akadály által a nyílászáró üvegezésére vetett árnyék az MSZ EN ISO 52016-1 szerint

A benapozásvizsgálat során pontosabb árnyékmásk szerkeszthető, ha háromdimenzióban, valamint időben változó napmagasság figyelembevételével végezzük el. Ezáltal az árnyékoltsági korrekciós tényezők is pontosabban meghatározhatók. Ebben az esetben az árnyékvető akadályok a tényleges geometriájukkal vehetők figyelembe és nem végtelen hosszúságúak. A vizsgált nyílászáró a benapozásvizsgálat során akár cellákra is felosztható, így vizsgálva az egyes cellák benapozottságát. Amennyiben az akadály részben transzparens (pl. fa lombkoronája), részleges árnyékoltság is figyelembevehető nagy pontossági igény esetén.



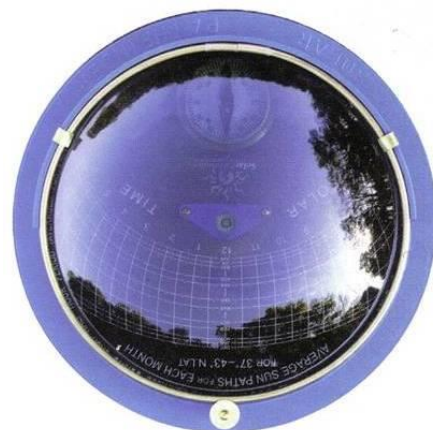
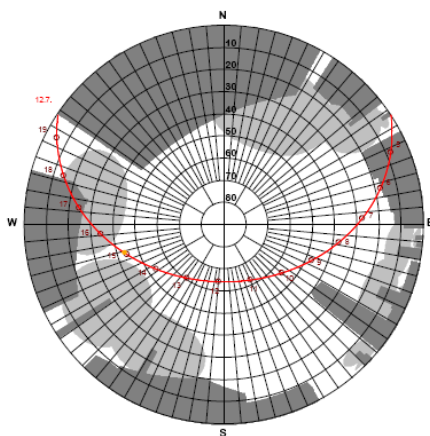
*Benapozottság az üvegezés
középpontjában*

*Benapozottság az üvegezés
bel felső sarkánál*

*Benapozottság az üvegezés
jobb alsó sarkánál*

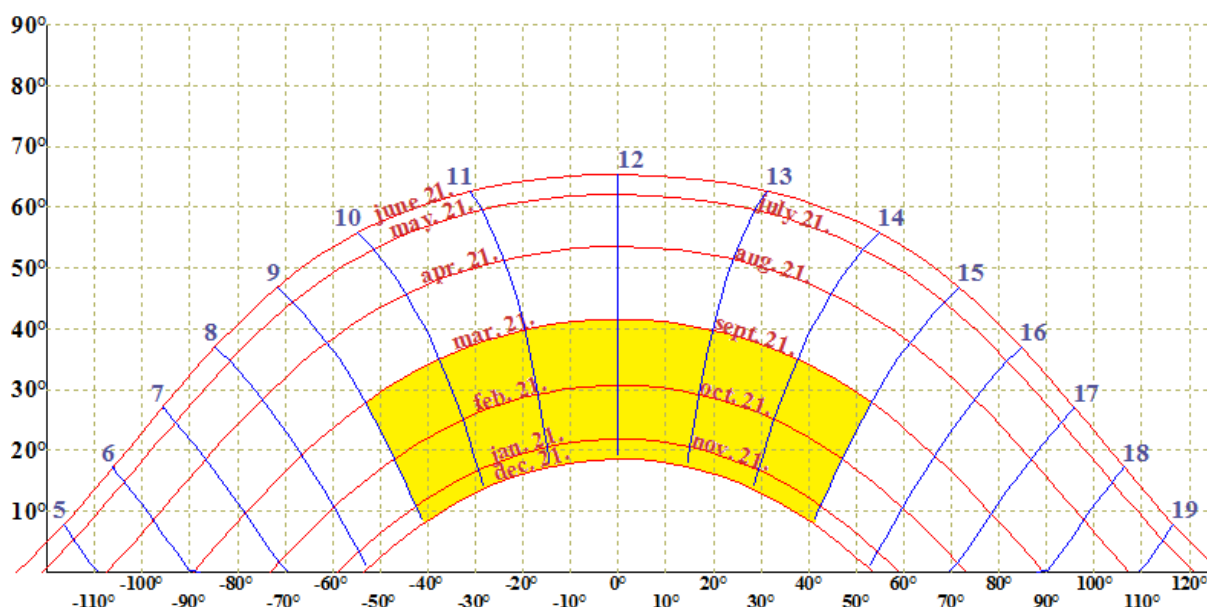
6.16. ábra: Az akadály egy párkány, az árnyékmásk háromdimenziós vizsgálatlalt készült (forrás: Auricon Energetic)

Az árnyékszögmérőhöz hasonló koordinátarendszerben mutatható be az égbolt láthatóság: a sugarak az objektumok széleit (a kitakart vízszintes szögtartományt), a koncentrikus körök a magasságot határoló éleket (a kitakart függőleges szögtartományt) jelölik, ha a középpontból felfelé nézünk. Hasonló képet kapunk, ha egy felfelé néző halszemoptikával készítünk fényképfelvételt (a 6.17. ábra a rajz és a fotó nem ugyanazt a teret mutatja).



6.17. ábra: Égbolt láthatóság és nappályák kördiagramban és halszemoptikás felvételen [16]

A szoláris nyereség fűtési célú hasznosításának feltétele az, hogy a téli hónapokban a dél körüli órákban az energiagyűjtő felületek benapozottak legyenek, azaz a 6.18. ábra jelölt időszakban a „szoláris ablak” „nyitott” legyen, arra a területre árnyékmásk ne essen.



6.18. ábra: A soláris ablak

6.3.2 Indirekt sugárzási nyereségek

Ha az épületnek van csatlakozó üvegháza, energiagyűjtő fala, az indirekt sugárzási nyereséget

a) Részletes számítási módszer alkalmazása esetén az MSZ EN ISO 52016-1 szabvány szerint vagy azzal egyenértékű módszerrel lehet meghatározni.

b) Egyszerűsített számítási módszer alkalmazása esetén a számítás elhagyható.

6.4 Belső hőnyereségek/ hőterhelések

A belső hőnyereséget/ hőterhelést meg kell határozni minden egyes zónára és minden hónapra, fűtés és hűtés esetére:

$$Q_{b,F/H} = A_N \cdot q_b \Delta t / 1000 \quad (6.34)$$

ahol

q_b a fajlagos átlagos belső hőnyereség, mely tartalmazza a használók, berendezések, háztartási gépek, világítás hőleadását, illetve az épülettechnikai rendszerek hasznosítható veszteségeit [W/m^2],

Δt a számítási időszak hossza (hónap) [h].

A fajlagos átlagos belső hőnyereség értékét lakóépületek esetén a rendelet szerint kell felvenni. Más funkcióknál, referenciaépület módszer alkalmazása esetén a belső hőnyereségek meghatározhatóak a tényállapotnak megfelelően, a nettó alapterületre vonatkoztatott időben átlagolt értéként, vagy ajánlott értékek vehetők fel. A belső hőforrások mellett a belső térben lévő hőnyelőket is figyelembe kell venni negatív előjellel (pl. a gépek vagy áruk által elvont hő).

A táblázatban megadott értékek csak ajánlottak, ezektől el lehet térni, de a követelményeknek való megfelelés, illetve tanúsítás esetén a tárgyi és a referencia épület esetén is azonos értékeket kell alkalmazni.

Fontos kihangsúlyozni, hogy havi módszer esetén a belső hőnyereségek időben átlagolt értéke a számítás bemenő adata. Például egy irodaházban napközben a munkaidő alatt jelentős hőnyereség jelentkezik a használók, irodai gépek, világítás miatt, de éjszaka, illetve hétvégén csak csökkentett üzem jellemző. A számításban a belső hőnyereségek átlagát kell venni. Órai módszerrel lehetővé válik a belső hőnyereségek pontosabb figyelembevétele, melyre a havi módszer nem alkalmas.

6.5 Teljes hőnyereség és hőátvitel

A teljes hőátvitel (fűtés esetén hőveszteség, hűtés esetén hőleadás) a transzmissziós és a szellőzési hőátvitel összege:

$$Q_{veszt} = \sum Q_{tr,F} + \sum Q_{szell,F} \quad (6.35)$$

$$Q_{lead} = \sum Q_{tr,H} + \sum Q_{szell,H} \quad (6.36)$$

ahol

$Q_{tr,F/H}$ a teljes transzmissziós hőátvitel fűtés/hűtés esetén [kWh],
 $Q_{szell,F/H}$ a teljes szellőzési hőátvitel fűtés/hűtés esetén [kWh].

A teljes hőnyereség (fűtés esetén hőnyereség, hűtés esetén hőterhelés) a sugárzási és belső hőnyereségek összege:

$$Q_{nyer} = \sum Q_{s,F} + \sum Q_{b,F} \quad (6.37)$$

$$Q_{terh} = \sum Q_{s,H} + \sum Q_{b,H} \quad (6.38)$$

ahol

$Q_{b,F/H}$ a teljes belső hőnyereség (hőterhelés) fűtés/hűtés esetén [kWh],
 $Q_{s,F/H}$ a teljes szoláris hőnyereség (hőterhelés) fűtés/hűtés esetén [kWh].

A fűtési/hűtési hasznosítási tényező számításához meg kell határozni a nyereségek és veszteségek, valamint a hőterhelés és hőleadás hőegyensúly arányát:

$$\gamma_F = \frac{Q_{nyer}}{Q_{veszt}} \quad (6.39)$$

$$\gamma_H = \frac{Q_{terh}}{Q_{lead}} \quad (6.40)$$

6.5.1 A szakaszos üzem hatása fűtési üzemben

A szakaszosan (éjszakára, hétvégére) leszabályozott fűtési üzem hatását a σ_F korrekciós tényezővel lehet figyelembe venni a hőveszteségek számításakor:

$$Q_{veszt} = \sigma_F (Q_{tr,F} + Q_{szell,F}) \quad (6.41)$$

ahol

σ_F a szakaszos üzemvitel hatását kifejező korrekciós tényező.

A σ_F csökkentő tényező értéke

- részletes módszerrel az MSZ EN ISO 52016-1 szabvány szerint,
- egyszerűsített módszerrel az épület rendeltetésétől függően határozható meg, táblázat alapján.

A szakaszos üzemre vonatkozó táblázatos értékek használata a szabványban található módszerhez képest jelentős egyszerűsítést jelent és a biztonság javára téved. A szakaszos üzem energiamegtakarítást tesz lehetővé, ennek jelentősége azonban nagy hőtehetetlenségű (jól hőszigetelt és/vagy nagy hőtárolóképességű) épületekben kisebb. Rosszul hőszigetelt, könnyű épületben az elérhető megtakarítás magasabb lehet. Nagyobb pontossági igény esetén ajánlott a szabvány szerinti részletes módszer vagy órai módszer alkalmazása, ahol a menetrend jól modellezhető.

6.6 Hőtároló képesség és időállandó

A fűtési vagy hűtési hasznosítási tényező számításához meg kell határozni a hőtároló képességet. A zóna/épület $C_{m,eff}$ effektív belső hőtároló képessége

- részletes módszer esetén az MSZ EN ISO 52016-1 és az MSZ EN ISO 13786 szabvány szerint határozható meg,
- egyszerűsített számítási módszer alkalmazása esetén az épület jellemzői alapján az alábbi táblázat szerint becsülhető.

A táblázat az épületeket a jellemző szerkezetek alapján kategóriákba osztja. A táblázat értékeit a zóna/épület hasznos alapterületével szorozni kell.

6.5. táblázat: A hőtároló képesség alapértékei

	$C_{m,eff} / A_N$ (kJ/m ² K)	Besorolás	Jellemzők
1	95	könnyű épület	Könnyűszerkezetes épület nehéz belső szerkezetek nélkül
2	190	közepesen nehéz épület	- Vegyes építési mód vagy nehéz szerkezetű épület álmennyezettel és/vagy álpadlóval és túlnyomórészt könnyű válaszfalakkal - vagy nagy belmagasságú terek (pl. tornacsarnok, múzeum).
3	280	nehéz épület	Jellemzően nehéz külső és belső szerkezetek (vasbeton födém, külső és belső épületszerkezetek átlagos testsűrűsége ≥ 600 kg/m ³), álmennyezet és álpadló nélkül, belső hőszigetelés nélkül. Normál belmagasságú terek (< 4,5 m).
4	560	nagyon nehéz épület	Nagyon nehéz külső és belső szerkezetek (vasbeton födém, külső és belső épületszerkezetek átlagos testsűrűsége ≥ 1600 kg/m ³), álmennyezet és álpadló nélkül, belső hőszigetelés nélkül. Normál belmagasságú terek (< 4,5 m).

A hőtároló képességet általában elegendő közelítőleg meghatározni a táblázat alapján, mivel a végeredmények kevésbé érzékenyek erre a tényezőre.

Részletes számítás esetén a hőtároló képesség a belső levegővel közvetlen termikus kapcsolatban lévő épületszerkezetek hőtároló tömegének összege:

$$C_m = \sum_j A_j \times \kappa_j \quad (6.42)$$

ahol

κ_j a j épületszerkezet felületre vonatkoztatott hőtároló képessége [$\text{J/m}^2 \text{ K}$];

A_j a j épületszerkezet területe [m^2];

Az MSZ EN ISO 13786 szabvány egyszerűsített, az effektív vastagságon alapuló módszere szerint a hőtároló képesség az egyes rétegek vastagságának, testsűrűségének és fajhőjének szorzata, a belső felülettől az effektív vastagságig összegezve a rétegeket:

$$\kappa_j = \sum_i \rho_i d_i c_i \quad (6.43)$$

ahol

d_i a réteg vastagsága [m];

ρ_i a réteg testsűrűsége [kg/m^3];

c_i a réteg fajhője [J/kgK];

Az MSZ EN ISO 52016-1 szabvány a napi hőingadozást veszi figyelembe. Az effektív vastagság napi hőingadozás esetén a következő három érték közül a legkisebb vastagság: a belső felülettől vett 10 cm; a belső felülettől az első hőszigetelő rétegig vett vastagság; vagy a szerkezet vastagságának fele.

A zóna/épület időállandója:

$$\tau_{F/H} = \frac{C_{m,eff}/3,6}{\sum H_{tr,F/H} + H_{tr,T} + \sum H_{szell,F/H}} \quad (6.44)$$

ahol

$C_{m,eff}$ a zóna effektív hőtároló képessége [kJ/K],

$H_{tr,F/H}$ a teljes transzmissziós hőátviteli tényező fűtés/hűtés esetén, a talajjal érintkező szerkezetek hatása nélkül [W/K],

$H_{tr,T}$ a teljes transzmissziós hőátviteli tényező a talajon fekvő padlón keresztül [W/K],

$H_{szell,F/H}$ a teljes szellőzési hőátviteli tényező a fűtés/ hűtés esetén [W/K].

Az időállandó a zóna/ épület hőtehetetlenségét, a külső változásokra adott válaszreakcióját jellemzi. Nagy időállandó esetén alacsonyabb a fűtési energiaigény a hőnyereségek jobb hasznosítása révén. Ugyanígy a hűtési igényre is kedvező a hatása. Nagy időállandó többféleképpen is elérhető: nagy hőtároló képességgel vagy alacsony hőveszteségtényezővel, azaz jó hőszigeteléssel és légzárással. Jól hőszigetelt épületek időállandója ezért eleve magasabb és a hőtároló képesség jelentősége kisebb.

A képlet alapján számított időállandó eltérő lehet fűtés és hűtés esetén, illetve az egyes hónapokban, pl. az eltérő szellőztetési stratégia miatt. A talaj felé irányuló transzmissziós

hőátviteli tényezőt részletes számítás esetén az MSZ EN ISO 13789 szerint, a fűtési és a hűtési idényre korrigálva lehet meghatározni.

6.7 A fűtési nettó hőenergia igény számítása

6.7.1 Hasznosítási tényező fűtés esetén

A havi módszerben a dinamikus hatásokat a nyereség hasznosítási tényezővel kell figyelembe venni fűtés esetén. A nyereség hasznosítási tényezőt havi módszer esetén az egyes hónapokra kell számítani.

$$\text{ha } \gamma_F > 0 \text{ és } \gamma_F \neq 1 \quad \eta_F = \frac{1 - \gamma_F^{a_F}}{1 - \gamma_F^{a_F + 1}} \quad (6.45)$$

$$\text{ha } \gamma_F = 1 \quad \eta_F = \frac{a_F}{a_F + 1} \quad (6.46)$$

$$\text{ha } \gamma_F \leq 0 \text{ és } Q_{\text{nyer},F} > 0 \quad \eta_F = 1/\gamma_F \quad (6.47)$$

$$\text{ha } \gamma_F \leq 0 \text{ és } Q_{\text{nyer},F} \leq 0 \quad \eta_F = 1 \quad (6.48)$$

ahol

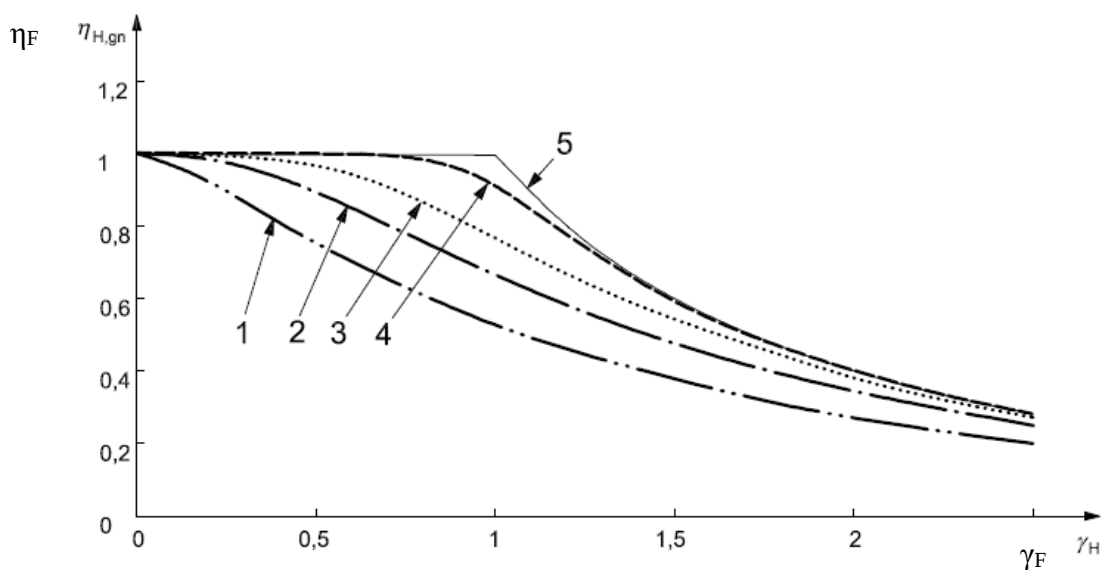
a_F numerikus tényező:

$$a_F = a_{F,0} + \frac{\tau_F}{\tau_{F,0}} \quad (6.49)$$

A fűtési referencia értékek havi számítási időszak esetén $a_{F,0} = 1,0$ és $\tau_{F,0} = 15$ h.

A havi módszerben a dinamikus hatásokat a hasznosítási tényezővel vesszük figyelembe. Nagy változás az eddigi szezonális módszerhez képest, hogy míg ott a hasznosítási tényező az épület hőtároló képességétől függő fix érték volt, most a nyereségek-veszteségek arányától és az időállandótól függően számítandó minden hónapra. Az $a_{F,0}$ és $\tau_{F,0}$ értékek dinamikus szimuláció alapján levezetett empirikus értékek.

Az ábra szerint egy nagyon nagy hőtehetetlenségű épületben (5- elméleti végtelen időállandó) a nyereségek maximálisan hasznosulnak, amíg az összes nyereség el nem éri az összes veszteséget, azután viszont csak a veszteségek mértékéig (a többi nyereség túlfűtést okozna). Kisebb hőtehetetlenségű épületben az ideális hasznosulás nem tud megvalósulni, ezért a hasznosítási tényező kisebb az elméleti határnál. Fontos megjegyezni, hogy a görbéket a fűtési rendszer jellegétől függetlenül, tökéletes szabályozást és végtelen rugalmasságot feltételezve határozták meg. A valóságban a fűtési rendszer szabályozása és reakcióideje nagyban befolyásolhatja a nyereségek hasznosítását, azonban ezt nem itt, hanem a szabályozási veszteségeknél vesszük figyelembe.



6.19. ábra: A nyereség hasznosítási tényező különböző időállandó esetén, havi számítási módszer
(1) 8 órás (2) 1 napos (3) 2 napos (4) 1 hetes (5) végtelen időállandó

6.7.2 A fűtés nettó hőenergia igénye

A fűtés nettó hőenergia igénye a következő képlettel számítható az egyes fűtött zónákra és a számítási időszakra (hónapra):

$$Q_{F,net} = (Q_{veszt} - \eta_F Q_{nyer}) \quad (6.50)$$

ahol

Q_{veszt} a teljes hőveszteség fűtés esetén [kWh],

η_F a nyereségek hasznosítási tényezője,

Q_{nyer} a teljes hőnyereség fűtés esetén [kWh].

A havi fűtési energiaigény nulla ($Q_{F,net} = 0$), ha:

- a) $\gamma_F \leq 0$ és $Q_{nyer} > 0$
- b) $\gamma_F > 2,0$
- c) $Q_{F,net} < 0$

Az egész épület fűtési igénye az egyes zónák összegzésével kapható meg. Havi számítás esetén a havi energiaigényeket összegezni kell az egész évre.

A zóna/épület éves nettó fűtési energiaigénye a havi igények összesítésével kapható meg:

$$Q_{F,net,év} = \sum_{m=1}^{12} Q_{F,net,m} \quad (6.51)$$

6.7.3 Fajlagos nettó fűtési energiaigény

A zóna/épület nettó fűtési energiaigényének fajlagos értékét a következő összefüggéssel kell kiszámítani:

$$q_{F,net} = \frac{Q_{F,net}}{A_N} \quad (6.52)$$

6.8 A hűtési nettó hőenergia igény számítása

6.8.1 Hasznosítási tényező hűtés esetén

A havi módszerben a dinamikus hatásokat a hőátviteli hasznosítási tényezővel kell figyelembe venni hűtés esetén. A hasznosítási tényezőt havi módszer esetén az egyes hónapokra kell számítani:

$$\text{ha } \gamma_H > 0 \text{ és } \gamma_H \neq 1 \quad \eta_H = \frac{1 - \gamma_H^{-a_H}}{1 - \gamma_H^{-(a_H+1)}} \quad (6.53)$$

$$\text{ha } \gamma_H = 1 \quad \eta_H = \frac{a_H}{a_H+1} \quad (6.54)$$

$$\text{ha } \gamma_H \leq 0 \quad \eta_H = 1 \quad (6.55)$$

ahol

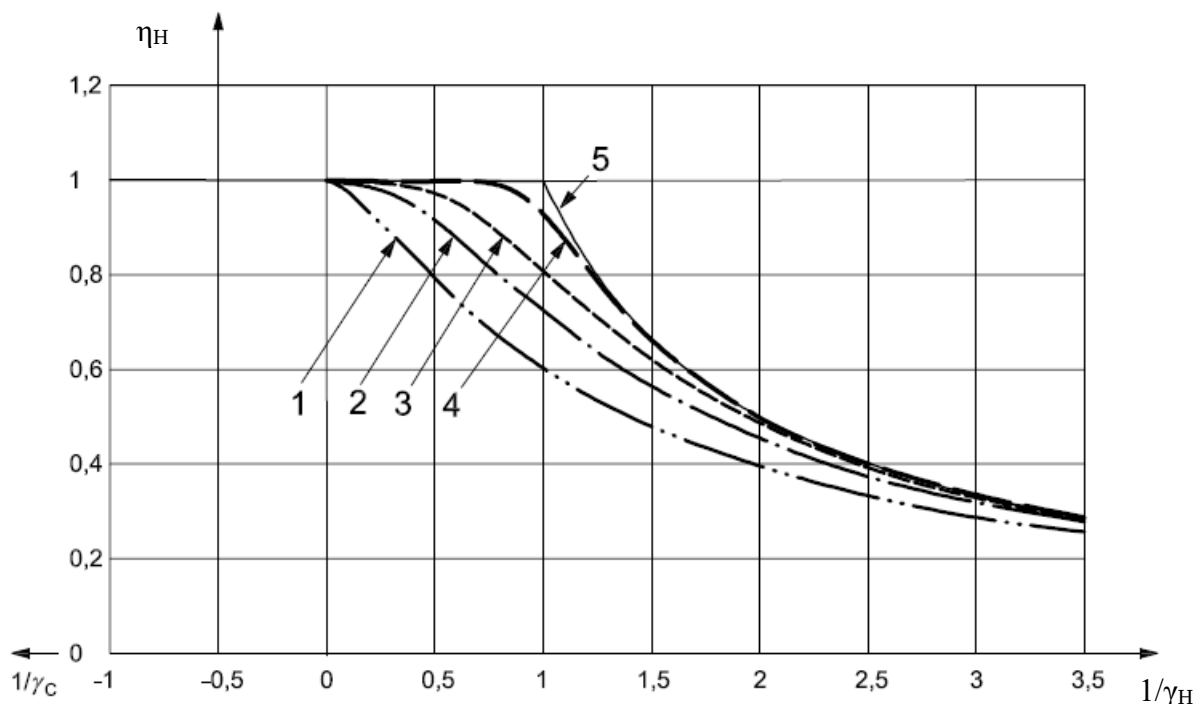
a_H hűtési numerikus tényező:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau_H}{\tau_{H,0}} \quad (6.56)$$

A hűtési referencia értékek havi számítási időszak esetén $a_{H,0} = 1,0$ és $\tau_{H,0} = 15$ h.

A fűtéshez hasonlóan a hűtés számításakor is a hasznosítási tényezővel vesszük figyelembe a dinamikus hatásokat. Az $a_{H,0}$ és $\tau_{H,0}$ értékek dinamikus szimuláció alapján levezetett empirikus értékek.

A hűtési energiaigényt alapvetően a hőterhelés okozza, de a belső és külső hőmérsékletkülönbség függvényében szellőzéssel és transzmisszióval hő is távozhat az épületből, mely csökkenti a hűtési energiaigényt. A hőleadás azonban jellemzően akkor lép fel, amikor kicsi a hőterhelés (pl. éjszaka), ezért az adott időszakban a teljes hőleadás nem tud hasznosulni, csak egy bizonyos – a hasznosítási tényezővel jellemezhető – hányada. A fűtéshez hasonló a hasznosítási görbék alakja (6.20. ábra). Egy nagyon nagy hőtehetetlenségű épületben (5 – végtelen időállandó) a veszteségek maximálisan hasznosulnak, amíg az összes veszteség el nem éri az összes nyereséget, azután viszont csak a nyereségek mértékéig. Kisebb hőtehetetlenségű épületben az ideális hasznosulás nem tud megvalósulni, ezért kisebb a hasznosítási tényező az elméleti határnál. A fűtéshez hasonlóan a hűtés esetén is tökéletes szabályozást és végtelen rugalmasságot feltételezve vezették le a görbéket. Ezt a hatást nem itt, hanem a hűtési rendszer szabályozási veszteségeinél kezelik.



6.20. ábra: A veszteség hasznosítási tényező különböző időállandó esetén, havi számítási módszer
(1) 8 órás (2) 1 napos (3) 2 napos (4) 1 hetes (5) végtelen időállandó

6.8.2 A hűtés nettó hőenergia igénye

A hűtés nettó hőenergia igénye a következő képlettel számítható az egyes hűtött zónákra és a számítási időszakra (hónapra):

$$Q_{H,net} = (Q_{terh} - \eta_H Q_{lead}) \quad (6.57)$$

ahol

Q_{lead} a teljes hőleadás (hővesztesség) hűtés esetén [kWh],

η_H hasznosítási tényező,

Q_{terh} a teljes hőterhelés (hőnyereség) hűtés esetén [kWh],

A havi hűtési energiaigény nulla ($Q_{H,net} = 0$), ha:

- a) $(1/\gamma_H) > 2,0$
- b) $Q_{H,net} < 0$

Az egész épület hűtési igénye az egyes zónák összegzésével kapható meg. Havi számítás esetén a havi energiaigényeket összegezni kell az egész évre.

A zóna/ épület éves nettó hűtési energiaigénye a havi igények összesítésével kapható meg:

$$Q_{H,net,év} = \sum_{m=1}^{12} Q_{H,net,m} \quad (6.58)$$

6.8.3 A szakaszos üzem hatása hűtési üzemben

A szakaszosan lezabályozott/ kikapcsolt hűtési üzem hatását a σ_H korrekciós tényezővel kell figyelembe venni:

$$Q_{H,net,szakaszos} = \sigma_H Q_{H,net,folyt} \quad (6.59)$$

ahol

σ_H a szakaszos üzemvitel hatását kifejező korrekciós tényező,
 $Q_{net,folyt,H}$ a hűtés energiaigénye folyamatos üzemet feltételezve [kWh],

A σ_H korrekciós tényező értéke

- részletes módszerrel az MSZ EN ISO 52016-1 szabvány szerint,
- egyszerűsített módszerrel táblázat szerint határozható meg.

A táblázatos érték csak azt az esetet kezeli, ha min. 2 nap/hét időtartamú a leszállás/kikapcsolás. Nagyobb pontossági igény esetén ajánlott a szabvány szerinti részletes módszer vagy órai módszer alkalmazása, ahol a menetrend jól modellezhető.

6.8.4 Fajlagos nettó hűtési energiaigény

A zóna/épület nettó hűtési energiaigényének fajlagos értékét a következő összefüggéssel kell kiszámítani:

$$q_{H,net} = \frac{Q_{H,net}}{A_N} \quad (6.60)$$

6.9 Látens hőenergia igény

A levegő gépi szárítása és nedvesítése esetén a látens hőenergiaigény ($Q_{szárítás,nedvesítés}$) külön ki kell számítani. A számítás elvégezhető az MSZ EN ISO 52016-1 szabvány, vagy azzal egyenértékű számítási módszer szerint. A külső levegő páratartalom adatait. táblázat tartalmazza. Ez a tétel a teljes nettó fűtési igényben nem szerepel, mert ellátása gyakran eltérő energiahordozón (általában villamos energián) alapul, viszont a vég- és primerenergia felhasználás számításakor figyelembe kell venni.

A gépi hűtés látens hőigénye egyszerűsített módszer esetén külön nem számolható, hanem a hűtési rendszer típusának függvényében a végenergia felhasználás számításakor korrekciós tényezővel (ld. 11.1.1. pont) vesszük figyelembe. A gépi hűtés látens hőigénye számítható az MSZ EN ISO 52016-1 szerint is, de akkor a végsőenergia felhasználás egyszerűsített módszer szerinti számításakor a látens tagot kifejező korrekciós tényezőt (ld. 11.1.1. pont) nem szabad figyelembe venni.

6.10 Számítási időszak

6.10.1 Számítási időszak hossza

Havi módszer esetén a számítási időszak az adott hónap hossza. A fűtési energiaigény számításához a nullánál nagyobb fűtési energiaigényű hónapokat kell figyelembe venni. A hűtési energiaigény számításához a nullánál nagyobb hűtési energiaigényű hónapokat kell figyelembe venni.

Amennyiben szükség van a fűtési idény hosszára, akkor az úgy vehető fel, hogy összegezzük azon hónapok napjainak számát, amikor van fűtési igény, de a legelső és a legutolsó hónapot csak 15 nappal vesszük figyelembe. Hűtés esetén ugyanígy járunk el.

6.10.2 Hosszú szünet figyelembe vétele

Amennyiben az épületet hosszú ideig (min. egy hétig) nem használják (pl. nyári szünet), a fűtési/ hűtési energiaigény lecsökkenthető. Amennyiben az épület hőtermelő rendszerei a szüneti időszakban is működnek, két számítást kell végezni egyszer normál, egyszer szüneti üzemmódra (pl. csökkentett parancsolt hőmérséklet, alacsonyabb belső hőnyereségek). Amennyiben a hőtermelő rendszerek nem működnek a szüneti időszakban, a szüneti fűtési/ hűtési energiaigény nulla. Az energiaigény a szünet hosszának arányában határozható meg:

$$Q_{net,F/H} = \left(1 - \frac{\Delta t_{szün}}{\Delta t}\right) \cdot Q_{net,norm,F/H} + \frac{\Delta t_{szün}}{\Delta t} \cdot Q_{net,szün,F/H} \quad (6.61)$$

ahol

$Q_{net,norm,F/H}$ a fűtés/ hűtés energiaigénye a számítási időszak alatt végig normál nyitvatartást feltételezve [kWh],

$Q_{net,szün,F/H}$ a fűtés/ hűtés energiaigénye a számítási időszak alatt végig szünetet feltételezve [kWh],

$\frac{\Delta t_{szün}}{\Delta t}$ a szünet időaránya a számítási időszakhoz képest.

6.11 A fajlagos hővesztésgtényező

A fajlagos hővesztésgtényező a transzmissziós hőáramok és a fűtési idény átlagos feltételei mellett kialakuló (passzív) sugárzási hőnyereség hasznosított hányadának algebrai összege egységnyi belső – külső hőmérsékletkülönbségre és egységnyi fűtött térfogatra vetítve.

$$q = \frac{1000}{V \cdot \Delta t} \sum_{\text{nov}}^{\text{márc}} \frac{Q_{tr,F} - \eta_F(Q_{sd,F} + Q_{sid,F})}{\theta_{i,F} - \theta_{e,átlag}} \quad (6.62)$$

A fajlagos hővesztésgtényező számításakor az összegzést a november - március hónapok értékeire kell elvégezni, ezért $\Delta t = 3624$ h.

6.12 Fűtési hőszükséglet becsült értéke a lefedési arányok meghatározásához

A lefedési arányok meghatározásához egy zónára a fűtési hőszükséglet a következő képlettel becsülhető:

$$Q_{F,o} = (H_{tr,F} + H_{szell,F}) \cdot (\vartheta_{i,F} - \vartheta_{e,o}) \quad [W] \quad (6.63)$$

ahol

$$\vartheta_{e,o} = -13 \text{ °C} \quad (6.64)$$

A képletet nem szabad rendszerméretezésre használni.

7 Az épülettechnikai rendszerek számításának alapelvei

Az épülettechnikai rendszerek veszteségeinek és segédenergia igényeinek meghatározásakor a következők szerint kell eljárni:

- Az épülettechnikai rendszer energiafelhasználásait alrendszerenként külön kell számolni. Külön alrendszerbe sorolandók a rendszer azon részei, melyek által ellátott helyiségekre a számítás során felmerülő bemenő adatok között jelentős eltérés mutatkozik (pl. eltérő a nettó igény, eltérő az energiahordozó, eltérő a hőtermelő vagy a hőleadók típusa). Továbbá külön alrendszerként számítandók a bivalens és multivalens rendszerek egyes elemei. A korábbi alfa tényező ugyan nem jelenik meg a képletekben, de ugyanarról van szó. *Azaz a nettó fűtési vagy hűtési igényt kell felosztani a részrendszerek között a fedezett igények arányában és az így kapott részrendszer igényeket „bruttósítjuk fel” a veszteségekkel (hasonlóan a korábbi alfa súlytényezőkhöz). A részrendszerekre bontás már zónák szintjén szükséges lehet és zónán belül is indokolt lehet egy részrendszer alrendszerekre történő tovább bontása, ha azt az épülettechnikai rendszer indokolja. Vegyünk például egy kétzónás épületet ahol az „A” zónára a fűtési igény negyede, a „B” zónára pedig a háromnegyede jut. Az „A” zónában a hőigény harmadát légfűtés („A1”), kétharmadát radiátos fűtés („A2”) fedezi, a „B” zónában gázkazán működik, ami fele részben padlófűtést („B1”), fele részben radiátoros fűtést („B2”) lát el. Így a nettó igények alakulása részrendszerenként:*

$$Q_{F,net,A1} = 0,33 * 0,25 * Q_{F,net}$$

$$Q_{F,net,A2} = 0,67 * 0,25 * Q_{F,net}$$

$$Q_{F,net,B1} = 0,5 * 0,75 * Q_{F,net}$$

$$Q_{F,net,B2} = 0,5 * 0,75 * Q_{F,net}$$

Fontos, hogy ezek összege egyenlő a teljes nettó fűtési igénnyel. A számítás innen négy szálon fut tovább és a végén történik összegzés energiahordozónként.

- Több hőtermelő rendszerek esetén a vizsgálati időszakban bevitt energiák arányát meg kell határozni, a legkedvezőbb eredményt adó ténylegesen megvalósítható üzemvitelt figyelembe véve. Azaz ha egy rendszer többféleképpen üzemeltethető (pl. kétféle hőtermelő üzemeltethető alternatív vagy párhuzamos üzemmódban), akkor a legjobb eredményt adó üzemmód szerint kell számolni, akkor is, ha a tényleges fogyasztók nem úgy használják. Ehhez szükséges lehet a vizsgált időszak különböző terheléssel jellemezhető periódusokra bontása és a lehetséges üzemviteli módok periódusonkénti elemzése figyelembe véve az energiaigényt, a részrendszerek maximális teljesítményét, illetve a hatásfokok terheléstől függő alakulását (gazdaságossági szempontokat).
- Bivalens és multivalens rendszerek esetén az egyes hőtermelők által fedezett nettó energiaigény arányok meghatározásakor a külső hőmérséklet (a hőfokgyakorisági diagram meghatározásához) adatokat táblázat alapján kell felvenni. Tisztán fűtési célú bivalens (vagy multivalens) hőtermelés esetén a becsült fűtési hőszükséglet, az egyes hőtermelők névleges teljesítménye alapján meghatározható, hogy az egyes hőtermelők milyen külső hőmérsékletig képesek a fűtési igény fedezésére. Ez alatt mérlegelendő,

hogy másik hőtermelő veszi át a teljes igény fedezését vagy párhuzamos üzemű működés (belép a csúcshőtermelő) történik. Az arányokat az egyes hőmérsékletekre külön-külön meg kell határozni és a hőfokgyakorissággal súlyozni kell. Ha a fűtési rendszer a HMV igények kielégítésére is szolgál, akkor annak energiaigényét is figyelembe kell venni az arányok.

- Túlméretezés hatásfokra gyakorolt hatása figyelembe vehető részletes módszerrel a részterhelésre rendelkezésre álló hatásfok értékek és a részterhelésekhez tartozó üzemidők figyelembe vételével. *A túlméretezés teljesítménytényezőre gyakorolt hatásával részletesen foglalkozik az MSZ EN 15316-1 szabvány.*
- Alulméretezett fűtési rendszerek esetén azt kell feltételezni, hogy nettó fűtési igény meglévő rendszerrel nem fedezhető hányadát direkt hálózati elektromos hőtermeléssel fedezi $\varepsilon = 1$ teljesítménytényezővel. Gépi hűtés esetén a hűtési igény azon hányadát, melyet a rendszer nem tud fedezni, nem vesszük figyelembe. Használati melegvíz esetén ugyanez az eljárás alkalmazandó. Alulméretezett gépi szellőzés esetén a frisslevegő igény azon hányadát, melyet a rendszer nem tud fedezni, természetes szellőzés feltételezésével kell számolni. Ha a beépített világítás nem fedezi a funkciónak megfelelő igényeket, akkor azt kell feltételezni, hogy a meglévővel azonos típusú világítást alkalmaznak az igények fedezésére. *Az alulméretezés teljesítménytényezőre gyakorolt hatásával részletesen foglalkozik az MSZ EN 15316-1 szabvány.*
- Erősen kapcsolt kondicionátlan terek esetén azt kell feltételezni, hogy a kondicionált tér épülettechnikai rendszere a kondicionátlan térre is kiterjed.
- A különböző energiahordozóval működő rendszerelemek energiafelhasználását és a kapcsolódó veszteségeket energiahordozónként kell meghatározni végenergiában kifejezve. Később az összegzés energiahordozónként *és felhasználási célonként* történik és ez képezi a primer energiafelhasználás, szén-dioxid emisszió meghatározásának alapját.
- Ugyanezen célból a megújuló energiahordozót használó rendszerelemek energiafelhasználását és a kapcsolódó veszteségek meghatározásakor külön kell számolni energiahordozónként és a következő komponensek szerint felbontva:
 - épületben hasznosított passzív megújuló energia (direkt sugárzási nyereségek a nyílászárókon, energiagyűjtő falak, napterek, passzív módon hasznosított talajhő, visszanyert hő); ezen belül külön kezelendők a nettó igényeknél már figyelembe vett, illetve csak a gépészeti rendszerrel számításba vett tételek
 - helyben termelt és felhasznált aktív megújuló energia
 - helyben termelt és hálózatba táplált vagy más fogyasztóknak átadott aktív megújuló energia
 - közelben termelt és az épületben felhasznált (ld. 12.3 pont) megújuló energia
 - távolban termelt és az épületben felhasznált (ld. 12.3 pont) megújuló energia
- Az egyes komponensek számítására bizonyos esetekben egyszerűsített és részletes módszer(ek) alkalmazható(k). A részletes módszerek egy része az EPB szabványrendszeren alapul. Ezekben a szabványokban az energiaveszteségek meghatározása mellett meghatározásra kerül a veszteségek visszanyert/visszanyerhető hányada. A visszanyert/visszanyerhető veszteségek a nettó igényekből vonandók le, de ez esetben a belső hőterheléseket is az EPB szabványrendszer ajánlásai szerint kell felvenni, mert az egyszerűsített módszer által ajánlott belső hőterhelés értékek

tartalmazzák az épülettechnikai rendszer hőleadásának belső hőterhelésben figyelembe vehető részét.

- Az épülettechnikai rendszer egyszerűsített számítása *általában* szezonális módszeren alapul, ezért a havi bontásban meghatározott nettó fűtési és hűtési igényeket éves szintre összegezni kell. A részletes módszerek és dinamikus szimuláció esetén bármilyen számítási időegység alkalmazható.
- Az egyszerűsített módszer táblázataiban feltüntetett fajlagos értékek rendszeralapterület egységre vannak vetítve. Ezek értékét szorozni kell a vonatkozó rendszer alapterületével. Köztes értékek esetén lineáris interpolációt kell alkalmazni. Ha a zóna energiaellátó rendszere bivalens vagy multivalens, akkor a fedezett nettó energia igények hányada arányában kell az alrendszerre adódó fajlagos értékeket csökkenteni.
- Az egyszerűsített módszer táblázatainál a tárgyi rendszerétől eltérő méretezési hőfoklépcső esetén a közepes hőmérsékletkülönbségre viszonyított lineáris interpolációt kell alkalmazni.
- A hőtermelők teljesítménytényezői égéshőre vannak vonatkoztatva. *A számítás végén a primer energia súlytényezők viszont fűtőértékre vonatkoznak, ezért korrekciós tényezőt lesz szükséges alkalmazni. Üzemeltetési költség számítás esetén is vegyük figyelembe, hogy a végenergiát égéshő alapon számoltuk. A gázszolgáltatók általában a földgáz fűtőértékét adják meg, ezért ott is szükséges a korrekció. Ilyen költség számítást a példatárban is bemutatunk.*

7.1 Hőtermelők teljesítménytényezője és villamos segédenergia igénye

7.1.1 Kazánok

7.1.1.1 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatálya alá eső készülékek)

Az alábbi egyszerűsített módszert akkor kell alkalmazni, ha a készülék a 2010/30/EU európai parlamenti és tanácsi irányelven (ErP) alapuló 811/2013/EU felhatalmazáson alapuló rendelete (2013. február 18.) hatálya alá tartozik és nem elektromos üzemű. Ebbe beletartoznak a legfeljebb 400 kW mért hőteljesítményű helyiségfűtő berendezések és kombinált fűtőberendezések, a legfeljebb 70 kW mért hőteljesítményű helyiségfűtő berendezések, melyeket 2015. szeptember 26. után hozták forgalomba (a felsorolás nem teljeskörű).

A teljesítménytényező a 811/2013/EU rendelete szerint a készülékre kiállított energiacímken szereplő (égéshővel meghatározott) szezonális hatásfok érték reciproka (η_s):

$$\varepsilon_F = \frac{1}{\eta_s} \quad (7.1)$$

Az eljárás helyett részletes módszer alkalmazható, de a 7.1.1.2 szerinti egyszerűsített módszer nem. *Tehát nem szabad ErP alapon vett hatásfokkal számolni a 7.1.1.2 szerint, aminek oka az, hogy így tudjuk elkerülni a villamos segédenergiaigények kétszeres figyelembe vételét.*

A készülék villamos segédenergia igényét ezen eljárás esetén nem kell figyelembe venni.

Az ErP rendeletek is leegyszerűsítve határozzák meg a szezonális hatásfokot, mely nem veszi figyelembe a túlméretezés, alulméretezés hatását. Gázkazánoknál csak két részterhelésre, hőszivattyúknál négy külső hőmérsékletre vonatkozó hatékonysági mutatók súlyozott átlagát képezve számítódik a hatásfok. Ennek ellenére a különböző korszerű hőtermelők közti minőségi különbségek figyelembe vételére alkalmasabb, mint a másik egyszerűsített módszer.

7.1.1.2 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatálya alá nem eső készülékek)

A teljesítménytényező meghatározásához azt az alapterületet kell figyelembe venni, amelynek fűtésére az adott berendezés szolgál. (Erre különösen olyan társasházaknál kell figyelni, ahol lakásonkénti vagy helyiségenkénti hőtermelők vannak beépítve.)

7.1. táblázat: A fűtött téren kívül elhelyezett folyékony és gáznemű tüzelőanyagokkal üzemelő kazánok teljesítménytényezői, ε_F és segédenergia igénye, $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}}$

	Teljesítménytényezők ε_F [-]			Segédenergia $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}}$ [kWh/m ² év]
Alapterület A_{rszr} [m ²]	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

7.2. táblázat: A fűtött téren belül elhelyezett folyékony és gáznemű tüzelőanyagokkal üzemelő kazánok teljesítménytényezői, ε_F és segédenergia igénye, $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}}$

Alapterület $A_{rszr} [m^2]$	Teljesítménytényezők $\varepsilon_F [-]$			Segédenergia $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}}$ [kWh/m ² év]
	Állandó hőmérsékletű kazán	[kWh/m ² év]	Kondenzációs kazán	
100	1,30	1,08	1,01	0,79
150	1,24			0,66
200	1,21			0,58
300	1,18			0,48
500	1,15			0,38
750				0,31
1000				0,27
1500				0,23
2500				0,18
5000				0,13
10000				0,09

7.3. táblázat: Szilárd- és biomassza tüzelés teljesítménytényezője, $\varepsilon_F [-]$

Vegyes tüzelésű kazán	Tűzifa (hasábfa) tüzelésű kazán	Pellettüzelésű kazán	Faalgázosító kazán
1,85	1,75	1,1	1,2

A táblázatban egyes értékek a korábbiakhoz képest módosultak.

7.4. táblázat: Szilárd- és biomassza tüzelés segédenergia igénye $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}} [kWh/m^2\acute{e}v]$

Alapterületig $A_{rszr} [m^2]$	Vegyes tüzelésű kazán (szabályozó nélkül)	Tűzifa (hasábfa) tüzelésű 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

7.1.1.3 Részletes módszer

Részletes módszerként használható az MSZ EN 15316-4-1 szabvány, mely a következőkben ismertetett módszereken alapuló lehetőségeket kínálja. *Alkalmazása többek között akkor ajánlott, ha jelentős túlméretezés, alulméretezés tapasztalható vagy bivalens az üzem.*

7.1.1.3.1 Szabványos tervezési értékeken alapuló részletes módszer

Amennyiben a konkrét készülék szezonális hatásfokáról nem áll rendelkezésre minősített iratokon alapuló vagy mért adat, akkor az MSZ EN 15316-4-1 szabvány által ismertetett szabványos értékeken (default values) alapuló módszer alkalmazható. A kazánok teljesítménytényezője a

$$\varepsilon_F = \varepsilon_{gen} = \frac{E_{gen,in}}{Q_{gen,out}} \quad (7.2)$$

képlettel határozható meg (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva), a villamos segédenergiaigény pedig értéke pedig a $W_{F,term} = W_{HW;gen,aux}$.

7.1.1.3.2 Gyártói adatszolgáltatáson alapuló részletes módszer

A gyártói adatszolgáltatás (product values) használható továbbá, ha a szezonális hatásfok értékek / teljesítménytényezők meghatározása szabványos eljárás szerint történt. A szabvány hivatkozását ebben az esetben a számítási dokumentációban fel kell tüntetni.

7.1.1.3.3 Mérésen alapuló részletes módszer

Az MSZ EN 15316-4-1 szabvány szerint lehetőség van a szezonális hatásfok (measured values) méréses meghatározására előírt módszertan szerint.

7.1.2 Hőszivattyúk

7.1.2.1 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatálya alá eső készülékek)

Az alábbi egyszerűsített módszert akkor kell alkalmazni, ha a készülék a 2010/30/EU európai parlamenti és tanácsi irányelven (ErP) alapuló 811/2013/EU felhatalmazáson alapuló rendelet (2013. február 18.) hatálya alá tartozik.

