

ALKALMAZOTT ÉPÜLETENERGETIKA

2024

Szerzők:

Dr. Csoknyai Tamás

1-6., 2.4-5., 7-12., 21., 26., 29. fejezetek

Dr. Szalay Zsuzsa

1-6, 14-16., 18.3-4., 25., 27.1. fejezetek

Dr. Nagy Balázs

4., 6., 15.1, 19., 20., 22., 24.1-2., 25., 28.3., 31.1-2. fejezetek

Dr. Horváth Miklós

13., 24.3.7., 27.3., 28.1-2. fejezetek

Közreműködő szerzők:

Dr. András-Tövissi Balázs

17., 23.6., 24.3.8., 27.4-5. fejezetek

Dr. Barna Edit

27.2. fejezet

Dr. Goda Róbert

23.4-5., 24.3.5-6. fejezetek

Dr. Osztrólczy Miklós

22., 24.2. fejezetek

Severnyák Krisztina

18. fejezet

Szagri Dóra

ábrák készítése

Dr. Szánthó Zoltán

23.1-3., 24.3.1-4. fejezetek

Dr. Zöld András

1., 2., 6. fejezetek

Köszönetnyilvánítás:

A szerzők köszönetüket szeretnék kifejezni a következő kollégának szakmai segítségnyújtásukért:

Baumann József

Baumann Mihály

Dr. Csoknyai István

Érces Norbert

Dr. Kalmár Ferenc

Peller György

Zorkóczy Zoltán

Támogatók:

A kiadvány elkészítését a következő szervezetek finanszírozták:

Innovációs és Technológiai Minisztérium

Magyar Mérnöki Kamara

Elektrotechnikai Tagozat

Energetikai Tagozat

Építési Tagozat

Épületgépészeti Tagozat

Budapesti és Pest Megyei Mérnöki Kamara

HIBABEJELENTÉS:

Az alábbi linkre kattintva bejelentheti a kiadványban talált esetleges hibákat. Az észrevételeket a következő kiadás során lehetőség szerint figyelembe vesszük és javítjuk. Köszönjük, hogy segítségével hozzájárul a kiadvány fejlesztéséhez!

<https://forms.gle/7aC82qgvYFwBMdx8>

TARTALOMJEGYZÉK

Rövidítések jegyzéke.....	13
Fogalommagyarázat	13
1 Bevezetés.....	17
1.1 Előzmények	17
1.2 A követelményrendszer elvi háttere	17
SZÁMÍTÁSOK ÉS KÖVETELMÉNYEK.....	20
2 Számítási módszer és követelmények	20
2.1 A számítások háttere.....	20
2.2 A szabályozás struktúrája	20
2.3 A küszöbértékek előírásának alapja	21
2.4 A küszöbértékek és a referencia épület	22
2.5 Számítási módszerek	23
2.6 Az egyszerűsített számítás főbb újdonságai	24
3 Módszertani áttekintés.....	26
3.1 Követelmények ellenőrzése	26
3.2 Energiatanúsítás.....	27
3.3 Alkalmazás	28
3.4 Egyszerűsített és részletes számítás.....	28
3.5 Részletes módszerek és dinamikus szimuláció – mikor alkalmazzuk és mikor ne? .	31
4 Az egyes határoló szerkezetekre vonatkozó számítások.....	38
4.1 A hőátbocsátási tényező számítása.....	38
4.1.1 Hővezetési tényező.....	39
4.1.2 Felületi hőátadási ellenállás	41
4.1.3 Légrétegek hővezetési ellenállása	41
4.1.4 Inhomogén rétegek a rétegtervben	43
4.1.5 Változó vastagságú réteget tartalmazó szerkezetek	45
4.1.6 A hőátbocsátási tényező korrekciója.....	46
4.1.7 Panelos épületek homlokzati falainak átlagos hőátbocsátási tényezői.....	49
4.2 Homlokzati üvegfalak, függönyfalak hőátbocsátási tényezője	49
4.3 Nyílászárók hőátbocsátási tényezője	50
4.3.1 Egyhájú nyílászárók	50
4.3.2 Kéthájú nyílászárók.....	51

4.3.3	Nyílászárók társított árnyékolószerkezettel.....	51
4.4	Talajjal érintkező szerkezetek hőveszteségének számítása	53
4.4.1	A talaj hőtechnikai jellemzői.....	53
4.4.2	Talajon fekvő padló.....	54
4.4.3	Terepszint feletti padlószerkezetek 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	75
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 hővesztésgtényező	101
6.12	Fűtési hőszükséglet becsült értéke a lefedési arányok meghatározásához	101
7	Az épülettechnikai rendszerek számításának alapelvei.....	102
8	A fűtési rendszer energiafelhasználása.....	105
8.1	A fűtési rendszer által fedezett nettó hőenergia igény.....	105
8.2	A fűtés végső hő- és villamos energia fogyasztása	105
8.3	Hőtermelők teljesítménytényezője és villamos segédenergia igénye.....	106
8.3.1	Kazánok.....	106
8.3.2	Hőszivattyúk.....	109
8.3.3	Távhőszolgáltatás	111
8.3.4	Egyedi és direkt elektromos fűtések.....	111
8.4	Napkollektorok	113
8.5	A hőelosztás veszteségei	113
8.5.1	Egyszerűsített módszer.....	113
8.5.2	Részletes módszer	114
8.6	A teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteségek	114
8.6.1	Egyszerűsített módszer.....	115
8.7	A hőtárolás veszteségei és segédenergia igénye.....	124
8.7.1	Részletes módszer	124
8.8	A hőelosztás segédenergia igénye	125
8.8.1	Egyszerűsített módszer.....	125
8.8.2	Részletes módszer	126
9	A használati melegvíz ellátó rendszer energiafelhasználása.....	127
9.1	A melegvízellátás nettó hőenergia igénye	127
9.2	A melegvízellátó rendszer végső hő- és villamos energia fogyasztása	127
9.2.1	Napkollektorokkal termelt energia meghatározása	127
9.3	A melegvíz-termelés teljesítménytényezői és fajlagos segédenergia igényei	130
9.3.2	Elektromos üzemű HMV termelés	132
9.3.3	Egyéb hőtermelők	133

9.3.4	Távhőszolgáltatás	133
9.4	A melegvíz tárolás fajlagos vesztesége	134
9.4.1	Egyszerűsített módszer	134
9.4.2	Részletes módszer	135
9.5	A melegvíz elosztás veszteségei	135
9.5.1	Egyszerűsített módszer	135
9.5.2	Részletes módszer	135
9.6	A szivattyúk fajlagos segédenergia igényei	136
9.6.1	Egyszerűsített módszer	136
9.6.2	Részletes módszer	136
10	A légtechnikai rendszer energiafelhasználása	137
10.1	Egyszerűsített módszer	137
10.1.1	A szállított térfogatáram	137
10.1.2	A nettó fűtési energiaigényének léghevítés által fedezett hányada	137
10.1.3	Szellőző levegő előmelegítés talajhőcserélőben	139
10.1.4	A légtechnika energiafelhasználása	139
10.1.5	A szellőzés végsőenergia igénye egyszerűsített módszerrel	141
10.2	Részletes módszer	144
11	Hűtési rendszer energiafelhasználása	145
11.1	Egyszerűsített módszer	145
11.1.1	A hűtés látens hőigénye	145
11.1.2	A hűtőgép teljesítménytényezője	145
11.1.3	Elosztási veszteségek	146
11.1.4	Szabályozási veszteségek	146
11.2	Részletes módszer	147
12	A beépített világítás energiafelhasználása	148
12.1	Egyszerűsített módszer	148
12.2	Részletes módszer	151
13	Az épület energetikai rendszereiből származó nyereségáramok	152
13.1	Az épület energetikai rendszereiből származó nyereségáramok	152
13.2	Napelemek energiatermelése	152
13.2.1	Egyszerűsített módszer	152
13.2.2	Részletes módszerek	153
13.3	Szélenergia hasznosítás	153
13.4	Kapcsolt energiatermelés	153

14	Az épület komplex indikátorai	154
14.1	A fajlagos súlyozott energetikai teljesítmény	156
14.2	Súlyozó tényezők	156
14.3	A megújuló energia mennyisége	159
15	Követelmények	161
15.1	Általános követelmények	161
15.1.1	A határoló- és nyílászáró szerkezetek átlagos hőátbocsátási tényezőire vonatkozó követelmények	161
15.1.2	A nyári hővédelemre vonatkozó követelmény	164
15.1.3	Az épülettechnikai rendszerre vonatkozó előírások	164
15.2	A közel nulla energiaigényű épületek külön követelményei	170
15.2.1	A fajlagos hőveszteségtényezőre vonatkozó követelmény	170
15.2.2	Az épület összesített energetikai jellemzőjére vonatkozó követelményértékek	171
15.2.3	Az épület fajlagos szén-dioxid kibocsátására vonatkozó követelmények	172
15.3	Jelentős felújítás alá eső épületekre vonatkozó követelmények	172
15.3.1	A fajlagos hőveszteségtényezőre vonatkozó követelmény	172
15.3.2	Az összesített energetikai jellemzőre vonatkozó követelményérték	173
15.3.3	Kapcsolódás a költségoptimalizált energiahatékonysági szinthez	175
15.4	A követelmények összevetése az előző követelményekkel	175
15.4.1	<i>Fajlagos hőveszteségtényező</i>	175
15.4.2	<i>Összesített energetikai jellemző</i>	176
15.4.3	<i>Szén-dioxid követelmény</i>	177
16	A referencia épület meghatározása	178
TOVÁBBI IRÁNYELVI VONATKOZÁSOK		182
17	SRI - „Smart Readiness” indikátor (okosház indikátor)	182
18	Energetikai költségoptimum	184
18.1	Energetikai költségoptimum értelmezése	184
18.2	Fajlagos primer energiafelhasználás meghatározása	186
18.3	A globális költség	187
18.4	A globális költség számítása	188
18.5	A költségoptimum meghatározása	191
TERVEZÉS		194
19	Rétegtrendi kialakítások tervezése családi házak esetén	194
19.1	Talajon fekvő padlószervezetek	194
19.2	Lábazati kialakítások	195

19.3	Alsó zárófödém fűtetlen terek felett.....	195
19.4	Árkád és áthajtó feletti födécek	197
19.5	Homlokzati falak.....	197
19.6	Padlás és búvótér alatti födécek.....	206
19.7	Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	208
19.8	Lapostetők.....	215
20	Épületszerkezeti részletek kialakításának tervezése.....	217
20.1	Csomóponti kialakítások tervezése	217
20.2	Csomópontok nedvességtechnikai-állagvédelmi tervezésének előírásai	219
20.3	Hőhídatalógus	220
20.3.1	Általános bemutatás	220
20.3.2	Hőszigetelt falszerkezetek mechanikai rögzítések miatti hőhidak.....	221
20.3.3	Pozitív falsarok kialakítások hőhidjai	222
20.3.4	Falazatokba épített pillérek hőhidjai	223
20.3.5	Ácsszerkezetű magastető kialakítások hőhidjai	223
20.3.6	Homlokzati falazatokba beépített nyílászáró kialakítások hőhidjai	224
20.3.7	Födémszerkezetek alatt beépített nyílászárók hőhidjai	226
20.3.8	Falazatok és közbelső födécek csatlakozási hőhidjai	226
20.3.9	Erkélykonzolok hőhidjai	227
20.3.10	Lábazati kialakítások és padlócsatlakozások hőhidjai.....	228
20.3.11	Attikával kialakított lapostetők falcsatlakozásainak hőhidjai	230
20.3.12	Attika nélküli lapostetők, kishajlású tetők falcsatlakozásainak hőhidjai	231
20.3.13	Ácsszerkezetű magastetők és padlásfödémek csatlakozási hőhidjai	231
	TANÚSÍTÁS.....	233
21	Az energetikai tanúsítás szabályai.....	233
21.1	Legfontosabb változások	233
21.2	Az energetikai és széndioxid emisszió szerinti besorolás szabályai.....	233
21.3	Épületszerkezetek értékelési osztályai	234
21.4	Épülettechnikai rendszerek értékelési osztályai.....	237
21.5	A tanúsítvány felépítése	238
22	Épületszerkezetek azonosítása	251
22.1	Meglévő épülethatároló szerkezetek hőtechnikai azonosítása.....	251
22.1.1	Homlokzati falak azonosítása.....	251
22.1.2	Lapostetők azonosítása.....	259
22.1.3	Beépített tetőteret határoló szerkezetek azonosítása	263

22.1.4	Padlásfödémek azonosítása	264
22.1.5	Pincefödémek és árkádfödémek azonosítása	266
22.2	Nyílászáró szerkezetek azonosítása	267
23	Épülettechnikai rendszerek azonosítása	269
23.1	A tanúsítás általános szempontjai	269
23.2	Fűtési rendszerek azonosítása	269
23.2.1	Kazánok, hőtermelők azonosítása	269
23.2.2	Hőtermelők hatásfoka és energetikai mutatói (kazánok)	270
23.2.3	Hőtermelők hatásfoka és energetikai mutatói (villanymotor hajtású kompresszoros hőszivattyúk)	276
23.2.4	Fűtési rendszer szabályozásának azonosítása.....	280
23.3	HMV rendszerek azonosítása.....	287
23.3.1	HMV előállítás azonosítása.....	287
23.3.2	HMV hálózat azonosítása.....	288
23.4	Szellőzési rendszerek azonosítása.....	288
23.4.1	Légkezelők azonosítása	288
23.4.2	Légtechnikai hálózat beszabályozásának ellenőrzése	289
23.5	Hűtési rendszerek azonosítása	289
23.6	Fényforrások azonosítása	290
24	Korszerűsítési javaslatok	294
24.1	A korszerűsítési javaslatok minimumkövetelményei	294
24.2	Épületszerkezetek.....	294
24.2.1	Homlokzati falak utólagos hőszigetelése	294
24.2.2	Lapostetők utólagos hőszigetelése	295
24.2.3	Beépített tetőteret határoló szerkezetek utólagos hőszigetelése.....	295
24.2.4	Padlásfödémek utólagos hőszigetelése.....	296
24.2.5	Pincefödémek utólagos hőszigetelése	297
24.3	Épülettechnikai rendszerek	297
24.3.1	A gépészeti berendezések erkölcsi avulása	297
24.3.2	Hőtermelők.....	298
24.3.3	Fűtési rendszerek.....	298
24.3.4	Használati melegvízellátó rendszerek	302
24.3.5	Légtechnikai rendszerek és szellőzés	305
24.3.6	Hűtési rendszerek korszerűsítése.....	306
24.3.7	Megújuló energiaforrások alkalmazása.....	306

24.3.8	Épületfelügyeleti rendszerek szerepe az energiafelhasználás csökkentésében	307
PÉLDATÁR		308
25	Épületszerkezettani kis példák	308
25.1	A hővezetési tényező tervezési értékének meghatározása - 1.....	308
25.2	A hővezetési tényező tervezési értékének meghatározása - 2.....	308
25.3	Hőátbocsátási tényező korrekciója mechanikai rögzítőelemek miatt	309
25.4	Hőszigetelt magastető keresztmetszet hőátbocsátási tényezőjének számítása -	1310
25.5	Hőszigetelt magastető keresztmetszet hőátbocsátási tényezőjének számítása -	2312
25.6	Hőszigetelt vázas épület homlokzati falának számítása	318
25.7	Ablak hőátbocsátási tényezője	323
25.8	Talajon fekvő padló - sorház.....	325
25.9	Talajon fekvő padló – L-alakú családi ház	328
25.10	L-alakú talajjal érintkező padló szerkezet, az alaptest mellett elhelyezett hőszigetelő sávval	332
25.11	Fűtött pince	337
25.12	Nettó fűtési energiaigény és fajlagos hőveszteség-tényező számítása.....	339
26	Épületgépészet kis példák	350
26.1	HMV nem megújuló primer energia és CO ₂ emisszió	350
26.2	Fűtés és hűtés energiafelhasználásának meghatározása fan-coilos rendszer esetén	365
26.3	Teljesítménytényezők meghatározása ErP energiacímke alapján	371
26.4	Fűtési rendszer szabályozási veszteségeinek meghatározása	374
26.5	Szellőzési hőveszteség számítása gépi szellőzés esetén	376
26.6	Szellőző rendszer nettó energiafelhasználása	379
26.7	Szellőző rendszer végső- és primer energiafelhasználása, illetve széndioxid kibocsátása	381
26.8	Napkollektor energiatermelésének meghatározása.....	385
26.9	Napelem által termelt energia meghatározása	390
26.10	Irodaépület világítási energiaigénye	392
26.11	Iskolai világítási energiaigénye.....	397
26.12	Bivalens rendszer	401
26.13	Fűtési költség	412
26.14	Gazdaságossági elemzés	414
26.15	Költséghatékony felújítási változat meghatározása	418
27	Esettanulmányok	422
27.1	Családi ház teljes tanúsítása	422