A teljesítménytényező a 811/2013/EU rendelete szerint a készülékre kiállított energiacímkén szereplő általános/mérsékelt klímára meghatározott szezonális hatásfok érték reciproka (η_s):

$$\varepsilon_F = \frac{1}{2,5 \cdot \eta_s} \quad (7.3)$$

A módszer csak közelítés, ugyanúgy mint a másik egyszerűsített módszer, de jobban kifejezi a különböző készülékek közti minőségi különbségeket. A 2,5-es szorzó oka az, hogy az EU rendelet szerint számított szezonális hatásfok képletében figyelembe veszik a használt energiahordozó (villamos energia) primer energia tartalmának hatását egységesen 2,5-es értékkel ($\sim SCOP/2,5$). Értelemszerűen, ha az ErP rendeletben a 2,5-es szorzó változik, amire van esély, akkor az új értékkel kell számolni.

Az eljárás helyett részletes módszer alkalmazható, de a 7.1.2.2 szerinti egyszerűsített módszer nem.

A készülék villamos segédenergia igényét ezen eljárás esetén nem szabad figyelembe venni, *mert azt már a szezonális hatásfok tartalmazza.*

7.1.2.2 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatályán kívüli készülékek)

Elektromos üzemű hőszivattyúk esetén a ε_F teljesítménytényező a szezonális teljesítménytényező (SCOP, SPF) reciproka: $\varepsilon_F = 1/SCOP$.

7.5. táblázat: Elektromos üzemű hőszivattyúk teljesítménytényezője, ε_F

Hőforrás / Fűtőközeg	Fűtővíz hőmérséklete	Teljesítménytényező ε_F [-]
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 (hővisszanyerő nélkül)	55/45	0,30
	35/28	0,24

A táblázatban egyes értékek a korábbiakhoz képest módosultak.

7.6. táblázat: Földgáz üzemű hőszivattyúk teljesítménytényezője, ε_F

Hőforrás / Fűtőközeg	Fűtővíz hőmérséklete	Teljesítménytényező ε_F [-]
Levegő/Víz	45/40	0,58

7.1.2.3 Részletes módszer

Részletes módszerként elfogadható az MSZ-EN-15316-4-2:2017 szabvány alkalmazása. A hőszivattyúk teljesítménytényezője a

$$\varepsilon_F = \frac{E_{HW;gen,in}}{Q_{HW;gen,out}} \quad (7.4)$$

képlettel határozható meg (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva), a villamos segédenergiaigény pedig értéke pedig a $W_{HW;gen,aux}$. A számítást a teljes fűtési szezonra kell elvégezni rövidebb intervallumokra bontva azt, mégpedig úgy, hogy a fűtési célú üzemhez köthető energia mennyiségek szerepeljenek a számlálóban és a nevezőben. A számítási intervallumok és az üzemmódok közti bontás módjáról a szabvány rendelkezik.

A 15316-4-2:2017 szabvány szerinti számításhoz a hőszivattyú készülékek szabványos üzemállapotaihoz tartozó paramétereket a gyártó szolgáltathatja például az alábbi szabványok által definiált mérési eljárások szerint:

Fűtési üzem:

MSZ EN 14825, Helyiségfűtő és -hűtő villamos kompresszoros légkondicionálók, folyadékhűtők, hőszivattyúk. Részterhelési feltételek melletti vizsgálat és értékelés, valamint a szezonális teljesítőképesség számítása

MSZ EN 14511-3, Helyiségfűtő és -hűtő villamos kompresszoros légkondicionáló

berendezések, folyadékhűtők és hőszivattyúk. 3. rész: Vizsgálati módszerek

MSZ EN 12309-4, Gáztüzelésű, legfeljebb 70 kW fűtőértékre számolt hőterhelésű szorpciós készülékek hűtéshez és/vagy fűtéshez. 4. rész: Vizsgálati módszerek

HMV üzem

MSZ EN 16147, Villamos kompresszoros hőszivattyúk. Használati meleg vizes egységek megjelölésének vizsgálata, teljesítményértékelése és követelményei

MSZ EN 12309-6, Gáztüzelésű, legfeljebb 70 kW fűtőértékre számolt hőterhelésű szorpciós készülékek hűtéshez és/vagy fűtéshez. 6. rész: A szezonális hatékonyság számítása

A szabvány hivatkozását ebben az esetben a számítási dokumentációban fel kell tüntetni.

7.1.3 Távhőszolgáltatás

Távhőszolgáltatás esetén a teljesítménytényező: $\varepsilon_F=1,01$, a hőtermelés villamos segédenergia igénye hőközpontonként: 215 kWh/év.

A teljesítménytényező lényegében a hőcserélő hatékonyságát fejezi ki, a távhőrendszer primer oldali hatékonysága a primer energia tényezőben kerül kifejezésre. Tapasztalatok szerint mérettől függetlenül hasonlóan alakul a hőközpontok segédenergia igénye, ráadásul annak rendszeralapterület egységre vetített fajlagos értéke szinte elhanyagolható.

7.1.4 Egyedi és direkt elektromos fűtések

7.1.4.1 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatálya alá eső készülékek)

Az alábbi egyszerűsített módszert akkor kell alkalmazni, ha a készülék a 2010/30/EU európai parlamenti és tanácsi irányelven (ErP) alapuló 811/2013/EU felhatalmazáson alapuló rendelete (2013. február 18.) hatálya alá tartozik.

Nem elektromos üzemű készülékek esetén a teljesítménytényező a 811/2013/EU rendelete szerint a készülékre kiállított energiacímkén szereplő szezonális hatásfok érték reciproka (η_s):

$$\varepsilon_F = \frac{1}{\eta_s} \quad (7.5)$$

Elektromos fűtés esetén:

$$\varepsilon_F = \frac{1}{2,5 \cdot \eta_s} \quad (7.6)$$

A 2,5-es szorzó oka az, hogy az EU rendelet szerint számított szezonális hatásfok képletében figyelembe veszik a használt energiahordozó (villamos energia) primer energia tartalmának

hatását egységesen 2,5-es értékkel. Értelmszerűen, ha az ErP rendeletben a 2,5-es szorzó változik, amire van esély, akkor az új értékkel kell számolni.

Az eljárás helyett részletes módszer alkalmazható, de a 7.1.4.2 szerinti egyszerűsített módszer nem.

A készülék villamos segédenergia igényét ezen eljárás esetén nem kell figyelembe venni.

7.1.4.2 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatályán kívüli készülékek)

7.7. táblázat: Egyéb berendezések teljesítménytényezője, ε_F

Hőforrás / Fűtőközeg	Teljesítménytényező ε_F [-]
Elektromos hőszugárzó	1,00
Elektromos kazán	1,11
Elektromos hőtárolós kályha ¹⁾	1,03
Fatüzelésű cserépkályha	1,60
Kandalló (zárt, hagyományos)	1,80
Egyedi fűtés kályhával	1,90
Kandalló (nyitott, hagyományos)	4,00
Hőmérséklet szabályozó nélküli, vagy csak folyamatos hőmérséklet szabályozásra képes gázkonvektorok (A készülék nem képes a csökkentett gázterhelés állapotából a főgőg kikapcsolt állapotába kapcsolni.)	1,40
Kombinált hőmérséklet szabályozással ellátott, hagyományos gázkonvektor (A készülék képes a csökkentett gázterhelés állapotából a főgőg kikapcsolt állapotába kapcsolni.)	1,32
Kombinált hőmérséklet szabályozóval ellátott és szakaszos gáz-levegő arányszabályozást megvalósító nyílt égésterű, gravitációs kéménybe kötött gázkonvektorok, amelyek csökkentett terhelésen mért hatásfoka legalább 89%.	1,12
Kombinált hőmérséklet szabályozóval ellátott és szakaszos gáz-levegő arányszabályozást megvalósító külsőfali gázkonvektorok, amelyek csökkentett terhelésen mért hatásfoka legalább 93%.	1,07

- 1) Elektromos üzemű hőtárolós kályhánál a ventilátor energiafelhasználását a teljesítménytényező már tartalmazza.

Egyes direkt elektromos fűtési megoldásoknak 1-hez közeli kiváló teljesítménytényezője és kedvező beruházási költsége van. Ez azonban a fő indikátorokra, azaz primer energiára és CO₂-re vonatkozóan csak akkor jelent hatékony megoldást, ha a működéshez használt villamos energia nagyrészt megújuló energiaforrásból származik. A hálózati villamos energia viszonylag magas egységára miatt gazdaságossági szempontból is csak különleges esetben (pl. ritkán használt terek fűtése) lehet indokolt az alkalmazásuk.

7.1.4.3 Részletes módszer

Nem víz hőhordozójú egyedi fűtésekre részletes módszerként elfogadható az MSZ-EN-15316-4-8:2017 szabvány alkalmazása. A teljesítménytényező a

$$\varepsilon_F = \frac{E_{H;gen,in}}{Q_{H;gen,out}} \quad (7.7)$$

képlettel határozható meg (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva), a villamos segédenergiaigény pedig értéke pedig a $W_{F,term} = W_{H;gen,aux}$.

8 A fűtési rendszer energiaszámítása

8.1 A fűtési rendszer által fedezett nettó hőenergia igény

A nettó fűtési energiaigény különböző alrendszerek által fedezhető. Az alrendszerek energiaszámítását külön-külön kell meghatározni és a végén energiahordozónként kell összegezni. Az alrendszerekhez tartozó lefedési arányokat a 7. pontban leírtak szerint kell meghatározni. Ha a zónában légfűtés is van, és a befűtési hőmérséklet ismert, akkor a légfűtés által fedezett energiaigény meghatározható a 10.1.2. pontban leírtak szerint.

Ha a vizsgált zónában léghevítő is van, akkor a vizsgált fűtési alrendszerhez tartozó nettó fűtési energiaigény nem léghevítés által fedezett része:

$$Q_{F,net,FR} = Q_{F,net} - Q_{F,LT,net} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (8.1)$$

ahol

$Q_{F,net}$ A vizsgált zónában (a vizsgált fűtési alrendszer és a léghevítő által együttesen) fedezendő nettó fűtési igény szezonra összesített értéke

$Q_{F,LT,net}$ Ugyanazon zónában a nettó fűtési hőigény léghevítő által fedezett része (ld. 10.1.2. pont) [kWh].

Ha az alapfűtést nem a légfűtés biztosítja, akkor először az alapfűtés által fedezett hányad határozandó meg (pl. a padlófűtés által fedezhető energia mennyiség). A különböző szabályozás beállítási lehetőségek más-más eredményt adhatnak. Ezek közül a legjobb eredményt adó megoldást kell megtalálni.

A $Q_{F,net,FR}$ értékére adódó esetleges negatív érték azt jelenti, hogy a légfűtés által bevitt hőmennyiség meghaladja az épület fűtési hőenergia igényét, ami jól szigetelt épületek esetén könnyen előfordulhat. Mivel ez túlfűtést eredményezne a szellőző levegő befűtési hőmérsékletét addig kell csökkenteni, amíg a $Q_{F,net}$ értéke legalább zérus nem lesz. Ha a befűtési hőmérséklet további csökkentése komfort megfontolások miatt nem megengedhető, akkor is zérus $Q_{F,net,FR}$ értéket kell alkalmazni és a kiadódott negatív értéket additív nettó hűtési igényként kell figyelembe venni, ugyanis ezt jelenti, hogy a légfűtés kompenzálására hűteni is kell. *A probléma pontosabb számítására ajánlható a részletes órai módszer.*

8.2 A fűtés végső hő- és villamos energia fogyasztása

A fűtés fajlagos végső hő- és villamos energiaigényét energiahordozónként kell meghatározni külön a hő- és villamos energiára a következő összefüggések alapján:

$$Q_{F,vég,j} = \sum (Q_{F,net,FR} \cdot \varepsilon_{F,szab} + Q_{F,szall} + Q_{F,tár}) \cdot \varepsilon_F \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (8.2)$$

A képletben a szumma jel azt jelenti, hogy a különböző (de azonos energiahordozóval ellátott rendszerekkel rendelkező) zónák energiaigényét összegezni kell, továbbá ha egy zónában többféle (de azonos energiahordozóval ellátott rendszerekkel rendelkező) rendszer együttes üzeme valósul meg, akkor az azok által bevitt energiamennyiségek is összegzendők.

A fűtés villamos segédenergia igényének meghatározásához a szabályozás, az elosztás, a tárolás és a hőtermelő villamos segédenergia igényét kell összegezni.

$$W_{F,vég} = \Sigma(W_{F,sziv} + W_{F,tár} + W_{F,term}) \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (8.3)$$

A képletben a szumma jel azt jelenti, hogy a különböző zónák villamos energiaigényét összegezni kell, továbbá ha egy zónában többféle rendszer együttes üzeme valósul meg, akkor azok villamos segédenergiaigényei is összegzendők.

8.3 Hőtermelők teljesítménytényezője és villamos segédenergia igénye

8.3.1 Kazánok

8.3.1.1 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatálya alá eső készülékek)

Az alábbi egyszerűsített módszert akkor kell alkalmazni, ha a készülék a 2010/30/EU európai parlamenti és tanácsi irányelven (ErP) alapuló 811/2013/EU felhatalmazáson alapuló rendelete (2013. február 18.) hatálya alá tartozik és nem elektromos üzemű. Ebbe beletartoznak a legfeljebb 400 kW mért hőteljesítményű helyiségfűtő berendezések és kombinált fűtőberendezések, a legfeljebb 70 kW mért hőteljesítményű helyiségfűtő berendezések, melyeket 2015. szeptember 26. után hozták forgalomba (a felsorolás nem teljeskörű).

A teljesítménytényező a 811/2013/EU rendelete szerint a készülékre kiállított energiacímkén szereplő (égéshővel meghatározott) szezonális hatásfok érték reciproka (η_s):

$$\varepsilon_F = \frac{1}{\eta_s} \quad (8.4)$$

Az eljárás helyett részletes módszer alkalmazható, de a 7.1.1.2 szerinti egyszerűsített módszer nem. *Tehát nem szabad ErP alapon vett hatásfokkal számolni a 7.1.1.2 szerint, aminek oka az, hogy így tudjuk elkerülni a villamos segédenergiaigények kétszeres figyelembe vételét.*

A készülék villamos segédenergia igényét ezen eljárás esetén nem kell figyelembe venni.

Az ErP rendeletek is leegyszerűsítve határozzák meg a szezonális hatásfokot, mely nem veszi figyelembe a túlméretezés, alulméretezés hatását. Gázkazánoknál csak két részterhelésre, hőszivattyúknál négy külső hőmérsékletre vonatkozó hatékonysági mutatók súlyozott átlagát képezve számítódik a hatásfok. Ennek ellenére a különböző korszerű hőtermelők közti minőségi különbségek figyelembe vételére alkalmasabb, mint a másik egyszerűsített módszer.

8.3.1.2 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatálya alá nem eső készülékek)

A teljesítménytényező meghatározásához azt az alapterületet kell figyelembe venni, amelynek fűtésére az adott berendezés szolgál. (Erre különösen olyan társasházaknál kell figyelni, ahol lakásonkénti vagy helyiségenkénti hőtermelők vannak beépítve.)

8.1. táblázat: A fűtött téren kívül elhelyezett folyékony és gáznemű tüzelőanyagokkal üzemelő kazánok teljesítménytényezői, ε_F és segédenergia igénye, $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}}$

	Teljesítménytényezők ε_F [-]			Segédenergia $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}}$ [kWh/m ² év]
Alapterület A_{rszr} [m ²]	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

8.2. táblázat: A fűtött téren belül elhelyezett folyékony és gáznemű tüzelőanyagokkal üzemelő kazánok teljesítménytényezői, ε_F és segédenergia igénye, $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}}$

	Teljesítménytényezők ε_F [-]			Segédenergia $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}}$ [kWh/m ² év]
Alapterület A_{rszr} [m ²]	Állandó hőmérsékletű kazán	[kWh/m ² év]	Kondenzációs kazán	
100	1,30	1,08	1,01	0,79
150	1,24			0,66
200	1,21			0,58
300	1,18			0,48
500	1,15			0,38
750				0,31
1000				0,27
1500				0,23
2500				0,18
5000				0,13
10000				0,09

8.3. táblázat: Szilárd- és biomassza tüzelés teljesítménytényezője, ε_F [-]

Vegyes tüzelésű kazán	Tűzifa (hasábfa) tüzelésű kazán	Pellettüzelésű kazán	Faellgázosító kazán
1,85	1,75	1,1	1,2

A táblázatban egyes értékek a korábbiakhoz képest módosultak.

8.4. táblázat: Szilárd- és biomassza tüzelés segédenergia igénye $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}}$ [kWh/m²év]

Alapterületig A_{rszr} [m ²]	Vegyes tüzelésű kazán (szabályozó nélkül)	Tűzifa (hasábfa) tüzelésű 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

8.3.1.3 Részletes módszer

Részletes módszerként használható az MSZ EN 15316-4-1 szabvány, mely a következőkben ismertetett módszereken alapuló lehetőségeket kínálja. *Alkalmazása többek között akkor ajánlott, ha jelentős túlméretezés, alulméretezés tapasztalható vagy bivalens az üzem.*

8.3.1.3.1 Szabványos tervezési értékeken alapuló részletes módszer

Amennyiben a konkrét készülék szezonális hatásfokáról nem áll rendelkezésre minősített iratokon alapuló vagy mért adat, akkor az MSZ EN 15316-4-1 szabvány által ismertetett szabványos értékeken (default values) alapuló módszer alkalmazható. A kazánok teljesítménytényezője a

$$\varepsilon_F = \varepsilon_{gen} = \frac{E_{gen,in}}{Q_{gen,out}} \quad (8.5)$$

képlettel határozható meg (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva), a villamos segédenergiaigény pedig értéke pedig a $W_{F,term} = W_{HW;gen,aux}$.

8.3.1.3.2 Gyártói adatszolgáltatáson alapuló részletes módszer

A gyártói adatszolgáltatás (product values) használható továbbá, ha a szezonális hatásfok értékek / teljesítménytényezők meghatározása szabványos eljárás szerint történt. A szabvány hivatkozását ebben az esetben a számítási dokumentációban fel kell tüntetni.

8.3.1.3.3 Mérésen alapuló részletes módszer

Az MSZ EN 15316-4-1 szabvány szerint lehetőség van a szezonális hatásfok (measured values) méréses meghatározására előírt módszertan szerint.

8.3.2 Hőszivattyúk

8.3.2.1 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatálya alá eső készülékek)

Az alábbi egyszerűsített módszert akkor kell alkalmazni, ha a készülék a 2010/30/EU európai parlamenti és tanácsi irányelven (ErP) alapuló 811/2013/EU felhatalmazáson alapuló rendelet (2013. február 18.) hatálya alá tartozik.

A teljesítménytényező a 811/2013/EU rendelete szerint a készülékre kiállított energiacímkén szereplő általános/mérsékelt klímára meghatározott szezonális hatásfok érték reciproka (η_s):

$$\varepsilon_F = \frac{1}{2,5 \cdot \eta_s} \quad (8.6)$$

A módszer csak közelítés, ugyanúgy mint a másik egyszerűsített módszer, de jobban kifejezi a különböző készülékek közti minőségi különbségeket. A 2,5-es szorzó oka az, hogy az EU rendelet szerint számított szezonális hatásfok képletében figyelembe veszik a használt energiahordozó (villamos energia) primer energia tartalmának hatását egységesen 2,5-es értékkel ($\sim SCOP/2,5$). Értelemszerűen, ha az ErP rendeletben a 2,5-es szorzó változik, amire van esély, akkor az új értékkel kell számolni.

Az eljárás helyett részletes módszer alkalmazható, de a 7.1.2.2 szerinti egyszerűsített módszer nem.

A készülék villamos segédenergia igényét ezen eljárás esetén nem szabad figyelembe venni, *mert azt már a szezonális hatásfok tartalmazza.*

8.3.2.2 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatályán kívüli készülékek)

Elektromos üzemű hőszivattyúk esetén a ε_F teljesítménytényező a szezonális teljesítménytényező (SCOP, SPF) reciproka: $\varepsilon_F = 1/SCOP$.

8.5. táblázat: Elektromos üzemű hőszivattyúk teljesítménytényezője, ε_F

Hőforrás / Fűtőközeg	Fűtővíz hőmérséklete	Teljesítménytényező ε_F [-]
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 (hővisszanyerő nélkül)	55/45	0,30
	35/28	0,24

A táblázatban egyes értékek a korábbiakhoz képest módosultak.

8.6. táblázat: Földgáz üzemű hőszivattyúk teljesítménytényezője, ε_F

Hőforrás / Fűtőközeg	Fűtővíz hőmérséklete	Teljesítménytényező ε_F [-]
Levegő/Víz	45/40	0,58

8.3.2.3 Részletes módszer

Részletes módszerként elfogadható az MSZ-EN-15316-4-2:2017 szabvány alkalmazása. A hőszivattyúk teljesítménytényezője a

$$\varepsilon_F = \frac{E_{HW;gen,in}}{Q_{HW;gen,out}} \quad (8.7)$$

képlettel határozható meg (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva), a villamos segédenergiaigény pedig értéke pedig a $W_{HW;gen,aux}$. A számítást a teljes fűtési szezonra kell elvégezni rövidebb intervallumokra bontva azt, mégpedig úgy, hogy a fűtési célú üzemhez köthető energia mennyiségek szerepeljenek a számlálóban és a nevezőben. A számítási intervallumok és az üzemmódok közti bontás módjáról a szabvány rendelkezik.

A 15316-4-2:2017 szabvány szerinti számításhoz a hőszivattyú készülékek szabványos üzemállapotaihoz tartozó paramétereket a gyártó szolgáltathatja például az alábbi szabványok által definiált mérési eljárások szerint:

Fűtési üzem:

MSZ EN 14825, Helyiségfűtő és -hűtő villamos kompresszoros légkondicionálók, folyadékhűtők, hőszivattyúk. Részterhelési feltételek melletti vizsgálat és értékelés, valamint a szezonális teljesítőképesség számítása

MSZ EN 14511-3, Helyiségfűtő és -hűtő villamos kompresszoros légkondicionáló

berendezések, folyadékhűtők és hőszivattyúk. 3. rész: Vizsgálati módszerek

MSZ EN 12309-4, Gáztüzelésű, legfeljebb 70 kW fűtőértékre számolt hőterhelésű szorpciós készülékek hűtéshez és/vagy fűtéshez. 4. rész: Vizsgálati módszerek

HMV üzem

MSZ EN 16147, Villamos kompresszoros hőszivattyúk. Használati meleg vizes egységek megjelölésének vizsgálata, teljesítményértékelése és követelményei

MSZ EN 12309-6, Gáztüzelésű, legfeljebb 70 kW fűtőértékre számolt hőterhelésű szorpciós készülékek hűtéshez és/vagy fűtéshez. 6. rész: A szezonális hatékonyság számítása

A szabvány hivatkozását ebben az esetben a számítási dokumentációban fel kell tüntetni.

8.3.3 Távhőszolgáltatás

Távhőszolgáltatás esetén a teljesítménytényező: $\varepsilon_F=1,01$, a hőtermelés villamos segédenergia igénye hőközpontonként: 215 kWh/év.

A teljesítménytényező lényegében a hőcserélő hatékonyságát fejezi ki, a távhőrendszer primer oldali hatékonysága a primer energia tényezőben kerül kifejezésre. Tapasztalatok szerint mérettől függetlenül hasonlóan alakul a hőközpontok segédenergia igénye, ráadásul annak rendszeralapterület egységre vetített fajlagos értéke szinte elhanyagolható.

8.3.4 Egyedi és direkt elektromos fűtések

8.3.4.1 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatálya alá eső készülékek)

Az alábbi egyszerűsített módszert akkor kell alkalmazni, ha a készülék a 2010/30/EU európai parlamenti és tanácsi irányelven (ErP) alapuló 811/2013/EU felhatalmazáson alapuló rendelete (2013. február 18.) hatálya alá tartozik.

Nem elektromos üzemű készülékek esetén a teljesítménytényező a 811/2013/EU rendelete szerint a készülékre kiállított energiacímkén szereplő szezonális hatásfok érték reciproka (η_s):

$$\varepsilon_F = \frac{1}{\eta_s} \quad (8.8)$$

Elektromos fűtés esetén:

$$\varepsilon_F = \frac{1}{2,5 \cdot \eta_s} \quad (8.9)$$

A 2,5-es szorzó oka az, hogy az EU rendelet szerint számított szezonális hatásfok képletében figyelembe veszik a használt energiahordozó (villamos energia) primer energia tartalmának

hatását egységesen 2,5-es értékkel. Értelmszerűen, ha az ErP rendeletben a 2,5-es szorzó változik, amire van esély, akkor az új értékkel kell számolni.

Az eljárás helyett részletes módszer alkalmazható, de a 7.1.4.2 szerinti egyszerűsített módszer nem.

A készülék villamos segédenergia igényét ezen eljárás esetén nem kell figyelembe venni.

8.3.4.2 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatályán kívüli készülékek)

8.7. táblázat: Egyéb berendezések teljesítménytényezője, ε_F

Hőforrás / Fűtőközeg	Teljesítménytényező ε_F [-]
Elektromos hőszugárzó	1,00
Elektromos kazán	1,11
Elektromos hőtárolós kályha ¹⁾	1,03
Fatüzelésű cserépkályha	1,60
Kandalló (zárt, hagyományos)	1,80
Egyedi fűtés kályhával	1,90
Kandalló (nyitott, hagyományos)	4,00
Hőmérséklet szabályozó nélküli, vagy csak folyamatos hőmérséklet szabályozásra képes gázkonvektorok (A készülék nem képes a csökkentett gázterhelés állapotából a főgőg kikapcsolt állapotába kapcsolni.)	1,40
Kombinált hőmérséklet szabályozással ellátott, hagyományos gázkonvektor (A készülék képes a csökkentett gázterhelés állapotából a főgőg kikapcsolt állapotába kapcsolni.)	1,32
Kombinált hőmérséklet szabályozóval ellátott és szakaszos gáz-levegő arányszabályozást megvalósító nyílt égésterű, gravitációs kéménybe kötött gázkonvektorok, amelyek csökkentett terhelésen mért hatásfoka legalább 89%.	1,12
Kombinált hőmérséklet szabályozóval ellátott és szakaszos gáz-levegő arányszabályozást megvalósító külsőfali gázkonvektorok, amelyek csökkentett terhelésen mért hatásfoka legalább 93%.	1,07

- 2) Elektromos üzemű hőtárolós kályhákban a ventilátor energiafelhasználását a teljesítménytényező már tartalmazza.

Egyes direkt elektromos fűtési megoldásoknak 1-hez közeli kiváló teljesítménytényezője és kedvező beruházási költsége van. Ez azonban a fő indikátorokra, azaz primer energiára és CO₂-re vonatkozóan csak akkor jelent hatékony megoldást, ha a működéshez használt villamos energia nagyrészt megújuló energiaforrásból származik. A hálózati villamos energia viszonylag magas egységára miatt gazdaságossági szempontból is csak különleges esetben (pl. ritkán használt terek fűtése) lehet indokolt az alkalmazásuk.

8.3.4.3 Részletes módszer

Nem víz hőhordozójú egyedi fűtések részletes módszerként elfogadható az MSZ-EN-15316-4-8:2017 szabvány alkalmazása. A teljesítménytényező a

$$\varepsilon_F = \frac{E_{H;gen,in}}{Q_{H;gen,out}} \quad (8.10)$$

képlettel határozható meg (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva), a villamos segédenergiaigény pedig értéke pedig a $W_{F,term} = W_{H;gen,aux}$.

8.4 Napkollektorok

Napkollektoros fűtésrámegítés számítása egyszerűsített módszerrel nem lehetséges, így ebben az esetben javasolt az MSZ EN 15316-4-3 szabvány alkalmazása a rendeletben megadott meteorológiai adatbázis felhasználásával.

Hazánkban célszerű a napkollektorokat inkább melegvízkészítésre, esetleg nyári medencefűtésre tervezni. Fűtési célú alkalmazás akkor merülhet fel, ha a melegvízigények teljes fedezésén felül további kapacitás is rendelkezésre áll a fűtési idényben, ami általában gazdaságosan nem valósítható meg.

8.5 A hőelosztás veszteségei

8.5.1 Egyszerűsített módszer

8.8. táblázat: A hőelosztás fajlagos veszteségei az alapterület és a rendszer méretezési hőfoklépcső függvényében, $\frac{Q_{F,sz\ddot{a}ll}}{A_{rszr}}$ (vízszintes elosztóvezetékek a fűtött téren kívül)

Alapterületig A_{rszr} [m ²]	A hőelosztás veszteségei $\frac{Q_{F,sz\ddot{a}ll}}{A_{rszr}}$ [kWh/m ² év] 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
> 500	4,6	3,4	2,5	1,1

A táblázattól eltérő hőfoklépcső esetén a közepes hőmérsékletkülönbségre viszonyított lineáris interpolációval kell meghatározni a hőelosztás veszteségét. Fan coilos rendszerek esetén az ajánlott érték 70/55 °C, vagy 55/45 °C.

8.9. táblázat: A hőelosztás fajlagos veszteségei az alapterület és a rendszer méretezési hőfoklépcső függvényében, $\frac{Q_{F,sz\ddot{a}ll}}{A_{rszr}}$ (vízszintes elosztóvezetékek a fűtött téren belül)

Alapterületig A_{rszr} [m ²]	A hőelosztás veszteségei $\frac{Q_{F,sz\ddot{a}ll}}{A_{rszr}}$ [kWh/m ² év] 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
> 500	2,7	1,9	1,3	0,5

A táblázattól eltérő hőfoklépcső esetén a közepes hőmérsékletkülönbségre viszonyított lineáris interpolációval kell meghatározni a hőelosztás veszteségét. Fan coilos rendszerek esetén az ajánlott érték 70/55 °C, vagy 55/45 °C.

Részrendszer esetén a táblázatokból kiolvasható értékeket a részrendszerhez tartozó nettó hőigény és az épület teljes nettó fűtési igényének hányadosával meg kell szorozni.

Tehát, ha például egy 300 m²-es épületnél a nettó fűtési igény 75%-át egy 70/55 °C-os (A), 25%-át pedig egy 35/28 °C (B) paraméterű elosztórendszer biztosítja, akkor a táblázatból kiolvasható elosztási veszteségek 2,1 (A) és 0,5 (B) $\frac{kWh}{m^2 \cdot év}$, és a számítás módja pedig

$$Q_{F,vég,A} = \Sigma(Q_{F,net,FR,A} \cdot \varepsilon_{F,szab,A} + Q_{F,szall,A} + Q_{F,tár,A}) \cdot \varepsilon_{F,A} = \Sigma(0,75 \cdot Q_{F,net,FR} \cdot \varepsilon_{F,szab,A} + 2,1 \cdot 0,75 + Q_{F,tár,A}) \cdot \varepsilon_{F,A} \quad (9.11)$$

illetve

$$Q_{F,vég,B} = \Sigma(Q_{F,net,FR,B} \cdot \varepsilon_{F,szab,B} + Q_{F,szall,B} + Q_{F,tár,B}) \cdot \varepsilon_{F,B} = \Sigma(0,25 \cdot Q_{F,net,FR} \cdot \varepsilon_{F,szab,B} + 0,5 \cdot 0,25 + Q_{F,tár,B}) \cdot \varepsilon_{F,B} \quad (9.12)$$

8.5.2 Részletes módszer

Részletes módszerként alkalmazható az MSZ-EN-15316-3:2017 szabvány. Az elosztási veszteségek a

$$Q_{F,szall} = Q_{H,dis,ls} \quad (8.13)$$

összefüggéssel határozhatók meg (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva).

8.6 A teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteségek

A hőtermelő rendszer teljesítményének folyamatosan követnie kell az épület változó hőigényét. Ha nincsen összhang a hőtermelő rendszer teljesítménye az épület pillanatnyi igénye között, az a hőtermelés veszteségeit növeli. Az épület különböző helyiségeiben a hőigények egymástól eltérő módon alakulnak, a szabályozásnak ezt is követnie kell. Amennyiben a szabályozás nem megfelelő, a helyiségek komfortja sem lesz az. A túlfűtés többlet-veszteséget jelent. Ha egyes helyiségekben alulfűtés jelentkezik, a felhasználók előbb-utóbb beavatkoznak a szabályozás működésébe. Mire a legkedvezőtlenebb helyiség hőmérsékletét is megfelelőnek ítélik, a többi helyiségben már túlfűtés jelentkezik.

A szabályozás, és annak esetleges hiányosságai hatását az $\varepsilon_{F,szab}$ szabályozási veszteségtényező veszi figyelembe.

8.6.1 Egyszerűsített módszer

8.6.1.1 Elosztóhálózattal rendelkező fűtési rendszerek

A szabályozási veszteségtényező egy alapértékből és további korrekciós tényezőkből áll össze. A korrekciós tényezők pozitív és negatív értéket is felvehetnek. A nagyobb korrekciós értékek rontják, a negatív értékek javítják az energetikai értékelést.

A $\varepsilon_{F,szab}$ szabályozási veszteségtényező az alapértékből korrekciós tényezők hozzáadásával/kivonásával határozható meg:

$$\varepsilon_{F,szab} = \varepsilon_{F,szab,0} + \varepsilon_{F,szab,1} + \varepsilon_{F,szab,2} + \varepsilon_{F,szab,3} + \varepsilon_{F,szab,4} \quad (8.14)$$

Szabad fűtőfelületek

A 8.10. táblázat a szabad fűtőfelületekre tartalmazza az $\varepsilon_{F,szab,0}$ szabályozási veszteségtényezőit és az $\varepsilon_{F,szab,1}$, $\varepsilon_{F,szab,2}$, $\varepsilon_{F,szab,3}$ korrekciós tényezőket.

A szabályozási veszteségtényező $\varepsilon_{F,szab,0}$ alapértékét a hőtermelő szabályozása alapján lehet megállapítani.

Amennyiben a hőtermelő automatikus szabályozás nélkül üzemel, vagy a hőtermelő rendelkezik ugyan központi előremenő hőmérséklet szabályozással, de a helyiségeknek nincsen önálló szabályozásuk, akkor $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,149$.

Amennyiben a hőtermelő szabályozása egy alkalmasan választott referencia helyiségre, szobatermosztát alapján történik, és ez a szabályozó tiszta arányos (P) működésű, vagy a szabályozás típusát nem lehet megállapítani, akkor $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,083$.

Ha a szabályozás referencia helyiségre történik, de a szabályozó PI (arányos integráló) működésű, ami a referencia helyiség hőmérsékletét maradó hiba nélkül képes szabályozni, akkor $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,042$.

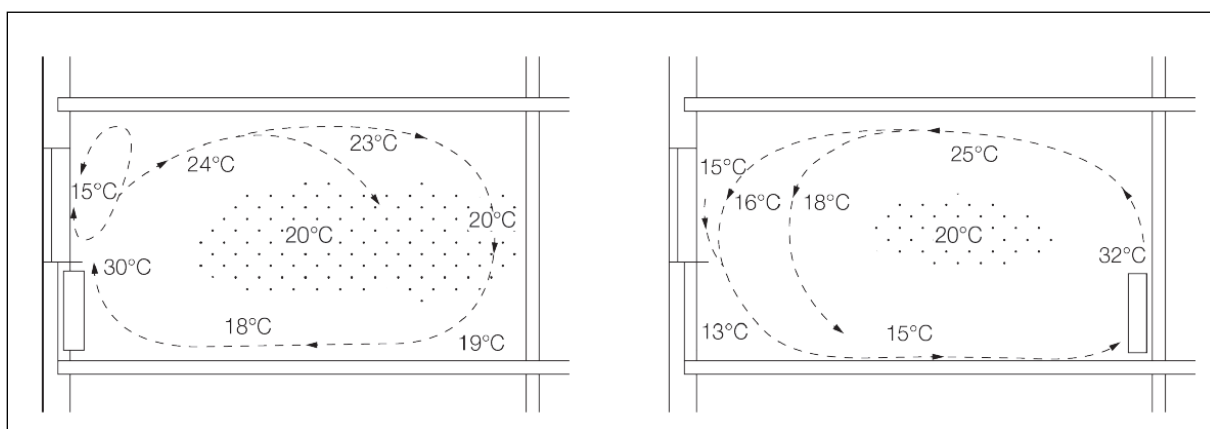
Ha a központi előremenő hőmérséklet szabályozáshoz helyiségenkénti hőmérséklet szabályozás (pl. radiátorok termosztatikus szelepes szabályozása) tartozik, akkor $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,042$.

Ha a szabályozás referencia helyiségre történik, és valamilyen optimalizációs funkcióval is rendelkezik, például helyiségenkénti jelenlét érzékelővel vagy valamilyen más adaptív (a helyiségek eltérő és időben változó igényéhez a szabályozási paraméterek automatikus változtatásával illeszkedni képes szabályozóval), akkor $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,030$.

Az $\varepsilon_{F,szab,1}$ első korrekciós tényező a közepes méretezési hőmérsékletkülönbség hatását veszi figyelembe. Fontos, hogy méretezési, nem pedig pillanatnyi állapotról van szó. Az 1. korrekciós tényező értéke jellemzően pozitív, azaz rontja az energetikai értékelést. Minél magasabb a névleges előremenő hőmérséklet, a besorolás annál kedvezőtlenebb. A kétsöves és a felújított (beszabályozott, átkötőszakasszal és termosztatikus szelepes radiátor szabályozással rendelkező) egycsöves fűtések értékelése kedvezőbb, mint a felújítatlan egycsöves fűtéseké. Ha a rendszer névleges hőmérsékletei eltérnek a táblázatban szereplőtől, akkor a közelebbi értéket

kell választani. A választás szempontjából a logaritmikus hőfokkülönbség értéke a mérvadó. Ventilátoros radiátorok esetében, ahol a hőátadás kényszeráramlással valósul meg, az $\varepsilon_{F,szab,1}$ korrekciós tényező értéke 0.

Az $\varepsilon_{F,szab,2}$ második korrekciós tényező a külső határolószervezetek hőleadásra gyakorolt hatását veszi figyelembe. Ha a radiátor a belső falon helyezkedik el, a helyiségben a levegő áramlása kedvezőtlen, és a helyiségen belül igen nagy hőmérsékletkülönbségek alakulnak ki (8.1. ábra). Mivel a legalacsonyabb hőmérséklet a komfortzónában bokamagasságban alakul ki, a megfelelő komfort eléréshez jellemzően magasabb fűtési közeghőmérsékletre van szükség, mint a külső falon elhelyezett radiátor esetében. A belső fali radiátor mellett a mennyezet alatt meleg légpárna alakul ki, ami többlet-hővesztést eredményez a helyiség számára. Ha a radiátor üvegfelület előtt helyezkedik el, jelentős a külső környezetbe sugárzás útján leadott hő. Ez a hőmennyiség hőtükrrel csökkenthető.



8.1. ábra: A helyiség hőmérsékleteloszlása a külső és belső falon elhelyezett radiátornál

Az $\varepsilon_{F,szab,3}$ harmadik korrekciós tényező a helyiségenkénti szabályozás hatását veszi figyelembe. Ha nincs ilyen szabályozás, az $\varepsilon_{F,szab,3}$ korrekciós tényező értéke 0; egyéb esetekben a harmadik korrekciós tényező csökkenti a szabályozási veszteségtényezőt. A leggyengébb minőségű helyiségenkénti szabályozást a kéziszelepes szabályozás jelenti, ez ugyanis nem automatikus működésű, és a felhasználók éppen a túlfűtés kompenzálására kevésbé használják. Ennél jobb a hőleadónkénti automatikus és autonóm szabályozás, pl. a termosztatikus szelep. A legjobb minőségű helyiségenkénti szabályozást a hálózatba integrált, pl. épületfelügyeletbe kötött beavatkozók jelentik, mert ezeknél lehetőség van pl. a különböző fűtőcsökkentési beavatkozások központi megvalósítására is.

8.10. táblázat: Szabályozási veszteségtényezők szabad fűtőfelületekre

Szabályozási veszteségtényező alapértékei ($\varepsilon_{F,szab,0}$)		
Hőtermelő szabályozása	Szabályozás nélkül vagy központi előremenő hőmérséklet szabályozással, de helyiség-hőmérséklet szabályozás nélkül.	1,149
	Szabályozás referencia helyiségre (P-szabályozó vagy ismeretlen)	1,083
	Szabályozás referencia helyiségre, PI-szabályozó Központi előremenő hőmérséklet szabályozás helyiségenkénti hőmérséklet szabályozással	1,042
	Szabályozás referencia helyiségre optimalizációs funkcióval (pl. jelenlétérzékelővel, adaptív szabályozóval)	1,030
Korrekció 1 ($\varepsilon_{F,szab,1}$)		

Közepes méretezési hőmérsékletkülönbség hatása	kétsőves fűtés és modernizált egysőves fűtés	
	90 °C/70 °C	+0,036
	70 °C/55 °C	+0,021
	55 °C/45 °C	+0,015
	45 °C/35 °C	+0,012
	egysőves fűtés (nem felújított)	
	90 °C/70 °C	+0,048
	70 °C/55 °C	+0,036
	Ventilátoros radiátorok (pl. padlókonvektor ventilátorral)	+0,000
Korrekcio 2 ($\varepsilon_{F,szab,2}$)		
Külső határoló szerkezetek hatása	belsőfali radiátor	+0,039
	külsőfali radiátor	+0,009
	radiátor üvegfelület előtt hőtükör nélkül	+0,051
	radiátor üvegfelület előtt hőtükörrel	+0,036
Korrekcio 3 ($\varepsilon_{F,szab,3}$)		
Helyiségenkénti szabályozás	nincs	0
	különálló (pl. kéziszелеp)	-0,030
	különálló, képes önálló be-kikapcsolásra (pl. termosztatikus szelep)	-0,060
	hálózatba integrált, képes önálló reagálásra és beavatkozásra (pl. épületfelügyeletbe kötött)	-0,072

Beágyazott fűtőfelületek

A 8.11. táblázat a beágyazott fűtőfelületekre tartalmazza az $\varepsilon_{F,szab,0}$ szabályozási veszteségtényezőt és az $\varepsilon_{F,szab,1}$, $\varepsilon_{F,szab,2}$, $\varepsilon_{F,szab,3}$ korrekciós tényezőket.

A szabályozási veszteségtényező $\varepsilon_{F,szab,0}$ alapértékét a hőtermelő szabályozása alapján lehet megállapítani, a szabad fűtőfelületeknél működőhöz hasonló logika szerint. A legkedvezőtlenebb helyzet, ha a hőtermelő nem rendelkezik automatikus szabályozással, vagy van ugyan központi előremenő hőmérséklet szabályozás, de nincsen helyiségenkénti szabályozás. Ennél kedvezőbb, ha a hőtermelő szabályozása egy referenciahelyiségről, szobatermosztát jele alapján történik, de ismeretlenek ennek szabályozási paraméterei. Jobb a besorolás, ha a szabályozó P, PI vagy PID szabályozó; vagy a kétpontos szabályozás képes a referenciahelyiség hőmérsékletét 0,5 K hibasávon belül tartani. Ugyanilyen az értékelése, ha a központi előremenő hőmérséklet szabályozásra helyiségenkénti, pl. zónaszelepes szabályozás csatlakozik. A legkedvezőbb besorolás itt is akkor adható, ha a központi előremenő hőmérséklet szabályozáshoz helyiségenkénti hőmérséklet szabályozás (pl. radiátorok termosztatikus szelepes szabályozása) tartozik.

Az $\varepsilon_{F,szab,1}$ első korrekciós tényező a beágyazott fűtőfelület kialakítását veszi figyelembe, jellemzően a rendszer hőtehetetlenségét figyelembe véve. A fűtőfelület hőtehetetlensége a szabályozás nehézségét, és jellemzően e túlfűtés esélyét növeli. Az 1. korrekciós tényező értéke pozitív, azaz rontja az energetikai értékelést. A legkedvezőbb a vékony réteggel fedett fektetésű padlófűtés – pl. közvetlenül parketta alá fektetett – padlófűtés. Ennél kedvezőtlenebb a száraz, majd a hagyományos nedves fektetésű padlófűtés (ld. 14.6. ábra). Ebből a szempontból kedvezőtlenebb a falfűtés, még inkább a mennyezeti fűtés korrekciós tényezője.

Az $\varepsilon_{F,szab,2}$ második korrekciós tényező a külső határolószervezetek hőleadásra gyakorolt hatását veszi figyelembe. A korrekciós tényező meghatározásánál az MSZ EN 1264-4 szerinti hőszigetelés vastagsága a mérvadó. Minimális a korrekció a szabvány szerinti követelményt 100%-kal meghaladó hőszigetelési minőség esetén. A legnagyobb az $\varepsilon_{F,szab,2}$ korrekciós tényező hőszigetelés nélküli esetben.

Az $\varepsilon_{F,szab,3}$ harmadik korrekciós tényező a helyiségenkénti szabályozáshatását veszi figyelembe. Ha nincs ilyen szabályozás, az $\varepsilon_{F,szab,3}$ korrekciós tényező értéke 0; egyéb esetekben a harmadik korrekciós tényező csökkenti a szabályozási veszteségtényezőt. A legkisebb csökkentési lehetőséget jelenti, ha a felületfűtési körök helyiségenként elkülöníthetők, de nem rendelkeznek autonóm önműködő szabályozással. Ha ezek a körök, vagy a körök helyiségenkénti csoportjai önálló, legalább ki-be kapcsolásra alkalmas önműködő szabályozással rendelkeznek, mint pl. a termosztatikus, segédenergia nélküli vagy segédenergiával működő zónaszelep. A legjobb minőségű helyiségenkénti szabályozást a hálózatba integrált, pl. épületfelügyeletbe kötött beavatkozók jelentik, mert ezeknél lehetőség van pl. a különböző fűtőcsökkentési beavatkozások központi megvalósítására is.

8.11. táblázat: Szabályozási veszteségtényezők beágyazott fűtőfelületekre

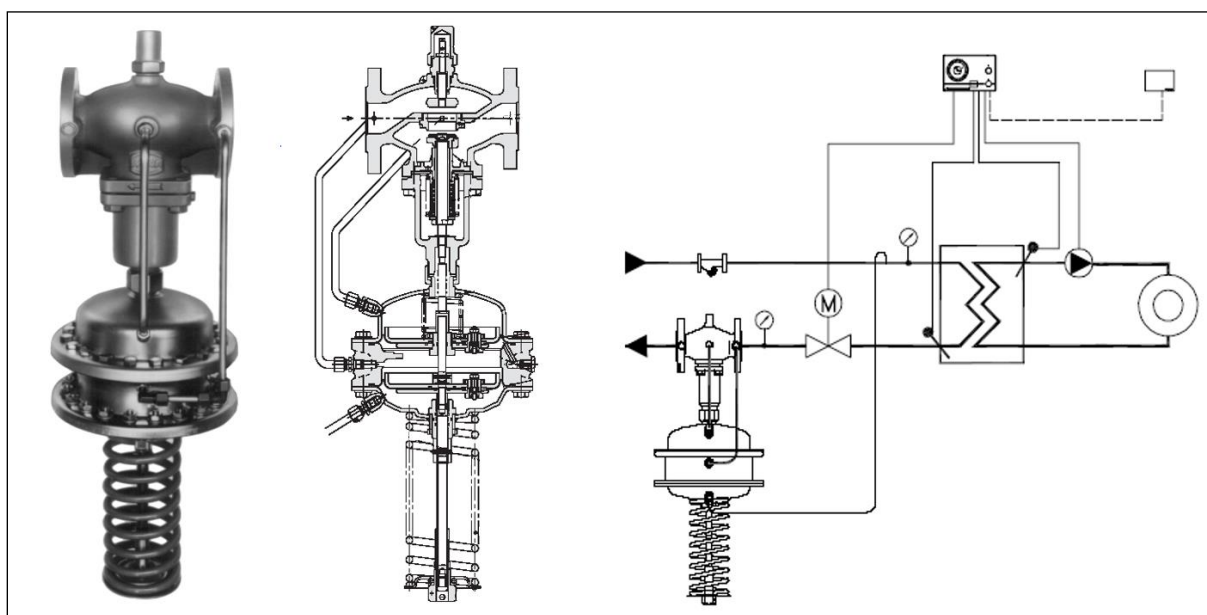
Szabályozási veszteségtényező alapértékei ($\varepsilon_{F,szab,o}$)		
Hőtermelő szabályozása	Szabályozás nélkül vagy központi előremenő hőmérséklet szabályozással, de helyiség-hőmérséklet szabályozás nélkül	1,149
	Szabályozás referencia helyiségre (ismeretlen szabályozó)	1,083
	Szabályozás referencia helyiségre, kétpontos szabályozó (0,5 K hiszterézis alatt), P-, PI-, PID-szabályozó Központi előremenő hőmérséklet szabályozás helyiségenkénti hőmérséklet szabályozással	1,042
	Szabályozás optimalizációs funkcióval, pl. jelenlétérzékelővel, adaptív szabályozóval	1,030
Korrekció 1 ($\varepsilon_{F,szab,1}$)		
Rendszer	Padlófűtés	
	— nedves fektetésű	+0,021
	— száraz fektetésű	+0,012
	— vékony réteggel fedett fektetés	+0,006
	Falfűtés	+0,045
	Mennyezetfűtés	+0,063
Korrekció 2 ($\varepsilon_{F,szab,2}$)		
Határolószervezetek hatása	beágyazott fűtőfelület MSZ EN 1264-4 szerinti minimális hőszigetelés nélkül	+0,042
	beágyazott fűtőfelület MSZ EN 1264-4 szerinti minimális hőszigeteléssel	+0,015
	beágyazott fűtőfelület a MSZ EN 1264-4-ban előírt minimális hőszigetelésnél 100%-kal jobb hőszigeteléssel	+0,003
Korrekció 3 ($\varepsilon_{F,szab,3}$)		
Helyiségenkénti szabályozás	nincs	0
	különálló (pl. helyiségenkénti külön körök)	-0,030

	különálló, képes önálló be-kikapcsolásra (pl. termosztatikus zónaszelep)	-0,060
	hálózatba integrált, képes önálló reagálásra és beavatkozásra (pl. épületfelügyeletbe kötött)	-0,072

A beszabályozás hatása

A hidraulikai beszabályozás feladata a névleges térfogatáram beállítása a rendszer minden ágában. A beszabályozásból, annak elmaradásából, vagy hiányosságaiból származó korrekciót az $\varepsilon_{F,szab,4}$ 4. korrekciós tényező veszi figyelembe, egységesen a szabad és a beágyazott fűtőfelületekre.

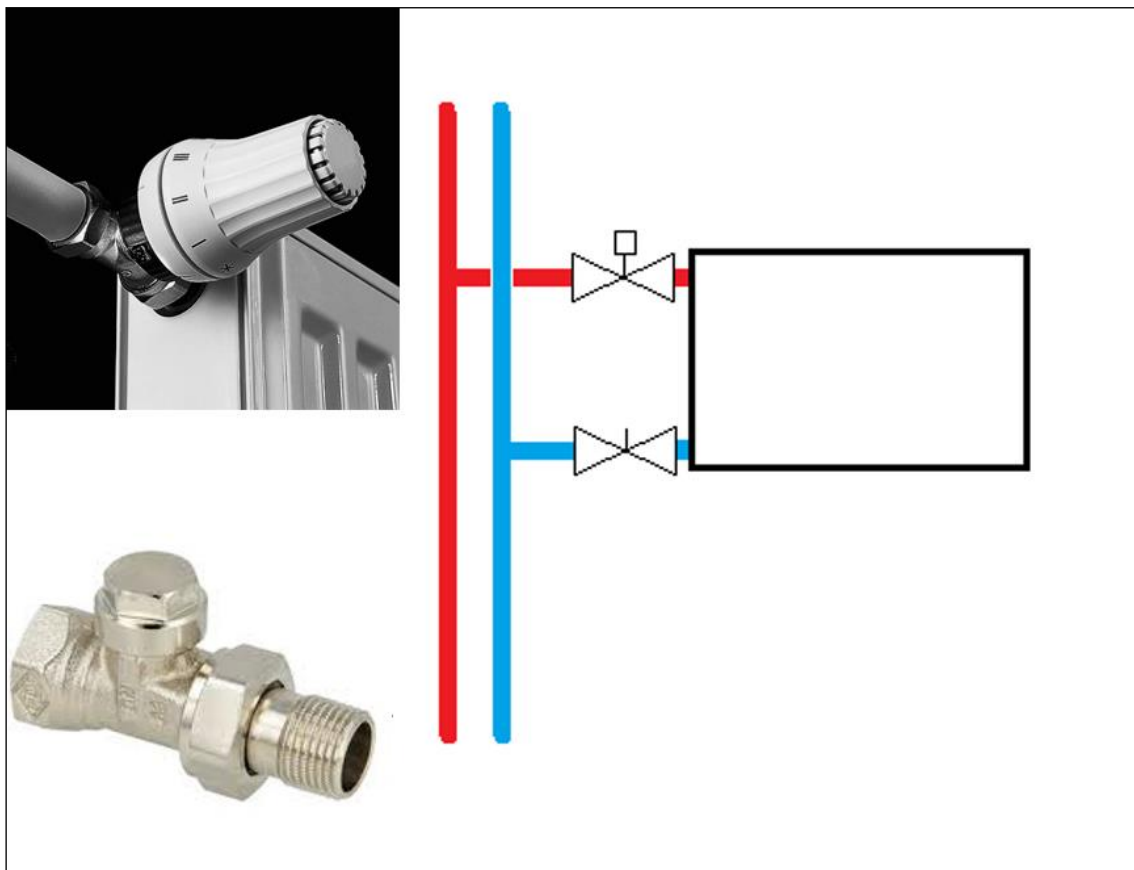
A korrekciós tényezőket a 8.12. táblázat tartalmazza. A korrekciós tényezők eltérnek az egy- és kétcsöves fűtésekre, illetve a kétcsöves fűtésekre a rendszer kiterjedtsége, azaz a hőleadók száma szerint. A korrekciós értékek kedvezőtlenebbek az egycsöves rendszerekre és a 10-nél több hőleadót tartalmazó kétcsöves rendszerekre. Beszabályozási szempontból a legkedvezőbb a hőleadónkénti dinamikus beszabályozás (pl. automatikus térfogatáram korlátozó nyomáskülönbség-szabályozókkal (8.2. ábra); ezekre az $\varepsilon_{F,szab,4}$ korrekciós tényező értéke 0.



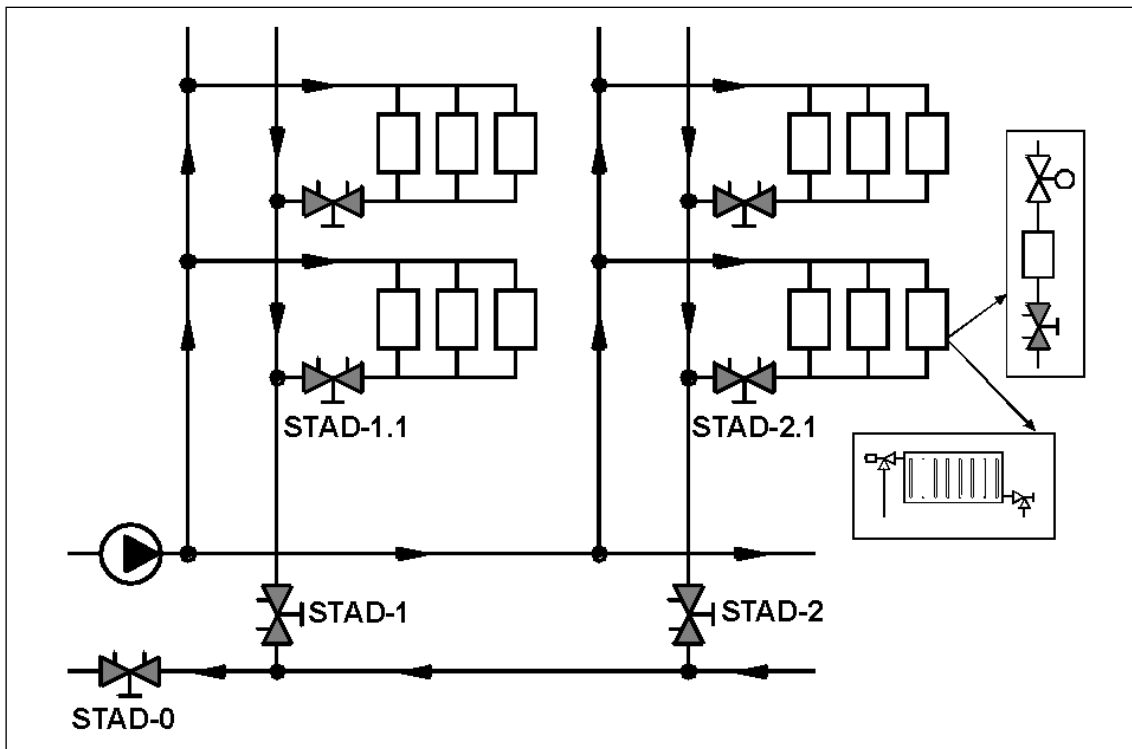
8.2. ábra: Nyomáskülönbség szabályozó – térfogatáram korlátozó (Δp -V) szelep, szerkezete és beépítése

Minden más esetben a korrekció rontja az energetikai besorolást. Legkedvezőtlenebb a beszabályozás elmaradása. Ide kell sorolni azt az esetet is, amikor vannak ugyan beszabályozó szelepek, de elmaradt azok beszabályozása. A beszabályozatlanság tipikus „tünete”, ha az épület egyes helyiségeire túlfűtés, másokra alulfűtés jellemző. Ennél kedvezőbb a statikus beállítás, pl. a radiátor visszatérő szelepek (8.3. ábra) méretezés alapján történő beállítása. Ezt nem lehet beszabályozásnak minősíteni, hiszen nincsenek meg a mérési lehetőségek a beállított térfogatáramok ellenőrzésére. Egycsöves rendszer statikus beállítását „nincs hidraulikai beszabályozás” minősítés szerint kell kezelni. A korrekciós tényező értékét aszerint lehet kedvezőbb kategóriából választani, hogy a hőleadókhöz mennyire kerül közelebb a jobb

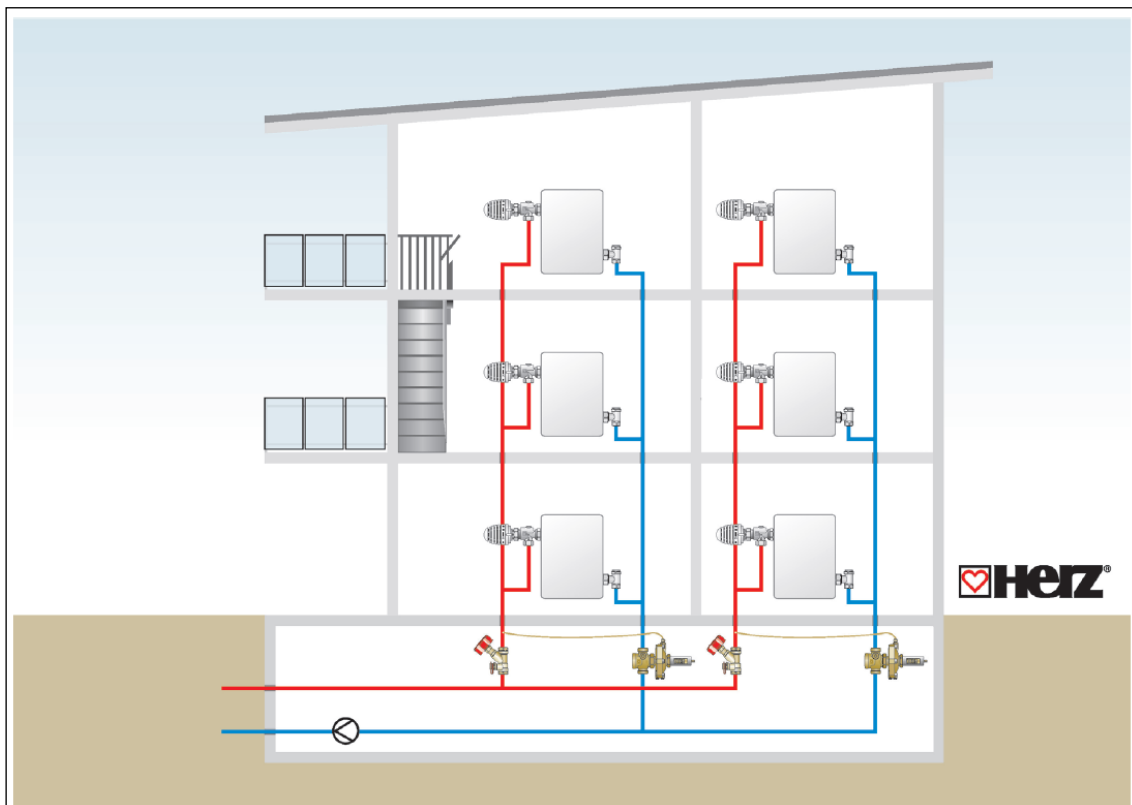
minőségű beszabályozás. A beszabályozás minősége szempontjából az értékelés sorrendje a dinamikus, majd statikus beszabályozás (8.4. ábra), az egyszerű beállítás és legrosszabbként a beállítás elmaradása. Köztes állapotot jelentenek, amikor az egyes hőleadók alacsonyabb szintű beszabályozással rendelkeznek, de fogyasztócsoportok térfogatáramát már magasabb szintű beszabályozással tartják kézben, pl.: a radiátorokon visszatérő szelepes beállítás van; a lakásokba belépő térfogatáramokat statikusan szabályozták be, de a felszállókon már dinamikus beszabályozó szelepek vannak (8.5. ábra).



8.3. ábra: Radiátor szerelvényezése: termosztatikus szelep az előremenőben a folyamatos tömegáram-szabályozásra; visszatérő szelep a radiátor névleges tömegáramának statikus beállítására



8.4. ábra: A radiátorok visszatérő szelepekkel rendelkeznek; a lakásokat és a felszállókat statikus beszabályozó szelepekkel látták el (IMI Hydronics)



8.5. ábra: A radiátorok visszatérő szelepekkel rendelkeznek; a felszállókat dinamikus beszabályozó szelepekkel látták el

8.12. táblázat: Beszabályozás hatását kifejező korrekció

Egycsöves rendszer	$\varepsilon_{F,szab,4}$	Kétsöves rendszer	$\varepsilon_{F,szab,4}$	
			<i>hőleadók száma max. 10</i>	<i>hőleadók száma 10 felett</i>
nincs hidraulikai beszabályozás	+0,042	nincs hidraulikai beszabályozás	+0,036	
körönkénti statikus beszabályozás	+0,024	fűtőtestenként/fűtőfelületenként statikus beállítás, csoportos beszabályozás nélkül (pl.: radiátor visszatérő szelep)	+0,018	+0,024
körönkénti dinamikus beszabályozás (pl. dinamikus térfogatáram korlátozó szelepekkel)	+0,018	fűtőtestenként /fűtőfelületenként statikus-beállítás csoportos statikus beszabályozással (pl. strangszabályozó szelepekkel)	+0,012	+0,018
körönkénti dinamikus beszabályozás (pl. dinamikus térfogatáram korlátozó szelepekkel) és a terheléstől függően dinamikus szabályozás (pl. a visszatérő hőmérsékletének korlátozása)	+0,012	fűtőtestenként /fűtőfelületenként statikus-beállítás csoportos dinamikus beszabályozással (pl. nyomáskülönbség-szabályozókkal)	+0,006	+0,012
körönkénti dinamikus beszabályozás (pl. dinamikus térfogatáram korlátozó szelepekkel) és a terheléstől függően dinamikus szabályozás (hőfoklécpső)	+0,006	fűtőtestenként/fűtőfelületenként dinamikus beszabályozás (pl. automatikus térfogatáram korlátozókkal/nyomáskülönbség-szabályozókkal)	+0,000	

8.6.1.2 Egyéb fűtési rendszerek

A szabályozási veszteségtényező a táblázatokból olvasható ki a szabályozás típusának függvényében.

Amennyiben a vizsgált fűtési mód nem szerepel a táblázatok felsorolásában, a 8.6.1.1. pontban bemutatott értékelési szempontok alapján kell egy közeli kategóriát és annak veszteségtényezőjét kiválasztani.

Villamos fűtés esetén is érvényes, hogy a belső fal mellett elhelyezett hőleadó a helyiség kedvezőtlen hőmérséklet eloszlása miatt energetikailag kedvezőtlenebb, mint a külső fal mellett, lehetőség szerint az ablak alatt elhelyezett hőleadó. Tiszta arányos, azaz P szabályozás esetén elvárás, hogy a maradó hiba 1 K szélességű sávon belül legyen. PI, arányos integráló szabályozású hőleadó képes a maradó hiba automatikus megszüntetésére, ezért annak besorolása kedvezőbb.

8.13. táblázat: Szabályozási veszteségtényezők villamos fűtés esetén

Szabályozási veszteségtényező ($\epsilon_{F,szab}$)		
Külső fal mellett	Közvetlen elektromos fűtés P-szabályozóval (1 K)	1,066
	Közvetlen elektromos fűtés PI-szabályozóval (optimalizációval)	1,042
	Hőtárolós fűtés szabályozás-nélkül, külső hőmérsékletfüggő előremenő szabályozás nélkül és statikus/dinamikus beszabályozás nélkül	1,161
	Hőtárolós fűtés P-szabályozóval (1 K), külső hőmérsékletfüggő előremenő szabályozással és statikus/dinamikus beszabályozással	1,089
	Hőtárolós fűtés PID-szabályozóval, optimalizációval, külső hőmérsékletfüggő előremenő szabályozással és beszabályozással	1,066
Belső fal mellett	Közvetlen elektromos fűtés P- vagy nem beazonosítható szabályozóval (1 K)	1,089
	Közvetlen elektromos fűtés PI-szabályozóval (optimalizációval)	1,066
	Hőtárolós fűtés szabályozás-nélkül, külső hőmérsékletfüggő előremenő szabályozás nélkül és statikus/dinamikus beszabályozás nélkül	1,185
	Hőtárolós fűtés P-szabályozóval (1 K), külső hőmérsékletfüggő előremenő szabályozással és statikus/dinamikus beszabályozással	1,113
	Hőtárolós fűtés PID-szabályozóval, optimalizációval, külső hőmérsékletfüggő előremenő szabályozással és beszabályozással	1,089

8.14. táblázat: Szabályozási veszteségtényezők közvetlen helyiséglevegő fűtés esetén

Rendszerkialakítás	szabályozás	$\epsilon_{F,szab}$
Gázkonvektor	Saját, segédenergia nélküli termosztatikus szabályozással, külső falnál helyezve	1,20
	Saját, segédenergia nélküli termosztatikus szabályozással, belső falnál helyezve	1,24
	Magasabb rendű szabályozás (pl. szobatermosztát, PI szabályozó), külső falnál helyezve	1,12
Egyedi kályha, kandalló	Szabályozás nélkül	1,20
Levegőfűtés (indukciós berendezéssel, fan coilal)	a belső hőmérséklet alacsony színvonalú szabályozása (pl. on-off vagy P szabályozás vagy nem beazonosítható szabályozás)	1,066
	a belső hőmérséklet folytonos PI vagy PID szabályozása	1,042

A gázkonvektorok saját termosztatikus szabályozással rendelkeznek. Ha a gázkonvektor a külső falnál helyezkedik el (jellemzően parapetes, ablak alatt elhelyezett konvektorként), az a helyiség hőmérséklet eloszlása miatt energetikailag kedvezőbb, mint a belső falon elhelyezett, jellemzően kéménybe kötött változat. Energetikailag kedvezőbb, ha a konvektor szabályozás nem saját termosztátjáról, hanem pl. egy szobatermosztátról, vagy valamilyen igényesebb, legalább PI minőségű, a maradó hibát megszüntetni képes szabályozóról történik. Ez a kedvezőbb besorolás csak külső fali készülékeknél érvényesíthető. Megjegyezzük, hogy kéménybe kötött (gáztechnikai szempontból: B típusú), vagy C típusú, az számottevően

befolyásolja a helyiség energetikáját. A kéménybe kötött készüléknél normál esetben folyamatosan van egy kiűrtőhatás, ami extra filtrációs veszteséget okoz a „parapetes” megoldáshoz képest, azonban a jelenség számszerűsítéséhez nincsen elegendő tapasztalat.

Légfűtések (klimakonvektorok, fan-coilos fűtések) esetében a szabályozás nélküli üzem, az on-off szabályozás és a tiszta P szabályozás kedvezőtlenebb besorolás alá esnek, mint az igényesebb, PI, vagy PID szabályozással rendelkező készülékek. Az egyedi kályhák, kandallók esetén érdemi szabályozásról nem beszélhetünk, ezek egy közös kategóriába esnek.

8.7 A hőtárolás veszteségei és segédenergia igénye

8.15. táblázat: Hőtárolás fajlagos energiaigénye, $\frac{Q_{F,tár}}{A_{rszr}} \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot év} \right]$ és segédenergia igénye, $\frac{W_{F,tár}}{A_{rszr}} \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot év} \right]$

Alap- területig A_{rszr} [m ²]	Fajlagos energiaigény $\frac{Q_{F,tár}}{A_{rszr}} \left[\frac{kWh}{m^2 \acute{e}v} \right]$				Segédenergia igény $\frac{W_{F,tár}}{A_{rszr}} \left[\frac{kWh}{m^2 \acute{e}v} \right]$
	Elhelyezés a fűtött térben		Elhelyezés a fűtött téren kívül		
	55/45 °C	35/28 °C	55/45 °C	35/28 °C	
100	0,3	0,1	2,6	1,4	0,63
150	0,2		1,9	1,0	0,43
200	0,2		1,5	0,8	0,34
300	0,1	0,0	1,1	0,6	0,24
500			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			0,2	0,1	0,07
5000			0,2	0,1	0,06
10000			0,2	0,1	0,05

Szilárdtüzelésű vagy biomassza tüzelésű rendszer tárolóinál a táblázatban szereplő fajlagos energiaigény értékeket 2,6 szorzótényezővel meg kell szorozni. *Ennek oka, hogy szilárd tüzelésnél magasabb tárolóhőmérséklet a jellemző.* A segédenergia igény értékei változtatás nélkül alkalmazandók.

Részrendszer esetén a táblázatokból kiolvasható értékeket a részrendszerhez tartozó nettó hőigény és az épület teljes nettó fűtési igényének hányadosával meg kell szorozni. *Ugyanígy kell eljárni itt is, mint az elosztási veszteségek számításánál (ld. 8.5.1. fejezet vége).*

8.7.1 Részletes módszer

Részletes módszerként alkalmazható az 15316-5:2017 szabvány. A tárolási veszteségek a

$$Q_{F,tár} = Q_{H;sto;ls;nrb} + Q_{H;sto;ls;rbl} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (8.15)$$

összefüggéssel határozhatók meg a fűtési puffertárolóra (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva). A képlet első tagja a veszteség vissza nem nyerhető része, a második tagja a visszanyerhető rész. A visszanyerhető hányad a nettó fűtési igényből levonandó, de itt figyelembe kell venni.

8.8 A hőelosztás segédenergia igénye

8.8.1 Egyszerűsített módszer

Az elektromos segédenergia igényt az fűtési rendszerhez tartozó alapterület, a rendszer méretezési hőfoklépcsői és további befolyásoló tényezők függvényében (EEI) tartalmazza a táblázat. A vezetékrendszer alatt az elosztó vezetékek (vízszintes vezetékek), strangok (függőleges vezetékek) és bekötővezetékek értendők.

A keringető szivattyúkra vonatkozó 641/2009/EK rendelet értelmében a tömszelence nélküli önálló keringetőszivattyúk és a termékekbe beszerelt keringetőszivattyúk energiahatékonysági mutatója (EEI) 2015. augusztus 1-jétől legfeljebb 0,23 lehet.

A fajlagos villamos segédenergia igények az alábbi táblázatban találhatók.

8.16. táblázat: Fajlagos villamos segédenergia igény különböző szivattyútípusok és hőfoklépcsők esetén, $\frac{W_{F,sziv}}{A_{rszr}} \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot év} \right]$

	Fordulatszám szabályozású szivattyú				Állandó fordulatu szivattyú				Elektronikusan szabályozott, állandó mágneses motorral szerelt szivattyúk	
Alap-területig	Szabad fűtőfelületek				Beágyazott fűtőfelületek				EEI=0,23	EEI=0,17
$A_{rszr} [m^2]$	20 K 90/7 0 °C	15 K 70/5 5 °C	10 K 55/4 5 °C	7 K	20 K 90/7 0 °C	15 K 70/5 5 °C	10 K 55/4 5 °C	7 K		
100	1,69	1,85	1,98	3,52	2,02	2,22	2,38	4,22	1,44	1,28
150	1,12	1,24	1,35	2,40	1,42	1,56	1,71	3,03	0,90	0,75
200	0,86	0,95	1,06	1,88	1,11	1,24	1,38	2,44	0,67	0,55
300	0,61	0,68	0,78	1,39	0,81	0,91	1,04	1,85	0,46	0,36
500	0,42	0,48	0,57	1,01	0,57	0,65	0,78	1,38	0,31	0,23
750	0,33	0,38	0,47	0,83	0,45	0,52	0,64	1,14	0,24	0,18
1000	0,28	0,33	0,42	0,74	0,39	0,46	0,58	1,02	0,20	0,14
1500	0,23	0,28	0,37	0,65	0,33	0,39	0,51	0,90	0,16	0,11
2500	0,20	0,24	0,33	0,58	0,28	0,34	0,46	0,81	0,14	0,10
5000	0,17	0,22	0,30	0,53	0,24	0,30	0,42	0,74	0,12	0,09
10000	0,16	0,20	0,28	0,50	0,22	0,28	0,40	0,70	0,11	0,08

8.17. táblázat: Fancoil ventilátorának fajlagos villamos segédenergia igénye , egész éves üzemben (hűtési és fűtési módban)

$$\text{összesen } \frac{W_{FC}}{A_{rszr}} \left[\frac{kWh}{m^2 \text{év}} \right]$$

Rendszer	Kialakítás	Segédenergia [kWh/m ² év]
Fancoil	Padlón álló, oldalfali, mennyezet alatti	2
	Álmennyezetbe telepített	2,4
	Légcsatornázható	2,8
	Négy irányban fűvő	4,4

8.8.2 Részletes módszer

A fajlagos villamos segédenergia igények részletes számítását az MSZ EN 15316-3 szabvány alapján lehet elvégezni.

A hőelosztás segédenergia igénye a

$$W_{F, sziv} = W_{H, dis} \left[\frac{kWh}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{\text{időszak}} \right] \quad (8.16)$$

összefüggéssel határozható meg (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva).

9 A fűtési rendszer energiaszolgáltatása

9.1 A fűtési rendszer által fedezett nettó hőenergia igény

A nettó fűtési energiaigény különböző alrendszerek által fedezhető. Az alrendszerek energiaszolgáltatását külön-külön kell meghatározni és a végén energiaszolgáltatónként kell összegezni. Az alrendszerekhez tartozó lefedési arányokat a 7. pontban leírtak szerint kell meghatározni. Ha a zónában légfűtés is van, és a befűtési hőmérséklet ismert, akkor a légfűtés által fedezett energiaigény meghatározható a 10.1.2. pontban leírtak szerint.

Ha a vizsgált zónában léghevíto is van, akkor a vizsgált fűtési alrendszerhez tartozó nettó fűtési energiaigény nem léghevíto által fedezett része:

$$Q_{F,net,FR} = Q_{F,net} - Q_{F,LT,net} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (9.1)$$

ahol

$Q_{F,net}$ A vizsgált zónában (a vizsgált fűtési alrendszer és a léghevíto által együttesen) fedezendő nettó fűtési igény szezonra összesített értéke

$Q_{F,LT,net}$ Ugyanazon zónában a nettó fűtési hőigény léghevíto által fedezett része (ld. 10.1.2. pont) [kWh].

Ha az alapfűtést nem a légfűtés biztosítja, akkor először az alapfűtés által fedezett hányad határozandó meg (pl. a padlófűtés által fedezhető energia mennyiség). A különböző szabályozás beállítási lehetőségek más-más eredményt adhatnak. Ezek közül a legjobb eredményt adó megoldást kell megtalálni.

A $Q_{F,net,FR}$ értékére adódó esetleges negatív érték azt jelenti, hogy a légfűtés által bevitt hőmennyiség meghaladja az épület fűtési hőenergia igényét, ami jól szigetelt épületek esetén könnyen előfordulhat. Mivel ez túlfűtést eredményezne a szellőző levegő befűtési hőmérsékletét addig kell csökkenteni, amíg a $Q_{F,net}$ értéke legalább zérus nem lesz. Ha a befűtési hőmérséklet további csökkentése komfort megfontolások miatt nem megengedhető, akkor is zérus $Q_{F,net,FR}$ értéket kell alkalmazni és a kiadódott negatív értéket additív nettó hűtési igényként kell figyelembe venni, ugyanis ezt jelenti, hogy a légfűtés kompenzálására hűteni is kell. *A probléma pontosabb számítására ajánlható a részletes órai módszer.*

9.2 A fűtés végső hő- és villamos energiaszolgáltatása

A fűtés fajlagos végső hő- és villamos energiaigényét energiaszolgáltatónként kell meghatározni külön a hő- és villamos energiára a következő összefüggések alapján:

$$Q_{F,vég,j} = \sum (Q_{F,net,FR} \cdot \varepsilon_{F,szab} + Q_{F,szall} + Q_{F,tár}) \cdot \varepsilon_F \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (9.2)$$

A képletben a szumma jel azt jelenti, hogy a különböző (de azonos energiaszolgáltatóval ellátott rendszerekkel rendelkező) zónák energiaigényét összegezni kell, továbbá ha egy zónában többféle (de azonos energiaszolgáltatóval ellátott rendszerekkel rendelkező) rendszer együttes üzeme valósul meg, akkor az azok által bevitt energiamennyiségek is összegzendők.

A fűtés villamos segédenergia igényének meghatározásához a szabályozás, az elosztás, a tárolás és a hőtermelő villamos segédenergia igényét kell összegezni.

$$W_{F,vég} = \Sigma(W_{F,sziv} + W_{F,tár} + W_{F,term}) \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (9.3)$$

A képletben a szumma jel azt jelenti, hogy a különböző zónák villamos energiaigényét összegezni kell, továbbá ha egy zónában többféle rendszer együttes üzeme valósul meg, akkor azok villamos segédenergiaigényei is összegzendők.

9.3 Hőtermelők teljesítménytényezője és villamos segédenergia igénye

9.3.1 Kazánok

9.3.1.1 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatálya alá eső készülékek)

Az alábbi egyszerűsített módszert akkor kell alkalmazni, ha a készülék a 2010/30/EU európai parlamenti és tanácsi irányelven (ErP) alapuló 811/2013/EU felhatalmazáson alapuló rendelete (2013. február 18.) hatálya alá tartozik és nem elektromos üzemű. Ebbe beletartoznak a legfeljebb 400 kW mért hőteljesítményű helyiségfűtő berendezések és kombinált fűtőberendezések, a legfeljebb 70 kW mért hőteljesítményű helyiségfűtő berendezések, melyeket 2015. szeptember 26. után hozták forgalomba (a felsorolás nem teljeskörű).

A teljesítménytényező a 811/2013/EU rendelete szerint a készülékre kiállított energiacímkén szereplő (égéshővel meghatározott) szezonális hatásfok érték reciproka (η_s):

$$\varepsilon_F = \frac{1}{\eta_s} \quad (9.4)$$

Az eljárás helyett részletes módszer alkalmazható, de a 7.1.1.2 szerinti egyszerűsített módszer nem. *Tehát nem szabad ErP alapon vett hatásfokkal számolni a 7.1.1.2 szerint, aminek oka az, hogy így tudjuk elkerülni a villamos segédenergiaigények kétszeres figyelembe vételét.*

A készülék villamos segédenergia igényét ezen eljárás esetén nem kell figyelembe venni.

Az ErP rendeletek is leegyszerűsítve határozzák meg a szezonális hatásfokot, mely nem veszi figyelembe a túlméretezés, alulméretezés hatását. Gázkazánoknál csak két részterhelésre, hőszivattyúknál négy külső hőmérsékletre vonatkozó hatékonysági mutatók súlyozott átlagát képezve számítódik a hatásfok. Ennek ellenére a különböző korszerű hőtermelők közti minőségi különbségek figyelembe vételére alkalmasabb, mint a másik egyszerűsített módszer.

9.3.1.2 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatálya alá nem eső készülékek)

A teljesítménytényező meghatározásához azt az alapterületet kell figyelembe venni, amelynek fűtésére az adott berendezés szolgál. (Erre különösen olyan társasházaknál kell figyelni, ahol lakásonkénti vagy helyiségenkénti hőtermelők vannak beépítve.)

9.1. táblázat: A fűtött téren kívül elhelyezett folyékony és gáznemű tüzelőanyagokkal üzemelő kazánok teljesítménytényezői, ε_F és segédenergia igénye, $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}}$

	Teljesítménytényezők ε_F [-]			Segédenergia $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}}$ [kWh/m ² év]
Alapterület A_{rszr} [m ²]	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

9.2. táblázat: A fűtött téren belül elhelyezett folyékony és gáznemű tüzelőanyagokkal üzemelő kazánok teljesítménytényezői, ε_F és segédenergia igénye, $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}}$

	Teljesítménytényezők ε_F [-]			Segédenergia $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}}$ [kWh/m ² év]
Alapterület A_{rszr} [m ²]	Állandó hőmérsékletű kazán	[kWh/m ² év]	Kondenzációs kazán	
100	1,30	1,08	1,01	0,79
150	1,24			0,66
200	1,21			0,58
300	1,18			0,48
500	1,15			0,38
750				0,31
1000				0,27
1500				0,23
2500				0,18
5000				0,13
10000				0,09

9.3. táblázat: Szilárd- és biomassza tüzelés teljesítménytényezője, ε_F [-]

Vegyes tüzelésű kazán	Tűzifa (hasábfa) tüzelésű kazán	Pellettüzelésű kazán	Faellgázosító kazán
1,85	1,75	1,1	1,2

A táblázatban egyes értékek a korábbiakhoz képest módosultak.

9.4. táblázat: Szilárd- és biomassza tüzelés segédenergia igénye $\frac{W_{F,term}}{A_{rszr}}$ [kWh/m²év]

Alapterületig A_{rszr} [m ²]	Vegyes tüzelésű kazán (szabályozó nélkül)	Tűzifa (hasábfa) tüzelésű 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

9.3.1.3 Részletes módszer

Részletes módszerként használható az MSZ EN 15316-4-1 szabvány, mely a következőkben ismertetett módszereken alapuló lehetőségeket kínálja. *Alkalmazása többek között akkor ajánlott, ha jelentős túlméretezés, alulméretezés tapasztalható vagy bivalens az üzem.*

9.3.1.3.1 Szabványos tervezési értékeken alapuló részletes módszer

Amennyiben a konkrét készülék szezonális hatásfokáról nem áll rendelkezésre minősített iratokon alapuló vagy mért adat, akkor az MSZ EN 15316-4-1 szabvány által ismertetett szabványos értékeken (default values) alapuló módszer alkalmazható. A kazánok teljesítménytényezője a

$$\varepsilon_F = \varepsilon_{gen} = \frac{E_{gen,in}}{Q_{gen,out}} \quad (9.5)$$

képlettel határozható meg (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva), a villamos segédenergiaigény pedig értéke pedig a $W_{F,term} = W_{HW;gen,aux}$.

9.3.1.3.2 Gyártói adatszolgáltatáson alapuló részletes módszer

A gyártói adatszolgáltatás (product values) használható továbbá, ha a szezonális hatásfok értékek / teljesítménytényezők meghatározása szabványos eljárás szerint történt. A szabvány hivatkozását ebben az esetben a számítási dokumentációban fel kell tüntetni.

9.3.1.3.3 Mérésen alapuló részletes módszer

Az MSZ EN 15316-4-1 szabvány szerint lehetőség van a szezonális hatásfok (measured values) méréses meghatározására előírt módszertan szerint.

9.3.2 Hőszivattyúk

9.3.2.1 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatálya alá eső készülékek)

Az alábbi egyszerűsített módszert akkor kell alkalmazni, ha a készülék a 2010/30/EU európai parlamenti és tanácsi irányelven (ErP) alapuló 811/2013/EU felhatalmazáson alapuló rendelet (2013. február 18.) hatálya alá tartozik.

A teljesítménytényező a 811/2013/EU rendelete szerint a készülékre kiállított energiacímkén szereplő általános/mérsékelt klímára meghatározott szezonális hatásfok érték reciproka (η_s):

$$\varepsilon_F = \frac{1}{2,5 \cdot \eta_s} \quad (9.6)$$

A módszer csak közelítés, ugyanúgy mint a másik egyszerűsített módszer, de jobban kifejezi a különböző készülékek közti minőségi különbségeket. A 2,5-es szorzó oka az, hogy az EU rendelet szerint számított szezonális hatásfok képletében figyelembe veszik a használt energiahordozó (villamos energia) primer energia tartalmának hatását egységesen 2,5-es értékkel ($\sim SCOP/2,5$). Értelemszerűen, ha az ErP rendeletben a 2,5-es szorzó változik, amire van esély, akkor az új értékkel kell számolni.

Az eljárás helyett részletes módszer alkalmazható, de a 7.1.2.2 szerinti egyszerűsített módszer nem.

A készülék villamos segédenergia igényét ezen eljárás esetén nem szabad figyelembe venni, *mert azt már a szezonális hatásfok tartalmazza.*

9.3.2.2 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatályán kívüli készülékek)

Elektromos üzemű hőszivattyúk esetén a ε_F teljesítménytényező a szezonális teljesítménytényező (SCOP, SPF) reciproka: $\varepsilon_F = 1/SCOP$.

9.5. táblázat: Elektromos üzemű hőszivattyúk teljesítménytényezője, ε_F

Hőforrás / Fűtőközeg	Fűtővíz hőmérséklete	Teljesítménytényező ε_F [-]
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 (hővisszanyerő nélkül)	55/45	0,30
	35/28	0,24

A táblázatban egyes értékek a korábbiakhoz képest módosultak.

9.6. táblázat: Földgáz üzemű hőszivattyúk teljesítménytényezője, ε_F

Hőforrás / Fűtőközeg	Fűtővíz hőmérséklete	Teljesítménytényező ε_F [-]
Levegő/Víz	45/40	0,58

9.3.2.3 Részletes módszer

Részletes módszerként elfogadható az MSZ-EN-15316-4-2:2017 szabvány alkalmazása. A hőszivattyúk teljesítménytényezője a

$$\varepsilon_F = \frac{E_{HW;gen,in}}{Q_{HW;gen,out}} \quad (9.7)$$

képlettel határozható meg (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva), a villamos segédenergiaigény pedig értéke pedig a $W_{HW;gen,aux}$. A számítást a teljes fűtési szezonra kell elvégezni rövidebb intervallumokra bontva azt, mégpedig úgy, hogy a fűtési célú üzemhez köthető energia mennyiségek szerepeljenek a számlálóban és a nevezőben. A számítási intervallumok és az üzemmódok közti bontás módjáról a szabvány rendelkezik.

A 15316-4-2:2017 szabvány szerinti számításhoz a hőszivattyú készülékek szabványos üzemállapotaihoz tartozó paramétereket a gyártó szolgáltathatja például az alábbi szabványok által definiált mérési eljárások szerint:

Fűtési üzem:

MSZ EN 14825, Helyiségfűtő és -hűtő villamos kompresszoros légkondicionálók, folyadékhűtők, hőszivattyúk. Részterhelési feltételek melletti vizsgálat és értékelés, valamint a szezonális teljesítőképesség számítása

MSZ EN 14511-3, Helyiségfűtő és -hűtő villamos kompresszoros légkondicionáló

berendezések, folyadékhűtők és hőszivattyúk. 3. rész: Vizsgálati módszerek

MSZ EN 12309-4, Gáztüzelésű, legfeljebb 70 kW fűtőértékre számolt hőterhelésű szorpciós készülékek hűtéshez és/vagy fűtéshez. 4. rész: Vizsgálati módszerek

HMV üzem

MSZ EN 16147, Villamos kompresszoros hőszivattyúk. Használati meleg vizes egységek megjelölésének vizsgálata, teljesítményértékelése és követelményei

MSZ EN 12309-6, Gáztüzelésű, legfeljebb 70 kW fűtőértékre számolt hőterhelésű szorpciós készülékek hűtéshez és/vagy fűtéshez. 6. rész: A szezonális hatékonyság számítása

A szabvány hivatkozását ebben az esetben a számítási dokumentációban fel kell tüntetni.

9.3.3 Távhőszolgáltatás

Távhőszolgáltatás esetén a teljesítménytényező: $\varepsilon_F=1,01$, a hőtermelés villamos segédenergia igénye hőközpontonként: 215 kWh/év.

A teljesítménytényező lényegében a hőcserélő hatékonyságát fejezi ki, a távhőrendszer primer oldali hatékonysága a primer energia tényezőben kerül kifejezésre. Tapasztalatok szerint mérettől függetlenül hasonlóan alakul a hőközpontok segédenergia igénye, ráadásul annak rendszeralapterület egységre vetített fajlagos értéke szinte elhanyagolható.

9.3.4 Egyedi és direkt elektromos fűtések

9.3.4.1 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatálya alá eső készülékek)

Az alábbi egyszerűsített módszert akkor kell alkalmazni, ha a készülék a 2010/30/EU európai parlamenti és tanácsi irányelven (ErP) alapuló 811/2013/EU felhatalmazáson alapuló rendelete (2013. február 18.) hatálya alá tartozik.

Nem elektromos üzemű készülékek esetén a teljesítménytényező a 811/2013/EU rendelete szerint a készülékre kiállított energiacímkén szereplő szezonális hatásfok érték reciproka (η_s):

$$\varepsilon_F = \frac{1}{\eta_s} \quad (9.8)$$

Elektromos fűtés esetén:

$$\varepsilon_F = \frac{1}{2,5 \cdot \eta_s} \quad (9.9)$$

A 2,5-es szorzó oka az, hogy az EU rendelet szerint számított szezonális hatásfok képletében figyelembe veszik a használt energiahordozó (villamos energia) primer energia tartalmának

hatását egységesen 2,5-es értékkel. Értelmszerűen, ha az ErP rendeletben a 2,5-es szorzó változik, amire van esély, akkor az új értékkel kell számolni.

Az eljárás helyett részletes módszer alkalmazható, de a 7.1.4.2 szerinti egyszerűsített módszer nem.

A készülék villamos segédenergia igényét ezen eljárás esetén nem kell figyelembe venni.

9.3.4.2 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatályán kívüli készülékek)

9.7. táblázat: Egyéb berendezések teljesítménytényezője, ε_F

Hőforrás / Fűtőközeg	Teljesítménytényező ε_F [-]
Elektromos hőszugárzó	1,00
Elektromos kazán	1,11
Elektromos hőtárolós kályha ¹⁾	1,03
Fatüzelésű cserépkályha	1,60
Kandalló (zárt, hagyományos)	1,80
Egyedi fűtés kályhával	1,90
Kandalló (nyitott, hagyományos)	4,00
Hőmérséklet szabályozó nélküli, vagy csak folyamatos hőmérséklet szabályozásra képes gázkonvektorok (A készülék nem képes a csökkentett gázterhelés állapotából a főégő kikapcsolt állapotába kapcsolni.)	1,40
Kombinált hőmérséklet szabályozással ellátott, hagyományos gázkonvektor (A készülék képes a csökkentett gázterhelés állapotából a főégő kikapcsolt állapotába kapcsolni.)	1,32
Kombinált hőmérséklet szabályozóval ellátott és szakaszos gáz-levegő arányszabályozást megvalósító nyílt égésterű, gravitációs kéménybe kötött gázkonvektorok, amelyek csökkentett terhelésen mért hatásfoka legalább 89%.	1,12
Kombinált hőmérséklet szabályozóval ellátott és szakaszos gáz-levegő arányszabályozást megvalósító külsőfali gázkonvektorok, amelyek csökkentett terhelésen mért hatásfoka legalább 93%.	1,07

- 3) Elektromos üzemű hőtárolós kályhánál a ventilátor energiafelhasználását a teljesítménytényező már tartalmazza.

Egyes direkt elektromos fűtési megoldásoknak 1-hez közeli kiváló teljesítménytényezője és kedvező beruházási költsége van. Ez azonban a fő indikátorokra, azaz primer energiára és CO₂-re vonatkozóan csak akkor jelent hatékony megoldást, ha a működéshez használt villamos energia nagyrészt megújuló energiaforrásból származik. A hálózati villamos energia viszonylag magas egységára miatt gazdaságossági szempontból is csak különleges esetben (pl. ritkán használt terek fűtése) lehet indokolt az alkalmazásuk.

9.3.4.3 Részletes módszer

Nem víz hőhordozójú egyedi fűtésekre részletes módszerként elfogadható az MSZ-EN-15316-4-8:2017 szabvány alkalmazása. A teljesítménytényező a

$$\varepsilon_F = \frac{E_{H;gen,in}}{Q_{H;gen,out}} \quad (9.10)$$

képlettel határozható meg (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva), a villamos segédenergiaigény pedig értéke pedig a $W_{F,term} = W_{H;gen,aux}$.

9.4 Napkollektorok

Napkollektoros fűtésrámegítés számítása egyszerűsített módszerrel nem lehetséges, így ebben az esetben javasolt az MSZ EN 15316-4-3 szabvány alkalmazása a rendeletben megadott meteorológiai adatbázis felhasználásával.

Hazánkban célszerű a napkollektorokat inkább melegvízkészítésre, esetleg nyári medencefűtésre tervezni. Fűtési célú alkalmazás akkor merülhet fel, ha a melegvízigények teljes fedezésén felül további kapacitás is rendelkezésre áll a fűtési idényben, ami általában gazdaságosan nem valósítható meg.

9.5 A hőelosztás veszteségei

9.5.1 Egyszerűsített módszer

9.8. táblázat: A hőelosztás fajlagos veszteségei az alapterület és a rendszer méretezési hőfoklépcső függvényében, $\frac{Q_{F,sz\ddot{a}ll}}{A_{rszr}}$ (vízszintes elosztóvezetékek a fűtött téren kívül)

Alapterületig A_{rszr} [m ²]	A hőelosztás veszteségei $\frac{Q_{F,sz\ddot{a}ll}}{A_{rszr}}$ [kWh/m ² év] 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
> 500	4,6	3,4	2,5	1,1

A táblázattól eltérő hőfoklépcső esetén a közepes hőmérsékletkülönbségre viszonyított lineáris interpolációval kell meghatározni a hőelosztás veszteségét. Fan coilos rendszerek esetén az ajánlott érték 70/55 °C, vagy 55/45 °C.

9.9. táblázat: A hőelosztás fajlagos veszteségei az alapterület és a rendszer méretezési hőfoklépcső függvényében, $\frac{Q_{F,sz\ddot{a}ll}}{A_{rszr}}$ (vízszintes elosztóvezetékek a fűtött téren belül)

Alapterületig A_{rszr} [m ²]	A hőelosztás veszteségei $\frac{Q_{F,sz\ddot{a}ll}}{A_{rszr}}$ [kWh/m ² év] 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
> 500	2,7	1,9	1,3	0,5

A táblázattól eltérő hőfoklépcső esetén a közepes hőmérsékletkülönbségre viszonyított lineáris interpolációval kell meghatározni a hőelosztás veszteségét. Fan coilos rendszerek esetén az ajánlott érték 70/55 °C, vagy 55/45 °C.

Részrendszer esetén a táblázatokból kiolvasható értékeket a részrendszerhez tartozó nettó hőigény és az épület teljes nettó fűtési igényének hányadosával meg kell szorozni.

Tehát, ha például egy 300 m²-es épületnél a nettó fűtési igény 75%-át egy 70/55 °C-os (A), 25%-át pedig egy 35/28 °C (B) paraméterű elosztórendszer biztosítja, akkor a táblázatból kiolvasható elosztási veszteségek 2,1 (A) és 0,5 (B) $\frac{kWh}{m^2 \cdot év}$, és a számítás módja pedig

$$Q_{F,vég,A} = \Sigma(Q_{F,net,FR,A} \cdot \varepsilon_{F,szab,A} + Q_{F,szall,A} + Q_{F,tár,A}) \cdot \varepsilon_{F,A} = \Sigma(0,75 \cdot Q_{F,net,FR} \cdot \varepsilon_{F,szab,A} + 2,1 \cdot 0,75 + Q_{F,tár,A}) \cdot \varepsilon_{F,A} \quad (9.11)$$

illetve

$$Q_{F,vég,B} = \Sigma(Q_{F,net,FR,B} \cdot \varepsilon_{F,szab,B} + Q_{F,szall,B} + Q_{F,tár,B}) \cdot \varepsilon_{F,B} = \Sigma(0,25 \cdot Q_{F,net,FR} \cdot \varepsilon_{F,szab,B} + 0,5 \cdot 0,25 + Q_{F,tár,B}) \cdot \varepsilon_{F,B} \quad (9.12)$$

9.5.2 Részletes módszer

Részletes módszerként alkalmazható az MSZ-EN-15316-3:2017 szabvány. Az elosztási veszteségek a

$$Q_{F,szall} = Q_{H,dis,ls} \quad (9.13)$$

összefüggéssel határozhatók meg (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva).

9.6 A teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteségek

A hőtermelő rendszer teljesítményének folyamatosan követnie kell az épület változó hőigényét. Ha nincsen összhang a hőtermelő rendszer teljesítménye az épület pillanatnyi igénye között, az a hőtermelés veszteségeit növeli. Az épület különböző helyiségeiben a hőigények egymástól eltérő módon alakulnak, a szabályozásnak ezt is követnie kell. Amennyiben a szabályozás nem megfelelő, a helyiségek komfortja sem lesz az. A túlfűtés többlet-veszteséget jelent. Ha egyes helyiségekben alulfűtés jelentkezik, a felhasználók előbb-utóbb beavatkoznak a szabályozás működésébe. Mire a legkedvezőtlenebb helyiség hőmérsékletét is megfelelőnek ítélik, a többi helyiségben már túlfűtés jelentkezik.

A szabályozás, és annak esetleges hiányosságai hatását az $\varepsilon_{F,szab}$ szabályozási veszteségtényező veszi figyelembe.