27.1.1	Épület ismertetése	422
27.1.2	Hőátbocsátási tényező	427
27.1.3	Nyílászárók hőátbocsátási tényezője.....	429
27.1.4	Nyílászárók társított árnyékolószerkezettel*	430
27.1.5	Talajon fekvő padló hőátbocsátási tényezője.....	431
27.1.6	Talajszint feletti padló szerkezet*	432
27.1.7	Fűtött pince hővesztesége*	434
27.1.8	Transzmissziós hőátviteli tényezők külső térrel határos szerkezetek esetén ...	436
27.1.9	Nem kondicionált terek hatása	437
27.1.10	Talajon fekvő padló transzmissziós hőátviteli tényezője	437
27.1.11	Transzmissziós hőátvitel.....	438
27.1.12	Hőátvitel szellőzéssel	439
27.1.13	Éjszakai természetes többlet szellőztetés nyáron (hűtés esetén)	439
27.1.14	Szellőzési hőátvitel	440
27.1.15	Direkt sugárzási nyereségek	441
27.1.16	Belső hőnyereségek/hőterhelések	442
27.1.17	Teljes hőnyereség és hőátvitel	443
27.1.18	Hőtároló képesség és időállandó	446
27.1.19	Hasznosítási tényező fűtés esetén.....	447
27.1.20	Fűtés nettó hőenergia igénye	447
27.1.21	Fajlagos nettó fűtési energia igény	449
27.1.22	Fajlagos hőveszteségtényező	449
27.1.23	A fűtés végső hő- és villamos energia fogyasztása	449
27.1.24	A melegvízellátó rendszer végső hő- és villamos energia fogyasztása	451
27.1.25	Az épület komplex indikátorai	453
27.1.26	Hasznosítási tényező hűtés esetén*	456
27.1.27	Hűtés nettó hőenergia igénye*	456
27.1.28	Fajlagos nettó hűtési energia igény*	457
27.1.29	Hűtési rendszer energiafelhasználása*	457
27.1.30	Napelemek energiatermelése*	458
27.2	Elosztási veszteségek számítása részletes módszerrel	459
27.2.1	Fűtés	459
27.2.2	Hűtés.....	467
27.2.3	Használati melegvíz	472
27.3	Költségoptimum számítása	480

27.3.1	A költségoptimális energetikai felújítás meghatározásának lépései	481
27.4	„Smart Readiness” indikátor, 1. esettanulmány	489
27.5	„Smart Readiness” indikátor, 2. esettanulmány	496
MELLÉKLETEK		504
28	Melléklet: Éghajlati adatok	504
28.1	Részletes módszer és szimuláció	504
28.2	Egyszerűsített módszer	504
28.2.1	Külső hőmérséklet.....	504
28.2.2	Alapadatok a fagyvédelmi előfűtéshez	504
28.2.3	Páratartalom	505
28.2.4	A napsugárzásra vonatkozó adatok	506
28.3	Melléklet: Segédtablázatok a benapozás vizsgálatához.....	508
29	Melléklet: Épületekre vonatkozó számítási profiladatok	523
30	Melléklet: Energiahordozókra vonatkozó adatok.....	528
31	Melléklet: Tájékoztató műszaki adatok.....	529
31.1	Nyílászárók elemeinek hőtechnikai jellemzői	529
31.2	Mobil árnyékolók árnyékolási tényezői.....	532
31.3	Panelos épületek homlokzati falszerkezeteinek átlagos hőátbocsátási tényezője	533
32	Melléklet: Jelölések és mértékegységek	535

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. függelége (a rendeletről különálló dokumentum), ez tartalmazza a számítási módszert

ÉKM 2. Függelék.: Az 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet 1. függelége (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 dinamikusan 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 elősegítik 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 körülvevett 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 előállítás;
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 rendelkeznek;

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 abszurdum 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.

SZÁMÍTÁSOK ÉS KÖVETELMÉNYEK

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 hővesztésgtényező 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 közepkategória” volt a mértékadó. Az épületgépészeti elemekre vonatkozó követelmények uniós dokumentumokból származnak.

A nem megújuló primer energiaigény fajlagos értékének küszöbértéke épület fajtánként (családi ház, alacsony, középmagas, magas lakóépület, különböző szintszámú irodaépületek) többezer 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 biztonsága 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, szándékolta 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 tervezi 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 közül 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 „időjárési 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 kondicinált 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 14.2. 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.*

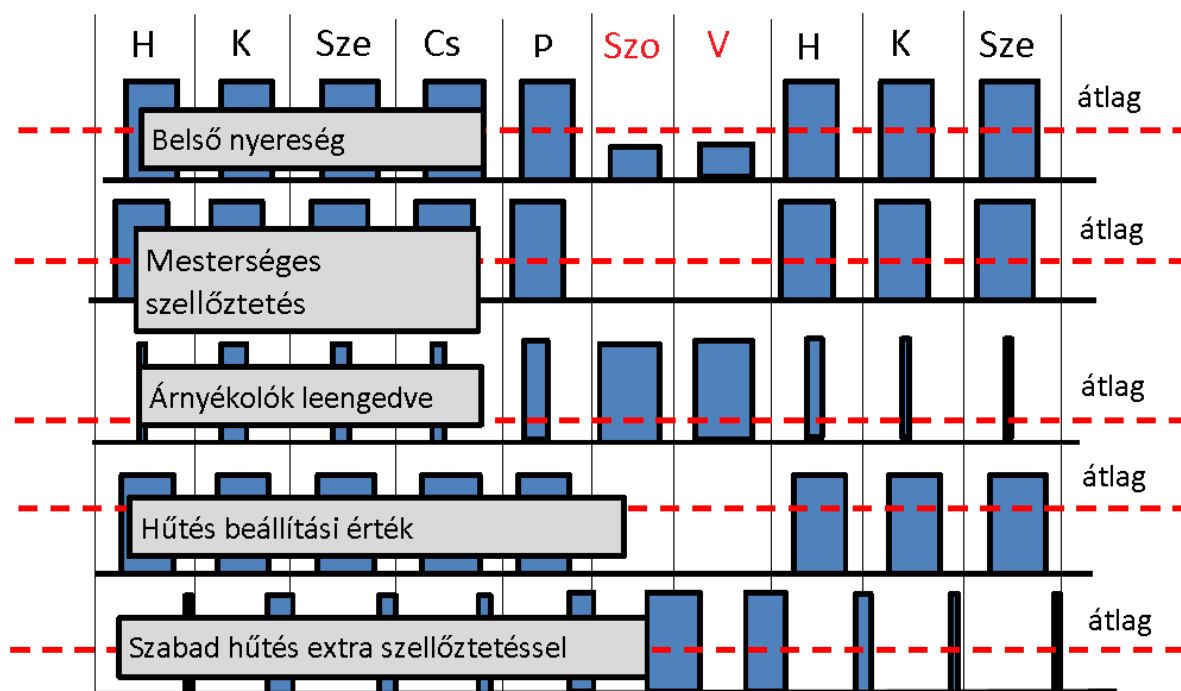
- A csatlakozási hőhidakat figyelembe kell venni a 6.1.2. pont szerint. *A teljes épület dinamikus szimulációs szoftverek jellemzően nem számítják a csatlakozási hőhidakat, de ezek vonalmenti hőátbocsátási tényezői általában külön megadhatóak hőhidfajtánként vagy a hőátbocsátási tényezőket úgy kell módosítani, 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 7-13. 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?

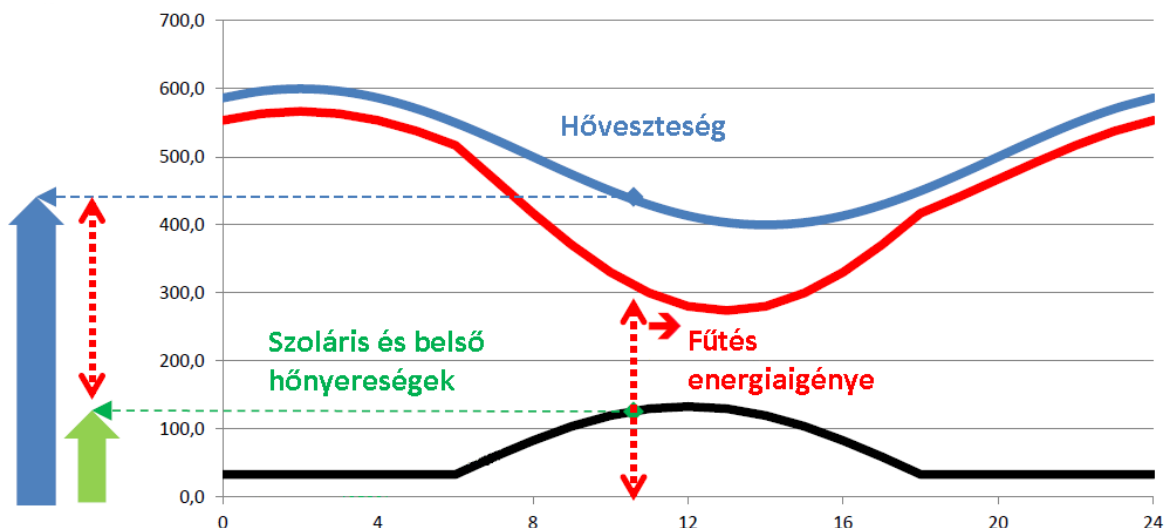
Az egyszerűsített módszerek az energiamérleget befolyásoló időben változó hatásokat átlagértékkel veszik figyelembe. Legegyszerűbb szezonális (éves) értékekkel számolni, ehhez képest a havi módszerek figyelembe veszik a szezonális változásokat, az órai módszerek és a dinamikus szimuláció pedig már a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

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



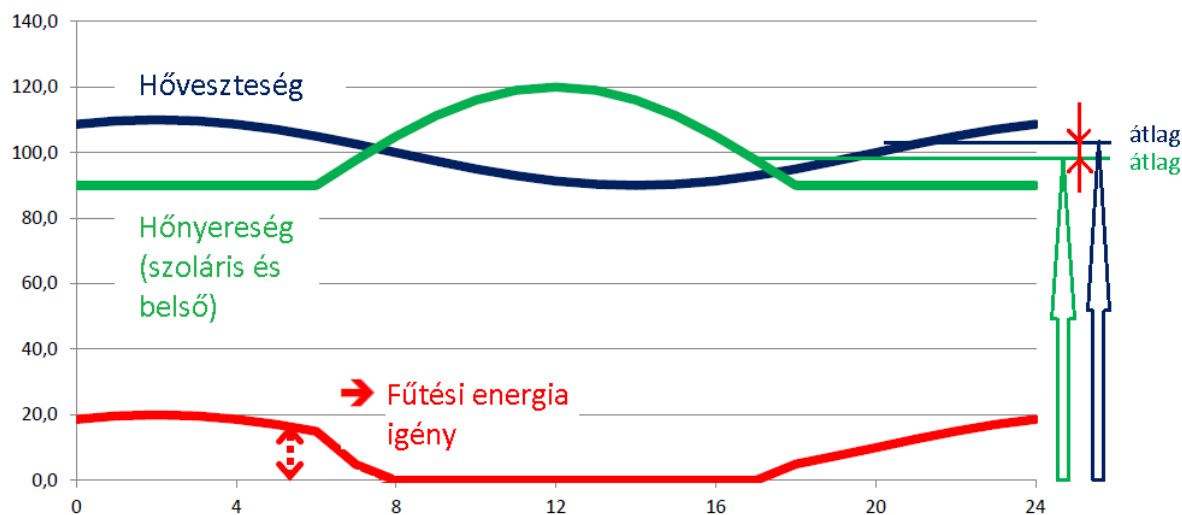
3.1. ábra. Dinamikus hatások egy épületben: szakaszosan jelentkező hatások és átlagértékeik (Dick van Dijk BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

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.



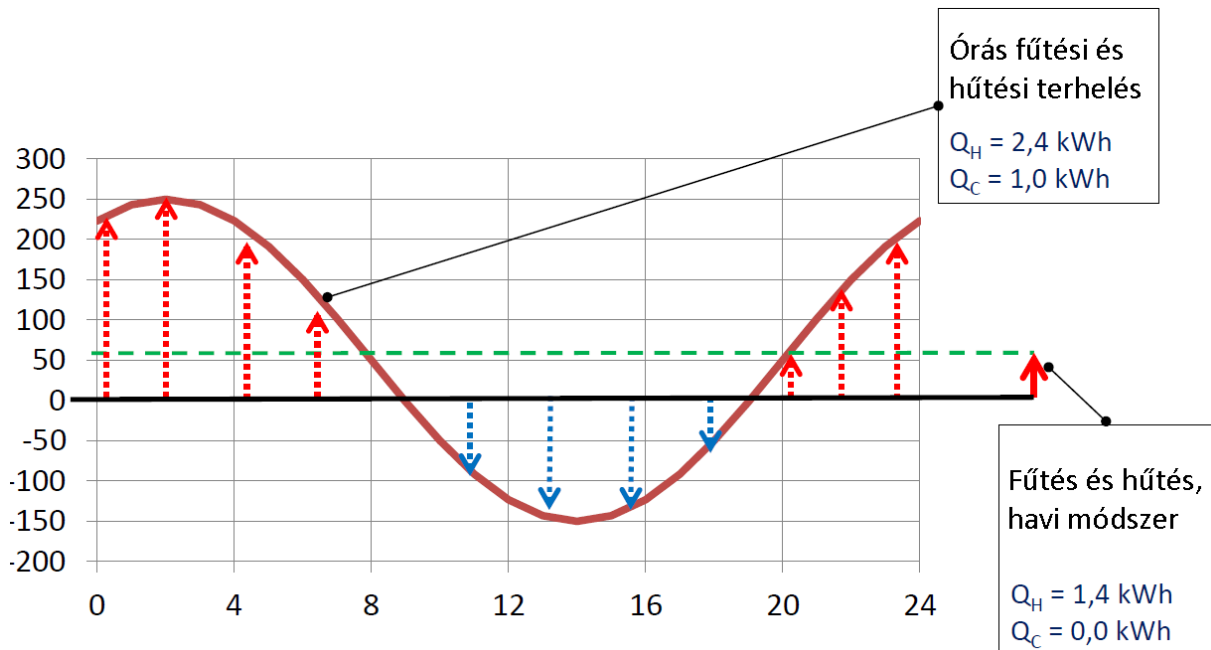
3.2. ábra. Veszteségek és nyereségek időbeni változása egy nap során (régi épület) (Dick van Dijk BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

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)

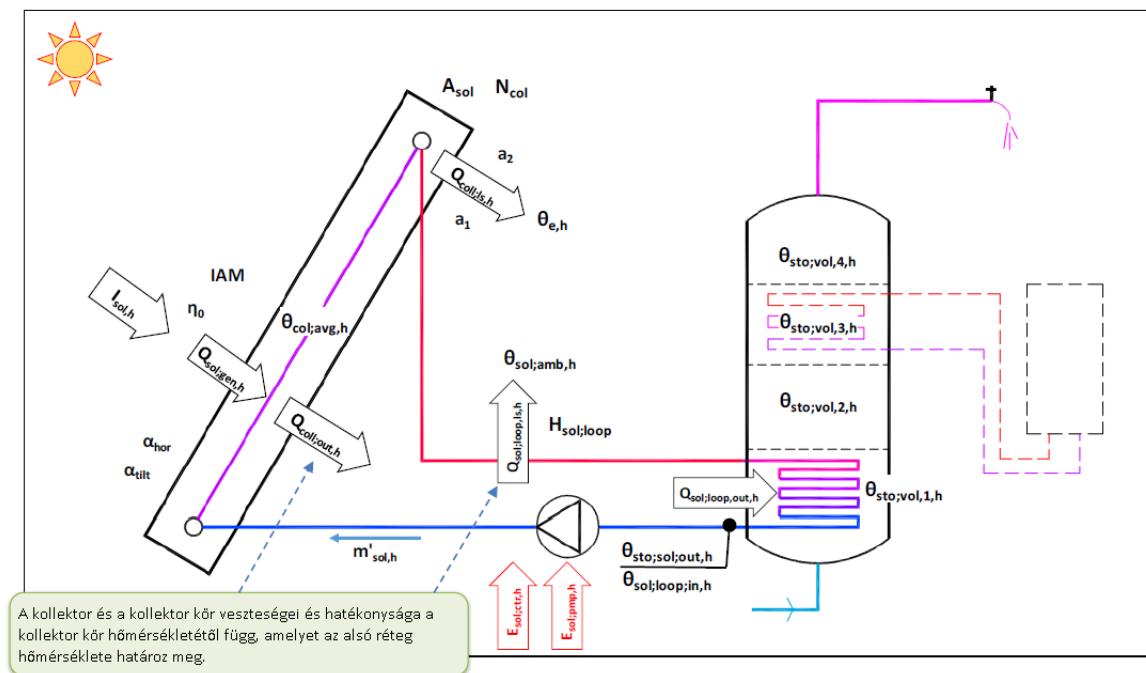
Ezzel szemben egy jól szigetelt épület esetén (3.3. ábra) a veszteségek a dél körüli órákban meghaladják a veszteségeket, így ekkor a fűtési igény nulla. Átlagértékkel számolva torz eredményt kapunk, hiszen a déli órákban a nyereségek egy része nem hasznosul, de ezt az átlagértékek nem tükrözik. Így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



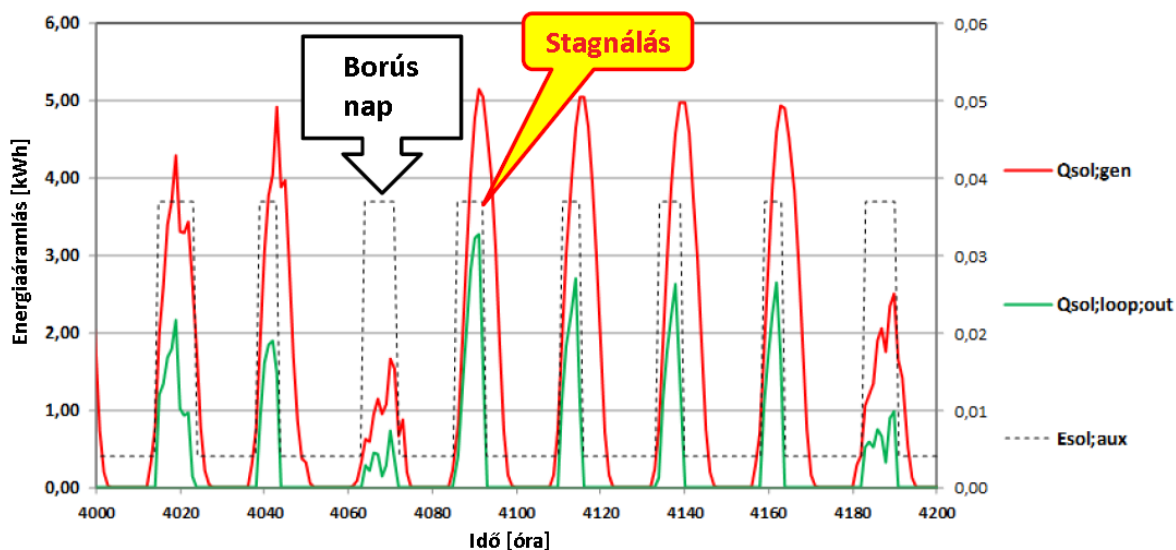
3.4. ábra. Fűtési vagy hűtési igény napi alakulása átmeneti időszakban (Dick van Dijk BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

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 épülettechnikai 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.