9.6.1 Egyszerűsített módszer

9.6.1.1 Elosztóhálózattal rendelkező fűtési rendszerek

A szabályozási veszteségtényező egy alapértékből és további korrekciós tényezőkből áll össze. A korrekciós tényezők pozitív és negatív értéket is felvehetnek. A nagyobb korrekciós értékek rontják, a negatív értékek javítják az energetikai értékelést.

A $\varepsilon_{F,szab}$ szabályozási veszteségtényező az alapértékből korrekciós tényezők hozzáadásával/kivonásával határozható meg:

$$\varepsilon_{F,szab} = \varepsilon_{F,szab,0} + \varepsilon_{F,szab,1} + \varepsilon_{F,szab,2} + \varepsilon_{F,szab,3} + \varepsilon_{F,szab,4} \quad (9.14)$$

Szabad fűtőfelületek

A 8.10. táblázat a szabad fűtőfelületekre tartalmazza az $\varepsilon_{F,szab,0}$ szabályozási veszteségtényezőit és az $\varepsilon_{F,szab,1}$, $\varepsilon_{F,szab,2}$, $\varepsilon_{F,szab,3}$ korrekciós tényezőket.

A szabályozási veszteségtényező $\varepsilon_{F,szab,0}$ alapértékét a hőtermelő szabályozása alapján lehet megállapítani.

Amennyiben a hőtermelő automatikus szabályozás nélkül üzemel, vagy a hőtermelő rendelkezik ugyan központi előremenő hőmérséklet szabályozással, de a helyiségeknek nincsen önálló szabályozásuk, akkor $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,149$.

Amennyiben a hőtermelő szabályozása egy alkalmasan választott referencia helyiségre, szobatermosztát alapján történik, és ez a szabályozó tiszta arányos (P) működésű, vagy a szabályozás típusát nem lehet megállapítani, akkor $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,083$.

Ha a szabályozás referencia helyiségre történik, de a szabályozó PI (arányos integráló) működésű, ami a referencia helyiség hőmérsékletét maradó hiba nélkül képes szabályozni, akkor $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,042$.

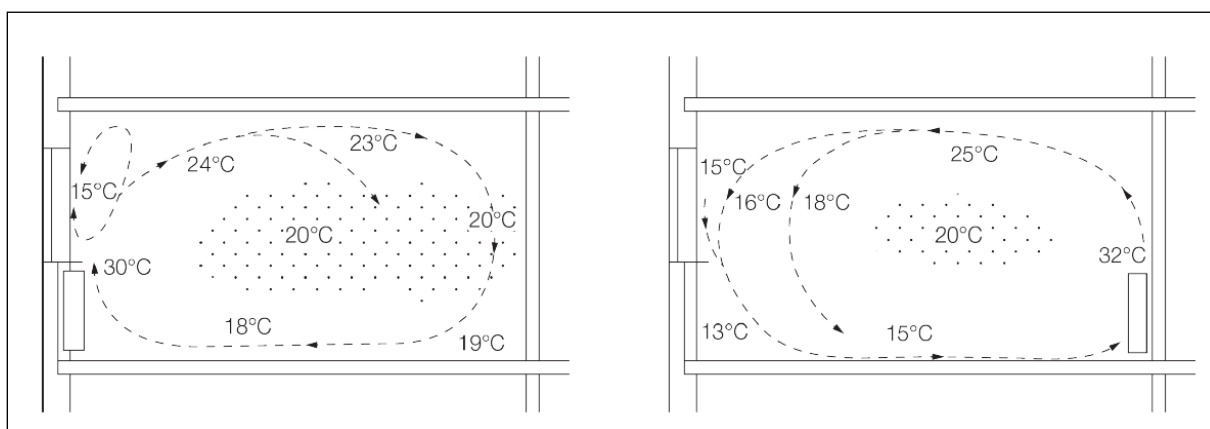
Ha a központi előremenő hőmérséklet szabályozáshoz helyiségenkénti hőmérséklet szabályozás (pl. radiátorok termosztatikus szelepes szabályozása) tartozik, akkor $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,042$.

Ha a szabályozás referencia helyiségre történik, és valamilyen optimalizációs funkcióval is rendelkezik, például helyiségenkénti jelenlét érzékelővel vagy valamilyen más adaptív (a helyiségek eltérő és időben változó igényéhez a szabályozási paraméterek automatikus változtatásával illeszkedni képes szabályozóval), akkor $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,030$.

Az $\varepsilon_{F,szab,1}$ első korrekciós tényező a közepes méretezési hőmérsékletkülönbség hatását veszi figyelembe. Fontos, hogy méretezési, nem pedig pillanatnyi állapotról van szó. Az 1. korrekciós tényező értéke jellemzően pozitív, azaz rontja az energetikai értékelést. Minél magasabb a névleges előremenő hőmérséklet, a besorolás annál kedvezőtlenebb. A kétcsöves és a felújított (beszabályozott, átkötőszakasszal és termosztatikus szelepes radiátor szabályozással rendelkező) egycsöves fűtések értékelése kedvezőbb, mint a felújítatlan egycsöves fűtéseké. Ha a rendszer névleges hőmérsékletei eltérnek a táblázatban szereplőtől, akkor a közelebbi értéket

kell választani. A választás szempontjából a logaritmikus hőfokkülönbség értéke a mérvadó. Ventilátoros radiátorok esetében, ahol a hőátadás kényszeráramlással valósul meg, az $\varepsilon_{F,szab,1}$ korrekciós tényező értéke 0.

Az $\varepsilon_{F,szab,2}$ második korrekciós tényező a külső határolószervezetek hőleadásra gyakorolt hatását veszi figyelembe. Ha a radiátor a belső falon helyezkedik el, a helyiségben a levegő áramlása kedvezőtlen, és a helyiségen belül igen nagy hőmérsékletkülönbségek alakulnak ki (8.1. ábra). Mivel a legalacsonyabb hőmérséklet a komfortzónában bokamagasságban alakul ki, a megfelelő komfort eléréshez jellemzően magasabb fűtési közeghőmérsékletre van szükség, mint a külső falon elhelyezett radiátor esetében. A belső fali radiátor mellett a mennyezet alatt meleg légpárna alakul ki, ami többlet-hővesztést eredményez a helyiség számára. Ha a radiátor üvegfelület előtt helyezkedik el, jelentős a külső környezetbe sugárzás útján leadott hő. Ez a hőmennyiség hőtükörrrel csökkenthető.



9.1. ábra: A helyiség hőmérsékleteloszlása a külső és belső falon elhelyezett radiátornál

Az $\varepsilon_{F,szab,3}$ harmadik korrekciós tényező a helyiségenkénti szabályozás hatását veszi figyelembe. Ha nincs ilyen szabályozás, az $\varepsilon_{F,szab,3}$ korrekciós tényező értéke 0; egyéb esetekben a harmadik korrekciós tényező csökkenti a szabályozási veszteségtényezőt. A leggyengébb minőségű helyiségenkénti szabályozást a kéziszelepes szabályozás jelenti, ez ugyanis nem automatikus működésű, és a felhasználók éppen a túlfűtés kompenzálására kevésbé használják. Ennél jobb a hőleadónkénti automatikus és autonóm szabályozás, pl. a termosztatikus szelep. A legjobb minőségű helyiségenkénti szabályozást a hálózatba integrált, pl. épületfelügyeletbe kötött beavatkozók jelentik, mert ezeknél lehetőség van pl. a különböző fűtőcsökkentési beavatkozások központi megvalósítására is.

9.10. táblázat: Szabályozási veszteségtényezők szabad fűtőfelületekre

Szabályozási veszteségtényező alapértékei ($\varepsilon_{F,szab,0}$)		
Hőtermelő szabályozása	Szabályozás nélkül vagy központi előremenő hőmérséklet szabályozással, de helyiség-hőmérséklet szabályozás nélkül.	1,149
	Szabályozás referencia helyiségre (P-szabályozó vagy ismeretlen)	1,083
	Szabályozás referencia helyiségre, PI-szabályozó Központi előremenő hőmérséklet szabályozás helyiségenkénti hőmérséklet szabályozással	1,042
	Szabályozás referencia helyiségre optimalizációs funkcióval (pl. jelenlétérzékelővel, adaptív szabályozóval)	1,030
Korrekció 1 ($\varepsilon_{F,szab,1}$)		

Közepes méretezési hőmérsékletkülönbség hatása	kétsőves fűtés és modernizált egysőves fűtés	
	90 °C/70 °C	+0,036
	70 °C/55 °C	+0,021
	55 °C/45 °C	+0,015
	45 °C/35 °C	+0,012
	egysőves fűtés (nem felújított)	
	90 °C/70 °C	+0,048
	70 °C/55 °C	+0,036
	Ventilátoros radiátorok (pl. padlókonvektor ventilátorral)	+0,000
Korrekcio 2 ($\varepsilon_{F,szab,2}$)		
Külső határoló szerkezetek hatása	belsőfali radiátor	+0,039
	külsőfali radiátor	+0,009
	radiátor üvegfelület előtt hőtükör nélkül	+0,051
	radiátor üvegfelület előtt hőtükörrel	+0,036
Korrekcio 3 ($\varepsilon_{F,szab,3}$)		
Helyiségenkénti szabályozás	nincs	0
	különálló (pl. kéziszелеp)	-0,030
	különálló, képes önálló be-kikapcsolásra (pl. termosztatikus szelep)	-0,060
	hálózatba integrált, képes önálló reagálásra és beavatkozásra (pl. épületfelügyeletbe kötött)	-0,072

Beágyazott fűtőfelületek

A 8.11. táblázat a beágyazott fűtőfelületekre tartalmazza az $\varepsilon_{F,szab,0}$ szabályozási veszteségtényezőt és az $\varepsilon_{F,szab,1}$, $\varepsilon_{F,szab,2}$, $\varepsilon_{F,szab,3}$ korrekciós tényezőket.

A szabályozási veszteségtényező $\varepsilon_{F,szab,0}$ alapértékét a hőtermelő szabályozása alapján lehet megállapítani, a szabad fűtőfelületeknél működőhöz hasonló logika szerint. A legkedvezőtlenebb helyzet, ha a hőtermelő nem rendelkezik automatikus szabályozással, vagy van ugyan központi előremenő hőmérséklet szabályozás, de nincsen helyiségenkénti szabályozás. Ennél kedvezőbb, ha a hőtermelő szabályozása egy referenciahelyiségről, szobatermosztát jele alapján történik, de ismeretlenek ennek szabályozási paraméterei. Jobb a besorolás, ha a szabályozó P, PI vagy PID szabályozó; vagy a kétpontos szabályozás képes a referenciahelyiség hőmérsékletét 0,5 K hibasávon belül tartani. Ugyanilyen az értékelése, ha a központi előremenő hőmérséklet szabályozásra helyiségenkénti, pl. zónaszelepes szabályozás csatlakozik. A legkedvezőbb besorolás itt is akkor adható, ha a központi előremenő hőmérséklet szabályozáshoz helyiségenkénti hőmérséklet szabályozás (pl. radiátorok termosztatikus szelepes szabályozása) tartozik.

Az $\varepsilon_{F,szab,1}$ első korrekciós tényező a beágyazott fűtőfelület kialakítását veszi figyelembe, jellemzően a rendszer hőtehetetlenségét figyelembe véve. A fűtőfelület hőtehetetlensége a szabályozás nehézségét, és jellemzően e túlfűtés esélyét növeli. Az 1. korrekciós tényező értéke pozitív, azaz rontja az energetikai értékelést. A legkedvezőbb a vékony réteggel fedett fektetésű padlófűtés – pl. közvetlenül parketta alá fektetett – padlófűtés. Ennél kedvezőtlenebb a száraz, majd a hagyományos nedves fektetésű padlófűtés (ld. 14.6. ábra). Ebből a szempontból kedvezőtlenebb a falfűtés, még inkább a mennyezeti fűtés korrekciós tényezője.

Az $\varepsilon_{F,szab,2}$ második korrekciós tényező a külső határolószervezetek hőleadásra gyakorolt hatását veszi figyelembe. A korrekciós tényező meghatározásánál az MSZ EN 1264-4 szerinti hőszigetelés vastagsága a mérvadó. Minimális a korrekció a szabvány szerinti követelményt 100%-kal meghaladó hőszigetelési minőség esetén. A legnagyobb az $\varepsilon_{F,szab,2}$ korrekciós tényező hőszigetelés nélküli esetben.

Az $\varepsilon_{F,szab,3}$ harmadik korrekciós tényező a helyiségenkénti szabályozáshatását veszi figyelembe. Ha nincs ilyen szabályozás, az $\varepsilon_{F,szab,3}$ korrekciós tényező értéke 0; egyéb esetekben a harmadik korrekciós tényező csökkenti a szabályozási veszteségtényezőt. A legkisebb csökkentési lehetőséget jelenti, ha a felületfűtési körök helyiségenként elkülöníthetők, de nem rendelkeznek autonóm önműködő szabályozással. Ha ezek a körök, vagy a körök helyiségenkénti csoportjai önálló, legalább ki-be kapcsolásra alkalmas önműködő szabályozással rendelkeznek, mint pl. a termosztatikus, segédenergia nélküli vagy segédenergiával működő zónaszelep. A legjobb minőségű helyiségenkénti szabályozást a hálózatba integrált, pl. épületfelügyeletbe kötött beavatkozók jelentik, mert ezeknél lehetőség van pl. a különböző fűtőcsökkentési beavatkozások központi megvalósítására is.

9.11. táblázat: Szabályozási veszteségtényezők beágyazott fűtőfelületekre

Szabályozási veszteségtényező alapértékei ($\varepsilon_{F,szab,o}$)		
Hőtermelő szabályozása	Szabályozás nélkül vagy központi előremenő hőmérséklet szabályozással, de helyiség-hőmérséklet szabályozás nélkül	1,149
	Szabályozás referencia helyiségre (ismeretlen szabályozó)	1,083
	Szabályozás referencia helyiségre, kétpontos szabályozó (0,5 K hiszterézis alatt), P-, PI-, PID-szabályozó Központi előremenő hőmérséklet szabályozás helyiségenkénti hőmérséklet szabályozással	1,042
	Szabályozás optimalizációs funkcióval, pl. jelenlétérzékelővel, adaptív szabályozóval	1,030
Korrekció 1 ($\varepsilon_{F,szab,1}$)		
Rendszer	Padlófűtés	
	— nedves fektetésű	+0,021
	— száraz fektetésű	+0,012
	— vékony réteggel fedett fektetés	+0,006
	Falfűtés	+0,045
	Mennyezetfűtés	+0,063
Korrekció 2 ($\varepsilon_{F,szab,2}$)		
Határolószervezetek hatása	beágyazott fűtőfelület MSZ EN 1264-4 szerinti minimális hőszigetelés nélkül	+0,042
	beágyazott fűtőfelület MSZ EN 1264-4 szerinti minimális hőszigeteléssel	+0,015
	beágyazott fűtőfelület a MSZ EN 1264-4-ban előírt minimális hőszigetelésnél 100%-kal jobb hőszigeteléssel	+0,003
Korrekció 3 ($\varepsilon_{F,szab,3}$)		
Helyiségenkénti szabályozás	nincs	0
	különálló (pl. helyiségenkénti külön körök)	-0,030

	különálló, képes önálló be-kikapcsolásra (pl. termosztatikus zónaszelep)	-0,060
	hálózatba integrált, képes önálló reagálásra és beavatkozásra (pl. épületfelügyeletbe kötött)	-0,072

A beszabályozás hatása

A hidraulikai beszabályozás feladata a névleges térfogatáram beállítása a rendszer minden ágában. A beszabályozásból, annak elmaradásából, vagy hiányosságaiból származó korrekciót az $\varepsilon_{F,szab,4}$ 4. korrekciós tényező veszi figyelembe, egységesen a szabad és a beágyazott fűtőfelületekre.

A korrekciós tényezőket a 8.12. táblázat tartalmazza. A korrekciós tényezők eltérnek az egy- és kétcsöves fűtésekre, illetve a kétcsöves fűtésekre a rendszer kiterjedtsége, azaz a hőleadók száma szerint. A korrekciós értékek kedvezőtlenebbek az egycsöves rendszerekre és a 10-nél több hőleadót tartalmazó kétcsöves rendszerekre. Beszabályozási szempontból a legkedvezőbb a hőleadónkénti dinamikus beszabályozás (pl. automatikus térfogatáram korlátozó nyomáskülönbség-szabályozókkal (8.2. ábra); ezekre az $\varepsilon_{F,szab,4}$ korrekciós tényező értéke 0.

Minden más esetben a korrekció rontja az energetikai besorolást. Legkedvezőtlenebb a beszabályozás elmaradása. Ide kell sorolni azt az esetet is, amikor vannak ugyan beszabályozó szelepek, de elmaradt azok beszabályozása. A beszabályozatlanság tipikus „tünete”, ha az épület egyes helyiségeire túlfűtés, másokra alulfűtés jellemző. Ennél kedvezőbb a statikus beállítás, pl. a radiátor visszatérő szelepek (8.3. ábra) méretezés alapján történő beállítása. Ezt nem lehet beszabályozásnak minősíteni, hiszen nincsenek meg a mérési lehetőségek a beállított térfogatáramok ellenőrzésére. Egycsöves rendszer statikus beállítását „nincs hidraulikai beszabályozás” minősítés szerint kell kezelni. A korrekciós tényező értékét aszerint lehet kedvezőbb kategóriából választani, hogy a hőleadókhöz mennyire kerül közelebb a jobb minőségű beszabályozás. A beszabályozás minősége szempontjából az értékelés sorrendje a dinamikus, majd statikus beszabályozás (8.4. ábra), az egyszerű beállítás és legrosszabbként a beállítás elmaradása. Köztes állapotot jelentenek, amikor az egyes hőleadók alacsonyabb szintű beszabályozással rendelkeznek, de fogyasztócsoportok térfogatáramát már magasabb szintű beszabályozással tartják kézben, pl.: a radiátorokon visszatérő szelepes beállítás van; a lakásokba belépő térfogatáramokat statikusan szabályozták be, de a felszállókon már dinamikus beszabályozó szelepek vannak (8.5. ábra).

9.12. táblázat: Beszabályozás hatását kifejező korrekció

Egycsöves rendszer	$\varepsilon_{F, szab, 4}$	Kétcsöves rendszer	$\varepsilon_{F, szab, 4}$	
			<i>hőleadók száma max. 10</i>	<i>hőleadók száma 10 felett</i>
nincs hidraulikai beszabályozás	+0,042	nincs hidraulikai beszabályozás	+0,036	
körönkénti statikus beszabályozás	+0,024	fűtőtestenként/fűtőfelületenként statikus beállítás, csoportos beszabályozás nélkül (pl.: radiátor visszatérő szelep)	+0,018	+0,024
körönkénti dinamikus beszabályozás (pl. dinamikus térfogatáram korlátozó szelepekkel)	+0,018	fűtőtestenként /fűtőfelületenként statikus-beállítás csoportos statikus beszabályozással (pl. strangszabályozó szelepekkel)	+0,012	+0,018
körönkénti dinamikus beszabályozás (pl. dinamikus térfogatáram korlátozó szelepekkel) és a terheléstől függően dinamikus szabályozás (pl. a visszatérő hőmérsékletének korlátozása)	+0,012	fűtőtestenként /fűtőfelületenként statikus-beállítás csoportos dinamikus beszabályozással (pl. nyomáskülönbség-szabályozókkal)	+0,006	+0,012
körönkénti dinamikus beszabályozás (pl. dinamikus térfogatáram korlátozó szelepekkel) és a terheléstől függően dinamikus szabályozás (hőfoklépcső)	+0,006	fűtőtestenként/fűtőfelületenként dinamikus beszabályozás (pl. automatikus térfogatáram korlátozókkal/nyomáskülönbség-szabályozókkal)	+0,000	

9.6.1.2 Egyéb fűtési rendszerek

A szabályozási veszteségtényező a táblázatokból olvasható ki a szabályozás típusának függvényében.

Amennyiben a vizsgált fűtési mód nem szerepel a táblázatok felsorolásában, a 8.6.1.1. pontban bemutatott értékelési szempontok alapján kell egy közeli kategóriát és annak veszteségtényezőjét kiválasztani.

Villamos fűtés esetén is érvényes, hogy a belső fal mellett elhelyezett hőleadó a helyiség kedvezőtlen hőmérséklet eloszlása miatt energetikailag kedvezőtlenebb, mint a külső fal mellett, lehetőség szerint az ablak alatt elhelyezett hőleadó. Tiszta arányos, azaz P szabályozás esetén elvárás, hogy a maradó hiba 1 K szélességű sávon belül legyen. PI, arányos integráló szabályozású hőleadó képes a maradó hiba automatikus megszüntetésére, ezért annak besorolása kedvezőbb.

9.13. táblázat: Szabályozási veszteségtényezők villamos fűtés esetén

Szabályozási veszteségtényező ($\epsilon_{F,szab}$)		
Külső fal mellett	Közvetlen elektromos fűtés P-szabályozóval (1 K)	1,066
	Közvetlen elektromos fűtés PI-szabályozóval (optimalizációval)	1,042
	Hőtárolós fűtés szabályozás-nélkül, külső hőmérsékletfüggő előremenő szabályozás nélkül és statikus/dinamikus beszabályozás nélkül	1,161
	Hőtárolós fűtés P-szabályozóval (1 K), külső hőmérsékletfüggő előremenő szabályozással és statikus/dinamikus beszabályozással	1,089
	Hőtárolós fűtés PID-szabályozóval, optimalizációval, külső hőmérsékletfüggő előremenő szabályozással és beszabályozással	1,066
Belső fal mellett	Közvetlen elektromos fűtés P- vagy nem beazonosítható szabályozóval (1 K)	1,089
	Közvetlen elektromos fűtés PI-szabályozóval (optimalizációval)	1,066
	Hőtárolós fűtés szabályozás-nélkül, külső hőmérsékletfüggő előremenő szabályozás nélkül és statikus/dinamikus beszabályozás nélkül	1,185
	Hőtárolós fűtés P-szabályozóval (1 K), külső hőmérsékletfüggő előremenő szabályozással és statikus/dinamikus beszabályozással	1,113
	Hőtárolós fűtés PID-szabályozóval, optimalizációval, külső hőmérsékletfüggő előremenő szabályozással és beszabályozással	1,089

9.14. táblázat: Szabályozási veszteségtényezők közvetlen helyiséglevegő fűtés esetén

Rendszer kialakítás	szabályozás	$\epsilon_{F,szab}$
Gázkonvektor	Saját, segédenergia nélküli termosztatikus szabályozással, külső falnál helyezve	1,20
	Saját, segédenergia nélküli termosztatikus szabályozással, belső falnál helyezve	1,24
	Magasabb rendű szabályozás (pl. szobatermosztát, PI szabályozó), külső falnál helyezve	1,12
Egyedi kályha, kandalló	Szabályozás nélkül	1,20
Levegőfűtés (indukciós berendezéssel, fan coilal)	a belső hőmérséklet alacsony színvonalú szabályozása (pl. on-off vagy P szabályozás vagy nem beazonosítható szabályozás)	1,066
	a belső hőmérséklet folytonos PI vagy PID szabályozása	1,042

A gázkonvektorok saját termosztatikus szabályozással rendelkeznek. Ha a gázkonvektor a külső falnál helyezkedik el (jellemzően parapetes, ablak alatt elhelyezett konvektorként), az a helyiség hőmérséklet eloszlása miatt energetikailag kedvezőbb, mint a belső falon elhelyezett, jellemzően kéménybe kötött változat. Energetikailag kedvezőbb, ha a konvektor szabályozás nem saját termosztátjáról, hanem pl. egy szobatermosztátról, vagy valamilyen igényesebb, legalább PI minőségű, a maradék hibát megszüntetni képes szabályozóról történik. Ez a kedvezőbb besorolás csak külső fali készülékeknél érvényesíthető. Megjegyezzük, hogy kéménybe kötött (gáztechnikai szempontból: B típusú), vagy C típusú, az számottevően

befolyásolja a helyiség energetikáját. A kéménybe kötött készüléknél normál esetben folyamatosan van egy kiirtóhatás, ami extra filtrációs veszteséget okoz a „parapetes” megoldáshoz képest, azonban a jelenség számszerűsítéséhez nincsen elegendő tapasztalat.

Légfűtések (klimakonvektorok, fan-coilos fűtések) esetében a szabályozás nélküli üzem, az on-off szabályozás és a tiszta P szabályozás kedvezőtlenebb besorolás alá esnek, mint az igényesebb, PI, vagy PID szabályozással rendelkező készülékek. Az egyedi kályhák, kandallók esetén érdemi szabályozásról nem beszélhetünk, ezek egy közös kategóriába esnek.

9.7 A hőtárolás veszteségei és segédenergia igénye

9.15. táblázat: Hőtárolás fajlagos energiaigénye, $\frac{Q_{F,tár}}{A_{rszr}} \left[\frac{kWh}{m^2 év} \right]$ és segédenergia igénye, $\frac{W_{F,tár}}{A_{rszr}} \left[\frac{kWh}{m^2 év} \right]$

Alap- területig A_{rszr} [m ²]	Fajlagos energiaigény $\frac{Q_{F,tár}}{A_{rszr}} \left[\frac{kWh}{m^2 év} \right]$				Segédenergia igény $\frac{W_{F,tár}}{A_{rszr}} \left[\frac{kWh}{m^2 év} \right]$
	Elhelyezés a fűtött térben		Elhelyezés a fűtött téren kívül		
	55/45 °C	35/28 °C	55/45 °C	35/28 °C	
100	0,3	0,1	2,6	1,4	0,63
150	0,2		1,9	1,0	0,43
200	0,2		1,5	0,8	0,34
300	0,1	0,0	1,1	0,6	0,24
500			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			0,2	0,1	0,07
5000			0,2	0,1	0,06
10000			0,2	0,1	0,05

Szilárdtüzelésű vagy biomassza tüzelésű rendszer tárolóinál a táblázatban szereplő fajlagos energiaigény értékeket 2,6 szorzótényezővel meg kell szorozni. *Ennek oka, hogy szilárd tüzelésnél magasabb tárolóhőmérséklet a jellemző.* A segédenergia igény értékei változtatás nélkül alkalmazandók.

Részrendszer esetén a táblázatokból kiolvasható értékeket a részrendszerhez tartozó nettó hőigény és az épület teljes nettó fűtési igényének hányadosával meg kell szorozni. *Ugyanúgy kell eljárni itt is, mint az elosztási veszteségek számításánál (ld. 8.5.1. fejezet vége).*

9.7.1 Részletes módszer

Részletes módszerként alkalmazható az 15316-5:2017 szabvány. A tárolási veszteségek a

$$Q_{F,tár} = Q_{H;sto;ls;nrb} + Q_{H;sto;ls;rb} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (9.15)$$

összefüggéssel határozhatók meg a fűtési puffertárolóra (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva). A képlet első tagja a veszteség vissza nem nyerhető része, a második tagja a visszanyerhető rész. A visszanyerhető hányad a nettó fűtési igényből levonandó, de itt figyelembe kell venni.

9.8 A hőelosztás segédenergia igénye

9.8.1 Egyszerűsített módszer

Az elektromos segédenergia igényt az fűtési rendszerhez tartozó alapterület, a rendszer méretezési hőfoklépcsői és további befolyásoló tényezők függvényében (EEI) tartalmazza a táblázat. A vezetérendszer alatt az elosztó vezetékek (vízszintes vezetékek), strangok (függőleges vezetékek) és bekötővezetékek értendők.

A keringető szivattyúkra vonatkozó 641/2009/EK rendelet értelmében a tömszelence nélküli önálló keringetőszivattyúk és a termékekbe beszerelt keringetőszivattyúk energiahatékonysági mutatója (EEI) 2015. augusztus 1-jétől legfeljebb 0,23 lehet.

A fajlagos villamos segédenergia igények az alábbi táblázatban találhatók.

9.16. táblázat: Fajlagos villamos segédenergia igény különböző szivattyútípusok és hőfoklépcsők esetén, $\frac{W_{F,sziv}}{A_{rszr}} \left[\frac{kWh}{m^2 év} \right]$

	Fordulatszám szabályozású szivattyú				Állandó fordulátú szivattyú				Elektronikusan szabályozott, állandó mágneses motorral szerelt szivattyúk	
Alap-területig	Szabad fűtőfelületek				Beágyazott fűtőfelületek				EEI=0,23	EEI=0,17
$A_{rszr} [m^2]$	20 K 90/7 0 °C	15 K 70/5 5 °C	10 K 55/4 5 °C	7 K	20 K 90/7 0 °C	15 K 70/5 5 °C	10 K 55/4 5 °C	7 K		
100	1,69	1,85	1,98	3,52	2,02	2,22	2,38	4,22	1,44	1,28
150	1,12	1,24	1,35	2,40	1,42	1,56	1,71	3,03	0,90	0,75
200	0,86	0,95	1,06	1,88	1,11	1,24	1,38	2,44	0,67	0,55
300	0,61	0,68	0,78	1,39	0,81	0,91	1,04	1,85	0,46	0,36
500	0,42	0,48	0,57	1,01	0,57	0,65	0,78	1,38	0,31	0,23
750	0,33	0,38	0,47	0,83	0,45	0,52	0,64	1,14	0,24	0,18
1000	0,28	0,33	0,42	0,74	0,39	0,46	0,58	1,02	0,20	0,14
1500	0,23	0,28	0,37	0,65	0,33	0,39	0,51	0,90	0,16	0,11
2500	0,20	0,24	0,33	0,58	0,28	0,34	0,46	0,81	0,14	0,10
5000	0,17	0,22	0,30	0,53	0,24	0,30	0,42	0,74	0,12	0,09
10000	0,16	0,20	0,28	0,50	0,22	0,28	0,40	0,70	0,11	0,08

9.17. táblázat: Fancoil ventilátorának fajlagos villamos segédenergia igénye , egész éves üzemben (hűtési és fűtési módban)

$$\text{összesen } \frac{W_{FC}}{A_{rszr}} \left[\frac{kWh}{m^2 \text{év}} \right]$$

Rendszer	Kialakítás	Segédenergia [kWh/m ² év]
Fancoil	Padlón álló, oldalfali, mennyezet alatti	2
	Álmennyezetbe telepített	2,4
	Légcsatornázható	2,8
	Négy irányban fűvő	4,4

9.8.2 Részletes módszer

A fajlagos villamos segédenergia igények részletes számítását az MSZ EN 15316-3 szabvány alapján lehet elvégezni.

A hőelosztás segédenergia igénye a

$$W_{F, sziv} = W_{H, dis} \left[\frac{kWh}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{\text{időszak}} \right] \quad (9.16)$$

összefüggéssel határozható meg (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva).

10 A légtechnikai rendszer energiafelhasználása

10.1 Egyszerűsített módszer

10.1.1 A szállított térfogatáram

A szellőzőrendszer által szállított térfogatáram (recirkuláció nélkül vett) értékére az ÉKM 2. Függelék 2.1. táblázat ad tájékoztató adatokat. Lakóépületek esetén a közölt érték kötelező.

10.1.2 A nettó fűtési energiaigényének léghevítés által fedezett hányada

Az alábbi módszer alkalmazható, ha ismert a befűvási hőmérséklet értéke. Ellenkező esetben, ha a többi fűtési mód által fedezett energiaigény ismert, akkor az átlagos befűvási hőmérséklet a légtechnikára maradó energiaigényből visszaszámolható (lásd még a 7. és a 8.1. pontban leírtakat.)

A módszer különböző térfogatáram fokozatokra alkalmazható. A számítást havi bontásban vagy szezonális átlagértékekkel kell elvégezni.

Léghevítő nélküli esetben (pl. csak hővisszanyerő) $Q_{F,LT} = 0$ kWh.

Léghevítés esetén a léghevítő által fedezett nettó fűtési igény:

$$Q_{F,LT,net} = \Sigma(Q_{F,LT,n,friss,net} + Q_{F,LT,n,recirk,net}) \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (10.1)$$

A szellőző rendszer friss levegőre vonatkoztatott (recirkuláció nélküli) hőigénye a frisslevegő elő- és utófűtéséből adódik.

$$Q_{F,LT,n,friss,net} = Q_{F;EF,n,friss,net} + Q_{F;UF,n,friss,net} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (10.2)$$

A) szakaszos légfűtés hővisszanyerő nélkül:

$$Q_{F,LT,n,friss,net} = Q_{F;UF,n,friss,net} = 0,35 \cdot \dot{V}_{LT,n,friss} \cdot \Delta t_{LT,n} \cdot \frac{(\theta_{bef,F} - \theta_{e;átlag})}{1000} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (10.3)$$

$$Q_{F;EF,n} = 0 \text{ kWh} \quad (10.4)$$

B) szakaszos légfűtés hővisszanyerővel:

$$Q_{F,LT,n,friss,net} = Q_{F;UF,n,friss,net} = 0,35 \cdot \dot{V}_{LT,n,friss} \cdot (1 - \eta_r) \cdot \Delta t_{LT,n} \cdot \frac{(\theta_{bef,F} - \theta_{e;átlag})}{1000} \quad (10.5)$$

$$Q_{F;EF,n,net} = 0 \text{ kWh} \quad (10.6)$$

C) szakaszos légfűtés hővisszanyerővel, fagyvédelmi előfűtéssel:

$$Q_{F;EF,n,friss,net} = 0,35 \cdot \dot{V}_{LT,n,friss} \cdot \Delta t_{EF,n,e < -4C} \cdot \frac{(-4 - \theta_{e < -4C})}{1000} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (10.7)$$

$$Q_{F;UF,n,friss,net} = 0,35 \cdot \dot{V}_{LT,n,friss} \cdot \left((\Delta t_{LT,n} - \Delta t_{EF,n,e < -4C}) (\theta_{bef,F} - \theta_{e;átlag}) + \Delta t_{EF,n,e < -4C} \cdot (\theta_{bef,F} - (-4)) \right) \cdot \frac{(1 - \eta_r)}{1000} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (10.8)$$

A képlet azt feltételezi, hogy a fagyvédelmi előfűtés -4 °C alatt üzemel. Ettől eltérő érték esetén a képlet értelemszerűen módosítandó.

Amennyiben az elő- és utófűtés energiahordozója azonos (pl. villamos áram), akkor az elő- és utófűtési energiafelhasználás összegezhető.

$$Q_{F,LT,n,friss,net} = Q_{F;EF,n,friss,net} + Q_{F;UF,n,friss,net} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (10.9)$$

Amennyiben az elő- és utófűtés energiahordozója eltérő (pl. villamos áram, földgáz), akkor az elő- és utófűtési energiafelhasználás nem összegezhető.

A) szakaszos légfűtés hővisszanyerővel, talajhőcserélős levegő előmelegítéssel:

$$Q_{F,LT,n,friss,net} = Q_{F;UF,n,friss,net} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (10.10)$$

A talajhőcserélő által fedezett hányad a hasznosított megújuló energia mennyiségébe számítható be:

$$Q_{F,thcs,n,net} = 0,35 \cdot \dot{V}_{LT,n,friss} \cdot \Delta t_{LT,n} \cdot \frac{(\theta_{thcs,F} - \theta_{e,átlag})}{1000} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (10.11)$$

A talajhőcserélőből kilépő levegő hőmérséklete a 10.1.3. pont szerint határozható meg.

$$Q_{F;UF,n,friss,net} = 0,35 \cdot \dot{V}_{LT,n,friss} \cdot \Delta t_{LT,n} \cdot (\theta_{bef,F} - \theta_{thcs,F}) \cdot \frac{(1-\eta_r)}{1000} \quad (10.12)$$

$$Q_{F;EF,n} = 0 \text{ kWh} \quad (10.13)$$

ahol

$\theta_{thcs,F}$	a talajhőcserélőből kilépő levegő átlaghőmérséklete (ld. 10.1.3) [°C]
$\theta_{e<-4C}$	átlagos külső hőmérséklet abban az időszakban, amikor a külső hőmérséklet -4 C alatt van (fagyvédelmi előfűtés esete)
η_r	hővisszanyerő hatásfoka
$\theta_{bef,F}$	a levegő befűvási átlaghőmérséklete a vizsgált időszakban [°C]
$\dot{V}_{LT,n,friss}$	szellőzési térfogatáram a gépi szellőzés n. üzemmódjánál [m ³ /h]
$Dt_{LT,n}$	a vizsgált időszakon belül vett üzemidő a gépi szellőzés n. üzemmódjánál [h]
$Dt_{EF,n,e<-4C}$	az az időszak a vizsgált időszakon belül, amikor a gépi szellőzés n. üzemmódban megy és a külső hőmérséklet -4 C alatt van és fagyvédelmi előfűtés működik, értéke nulla, ha nincs fagyvédelmi előfűtés [h].

10.1.2.1 A recirkuláció nettó hőenergia igénye

Ha a légtechnikai rendszerben recirkulációt alkalmaznak, akkor a recirkuláció nettó fűtési energiaigénye a következőképpen határozható meg (az n. térfogatáram fokozatra):

$$Q_{F,LT,recirk,n,net} = 0,35 \cdot \dot{V}_{F,LT,recirk,n} \cdot Dt_{LT,n} \cdot \frac{(\theta_{bef;F} - \theta_{i;F})}{1000} \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{id\acute{o}szak} \right] \quad (10.14)$$

10.1.3 Szellőző levegő előmelegítés talajhőcserélőben

10.1.3.1 Egyszerűsített módszer

A talajhőcserélő által fedezett nettó fűtési energiaigény a 10.11. képlet alapján határozható meg, ahol a talajhőcserélőt elhagyó levegő hőmérséklete a 10.1. táblázat felhasználásával határozható meg. A táblázati adatok alkalmazásának feltételei:

- A talajhőcserélő fektetési mélysége: 2 m
- 200 mm-es csőátmérőjű PVC cső
- A talajhőcserélő áprilistól októberig by-pass ággal ki van iktatva a rendszerből.

10.1. táblázat: A talajhőcserélőből kilépő levegő hőmérséklete a fektetési hossz (L) és a szállított térfogatáram függvényében

Szállított térfogatáram	Talajhőcserélőből kilépő levegő hőmérséklete (°C)					Szezonális átlag (°C)
	január	február	március	november	december	
L=30m						
120 m3/h	10,7	11,9	11,5	10,6	8,9	10,7
150 m3/h	10,4	11,6	11,3	10,5	8,7	10,5
180 m3/h	10,2	11,2	11,1	10,4	8,4	10,3
L=40m						
120 m3/h	11,2	12,7	12,1	10,8	9,5	11,3
150 m3/h	11,1	12,5	11,9	10,7	9,3	11,1
180 m3/h	10,9	12,2	11,8	10,7	9,2	10,9
L=50m						
120 m3/h	11,5	13,1	12,3	10,9	9,8	11,5
150 m3/h	11,4	12,9	12,2	10,8	9,7	11,4
180 m3/h	11,3	12,8	12,1	10,8	9,6	11,3
L=60m						
120 m3/h	11,6	13,3	12,4	10,9	9,9	11,6
150 m3/h	11,6	13,2	12,4	10,9	9,9	11,6
180 m3/h	11,5	13,1	12,3	10,9	9,8	11,5

10.1.3.2 Részletes módszer

Fűtési és hűtési számításokhoz részletes módszerként alkalmazható az MSZ EN 16798-5-1 szabvány.

10.1.4 A légtechnika energiafelhasználása

A szellőzés végső energiafelhasználása az előfűtő és az utófűtő végső hőenergia felhasználásából ($Q_{LT,vég,i}$), valamint a ventilátorok és az egyéb segédenergia

felhasználásokból tevődik össze ($W_{LT,vég}$). Előbbi kettő csak akkor összegezhető, ha energiahordozójuk azonos. Utóbbi kettő összegezhető:

$$W_{LT,vég} = \sum_n W_{vent,n} + W_{LT,s}$$

10.1.4.1 A légtechnika végenergia felhasználása ErP minősített szellőzőrendszer esetén

Az alábbi számítás jellemzően lakásszellőzőkre használható. A módszer nem kötelező. A számítást zónánként kell elvégezni, a végén energiahordozónként kell összegezni és a teljes hasznos alapterületre fajlagosítani. A szellőzés szempontjából azonos zónába sorolhatók a helyiségek a számítás során felmerülő bemenő adatok közel azonossága esetén (pl. azonos a szellőző rendszerrel fedezendő fajlagos energiaigény, a szellőzés menetrendje, a légcsereszám, azonos vagy ugyanolyan tulajdonságokkal bíró légkezelő látja el, azonos a befűvási hőmérséklet, stb.). A számítás recirkuláció esetén nem alkalmazható.

Ha ezt a módszert alkalmazzuk, akkor a szellőzés nettó igényének számításakor nem vehetjük figyelembe az alacsonyabb ventilátorfokozaton történő üzemeltetési időszakokat, hanem az üzem során előforduló legmagasabb térfogatárammal kell számolni, mert a részterhelés hatását a CRTL tényezővel vesszük figyelembe.

A szellőzés n. üzemállapotában az utófűtő végső energia igénye:

$$Q_{LT,UF,n,vég} = \frac{Q_{F,UF,n,friss,net} \cdot MISC \cdot \varepsilon_{LT,UF}}{CTRL} \left[\frac{kWh}{év} \right] \quad (10.15)$$

Amennyiben az utófűtés energiaforrása azonos az egyéb (nem lég-) fűtési rendszer energiaforrásával, akkor $\varepsilon_{LT,UF} = \varepsilon_F$

Az előfűtő végsőenergia igénye:

$$Q_{F,EF,n,vég} = Q_{F,EF,n,net} \cdot \varepsilon_{LT,EF} \quad (10.16)$$

villamos előfűtés esetén: $\varepsilon_{LT,EF} = 1$

A ventilátor villamos energiafelhasználása:

$$W_{vent,n} = \frac{\dot{V}_{LT,n} \cdot MISC \cdot SPI \cdot \Delta t_{LT,a,n}}{CTRL^x} \left[\frac{kWh}{év} \right] \quad (10.17)$$

A 2. üzemállapotra a számítás azonos módon végezhető.

ahol

MISC	a szellőztetés hatékonyságát, a légszűrő szivárgását és a járulékos infiltrációt kifejező tényező foglalja magában [-], (10.2. táblázat)
CTRL	szellőztetés szabályozási tényező [-], (10.3. táblázat)
x	a hőenergia és az elektromosáram-megtakarítás közötti nem lineáris viszony figyelembevételére szolgáló kitevő, a motor és a meghajtó szerkezet jellemzőitől függően [-], (10.4. táblázat)
SPI:	fajlagos felvett teljesítmény [kW/(m ³ /h)], a gyártói információs adatlapon feltüntetett érték, melyet 2018. január 1. után forgalomba hozott készüléknél kötelező megadni
$\Delta t_{LT,a,n}$	a légtechnika éves üzemideje [h]

10.2. táblázat: Szellőzés térfogatáram szabályozása

Ventilátor vezérlés típusa	MISC
Légcsatornával ellátott berendezés	1,1
Légcsatorna nélküli berendezés	1,21

10.3. táblázat: Szellőzés térfogatáram szabályozása

Ventilátor vezérlés típusa	CTRL
Kézi vezérlés	1,0
Időzítő (óra) vezérlés	1,2
Központi igényvezérlés	1,5
Helyi igényvezérlés	2,0

10.4. táblázat: Az „x” kitevő értéke

Motor és vezérlés típusa	Nemlinearitási kitevő x
on/off és egyfokozatú	1,0
2 fokozatú	1,2
3 fokozatú	1,5
fokozatmentes	2,0

10.1.5A szellőzés végsőenergia igénye egyszerűsített módszerrel

A szellőzés n. üzemállapotában az utófűtő végsőenergia igénye:

$$Q_{F,UF,n,vég} = [(Q_{F,UF,n,friss,net} + Q_{F,LT,recirk,n,net}) \cdot (1 + f_{LT}) + Q_{F,LT,lcs,n}] \cdot \varepsilon_{LT,UF} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (10.18)$$

Az előfűtő végsőenergia igénye:

$$Q_{F,EF,n,vég} = Q_{F;EF,n} \cdot \varepsilon_{LT,EF} \quad (10.19)$$

A ventilátor villamos energiafelhasználása:

$$W_{vent,n} = \frac{(\dot{V}_{LT,n,friss} + \dot{V}_{LT,n,recirk}) \cdot \Delta p_{LT}}{3600 \cdot \eta_{vent,n}} \cdot \frac{\Delta t_{LT,a,n}}{1000} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (10.20)$$

ahol

$\Delta t_{LT,a,n}$ a szellőzés éves üzemideje [h].

A szellőzés villamos segédenergiaigénye pedig: $W_{LT,s}$

A különböző üzemállapotokra meghatározott energiaigények összege adja a teljes energiaigényt.

Az előfűtő és az utófűtő végső energiaigénye csak azonos energiahordozó alkalmazása esetén összegezhető.

10.1.5.1 A léghevítés teljesítménytényezője

A léghevítés teljesítménytényezője ahhoz a hőtermelőhöz tartozik, mely a léghevítéshez biztosítja a hőenergiát. Amennyiben az utófűtés energiaforrása azonos az egyéb (nem lég-) fűtési rendszer energiaforrásával, akkor $\varepsilon_{LT,UF} = \varepsilon_F$

Villamos előfűtés esetén: $\varepsilon_{LT,EF} = 1$

10.1.5.2 A teljesítmény és az igény illesztésének pontatlansága miatti veszteség

A teljesítmény és az igény illesztésének pontatlansága miatti veszteség fajlagos értékét a 10.5. táblázat tartalmazza.

10.5. táblázat: A teljesítmény és az igény illesztésének pontatlansága miatti veszteség a nettó hőigény százalékában, f_{LT}

Rendszer	Hőmérséklet szabályozás módja	f_{LT} %	Megjegyzés
20 °C feletti befűvási	Helyiségenkénti szabályozás	5	Érvényes az egyes helyi (helyiségenkénti) és
hőmérséklet esetén	Központi előszabályozással, helyiségenkénti szabályozás nélkül	10	a központi kialakításokra, függetlenül a levegő melegítés módjától.
	Központi és helyiségenkénti szabályozás nélkül	30	
20 °C alatti befűvási hőmérséklet esetén		0	Pl. hővisszanyerős rendszer utófűtő nélkül

10.1.5.3 Levegő elosztás hővesztesége

Ha a szállított levegő hőmérséklete a környezeti hőmérsékletnél legalább 15 K-nel magasabb, akkor a befűvő hálózat hővesztesége az alábbi összefüggésekkel számítható, egyébként elhanyagolható.

a) kör keresztmetszetű légsatorna hővesztesége (hőátbocsátási tényező hosszegységre vonatkoztatva):

$$Q_{F,LT,lcs,n} = U_{kör} \cdot l_v \cdot (\theta_{bef} - \theta_{i,F}) \cdot f_v \cdot \frac{\Delta t_{LT,a,n}}{1000} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (10.21)$$

b) négyszög keresztmetszetű légsatorna hővesztesége (hőátbocsátási tényező felületre vonatkoztatva):

$$Q_{F,LT,lcs,n} = U_{nsz} \cdot 2 \cdot (a + b) \cdot l_v \cdot (\theta_{bef} - \theta_{i,F}) \cdot f_v \cdot \frac{\Delta t_{LT,a,n}}{1000} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (10.22)$$

10.6. táblázat: Kör keresztmetszetű légszatórnák egységnyi hosszra vonatkoztatott hőátbocsátási tényezője $U_{k\ddot{o}r}$ [W/mK] a csőátmérő, sebesség és hőszigetelés függvényében

Cső átmérő	Szigetelés nélkül			20 mm hőszigetelés			50 mm hőszigetelés		
d [mm]	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

10.7. táblázat: Négyzet keresztmetszetű légszatórnák belső felületre vonatkoztatott hőátbocsátási tényezője a sebesség és hőszigetelés függvényében, U_{nsz} [W/m²K]

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

A légszatórna f_v veszteségtényezője fűtött téren kívül haladó légszatórna esetén $f_v = 1$, fűtött térben haladó vezetékeknél $f_v = 0,15$ értékkel számítható.

10.1.5.4 Ventilátorok hatásfoka

A ventilátor összhatásfoka magában foglalja a ventilátor, a hajtás és a motor veszteségeit. Értéke pontosabb adat hiányában az 10.8. táblázat szerint vehető fel:

10.8. táblázat: Ventilátorok összhatásfoka

	Ventilátor térfogatárama $\dot{V}_{LT}$ [m ³ /h]	Ventilátor összhatásfoka η_{vent} [-] 2010 előtt
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

A ventilátor hatásfokát szezonális átlagban kell megadni.

10.1.5.5 A légtechnikai rendszer villamos segédenergia fogyasztása

Az $W_{LT,s}$ 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 befűvőszerkezethez tartozó ventilátor segédenergia igényét kell fedezni. A segédenergia igény alapvetően a rendszer kialakításnak és alkalmazott berendezésnek a függvénye, ezért azt a rendszer ismeretében kell meghatározni. A segédenergia igény $W_{LT,s}$ mértékegysége kWh/év. Ha az épületben több rendszer van, akkor ezek fajlagos segédenergia igényét összegezni kell.

A berendezések segédenergia igénye a következő összefüggéssel számítható:

$$W_{LT,s} = \sum W_{LT,s,j} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (10.23)$$

10.2 Részletes módszer

A légtechnika energiaigénye részletes módszerrel az MSZ EN 16798-3, MSZ EN 16798-5-2 és az MSZ EN 16798-5-2 szabványok alapján számítható.

Hűtési rendszer energiateljesítményének meghatározása

11.1 Egyszerűsített módszer

A gépi hűtés fajlagos végső hő- és villamos energiaigényét energiahordozónként kell meghatározni külön a hő- és villamos energiára a következő összefüggések alapján:

$$Q_{H,vég,j} = \sum Q_{H,net} \cdot c_H \cdot \varepsilon_{H,szab} \cdot \varepsilon_{H,szall} \cdot \varepsilon_H \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (0.1)$$

A képletben a szumma jel azt jelenti, hogy a különböző (de azonos energiahordozóval ellátott rendszerekkel rendelkező) zónák energiaigényét összegezni kell, továbbá ha egy zónában többféle (de azonos energiahordozóval ellátott rendszerekkel rendelkező) rendszer együttes üzeme valósul meg, akkor az azok által bevitt energiamennyiségek is összegzendők.

A Q_H nettó hűtési energiaigényt a 6.8. pont szerint kell meghatározni egyszerűsített esetben.

A hűtés villamos segédenergia igényébe csak azokat a tételeket szabad beszámolni, melyeket a hűtőgép SEER értéke nem tartalmaz.

$$W_{H,vég} = \sum W_{H,seg} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (0.2)$$

A képletben a szumma jel azt jelenti, hogy a különböző zónák villamos energiaigényét összegezni kell, továbbá ha egy zónában többféle rendszer együttes üzeme valósul meg, akkor azok villamos segédenergiaigényei is összegzendők. Egyszerűsített esetben $W_{H,vég} = 0 \frac{kWh}{év}$.

11.1.1A hűtés látens hőigénye

A berendezés teljes és az érezhető hűtőtéljesítményének aránya hatását kifejező c_H tényezőre néhány jellegzetes esetben ad irányadó értékeket a 0.1 táblázat.

0.1. táblázat: A berendezés teljes és az érezhető hűtőtéljesítményének aránya (c_H)

A hűtőközeg hőmérséklete	c_H
16/18 °C (pl. klímagerendák)	1,00
6/12 °C (pl. fan-coil készülék)	1,25
Közvetlen elpárologtatós rendszer (5 °C)	1,45

11.1.2A hűtőgép teljesítménytényezője

A hűtőgép villamos vagy hőenergia fogyasztását a hűtőgép SEER szezonális teljesítménytényező alapján lehet meghatározni. Elektromos üzemű hőszivattyúk esetén az ε_H hűtési teljesítménytényező a szezonális teljesítménytényező reciproka:

$$\varepsilon_H = \frac{1}{SEER} \quad (0.3)$$

A szezonális teljesítménytényező és hűtési teljesítménytényező értékek az 0.2. táblázatból olvashatók ki:

0.2. táblázat: Szezonális teljesítménytényező, SEER és hűtési teljesítménytényező értékek, ε_H

Hűtőgép típusa	SEER	ε_H
Kompresszoros légűtés (split)	2,5	0,40
Légűtéses kompakt és osztott kivitelű (távkondenzátoros) folyadékhűtő	3,0	0,33
Vízűtéses folyadékhűtők (scroll kompresszor)	4,3	0,23
Vízűtéses folyadékhűtők (csavar kompresszor)	5,0	0,20
Vízűtéses folyadékhűtők (turbó kompresszor)	7,0	0,14
Talajhő/víz elektromos hőszivattyú	5,0	0,20
Földgáz üzemű hőszivattyú, a gázmotor hulladékhője hasznosítva van	1,7	0,58
Földgáz üzemű hőszivattyú, a gázmotor hulladékhője nincs hasznosítva	1,4	0,71

Ha a hűtési igény részben vagy teljesen passzív üzemben (hőszivattyú nélkül) működtetett talajhőcserélővel van fedezve, a talajkollektor hidraulikai ellenállása és a keringtetett térfogatáram ismeretének hiányában egyszerűsített eljárásként feltételezhető, hogy 1 kWh segédenergiával ($W_{H,s}$) a nettó hűtési hőigény 10 kWh-val csökkenthető.

11.1.3 Elosztási veszteségek

A hűtési rendszer elosztási veszteségei egyszerűsített módszer esetén elhanyagolhatók ($\varepsilon_{H,sz\ddot{a}ll} = 1$). Részletes módszerként alkalmazható az MSZ-EN-15316-3 szabvány.

11.2 Részletes módszer

Részletes módszerként alkalmazhatók a MSZ EN 16798-13, MSZ EN 16798-15 és a MSZ EN 16798-9 szabványok.

Az épület energetikai rendszereiből származó nyereségáramok

11.3 Az épület energetikai rendszereiből származó nyereségáramok

A helyben megtermelt és más helyi, az épületenergetikai rendelet által nem szabályozott fogyasztóknak vagy a hálózatba exportált (kiváltott) villamos energia külön számítandó. Ilyen lehet a napelemek termelése, a helyben termelt szélenergia, vagy a gázmotorok által termelt áram. Egyszerűsített módszer esetén az ilyen energia teljes mennyiségét exportáltként lehet elszámolni, de figyelni kell arra, hogy ne kerüljön kétszer elszámolásra ugyanaz az energia a számítás során. Vagyis ekkor az épületben használt villamos energiát teljes mértékben hálózatról vételezettnek kell tekinteni.

11.4 Napelemek energiatermelése

Napelemek energiatermelésének a becslése egyszerűsített módszerrel 20 kWp beépített teljesítményig lehetséges villamosenergia-hálózatra kötött rendszereknél. A 20 kWp beépített teljesítményt meghaladó, valamint szigetüzemű (a villamosenergia-hálózattól független pl. akkumulátoros energiatárolókkal ellátott rendszerek) kialakítást részletes módszerrel kell számítani.

11.4.1 Egyszerűsített módszer

A napelemek éves energiatermelésének (W_{PV}) számítására 20 kWp beépített teljesítményt nem meghaladó mono-, illetve polikristályos napelemes rendszerek esetén elfogadható a következő képlet alkalmazása:

$$W_{PV} = w_{PV} \cdot P_{PV,össz} \left[\frac{kWh}{év} \right] \quad (0.4)$$

ahol

$P_{PV,össz}$ A napelem mező beépített teljesítménye, [kWp]

11.4.2 Részletes módszerek

Részletes módszerként alkalmazható az MSZ EN 15316-4-3 szabvány. A termelt energia mennyisége továbbá meghatározható a tervezői gyakorlatban elfogadott szoftverekkel is.

11.5 Szélenergia hasznosítás

A helyben vagy közelben termelt, az épületben felhasznált szélenergia számítása a MSZ EN 15316-4-10 szabvány szerint végezhető. Kapcsolt energiatermelés

A gázmotorok által termelt hő- és villamos energia számítható az MSZ EN MSZ EN 15316-4-4 szabvány szerinbéla

12 Az épület komplex indikátorai

Az épület összesített súlyozott energetikai teljesítménye a végenergia igény alapján számítható a súlyozó tényezők alapján, melyet a helyben megtermelt és más fogyasztóknak vagy a hálózatba exportált, súlyozott energiával csökkenteni kell.

Fotovoltaikus rendszer által termelt, az épületben használt, de jelen rendelet szerint az energiafelhasználás tekintetében figyelmen kívül hagyandó (pl. háztartási célú, irodagépek vagy technológia által használt) villamos energiafelhasználás exportálnak tekintendő.

Részletes módszernél ezt az elvet kell követni. Ott ugyanis órai bontásban meg lehet határozni a villamos fogyasztásokat beleértve a háztartási, irodai, stb. fogyasztásokat is, valamint a napelem termelést, és a kettő különbsége pontosan kiadja rendszertől függően a ténylegesen hálózatba exportált vagy akkumulátorba táplált energiamennyiséget. (Tovább bonyolítja a számítást sziget üzemű rendszereknél, hogy a termelt energiának egy része elképzelhető, hogy nem tud hasznosulni.) A részletes módszerrel számolt ténylegesen hálózatba exportált energia tehát nem tartalmazza a hálózati, irodai, stb. fogyasztásokat, ami elvi különbséget jelent az egyszerűsített módszerhez képest. Az ellentmondás megszüntetésére hazai szabályként ki kell kötni, hogy a Rendelet alkalmazásában a részletes módszernél a ténylegesen hálózatba táplált energiát és a háztartási, irodai fogyasztások fedezésére fordított energia összegét tekintjük exportálnak. Az elv egyébként indokolható: az épület energiamérlege szempontjából egyenértékű, hogy a termelt energia az EPB hatályán kívül helyezett saját háztartásunk céljára vagy a hálózaton keresztül más épületek háztartási fogyasztására fordítódik.

A végenergiába nem számíthatók be a nettó igényt csökkentő tételek.

Az épület összesített súlyozott energetikai teljesítménye:

$$E_{\text{súlyozott}} = E_{F,\text{súlyozott}} + E_{\text{H MV},\text{súlyozott}} + E_{\text{LT},\text{súlyozott}} + E_{\text{H},\text{súlyozott}} + E_{\text{vil},\text{súlyozott}} - E_{\text{exp},\text{súlyozott}} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \quad (12.1)$$

Ahol a súlyozott energiaigény:

$$E_{F,\text{súlyozott}} = \sum_i Q_{F,\text{vég},i} \cdot F_{f\acute{e}/\acute{e}h} \cdot f_{\text{súly},i} + \sum_i W_{F,\text{vég},i} \cdot f_{\text{súly},i} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \quad (12.2)$$

$$E_{\text{H MV},\text{súlyozott}} = \sum_i Q_{\text{H MV},\text{vég},i} \cdot F_{f\acute{e}/\acute{e}h} \cdot f_{\text{súly},i} + \sum_i W_{\text{H MV},\text{vég},i} \cdot f_{\text{súly},i} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \quad (12.3)$$

$$E_{\text{LT},\text{súlyozott}} = \sum_i Q_{\text{LT},\text{vég},i} \cdot F_{f\acute{e}/\acute{e}h} \cdot f_{\text{súly},i} + \sum_i W_{\text{LT},\text{vég},i} \cdot f_{\text{súly},i} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \quad (12.4)$$

$$E_{\text{H},\text{súlyozott}} = \sum_i Q_{\text{H},\text{vég},i} \cdot F_{f\acute{e}/\acute{e}h} \cdot f_{\text{súly},i} + \sum_i W_{\text{H},\text{vég},i} \cdot f_{\text{súly},i} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \quad (12.5)$$

$$E_{\text{V},\text{súlyozott}} = \sum_i W_{\text{vil},\text{vég},i} \cdot f_{\text{súly},i} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \quad (12.6)$$

ahol

$Q_{\text{vég},i}$ a végső hőenergiaigény energiahordozónként $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right]$,

$W_{\text{vég},i}$ a végső villamos energiaigény energiahordozónként $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right]$,

$F_{f\acute{e}/\acute{e}h}$ az energiahordozóhoz tartozó fűtőérték és égéshő hányadosa

$f_{s\acute{u}ly,i}$ az i energiahordozó súlyozó tényezője (12.1. táblázat), amely lehet:

- nem megújuló primerenergia átalakítási tényező: f_{nren}
- megújuló primerenergia átalakítási tényező: f_{ren}
- teljes primerenergia átalakítási tényező: f_{tot}
- szén-dioxid kibocsátás átalakítási tényező: f_{CO_2}

Azért használjuk a „súlyozott” szót, mert az általános képletekbe többféle súlytényező is behelyettesíthető, ennek függvényében különböző indikátorok is számíthatóak: az összesített nem megújuló, megújuló és teljes primer energiaigény, illetve CO₂ kibocsátás. A képletekben a különböző felhasználási célú végeenergiaigényt meg kell szorozni az energiahordozóra vonatkozó súlyozó tényezővel, illetve a hőenergiaigényt a fűtőérték- égéshő hányadossal is. Ez utóbbira azért van szükség, mert a végeenergiaigényt égéshőben határozzuk meg, de a súlyozó tényezők fűtőértékre vonatkoznak.

A helyben megtermelt és más helyi, az épületenergetikai rendelet által nem szabályozott fogyasztóknak vagy a hálózatba exportált, súlyozott energia:

$$E_{exp,s\acute{u}lyozott} = \sum_i W_{exp,i} \cdot (f_{s\acute{u}ly,exp,i} - f_{s\acute{u}ly,term,i}) + \sum_i Q_{exp,i} \cdot (f_{s\acute{u}ly,exp,i} - f_{s\acute{u}ly,term,i}) \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kg CO_2}{\acute{e}v} \right] \quad (12.7)$$

ahol

W_{exp} a helyben megtermelt és más fogyasztóknak átadott vagy a hálózatba exportált villamosenergia energiatermelőnként $\left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$,

Q_{exp} a helyben megtermelt és más fogyasztóknak átadott vagy a hálózatba exportált hőenergia energiatermelőnként $\left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$,

$f_{s\acute{u}ly,exp}$ az exportált (kiváltott) energia súlyozó tényezője energiatermelőnként,

$f_{s\acute{u}ly,term}$ az energiatermelő súlyozó tényezője.

Az exportált energiára vonatkozó képlet kicsit más, ugyanis az energiatermelés is okoz környezeti hatást, mellyel az exportált (kiváltott) környezeti hatást csökkenteni kell. Például 1 kWh, a hálózatba exportált villamos energia 455 g CO₂-kibocsátást váltana ki, mivel Magyarországon átlagosan ekkora kibocsátás köthető 1 kWh villamos energia előállításához. Azonban a napelem létrehozása 74 g/kWh CO₂-kibocsátással jár, ezért az exportált CO₂ (455-74) = 381 g/kWh.

A súlyozó tényezőkkel számítható $E_{s\acute{u}lyozott}$ lehet:

- összesített nem megújuló primer energiaigény: E_{nren}
- összesített megújuló primer energiaigény: E_{ren}
- összesített teljes primer energiaigény: E_{tot}
- összesített CO₂ kibocsátás: E_{CO_2}

A követelmény az összesített nem megújuló primer energiaigényre és az összesített CO₂ kibocsátásra vonatkozik. A többi indikátor tájékoztató jellegű.

12.1 A fajlagos súlyozott energetikai teljesítmény

Az épület fajlagos súlyozott energetikai teljesítménye:

$$E_{\text{súlyozott,fajl}} = \frac{E_{\text{súlyozott}}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \quad (12.8)$$

A fajlagos súlyozott energiaigények és energia:

$$E_{F,\text{súlyozott,fajl}} = \frac{E_{F,\text{súlyozott}}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \quad (12.9)$$

$$E_{H MV,\text{súlyozott,fajl}} = \frac{E_{H MV,\text{súlyozott}}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \quad (12.10)$$

$$E_{LT,\text{súlyozott,fajl}} = \frac{E_{LT,\text{súlyozott}}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \quad (12.11)$$

$$E_{H,\text{súlyozott,fajl}} = \frac{E_{H,\text{súlyozott}}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \quad (12.12)$$

$$E_{V,\text{súlyozott,fajl}} = \frac{E_{V,\text{súlyozott}}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \quad (12.13)$$

$$E_{\text{exp,súlyozott,fajl}} = \frac{E_{\text{exp,súlyozott}}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \quad (12.14)$$

12.2 Súlyozó tényezők

A súlyozott energetikai teljesítményt négyféle súlyozó tényezővel (súly) lehet megadni:

- nem megújuló primerenergia átalakítási tényező: f_{nren}
- megújuló primerenergia átalakítási tényező: f_{ren}
- teljes primerenergia átalakítási tényező: f_{tot}
- szén-dioxid kibocsátás átalakítási tényező: f_{CO_2}

A súlyozó tényezőket az alábbi táblázat (ÉKM rendelet 7. melléklete) tartalmazza.

12.1. táblázat: A fűtőértéken számított végsőenergia igény súlyozó tényezői

	A		B	C	E	F
1	Energiahordozó		f_{nren}	f_{ren}	f_{tot}	f_{CO2eq} (g/kWh)
2	Fosszilis tüzelőanyagok	Szilárd	1,1	0	1,1	456
3		Folyékony	1,1	0	1,1	308
4		Gáz	1,1	0	1,1	297
5	Bio tüzelőanyagok	Szilárd	0,6	0,6	1,2	40
6		Szilárd(*)	0,2	1,0	1,2	40
7		Folyékony	0,5	1	1,5	70
8		Gáz	0,4	1	1,4	83
9	Villamos energia(**)		2,3	0,3	2,6	455
10	Távhő(***)		1,38	0	1,38	374
11	Távhűtés(***)		1,38	0	1,38	374
12	Hulladék hő		0	0	0	0
13	Napenergia	PV villamos energia	0	1	1	74
14		Termikus	0	1	1	25
15	Szél		0	1	1	12
16	Környezeti hő	Geo-, aero-, hidrotermikus	0	1	1	27
17	Exportált (kiváltott) villamos energia	A hálózatba exportált	2,3	0,3	2,6	455
18		A rendelet által nem szabályozott fogyasztóknak átadott	2,3	0,3	2,6	455

(*)Az értékek a 3. pont szerinti esetekben alkalmazhatók:

(**) Villamos energia termelő atomerőművek önfogyasztására vonatkozóan $f_{nren} = 0$, $f_{ren} = 0$, $f_{tot} = 0$, valamint $f_{CO2eq} = 0$.

(***)A távhőre és a távhűtésre vonatkozó értékeket a 8. melléklet szerint kell főszabály szerint meghatározni. A megjelölt értékek a 8. § (1) bekezdés szerinti kötelezettség elmulasztása esetén alkalmazandók.

3. Szilárd bio tüzelőanyagok esetén a 2. pont szerinti táblázat 6. sorában meghatározott értékek az alábbi hőtermelő berendezések energiafelhasználásának megállapítása során alkalmazhatók:

3.1. a hőtermelő berendezés legfeljebb 500 kW hőteljesítményű szilárd tüzelésű kazán, és megfelel a 2009/125/EK európai parlamenti és tanácsi irányelvnek a szilárd tüzelésű kazánok környezettudatos tervezésére vonatkozó követelmények tekintetében történő végrehajtásáról szóló, 2015. április 28-i (EU) 2015/1189 bizottsági rendelet követelményeinek;

3.2. a hőtermelő berendezés legfeljebb 50 kW névleges hőteljesítményű, pelletté préselt faanyaggal működő, zárt égésterű szilárd tüzelésű egyedi helyiségfűtő berendezés, és megfelel a 2009/125/EK európai parlamenti és tanácsi irányelvnek a szilárd tüzelésű egyedi helyiségfűtő berendezések környezettudatos tervezésére vonatkozó követelmények tekintetében történő végrehajtásáról szóló, 2015. április 28-i (EU) 2015/1185 bizottsági rendelet követelményeinek;

3.3. a hőtermelő berendezés számlával igazolható módon 2023. november 1. előtt került beépítésre, legfeljebb 500 kW hőteljesítményű szilárd tüzelésű kazán, és megfelel a megújuló energiát termelő berendezések és rendszerek beszerzéséhez és működtetéséhez nyújtott támogatások igénybevételének műszaki követelményeiről szóló 55/2016. (XII. 21.) NFM rendelet 1. melléklete szerinti követelményeknek;

3.4. a hőtermelő berendezés számlával igazolható módon 2023. november 1. előtt került beépítésre, pelletté préselt faanyaggal működő, zárt égésterű szilárd tüzelésű egyedi helyiségfűtő berendezés, és megfelel a megújuló energiát termelő berendezések és rendszerek

beszerzéséhez és működtetéséhez nyújtott támogatások igénybevételének műszaki követelményeiről szóló 55/2016. (XII. 21.) NFM rendelet 1. melléklete szerinti követelményeknek;

3.5. a hőtermelő berendezés 500 kW-nál nagyobb hőteljesítményű szilárd tüzelésű kazán, és megfelel a megújuló energiát termelő berendezések és rendszerek beszerzéséhez és működtetéséhez nyújtott támogatások igénybevételének műszaki követelményeiről szóló 55/2016. (XII. 21.) NFM rendelet 1. melléklete szerinti követelményeknek.

12.2. táblázat: A primer energia és CO₂ emissziós tényezők meghatározásakor figyelembe vett életciklus szakaszok

		Primer energia tényezők	Emissziós tényezők
Figyelembe vett életciklus szakaszok	A primer energiahordozó kitermeléséhez szükséges energia	Igen	Igen
	A primer energiahordozó szállításához szükséges energia	Igen	Igen
	Az energiaszolgáltatás egyéb folyamataihoz szükséges energia (pl. tárolás)	Igen	Igen
	Az átalakító egységek építéséhez, üzemeltetéséhez és bontásához szükséges energia	Nem	Igen
	A szállító hálózat építéséhez, üzemeltetéséhez és bontásához szükséges energia	Nem	Igen
	A hulladékkezeléshez szükséges energia	Nem	Igen
	Az anyagok beépített energiatartalma	Nem	Igen
A CO ₂ -n kívül más üvegházhatású gázok figyelembe vétele (metán, stb)		n.a.	Igen
A végenergia igény		fűtőérték alapján	fűtőérték alapján

A primer energia és CO₂ tényezők meghatározása többféle módszertannal és különböző rendszerhatárral lehetséges. A 7/2006 TNM szerinti eddigi értékek csak magának az energiahordozónak az energiatartalmát vették figyelembe, illetve energiapolitikai, -stratégiai megfontolásokon alapultak. A táblázat szerinti új értékek két különböző rendszerhatárt vesznek figyelembe a primerenergia és a CO₂ átalakítási tényezőkre. A primerenergia tényezők rendszerhatára tartalmazza az energiahordozó kitermelését, szállítását, illetve az energiaszolgáltatás egyéb folyamatait (pl. energiatárolás), az MSZ EN ISO 52000 szabvány szerint. A CO₂-tényezők a teljes életciklust veszik figyelembe, azaz az előzőkön túl a kitermelő és elosztó infrastruktúra kiépítését, üzemeltetését és a beépített anyagok gyártását is, valamint a tüzelőanyagok esetén az égetés során felszabaduló emissziókat is.

A CO₂-tényezők az ecoinvent életciklus adatbázis v3.6 cut-off változatán alapulnak. Az ecoinvent adatbázis a világon az egyik legelterjedtebb, egységes módszertani alapokon nyugvó, transzparens, nemzetközi életciklus adatbázis. A CO₂-tényezők a CML 2001 hatásértékelő módszer „Klimaváltozás – Globális Felmelegedési Potenciál 100 év” (Climate Change – Global Warming Potential GWP 100a) hatáskategóriájának felelnek meg. Ebben a módszerben az üvegház hatású gázok (pl. szén-dioxid, metán, fluor-klór-szénhidrogének) által okozott felmelegedési potenciált CO₂-egyenértéken összegzik kg CO₂-eq mértékegységgel.

A földgáz és a villamos energia értékek a magyar sajátosságokat is figyelembe veszik (szállítási távolságok, villamos energia összetétele). A hazai villamos energia előállítás primerenergia és

CO₂-kibocsátása az EU átlagnál kis mértékben magasabb. Különbség az eddigi módszerhez képest, hogy kikerült a táblázatból a normál és a csúcson kívüli villamos energia megkülönböztetése. Részletes vizsgálatok azt mutatták, hogy környezeti hatás szempontjából elhanyagolható különbség van a csúcs és a csúcson kívüli időszak között. A csúcson kívüli tarifa a szolgáltatók által felkínált kedvező tarifa, mely segíti az elektromos hálózatban kialakuló csúcsok kisimítását és az egyenletesebb hálózathasználatot. Ezt azonban pénzügyi ösztönzők már segítik, ezért nem indokolt a környezeti hatás szempontjából való megkülönböztetés.

Szilárd biomassza esetén kétféle átalakítási tényező szerepel. Általános esetben az eddigivel megegyező 0,6-os nem megújuló primerenergia átalakítási tényező vehető figyelembe. Igazoltan jó hatásfokú, korszerű hőtermelő berendezés esetén viszont szabad az alacsonyabb 0,2-es értékkel számolni.

A megújuló energiaforrások esetén a CO₂-értékek a megújuló energiát hasznosító berendezés előállítását, az anyagok gyártását, szállítását veszik figyelembe.

Távfűtés (és távhűtés) esetén az értékek meghatározása és közzététele továbbra is a távhőszolgáltatók feladata az egyes energiahordozókra megadott primerenergia és CO₂ értékek alapján. A hulladékhő egy más technológiai vagy energetikai folyamatból származó, az adott folyamatban nem hasznosuló hő, ezért a teljes környezeti hatást az elsődleges folyamathoz lehet allokálni, és az épületben való hasznosításkor a primerenergia tényező nullának vehető fel.

12.3 A megújuló energia mennyisége

Az épület többféle módon hasznosíthat megújuló energiát, ezeket külön-külön kell összegezni:

- $E_{\text{passzív}}$: helyben, a megújuló energiaforrások passzív hasznosítása (pl. passzív szoláris nyereségek, talajhő passzív eszközökkel való hasznosítása),
- $E_{\text{ren,helyben}}$: helyben, megújuló energiaforrásokat hasznosító aktív rendszerrel termelt, majd a helyi, az épületenergetikai rendelet által szabályozott fogyasztók által felhasznált energia (pl. épületen vagy telken belül elhelyezett napkollektor vagy hőszivattyú),
- $E_{\text{ren,exp}}$: helyben, megújuló energiaforrásokat hasznosító aktív rendszerrel termelt, majd az épületenergetikai rendelet által nem szabályozott fogyasztóknak átadott vagy a hálózatba exportált energia (pl. az épületen vagy telken belül elhelyezett napelem által termelt, a hálózatba táplált energia).
- $E_{\text{ren,közel}}$: közelben, megújuló energiaforrásokat hasznosító aktív rendszerrel termelt energiaigény (pl. megújuló energiát hasznosító távhő fogyasztása),
- $E_{\text{ren,távol}}$: távolban, megújuló energiaforrásokat hasznosító aktív rendszerrel termelt energiaigény (pl. villamos hálózat megújuló energia tartalma).

Az összes hasznosított aktív megújuló primerenergia mennyisége:

$$E_{\text{ren,tot}} = E_{\text{ren,helyben}} + E_{\text{ren,exp}} + E_{\text{ren,közel}} + E_{\text{ren,távol}} \quad (15.15)$$

A passzív megújuló energia hasznosítást külön kezeljük, nem adjuk össze az aktív megújuló energia hasznosítással.

Közelben előállítottak minősül a megtermelt megújuló energia, ha az energia előállító létesítményt az energiát felhasználó vizsgált épület ellátására és azzal együtt hozták létre, engedélyezték és az épület használatbavételéhez üzembe helyezték. A termelt energiát hasznos

alapterület alapján kell szétosztani. Közelben előállítottak minősül a megtermelt megújuló energia akkor is, ha azt távfűtés vagy távhűtés szolgáltatja.

Hőszivattyú esetén a megújuló primer energia igények számítása során a képletekben a $Q_{F/HMV/LT, vég, i}$ tagok helyett $Q_{F/HMV/LT, vég, i} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_{F/HMV/LT}} - 1 \right)$ alkalmazandók. A hőszivattyú által hasznosított megújuló energia akkor vehető figyelembe, ha $\varepsilon_{F/HMV/LT} \leq 0,37$ (felhasználási célonként külön-külön értelmezve).

Hőszivattyú esetén hűtési üzemmódban a helyiségből elvont, a külső környezet felé leadott hő nem vehető figyelembe megújuló energiaforrásként.

13 *Épületszerkezetek azonosítása*

13.1 *Meglévő épülethatároló szerkezetek hőtechnikai azonosítása*

A meglévő épületek határoló szerkezeteinek azonosítása, azaz az épületenergetikai minősítéshez számításba vehető hőátbocsátási tényezőik meghatározása a következő szakértői tevékenységek valamelyikével, vagy több tevékenység együttes alkalmazásával lehetséges:

- az építési idő ismerete alapján
- tervek megismerése alapján
- szemrevételezés alapján
- méretfelvétel alapján
- feltárások alapján
- műszeres helyszíni és/vagy laboratóriumi mérések alapján

A következőkben az alábbi épülethatároló szerkezetek azonosítási módjára és lehetőségeire térünk ki:

- Homlokzati falak
- Lapostetők
- Beépített tetőtereket határoló szerkezetek
- Padlásfödémek
- Pincefödémek és árkádfödémek
- Homlokzati nyílászáró szerkezetek

13.1.1 **Homlokzati falak azonosítása**

Meglévő épületek külső, homlokzati falszerkezeteinek hőszigetelő képessége a következő módokon határozható meg:

13.1.1.1 **Azonosítás építési idő szerint**

A táblázatok adatai a különböző falszerkezetek azonosítása során használhatók, azonban az esetek többségében közvetlenül nem alkalmasak az azonosításra. A táblázatok segítségével kizárhatók azok a szerkezettípusok vagy szerkezeti elemek, amelyek a vizsgált épület építési ideje után kerültek forgalomba.

13.1.1.2 **Tervek alapján**

Ez a módszer általában csak iparosított építésmódban kivitelezett épületek típustervei alapján megbízható. Ide tartoznak a kohóhabsalak-beton falblokkos, illetve házgyári panelos épületek.

Mind az átlagos, mind pedig az eredő U érték panelos lakóépületek esetén igen nehezen határozható meg. A panelos rendszerek hőátbocsátási tényezőjét a névleges értékhez képest, a csatlakozási hőhidakon és átkötő vasakkal okozott hőhidakon felül az építés óta eltelt időben történt állagromlás és gyártástechnológiai hibák is jelentős mértékben rontják. Ezért ilyen épületeknél a rendeletben szereplő egyszerűsített hőhídszámítás nem használható. A panelos épületek homlokzati falszerkezeteinek átlagos hőátbocsátási tényezőjét az Alkalmazott Épületenergetika kiadvány tartalmazza.

Ugyancsak tervek képezhetik a számítás alapját, ha megvalósulási tervek is készültek, és ezeken a falszerkezetek anyagát is feltüntették.

Valamivel kisebb az esély a helyes diagnózisra, ha csak a kiviteli tervek találhatók meg. Ez esetben a falvastagság ellenőrzésével, műszeres méréssel, lehetőség szerint szűrőpróbaszerű feltárással célszerű ellenőrizni a terv megvalósulását.

Az engedélyezési tervek az esetek többségében nem alkalmasak a falszerkezet anyagának megállapítására.

13.1.1.3 Méretfelvétel alapján

A táblázatokból kitűnik, hogy önmagában a falszerkezetek vastagsági mérete legtöbbször nem nyújt elegendő információt az azonosításhoz. A következő táblázatokban – ha csak a vázkerámia falazó-elemekből készített falszerkezeteket vesszük figyelembe - a 38 cm vakolatlan vastagságú falazatok névleges hőátbocsátási tényezője 0,50 és 0,78 W/m²K, a 30 cm vastagságúaké pedig 0,61 és 1,27 W/m²K értékek között változik.

Valamivel kedvezőbb a helyzet az 1977-ig kivitelezett épületek falszerkezetei esetében, mivel a vázkerámia falazóelemek csak ez után jelentek meg a hazai építésben.

A falszerkezet vastagsági mérete csak más vizsgálatok eredményeivel együtt szűkítheti a lehetőségek körét.

13.1.1.4 Feltárás alapján

A falszerkezet feltárására nincs minden esetben mód, mivel a feltárási helyek helyreállítása során az eredeti felületképzés színe és struktúrája egyszerű eszközökkel általában nem reprodukálható.

Helyreállítást nem igénylő (vagy csak a felületsík helyreállítását igénylő) feltárások végezhetők az alábbi esetekben:

- magastető épületeknél a padlástérben (ahol a térdfalak, illetve a falazatok padozatsík fölé nyúló részei általában felületképzés nélküliek és feltárhatók),
- épületlábazatok felett (ha a lábazatsík a külső falsíktól „hátraugratott”),
- alárendelt helyiségekben (ha a teljes helyreállítás nem igény),
- szerelt külső vagy belső falburkolat mögött (ha a falburkolat a feltárás után kifogástalan minőségben visszaszerelhető).

A falszerkezet feltárása biztos információt nyújt a falazóelemek anyagáról és méreteiről, illetve üreges égetett agyag falazóelemek esetén arról, hogy az anyag tömör, vagy (a gyártáskor az agyagból kiégetett adalékok révén) porózus-e.

Ezek az információk már alkalmasak lehetnek a lehetséges változatok szűkítésére annak ellenére, hogy az azonos méretű, porózus vagy tömör anyagú vázkerámia falazó elemeket is több változatban, illetve márkanévvel gyártották.

13.1.1.5 Műszeres mérések alapján

A falszerkezet **közelítő** hőátbocsátási tényezője a fűtési időszakban számítható, ha azonos időpontban mérhető a külső és belső léghőmérséklet és a falszerkezet belső oldali felületi hőmérséklete. Ekkor a hőátbocsátási tényező a következő összefüggéssel számítható:

$$U = \frac{\theta_{si} - \theta_i}{R_{si} \cdot \Delta T} \quad [W/m^2K] \quad (3.7)$$

ahol

R_{si} = a belső oldali felületi (hőátadási) ellenállás, az MSZ EN ISO 6946 szabvány szerint 0,13 m²K/W

θ_i = belső léghőmérséklet (°C)

θ_e = külső léghőmérséklet (°C)

Δt = $\theta_i - \theta_e$, a belső és külső léghőmérséklet különbsége (K)

θ_{si} = belső felületi hőmérséklet a mérés helyén (°C)

A vizsgálat eredményei csak akkor fogadhatók el, ha a számított U-értékek legfeljebb 20%-kal térnek el egymástól. A közelítő hőátbocsátási tényező a számított értékek átlaga. A vizsgálat feltételei:

- a külső és belső léghőmérséklet eltérése legalább 15 K,

- legalább 3 méréssorozat a falszerkezet megszakítatlan, „zavartalan” helyein (mérési helyek távolsága a homlokzati nyílászáró szerkezetektől, belső falaktól, födémektől és fűtőtestektől legalább 100 cm),
- legalább 72 órán át tartó mérési sorozatok, legfeljebb órai felbontású méréssel,
- valamennyi hőmérséklet-mérésnél azonos, és legalább 0,1 °C mérési pontosságú, hitelesített mérőműszer használata.

A belső oldali felületi (hőátadási) ellenállás pontosan a felületen történő hőáramsűrűségméréssel határozható meg, a felületi ellenállás közelíthető a befelé irányuló felületi hőáramsűrűség reciprokával.

A homogénnek tekinthető falszerkezet hőátbocsátási tényezője hőáramsűrűség mérésével is meghatározható, mely mérési eljárást az ISO 9869-1 szabvány részletezi. A méréshez hőáramsűrűségmérő és adatgyűjtő szükséges. A hőáramsűrűségmérés alapján meghatározott mérés pontosabb eredményt ad, mint a felületi hőmérséklet alapú számítás, mivel a hőáramsűrűség-mérő a közvetlenül a falszerkezetbe irányuló felületi hőáramsűrűséget méri.

A hőátbocsátási tényező hőkamerával készített hőfénykép segítségével megfelelő pontossággal nem vizsgálható, mivel a szerkezetek hőátbocsátási tényezője időben változó, ezért egy hőfénykép alapján számított eredmény csak egy pillanati értékét tükrözné, mely jelentős mértékben eltérhet a szerkezet átlagos hőátbocsátási tényezőjétől. Amennyiben hőfényképek alapján számítással határozzuk meg a szerkezet hőátbocsátási tényezőjét, úgy az előbbieken közölt vizsgálati feltételeknek teljesülnie kell.

Folyamatos adatgyűjtés mellett azonban termovíziós vizsgálat alkalmazásával is meghatározhatjuk egy épületszerkezet hőátbocsátási tényezőjét. A mérési módszert leginkább olyan esetekben javasolt alkalmazni, ha a vizsgált épületszerkezet inhomogén (pl. könnyűszerkezetes épületek szerelt falszerkezetei). Ebben az esetben az ISO 9869-2 szabvány szerint kell lefolytatnunk a vizsgálatot. Látható, hogy a pontos eredményekhez ez esetben a felületi hőátadást mérni tudó hőáramsűrűség-mérőre és hőkamerára egyaránt szükség van, valamint a hőkamerán mindenképp be kell állítanunk a vizsgált felület emissziós tényezőjét, valamint a méréseket a környező felületek közepes sugárzási hőmérsékletével korrigálni kell.

13.1.2 Lapostetőik azonosítása

Meglévő épületek lapostetőinek hőszigetelő képessége a következő módokon határozható meg:

13.1.2.1 Az építési idő alapján

Ez a módszer csak a 60-as évek végéig kivitelezett épületeknél lehet eredményes, mivel a „hagyományos” építésmódban általános volt a kazánsalak (lásd a 22.17. táblázatban), mint hőszigetelő-lejtésképző anyag alkalmazása, a csapadékvíz-szigetelés alatti beton aljzattal és „kavicsolt” bitumenes fedéllemez szigeteléssel. Ezekben az esetekben a feltöltés helyi vastagsága és nedvességállapota legtöbbször a szerkezeti rétegek feltárása nélkül is ellenőrizhető (pl. méretfelvétel és mintavétel salakszellőzőkön keresztül) és a lejtésmérés eredményeinek segítségével a salakfeltöltés átlagos vastagsága számítható.

A későbbiek során igen változatossá vált a lapostetők hőszigetelési módja és a hőszigetelés és lejtésképzés anyaga (könnyűbetonok, könnyűbeton + polisztirolhab, polisztirolhab + salakfeltöltés, polisztirolhab lemezekkel „kikönnyített” kavicsbeton stb.), ezért ezeknél a tetőknél gyakorlatilag csak a „komplex” felülvizsgálat (méretfelvétel, lejtésmérés és feltárás) hozhat reális eredményt.

13.1.2.2 Tervek alapján

Ez a lehetőség – önmagában - általában csak iparosított építésmódokban kivitelezett épületek típustervei alapján jöhet szóba. Ide tartoznak azok az építési rendszerek, amelyeknél a hőszigetelés módja és anyaga valamilyen okból (pl. a zárófödém teherbírási jellemzőiből adódóan) eleve meghatározott volt (ilyen pl. a CLASP és a KIPSZER építési rendszer). A méretellenőrzés (elsősorban a tetőfödém vastagságának ellenőrzése) azonban ezekben az esetekben is szükséges.

Ugyancsak tervek képezhetik a számítás alapját, ha megvalósulási tervek is készültek, és ezeken a lapostető rétegfelépítését, a rétegek vastagságát és a hőszigetelő réteg anyagát is feltüntették.

Valamivel kisebb az esély a helyes diagnózisra, ha a kiviteli tervek találhatók fel. Ilyen esetben első lépésben a zárófödém vastagságának és a csapadékvíz szigetelés lejtésének mérésével lehet ellenőrizni a terv megvalósulását, de a szerkezet feltárása az esetek többségében nem nélkülözhető.

Az engedélyezési tervek az esetek többségében nem alkalmasak a lapostetők rétegfelépítésének megállapítására.

A lapostetők hőtechnikai minőségének megállapításához segítséget nyújthatnak a 22.18. számú táblázatok, amely a leggyakrabban előforduló szerkezetek névleges hőátbocsátási tényezőit tartalmazzák.

13.1.2.3 Szemrevételezés és méretfelvétel alapján

A *szemrevételezés* általában csak a tetőfödém teherhordó szerkezetének megállapítására alkalmas. Az acélgerendás, és előregyártott gerendás és pallós vasbeton födémek mennyezetén megjelenő különféle jelekből (pl. repedésképződés, repedések távolsága, „páros” repedések képződése, sávos elszíneződések stb.) sok esetben következtetni lehet a födém szerkezet típusára.

E födémek esetében azonban problémát jelent, hogy korábban sokáig a gerendamagasságnál kisebb magassági méretű béltesteket, vagy a gerendaközoket kitöltő lemezszerkezeteket is használtak (BH-tálcák, Horcsik-födém stb.), ami kihat a hőszigetelő réteg (általában salakfeltöltés) átlagos vastagságára, azaz a szerkezet hőszigetelő képességére.

Ami a *méretellenőrzést* illeti, legfontosabb a tetőfödém maximális vastagsági méretének ellenőrzése, amely az esetek többségében nem igényel feltárást. Ez a méret belső vízelvezetésű tetőknél a homlokzati (ablakszemöldök-attikafal-korona), a legfelső szintű belső (ablakszemöldök-mennyezet) és az attikafal belső (tetősík menti) magassági méreteinek összevetésével

állapítható meg. Ha készült tetőkibúvó, még egyszerűbb a méretellenőrzés, ám ez csak a tetőlejtés mértékének ismerete esetén használható adat.

A méretfelvétel elengedhetetlen része a csapadékvíz szigetelés lejtésének megállapítása akkor, ha a teherhordó szerkezet vízszintes síkban beépített és feltételezhető, hogy a tetőlejtést a hőszigetelés anyagából képezték ki (jellemzően ilyenek a salakfeltöltéssel készített tetők)

13.1.2.4 Az építési idő alapján

Ez a módszer csak a 60-as évek végéig kivitelezett épületeknél lehet eredményes, mivel a „hagyományos” építésmódban általános volt a kazánsalak (lásd az 22.17. táblázatban), mint hőszigetelő-lejtésképző anyag alkalmazása, a csapadékvíz-szigetelés alatti beton aljzattal és „kavicsolt” bitumenes fedéllemez szigeteléssel. Ezekben az esetekben a feltöltés helyi vastagsága és nedvességállapota legtöbbször a szerkezeti rétegek feltárása nélkül is ellenőrizhető (pl. méretfelvétel és mintavétel salakszellőzőkön keresztül) és a lejtésmérés eredményeinek segítségével a salakfeltöltés átlagos vastagsága számítható.

A későbbiek során igen változatossá vált a lapostetők hőszigetelési módja és a hőszigetelés és lejtésképzés anyaga (könnyűbetonok, könnyűbeton + polisztirolhab, polisztirolhab + salakfeltöltés, polisztirolhab lemezekkel „kikönnyített” kavicsbeton stb.), ezért ezeknél a tetőknél gyakorlatilag csak a „komplex” felülvizsgálat (méretfelvétel, lejtésmérés és feltárás) hozhat reális eredményt.

13.1.2.5 Feltárás alapján

Általánosságban megállapítható, hogy a lapostetők pontos rétegfelépítésének és a hőszigetelő réteg(ek) anyagának és nedvességállapotának megbízható eredményű ellenőrzésére egyedül a feltárás alkalmas. A nedvességállapot ellenőrzése azért fontos, mert az elnedvesedés mértéke jelentős mértékben befolyásolhatja a tetőszerkezet hőszigetelési minőségét.

A lapostetők feltárására mindig lehetőség van és a feltárás, valamint a helyreállítás általában egyszerű szakértői eszközökkel elvégezhető.

13.1.2.6 Műszeres mérés alapján

Természetesen lapostetők esetében is lehetőség van felületi hőmérséklet, vagy felületi hőáramsűrűség alapján történő vizsgálatra, amelynek menetét a homlokzati külső falaknál ismertettük.

További műszeres vizsgálatokra lehet szükség, ha a feltárás(ok) során a hőszigetelés, illetve más szerkezeti rétegek számottevő mértékű elnedvesedése tapasztalható. A műszeres méréseket végezhetjük helyszínen vagy laboratóriumban is. A hőszigetelő réteg hővezetési tényezője a helyszínen vizsgálható tranziens hővezetéstényező-mérő berendezéssel, pl. MTPS (modified transient plane source, felületi szondával) vagy TLS (transient line source, beszűrőtűs szondával) mérési módszer alkalmazásával. A helyszíni vizsgálatok esetében azonban a környezeti hőmérséklet és a minta nedvességtartalma nem szabályozható. Laboratóriumi vizsgálatok esetén a helyszínen vett minta vizsgálata akár a helyszíni nedvességtartalommal, akár eltérő hőmérséklet- és nedvességtartalmi állapotban is vizsgálható.

A helyszínen vett minták tömegállandóságig történő kiszárítása adhat támpontot az anyagok tényleges hővezetési tényezőjének megállapításához. Az anyagok hővezetési tényezőjének hőmérséklet- és nedvességtartalom függését az MSZ EN ISO 10456 szabvány írja le.

13.1.3 Beépített tetőteret határoló szerkezetek azonosítása

Meglévő épületek beépített tetőterét határoló szerkezetek hőszigetelő képessége a következő módokon határozható meg:

13.1.3.1 Tervek alapján

Kiviteli tervek alkalmasak lehetnek a határoló szerkezet rétegfelépítésének megállapítására, vagyis annak megismerésére, hogy a szerkezetben milyen anyagú és vastagságú hőszigetelő réteg került beépítésre. Gyakorlati tapasztalatok alapján ezek az adatok fenntartással kezelendők.

Az engedélyezési tervek az esetek többségében nem alkalmasak a födémek rétegfelépítésének megállapítására.

13.1.3.2 Szemrevételezés és méretfelvétel alapján

A *szemrevételezés* ez esetben hasznos információkat nyújthat a hőszigetelő réteg hézagmentes elhelyezésére vonatkozóan: a belső oldalon az esetleges elszíneződések, a külső oldalon (de csak téli, havas időszakban) pedig a szarufák vonalában megjelenő olvadási sávok révén.

Ami a *méretellenőrzést* illeti, legfontosabb a szerkezetek (térdfal, ferde fal és födém) vastagsági méretének ellenőrzése, amely általában nem igényel feltárást.

13.1.3.3 Feltárás alapján

Búvóteres tetőtérbeépítés esetében tényleges („roncsolásos”) feltárássra nincs szükség: a ferde falak és a födémek rétegfelépítése és a hőszigetelő rétegek vastagsága gyakorlatilag a teljes szerkezetekre vonatkozóan megállapítható. Ennek során kell ellenőrizni a hőszigetelő rétegek hézagmentes elhelyezését is.

13.1.4 Padlásfödémek azonosítása

Meglévő épületek padlásfödémekének hőszigetelő képessége a következő módokon határozható meg:

13.1.4.1 Tervek alapján

Mivel a padlásfödémek döntő többsége a „hagyományos” építésmódban kivitelezett épületekben fordul elő, tervekre nem célszerű hagyatkozni.

13.1.4.2 Szemrevételezés és méretfelvétel alapján

A *szemrevételezés* általában csak a padlásfödém teherhordó szerkezetének megállapítására alkalmas.

A régebbi épületek padlásfödémének egy részét fafödémmel építették, ennek meglétéről a nádvakolaton keletkezett jellegzetes hajszáltrepedésekből, illetve „kopogtatásos” vizsgálattal lehet meggyőződni. Az acélgerendás, és előregyártott gerendás és pallós vasbeton födémek mennyezetén megjelenő különféle jelekből (pl. repedésképződés, repedések távolsága, „páros” repedések képződése, sávos elszíneződések stb.) sok esetben következtetni lehet a födém szerkezet típusára. Utóbbi födémek esetében azonban problémát jelent, hogy korábban sokáig a gerendamagasságnál kisebb magassági méretű béléstesteket, vagy a gerendaközüket kitöltő lemezszerkezeteket is használtak (BH-tálcák, Horcsik-födém stb.), ami kihat a hőszigetelő réteg (általában salakfeltöltés) átlagos vastagságára, azaz a szerkezet hőszigetelő képességére.

Ami a *méretellenőrzést* illeti, legfontosabb a padlásfödém vastagsági méretének ellenőrzése (pl. a padlásfeljárónál), ami a feltárás során elvégzett méretellenőrzéssel együtt pontos információt nyújt a teherhordó szerkezet vastagsági méretéről.

13.1.4.3 Az építési idő alapján

Az építési idő e szerkezethöz legfeljebb a teherhordó szerkezet anyagára nézve jelenthet némi előzetes információt, ami a felső oldali feltárás tapasztalataival pontosítható.

13.1.4.4 Feltárás alapján

A padlásfödémek feltárása és a feltárás helyreállítása az esetek többségében nem jelent nehézséget, ezért a szerkezet hőszigetelési minőségének megállapításához elsősorban ez a módszer javasolható.

13.1.5 Pincefödémek és árkádfödémek azonosítása

Meglévő épületek pincefödémének és árkádfödémének hőszigetelő képessége a következő módokon határozható meg:

13.1.5.1 Tervek alapján

Kiviteli tervek alkalmasak lehetnek a padló szerkezet típusának (rétegfelépítésének) megállapítására, vagyis annak megismerésére, hogy a szerkezetben milyen számottevő hőszigetelő képességű anyagok (pl. feltöltés, úsztató réteg) kerültek beépítésre.

Az engedélyezési tervek az esetek többségében nem alkalmasak a födémek rétegfelépítésének megállapítására.

13.1.5.2 Szemrevételezés és méretfelvétel alapján

A *szemrevételezés* általában csak a födém teherhordó szerkezetének megállapítására alkalmas. Az acélgerendás, és előregyártott gerendás és pallós vasbeton födémek mennyezetén megjelenő

különféle jelekből (pl. repedésképződés, repedések távolsága, „páros” repedések képződése, sávós elszíneződések stb.) sok esetben következtetni lehet a födémszerkezet típusára.

Ami a *méretellenőrzést* illeti, legfontosabb a födém vastagsági méretének ellenőrzése, amely az esetek többségében nem igényel feltárást.