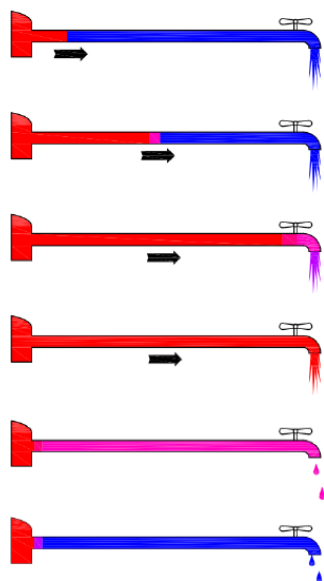


3.5. ábra. Napkollektoros HMV készítés kapcsolása és energiaáramai (Laurent Socal BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

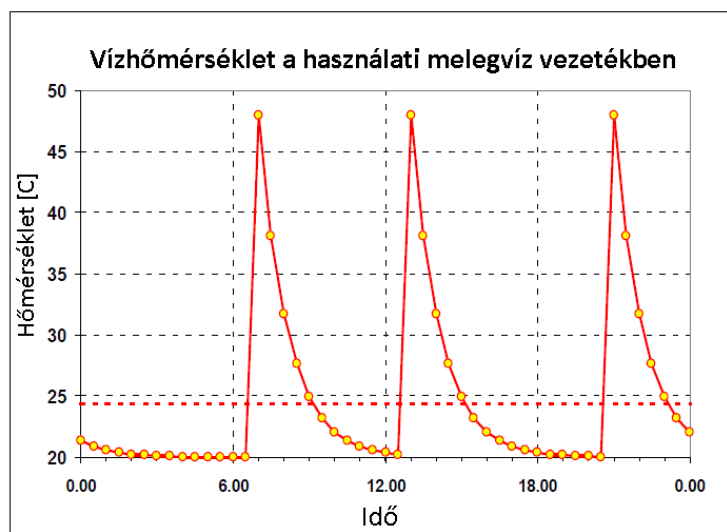


3.6. ábra. A napkollektort érő sugárzás ($Q_{sol;gen}$), a tároló hőcserélőjén átadott hő ($Q_{sol;loop;out}$) és a szivattyú teljesítményfelvételének ($E_{sol;aux}$) időben alakulása (Laurent Socal BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

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 számítódik 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



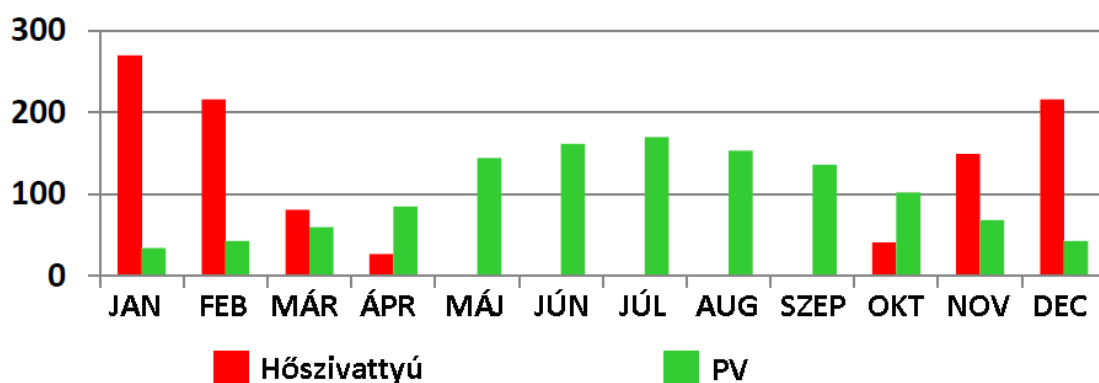
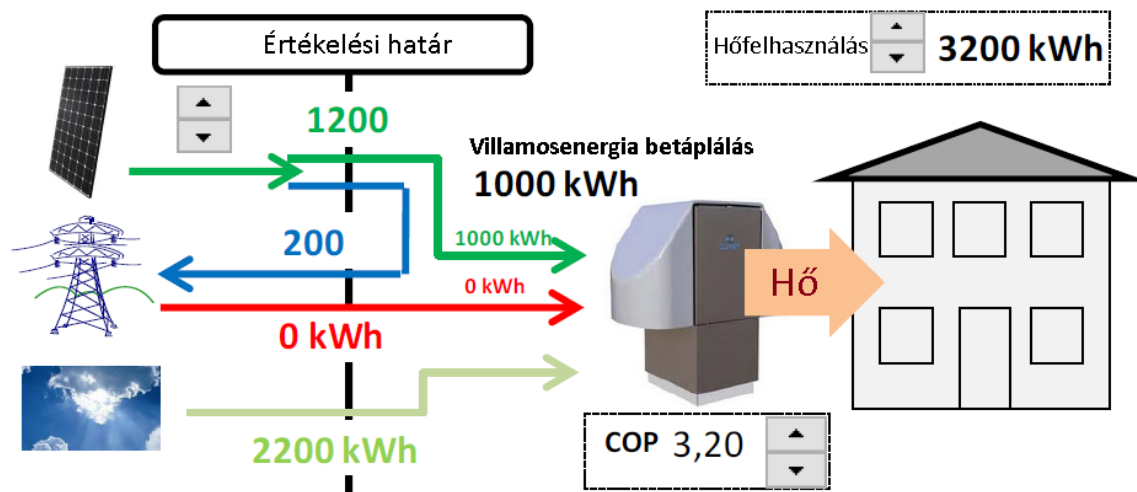
3.7. ábra. A cirkulációs körön kívül eső HMV ágak dinamikus viselkedése (Laurent Socal BUILD UP Webinar series Webinar 4: EPB standards hourly vs monthly methods 26 May 2020)

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

- részletes módszer alkalmazása esetén az egész épületszerkezet vagy egy jellemző részének numerikus modellezésével, az MSZ EN ISO 10211 szerinti modellezési szabályokkal,
- 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 [$W/(m^2 K)$ 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 szűrják át a hőszigetelést, ha kisebb hézagok, légüregek alakulhatnak ki a hőszigetelésben, továbbá fordított rétegrendű 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 °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 (m^3/m^3) 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 kiszáritott, azaz $0 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 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 $\pm 30^\circ$ -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 $\varepsilon=0,9$ félgömbösugárzási együtthatóval (emissziós tényezővel), $+20^\circ\text{C}$ belső hőmérséklettel, $+10^\circ\text{C}$ külső hőmérséklettel és $v=4\text{ m/s}$ 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 reciproka, 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 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	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 padlásteretek esetén, ha a határoló tetőszerkezet nem hőszigetelt, akkor a tető jellemzőitől függően pikkelyes tető alátét fólia vagy deszkázat nélkül $0,06\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, lemezfedésű vagy pikkelyes tető alátét fóliával vagy deszkázattal $0,2\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, míg kis emissziós tényezőjű felület vagy együttes alátét fólia és deszkázat esetén $0,3\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 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 számítását 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 kezelhetőek 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 szélsősebesség 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:

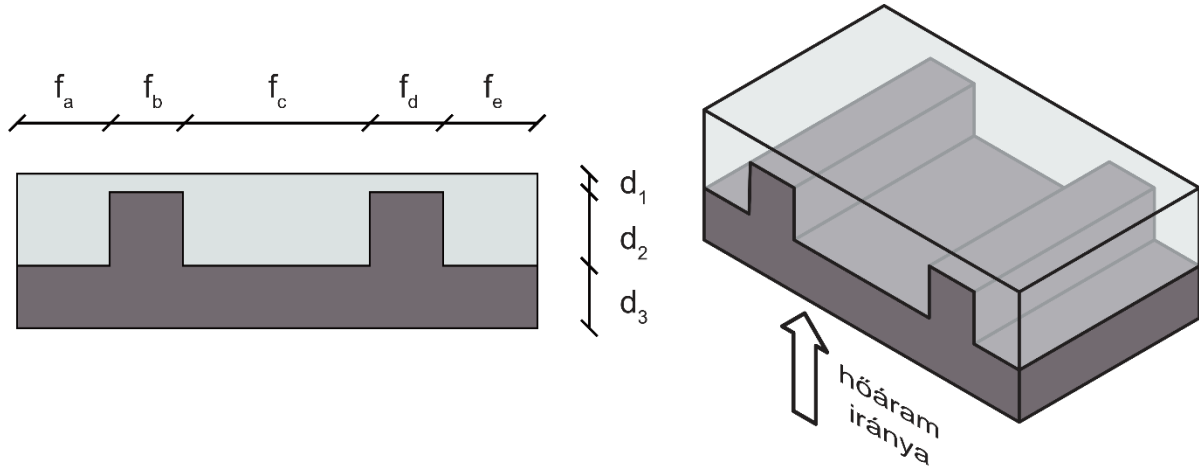
$$R_{tot} = \frac{R_{tot,felső} + R_{tot,alsó}}{2} \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (4.5)$$

ahol

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

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

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

ahol

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

$f_a, f_b, \dots, f_q$ az egyes szeletek elemi területe (a homloktfelülethez 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:

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

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:

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

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.

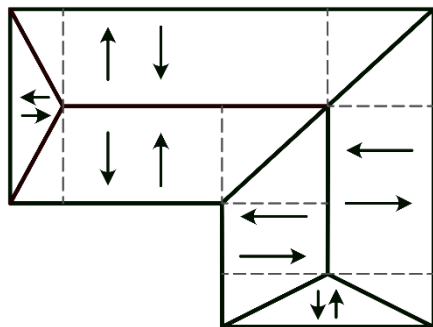
A szabvány szerint a réteget azonos lejtésű, egyszerű téglalap vagy háromszög alapú elemekre kell bontani, ezekre külön meg kell határozni a hőátbocsátási tényezőket, majd ezeket a hőátbocsátási tényezőket az egyes elemek alapterületének arányában átlagolva kapjuk a szerkezet eredő hőátbocsátási tényezőjét.

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 (ld. 4.2. ábra), mely a legnagyobb vastagság és a hővezetési tényező hányadosa ($R_2 = d_2 / \lambda_t$). 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).

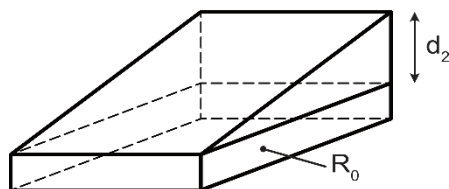
A szerkezet eredő hőátbocsátási U értéke:

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

A lapostető felosztása



Téglalap alapú



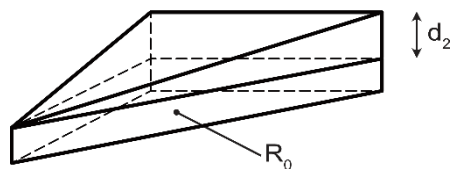
$$U = \frac{1}{R_2} \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_0} \right)$$

Háromszög alapú, csúcsnál a legvastagabb



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

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	$\Delta U''$ (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

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

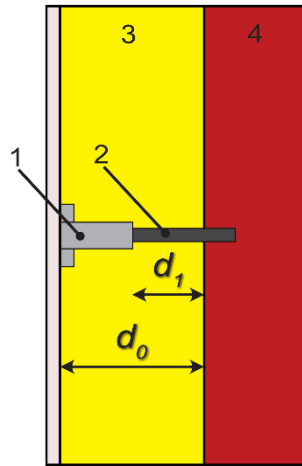
$A_{r\ddot{o}gz}$ egy rögzítőelem keresztmetszeti területe [m²],

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 átszűrt hőszigetelő réteg hővezetési ellenállása [m²·K/W],

R_{tot} a szerkezet hőhídhatal 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 hossza (d_1) a hőszigetelés vastagságánál nagyobb is lehet, ha a rögzítőelem a merőlegestől 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 fémlemezű 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, $p = 1,3 \text{ mm/nap}$ 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 $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ értékkel is leronthatja a hőátbocsátási tényezőt.

4.1.7 Panelos épületek homlokzati falainak átlagos hőátbocsátási tényezői

Az 1992 előtt épült házgyári panelos rendszerek átlagos U-tényezőjét az utólagos hőszigetelés függvényében az 31.6. táblázat (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/m^2K]

$A_{FF,elem}$ a függönyfalat alkotó elem felülete [m^2]

Egy függönyfal elem hőátbocsátási tényezője:

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

ahol

$U_{\bar{u}}$ az üvegezés hőátbocsátási tényezője [W/m^2K],

U_p az átlátszatlan panel *vagy kitöltés* hőátbocsátási tényezője [W/m^2K],

U_k a keret hőátbocsátási tényezője [W/m^2K],

U_l a lizéna (*függőleges borda*) hőátbocsátási tényezője [W/m^2K],

U_b a (*vízszintes*) borda hőátbocsátási tényezője [W/m^2K],

$\psi_{k,\bar{u}}$ a keret-üvegezés csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK],

$\psi_{l,\bar{u}}$ a lizéna-üvegezés csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK],

$\psi_{b,\bar{u}}$ 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],
$A_{\tilde{u}}$	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],
$l_{k,\tilde{u}}$	a keret-üvegezés csatlakozási hőhíd hossza [m],
$l_{l,\tilde{u}}$	a lizéna-üvegezés csatlakozási hőhíd hossza [m],
$l_{b,\tilde{u}}$	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

- részletes módszer alkalmazása esetén az MSZ EN ISO 10077-1 szerint vagy numerikus modellezéssel az MSZ EN ISO 10077-2 szabvány szerint,
- 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 a 31.1. pont alapján.

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 [W/m ² K],
U_p	az átlátszatlan panel hőátbocsátási tényezője [W/m ² K],
U_k	a keret (tok és szárny) hőátbocsátási tényezője [W/m ² 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],
$l_{m,\tilde{u}}$	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 ² K]
R_l	A kapcsolt (külső és belső) nyílászárók közötti légréteg egyenértékű hővezetési ellenállása [m ² K/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 ² K]

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

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.