13.1.5.3 Az építési idő alapján

Ez a módszer csak bizonyos teherhordó szerkezettípusok kizárására lehet jó, főként a vasbeton gerendás-béléstartós födémeknél (lásd az 22.12. táblázatot)

13.1.5.4 Feltárás alapján

Feltárással csak akkor van szükség, ha a födém eredetileg alsó oldali hőszigeteléssel, illetve felületkiegyenlítő réteggel látták el. Pincefödémeknél a feltárás alárendelt helyiségekben végezhető, azaz a feltárás helyreállítása nem mindig szükséges. Árkádfödémeknél szükséges lehet a burkolat, illetve álmennyezet helyi eltávolítása.

A feltárás során ellenőrizni kell a hőszigetelő réteg felületfolytonosságát, és a hőszigetelő anyag tényleges hővezetési tényezőjét ennek alapján kell meghatározni.

13.2 Nyílászáró szerkezetek azonosítása

A transzmissziós hőátbocsátási tényező a keretszerkezet (tok- és szárnyszerkezetek) és az üvegezés felületarányos átlagértékét jelöli.

A 22.24. számú táblázatban az 1991 előtt gyártott, különféle keretszerkezetű, és üvegezésű nyílászáró szerkezetek átlagos transzmissziós hőátbocsátási tényezői találhatók. A „hőszigetelő” üveggel gyártott nyílászárók esetében a gáztöltés és E-LOW bevonat nélküli termékek szerepelnek a táblázatban.

13.1. táblázat: Nyílászárók hőátbocsátási tényezői

Nyílászáró szerkezetek (ablakok és erkélyajtók gáztöltés és bevonat nélküli üvegezéssel)		Átlagos transzmissziós hőátbocsátási tényező U (W/m²K)					
		Külső árnyékoló szerkezet nélkül			Külső árnyékoló szerkezettel		
		Nyílászáró üvegezési aránya, %					
Típusa	Légréteg vastagság mm	<50	50-65	>65	<50	50-65	>65
Kapcsolt gerébtokos (fa)	126	2,05	2,20	2,35	1,75	1,90	2,00
Egyesített szárnyú nyíló/bukó/forgó (fa)	40	2,15	2,30	2,45	1,85	1,95	2,10
Vastag gerébtokos fa, 2 rtg. hőszigetelő üveg	12	2,35	2,50	2,70	2,00	2,15	2,30
	15-16	2,25	2,40	2,55	1,95	2,05	2,20
Vastag gerébtokos fa, 3 rtg. hőszigetelő üveg	2x9	1,90	1,95	2,00	1,65	1,70	1,75
	2x12	1,84	1,87	1,90	1,55	1,60	1,65
Műanyag keret, 2 rétegű hőszigetelő üveg (pl. ONGROPAT, ALBA-PANORÁMA)	16	2,45	2,60	2,75	2,10	2,20	2,35
Alumínium keret, 2 rétegű hőszigetelő üveg	12	3,20	3,20	3,20	2,75	2,75	2,75
Alumínium keret, 3 rétegű hőszigetelő üveg	2x9	2,85	2,75	2,65	2,45	2,35	2,25
Műanyag bevonatú fa keret, 2 rétegű hőszigetelő üveg (ALBAPLAST)	9	2,45	2,70	2,90	2,10	2,30	2,50
Alumínium – fa keret, 2 rétegű hőszigetelő üveg (ALU-FA)	40	2,15	2,35	2,45	1,85	2,00	2,10
Alumínium – fa keret, 3 rétegű hőszigetelő üveg (FERRFA-DUFA)	12+40	1,75	1,85	1,90	1,50	1,55	1,60
Tetősík ablakok 2 rétegű hőszigetelő üveg (pl. VELUX, BULAV, PETA)	9	2,50	2,70	2,90	2,15	2,30	2,50

a homlokzati üvegezett nyílászáró szerkezetek és tetősík-ablakok üvegezéseinek, távtartóinak, kereteinek jellemző hőátbocsátási tényezőit, melyek alapján a nyílászárók hőátbocsátási tényezői az MSZ EN ISO 10077-1 szabvány szerint számíthatóak részletesen az Alkalmazott Épületenergetika kiadvány tartalmazza.

14 *Épülettechnikai rendszerek azonosítása*

14.1 A tanúsítás általános szempontjai

Az épülettechnikai rendszerek felmérés alapján történő beazonosítása során az alábbi feladatokat kell elvégezni:

- rendszerek és a rendszerhez tartozó fogyasztói kör, épületrész behatárolása
- üzemidők, üzemeltetési szokások felmérése
- hőtermelők műszaki adatainak felmérése, műszaki állapotának megítélése
- szabályozó berendezések beazonosítása, műszaki állapotának megítélése
- rendszer beszabályozottságával kapcsolatos információk begyűjtése
- rendszerelemek (hőleadók, ventilátorok, melegvíz termelők, tárolók, szivattyúk, hűtőberendezések, vezetékrendszerek) típusának beazonosítása, főbb adatainak felmérése, műszaki állapotának megítélése, hőszigetelésének felmérése

14.2 Fűtési rendszerek azonosítása

Melegvízes fűtési rendszereink a következő fő elemeket tartalmazzák:

1. Kazánok
2. Szivattyúk
3. Szabályozó szelepek
4. Táglási tartályok, biztonsági szerelvények
5. Szűrők
6. Beszabályozó szelepek
7. Hőleadók
8. Automatika

A fűtési rendszerek energiaszolgáltatása szempontjából a kazánok, a hőszivattyúk, a szivattyúk, a szabályozás és a beszabályozás a legfontosabbak, ezért a továbbiakban ezeket tárgyaljuk.

14.2.1 Kazánok, hőtermelők azonosítása

A kazánok azonosítása történhet:

- Tervek alapján
Amennyiben a tervdokumentáció rendelkezésre áll, a kazán típusa, mérete, névleges teljesítménye, égőjének fajtája leolvasható a rajzokról. A tervek alapján történő azonosítás megkönnyíti a munkát, de a megvalósult állapotnak a tervekkel történő összevetése ebben az esetben is szükséges.
- Helyszíni szemrevételezés alapján
Egy adott kazángyártó adott esetben több különböző gyártmánysorozatot készít, ezért fontos a kazán típusának pontos megállapítása is. Adott esetben ugyanazon a sorozaton belül több különböző nagyság is készül, ezért meg kell állapítani ezt is. Ez lehet

tagszám, fűtőfelület vagy teljesítmény formájában megadva. Ha kétséges a kazántípus, akkor célszerű a kazán befoglaló méreteit is felmérni, hogy később katalógus segítségével esetleg beazonosítható legyen. Érdeemes a gyártás illetve beépítés évét is megtudni, mert előfordulhat, hogy egy adott gyártmánysorozaton az évek során műszaki változtatásokat hajtottak létre.

A kazán névleges teljesítményének megállapításánál ügyelni kell arra, hogy az adattáblán a kazán névleges hőteljesítménye, tehát a rendszer felé kinyerhető, rendelkezésre álló teljesítmény, vagy a kazán hőterhelése, vagyis az eltüzelt tüzelőanyagból számítható teljesítmény van-e megadva. A két érték közt a berendezés tüzeléstechnikai hatásfoka teremti meg a kapcsolatot. A névleges teljesítményt úgy kapjuk meg a hőterhelésből, ha azt a tüzeléstechnikai hatásfokkal megszorozzuk. A kérdés a következő években azért válik hangsúlyosabbá, mert megkezdődött az a törekvés, hogy a kazánok minősítésénél az eddigi gyakorlattól eltérően ne tüzelőanyag alsó fűtőértékét, hanem annak égéshőjét (felső fűtőértékét) alkalmazzuk. A teljesítményre vonatkozó információk közt esetleg szerepel a minimális teljesítmény is. Ebből arra lehet következtetni, hogy a kazán égője egypont-, kétpont- vagy folyamatos szabályozású.

Az égő fajtája a kazán készenléti veszteségeinek megítélésében jelent segítséget. A készenléti veszteségek szempontjából különbséget jelent, hogy a készüléken a levegő a kémény és huzata (atmoszférikus égőjű gázkazánok), vagy pedig ventilátor (blokkégővel ellátott túlnyomásos kazánok, égéstermék ventilátorral felszerelt készülékek) segítségével áramlik keresztül. Az előbbi esetben az égő kikapcsolt időszakában is jelentős mennyiségű levegő áramlik a készüléken keresztül, ami ott felmelegedve veszteséget, az úgynevezett „készenléti veszteséget” okozza. Amennyiben a ventilátor mozgatja a levegőt és égéstermékét, akkor az égő kikapcsolásával a ventilátor is leáll, ami a készüléken átáramló levegő mennyiségét és ezáltal a készenléti veszteséget is jelentősen csökkenti.

Kazán vízhőmérséklet szerint csoportosításakor 3 típust szokás megkülönböztetni, szabványos, alacsony hőmérsékletű és kondenzációs kazánokat.

14.2.2 Hőtermelők hatásfoka és energetikai mutatói (kazánok)

A hőtermelők adatainak felmérésénél a legfontosabb cél, hogy meg lehessen állapítani annak teljesítménytényezőjét. Kazán vízhőmérséklet szerint csoportosításakor 3 típust szokás megkülönböztetni, szabványos, alacsony hőmérsékletű és kondenzációs kazánokat.

A szabványos, vagy normál 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 alacsony hőmérsékletű 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 „alacsony hőmérsékletű

kazán” kategóriát szoktuk használni. Mivel a kazán alacsonyabb vízhőmérséklet mellett üzemben sem károsodik, ezért ezeket a készülékeket úgy célszerű üzemeltetni, hogy a fűtővíz hőmérsékletét a külső hőmérséklet függvényében változtatjuk. Mindig csupán a szükséges hőmérsékletet tartjuk, ezzel a készenléti veszteségek csökkenthetők. A kazánok jellemzően fel vannak szerelve egy olyan szabályozóval, amely az időjárásfüggő központi szabályozást biztosítja.

A kondenzációs kazánoknál az égéstermékkel távozó vízgőz energiatartalmát is hasznosítani lehet, ezért ezeknek a kazánoknak jellemzően 8-10 %-kal magasabb lehet a hatásfoka. 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 csökkennek.

A kazánok minősítésénél meg kell különböztetnünk annak kazánhatásfokát, tüzeléstechnikai hatásfokát és éves hatásfokát. Az η_K tüzeléstechnikai hatásfokot gyakran egyszerűen csak hatásfoknak nevezik, ez félreértésre ad lehetőséget, mert gyakran keveredik az η_N kazánhatásfokkal. Német nyelvterületen szerencsés megkülönböztetést jelent, hogy különböző kifejezéseket használnak. A „Wirkungsgrad” alatt a tüzeléstechnikai hatásfokot értik, a „Nutzungsgrad” vagy „Teillastnutzungsgrad” a kazánhatásfokot jelenti. A „Normnutzungsgrad” a „Jahresnutzungsgrad” elnevezéssel is helyettesíthető, ennek magyar megfelelője az éves hatásfok. Az η_K tüzeléstechnikai hatásfok a berendezés égőjének üzele közben értelmezett hatásfok. Fontos, hogy a definíció szerint folyamatosan van energia bevitel, nincsenek az égő üzemszünetek közbeni veszteségek figyelembe véve. Az η_N kazánhatásfok mind az égő üzele közbeni, mind az üzemszünetben fellépő veszteségeket figyelembe veszi. Mindkét hatásfokot különböző kazán terheléseknél, különböző vízhőmérsékleteknél lehet értelmezni. A gyártmánykatalógusok sokszor csak a névleges terheléshez tartozó névleges hatásfokot adják meg.

A *tüzeléstechnikai hatásfok* a kazánból felhasznált fűtési energia és a tüzelőanyag eltüzelésénél felhasznált energia hányadosa.

$$\eta_K = \frac{\dot{Q}_{\text{hasznosított}}}{\dot{Q}_{\text{bevezetett}}} \quad (4.1)$$

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

$$\dot{Q}_{\text{hasznosított}} = \dot{Q}_{\text{bevezetett}} - (\dot{Q}_f + \dot{Q}_e + \dot{Q}_k + \dot{Q}_s + \dot{Q}_r) \quad (4.2)$$

Az összefüggésben Q_f a füstgáz- vagy kéményveszteség. Ez azért jelentkezik, mert az égéstermék a bevezetett tüzelőanyag és égési levegő hőmérsékleténél magasabb hőmérsékleten távozik. Jellemzően a korszerű kazánoknak ez a legjelentősebb vesztesége.

Q_e 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 H_2 okoz ilyen veszteséget. Minden 1 tf% CO vagy H_2 jelenléte az égéstermékben kb. 4-5 % veszteséget jelent.

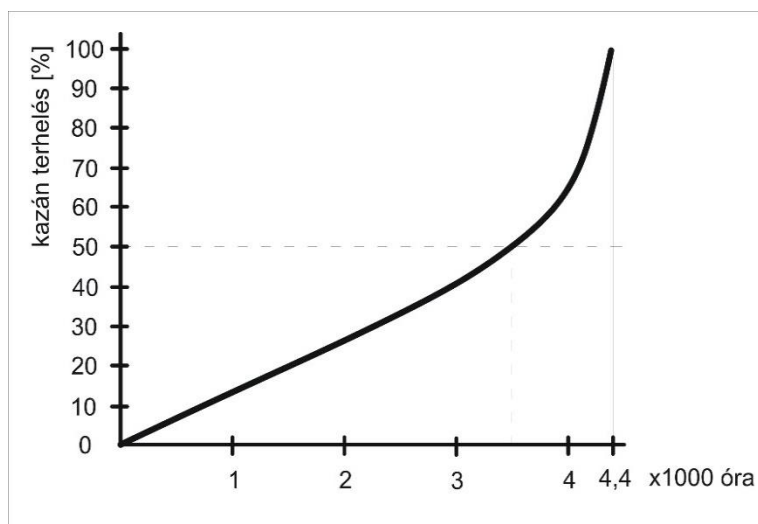
Q_k a korom- és pernyevesztés. Az elégetlen C hőtartalma miatt jelentkezik. Értéke szilárd tüzelőanyagoknál 1-3 %, olaj- és gáztüzelésnél elhanyagolható.

Q_s a sugárzási veszteség. Mivel a kazántest melegebb a környezeténél, ezért konvekcióval és sugárzással energiát ad le. Ez a veszteség szigetetlen kazánoknál jelentős lehet, a kazán szigetelésével azonban töredékére csökkenthető. Szigetetlen készülékeknél elérheti akár a 10 %-ot is, jól szigetelt, nagyteljesítményű berendezéseknél néhány tized százalék.

Q_r a rostély és salak veszteség. Ez természetesen csupán szilárdtüzelésű berendezésekre jellemző veszteség. A két veszteség 5-10 % értéket érhet el.

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

A kazánnak azonban nem kell teljes fűtési időszakban teljes terheléssel üzemelnie. A kazán terhelés és az idő közti kapcsolatot jól szemlélteti az alábbi ábra:



14.1. ábra. Kazánterhelés és a fűtési órák kapcsolata a hőfokgyakorisági görbe alapján

Általánosságban kijelenthető, hogy a csak fűtésre szolgáló berendezések esetén a fűtési időny 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 továbbra is meleg a fűtővíz, ezért változatlanul van vesztesége a környezete felé. Ezt a veszteséget készenléti veszteségnek nevezzük. A készenléti veszteség jellemzően kétféleképpen, sugárzási veszteségként és kéményvesztésként jelentkezik. A kéményvesztés jelentősen csökkenthető, ha égéstermék csappantyú van a készülék után beépítve. A ventilátorral működő készülékeknél a ventilátor kikapcsolásával a berendezésen átfolyó levegő mennyisége jelentősen csökken. Ha figyelembe vesszük azt is, hogy a készüléken átfolyó és a kéményen keresztül távozó levegő utánpótlása a külső térből történik, akkor belátható, hogy ez a tétel egyes készülékeknél nagyon

jelentős lehet. A teljes fűtési idényre vetített veszteség atmoszférikus égővel felszerelt készülékeknél elérheti a teljes energiafelhasználás 10 %-át is.

A szabványos kazán esetében az állandó kazánvízhőmérséklet miatt a készenléti veszteség állandó. A kazán terhelés csökkenésével a készenléti időszak hossza nő az égő üzemidő hosszához viszonyítva, ezért ez jelentős kazánhatásfok romlást jelent.

Az alacsony hőmérsékletű kazánnál többnyire elmondható, hogy a kazán terhelésének csökkenése egybeesik azzal, hogy ilyenkor a rendszer üzemeltetéséhez alacsonyabb vízhőmérséklet is elegendő. Ez a készenléti veszteség csökkenését eredményezi. Gyakran elmondható, hogy ez ellensúlyozza a kazánhatásfok romlását, sőt egy ideig még nagyobb hatású is lehet.

A kondenzációs kazánoknál hasonló a hatás mint az alacsony hőmérsékletű kazánoknál, de itt a kondenzáció mértéke növekszik, ezért jelentősebb a kazánhatásfok javulása.

Mivel részterhelésnél a legnagyobb mérvű hatásfok csökkenés a szabványos kazánoknál tapasztalható, ezért ezeknél jelent legnagyobb gondot a kazán túlméretezése. A túlméretezett kazán miatt a kazánterhelések még alacsonyabbak lesznek, tehát a kazán éves hatásfoka ezzel romlik. Erre azért is figyelni kell, mert meglévő épületek energetikai korszerűsítése során gyakran történnek olyan intézkedések, amelyek az épület energiaigényét csökkentik (pl. épületszerkezetek utólagos szigetelése, ablakok cseréje, stb.). Ha ezzel nem párosul a kazán cseréje, akkor előfordulhat, hogy a meglévő szabványos kazán ettől kezdve lényegesen alacsonyabb éves hatásfokkal üzemeltethető csak, tehát az energia megtakarító intézkedések nem érik el maradéktalanul a céljukat.

Alacsony hőmérsékletű kazánoknál a túlméretezés kevésbé jelent problémát, míg kondenzációs kazánnál egyenesen arról lehet beszélni, hogy a működési feltételeket javítja a kazán túlméretezése.

Nagyobb rendszerek esetén gyakran több kazánt építettek be, azért hogy magasabb terhelésen jobb hatásfokkal lehessen őket üzemeltetni. Ennek állandó hőmérsékletű kazánok esetén volt jelentősége, hiszen a kondenzációs készülékek részterhelésen jó hatásfokkal működnek. Azonban kondenzációs kazánok esetén is alacsony terhelésen, az ún. modulációs határ alatt az égő szabályozása átvált kétpontos szabályozásba, ami a készenléti veszteségek megjelenését jelenti. A modulációs határ korábban 20-30%-nál volt, de a legkorszerűbb készülékeknél már mindössze néhány %-os terheléshez tartozik.

Nagyon gyakran tapasztalható, hogy a beépített kazánteljesítmény nagyobb, mint az épület hőigénye, vagy nagyobb, mint a beépített hőleadó teljesítmény. Mindkét esetben túlméretezett kazánokról kell beszélni. Ha a kazánok túlméretezettek, akkor ugyanazt az energiát kisebb kazánterhelések mellett kell biztosítaniuk, mint a helyesen megválasztott kazánoknak. Ebben az esetben az éves hatásfok is megváltozik. Az éves hatásfok értékét az égő teljes terheléssel való működésének üzemóráiból lehet az előzőekben ismertetett összefüggéssel meghatározni.

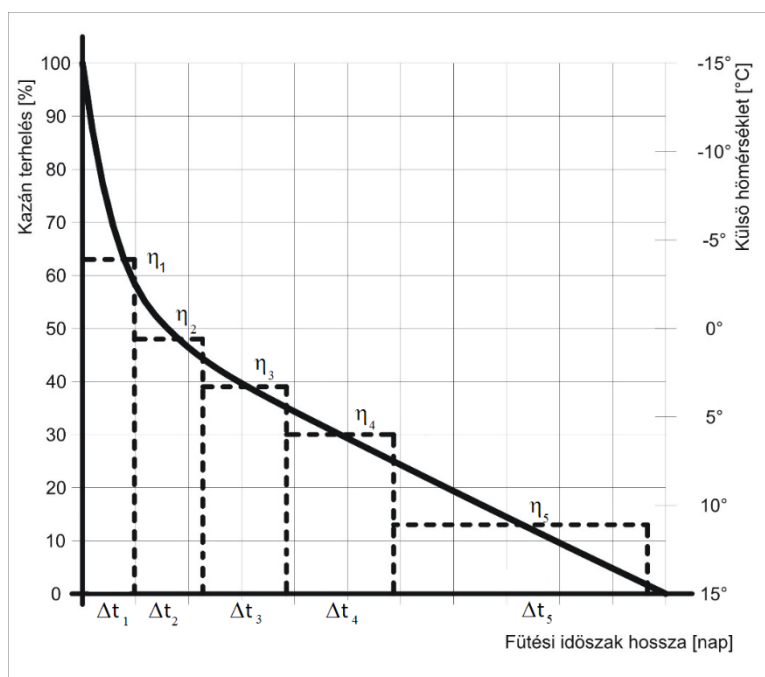
A fűtés fajlagos primer energia igényének számításához egyszerűsített módszer esetén a szükséges kazán teljesítménytényezőt az éves hatásfok reciprokaként kell felvenni. Az éves hatásfok a teljes fűtési idényben hasznosított és a kazánba ténylegesen bevezetett energia hányadosa.

A különböző terheléseknél mérhető kazánhatásfokokat is fel lehet használni arra, hogy a kazán éves hatásfokát megállapítsuk. Az egyik szabványos megközelítés szerint az éves szabványhatásfok megállapításához a fűtési időszakot 5 részre bontják olyan módon, hogy az egy részek során felhasznált energiacimkék egyenlő legyen. Ezeknél a jellemző terheléseknél kell a kazánhatásfokot megállapítani, és azokból az éves hatásfok az alábbi módon számítható:

$$\eta_{\text{éves}} = \frac{5}{\sum_{i=1}^5 \frac{1}{\eta_i}} \quad (4.3)$$

ahol: $\eta_{\text{éves}}$ a kazán éves hatásfoka [-]

η_i a kazán i. részterheléshez tartozó hatásfoka [-]



14.2. ábra. Az éves szabványhatásfok meghatározásának egy lehetséges módja

Szabványos átlaghatásfokmódszert használunk a hőtermelők energiacimkéinek meghatározásához is. A módszer hasonló elven alapszik az előző pontban leírtakkal de egyszerűbb. Az ErP (Energy related Products) irányelv célja az energiatakarékos termékek elterjesztésének segítése. Az épületgépészeti termékekre EU rendeletek vonatkoznak, az alábbi módszer is ezeken alapszik.

A módszer szerint a szezonális hatásfok a következőképpen számítandó:

$$\eta_s = 0,85 \cdot \eta_{30\%} + 0,15 \cdot \eta_{100\%} - \sum F_i \quad (4.4)$$

ahol

$\eta_{30\%}$ [-] - kazánhatásfok 30%-os (50/30°C) égőtéljesítménynél égéshőre vonatkoztatva

$\eta_{100\%}$ [-] - kazánhatásfok 100%-os (50/30°C) égőtéljesítménynél égéshőre vonatkoztatva

F_i [-] - korrekciós tényezők (F_1 – szabályozó segédenergia igénye, F_2 – egyéb elektromos segédenergia, F_3 - készenléti veszteség, F_4 – gyújtóláng fogyasztás)

A számítás az egész évet tekintve 85%-ban alacsony hőmérsékletű üzemet (η_1) és 15%-ban magas hőmérsékletű üzemet (η_2) vesz figyelembe. Ebből az átlagos hatásfokból még egyes veszteség-értékek, mint pl. elektromos segédenergia és készenléti veszteség energia korrekciós tényezők formájában levonásra kerül. Látható, hogy ennek a mutatónak kicsit más a mögöttes tartalma abból adódóan, hogy a villamos segédenergia fogyasztást is magában foglalja.

14.2.3 Hőtermelők hatásfoka és energetikai mutatói (villanymotor hajtású kompresszoros hőszivattyúk)

Üzemeltetés szempontjából szükséges, hogy a különböző berendezések elektromos fogyasztásukat tekintve, gazdaságossági és környezetvédelmi szempontból összehasonlíthatóak legyenek. Ennek érdekében hozták létre a hatékonysági viszonyszámokat.

Talaj forrásoldalú hőszivattyús rendszerek esetében a szakma használja a passzív fűtés/hűtés fogalmakat, amikor is a talajkör is jár, az épület köre is jár, a keringtető szivattyúk forognak, de a kompresszor nem. Ez nem hőszivattyús üzem, hanem közvetett talajkollektoros üzem, tehát az alább leírtak ekkor nem érvényesek.

A rendelet szerint hőszivattyú esetén hűtési üzemmódban a helyiségből elvont, a külső környezet felé leadott hő nem vehető figyelembe megújuló energiaforrásként. Ez akkor igaz, ha a kondenzátorral vagy hűtőtoronnyal az energiát a külső környezetbe juttatjuk. De ha a kondenzációs hőt pl. HMV melegítésre tudjuk fordítani, akkor megújuló hasznosítás esete forog fenn. Ellenőrizendő ekkor, hogy a HMV igényel-e annyi hőt, amennyi a kondenzációból felszabadul. Irodaház esetében ez nem valószínű, de sport, wellness, szálloda vagy egészségügyi funkciók esetében igen.

4.2.3.1. COP (Coefficient of Performance) teljesítménytényező

A teljesítménytényező a leadott termikus teljesítmény és a felvett elektromos teljesítmény hányadosa egy adott terhelésen, fűtési üzemben, jellemzően a maximális teljesítményen. Megmutatja, hogy mennyi termikus teljesítményt ($P_{termikus}$) állít elő a berendezés 1 kW elektromos teljesítmény felhasználásával ($P_{elektromos}$):

$$COP = \frac{P_{termikus}}{P_{elektromos}} \left[\frac{kW}{kW} \right] \text{ azaz } [-] \quad (4.5)$$

14.2.3.1 EER (Energy Efficiency Ratio) energia hatékonysági tényező

Az energia hatékonysági tényező egy adott munkapontban a folyadékűtő leadott hűtő teljesítménye és a felvett elektromos energia hányadosa:

$$EER = \frac{P_{termikus}}{P_{elektromos}} \left[\frac{kW}{kW} \right] \text{ azaz } [-] \quad (4.6)$$

Az EER a hűtési üzemre vonatkozik. Megmutatja a berendezés hatékonyságát egy adott terhelésen, jellemzően a maximális teljesítményen.

14.2.3.2 A COP és az EER hőfokfüggése

A fenti energiahatékonysági számok nagyban függenek a hőforrás hőmérsékletétől, illetve a hőszivattyú által előállítandó előremenő víz hőmérsékletétől. A két hőmérséklet közötti különbség minél nagyobb, annál kisebb a teljesítménytényező (COP) értéke, ugyanis a COP szám fordítva arányos az elpárolgási és a kondenzációs hőmérsékletek közötti hőmérséklet különbséggel. A kompresszornak a hőmérséklet különbség növekedésével arányosan nagyobb nyomásviszonyt kell előállítania, ami nagyobb energiaszükséglettel jár. Tehát nő a kompresszor elektromos teljesítményfelvétele, míg a leadott teljesítmény változatlan marad, így a COP értéke csökken. A fenti okok miatt a hőszivattyús rendszer főleg alacsony hőmérsékletű fűtési rendszerekhez illeszthető gazdaságosan, hiszen a még gazdaságosan előállítható előremenő víz hőmérséklete maximum 50 °C. Természetesen a berendezés alkalmas ennél magasabb előremenő hőmérsékletű víz készítésére is, azonban akkor már a COP értéke annyira alacsony értéket vesz föl, hogy az elektromos fűtés 1 értékű teljesítménytényezőjét közelíti meg. Az alacsony előremenő vízhőmérséklet miatt a hőszivattyús rendszerekhez kapcsolt hőleadók elsősorban különböző felületfűtési megoldások vagy fan-coilok. A radiátorok alkalmazása gazdaságtalan, hiszen az alacsony fűtési hőmérséklet miatt legalább kétszer akkora felületű radiátor választása lenne indokolt és radiátoros kialakítás esetén nem használható ki a hőszivattyúk hűtésre való alkalmazása sem. Meglévő rendszerek esetében, a hőszivattyú rendszerhez illesztése a legtöbbször csak hőtároló közbeiktatásával oldható meg.

14.2.3.3 A névleges állapotra vonatkozó COP és EER peremfeltételei

A hőszivattyúk teljesítményeinek, valamint energiahatékonysági viszonszámainak összehasonlítása csak azonos paraméterek mellett lehetséges. Ez a névleges értékek használatával történik.

Levegő/folyadék hőszivattyúk esetében a névleges értékek megadása fűtési esetben 45 °C-os előremenő víznél és 7 °C-os külső léghőmérséklet 5 °C-os hőmérsékletváltozásánál mért értékek, hűtési esetben 7 °C-os előremenő víznél és 35 °C-os külső léghőmérséklet 5 °C-os hőmérsékletváltozásánál mért értékek.

Folyadék/folyadék hőszivattyúk esetében a névleges értékek meghatározása fűtési esetben 45 °C-os előremenő víznél és 10/5 hőmérsékletlépcsőjű elpárolgató hőmérséklet mellett mért értékek, hűtési esetben 7 °C-os előremenő víznél 30/25 hőmérsékletlépcsőjű kondenzátor hőmérsékletnél mért értékek.

4.2.3.2. SCOP (Seasonal COP) és SEER (Seasonal EER) szezonális teljesítménytényező és energia hatékonysági tényező

A szezonális teljesítménytényező (SCOP, korábban SPF) egy arányszám, amely megmutatja, hogy egy fűtési szezonban a teljes elektromos felvett áram hányszorosának megfelelő fűtési energiát termelt a hőszivattyú.

$$SCOP = \frac{E_{\text{leadott termikus}}}{E_{\text{felvett elektromos}}} \quad \left[\frac{kWh}{kWh} \right] \text{ azaz } [-] \quad (4.7)$$

Figyelembe veszi a változó üzemi körülményeket, például a levegő-víz hőszivattyú esetén a külső hőmérséklet folyamatos változását. Beépített állapotra korrekt SCOP értéket csak a fűtési szezon után kaphatunk, oly módon, hogy az alatt folyamatosan mérjük a felvett villamos energiát és a leadott hőenergiát. Az SEER értelmezése hasonló csak a hűtési üzemre vonatkozik.

A hőszivattyú gyártók nem tudnak a hőszivattyúnak pontos SCOP értéket megadni, mert ez használat és rendszerfüggő. Ezért szabványos üzemeltetési körülményekre határozzák meg az SCOP értékeket. Ilyen szabványos eljárást ír elő az ErP irányelv is. Az eljárás lényege fűtési célú hőszivattyúk esetén az, hogy egy referencia fűtési idényre (európai fűtési referenciaidény átlagos éghajlati viszonyok mellett) és szabványos részterhelésekre meghatározzák a COP értéket, majd ezekből a terhelésre jellemző időszakhoz tartozó hőfokhidak figyelembe vételével súlyozott átlagként képezik az SCOP-t (az elv hasonló a kazánoknál leírtakhoz). Fűtési célú vizsgálatnál általában az 55 °C és 35 °C-os előremenő vízhőmérsékletekre is meghatározzák az SCOP-t.

14.2.4 Fűtési rendszer szabályozásának azonosítása

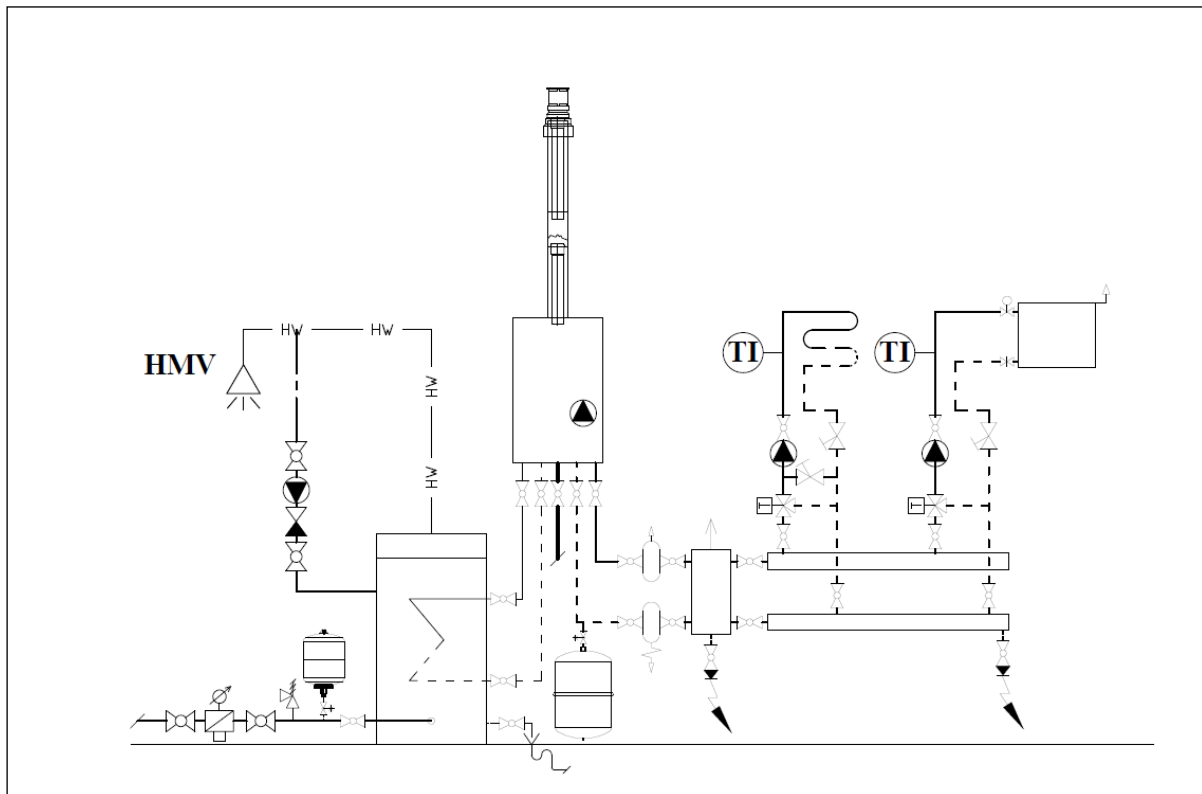
A fűtési rendszer szabályozásának azonosításához előzetesen meg kell határozni a rendszer kapcsolását. Meg kell határozni a hőtermelőket, hőleadókat, szivattyúkat és szabályozó szerelvényeket. Fel kell ismerni a rendszer működésének elvét és a szabályozás beavatkozási lehetőségeit.

A fűtési rendszer szabályozásának azonosítása történhet a rendelkezésre álló tervek vagy felmérés alapján. A hazai gyakorlatban a gépészeti kiviteli, vagy megvalósulási tervek kapcsolási rajzairól igen gyakran lemaradnak a rendszer és a szabályozás működése szempontjából fontos paraméterek: névleges hőmérsékletek; a szabályozási függvény (előremenő hőmérséklet menetrend) adatai; a HMV termelés hőmérsékleti adatai; stb. Ezeket az adatokat sokszor a szabályozási terveken sem lehet megtalálni.

14.2.4.1 Elosztóhálózattal rendelkező fűtési rendszerek szabályozása

Az energetikai szempontból legkedvezőbb üzemet megvalósító, elosztóhálózattal rendelkező fűtési rendszerek hőtermelői időjárásfüggő hőmérsékletszabályozással működnek, azaz a külső hőmérséklet csökkenésével a fűtési előremenő hőmérséklet egy szabályozási függvény szerint emelkedik. Ez a fogyasztók szempontjából minőségi előszabályozást jelent. Az egyes hőleadók

helyi szabályozása már a tömegáram mennyiségi szabályozásával történik. A változó tömegáramú üzemet a keringető szivattyúknak fordulatszám szabályozással kell lekövetniük, fűtési rendszerek esetében célszerűen a szivattyú nyomáskülönbségének úgynevezett proporcionális, vagyis a keringetett térfogatárammal arányos szabályozásával. Összetett fűtési rendszerben egyes speciális igényű fogyasztócsoportok külön előremenő hőmérsékletszabályozással rendelkeznek, amelyeket valamilyen, a feladathoz illeszkedő hidraulikai alapkapsolással valósítanak meg. Pl.: radiátoros és felületfűtés kombinációjával a felületfűtési fogyasztók kettős bekeverő kapcsolással szabályozott, a hőtermelő által előállítottnál alacsonyabb előremenő hőmérséklettel üzemelnek (14.3. ábra). A fűtési rendszer megbízható működéséhez elengedhetetlen a rendszer hidraulikai besabályozása, azaz a rendszer névleges térfogatáramainak műszeres beállítása és a beállítás helyességének mérése igazolása. Állandó tömegáramú rendszerekben ezek egyben a rendszer üzemi térfogatáramai is, míg változó tömegáramú rendszerekben a statikus besabályozás csak a fogyasztók túlfogyasztásának korlátozására alkalmas. Változó tömegáramú rendszerekben lehetőség szerint dinamikus besabályozást célszerű alkalmazni, ahol a folyamatos szabályozást végző szerelvények garantálják a beállított térfogatáramok vagy nyomáskülönbségek pillanatnyi üzemviszonyoktól független állandó értékét.



14.3. ábra Kondenzációs falikazánra csatlakozó radiátoros és padlófűtés. Mind a két kör változó tömegáramú önálló hőmérsékletszabályozással rendelkezik. A felületfűtés alacsonyabb előremenő hőmérsékletét a visszatérő közeg állandó tömegáramú visszakeverése biztosítja

14.2.4.2 A hőtermelő szabályozása

Elosztóhálózattal rendelkező fűtési rendszerek esetében a hőtermelő szabályozásának leggyengébb minőségét jelenti, ha az nem rendelkezik központi előremenő hőmérséklet szabályozással, vagy a hőtermelő ugyan rendelkezik ilyennel, de nincsen helyiségenkénti hőmérséklet szabályozás. Ide sorolandó pl. egy huzatszabályozás nélküli, kézi tüzelésű

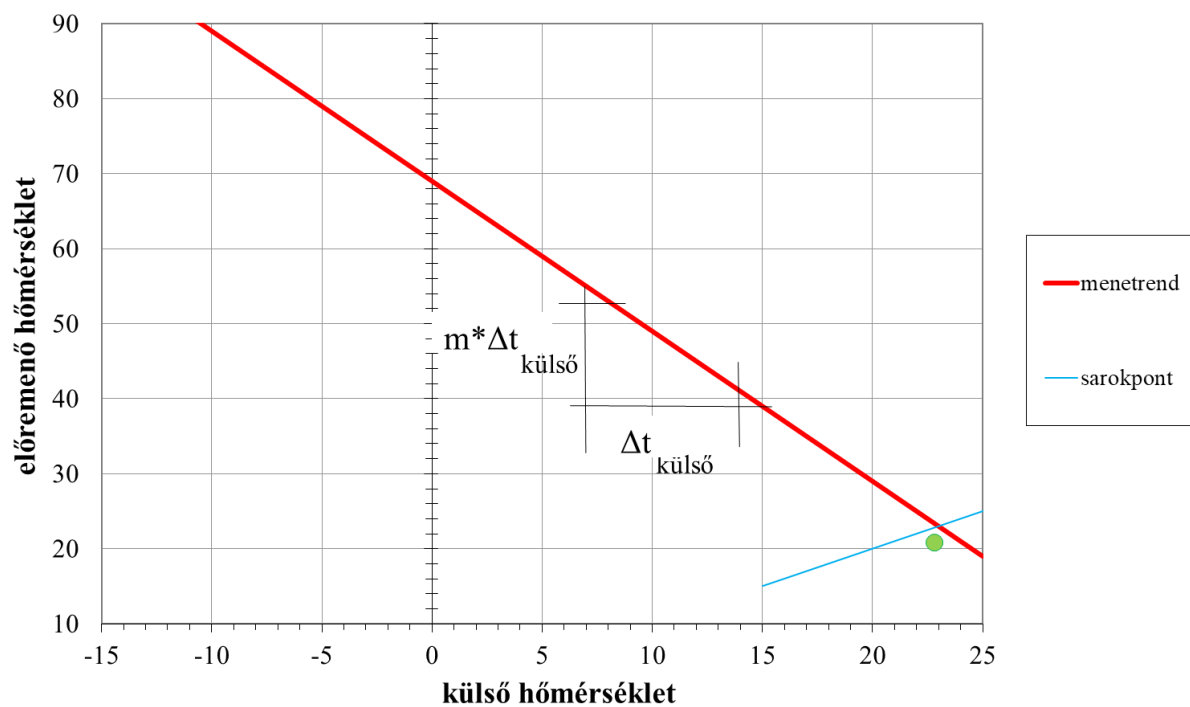
biomassza kazán vagy a legkorszerűbb, alacsony előremenő hőmérsékleten üzemelő kondenzációs kazán is, ha a helyiségek hőleadóinak nincs saját szabályozása, pl. a radiátoroknak termosztatikus szelepe.

Kedvezőbb helyzetet jelent, ha a hőtermelő szabályozása egy referenciahelyiség hőmérséklete alapján, egy ott elhelyezett szobatermosztát szerint történik. Ez a szobatermosztáttal rendelkező helyiség számára a szabályozás egyéb jellemzőitől függő pontosságú hőmérsékletet eredményez; az egyéb helyiségek hőmérséklete a rendszer beszabályozásának és a helyiségek hőleadói saját hőmérsékletszabályozásának függvénye. Ha a szobatermosztát P (tiszta arányos) működésű, a referencia helyiség hőmérsékletét csak maradó hibával lehet szabályozni. A PI (arányos-integráló) szabályozó képes a maradó hiba megszüntetésére, így ez pontosabb szabályozást tesz lehetővé. A segédenergia nélküli szabályozók jellemzően P típusúak; az elektromos szobatermosztátok a gyártmánytól és beállítástól függően lehetnek P, PI és akár PID (arányos-integráló-differenciáló) típusúak is. Erről a gyártmánykatalógusból lehet információt szerezni. A PI szabályozással rendelkező referencia helyiségre való szabályozással egyenértékű a tanúsítás szempontjából, ha a hőtermelő szabályozása a külső hőmérséklettől függő előremenő hőmérséklet szabályozással rendelkezik, és a hőleadók helyiségenkénti autonóm szabályozással – termosztatikus szelepekkel vagy zónaszelepekkel – rendelkeznek.

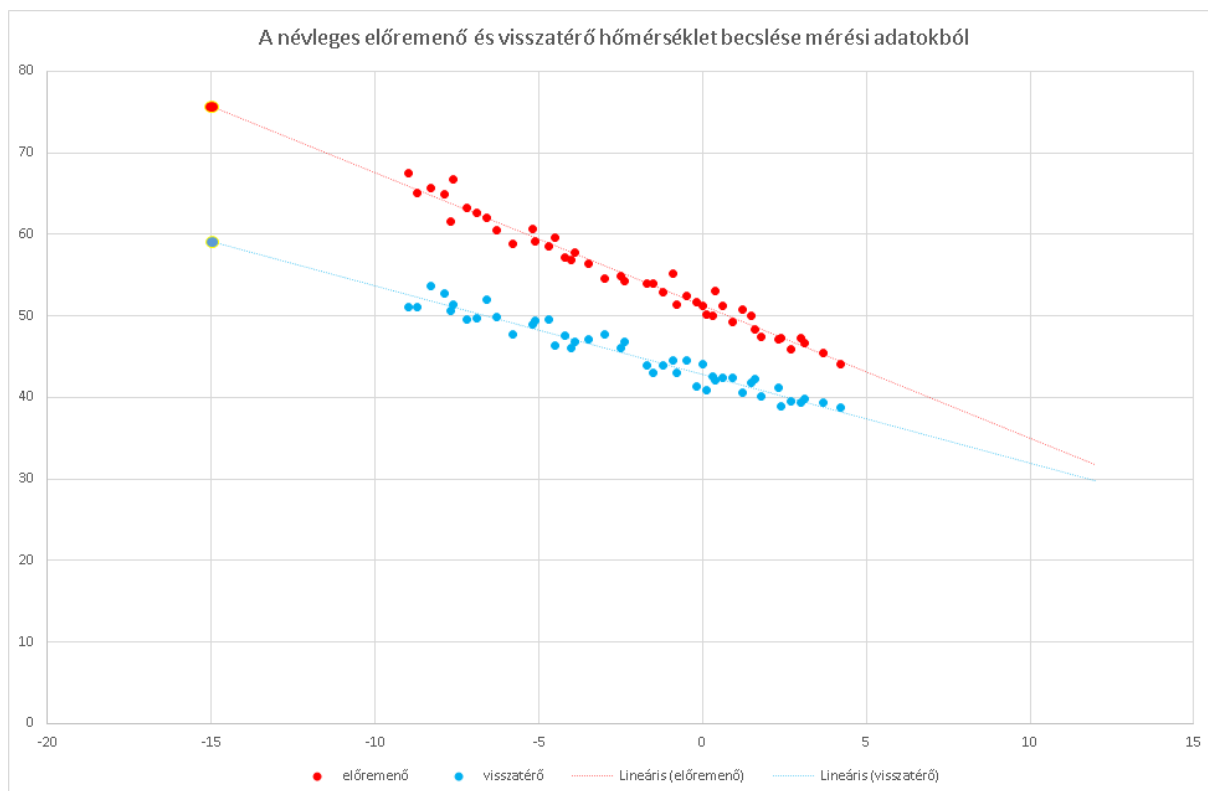
A hőtermelő szabályozása szempontjából a legkedvezőbb, ha a referencia helyiségre történő szabályozás valamilyen optimalizációs funkcióval is rendelkezik – pl. jelenlét érzékeléssel, vagy valamilyen adaptív szabályozóval. Az adaptív szabályozó érzékeli a rendszer állapotának változását, és annak megfelelően optimalizálja a szabályozás paramétereit.

14.2.4.3 A közepes méretezési hőmérsékletkülönbség hatása (szabad fűtőfelületek)

Ha a hőtermelő rendelkezik saját előremenő hőmérséklet szabályozással, akkor a szabályozóból az előremenő hőmérséklet névleges adatai kiolvashatóak. A szabályozóból ki kell olvasni a „sarokpont” vagy a „függőleges hőmérséklet eltolás”, valamint a szabályozás függvény „meredekség” értékeit, és ezek ismeretében a beállított és az üzemelésre ténylegesen jellemző előremenő hőmérséklet kiszámítható vagy megszerkeszthető (14.4. ábra). Az ekkor érvényes visszatérő hőmérséklet meghatározása nehezebb. Ha a terven esetleg fel is van tüntetve a visszatérő hőmérséklet névleges értéke, kétséges, hogy a rendszer valóban azzal a visszatérő hőmérséklettel üzemel-e. Ez függ pl. a rendszer beszabályozásától is. Az előremenő és a visszatérő hőmérsékletet méréssel is meg lehet állapítani: különböző külső hőmérsékletek mellett a hőtermelőnél felvett előremenő és visszatérő hőmérsékletekre lineáris trend illeszthető, és ez – ha elég széles a külső hőmérsékletek tartománya – megbízhatóan ki fogja metszeni a méretezési külső hőmérsékletnél érvényes névleges előremenő és visszatérő hőmérsékletet (14.5. ábra).



14.4. ábra Az előremenő hőmérsékletet a külső hőmérséklet függvényében adjuk meg. A sárga vonallal jelölt egyenest meghatározza például egy pontja és a meredeksége. A pont lehet például a sarokpont, melynek jellemzője, hogy ott $t_{\text{külső}} = t_{\text{előremenő}}$ (piros színnel jelölt vonal). m az egyenes $\Delta t_{\text{előre}} / \Delta t_{\text{külső}}$ meredeksége



14.5. ábra Az előremenő és visszatérő hőmérsékleteit a külső hőmérséklet függvényében ábrázolva. A korábbi mérésekből származó telőremenő, tevisszatérő pontokra illesztett lineáris trendvonal kimetszi az előremenő és visszatérő hőmérséklet névleges értékét

14.2.4.4 Beágyazott fűtőfelületek

Beágyazott fűtőfelületek esetében az $\varepsilon_{F,szab1}$ korrekciós tényező értékét a fektetés típusának függvényében szükséges megállapítani. A fektetés típusát a tervek, vagy helyszíni szemle alapján lehet eldönteni. A 14.6. ábra a nedves- és szárazfektetésű beágyazott fűtőfelületek szerkezetét szemlélteti.

14.6. ábra Nedves- (fent) és szárazfektetésű (lent) beágyazott fűtőfelületek szerkezeti felépítése

14.2.4.5 A külső határolószerkezetek hatása

Ezt a besorolást szabad fűtőfelületeknél a tervekről, vagy helyszínen való felmérésével kell megállapítani. Beágyazott fűtőfelületek esetében meg kell határozni az MSZ EN 1264-4 szerinti minimális hőszigetelési vastagságot. Ha a hőszigetelés hiányzik, vagy a döntéshez nem határozzák meg ezt a minimális szigetelési vastagságot, akkor a legrosszabb kategóriát, $\varepsilon_{F,szab2}=+0,042$ -t kell választani.

14.2.4.6 Helyiségenkénti szabályozás

A helyiségenkénti jobb minőségű hőmérsékletszabályozás javítja az energetikai besorolást. Ha nincs hőleadónkénti szabályozás, az $\varepsilon_{F,szab3}$ korrekció értéke 0. Jobb besorolást jelent a radiátorok kéziszelepes szabályozásának lehetősége, vagy ha a beágyazott fűtőfelületek helyiségenként külön köröket képeznek – ekkor a körök beállítására szolgáló fojtószelepek szolgálhatnak kéziszelepes szabályozásra. A radiátorok termosztatikus szelepes (14.7. ábra), vagy a beágyazott fűtőfelületek termosztatikus, vagy motoros zónaszelepes (14.8. ábra) szabályozása a folyamatos automatikus működés miatt jobb szabályozási minőséget jelent a kéziszelepes szabályozásnál. A helyiségek hőmérsékletszabályozásának legmagasabb szintjét az épületfelügyeletbe kötött megoldások jelentik, mert ezek a termosztatikus szelepes szabályozáson felül program szerinti szabályozásra (pl. éjszakai fűtés csökkentésre is) alkalmasak.

14.7. ábra Termosztatikus szelep szerkezete

14.8. ábra Motoros zónaszelep

14.2.4.7 A beszabályozás hatása

A hidraulikai beszabályozás elmaradása hátrányosan befolyásolja a fűtési rendszer üzemét. A hőtermelőn megtermelt hőmennyiség és a szivattyúk által keringetett térfogatáram nem a fogyasztók igényei szerint oszlik meg a rendszeren. Ennek következménye egyes fogyasztóknál alulfűtés lesz, míg – a hőleadók nemlineáris hőleadási tulajdonságai miatt – az ott hiányzó, máshol többletként megjelenő térfogatáram nem feltétlenül okoz érzékelhető túlfűtést. Ha a beszabályozatlanságot nem ismerik fel, az alulfűtést az előremenő hőmérséklet emelésével lehet kompenzálni, ami viszont más helyiségekben már jelentős túlfűtést, azaz energiapazarlást okozhat.

Az $\varepsilon_{F,szab4}$ korrekciós tényező értékei eltérnek egy- és kétsőves rendszerek esetében, illetve a kétsőves rendszerek kiterjedése függvényében. Az egysőves rendszerek érzékenyebben

reagálnak a beszabályozatlanságra; a kétsőves rendszerek beszabályozatlanságának hatása a rendszer kiterjedésének növekedésével egyre kevésbé uralható.

Ha a rendszer tartalmaz beszabályozó szelepeket, de a beszabályozás nem történt meg, akkor a rendszer beszabályozatlannak tekintendő.

A beszabályozás elmaradásának leggyakoribb jele a beszabályozó szelepek egységesen nyitott állása. Kétség esetén egy-egy szelepre beszabályozó mérőműszerrel (14.9. ábra) rá mérve a beszabályozás elmaradásáról gyorsan meggyőződhetünk, ha a mérés feltételei adottak. Radiátorok, padlófűtési körök térfogatáramát beállítani általában a visszatérő szelepeknek a tervezés során előzetesen meghatározott értékre való állításával szokták. Statikus beállítás esetén nincsen mód mérésre, azaz a beállítás helyességéről nem lehet méréssel meggyőződni. Ennél magasabb szintet képvisel az a megoldás, ahol fogyasztókat statikus beszabályozó szelepekkel szabályozzák be. Még kedvezőbb, ha egyes fogyasztócsoportok dinamikus beszabályozó szelepet kapnak, miközben az alájuk rendelt fogyasztók csak statikus beszabályozással rendelkeznek. A legjobb megoldást a hőleadók beszabályozására a folyamatos működésű nyomáskülönbség- vagy térfogatáram-szabályozást végző úgynevezett dinamikus beszabályozó szelepek jelentik.

14.9. ábra Beszabályozó mérőműszer (IMI Hydronics)

14.2.4.8 Egyéb fűtési rendszerek

A szabályozási veszteségtényezőt egyszerűsített esetben a Rendelet táblázataiból kell kiolvasni a hőtermelő, a hőleadó és a szabályozás típusának függvényében.

Villamos fűtések esetében is a hőleadók külső fal melletti elhelyezése a kedvezőbb, ugyanis ilyenkor a helyiségben a hőmérsékleteloszlás komfort- és energetikai szempontból is kedvezőbb. A szabályozás minőségi sorrendjét a P, PI, PID szabályozók jelentik: a tiszta arányos (P) szabályozás csak maradó hibával képes üzemelni; a maradó hibát a PI szabályozás integráló funkciója képes megszüntetni, míg a D (differenciáló) funkció nem enged szabályozás alapjelétől való akkora eltérést, mint a P és PI szabályozó, és a szabályozási folyamatot is gyorsítja. Míg a villamos fűtés általában az egyik legrugalmasabban szabályozható fűtés, a hazai gyakorlatban elterjedt éjszakai (csúcson kívüli) árammal működő hőtárolós kályhák hőleadása általában rosszul szabályozható.

A gázkonvektorokra is érvényes, hogy a külső falon elhelyezett hőleadó kedvezőbb hőmérsékleteloszlást hoz létre, mint a belső falon elhelyezett. A gázkonvektorok saját beépített termosztatikus szelepes szabályozása a helyiség hőmérsékletében nagyobb ingadozásokat hoz létre, mint ha a szabályozás a konvektoron kívül elhelyezett termosztatról, vagy P, PI, PID működésű külső elektronikus szabályozóról történik. Kedvezőbb besorolást ezek közül a legalább PI működés jelent. Légfűtésnél is a szabályozás minősége meghatározó: az on-off (ki-be kapcsolással) üzemelő, vagy csak tisztán P működésű szabályozók kedvezőtlenebb kategóriába esnek, mint a legalább PI működésű szabályozók.

14.3 HMV rendszerek azonosítása

A használati melegvíztermelő (HMV) berendezések feladata a fogyasztó által igényelt megfelelő hőmérsékletű, az ivóvízzel azonos minőségű melegvíz biztosítása. A melegvíz

hőmérséklete a hazai gyakorlatban 45 °C, illetve ha a legionella baktériumok elleni védekezés indokolja, akkor 60 °C.

A HMV rendszerek a következő fő elemeket tartalmazzák:

- HMV termelő (átfolyós készülék, kazán vagy hőcserélő)
- Tároló
- HMV hálózat (melegvíz és cirkulációs vezetékek)
- Cirkulációs szivattyú
- Szabályozás

14.3.1 HMV előállítás azonosítása

A HMV előállítás lehet átfolyós, vagy tárolós kialakítású. Az átfolyós rendszerű melegvíztermelő mindig a pillanatnyi fogyasztásnak megfelelő vízmennyiséget melegíti fel az előírt hőmérsékletre. Az átfolyós üzemben a hőtermelőt csak a csúcsfogyasztásra lehet méretezni, ezért ez a HMV kialakítás energetikailag gazdaságtalan. Kisebb teljesítményeknél gyártanak közvetlen átfolyós HMV termelő berendezéseket, de ez a kialakítási mód hőcserélő készülékek beépítésével nagyobb rendszereknél is megvalósítható.

A tárolós HMV előállításnál a tároló felfűtése – általában éjszaka – kisebb teljesítménnyel és olcsóbb energiával történik. A tárolós megoldás speciális esete, amikor a hideg vizet közvetlenül a tárolóba vezetik, és ott történik annak a felfűtése, majd a tárolása, a HMV igény keletkezésekor pedig a tároló kisütése.

Tárolós HMV termelésnél használhatunk nagy teljesítményű hőtermelőt kis tárolóval, vagy kis teljesítményű hőtermelőt nagy tárolóval. Ez általában tervezési feladat, a HMV előállítás típusának azonosítása során meg kell határozni, illetve mérni kell a

- Beépített hőtermelő típusát, teljesítményét
- Tároló térfogatát
- A melegvíz hőmérsékletét
- A hidegvíz hőmérsékletét
- A kazán és hőcserélő hőtermelő esetén a belépő és a kilépő vízhőmérsékleteket

14.3.2 HMV hálózat azonosítása

A HMV előállítása során a minden fogyasztó részére bármilyen időpontban vagy kis várakozás után biztosítani kell a megfelelő hőmérsékletű melegvizet. Az azonnali rendelkezésre állás csak akkor érhető el, ha a melegvíz hálózaton kívül cirkulációs hálózat is kiépítésre kerül.

A HMV hálózat azonosítása során meg kell vizsgálni, illetve mérni kell a

- Cirkulációs szivattyú adatait (típus, munkapont)
- Melegvíz vezeték hőszigetelésének állapotát
- Cirkulációs vezeték hőszigetelésének állapotát
- Melegvíz hőmérsékletét
- Cirkulációs vezetékben a vízhőmérsékletet

A HMV hálózatoknál gyakori probléma, hogy a melegvíz hőmérséklete nem megfelelő, illetve a fogyasztónál lévő csapoló nyitásakor várni kell a melegvízre. Ez a HMV hálózat besabályozatlanságára vagy a cirkulációs vezeték hiányára vagy a szivattyú leállítására utal.

14.4 Szellőzési rendszerek azonosítása

Amennyiben a zárt térben emberek tartózkodnak, friss levegő bevitelére van szükség. A friss levegőt elő kell készíteni, fűteni vagy hűteni kell, a páratartalmát be kell állítani. A szellőzési rendszerek ezen kívül fűtési és/vagy hűtési igényeket részben, vagy egészben is kielégíthetnek.

A szellőzési rendszereknél az igényelt levegő paramétereinek beállítása a légkezelőkben történik, majd a légelosztó hálózaton keresztül a kezelt levegő a kiszolgált térbe jut.

14.4.1 Légkezelők azonosítása

A légkezelők azonosítása történhet:

- **Tervek alapján**
Amennyiben a tervdokumentáció rendelkezésre áll, a légkezelők felépítése, fő elemei, a szállított légmennyiségek és nyomásveszteségek leolvashatók a rajzokról. Általában a kapcsolási rajz és a besabályozási tervdokumentáció beszerzése a legfontosabb. A tervek alapján történő azonosítás megkönnyíti a munkát, de a megvalósult állapotnak a tervekkel történő összevetése ebben az esetben is szükséges.
- **Helyszíni szemrevételezés alapján**
A légkezelők adattábláján megtalálhatók a berendezések típusai, névleges teljesítményei, a szállított légmennyiség és a nyomásveszteség értékei. A készülékek gyári száma alapján a gyártótól is beszerezhetők a tervezési paraméterek.

A légkezelők a következő fő elemeket tartalmazhatják:

- Ventilátorok
- Fűtő- és hűtő kaloriferek
- Légnedvesítő egységek
- Hővisszanyerő egységek
- Légszűrők
- Hangcsillapítók
- Zsaluszerkezetek
- Automatika

14.4.2 Légtechnikai hálózat besabályozásának ellenőrzése

A besabályozatlan légtechnikai rendszerrel rendelkező épület egyik részén melegebb van a tervezettnél és a zárt térben tartózkodó emberek által elvárt légállapotnál, ugyanakkor az épület más részén hideg van, fáznak az emberek.

Az energiaköltségek is magasabbak a szükségesnél, hiszen a ventilátor légszállítása nagyobb, így az üzemeltetési költsége is magasabb.

A tervezettnél nagyobb légmennyiség következtében a ventilátor gyakran túlságosan zajos, a zárt térben pedig huzathatás léphet fel. A megnövekedett szellőző levegő térfogatáram miatt a hűtési, illetve a fűtési teljesítmény is nagyobb a tervezettnél.

Az épület más részein, ahol a térfogatáram kevesebb, mint a tervezett, a térben feldúsul a széndioxid, a levegő túlságosan szárazzá vagy nedvessé válik, így előidézi a beteg épület szindrómát „Sick Building Syndrome”.

Amennyiben a fenti jelenségek lépnek fel, a légtechnikai hálózat beszabályozottsága nem megfelelő. A beszabályozottság méréssel is ellenőrizhető, amennyiben a hálózat légtechnikai beszabályozási terve rendelkezésre áll.

14.5 Hűtési rendszerek azonosítása

A hűtési rendszerek azonosítása történhet:

- Tervek alapján
Amennyiben a tervdokumentáció rendelkezésre áll, a hűtési rendszer felépítése, fő elemei, a térfogatáramok és nyomásveszteségek leolvashatók a rajzokról. Általában a kapcsolási rajz és a beszabályozási tervdokumentáció beszerzése a legfontosabb. A tervek alapján történő azonosítás megkönnyíti a munkát, de a megvalósult állapotnak a tervekkel történő összevetése ebben az esetben is szükséges.
- Helyszíni szemrevételezés alapján
A hűtőgépek és hűtőtornyok adattábláján megtalálhatók a berendezés típusa, névleges teljesítménye, a szállított térfogatáram és a nyomásveszteség értékei. A készülékek gyári száma alapján a gyártótól is beszerezhetők a tervezési paraméterek.

A hűtési rendszerek a következő fő elemeket tartalmazhatják:

- Kompresszoros hűtőgépek
- Abszorpciós hűtőgépek
- Elpárolgató
- Kondenzátor
- Fojtószelep
- Keringtető szivattyú
- Automatika

A hűtési rendszerek energiafelhasználása szempontjából a keringtetett térfogatáramokon keresztül a szivattyúzási munka, a hűtőgépek hatásfoka szempontjából a COP (coefficient of performance) érték a lényeges.

15 Korszerűsítési javaslatok

15.1 A korszerűsítési javaslatok minimumkövetelményei

15.2 Épületszerkezetek

Az épületszerkezetek korszerűsítését úgy kell megtervezni, hogy azok megfeleljenek a rendelet követelményértékeinek. A korszerűsítés tervezése során állagvédelmi vizsgálatot kell végezni az MSZ 24140 vagy MSZ EN ISO 13788 szabvány szerint.

Meglévő épületek határoló szerkezeteinek utólagos hőszigetelése szerkezetenként is több módszerrel történhet. A következőkben azokra a megoldásokra térünk ki, amelyekkel viszonylag csekély költségráfordítással energetikai szempontból hatékony – és természetesen az új épületenergetikai szabályozás követelményeinek megfelelő - felújított szerkezetek hozhatók létre.

Az összeállítás a következő épülethatároló szerkezetek utólagos hőszigetelésére terjed ki:

- Homlokzati falak
- Lapostetők
- Beépített tetőtereket határoló szerkezetek
- Padlásfödémek
- Pincefödémek és árkádfödémek

A táblázatokban a külső falak esetében konkrét falszerkezetek jelennek meg, míg a többi esetben a felújítás előtti szerkezetek - értéklépcsőnként feltüntetett - átlagos hőátbocsátási tényezői a kiinduló adatok. A táblázatokban közölt adatok a felújított szerkezetek átlagos hőátbocsátási tényezői, amelyek a hőszigetelő réteget megszakító vagy áttörő szerkezeti elemek (pl. vázelemek, rögzítő elemek) hőhídhatásának figyelembe vételével számítottak.

15.2.1 Homlokzati falak utólagos hőszigetelése

Homlokzati falakat úgy kell utólagos hőszigeteléssel ellátni, hogy teljesítsék az előírt jó szint elérése esetén legalább $U_{\min} \leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$, míg kiváló szint esetén $U_{\min} \leq 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényező értékeket.

A hazánkban leggyakrabban előforduló külső, homlokzat falak leggyakrabban alkalmazott hőszigetelési módszerét az Alkalmazott Épületenergetika kiadvány tartalmazza.

A számításba vett utólagos hőszigetelés vékonyvakolattal ellátott, ragasztással és mechanikai rögzítéssel készített expandált polisztirolhab (EPS, illetve gEPS), vagy vakolható kőzetgyapot lemezekből készül. Porózus-üreges falazóelemekből készült falazatok esetén célszerű vakolható kőzetgyapot, vagy pártaáteresztő képességű EPS lemezeket, fa- vagy kendergyapotot vagy egyéb jó páraáteresztő képességű természetes alapanyagból készülő hőszigetelést, pl. szalmából készülő hőszigetelő táblákat használni.

Az utólagos hőszigetelés 10-15 cm-nél vékonyabb hőszigetelő réteggel nem felel meg a követelményértéknek, valamint nem gazdaságos, mivel a hőszigetelő termék ára a hőszigetelő rendszer kivitelezési költségének legfeljebb 20-30%-át teszi ki.

A jelenlegi elemi követelmények teljesítésének szükségessége miatt előfordulhat, hogy az elmúlt évtizedekben már hőszigeteléssel ellátott külső falakat ismételten, vastagabb vagy kiegészítő hőszigeteléssel kell ellátnunk. Ez esetben mindig ellenőrizzük, hogy alkalmazhatunk-e hőszigetelést a meglévő hőszigetelésre. A meglévő hőszigetelés állapotának

ellenőrzése során a következő lépések javasoltak. Ellenőrizzük feltárással (legalább kb. 1 m²-en, hőkamerával kijelölhetjük a legmegfelelőbb helyeket):

- Hőszigetelés állapotát, sarkok és élek helyzetét, illesztéseket és hézagok nagyságát
- Hőszigetelés hőtechnikai teljesítőképességét, pl. TLS vagy MTPS módszerrel mérő hordozható hővezetési tényezőmérő-berendezéssel
- Hőszigetelés nedvességtartalmát (pl. roncsolásmentes helyszíni vagy roncsolásos és laboratóriumi nedvességméréssel), mechanikai tulajdonságát,
- Rétegek vastagságát (hőszigetelés, vakolat, ...)
- Ragasztás módját és állapotát,
- Mechanikai rögzítések számát, elhelyezkedését,
- Erősítő üvegszövet háló beágyazásának megfelelőségét,
- Fedővakolat állapota, folytonossága, tapadószilárdság a felületen.

Amennyiben az ellenőrzés alapján a hőszigetelésre újabb hőszigetelő réteg tervezhető, a meglévő hőszigetelést ne távolítsuk el és ezzel is csökkentjük az építőipar hulladéktermelését.

15.2.2 Lapostetők utólagos hőszigetelése

Lapostetőket úgy kell utólagos hőszigeteléssel ellátni, hogy teljesítsék az előírt jó szint elérése esetén legalább $U_{\min} \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$, míg kiváló szint esetén $U_{\min} \leq 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényező értékeket.

A lapostetők utólagos hőszigetelése során a következő alapesetek vehetők figyelembe:

- a) A csapadékvíz-szigetelés állapota nem megfelelő (károsodott, vagy tönkrement, felújítása indokolt), lejtéskialakítása előírászerű, illetve megfelelő.
- b) A csapadékvíz-szigetelés állapota nem megfelelő (károsodott, vagy tönkrement, felújítása indokolt), lejtéskialakítása nem megfelelő.
- c) A csapadékvíz-szigetelés állapota megfelelő (teljes felújítása nem indokolt), lejtéskialakítása előírászerű, illetve megfelelő.
- d) A csapadékvíz-szigetelés állapota megfelelő (teljes felújítása nem indokolt), lejtéskialakítása nem megfelelő.

Az utólagos hőszigetelés módját egyrészt a felsoroltak, másrészt más tényezők (pl. a födémszerkezet teherbírásai tartalékai, az új csapadékvíz-szigetelés rögzítésének lehetőségei, a meglévő hőszigetelés nedvességállapota, a belső nedvesség elleni védelem lehetőségei stb.) befolyásolják.

15.2.3 Beépített tetőteret határoló szerkezetek utólagos hőszigetelése

Beépített tetőtereket határoló magastetők esetén úgy kell felújítási javaslatot tenni, hogy a szerkezetek teljesítsék az előírt jó szint elérése esetén legalább $U_{\min} \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$, míg kiváló szint esetén $U_{\min} \leq 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényező értékeket.

Meglévő épületek beépített tetőterét határoló szerkezetek utólagos hőszigetelése során a következő alapesetek vehetők figyelembe:

- a) A beépítés a tetőtér teljes terjedelmében történt, vagyis a határoló szerkezetek követik a fedélszerkezet (tetőfedés) síkját.

- b)** A tetőtér beépítése részleges (belső térdfal és födém is készült a tetőtérben), vagyis a határoló szerkezetek közül csak a ferde falak követik a fedélszerkezet (tetőfedés) síkját.
- c)** A tetőtér beépítése részleges: belső térdfal készült a tetőtérben, de máshol a határoló szerkezetek követik a fedélszerkezet (tetőfedés) síkját.
- d)** A tetőtér beépítése részleges: födém készült a tetőtérben, de máshol a határoló szerkezetek követik a fedélszerkezet (tetőfedés) síkját.

Az utólagos hőszigetelés beépítése a ferde falak szakaszán viszonylag egyszerű eszközökkel csak a szerkezet belső oldalán lehetséges, míg a belső térdfalak és födémek hőszigetelése esetenként a külső oldalon (a bűvőterekben) is kivitelezhető és célszerű.

A belső oldali utólagos hőszigetelés tervezése során figyelembe kell venni a meglévő szerkezet rétegfelépítését és páratechnikai tulajdonságát, és a kiegészítő hőszigetelés fajtáját, illetve az esetlegesen szükséges páratechnikai réteg fajtáját ennek megfelelően kell megválasztani.

A ferde falak utólagos hőszigetelésének egyik lehetséges módszere szerepel, amikor a belső oldalon a hőszigetelő táblák segédszerkezet (lécváz) nélkül kerülnek beépítésre, és így külön hőhíd-hatást csak a mechanikai rögzítő elemek idéznek elő. Erre alkalmasak pl. a fagyapot réteggel mindkét oldalán társított közetgyapot, vagy expandált polisztirolhab anyagú hőszigetelő elemek.

Ha az egyéb határoló szerkezetek (belső térdfal, födém) utólagos hőszigetelését nem a szerkezetek belső oldalán, hanem a bűvőterek felőli oldalon építik be, a felújított szerkezetek hőszigetelésének mértéke legalább a ferde falakéval azonos (de javasolhatóan annál nagyobb) legyen.

15.2.4 Padlásfödémek utólagos hőszigetelése

Padlásfödémeket vonatkozásában úgy kell fejújítási javaslatot tenni, hogy a szerkezetek teljesítsék az előírt jó szint elérése esetén legalább $U_{\min} \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$, míg kiváló szint esetén $U_{\min} \leq 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényező értékeket.

Meglévő épületek beépített tetőterét határoló szerkezetek utólagos hőszigetelése során a következő szerkezeti alapesetek vehetők figyelembe:

- a)** A padlásfödém fa teherhordó szerkezetű (legtöbbször borított gerendás födém, ritkábban csapos gerendafödém), csekély vastagságú hőszigeteléssel (pl. agyagtapasztás, salakbeton, salakfeltöltés+padlástégla burkolat stb.)
- b)** A padlásfödém „masszív” (acélgerendás, monolit vasbeton, előregyártott elemes vasbeton) teherhordó szerkezetű, nem terhelhető hőszigeteléssel, padozat nélkül
- c)** A padlásfödém „masszív” (acélgerendás, monolit vasbeton, előregyártott elemes vasbeton) teherhordó szerkezetű, terhelhető, hőszigetelt padozattal (pl. könnyűbeton, habcement, feltöltés+betonburkolat stb.)

A padlásfödémek utólagos hőszigetelése a legegyszerűbb feladat, mivel a hőszigetelés külön védelme – alátéthéjazattal vízhatlanná tett tetőfedés esetén – nem szükséges, és párávédelmi réteg beépítése is csak ritkán indokolt. Esetenként – nem hasznosított padlástereknél – a burkolat készítése is elmaradhat: ilyenkor csak a hőszigetelés elhelyezése a feladat.

Padlásfödémek utólagos hőszigetelése esetén gondosan ügyelni kell arra, hogy a hőszigetelő réteg teljes felületű és megszakítatlan legyen, és hézagmentesen csatlakozzon a külső falak (esetleges) külső oldali hőszigeteléséhez.

15.2.5 Pincefödémek utólagos hőszigetelése

Pincefödémek esetén úgy kell fejtűzési javaslatot tenni, hogy a szerkezetek teljesítsék az előírt jó szint elérése esetén legalább $U_{\min} \leq 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$, míg kiváló szint esetén $U_{\min} \leq 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényező értékeket.

Meglévő épületek fűtetlen pinceterei feletti födémek utólag csak alsó oldalukon hőszigetelhetők. Ez csökkenti a számításba vehető hőszigetelési megoldások számát, amelyek a következők:

- a) Ragasztással és/vagy mechanikai rögzítéssel beépített hőszigetelő lapok hálórősítő alapvakolattal és színvakolattal (vagy pincefödémek esetén színvakolat nélkül)
- b) Fa- vagy fémszerkezetű segédváz elemei közé elhelyezett hőszigetelő lemezekkel és alsó oldali burkolattal (pince- és árkádfödémek esetén is lehetséges)
- c) Függesztett állmennyezet felett, az állmennyezeti tér teljes vagy részleges kitöltésével (általában csak árkádfödémek esetén).

15.3 Épülettechnikai rendszerek

Az épülettechnikai rendszerek (épületgépészet, beépített világítás, épületautomatizálás, napelemek) esetén elvégzendő korszerűsítések célja az üzemeltetés költségeinek és ezzel összhangban az épület primerenergia felhasználásának csökkentése az épületen belüli komfort szintjének egyidejű fenntartásával, lehetőség szerinti növelésével. A gépészeti korszerűsítést nagyobb épületek esetében alapos gépészeti tervezés alapján kell elvégezni, ahol indokolt esetben különböző beavatkozási lehetőségek kombinációjából választják ki az optimális megoldást.

15.3.1 A gépészeti berendezések erkölcsi avulása

Az épületszerkezetek korszerűsítése az épület hőigényének csökkenésével jár. A gépészeti rendszerek aktív elemeinek (hőtermelők, szivattyúk, szabályozó szelepek, hűtőgépek, ventilátorok, stb.) élettartama jellemzően 15 év körüli. 15 év alatt egyes rendszerelemek fizikailag is elavulnak, más rendszerelemek csak erkölcsileg avulnak el. A hőigények eredményes csökkentése után megfontolandó, hogy érdemes-e a gépészeti rendszerben olyan elemeket megtartani, amelyek fizikailag ugyan nem, de a telepítés óta erkölcsileg elavultak, és az új követelmények között működtetésük már nem felel meg a hatékonysági elvárásoknak. Többek között a szivattyúk, kondenzációs kazánok, hőszivattyúk területén az utóbbi évtizedben igen jelentős fejlesztések történtek, a 10-15 évvel ezelőtti termékek ezen a téren mára már elavultnak számíthatnak. Egy korszerűsítés során érdemes lehet tehát a fizikailag még jó állapotban lévő, de a ma elérhető termékekhez képest már lényegesen rosszabb teljesítőképességű és hatásfokú rendszerelemeket lecserélni. Az ilyen döntéseket alapos gazdaságossági elemzés alapján kell meghozni.

15.3.2 Hőtermelők

Ha a hőtermelő gázkazán, és az nem kondenzációs üzemű, erkölcsi avulása és a ma elérhető termékekhez képest jelentősen rosszabb hatásfoka miatt azt mindenképpen cserélni érdemes. A jelenlegi előírások szerint az újonnan forgalomba hozható gázkazánok követelményeit csak a zárt égésterű, kondenzációs üzeműek képesek teljesíteni. A korábbi, a környezetükkel légtér-összeköttetésben lévő kazánok zárt égésterű kondenzációs üzeműre való cseréjének problémáját elsősorban az újonnan kiépítendő égési levegőellátás és égéstermék elvezetés kiépítésének költségei jelentik. Ezek a magas járulékos beruházási költségek számos esetben teszik meg nem térülővé az egyébként lényegesen jobb hatásfokú új hőtermelő beépítését. Ilyen helyzetben megfontolandó a gázkazán hőszivattyúval történő esetleges kiváltása.

A hőszivattyúk területén szintén jelentős műszaki fejlődés történt: a 10-15 évvel ezelőtti hőszivattyúk rossz energetikai mutatóik miatt ma már forgalomba sem hozhatók. A ma forgalmazott hőszivattyúk ára energetikai mutatóik minőségével nő. Egy meglévő hőszivattyú cseréjéről való döntést, az új hőszivattyú kiválasztását szintén csak nagyon alapos gazdaságossági elemzés alapján kell meghozni.

Vidéki vagy ipari környezetben, ha megoldható a hőigények fedezésére szolgáló biomassza hosszú távon tartósan olcsó beszerzése, kis távolságról történő helyszínre szállítása, a száradáshoz szükséges hosszú időtartamú tárolása akkor érdemes lehet megfontolni a biomassza tüzelésre való átállást. Családi házak esetében a legolcsóbb tüzelési mód a kézi adagolású biomassza tüzelés. Ezt a hőellátási formát a kazán kiszolgálását jelentő élőmunka költségének meg nem jelenése, pontosabban a tulajdonos által való „ingyenes” elvégzése teszi kedvezővé. Megfelelő tároló, automatikus adagolás, jó rendszerkialakítás és igényes szabályozás alkalmazásával az épületben ugyanolyan ellátási komfort érhető el, mint egy gázkazánal vagy hőszivattyúval.

15.3.3 Fűtési rendszerek

Fűtési keringető szivattyú

Egy korszerűsítés során a meglévő állandó fordulatszámú régi szivattyút még akkor is érdemes korszerűre cserélni, ha a rendszer továbbra sem változó tömegárammal üzemel, ugyanis a korszerű szivattyúk a korábbiaknál annyiival jobb hatásfokúak, hogy az energiafogyasztásban jelentkező megtakarítás a beruházást 3 éven belül megtérülővé teszi. A fűtési rendszert természetesen érdemes változó tömegáramúvá átalakítani. Egy ilyen rendszerben a szivattyú úgynevezett proporcionális fordulatszám-szabályozását érdemes alkalmazni, amivel a beruházás még gyorsabban megtérül. Az újonnan forgalomba hozott szivattyúk szigorú energetikai követelményeknek felelnek meg.

Tágulási tartály, légtelenítő, iszapleválasztó

Az esetleges nyílt tágulási tartályt a korróziós problémák elkerülése érdekében zárt tartályra érdemes cserélni. A fűtést nyomott rendszerűként célszerű kialakítani. A hálózat magaspontjain kisebb rendszerekben automatikus, nagyobb rendszerekben akár kézi működtetésű légtelenítőket kell beépíteni. A rendszer nyomástartásának gondoskodnia kell

minden magaspontra megfelelő túlnyomásáról; a beüzemelés során pedig a rendszert megfelelően légteleníteni kell. Mivel a fűtési víz gázoldó képessége a hőmérséklet emelkedésével csökken, a beüzemeléskor hideg vízzel kilégtelenített rendszerben a nagy téli hideg miatti magas víz hőmérséklet miatt csökken a gázoldó képesség. Ilyenkor a légtelenítést meg kell ismételni, majd a rendszert megfelelő nyomásra vissza kell tölteni. Az oxigén megbízható elvezetése és a rendszerből való távoltartása a korróziós károk elkerülésére érdekében szükséges. Nagyobb rendszerekben érdemes lehet folyamatos üzemű vákuumos gáztalanító berendezést beépíteni. A rendszer mélypontján a visszatérő vezetékben valamilyen iszapleválasztót célszerű beépíteni.

A csőhálózat átalakítása – a mérés szerinti elszámolás feltételeinek megteremtése

A fűtési rendszerek legkevésbé avuló eleme a csőhálózat. A hazai korszerűsítések döntő hányadában a csőhálózat változatlanul megmarad, miközben akár minden egyéb elemet cserélnek. Az elosztóhálózat cseréjét vagy átalakítását akkor érdemes elvégezni, ha azt vagy a hálózat leromlott fizikai állapota indokolja; vagy a rendszerben építészeti átalakítások is történnek, régi fogyasztók szűnnek meg és új fogyasztók jelennek meg; vagy ha a fűtési költségek megosztását mérés alapján akarják elvégezni.

A rendszerek korszerűsítése előtt elemezni kell a rendszer felépítését, milyen fogyasztókat lát el, hogyan alakul azok energiaigénye, nincs-e szükség a szabályozás szempontjából a rendszer további megbontására, esetleg egyesítésére. Amennyiben egy épületrész igényelt fűtővíz hőmérséklet-szintje, különböző forrásokból származó energiaigénye, használati ideje jelentősen eltér más részekétől, akkor célszerű önállóan szabályozott fűtési körként üzemeltetni.

Ilyenre lehet példa a fűtési rendszer égtájankénti bontása, ahol a központi szabályozás a különböző tájolású épületrészek időben eltérő napsugárzásból származó hőnyereséget kompenzál. Nem működteti a D-i oldali helyiségek fűtését feleslegesen magas víz hőmérséklettel, azért mert az É-i oldalon csak így biztosítható a megfelelő hőmérséklet-szint. Így nem okozza a D-i helyiségek túlfűtését, ami nyilvánvalóan felesleges veszteséget jelent.

Egy másik példa lehet egy iskola, ahol célszerű a tantermeknek, tornatermeknek és szolgálati lakásnak önálló fűtést kialakítani. Így nem kell azért a teljes fűtési rendszer üzemeltetni, mert a tornatermet esti órákban, hétvégén bérbe adják, vagy nem kell azért a rendszert folyamatosan üzemeltetni, hogy szolgálati lakást ellássuk. Amennyiben a rendszerek funkció szerint szét vannak választva, úgy azokat önálló időprogram szerint lehet működtetni, amelyben a normál fűtés és csökkentett fűtés időszakai szétválaszthatók.

Több független elszámolású fogyasztót kiszolgáló központi fűtési rendszerekben – pl. társasházakban – mindenképpen szükséges valamilyen költségosztást alkalmazni. Hagyományos kialakítású fűtési rendszerekben ezt általában csak költségosztókkal lehet megvalósítani. A korrektebb, hőfogyasztás mérésen alapuló költségosztás megvalósításához jellemzően hozzá kell nyúlni az elosztóhálózathoz, hogy az egyes fogyasztók saját belső hálózata lehetőség szerint egyetlen, a mérési pontban csatlakozzon a közös hálózatra. Ez a feltétele okosmérők beépítésének is. Mindazonáltal az okos mérő is csak a lakásba juttatott energiát méri, azt nem, hogy abból mennyi jutott a lakás küldő hőveszteségének fedezésére és mennyi a szomszédos lakásokba jutó vagy onnan érkező energia. Ez a sokfeszültségű, függőleges elosztású fűtési hálózatok olyan átalakítását igényli, amikor a lakások egy-egy ponton

csatlakoznak egy főfelszállóra, és a lakáson belül vízszintes elosztóhálózatot alakítanak ki. A hálózatba való beavatkozáskor különös gondot kell fordítani az anyaghasználatra: a rendszerbe újonnan beépítésre kerülő és megmaradó anyagok együttese nem hordozhat korróziós kockázatot. A beépítésre kerülő műanyagcsöveknek oxigéndiffúzió ellen védettnek kell lenniük.

Hőszigetelés

A fűtetlen tereken áthaladó vezetékeket megfelelő hőszigeteléssel kell ellátni. A szigetelés vastagságára nincsen hazai előírás. Az utóbbi években végzett különböző gazdaságossági vizsgálatok mind azt mutatták, hogy a hőszigetelés optimális vastagsága hazai körülmények között is az érvényes németországi előírások közelében vannak. Ez DN100 méretig jellemzően a csőátmérővel egyező szigetelési vastagságot jelent fűtési, hűtési, hideg- és használati melegvíz vezetékekre is; DN100 felett pedig egységesen 100 mm-t. A hőszigetelés hővezetési tényezőjének követelményértéke 0,035 W/mK. Az elszámolási viták megelőzése, egyáltalán: az elszámolás egyszerűsítése érdekében hőszigetelést szükséges alkalmazni azokon az épület közös hálózatához tartozó vezetékeken is, amelyek önálló elszámolási egységet képező albetéteken haladnak át.

Követelmények a fűtési- és használati melegvízellátó (HMV) rendszer elosztóvezetékei és szerelvényei hőveszteségének korlátozására

A fűtési-, HMV elosztóvezetékek és szerelvények hőveszteségének korlátozására a táblázat szerinti minimális hőszigetelés vastagságokat kell alkalmazni:

15.1. táblázat: Előírt minimális hőszigetelési vastagságok

Sor	Vezeték/szerelvény fajtája	a hőszigetelés minimális vastagsága 0,035 W/mK hővezetési tényezőre vonatkoztatva
1	belső átmérő 22 mm-ig	20 mm
2	belső átmérő 22 mm-től és 35 mm-ig	30 mm
3	belső átmérő 35 mm-től és 100 mm-ig	belső átmérővel megegyező
4	belső átmérő 100 mm felett	100 mm
5	fal- és fűdémátöréseknél, vezetékek keresztezéseknél, kötéseknél, központi elosztóknál	az 1-4 sorok értékeinek fele
6	különböző tulajdonú fűtött helyiségek elválasztó falaiba kerülő fűtési vezeték	az 1-4 sorok értékeinek fele
7	különböző tulajdonú fűtött helyiségek elválasztó födémeibe kerülő fűtési vezeték	6 mm

Abban az esetben, ha egy fűtési rendszeren belül a fűtési vezeték azonos tulajdonú fűtött helyiségekben, vagy azokat elválasztó szerkezetekben haladnak, és a hőleadásukat hozzáférhető helyen elhelyezett szerelvénytől változtatni lehet, akkor nincsenek a minimális szigetelésre vonatkozó követelmények. Nem vonatkozik a követelmény azokra a HMV-vezetésekre, amelyek átmérője 22 mm alatti, és nem részei egy cirkulációs körnek, valamint nincsenek elektromos kísérőfűtéssel ellátva.

Amennyiben a szigetelőanyag hővezetési tényezője eltér a 0,035 W/mK értéktől, akkor azonos hőellenállású szigetelés alkalmazható, a minimális szigetelési vastagságot számítással kell meghatározni.

A fűtési-, HMV elosztóvezetékeknél a táblázatban szereplő minimális szigetelési vastagságok csökkenthetők, ha a vezeték falának szigetelőhatása figyelembe vehető. Ekkor azonos hőellenállású szigetelés alkalmazható, a minimális szigetelési vastagságot számítással kell meghatározni.

Változó tömegáramú rendszerek – hőleadók mennyiségi szabályozása

A korszerű, hőszigetelt épületekre jellemző, hogy csökkent az egyes helyiségek hővesztesége, de ugyanez nem mondható el a különböző hőnyereségekre. A napsugárzásból származó nyereség továbbra is jelentős. A belső tevékenységből származó nyereség is esetleg növekszik, mert egyre több elektromos üzemű berendezés jelenik meg a lakásokban, irodákban. Ezeknek gyakran a hőveszteséggel összemérhető hőleadása van. Mivel az egyes helyiségeknek ez a hőnyeresége nagyon különböző lehet, ezért egyre fontosabb az egyes helyiségeket önálló, helyiségenkénti hőmérsékletszabályozással ellátni.

A fűtési rendszer üzemét változó tömegáramúvá célszerű átalakítani. A hőtermelőt a külső hőmérséklet függvényében úgy kell szabályozni, hogy az a rendszer számára emelkedő külső hőmérséklettel csökkenő előáramú hőmérsékletet szolgáltatson. Ez a hőhordozó közeg minőségi előszabályozását jelenti az épület fogyasztói számára. A szabályozási függvény, vagy előremenő hőmérséklet menetrend függvény helyes meghatározásában és beállításában jelentős megtakarítási potenciál rejlik. A rendszer fogyasztói mennyiségi szabályozással rendelkeznek, azaz ebből az előszabályozott hőmérsékletű fűtőközezből pillanatnyi igényeik szerinti mennyiséget fogyasztanak el. Az előremenő hőmérséklet csökkentése igen kedvező a kondenzációs kazán vagy a hőszivattyú hatásfokára.

A radiátorok mennyiségi szabályozásának eszközei a termosztatikus szelepek; a felületfűtéseké a zónaszelepek; a különböző hőcserélőké és légkezelő utófűtő kalorifereké a fojtószelepek; a saját, független hőmérséklet előszabályozást igénylő speciális fogyasztóköröké a különböző hidraulikai alapkapcsolások. A rendszer tömegáramának változását a szivattyú fordulatszám-szabályozásának kell követnie.

A termosztatikus szelepek és a zónaszelepek biztosítják, hogy valamennyi helyiségben egyedileg választható meg a kívánt helyiség-hőmérséklet. A termosztatikus szelepek használatával kétféle módon jelentkezik energia megtakarítás. Egyrészt azért, mert a szelepek megakadályozzák a helyiség túlfűtését, és az ebből származó többlet hőveszteséget. Másrészt ugyanennyire fontos, hogy valamennyi helyiségben önállóan dönthető el, hogy mikor van szükség a helyiség normál fűtésére, mikor lehet a helyiség hőmérsékletének csökkentésével energiát megtakarítani, mert éppen nincs szükség olyan magas hőmérsékletre. Leegyszerűsítve a kérdést, úgy lehet fogalmazni, hogy a szelepet ugyanúgy kell használni, mint a villanykapcsolót. Ha huzamosabb ideig nem használjuk a helyiséget, akkor nem csupán a világítást kell lekapcsolni, célszerű a helyiség hőmérsékletét is alacsonyabbra állítani. A két hatás együttesen a tapasztalatok szerint akár 25-30 % energia megtakarítást is eredményezhet.

Közintézményeknél a helyiségekben tartózkodóktól általában elmondható, hogy nem érdekeltek az energia megtakarításban, ezért nem várható el sem az, hogy ne fűtsék túl a

helyiséget a tartózkodási időben, illetve az sem, hogy távozáskor alacsonyabb hőmérsékletet állítsanak be. Ezért ezeken a helyeken olyan termosztátfejeket célszerű használni, amelyeknél a beállítható hőmérséklet felülről korlátozható, illetve sokszor fontos lehet az is, hogy vandálbiztos, lopás elleni védelemmel rendelkező szerelvényeket használjunk. Ezeknél a fejeknél gyakran a csökkentett fűtés sem állítható be, mert csak speciális szerszámmal lehet a fejet állítani. Ez ellentmond ugyan az energiatakarékos üzemeltetésnek, de még mindig kedvezőbb az energiafelhasználás, mint korlátozás nélküli szerelvényekkel.

Szivattyúk

A termosztatikus szelepek használatával változó tömegáramú rendszerek alakulnak ki, így az elektronikus szabályozású szivattyú alkalmazása is természetes. A szivattyúknál fontos, hogy azok megfelelően alacsony paraméterekre legyenek beállítva, mert a tapasztalat szerint gyakran feleslegesen magas emelőmagasságú szivattyúk vannak beépítve, amelyek a pazarló energiafelhasználás mellett esetleg kellemetlen áramlási zajt is okoznak.

Beszabályozás

A fűtési rendszerben haladó térfogatáramok névleges értékét a rendszerbe épített besabályozó szerelvényekkel a beüzemeléskor végzett besabályozás során be kell állítani. Ehhez adott esetben rendszerátalakítás szükséges. Radiátorok, padlófűtési körök térfogatáramát elegendő visszatérő szelepek a tervezés során előzetesen meghatározott értékre való állításával beállítani. Fogyasztócsoportokat, felszállókat, különböző szabályozóköroket legalább statikus besabályozó szelepekkel mindenképpen szükséges besabályozni. A legjobb megoldást a folyamatos működésű nyomáskülönböség- vagy térfogatáram-szabályozást végző úgynevezett dinamikus besabályozó szelepek jelentik.

Időprogram szerinti szabályozás

Az épület hőellátását célszerű időprogram szerint működtetni. A használaton kívüli időszakokban (pl. lakóépületekben éjszaka, középületekben hétvégén is) fűtés csökkentést célszerű alkalmazni. Az épületek hőszigetelésének és energetikai minőségének javításával ugyan csökken az éjszakai, vagy hétvégi fűtés csökkentéssel elérhető megtakarítások aránya, azonban az így elért megtakarításhoz programozható fűtésszabályozás megléte esetén semmilyen költség nem tartozik, azaz ezek tisztán megnyerhető megtakarítások.

15.3.4 Használati melegvzellató rendszerek

HMV tárolás

A használati melegvzellátás energiaigénye az épület hőszigetelésének javításával egyre nagyobb hányadot jelent az épület energiamérlegében. A rosszul kialakított HMV ellátó rendszer jelentősen megnövelheti az épület energiafelhasználását. Családi házak esetében kompakt és olcsó megoldás a HMV indirekt fűtésű tároló alkalmazása. Az indirekt tárolós HMV termelés akkor nem okoz extra veszteségeket, ha az előnykapcsolásban történik, és a hőtermelő az előremenő hőmérsékletet a HMV előállítás igényei szerint tudja szabályozni. Ha egyéb fűtési fogyasztók igénye miatt az előremenő hőmérséklet nem emelhető a HMV igényei szerint, akkor a tároló melegeése miatt a fűtési teljesítmény folyamatosan csökken, és a felfűtés időben nagyon elhúzódhat. Ez azért jelent problémát, mert a kötött előremenő hőmérséklet miatt a teljesítménycsökkenés egyben a visszatérő hőmérséklet emelkedését is jelenti, ez pedig hátrányosan befolyásolja a hőtermelés hatásfokát. Ilyen helyzetekben a HMV

termelésre külső hőcserélőt és a hőcserélővel párhuzamosan kapcsolt tárolót szükséges alkalmazni. Párhuzamos tárolóban lényegesen nagyobb hőmennyiség tárolható, vagy ugyanazon hőtárolási feladathoz sokkal kisebb tároló is elegendő, miközben a jól kialakított párhuzamos tárolós kapcsolás alacsony primer visszatérő hőmérsékletet, ezáltal jó hőtermelési hatásfokot szolgáltat. Az energetikai előnyök miatt a párhuzamos tárolós HMV termelésre való áttérés minden körülmények között indokolt. A párhuzamos tárolós rendszer precíz kialakítást, méretezést, szabályozást és szabályozást igényel.

Cirkulációs rendszer

Kiterjedt rendszerekben az ellátási komfort és a HMV ellátás veszteségeinek csökkentése érdekében is szükséges a cirkulációs rendszer működtetése. A cirkuláció kiépítése növeli a beruházási költségeket, a szivattyúzási költség és az állandó hőmérsékleten tartott rendszer többlet-hővesztése pedig az üzemeltetés költségeit. Ezekkel áll szemben az elégtelen hőmérsékletű HMV kifolyatásából származó veszteség, aminek költségei már 1-2 lakásos rendszer esetében is meghaladják az üzemeltetés többletköltségeit. A hővesztés költsége a hálózat hőszigetelésének javításával csökkenthető. Mértékadónak a német előírások szerinti, a csőátmérővel egyező hőszigetelési vastagság tekintendő. A cirkulációs hálózat precíz méretezést, kialakítást és szabályozást igényel. A kialakítás és méretezés szempontjából a DIN1988 előírásai a mértékadók. Életciklus költségek szempontjából hazai viszonyok között is az „inline”, azaz „cső a csőben” kialakítású cirkulációs rendszerek a legkedvezőbbek.

Védekezés a legionella baktériumok szaporodása ellen a HMV rendszerekben

Az energetikai korszerűsítés során a higiéniai szempontokat is szem előtt kell tartani. A HMV rendszerek kialakításában és üzemeltetésében komoly kihívást jelent a legionella baktériumok problémája. A követelmények várható szigorodása miatt legalább a 49/2015. (XI. 6.) EMMI rendelet, optimális esetben a DVGW W551 előírásainak megfelelő kialakítást és védekezési módszert szükséges alkalmazni. Az egyik legáltalánosabb védekezési módszer a HMV hőmérsékletének 60°C feletti hőmérsékleten való tartása, vagy a rendszer naponta egyszeri 60°C feletti hőmérsékletre való melegítése jelenti. A magas hőmérséklet rontja a gázkazános vagy hőszivattyús hőtermelés hatékonyságát. Ennek megkerülésére alkalmazható megoldás az úgynevezett frissvíz-állomás, amikor a hőtárolás nem a HMV, hanem a fűtési víz oldalán történik. A frissvíz-állomás egy átfolyós hőcserélő, amit a primer oldalról a puffertárolóban betárolt víz fűt. Mivel a HMV termelés átfolyós üzemű, a felmelegített víz rövid idő alatt távozik a rendszerből; a víz tartózkodási ideje kevés a legionella szaporodásának beindulásához. Mindez szükségtelenné teszi a magas hőmérsékletű HMV előállítását, elegendő csak 40-45°C körüli HMV-t lényegesen jobb hatásfokkal előállítani.

A termikus fertőtlenítés megkerülhető vegyszeres, legcélszerűbben klórdioxidos fertőtlenítés alkalmazásával. Ennek hatékonysága is csak akkor garantálható, ha a cirkulációs rendszer megbízhatóan működik, azaz a hálózat minden ága rendszeres átöblítésre kerül.

Hőtermelési célú napenergia hasznosítás

Napkollektoros rendszer kialakításával – amennyiben azt szakszerűen, épületgépész mérnök tervei alapján építették meg – jelentős mértékben csökkenthető az épület energiafelhasználása, különösen a használati melegvíztermelés területén. Napkollektoros hőtermelő rendszer megvalósítása előtt mérlegelni kell, hogy az épület funkciója és a napkollektorok

hőtermelésének jellege (pl. időbeli eloszlása) miképpen hozható összhangba. Oktatási épületek esetén például problémaként merülhet fel, hogy a legnagyobb termelési csúcsot jelentő nyári időszakban nem használják az épületet.