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

ahol

$b_{\text{ha}}, b_{\text{hf}}, b_{\text{ho}}$ 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	$b_{\text{eth}} \geq 35$
2	magas	$15 \leq b_{\text{eth}} < 35$
3	átlagos	$8 \leq b_{\text{eth}} < 15$
4	alacsony	$b_{\text{eth}} \geq 8$
5	lég-tömör	$b_{\text{eth}} \leq 3$ és $b_{\text{ha}}+b_{\text{ho}}=0$ vagy $b_{\text{hf}}+b_{\text{ho}}=0$

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

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

Árnyékolók légáteresztési osztálya	Többszörös hővezetési ellenállás ΔR [$\text{m}^2\text{K/W}$]
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 többszörös hővezetési ellenállása

Árnyékoló típusa	Árnyékolószerkezet átlagos hővezetési ellenállása, $R_{\text{árny}}$	Többszörös hővezetési ellenállás ΔR [$\text{m}^2\text{K/W}$]		
		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

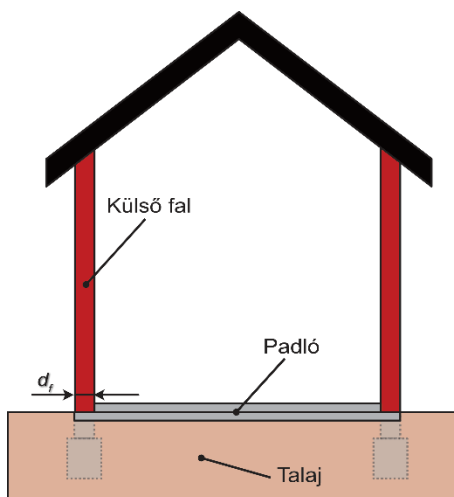
Talaj-típus	Leírás	Hővezetési tényező λ_{talaj} W/(m·K)	Térfogatra vonatkoztatott hőkapacitás ρc , J/(m ³ ·K)
1	Agyag, iszap	1,5	$3,0 \cdot 10^6$
2	Homok, kavics	2,0	$2,0 \cdot 10^6$
3	Homogén kő	3,5	$2,0 \cdot 10^6$

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:

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

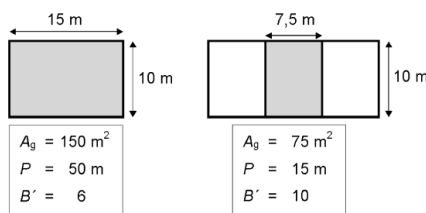
ahol

B a padló karakterisztikus mérete [m],

A a kondicionált tér padlójának területe [m^2],

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 padlószerkezet 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 padlószerkezet 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 padlószerkezet 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 padlószerkezetek (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 padlószerkezetek esetén

Terepszint feletti padlószerkezetek esetén (lásd 4.6. ábra), ha a padlószerkezet területe nem haladja meg a 250 m²-t és a padlószerkezet 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 padló szerkezet hőátbocsátási tényezője (felületi ellenállásokkal) [W/m²K]

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

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

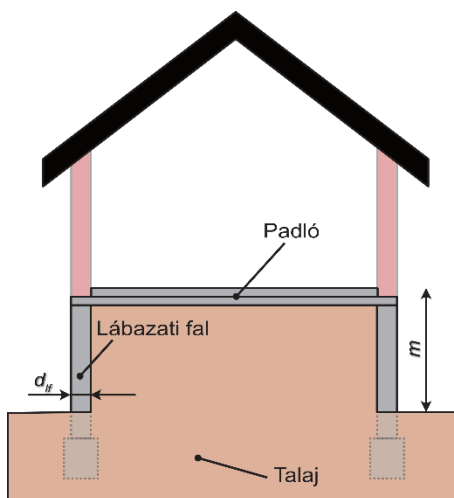
d_{lf} a lábazati fal teljes vastagsága [m]

$U_{T,lf}$ 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 padló szerkezet felső szintjének magassága a külső terepszint felett [m].

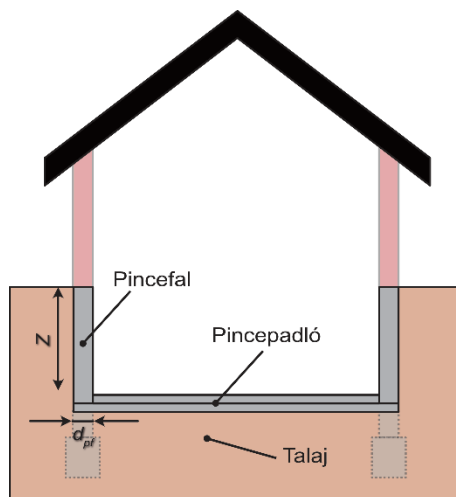


4.6. ábra: A terepszint feletti padló szerkezet modellje

A terepszint feletti padló szerkezeteket gyakorlatilag egy búvóterében talajjal feltöltött talajtól emelt padló szerkezetként számíthatjuk. A terepszint feletti padló szerkezetek hőtechnikai hatása jelentős szintmagasság vagy szigetelés nélküli lábazati fal esetén lehet számottevő. Nagyméretű padlóknál ez a lábazati fal miatti több-lehővesztés 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

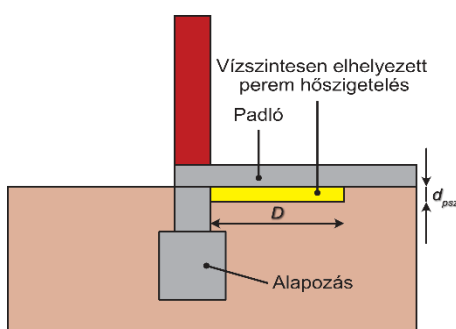
R_{psz} a perem hőszigetelés hővezetési ellenállása [$\text{m}^2\text{K/W}$],

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].



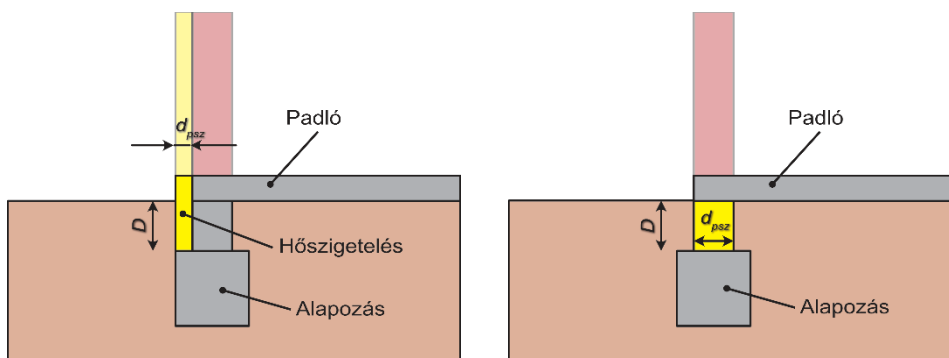
4.8. ábra: Vízszintes hőszigetelő sáv modellje (MSZ EN ISO 13370 alapján)

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 terület 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 légcsera 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

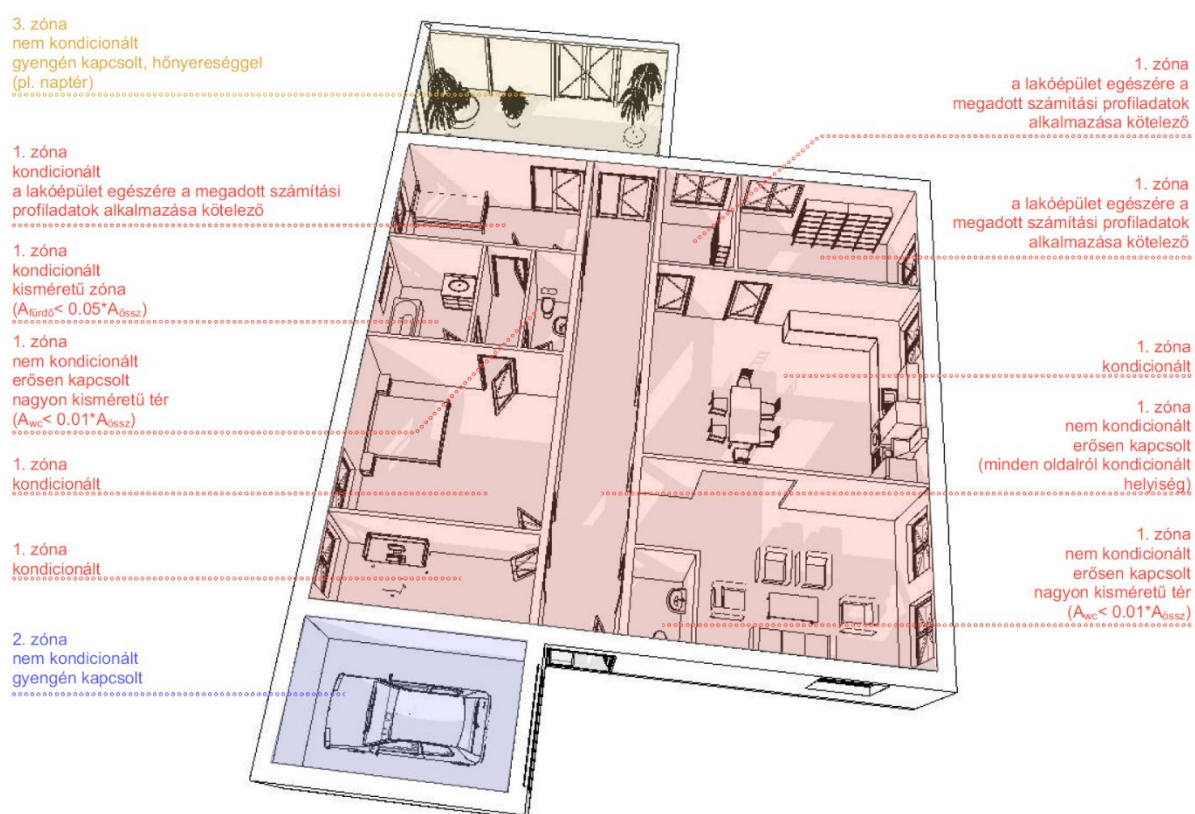
A nagyon kisméretű zónák összevonhatóak egy szomszédos zónával akkor is, ha az épülettechnikai rendszerei különbözőek. Nagyon kisméretűnek minősül a zóna, ha alapterülete az adott épület összes hasznos alapterületének kevesebb, mint 1%-a.

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

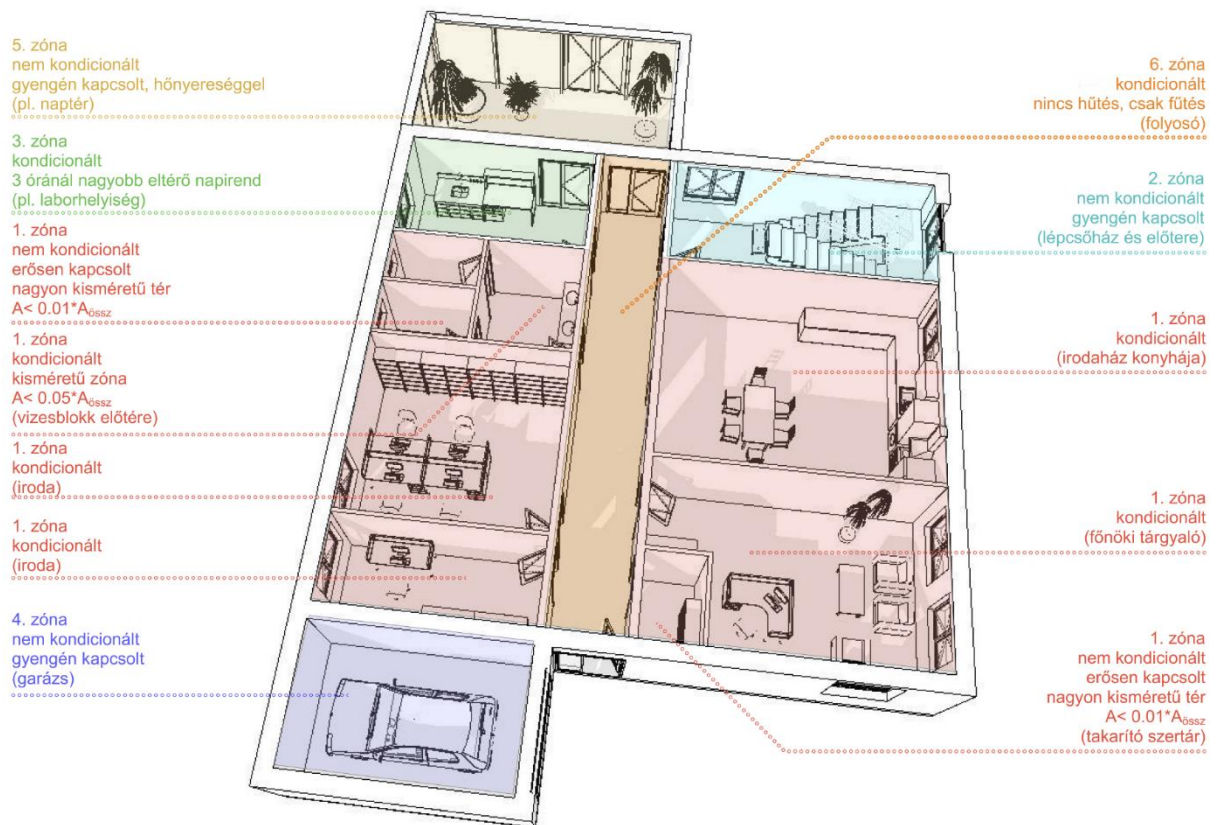
megbonyolítja a számítást és futtatási időt, a túl kevés zóna viszont az eredmények pontosságára lehet kedvezőtlen hatással.

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 naptér, 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.

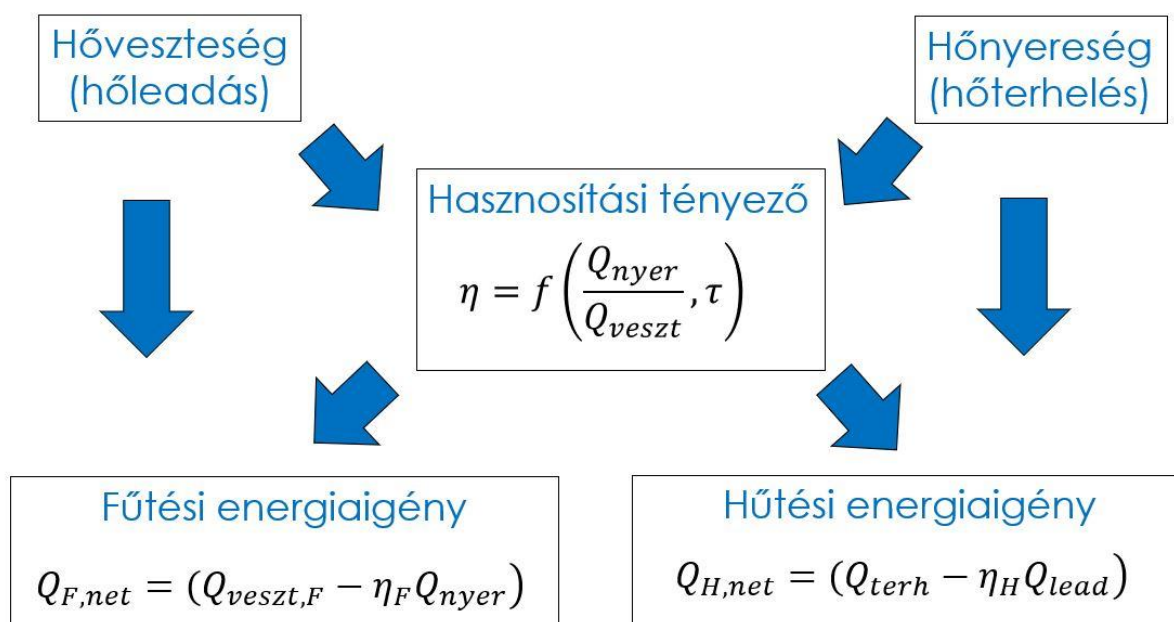
Az órai számításnak sok előnye van a havi számításhoz képest: például pontosabban figyelembe vehető a használat, szellőztetés menetrendje, az árnyékolók működtetése, az operatív és a léghőmérséklet közötti különbség (ld. 3.5. fejezet). A havi számításban az inputok átlagértékek: havi átlaghőmérséklet, 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 „tükörképe”. Fűtés esetén a transzmissziós és szellőzési hőátvitel hőveszteséggént, 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 felléphet, 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 hőhídkatalógus 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 hőhídmodell 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 oromfalak 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 egyensúly 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

- a) 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,
- b) 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 hőhídvesztéseknek 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 Wh/m³·K;

$\dot{V}_{ix}$ a kondicionált és a nem kondicionált tér közötti szellőző térfogatáram, m³/h;

$\dot{V}_{xe}$ a nem kondicionált tér és a külső környezet közötti szellőző térfogatáram, m³/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 légcseré (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 csatlakozásánál 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.

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

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],
$\theta_{e, \text{átlag}}$	a külső tér átlaghőmérséklete, havi átlagérték [°C],
$\theta_{e, \text{év}}$	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 vehetők 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 légcserre 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 befűvási 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:

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

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 a 29.3. táblázat szerint vehető fel. 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 függenek. 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):

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

A filtrációs légcsereszámot a 29.4 szerint lehet meghatározni.

A $\dot{V}_{LT,friss}$ értékére a 29.1. táblázat **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** ad iránymutatást ($\dot{V}_{LT}$).