A kollektorokmező megtervezése kizárólag az adott helyszín időjárási adatait és a hőfogyasztást figyelembe vevő számítás után történhet. Családi házas épületgépészeti rendszerek esetében leginkább a síkkollektorok terjedtek el. Ezek általánosan képesek lefedni az épületgépészeti alkalmazásokat, de egyes esetekben a magasabb hatásfokot érhetünk el speciális kollektor típusokkal. Kültéri medence napkollektoros fűtése esetén célszerű a lefedés nélküli kollektor alkalmazása, mert a nyári üzem mellett ennek nem lesznek magasak a hőveszteségei, de kialakításából adódóan az optikai veszteségek minimálisak. Amennyiben a téli fűtéstámasztás a cél, a nagy hidegben magasabb hatásfok érhető el vákuumcsöves kollektorokkal.

A kollektorok optimális dőlésszögét is a felhasználás célja és ideje határozza meg. Téli fűtéstámasztás esetén a meredekebben tájolt kollektorok előnyösebbek, a nyári uszodafűtés esetén alacsonyabb dőlésszög a kedvezőbb. Egész évben használt HMV termelés esetén 45° az ideális. Amennyiben a magastető kialakításából egy bizonyos dőlésszög adódik, ehhez igazítsuk a kollektorokat is, ne emeljük ki a tető síkjából, mert a bonyolult szerkezet költsége az alacsony többelhozam miatt nem térülne meg belátható időn belül, a szél viszont könnyen alákapathat a kollektoroknak és esztétikailag sem ajánlott. Lapostetők esetén a hóhídmentes, vízszigetelési tulajdonságokat nem rontó rögzítésre és a szélterhelésnek ellenálló tartószerkezet kialakítására kell törekedni.

Elektromos áramtermelés napenergiával

A napelemes rendszerek folyamatos fejlődésével az utóbbi években jelentősen csökkent a beruházási költségük. A költségek csökkenésével és a melegvizet termelő napkollektorokhoz képest, jelentősen egyszerűbb rendszerkialakítással és üzemeltetéssel, egyre elterjedtebbek a napelemek hazánkban. A napelemes rendszereket jellemzően a villamosenergia hálózathoz csatlakoztatják, ahol az éves szaldós elszámolással lehetőség van a napelemes rendszerek előnyének teljes mértékű kihasználására. A nyári időszakban termelt többlet villamosenergia így a téli időszakig „eltárolható” a rendszerben. A napelemes rendszerek telepítésénél egyszerűsített engedélyeztetési eljárás van az 50 kWp csúcsteljesítményű rendszerméretig. Egy átlagos magyar háztartás évente átlagosan ~ 2170 kWh/év villamosenergiát fogyaszt el. Ezt az energiamennyiséget az épület adottságaitól (hasznosítható tetőfelület mérete, tájolása, benapozottsága) függően ~ 2 kWp csúcsteljesítményű napelemes rendszerrel biztosítani lehet. Napelemes rendszereknél rendkívül fontos, hogy olyan helyre legyenek telepítve, ahol nem éri őket árnyék (környező épületek, növényzet, kémény stb.), ugyanis a napelemek teljesítménye akár csak kismértékű árnyékolás mellett is drasztikusan, akár 90%-al is csökkenhet. Napelemes rendszereknél lehetőség van az úgynevezett szigetüzemű kialakításra is, melynek lényege, hogy a napelemes rendszer nincsen a hálózatra kötve, hanem attól függetlenül egy épület villamosenergia fogyasztását fedezi. Ehhez azonban jelentős tároló kapacitás, jellemzően akkumulátorok beépítése szükséges, mely nagyban megnöveli mind a beruházási, mind pedig az üzemeltetési költséget az akkumulátorok rendszeres karbantartása/cseréje miatt.

15.3.5 Légtechnikai rendszerek és szellőzés

Légellátás biztosítása gépi szellőzés nélkül

Abban az esetben, ha az épületben nyílászáró csere történik, valamint nem áll rendelkezésre gépi szellőztetés, a légsere olyan kisméretékűre csökkenhet, ami veszélyezteti az egészséges életvitelt és a komfortot. Ebben az esetben javasolt olyan légbevezetők (résszellőzők) beépítése a nyílászárókba, melyek szélnyomásra, vagy páratartalomra adott mennyiségű friss levegőt engednek az épületbe. Ezen légbevezetők bekerülési költsége viszonylag alacsony, ugyanakkor nehezebben szabályozhatók, mint a gépi lakásszellőztető berendezések. Az ilyen légbevezetők energetikai szempontból ma már nem jelentenek kielégítő megoldást.

Frisslevegő igények biztosítása gépi szellőzéssel, hővisszanyerő nélkül

Az épületben alkalmazott mesterséges szellőztetés segítségével biztosítható a megfelelő komfortérzet, a magasabb páratartalmú helyiségekben elkerülhető a penészesedés, valamint megoldható a külső szennyezett/pollentartalmú levegő szűrése is. A megfelelő légsere biztosításához nem szükséges a nyílászárók nyitása, ezáltal a külső por- és zajterhelés is jelentősen csökkenthető az épületben megfelelő akusztikai tervezés esetén.

A lakásszellőztető berendezésekben található légszűrő cseréje, tisztítása évente egyszer javasolt attól függően, hogy az épület milyen környezetben található (pl. városi szennyezett levegő esetén gyakrabban). A lakásszellőztetők elhelyezése során az épületgépész tervezőnek és kivitelezőnek figyelembe kell vennie annak hozzáférhetőségét és karbantarthatóságát.

A berendezésben található ventilátorok fordulatszám szabályozása ez idő szerint a legkorszerűbb és energetikailag a leghatékonyabb megoldás a lakás légszerájének személyre szabásához. A lakásszellőztetők fordulatszám szabályozása a gyártók által biztosított okosalkalmazások segítségével egyszerűen elvégezhető.

A szellőző és elhasznált levegő szállítására alkalmas légszatórna hálózat korszerősítésekor fontos a megfelelő hő- és légzáró szigetelés kialakítása. Ennek megvalósítása a gyártó ajánlása alapján történik.

Az ilyen hővisszanyerő vagy a távozó levegő hőszivattyús hőhasznosítása nélküli gépi szellőzési megoldások energetikai szempontból ma már nem jelentenek kielégítő megoldást.

Lakásszellőztető rendszerek hővisszanyerő funkcióval

Kiegyenlített hővisszanyerős szellőztető berendezések kiépítésekor (legyen az központi vagy helyiségenkénti) a belépő levegőt a távozó levegő hőjével melegítjük elő egy hőcserélő segítségével.

A hővisszanyerős berendezések ma már lakóépületeknél is egyre elterjedtebbek, ezeket lakásszellőztető berendezéseknek hívjuk és egyaránt alkalmazhatók családi házak és társasházak esetében is. Társasházaknál lehetőség van házközponti (centralizált) szellőztető rendszer, valamint lakásonkénti (decentralizált) rendszerek kialakítására is. Házközponti rendszernél a tűzvédelem és a szabályozás kialakítása bonyolultabb megoldást igényel, mint lakásonkénti rendszer esetén, viszont a karbantartása egyszerűbb.

A hővisszanyerős szellőzéssel a szellőzésnél felsorolt előnyök mellett, a távozó levegő hője újrahasznosításának köszönhetően energiamegtakarítás érhető el, a fűtési rendszer teljesítménye csökkenthető. A berendezések üzemi tartománya a hővisszanyerésnek köszönhetően szélesebb, hiszen alacsonyabb külső hőmérséklet esetén is üzemképes. Ugyanakkor a hővisszanyerő kondenzvizének elvezetéséről, valamint fagyvédelméről is gondoskodni kell, ami vagy villamos fűtőpatronnal vagy talajkollektoros levegő előmelegítéssel vagy egyéb előfűtési megoldással biztosítható.

Nyáron a hővisszanyerő kiiktatható by-pass ág alkalmazásával, így hatékonyabb éjszakai hűtés érhető el. Ugyanakkor a nyári hatékony passzív hűtéshez sokszor nem megfelelő a téli alacsonyabb légcserére méretezett légszűrő rendszer, ezért a természetes szellőzés sokszor előnyösebb. Szintén jó megoldás lehet a talajkollektoros levegő előhűtés nyáron.

Alternatív megoldást jelenthet a távozó levegőjének hasznosítása hőszivattyúval, illetve a hőcserélős és hőszivattyús hővisszanyerés kombinálható is.

15.3.6 Hűtési rendszerek korszerűsítése

A korszerű, új berendezések alkalmazásával a folyadékhűtő COP értéke magasabb, a szivattyú hatásfoka jobb, így eleve kisebb az energiafelhasználás. Amennyiben a rendszer fő elemei nem változnak, a korszerűsítés során akkor is jelentős energiamegtakarítás érhető el.

A folyadékhűtő esetén a következő intézkedésekkel csökkenthetjük a hűtési rendszer energiaigényét:

- a hűtőközeg helyes megválasztásával a folyadékhűtő COP értéke növelhető;
- a folyadékhűtő szabályozásával, a megfelelő hőmérsékletkülönbség beállításával a COP érték nő.

A hűtési rendszer energiaigénye csökkenthető:

- a rendszer hidraulikai beszabályozásával;
- a kondenzátor hulladékhőjének a felhasználásával;
- átmeneti időben és télen a szabad hűtés alkalmazásával.

A kondenzátor hulladékhőjét hővisszanyerő hőcserélő alkalmazásával HMV és fűtési melegvíz előmelegítésére lehet felhasználni, ami megújuló energia hasznosításnak tekinthető.

15.3.7 Megújuló energiaforrások alkalmazása

Előírás szerint új épület építése esetén a tervezési programban és az építészeti-műszaki dokumentációban, meglévő épület jelentős felújítása esetén dokumentáltan vizsgálni és rögzíteni kell a műszaki, környezetvédelmi és gazdasági szempontból az alternatív rendszerek alkalmazásának lehetőségét. Az építkezés megkezdése előtt meg kell vizsgálni a műszaki, környezetvédelmi és gazdasági feltételeit

- a megújuló energiaforrások alkalmazásának;
- a kapcsolt hő- és villamosenergia termelés alkalmazásának;
- a távfűtés és távhűtés alkalmazhatóságának;
- a hőszivattyúk alkalmazhatóságának.

15.3.8 Épületfelügyeleti rendszerek szerepe az energiafelhasználás csökkentésében

Az épületfelügyeleti rendszerek feladata az épületen belüli gépészeti, elektromos, biztonsági és egyéb rendszerek összehangolása, szabályozása, védelme. Röviden azt mondhatjuk, hogy minden ide tartozik, amit épülettechnika néven foglalnunk össze.

Az épületfelügyeleti rendszerekben rejlik olyan lehetőség, amivel az energiafelhasználást csökkenteni lehet. A különböző gépészeti berendezések, szabályozók egy adott függvény szerint végzik feladatukat. A függvények meredekségét, a szabályozók szélső értékeit, mint bemenő jellemzőt kell megadni az épületfelügyeleti rendszert programozó szakember részére.

A gyakorlati tapasztalatok azt mutatták, hogy panaszmentesen üzemelő szállodák, irodaházak esetén 10 – 12 %-os energiamegtakarítást lehetett elérni csupán az épületfelügyeleti rendszer setpoint-jainak beállításával. A rendszer továbbra is panaszmentesen működött, csak az energiafelhasználása lett kevesebb.

16 Az energetikai tanúsítás szabályai

16.1 Legfontosabb változások

A korábbi évek gyakorlatához képest számos lényeges változás történt a tanúsítványok tartalmát tekintve, melyek a teljesség igénye nélkül a következők:

- A besorolás kettős: a nem megújuló primerenergia felhasználás skálája mellett bevezetésre került a széndioxid emisszió szerinti besorolás. Ezzel párhuzamosan bevezetésre került a közel nulla energiafelhasználású (energia „A” osztály), a nettó nulla energiafelhasználású (energia „A+++” osztály), közel nulla karbonkibocsátású (széndioxid „A” osztály), valamint a dekarbonizált épület fogalma (széndioxid „A+++” osztály). Ezzel együtt megszűnt a duplabetűs skála, valamint a kategória szöveges elnevezések használata az említetteken kívül.
- A korábbi BB kategória helyett az új épületekre vonatkozó követelményeknek akkor felel meg az épület, ha mind a nem megújuló primerenergia, mind a széndioxid emisszió szerint „A” vagy jobb kategóriába sorolható.
- Megszűnt a mért fogyasztáson alapuló (számlás) tanúsítás lehetősége. Ennek fő oka a módszertani egységesítésre való törekvés, a tanúsítványok közötti transzparencia javítása. A gyakorlatban nem működött érdemben hazánkban a számlás tanúsítás.
- Új mellékletekkel egészült ki a tanúsítvány:
 - Részletes energiafelhasználási összefoglaló táblázat
 - A szerkezetek minőségét és a hozzájuk tartozó korszerűsítési javaslatokat ismertető lapok (rögzített adattartalommal)
 - Az épületechnikai rendszerek minőségét és a hozzájuk tartozó korszerűsítési javaslatokat ismertető lapok (rögzített adattartalommal)
 - Fotó dokumentációs melléklet
 - Tájékoztatót és nyilatkozatokat tartalmazó melléklet
 - Korábbi formájában megmaradt a részletes számítási melléklet
- Lakóépületek esetén a korszerűsítési javaslatokat kvalitatív jelleggel minősíteni kell beruházási költség, várható megtakarítás és megtérülés szempontjából.

16.2 Az energetikai és széndioxid emisszió szerinti besorolás szabályai

1. A hatékonyságot kétféle indikátorral kell jellemezni és kétféle hatékonysági skálán kell besorolni. Az energetikai minőséget a vizsgált épület, illetve önálló rendeltetési egység összesített energetikai mutatójának és a közel nulla követelményérték százalékban kifejezett arányával kell jellemezni:

$$\frac{E_{nren,fajl}}{E_{nren,fajl,max}} [\%] \quad (21.1)$$

2. A másik hatékonysági indikátor a széndioxid emisszióra vonatkozik. Ezt a vizsgált épület, illetve önálló rendeltetési egység fajlagos CO₂ kibocsátása és a közel nulla követelményérték százalékban kifejezett arányával kell jellemezni:

$$\frac{E_{CO2,fajl}}{E_{CO2,fajl,max}} [\%] \quad (21.2)$$

3. A vizsgált épület, illetve önálló rendeltetési egység összesített energetikai jellemzője / fajlagos széndioxid emissziója és a viszonyítási alap (az indikátorra vonatkozó új épületekre előírt megengedett maximális érték) arányának százalékban kifejezett értéke alapján az épület vagy önálló rendeltetési egység besorolásának betűjele az alábbi:

16.1. táblázat: Épületek hatékonysági osztályai

	A	B	C	D
1	Összesített energetikai jellemző szerinti besorolás		Fajlagos szén-dioxid kibocsátás szerinti besorolás	
2	Besorolás	Energetikai minőség[%]	Besorolás	Szén-dioxid kibocsátás[%]
3	A+++ ₂₀₂₃	≤0	A+++ ₂₀₂₃	≤0
4	A++ ₂₀₂₃	0<...≤50	A++ ₂₀₂₃	0<...≤50
5	A+ ₂₀₂₃	50<...≤90	A+ ₂₀₂₃	50<...≤90
6	A ₂₀₂₃	90<...≤100	A ₂₀₂₃	90<...≤100
7	B ₂₀₂₃	100<...≤130	B ₂₀₂₃	100<...≤130
8	C ₂₀₂₃	130<...≤160	C ₂₀₂₃	130<...≤160
9	D ₂₀₂₃	160<...≤200	D ₂₀₂₃	160<...≤200
10	E ₂₀₂₃	200<...≤250	E ₂₀₂₃	200<...≤250
11	F ₂₀₂₃	250<...≤310	F ₂₀₂₃	250<...≤310
12	G ₂₀₂₃	310<...≤390	G ₂₀₂₃	310<...≤390
13	H ₂₀₂₃	390<...≤500	H ₂₀₂₃	390<...≤500
14	I ₂₀₂₃	500<...	I ₂₀₂₃	500<...

16.3 Épületszerkezetek értékelési osztályai

Az energetikai minőségtanúsítvány „Korszerűsítési javaslatok” lapjain az energetikai szempontból meghatározó határoló szerkezeteket hatékonyság szerint be kell sorolni. A besorolást a szerkezet átlagos hőátbocsátási tényezője alapján kell végezni. A besorolási kategóriahatárokat és kategória megnevezéseket a következő táblázat tartalmazza:

16.2. táblázat: Határoló szerkezetek hatékonysági osztályai

	A	B	C	D	E
1.	homlokzati fal (W/m ² K)				
2.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
3.	0,9<...	0,45<...≤0,9	0,24<...≤0,45	0,16<...≤0,24	≤0,16
4.	lapostető (W/m ² K)				
5.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
6.	0,7<...	0,3<...≤0,7	0,17<...≤0,3	0,12<...≤0,17	≤0,12
7.	Fűtött tetőteret határoló szerkezetek (W/m ² K)				
8.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
9.	0,7<...	0,3<...≤0,7	0,17<...≤0,3	0,12<...≤0,17	≤0,12
10.	Padlás és búvótér alatti földem (W/m ² K)				
11.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
12.	0,7<...	0,3<...≤0,7	0,17<...≤0,3	0,12<...≤0,17	≤0,12
13.	Árkád és áthajtó feletti földem (W/m ² K)				
14.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
15.	0,7<...	0,3<...≤0,7	0,17<...≤0,3	0,12<...≤0,17	≤0,12
16.	Alsó záróföldem fűtetlen terek felett (W/m ² K)				
17.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
18.	0,9<...	0,5<...≤0,9	0,26<...≤0,5	0,18<...≤0,26	≤0,18
19.	Üvegezés (W/m ² K)				
20.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
21.	2,8<...	1,8<...≤2,8	1<...≤1,8	0,7<...≤1	≤0,7
22.	Különleges üvegezés (W/m ² K)				
23.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
24.	3<...	2<...≤3	1,2<...≤2	0,9<...≤1,2	≤0,9
25.	Fa vagy PVC keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró (> 0,5m ²) (W/m ² K)				
26.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
27.	3<...	1,6<...≤3	1,1<...≤1,6	0,8<...≤1,1	≤0,8
28.	Fém keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró (> 0,5m ²) (W/m ² K)				
29.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
30.	3,2<...	2<...≤3,2	1,4<...≤2	1<...≤1,4	≤1
31.	Homlokzati üvegfal, függönyfal (W/m ² K)				
32.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
33.	3,2<...	2<...≤3,2	1,4<...≤2	1<...≤1,4	≤1
34.	Üvegtető (W/m ² K)				
35.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
36.	3,5<...	2,5<...≤3,5	1,5<...≤2,5	1,1<...≤1,5	≤1,1
37.	Tetőfelülvilágító, füstelvezető kupola (> 0,5m ²) (W/m ² K)				
38.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
39.	3,5<...	2,5<...≤3,5	1,7<...≤2,5	1,3<...≤1,7	≤1,3

40.	Tetősík ablak ($> 0,5\text{m}^2$) ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)				
41.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
42.	$3 < \dots$	$1,7 < \dots \leq 3$	$1,3 < \dots \leq 1,7$	$1 < \dots \leq 1,3$	≤ 1
43.	Ipari és tűzgátló ajtó és kapu (fűtött tér határolására) ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)				
44.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
45.	$4 < \dots$	$3 < \dots \leq 4$	$2 < \dots \leq 3$	$1,5 < \dots \leq 2$	$\leq 1,5$
46.	Homlokzati vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)				
47.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
48.	$3,5 < \dots$	$1,8 < \dots \leq 3,5$	$1,4 < \dots \leq 1,8$	$1 < \dots \leq 1,4$	≤ 1
49.	Homlokzati vagy fűtött és fűtetlen terek közötti kapu ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)				
50.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
51.	$4 < \dots$	$3 < \dots \leq 4$	$1,8 < \dots \leq 3$	$1,3 < \dots \leq 1,8$	$\leq 1,3$
52.	Fűtött és fűtetlen terek közötti fal ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)				
53.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
54.	$1,2 < \dots$	$0,7 < \dots \leq 1,2$	$0,4 < \dots \leq 0,7$	$0,26 < \dots \leq 0,4$	$\leq 0,26$
55.	Szomszédos fűtött épületek és épületrészek közötti szerkezet ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)				
56.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
57.	$3,5 < \dots$	$2,5 < \dots \leq 3,5$	$1,5 < \dots \leq 2,5$	$1 < \dots \leq 1,5$	≤ 1
58.	Lábazati fal ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)				
59.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
60.	$0,8 < \dots$	$0,5 < \dots \leq 0,8$	$0,2 < \dots \leq 0,5$	$0,2 < \dots \leq 0,3$	$\leq 0,2$
61.	Talajjal érintkező fal egyenértékű hőátbocsátási tényezője ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)				
62.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
63.	$0,8 < \dots$	$0,5 < \dots \leq 0,8$	$0,3 < \dots \leq 0,5$	$0,2 < \dots \leq 0,3$	$\leq 0,2$
64.	Talajon fekvő padló egyenértékű hőátbocsátási tényezője ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)				
65.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
66.	$0,8 < \dots$	$0,5 < \dots \leq 0,8$	$0,3 < \dots \leq 0,5$	$0,2 < \dots \leq 0,3$	$\leq 0,2$
67.	Hagyományos energiagyűjtő falak ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)				
68.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
69.	$3 < \dots$	$2 < \dots \leq 3$	$1 < \dots \leq 2$	$0,8 < \dots \leq 1$	$\leq 0,8$

16.4 Épülettechnikai rendszerek értékelési osztályai

Az energetikai minőségtanúsítvány „Korszerűsítési javaslatok” lapjain az épülettechnikai rendszert felhasználási célonként hatékonyság szerint be kell sorolni. A besorolást a tanúsított épület vagy rendeltetési egység felhasználási célonkénti nem megújuló primer energiafelhasználásának a Rend. szerint definiált referencia épület vagy önálló rendeltetési egység azonos mutatójának hányadosa alapján kell végezni. A besorolási kategória határokat és kategória megnevezéseket a következő táblázat tartalmazza:

16.3. táblázat: Épülettechnikai rendszerek hatékonysági osztályai

fűtési rendszer hatékonysága, besorolás $(E_{F,fajl}/Q_{F,net})/(E_{F,fajl,REF}/Q_{F,net,REF})$ szerint				
rossz	alacsony	normál	jó	kiváló
130%<...	105<...≤130%	95<...≤105%	70<...≤95%	≤70%
fűtési és légtechnikai rendszer hatékonysága besorolás $[(E_{F,fajl} + E_{LT,fajl})/Q_{F,net}]/[(E_{F,fajl,REF} + E_{LT,fajl,REF})/Q_{F,net,REF}]$ szerint				
alacsony	mérsékelt	normál	jó	kiváló
120%<...	105<...≤120%	90<...≤105%	55<...≤90%	≤55%
melegvízellátó rendszer hatékonysága, besorolás $E_{H,MV,fajl}/E_{H,MV,fajl,REF}$ szerint				
alacsony	mérsékelt	normál	jó	kiváló
120%<...	105<...≤120%	90<...≤105%	50<...≤90%	≤50%
hűtési rendszer hatékonysága, besorolás $(E_{H,fajl}/Q_{H,net})/(E_{H,fajl,REF}/Q_{H,net,REF})$ szerint				
alacsony	mérsékelt	normál	jó	kiváló
125%<...	110<...≤125%	95<...≤110%	80<...≤95%	≤80%
beépített világítás hatékonysága, besorolás $E_{V,fajl}/E_{V,fajl,REF}$ szerint lakóépületeknél elhagyandó				
alacsony	mérsékelt	normál	jó	kiváló
00800%<...	250<...≤800%	115<...≤250%	85<...≤115%	≤85%

A besorolás alapelve az, hogy a részrendszer hatékonyságát viszonyítjuk a referencia épület vonatkozó részrendszerének hatékonyságához.

16.5 A tanúsítvány felépítése

HITELES ENERGETIKAI TANÚSÍTVÁNY			
A tanúsítvány az e-tanúsítás elektronikus alkalmazásában azonosítóval vagy QR kóddal ellenőrizhető és megtekinthető. www.e-epites.hu/e-tanustitas			
Energetikai besorolás:	CO ₂ kibocsátás:	Azonosító:	Érvényesség dátuma:

ÖSSZEFOGLALÓ LAP

AZ ÉPÜLET ADATAI				
FÉNYKÉP HELYE	Megrendelő neve			
	Cím (lakás esetén emelet, ajtó)			
	Helyrajzi szám			
	Tanúsítvány kiállításának oka			
	Épület rendeltetése			
	Építési év			
	Jelentős felújítás éve			
	Műemléki vagy helyi védetség			
	Hasznos alapterület			
	Kondicionált térfogat			
	Épület szintjeinek száma			
	Épület felület-térfogat aránya			
HATÉKONYSÁGI KATEGÓRIÁK				
	Összesített energetikai jellemző	CO ₂ kibocsátás		
	A+++ ₂₀₂₄	< 0		A besorolás két skálán történik, melyeket nem összegzünk. Az épületek két, egymástól független címkét kapnak.
	A++ ₂₀₂₄	0 <...< 50		
	A+ ₂₀₂₄	50 <...< 90		
	A ₂₀₂₄	90 <...< 100		
	B ₂₀₂₄	100 <...< 130		
	C ₂₀₂₄	130 <...< 160		
	D ₂₀₂₄	160 <...< 200		
	E ₂₀₂₄	200 <...< 250		
	F ₂₀₂₄	250 <...< 310		
G ₂₀₂₄	310 <...< 390			
H ₂₀₂₄	390 <...< 500			
I ₂₀₂₄	500 <			
	Teljesül a jelentős felújítás követelményszintje ?			
	Teljesül a közel nulla energiaigényű épületek követelményszintje ?			
	Nyári hővédelmi követelményeknek megfelel?			
	Hasznosított megújuló energia mennyisége			
Összesített energetikai jellemző CO ₂ kibocsátás Fajlagos hővesztésgtényező				
Jelenlegi érték				
Jelentős felújítás követelményszintje				
Közel nulla energiaigényű épületek követelményszintje				
TANÚSÍTÓ ADATAI		ÉRVÉNYESSÉG		
Név		Helyszíni szemle dátuma:		
Cím		Kiállítás dátuma:		
Telefon		Érvényesség dátuma:		
E-mail				
Jogosultsági szám				
Szoftver és verzió		Aláírás	P.H.	

HITELES ENERGETIKAI TANÚSÍTVÁNY

QR kód
helye

A tanúsítvány az e-tanúsítás elektronikus alkalmazásában azonosítóval vagy QR kóddal ellenőrizhető és megtekinthető. www.e-epites.hu/e-tanustitas

Energetikai besorolás:	CO ₂ kibocsátás:	Azonosító:	Érvényesség dátuma:

JELENLÉGI ÁLLAPOT

HATÁROLÓ ÉS NYÍLÁSZÁRÓ SZERKEZETEK

SZERKEZET TÍPUSA	ENERGETIKAI MINŐSÉG U-érték*: W/m ² K				
	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
HOMLOKZATI FAL					
PADLÁSFÖDÉM					
TALAJON FEKVŐ PADLÓ					
TALAJJAL ÉRINTKEZŐ FAL					
PINCFÖDÉM					
MAGASTETŐ					
ABLAKOK					
TETŐSÍK ABLAKOK					
EGYÉB SZERKEZET					

Azon sorok töltendők ki, melyek előfordulnak az épületben. Ha egy szerkezettípusból többféle is előfordul, akkor felülettel súlyozott átlagértékeket kell feltüntetni.

*felülettel súlyozott átlagos hőátbocsátási tényező

ÉPÜLETECHNIKAI RENDSZEREK

RENDSZER TÍPUSA	ENERGETIKAI MINŐSÉG				
	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
FŰTÉSI RENDSZER					
FŰTÉSI ÉS LÉGTECHNIKAI RENDSZER					
HASZNÁLATI MELEGVÍZ ELLÁTÓ RENDSZER					
HŰTÉSI RENDSZER					
BEÉPÍTETT VILÁGÍTÁS					

Összetett épületechnikai rendszer esetén a feltüntetett besorolás az épületre (vagy önálló rendeltetési egységre) vonatkozó átlagos érték. Melytől a rész rendszerek eltérhetnek.

HITELES ENERGETIKAI TANÚSÍTVÁNY

QR kód
helye

A tanúsítvány az e-tanúsítás elektronikus alkalmazásában azonosítóval vagy QR kóddal ellenőrizhető és megtekinthető. www.e-epites.hu/e-tanúsítás

Energetikai besorolás:	CO ₂ kibocsátás:	Azonosító:	Érvényesség dátuma:

JELENLEGI ENERGIAFELHASZNÁLÁS

ENERGIAFELHASZNÁLÁS FELHASZNÁLÁSI CÉLONKÉNT

A felső táblázat az épület energiahordozónkénti energiafogyasztását tartalmazza végső energiában a jelenlegi állapotra és két korszerűsítési változatra. Alatta a primer energia igények és a széndioxid kibocsátások láthatók. Az értékek alapterület egységre, szabványos használatra vonatkoznak és nem tartalmazzák a főzés, háztartási- és irodagépek, lift és a technológiák, lakóépületek esetén a világítás energiaigényét.

Energiahordozók		SZÁMÍTOTT ENERGIAFOGYASZTÁS				
		jelenlegi állapot	felújítás "jó" szint		felújítás "kiváló" szint	
		kWh/m ² év	kWh/m ² év	változás	kWh/m ² év	változás
Fosszilis tüzelőanyagok	szilárd					
	folyékony					
	gáz					
Bio tüzelőanyagok	szilárd					
	szilárd (korszerű)					
	folyékony					
	gáz					
Hálózati villamos energia						
Távfűtés						
Távhűtés						
Hulladékhő						
Nap	villamos (PV)					
	termikus					
Szél						
Környezeti hő (geo-, aero-, hidrotermikus)						

Ezek végső energia értékek

Aktív megújuló primer energia						
ebből helyben termelt						
ebből közelben termelt						
ebből távolban termelt						
Passzív megújuló primer energia						
Nem megújuló primer energia						
Széndioxid kibocsátás (kg/m ² év)						

Ezek primer energia értékek

ALTERNATÍV ENERGIÁK HASZNÁLATA



Csak azok a piktogramok jelennek meg, melyek az épületre jellemzők

HITELES ENERGETIKAI TANÚSÍTVÁNY

QR kód
helye

A tanúsítvány az e-tanúsítás elektronikus alkalmazásában azonosítóval vagy QR kóddal ellenőrizhető és megtekinthető. www.e-epites.hu/e-tanulas

Energetikai besorolás:	CO ₂ kibocsátás:	Azonosító:	Érvényesség dátuma:

JELENLEGI ENERGIAFELHASZNÁLÁS

ENERGIAFELHASZNÁLÁS FELHASZNÁLÁSI CÉLONKÉNT

A felső táblázat az épület energiahordozónkénti energiafogyasztását tartalmazza végső energiában felhasználási célok szerint. Alatta a primer energia igények és a széndioxid kibocsátások láthatók. Az értékek alapterület egységre, szabványos használatra vonatkoznak és nem tartalmazzák a főzés, háztartási- és irodagépek, lift és a technológiák, lakóépületek esetén a világítás energiaigényét.

Energiahordozók		Felhasználási célok					
							
		Fűtés	Hűtés	Melegvíz	Szellőzés	Világítás	Exportált energia
		kWh/m ² év	kWh/m ² év	kWh/m ² év	kWh/m ² év	kWh/m ² év	kWh/m ² év
Fosszilis tüzelőanyagok	szilárd						
	folyékony						
	gáz						
Bio tüzelőanyagok	szilárd						
	szilárd (korszerű)						
	folyékony						
	gáz						
Hálózati villamos energia							
Távhőellátás							
Hulladékhő							
Nap	villamos (PV)						
	termikus						
Szél							
Környezeti hő (geo-, aero-, hidrotermikus)							

Ezek végső energia értékek

Exportált energia lehet például a napelemek által termelt energia azon része, amit a

- hálózatban táplálunk
- a rendelet által figyelembe nem vett fogyasztók használnak (pl. háztartási gépek, lakóépületeknél világítás)

Aktív megújuló primer energia							
ebből helyben termelt							
ebből közelben termelt							
ebből távolban termelt							
Passzív megújuló primer energia							
Nem megújuló primer energia							
Széndioxid kibocsátás (kg/m ² év)							

Ezek primer energia értékek

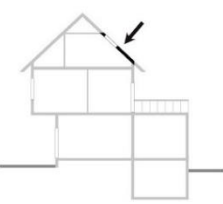
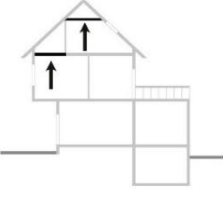
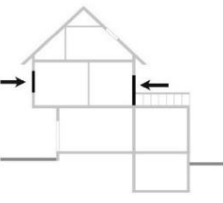
HITELES ENERGETIKAI TANÚSÍTVÁNY

QR kód
helye

A tanúsítvány az e-tanúsítás elektronikus alkalmazásában azonosítóval vagy QR kóddal ellenőrizhető és megtekinthető. www.e-epites.hu/e-tanulas

Energetikai besorolás:	CO ₂ kibocsátás:	Azonosító:	Érvényesség dátuma:

KORSZERŰSÍTÉSI JAVASLATOK

MAGASTETŐ						
	SZERKEZET ENERGETIKAI MINŐSÉGE (U-érték*, W/m² K)					MEGJEGYZÉS
	rossz (0,9<)	gyenge 0,45<...<0,9	közepes 0,24<...<0,45	jó 0,24<...<0,45	kiváló <0,16	
	JELENLEGI ÁLLAPOT					
	JAVASOLT UTÓLAGOS HŐSZIGETELÉS VASTAGSÁG*					
PADLÁSFÖDÉM						
	SZERKEZET ENERGETIKAI MINŐSÉGE (U-érték*, W/m² K)					MEGJEGYZÉS
	rossz (0,9<)	gyenge 0,45<...<0,9	közepes 0,24<...<0,45	jó 0,24<...<0,45	kiváló <0,16	
	JELENLEGI ÁLLAPOT					
	JAVASOLT UTÓLAGOS HŐSZIGETELÉS VASTAGSÁG*					
ABLAKOK						
	SZERKEZET ENERGETIKAI MINŐSÉGE					MEGJEGYZÉS
	LÉGTÖMÖRSÉG	alacsony	közepes	magas		
	JELENLEGI ÁLLAPOT (U-érték*, W/m² K)					
	rossz (0,9<)	gyenge 0,45<...<0,9	közepes 0,24<...<0,45	jó 0,24<...<0,45	kiváló <0,16	
NYÍLÁSZÁRÓ CSERE JAVASLAT						

A megjegyzéseknél lehet arra utalni, ha

- az épület gazdaságosan nem újítható fel
- valamely szerkezet műemlékvédelmi okokból megóvandó

* A jelzett felületek belső oldalon mért értékek, a kivitelezési felületek jellemzően nagyobbak. A javasolt hőszigetelési vastagság csak irányadó, a számítási módszertan az összehasonlíthatóság miatt egyszerűsített, egységes hővezetési tényezővel (0,04 W/mK) számol. Tájékoztató jellegű, standardizált adat, nem helyettesíti a gondos tervezést, eltérő anyagválasztás, építéstechnológiai sajátosságok mentén eltérhet.

HITELES ENERGETIKAI TANÚSÍTVÁNY

QR kód
helye

A tanúsítvány az e-tanúsítás elektronikus alkalmazásában azonosítóval vagy QR kóddal ellenőrizhető és megtekinthető. www.e-epites.hu/e-tanustas

Energetikai besorolás:	CO ₂ kibocsátás:	Azonosító:	Érvényesség dátuma:

KORSZERŰSÍTÉSI JAVASLATOK

FŰTÉSI RENDSZER HATÉKONYSÁGA

JELENLÉGI ENERGETIKAI MINŐSÉG

	alacsony	mérsékelt	normál	jó	kiváló	MEGJEGYZÉS

Hőtermelő csere

Rendszerelem	Leírás	"Jó" szint	"Kiváló" szint
Kondenzációs kazán			
Hőszivattyú			

Hővisszanyerés, hőelosztás, hőtárolás, szabályozás, hőleadók

Rendszerelem	Leírás	"Jó" szint	"Kiváló" szint
Csővezetékek hőszigetelése			
Szivattyú cseréje			
Beszabályozás			
Fűtésszabályozás			
ÚJ ELEM			

HASZNÁLATI MELEGVÍZ ELLÁTÓ RENDSZER HATÉKONYSÁGA

JELLENLEGI ENERGETIKAI MINŐSÉG

	alacsony	mérsékelt	normál	jó	kiváló	MEGJEGYZÉS

JAVASOLT KORSZERŰSÍTÉSEK

Hőtermelő csere			
Rendszerelem	Leírás	"Jó" szint	"Kiváló" szint
Kondenzációs kazán			
Hőszivattyú			
Hővisszanyerés, hőelosztás, hőtárolás, szabályozás, hőleadók			
Rendszerelem	Leírás	"Jó" szint	"Kiváló" szint
Csővezetékek hőszigetelése			
Szivattyú cseréje			
ÚJ ELEM			

QR kód helye

A tanúsítvány az e-tanúsítás elektronikus alkalmazásában azonosítóval vagy QR kóddal ellenőrizhető és megtekinthető. www.e-epites.hu/e-tanusitas

JELLENLEGI ENERGETIKAI MINŐSÉG



Javaslat újonnan bevezetett hűtési rendszer megvalósítására.

MEGJEGYZÉS

Rendszerelem	Leírás	“Jó” szint	“Kiváló” szint
Hűtőgép			
Csővezetékek hőszigetelése			
Beszabályozás			
Szabályozás			

EGYÉB JAVASOLT MŰSZAKI MEGOLDÁSOK			
	Javaslat egyéb műszaki megoldásokra	MEGJEGYZÉS	
Rendszerelem	Leírás	"Jó" szint	"Kiváló" szint

HITELES ENERGETIKAI TANÚSÍTVÁNY A tanúsítvány az e-tanúsítás elektronikus alkalmazásában azonosítóval vagy QR kóddal ellenőrizhető és megtekinthető. www.e-epites.hu/e-tanustitas				 QR kód helye
Energetikai besorolás:	CO₂ kibocsátás:	Azonosító:	Érvényesség dátuma:	

KORSZERŰSÍTÉSI JAVASLATOK

KORSZERŰSÍTÉSI JAVASLATOK MEGVALÓSÍTÁSA ESETÉN ELÉRHETŐ KATEGÓRIÁK			
	E _{sys} - Összesített energetikai jellemző	CO ₂ kibocsátás	Végző energia megtakarítás [GJ]
A határoló szerkezeteknél és az épülettechnikai rendszereknél feltüntetett, "jó" szinthez tartozó korszerűsítési javaslatok együttes megvalósításának hatása.			
A határoló szerkezeteknél és az épülettechnikai rendszereknél feltüntetett, "kiváló" szinthez tartozó korszerűsítési javaslatok együttes megvalósításának hatása.			

FELÚJÍTÁSI ÚTLEVÉL

A felújítási útlevél az épület energiateljesítmény igényének több lépésben történő csökkentéséhez ad egy fejlesztési útitervet. A tanúsító megfogalmazhatja a korszerűsítésektől várható további kedvező hatásokat, ajánlásokat tehet.

Itt lehet megjegyezni, ha az épület gazdaságosan nem újítható fel.

Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a leghatékonyabb az egy lépcsőben végrehajtott komplex és mély felújítás. Javaslatot kell tenni ugyanakkor a felújítás sorrendjére, ha a komplex felújítás egy lépcsőben nem újítható fel.

Fel kell hívni a figyelmet a kockázatokra:

- ha nyílászáró csere vagy fűtőkorszerűsítés történik egy hőszigetetlen épületben, akkor nő a penészképződés kockázata; ilyenkor javasolt az utólagos hőszigetelés és/vagy gépi szellőzés alkalmazása
- nyílászáró csere esetén, ha nyílt égésterű vagy nyílt égőjű készülék található az épületben, akkor a biztonságos levegőellátásról gondoskodni kell a készülékre vonatkozó előírásoknak megfelelően, jogosultsággal rendelkező szakember bevonásával
- ha az épület egyes szerkezetei műemlékvédelmi okokból megóvandók

HITELES ENERGETIKAI TANÚSÍTVÁNY

QR kód
helyeA tanúsítvány az e-tanúsítás elektronikus alkalmazásban azonosítóval vagy QR kóddal ellenőrizhető és megtekinthető. www.e-epites.hu/e-tanustitas

Energetikai besorolás:

CO₂ kibocsátás:

Azonosító:

Érvényesség dátuma:

FOTÓDOKUMENTÁCIÓ

HOMLOKZAT

FÉNYKÉP HELYE

Megjegyzés:

JELLEMZŐ HŐLEADÓ ÉS ANNAK SZABÁLYOZÁSA

FÉNYKÉP HELYE

Megjegyzés:

JELLEMZŐ NYÍLÁSZÁRÓ

FÉNYKÉP HELYE

Megjegyzés:

HŐTERMELŐ ÉS A HŐTÁROLÓ HELYZETE

FÉNYKÉP HELYE

Megjegyzés:

MEGÚJULÓ ENERGIÁT HASZNOSÍTÓ ÉPÜLETECHNIKAI RENDSZER

FÉNYKÉP HELYE

Megjegyzés:

EGYÉB

FÉNYKÉP HELYE

Megjegyzés:

HITELES ENERGETIKAI TANÚSÍTVÁNY

QR kód
helye

A tanúsítvány az e-tanúsítás elektronikus alkalmazásában azonosítóval vagy QR kóddal ellenőrizhető és megtekinthető. www.e-epites.hu/e-tanustitas

Energetikai besorolás:	CO ₂ kibocsátás:	Azonosító:	Érvényesség dátuma:

NYILATKOZATOK

ALKALMAZOTT MÓDSZEREK, SZABVÁNYOK ÉS RENDELETEK

176/2008. (VI. 30.) Kormányrendelet az épületek energetikai
Jelen rendelet 3. § (1) bekezdésében megjelölt, az épületek e
2018/844 irányelv (2018. május 30.) az épületek energiahata
2012/27/EU irányelv módosításáról

Ez szabadszöveges mező a tanúsító adja meg - MSZ EN 15316-4-2:2017 Épületek energetikai teljesítőképessége; A rendszer energiaköve-
telményeinek és hatékonyságának számítási módszere; 4-2. rész: Helyiségek hőfejlesztő rendszerei, hőszivattyúrendszerek.

szabad szöveg, kötelező tartalmi elemekkel

INFORMÁCIÓK

Az Építésügyi Dokumentációs és Információs Központ a tanúsítással kapcsolatos általános információ-
bá tájékoztató és műszaki segédleteket tesz elérhetővé www.e-epites.hu honlapon.

kötelező szöveg

TOVÁBBI SZAKTANÁCSADÁS

Ingyenes energetikai tanácsadást a Magyar Mérnöki Kamarától kaphat: www.mmk.hu/tanacsadas

kötelező szöveg

TANÚSÍTÓI NYILATKOZATOK

A megrendelő biztosította a tanúsítás elvégzéséhez szükséges tervdokumentációt, számlákat, a szükség szerinti mérések, ellenőrzések
elvégzésének helyszíni feltételeit és a szükséges mértékű közreműködést.

A leggyorsabb felmérés során is előfordulhat, hogy bizonyos paraméterek nem állapíthatók meg roncsolásos vizsgálat és feltárás nélkül,
melyre a megbízó nem köteles engedélyt adni. Ilyen esetben a tanúsító jogosult a fellelhető információk alapján becsléssel élni. Az energia-
hatékonyság javítását célzó javaslatok csak előzetes ajánlások és nem helyettesítik a gondos tervezést, melynek során további szemponto-
kat is figyelembe kell venni (pl. biztonsági, műemlékvédelmi, állagvédelmi, akusztikai, tűzvédelmi szer-
helyi védelem alatt áll, akkor korszerűsítést csak a műemléki értékleltár figyelembe vételével lehet vé-
sérüljön.

kötelező szöveg

A tanúsítvány érvényessége 5 év, tanúsítvány tartalma ez alatt az idő alatt módosulhat (pl.: jogszabályváltozás, tanúsítói javítás miatt), ismé-
telt eladás vagy értékesítés esetén, ellenőrizzé a tanúsítvány érvényességét az online felületen.

Amennyiben a tanúsítvány kiállítása óta az épület műszaki állapotában vagy rendeltetésében változás állt be, akkor a tanúsítvány megújítása
szükséges.

A tanúsítvány az e-tanúsítás elektronikus alkalmazásában hitelesítésre került.

A tanúsító kijelenti, hogy a tanúsítványban szereplő összes adat és információ megfelel a Magyarországon hatályos, az épületek energetikai
jellemzőinek tanúsításáról szóló 176/2008. (VI. 30.) Kormányrendelet előírásainak.

HITELES ENERGETIKAI TANÚSÍTVÁNY

QR kód
helye

A tanúsítvány az e-tanúsítás elektronikus alkalmazásában azonosítóval vagy QR kóddal ellenőrizhető és megtekinthető. www.e-epites.hu/e-tanustitas

Energetikai besorolás:	CO ₂ kibocsátás:	Azonosító:	Érvényesség dátuma:

NYILATKOZATOK

FOGALOMMAGYARÁZAT

Épület szintjeinek száma: a kondicionált szintek száma (fűtetlen pince és fűtetlen padlás nélkül).

Fajlagos hőveszteségtényező: az épület határoló szerkezeteinek átlagos energetikai minőségét (szerkezetek és nyílászárók hőszigetelése, passzív napenergia hasznosító képessége) kifejező tényező.

Kondicionált alapterület: azon helyiségek összesített alapterülete, amelyek belső hőmérsékletét fűtési vagy légkondicionáló rendszer biztosítja.

Összesített energetikai jellemző: az épület vagy rendeltetési egység egy négyzetméterre jutó éves nem megújuló primer energia felhasználása. Magába foglalja az épületben elfogyasztott energián túl azt a mennyiséget is, mely az épülethez az épülethez eljusszon, azaz annak előállítás, szállítási, átalakítási energia igényét. Ha az épület megújuló energetikai jellemző értékét csökkenti. Ezért értéke nem hasonlítható össze az épület mért fogyasztásához az épülethez tartozó energetikai ártartási- és irodagépek, a liftek és technológiák, valamint lakóépületek esetén a világítás energiaigényeit, ezért értéke nem hasonlítható össze az épület mért fogyasztásával.

kötelező szöveg

Végző energia: Az épületben ténylegesen felhasznált energia mennyisége, mely nem veszi figyelembe az energia épületbe juttatásához kapcsolódó előállítás, szállítási, átalakítási energia igényeket. A közölt értékek éghőre vannak vonatkoztatva, míg a közüzemi számlákon általában fűtőérték szerepel.

Széndioxid kibocsátás: az épület vagy rendeltetési egység energiafelhasználásához köthető egy négyzetméterre jutó éves széndioxid kibocsátás, az összesített energetikai jellemzőnél ismeretett kivételekkel. Magában foglalja az épület kibocsátásán túl azokat a kibocsátásokat is, melyek az energiahordozó kitermelési, szállítási, átalakítási folyamataihoz kötődnek.

U-érték: az épületszerkezet hőveszteségével arányos tényező, mely megmutatja, hogy egységnyi felületen mennyi hőenergia távozik egységnyi idő alatt, egységnyi hőmérséklet különbség esetén.

Korszerűsítési javaslatok követelményei

Előírás szerint az energia-megtakarításra irányuló javaslatban fel kell tüntetni:

a) A határoló szerkezetek és az épülettechnikai rendszerek korszerűsítésével összefüggő műszakilag megvalósítható intézkedéseket kétféle hatékonysági szinten:

aa) a határoló szerkezetekre vonatkozó intézkedéseket „jó” szintnek megfelelően, az épülettechnikai rendszerelemekre vonatkozó intézkedéseket az „A” változat szerint;

ab) a határoló szerkezetekre vonatkozó intézkedéseket „kiváló” szintnek megfelelően, az épülettechnikai rendszerelemekre vonatkozó intézkedéseket a „B” változat szerint;

Az „A” és „B” korszerűsítési változat kidolgozása során arra kell törekedni, hogy a „A” változattal az épület a jelentős felújítások követelményszintjének megfeleljen, a „B” változat esetén az új építésű épületekre vonatkozó követelményszintet teljesítse. Enyhébb célok is kitűzhetők, amennyiben az előbbi korszerűsítések becsült gazdasági élettartamra vonatkozó költség-haszon elemzés eredménye negatív. Hasonló megfontolások alapján elhagyhatók egyes szerkezetek, rendszerelemek is a korszerűsítési javaslatból. Ha az épület a jelentős felújítások követelményszintjét már teljesíti, akkor csak az új építésű épületekre vonatkozó követelményszint teljesítésére kell javaslatot tenni. Ha az is teljesül, akkor a korszerűsítési javaslatok elhagyhatók.

b) A korszerűsítési javaslatok után fel kell tüntetni a javaslat csomagok megvalósítása esetén elérhető energetikai és széndioxid kibocsátási kategóriákat is.

17 **Összefoglalás**

Jelen jegyzet az **Alkalmazott Épületenergetika** kiadvány alapján készült. Az eredeti anyag szűkített változata tartalmazza azokat az ismereteket, amelyek az ET jogosultság megszerzéséhez elegendőek.

Azonban a mélyebb gyakorlati tudás megszerzéséhez a teljes dokumentum feldolgozása javasolt