A folyamatos működésű hővisszanyerő például lakóépületben jellemző. A képletben annyi az újdonság, hogy a térfogatáram mellett szorozóként 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 táblazata csak ajánlás (lakóépületek kivételével).

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

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

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.

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

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):

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

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):

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

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:

$$H_{f\ddot{u}lt,F/H} = 0,35 \cdot n_{f\ddot{u}lt} \cdot V \quad (6.27)$$

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 (Hiba! A hivatkozási forrás nem található.) [1/h]
$n_{f\ddot{u}lt}$	az épületburok tömítetlenségéből adódó légcseré növekmény (29.4) [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) (28.3. táblázat) [°C]
$\dot{V}_{LT,n,friss}$	szellőzési térfogatáram (csak a friss levegős hányad) a gépi szellőzés n. üzemmódjánál [m ³ /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 (28.3. táblázat) [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.

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

ahol

$\theta_{i,F/H}$	a zóna/épület parancsolt hőmérséklete fűtés/ hűtés esetén [$^{\circ}\text{C}$],
$\theta_{e, \text{átlag}}$	a külső tér átlaghőmérséklete, havi átlagérték [$^{\circ}\text{C}$],
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,

$F_{\text{árny},i}$	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] (28.2.4. pont).

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

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

ahol

A_{nyz} a nyílászáró területe [m²],

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 m²) nyílászárók esetén 50%.

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

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

ahol

$F_{\text{ü}}$ 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 a 31.1. táblázat tartalmaz tájékoztató adatokat.

Hűtési módban a társított (napvédő) szerkezeteket hatása is figyelembe vehető. Néhány jellegzetes árnyékoló típus $g_{\text{árny},H}$ árnyékolási tényezőjére a 31.5. táblázat tartalmaz tájékoztató adatokat. Fűtés esetén $g_{\text{árny},F} = 1$.

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 a 28.3 pontban található tájolás és hajlásszög függvényében megadott tényezők alkalmazásával számítható:

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

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 az 28.2.4. pontban előírt adatok.

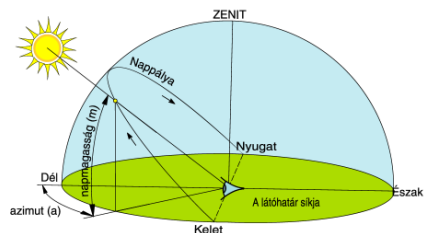
A sugárzási energiahozam értékek a korábbinál részletesebben, havi szinten vannak megadva. Értékük az órás felbontású klíma adatokból lett levezetve. 45°-os tájolásokra, valamint 0°, 30°, 45°, 60° és 90° hajlásszögre vonatkoznak.

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

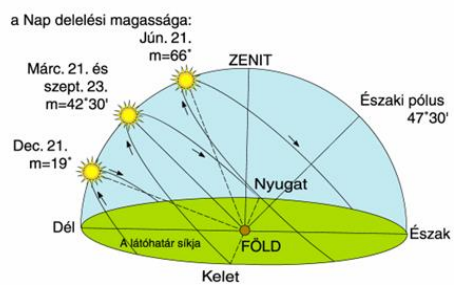
6.3.1.1 Benapozás vizsgálat

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.

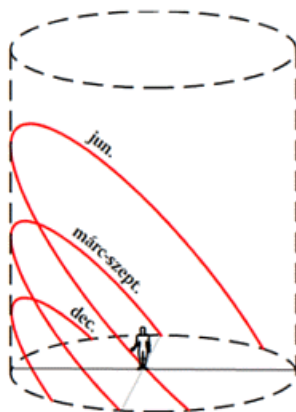
A Földről szemlélve a látszólagos nappályák síkjainak a függőlegestől mért dőlésszöge megegyezik az adott földrajzi hely szélességi fokával.



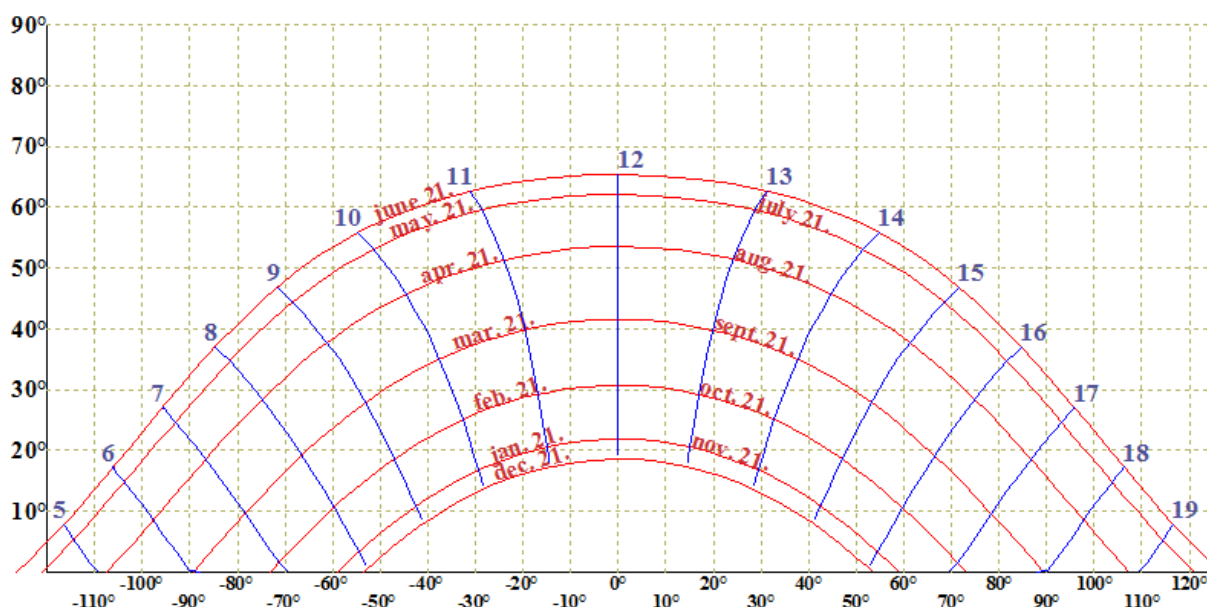
6.2. ábra: A Nap helyzetét meghatározó szögek [3]



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



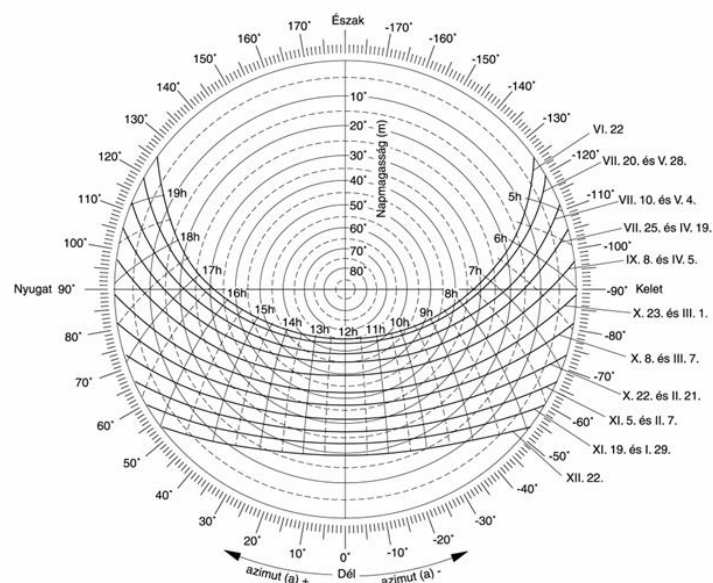
6.4. ábra: A hengeres nappály diagram származtatása



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.

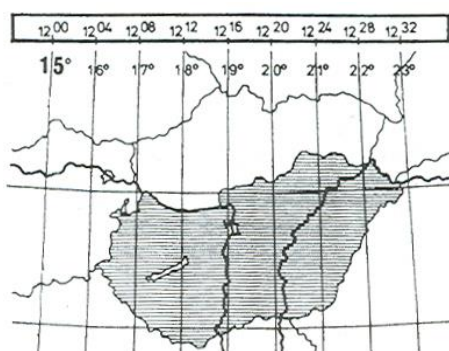
Egy másik vetítési mód a gömbi, amelynek több változata közül a mérsékelt éghajlati övben a sztereografikus vetítés a célszerű. (A szemlélő itt a Déli Sarkról figyeli a Nap látszólagos mozgását, tekintete a gömbfelszínre rajzolja a pályák vonalait, ezt vetítjük le). Ebben a diagramban az azimut szögeket 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.



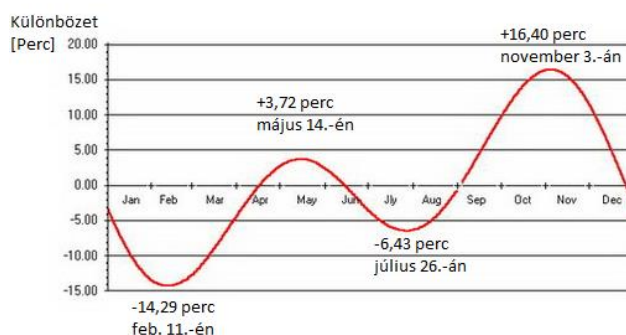
6.6. ábra, Sztereografikus nappálya diagram

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 körönként 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 későbbben delel - hosszúsági fokonként 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



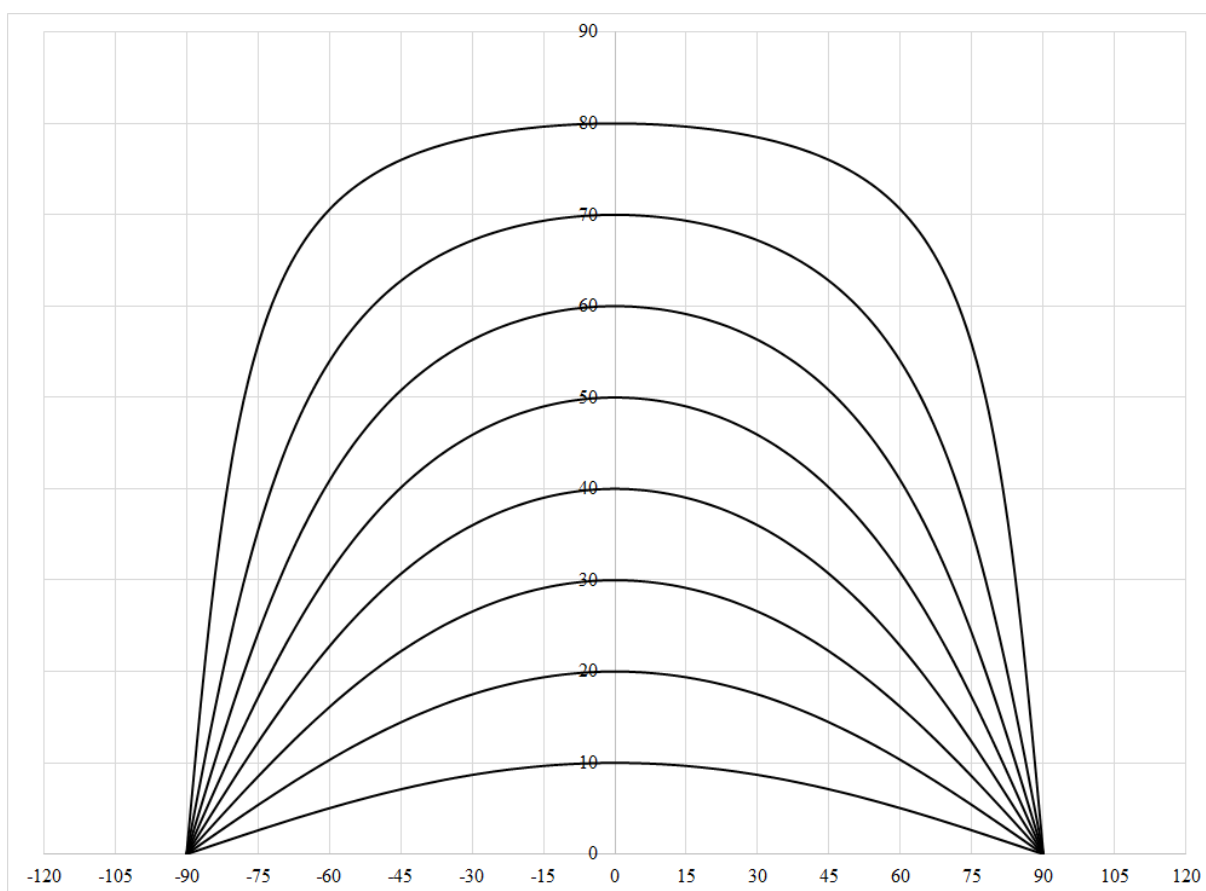
6.8. ábra, Időkorrekció a nem egyenletes keringési sebesség miatt

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”.

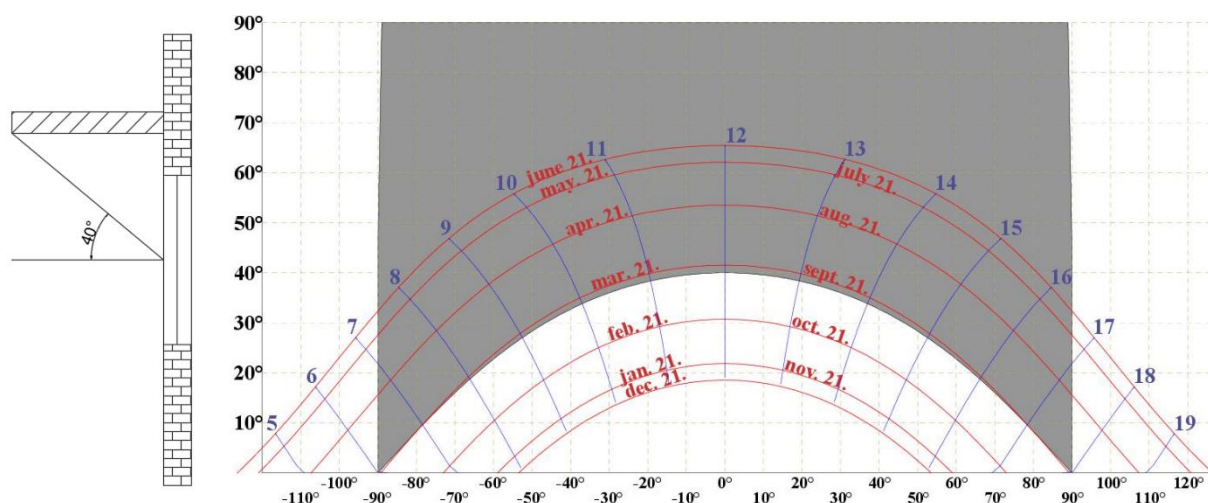
Ilyen akadály lehet egy párkány. Az ablakból a homlokzati síkra merőleges irányban kinézve a párkány élét valamilyen (függőleges síkban mért) szög alatt látjuk. Ha oldalra fordulunk, akkor ez a szög változik, kisebb lesz (6.9. ábra). Ezt az oldalra fordulás szögének függvényében felrajzolva kapjuk a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



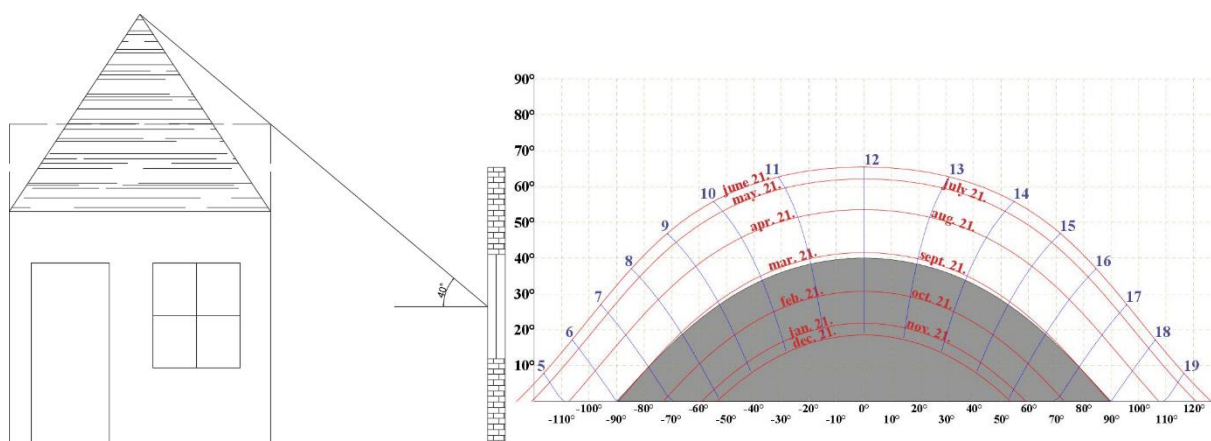
6.9. ábra: Az élleképző görbék származtatása



6.10. ábra: Élleképző görbesereg



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



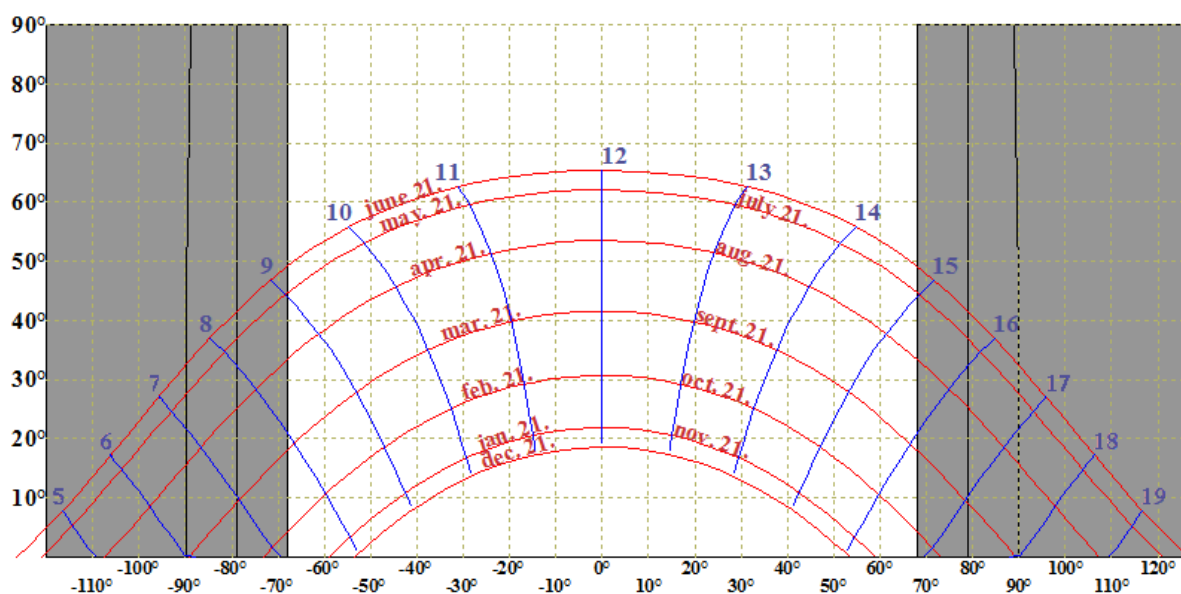
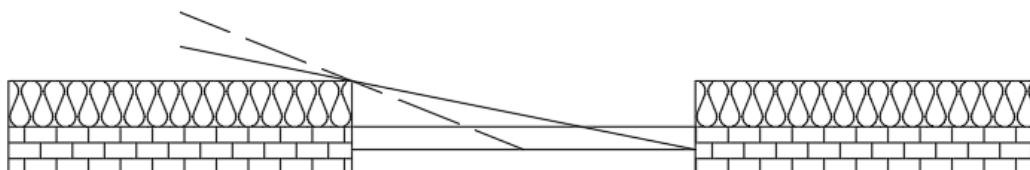
6.12. ábra: Az akadály egy szemközti épület, az égboltnak az él alatti része nem látható

A Nap és a vizsgált pont között a „kölsönös láthatóságot” akadályozó dolgot vízszintes élek határolják – ez a vízszintes élleképző görbékkel ábrázolható (6.10. ábra). Függőleges élek esetén az élleképző görbe is függőleges az árnyékmásk diagramban (pl. 6.13. ábra). Ha ezt az ábrát – az árnyékmáskot - (transparens 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).

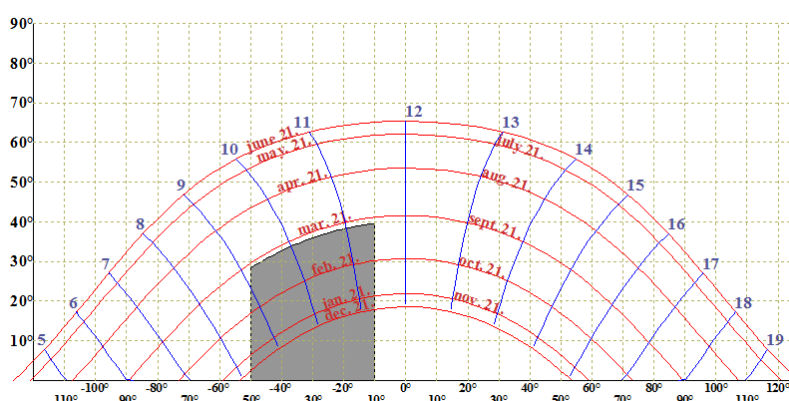
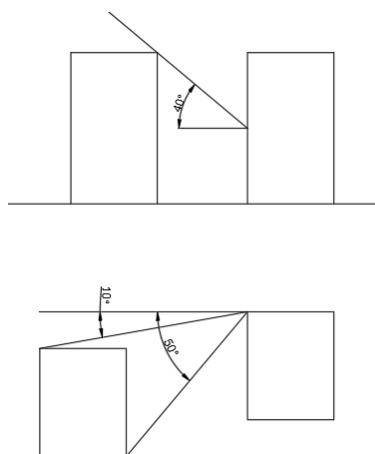
Ha a vizsgált felület déli tájolású, akkor az élleképző görbék vízszintes tengelyének nulla pontja és a nappálya diagram tengelyének nulla pontja fedésben van. Ha a vizsgált felület tájolása déltől eltérő, akkor az élleképző görbék vízszintes tengelyének nulla pontját a nappálya diagram ama pontjával 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.



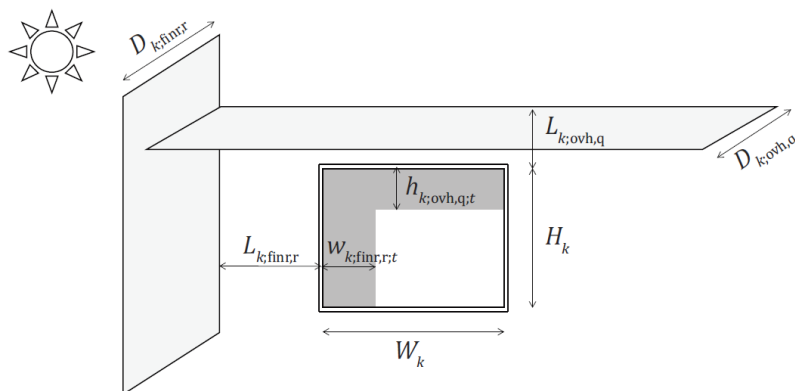
6.13. ábra: Az akadály két pofafal, az égboltnak a függőleges élek mögötti része nem látható, ezt az ábrában függőleges vonalak jelzik



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

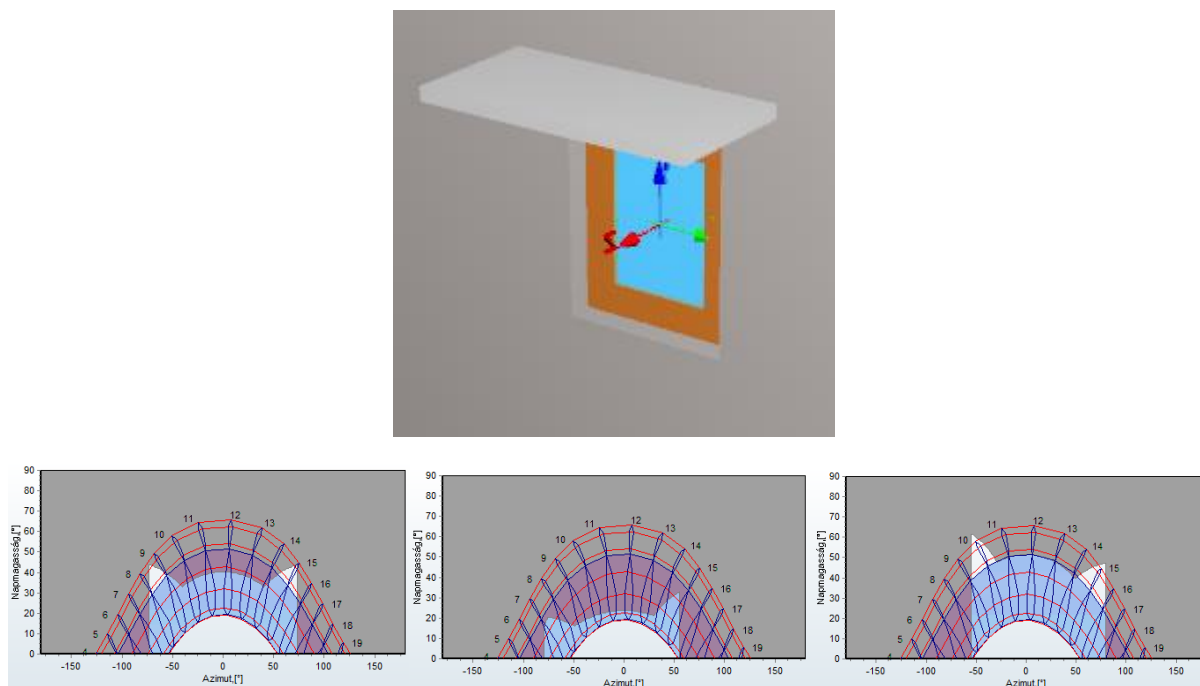
A 28.3 mellékletben található árnyékoltsági korrekciós tényezőket tartalmazó segéd táblázatok az MSZ EN ISO 52016-1 szabvány órai módszerével készültek. Az éghajlati adatokat a Rendelet dinamikus szimulációkhoz meghatározott éghajlati adataiból és az MSZ EN ISO 52010-1 szabvány alapján a 19° hosszúsági 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 árnyékvető szögek származtatását a 28.3 mellékletben található ábrák magyarázzák. **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.



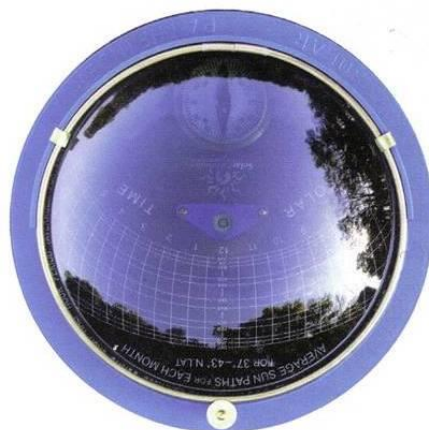
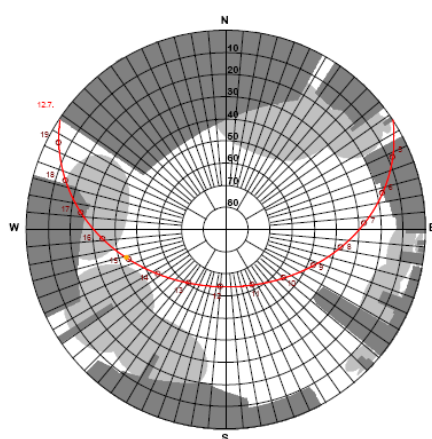
*Benapozottság az üvegezés
középpontjában*

*Benapozottság az üvegezés
bel felső sarkánál*

*Benapozottság az üvegezés
jobb alsó sarkánál*

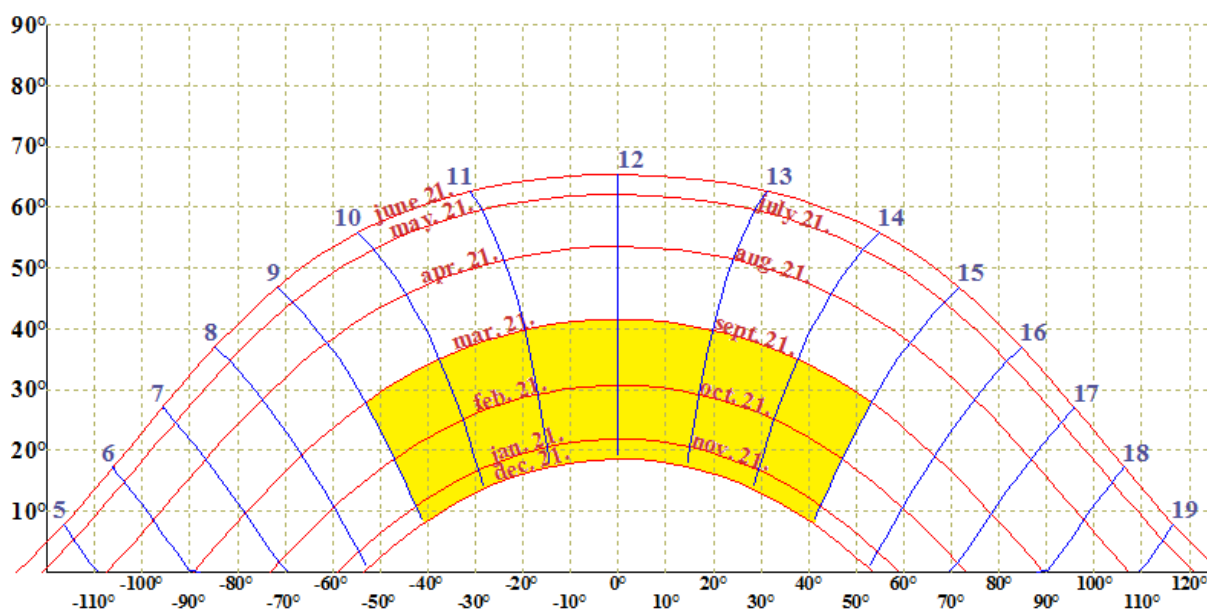
6.16. ábra: Az akadály egy párkány, az árnyékmásk háromdimenziós vizsgálattal készült (forrás: Auricon Energetic)

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 29. pont szerint kell felvenni. Más funkcióknál, referenciaépület módszer alkalmazása esetén a belső hőnyereségek meghatározhatóak a tényállapotnak megfelelően, a nettó alapterületre vonatkoztatott időben átlagolt értéként, vagy a 29. pont szerinti 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 29.5. táblázat szerint, az épület rendeltetésétől függően határozható meg.

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 $\geq 600 \text{ kg/m}^3$), álmennyezet és álpadló nélkül, belső hőszigetelés nélkül. Normál belmagasságú terek ($< 4,5 \text{ m}$).
4	560	nagyon nehéz épület	Nagyon nehéz külső és belső szerkezetek (vasbeton födém, külső és belső épületszerkezetek átlagos testsűrűsége $\geq 1600 \text{ kg/m}^3$), álmennyezet és álpadló nélkül, belső hőszigetelés nélkül. Normál belmagasságú terek ($< 4,5 \text{ m}$).

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 [J/m² K];

A_j a j épületszerkezet területe [m²];

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/m³];

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 hővesztésgtényezővel, 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

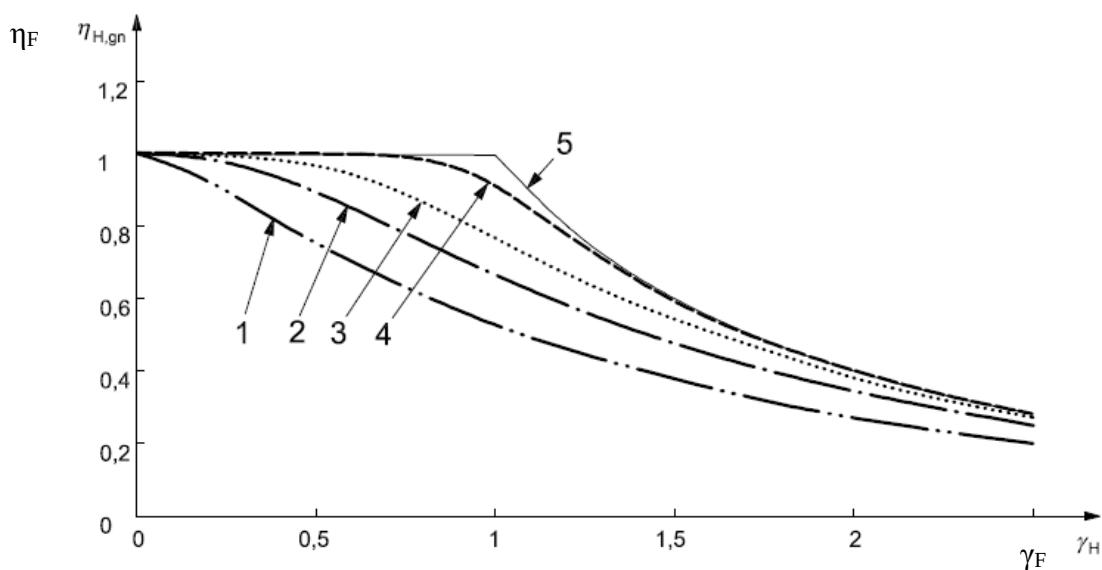
a_F numerikus tényező:

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

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 órá (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

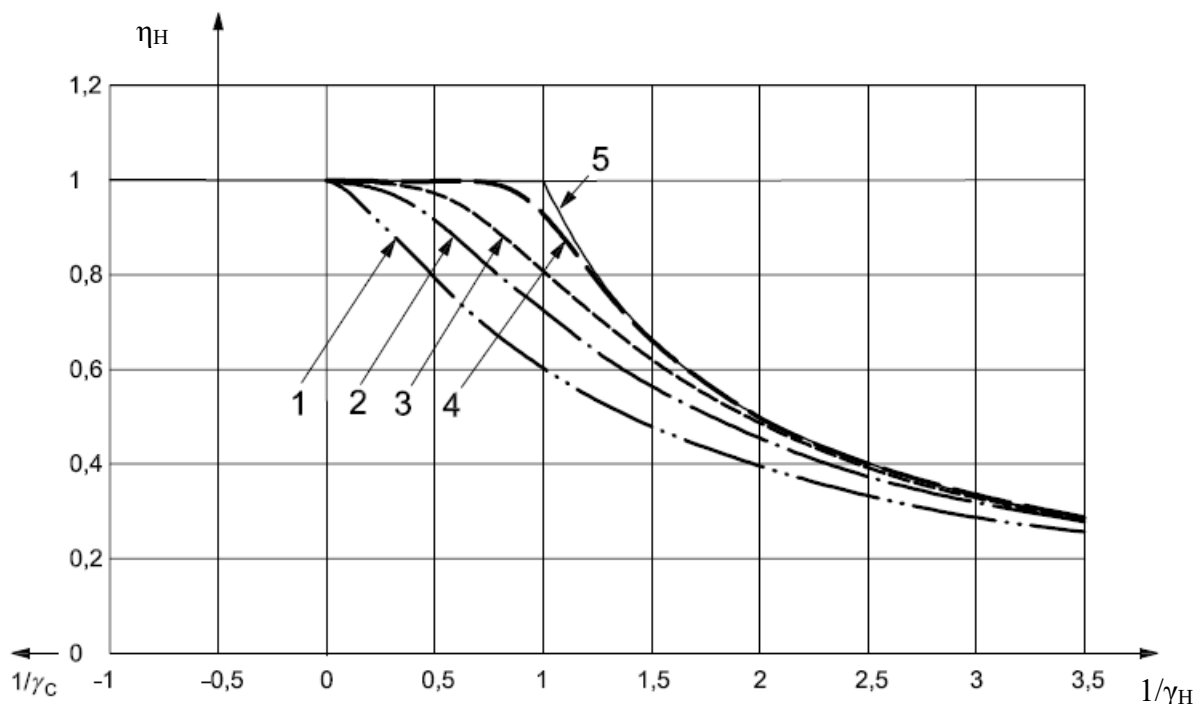
a_H hűtési numerikus tényező:

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

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 görbét. 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 a 29.6. táblázat szerint határozható meg.

A táblázatos érték csak azt az esetet kezeli, ha min. 2 nap/hét időtartamú a leszabályozás/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 28.2.3. pont 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:*

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

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

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

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

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 a 28. pont 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. *Ennek és az előző pontnak az illusztrálására a példatár tartalmaz egy példát (26.12).*

- Tülméretezés hatásfokra gyakorolt hatása figyelembe vehető részletes módszerrel a részterhelésre rendelkezésre álló hatásfok értékek és a részterhelésekhez tartozó üzemidők figyelembe vételével. *A tülméretezés 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 fedezik $\varepsilon = 1$ 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 kondicionálatlan terek esetén azt kell feltételezni, hogy a kondicionált tér épülettechnikai rendszere a kondicionálatlan térre is kiterjed.
- A különböző energiahordozóval működő rendszer elemek 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 rendszer elemek 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 hálózatra táplált vagy más fogyasztóknak átadott aktív megújuló energia
 - közelben termelt és az épületben felhasznált (ld. 14.3 pont) megújuló energia
 - távolban termelt és az épületben felhasznált (ld. 14.3 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.*

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 8.3.1.2 szerinti egyszerűsített módszer nem. *Tehát nem szabad ErP alapon vett hatásfokkal számolni a 8.3.1.2 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 ($\sim SCOP/2,5$). 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 8.3.2.2 szerinti egyszerűsített módszer nem.

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

Az eljárás alkalmazására mutat példát a 26.3. fejezet.

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 rendelethez 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 8.3.4.2 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

- 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.

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 $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,042$.

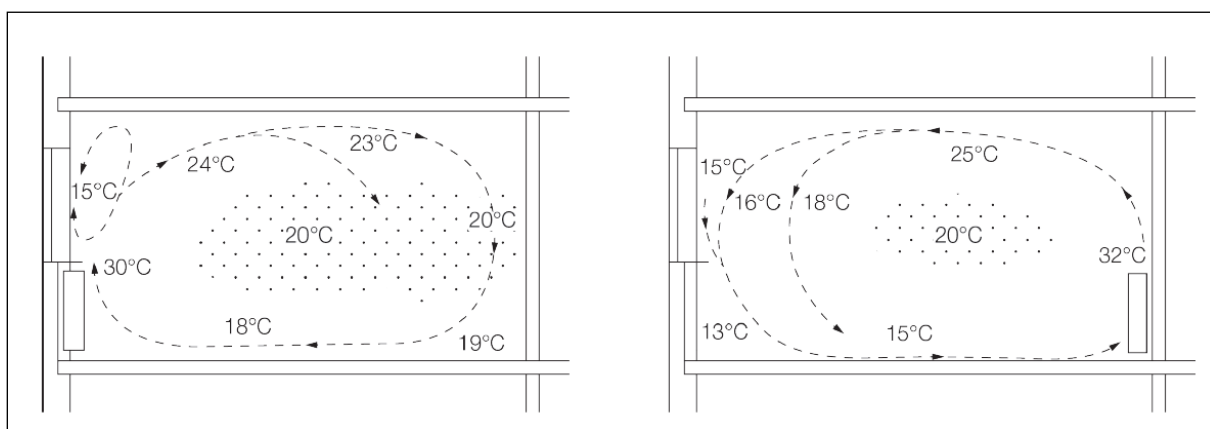
Ha a központi előremenő hőmérséklet szabályozáshoz helyiségenkénti hőmérséklet szabályozás (pl. radiátorok termosztatikus szelepes szabályozása) tartozik, akkor $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,042$.

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 hőtükkörrel 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 határolószerkezetek 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. kéziszzelep)	-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. 23.11. ábra). Ebből a szempontból kedvezőtlenebb a falfűtés, még inkább a mennyezetfűtés 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

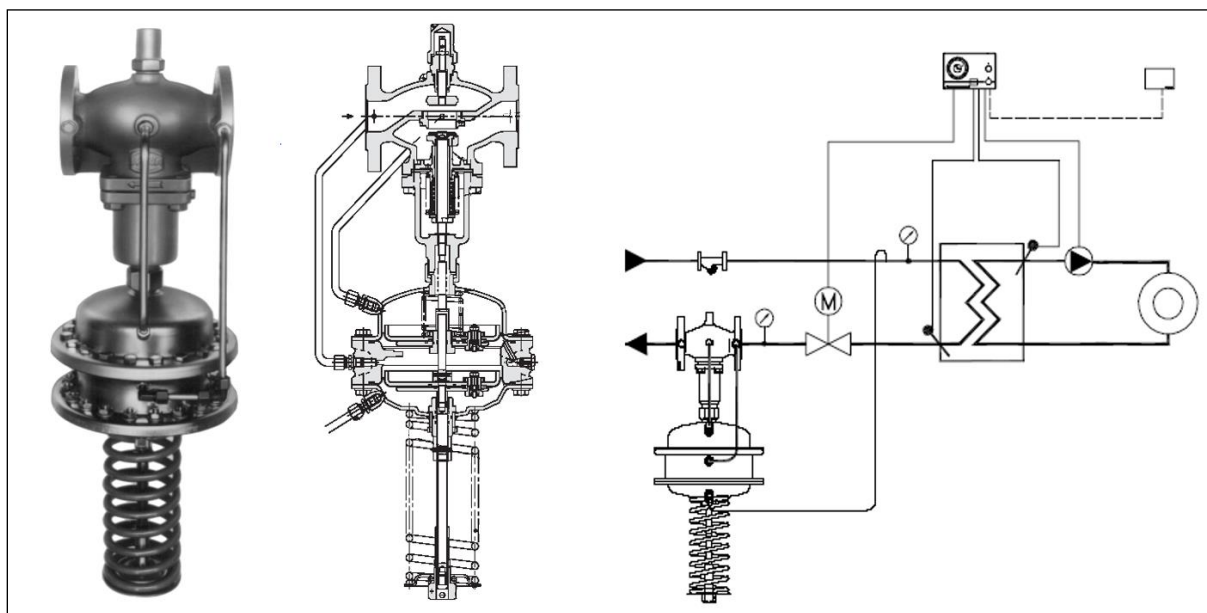
Szabályozási veszteségtényező alapértékei ($\varepsilon_{F,szab,o}$)		
Hőtermelő szabályozása	Szabályozás nélkül vagy központi előremenő hőmérséklet szabályozással, de helyiség-hőmérséklet szabályozás nélkül	1,149
	Szabályozás referencia helyiségre (ismeretlen szabályozó)	1,083
	Szabályozás referencia 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.

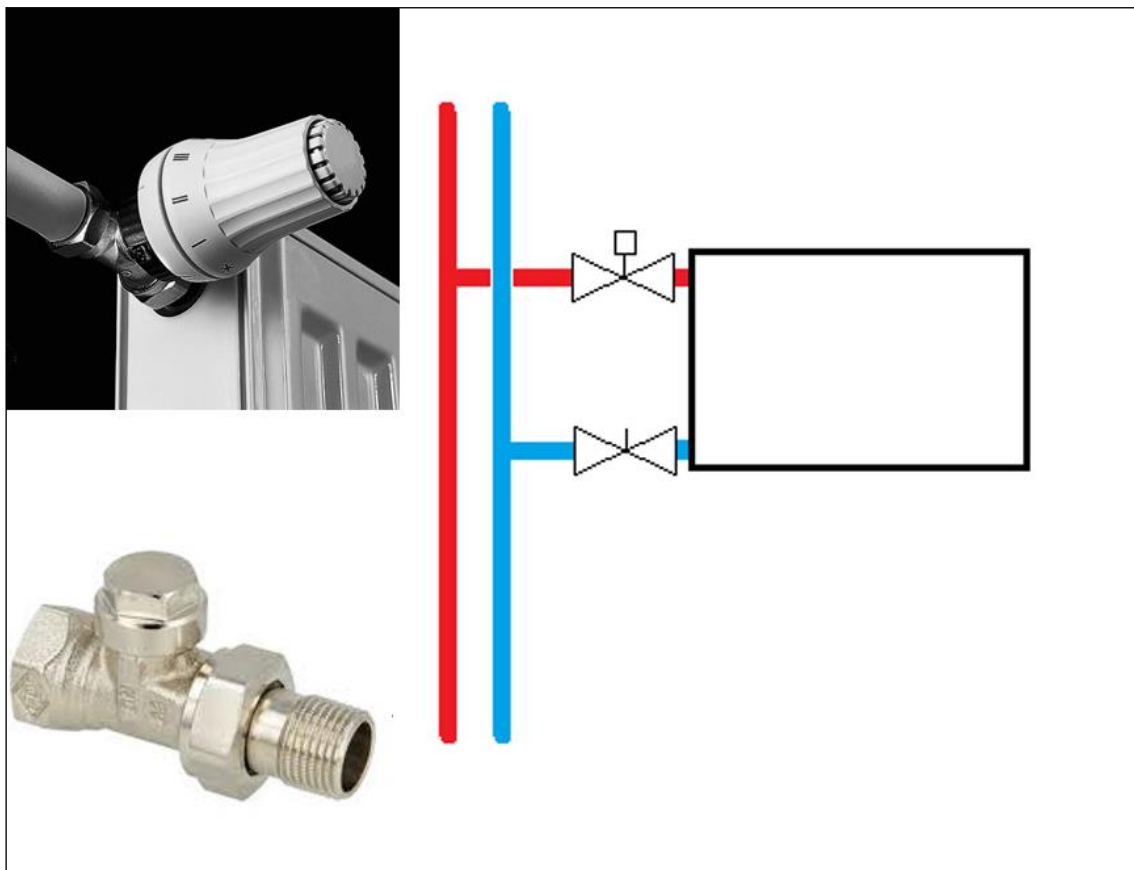
A korrekciós tényezőket a 8.12. táblázat tartalmazza. A korrekciós tényezők eltérnek az egy- és kétcsöves fűtésekre, illetve a kétcsöves fűtésekre a rendszer kiterjedtsége, azaz a hőleadók száma szerint. A korrekciós értékek kedvezőtlenebbek az egycsöves rendszerekre és a 10-nél több hőleadót tartalmazó 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.



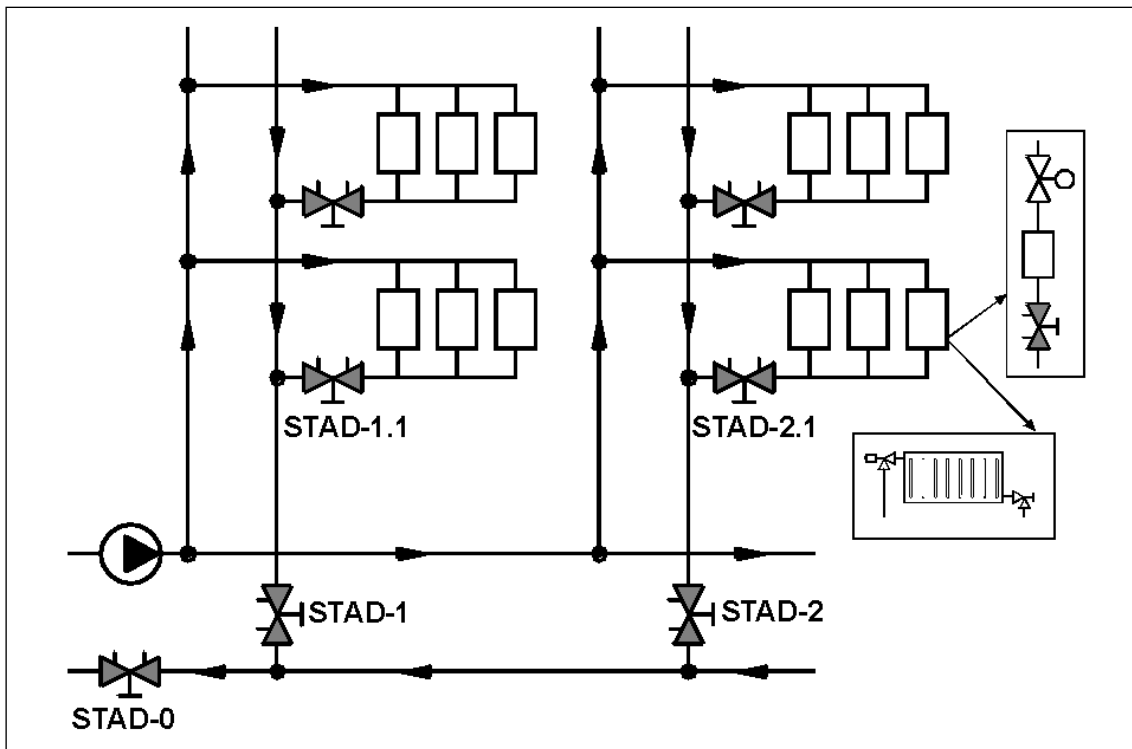
8.2. ábra: Nyomáskülönbség szabályozó – térfogatáram korlátozó (Δp -V) szelep, szerkezete és beépítése

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

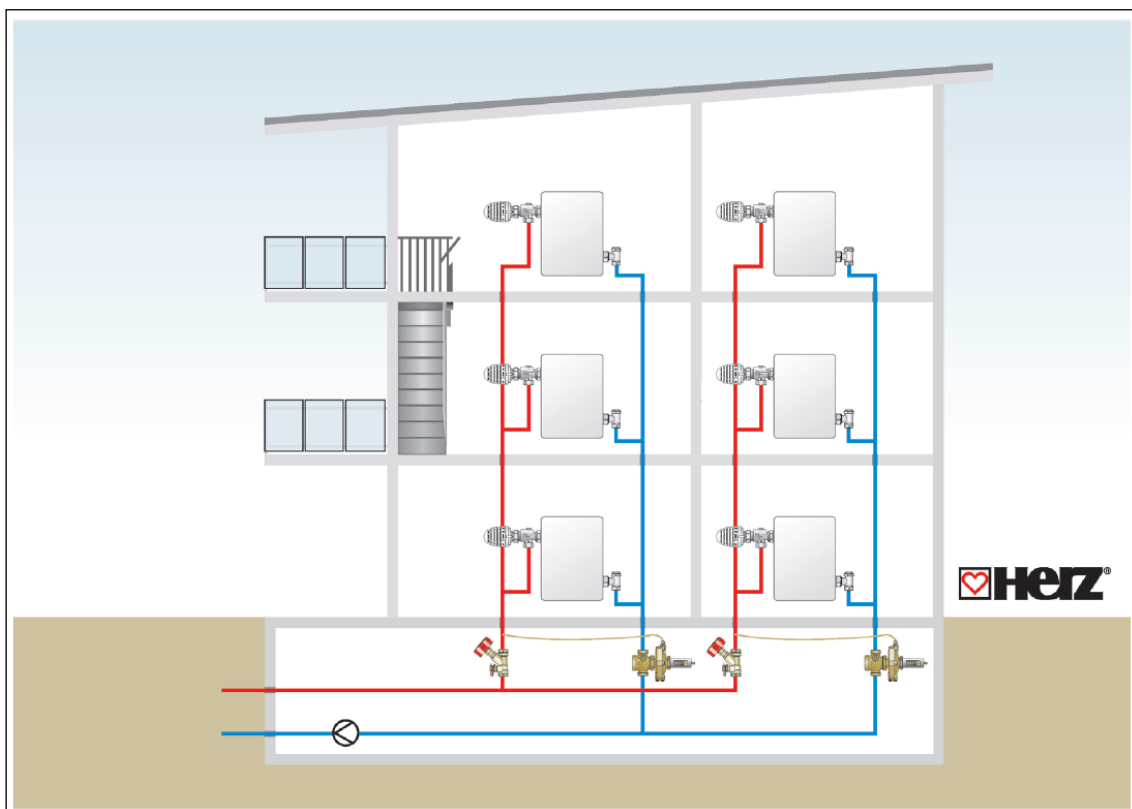
minőségű beszabályozás. A beszabályozás minősége szempontjából az értékelés sorrendje a dinamikus, majd statikus beszabályozás (8.4. ábra), az egyszerű beállítás és legrosszabbként a beállítás elmaradása. Köztes állapotot jelentenek, amikor az egyes hőleadók alacsonyabb szintű beszabályozással rendelkeznek, 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 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 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. *Ugyanúgy 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 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.

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 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

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 használati melegvíz ellátó rendszer energiefelhasználása

9.1 A melegvízellátás nettó hőenergia igénye

A használati melegvízellátó rendszer nettó hőenergia igényére (q_{HMV}) a 29.2. táblázat ad iránymutatást. Lakóépületek esetén a megadott értékek kötelezőek (*családi ház: 25 kWh/m²év*), *egyéb lakóépület: 30 kWh/m²év*), egyéb funkcióra ajánlottak. *A 80 m² feletti korrekció tehát megszűnt.*

A melegvíz teljes nettó hőigény meghatározása után a q_{HMV} értékét nettó kondicionált alapterületre kell fajlagosítani.

9.2 A melegvízellátó rendszer végső hő- és villamos energia fogyasztása

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

$$Q_{HMV,vég,j} = \Sigma(Q_{HMV,net} + Q_{HMV,sz\acute{a}ll} + Q_{HMV,t\acute{a}r}) \cdot \varepsilon_{HMV} \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] \quad (9.1)$$

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 HMV villamos segédenergia igényének meghatározásához az elosztás, a tárolás és a hőtermelő villamos segédenergia igényét kell összegezni.

$$W_{HMV,vég} = \Sigma(W_{HMV,sziv} + W_{HMV,term}) \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] \quad (9.2)$$

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. A $W_{HMV,sziv}$ a cirkulációs szivattyúk ($W_{HMV,sziv\_cirk}$) fogyasztásán kívül tartalmazza a kollektorköri ($W_{HMV,sziv\_szol}$) vagy talajkollektoros hőszivattyúk primerköri szivattyúk ($W_{HMV,sziv\_talaj}$) energiefelhasználását is.

$$W_{HMV,sziv} = \Sigma(W_{HMV,sziv\_cirk} + W_{HMV,sziv\_szol} + W_{HMV,sziv\_talaj}) \quad (9.3)$$

9.2.1 Napkollektorokkal termelt energia meghatározása

9.2.1.1 Egyszerűsített módszer

Az alábbi feltételek teljesülése esetén egyszerűsített *szezonális* módszer alkalmazható a napkollektorok által termelt hőenergia figyelembevételére:

- A napkollektorokkal kizárólag lakóépület HMV igényének fedezésére segítenek rá.
- A HMV tároló kollektorfelületre vetített térfogata eléri az 50 l/m² (kollektorfelület) arányt.

A módszer tehát szokványos méretezési feltételekre alkalmazható.

Első lépésben meghatározandó a végenergia igény azt feltételezve, mintha nem lenne napkollektor, azaz a másik hőtermelő (pl. gázkazán) fedezné a teljes HMV hőigényt:

$$Q_{HMV,vég,koll\_nélkül} = \Sigma(Q_{HMV,net} + Q_{HMV,szall} + Q_{HMV,tár}) \cdot \varepsilon_{HMV,2} \left[\frac{kWh}{év} \right] \quad (9.4)$$

ahol $\varepsilon_{HMV,2}$ a másik hőtermelő teljesítménytényezője.

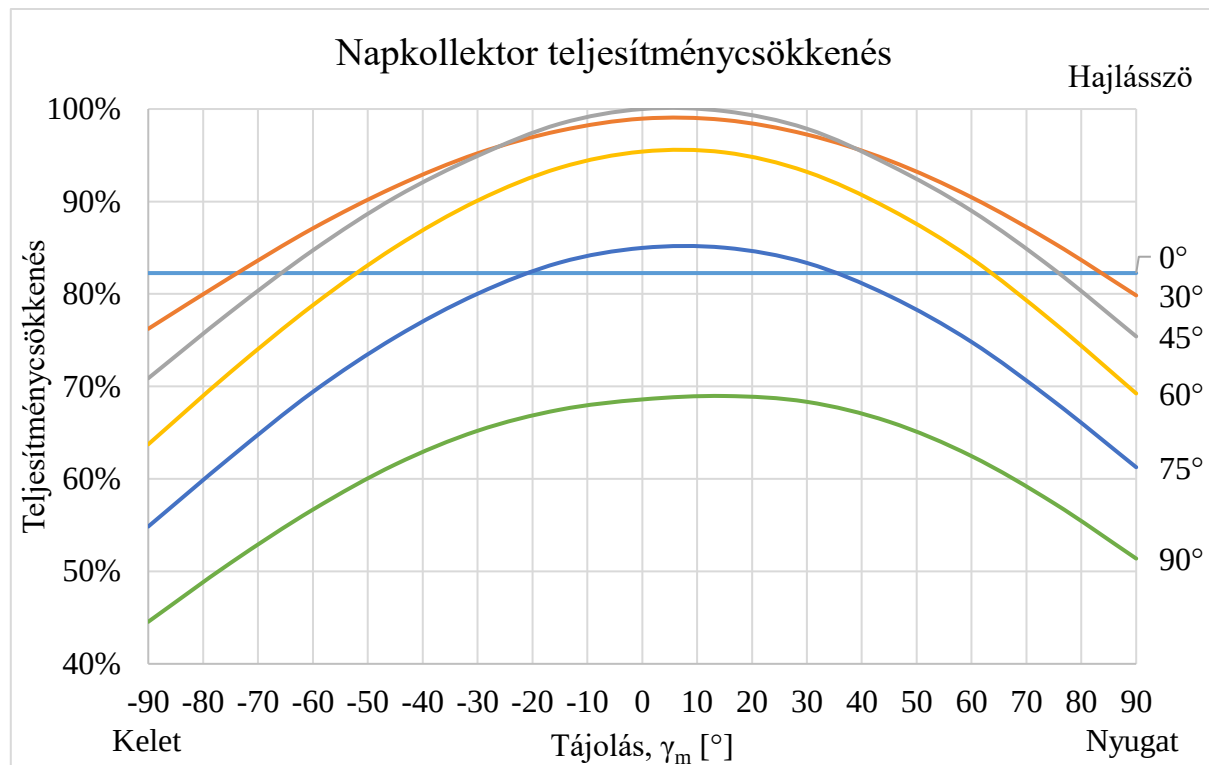
Ezután meghatározandó, hogy ennek az értéknek mekkora hányadát fedezi a napkollektoros rendszer ($Q_{HMV,vég,koll}$). Ehhez a maximális kollektortermelést ($Q_{koll,max}$), valamint a teljesítménycsökkentő tényezőt (k) kell meghatározni. A fajlagos kollektoros energiatermelés a következőképpen számítható:

$$Q_{HMV,vég,koll} = Q_{koll,max} \cdot k \quad (9.5)$$

A $Q_{koll,max}$ értéke síkkollektorokra a 9.1. táblázatból, vákuumcsöves kollektorokra a 9.2. táblázatból, a k értéke pedig az 9.1. ábrából olvasható ki, illetve a megadott leíró képletekből számítható ki.

A másik hőtermelőhöz (pl. gázkazán) tartozó végenergia igény pedig:

$$Q_{HMV,vég,2} = Q_{HMV,vég,koll\_nélkül} - Q_{HMV,vég,koll} \cdot \varepsilon_{HMV,2} \left[\frac{kWh}{év} \right] \quad (9.6)$$



9.1. ábra: A k teljesítménycsökkentő tényező meghatározása

A teljesítménycsökkentő tényező adott hajlásszögekhez tartozó leíró képlete hajlásszög (α_m) 0° - 90° és tájolás (γ_m) $-90^\circ - +90^\circ$ (kelet – nyugat) tartományra a következő:

$$k = (9,88 \cdot 10^{-9} \cdot \alpha_m^2 - 1,18 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha_m) \cdot \gamma_m^2 + (-4,99 \cdot 10^{-8} \cdot \alpha_m^2 + 9,25 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha_m) \cdot \gamma_m + (-1,17 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha_m^2 + 9,11 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_m + 0,821) \quad (9.7)$$

9.1. táblázat: Kollektortermelés ideális tájolás és hajlásszög esetén síkkollektorokra ($Q_{koll,max}$)

$\left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$		Rendszer alapterület $[m^2]$														
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	200	250	300
Bruttó kollektorfelület $[m^2]$	1,5	725	779	817	845	867	884	898	908	917	924	930	936	957	971	980
	2	844	944	1006	1053	1089	1119	1142	1160	1175	1187	1198	1207	1245	1268	1284
	2,5	911	1054	1159	1230	1283	1326	1362	1388	1411	1430	1446	1461	1517	1553	1578
	3	963	1123	1265	1373	1451	1510	1558	1595	1626	1653	1676	1696	1775	1826	1861
	4	1036	1224	1395	1547	1687	1796	1888	1948	1999	2043	2081	2115	2250	2337	2397
	5	1089	1295	1485	1661	1822	1971	2109	2206	2296	2367	2423	2472	2672	2803	2893
	6	1138	1349	1554	1745	1925	2093	2247	2377	2499	2599	2686	2765	3046	3227	3352
	7	1184	1398	1608	1813	2005	2187	2361	2502	2634	2758	2875	2979	3374	3610	3775
	8	1231	1445	1658	1868	2072	2264	2448	2605	2750	2883	3008	3126	3645	3956	4165
	10	1291	1539	1752	1968	2178	2387	2590	2762	2924	3077	3223	3360	4014	4518	4848

9.2. táblázat: Kollektortermelés ideális tájolás és hajlásszög esetén vákumsöves kollektorokra ($Q_{koll,max}$)

$\left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$		Rendszer alapterület $[m^2]$														
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	200	250	300
Bruttó kollektorfelület $[m^2]$	1,5	904	982	1025	1057	1081	1100	1116	1127	1137	1145	1152	1159	1183	1198	1208
	2	1023	1166	1268	1326	1367	1399	1426	1446	1463	1477	1489	1500	1541	1568	1585
	2,5	1096	1279	1424	1539	1620	1668	1708	1738	1763	1785	1803	1820	1883	1924	1951
	3	1145	1356	1535	1681	1808	1902	1964	2006	2041	2071	2097	2119	2209	2266	2305
	4	1225	1454	1669	1875	2046	2196	2332	2432	2515	2579	2623	2661	2814	2912	2979
	5	1271	1532	1762	1980	2192	2390	2558	2693	2813	2927	3022	3101	3359	3506	3608
	6	1289	1581	1838	2069	2290	2504	2713	2883	3028	3164	3281	3392	3842	4053	4194
	7	1303	1603	1890	2144	2376	2599	2815	3002	3182	3345	3484	3617	4201	4554	4741
	8	1311	1619	1916	2199	2451	2683	2908	3101	3286	3463	3634	3790	4462	4963	5248
	10	1320	1639	1949	2248	2541	2813	3063	3270	3467	3655	3835	4007	4866	5525	6048

9.2.1.2 Részletes módszer

A HMV célú napkollektoros hőhasznosítás részletes számítása az MSZ EN 15316-4-3 szabvány alapján történhet, de elfogadható a tervezői gyakorlatban használt szoftverek is amennyiben az alábbi feltételeket figyelembe veszik.

A részletes számítás során az alábbi rendszer paramétereket kell figyelembe venni:

- Lakóépületekre a HMV rendszer éves energiaigényét 29.2. táblázat szerint kell felvenni, majd havi módszer alkalmazása esetén a 9.3. táblázat szerint kell felosztani az egyes hónapokra.

9.3. táblázat: A HMV igény felosztása havi bontásban lakóépületek esetén

Hónap	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Havi HMV részarány [%]	9,09	9,22	8,84	8,8	8,5	7,66	6,87	6,95	7,92	8,41	8,7	9,04

- Egyéb rendeltetésű épületeknél a havi fogyasztások időarányosan, vagy a rendeltetésből adódó igények szerint határozhatók meg.
- A számításokat 10,9 °C-os hidegvíz hőmérsékletre kell elvégezni.
- A külső hőmérsékleti, valamint a napsugárzás adatokat a 28. pont tartalmazza.

9.3 A melegvíz-termelés teljesítménytényezői és fajlagos segédenergia igényei

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 (kivéve elektromos üzemű készülékek).

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

$$\varepsilon_{HMV} = \frac{1}{\eta_s} \quad (9.8)$$

Az eljárás helyett részletes módszer alkalmazható, de a 9.3.1.2 szerinti egyszerűsített módszer nem.

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

9.3.1.2 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatályán kívüli készülékek)

9.4. táblázat: Kazánüzemű HMV készítés teljesítménytényezője, ε_{HMV} és fajlagos segédenergia igénye, $\frac{W_{HMV,term}}{A_{rszr}}$

	Teljesítménytényező					Segédenergia	
	ε_{HMV} [-]					$\frac{W_{HMV,term}}{A_{rszr}}$ [kWh/m ² év]	
Alapterületig A_{rszr} [m ²]	Állandó hőm. Kazán (olaj és gáz)	Alacsony hőm. kazán	Kondenzációs kazán	Kombikazán ÁF/KT*	Kondenzációs kombikazán ÁF/KT*	Kombikazán	Más kazánok
100	1,82	1,21	1,17	1,27/1,41	1,23/1,36	0,20	0,30
150	1,71	1,19	1,15	1,22/1,32	1,19/1,28	0,19	0,24
200	1,64	1,18	1,14	1,20/1,27	1,16/1,24	0,18	0,21
300	1,56	1,17	1,13	1,17/1,22	1,14/1,19	0,17	0,17
500	1,46	1,15	1,12	1,15/1,18	1,11/1,15	0,17	0,13
750	1,40	1,14	1,11				0,11
1000	1,36	1,14	1,10				0,10
1500	1,31	1,13	1,10				0,084
2500	1,26	1,12	1,09				0,069
5000	1,21	1,11	1,08				0,054
10000	1,17	1,10	1,08				0,044

A táblázatban az ÁF jelölés a fűtőkazán integrált HMV készítéssel, hőcserélő átfolyós üzemmódban ha, $V < 2$ l, a KT jelölés a fűtőkazán integrált HMV készítéssel, hőcserélő kis tárolóval ha, $2 < V < 10$ l.

9.5. táblázat: Szilárd- és biomassza tüzelés teljesítménytényezője, ε_{HMV} [-]

Vegyes tüzelésű kazán	Tűzifa (hasábfá) tüzelésű kazán	Pellettüzelésű kazán	Faellgázosító kazán
2,00	1,9	1,2	1,3

A táblázatban egyes értékek a korábbiakhoz képest módosultak.

9.6. táblázat: Szilárd- és biomassza tüzelés segédenergia igénye $\frac{W_{f,term}}{A_{rszr}} [kWh/m^2\text{év}]$

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

9.3.2 Elektromos üzemű HMV termelés

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 rendelete (2013. február 18.) hatálya alá tartozik.

Elektromos üzemű készülékek esetén a teljesítménytényező a 811/2013/EU rendelete szerint a készülékre kiállított energiacímkén szereplő szezonális hatásfok érték reciprokának 2,5-szerese (η_s):

$$\varepsilon_{HMV} = \frac{1}{2,5 \cdot \eta_s} \quad (9.9)$$

Az eljárás helyett részletes módszer alkalmazható, de a 9.3.2.2 szerinti egyszerűsített módszer nem.

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

9.3.2.2 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatályán kívüli készülékek)

9.7. táblázat. Elektromos üzemű HMV készítés teljesítménytényezője, ε_{HMV}

		Teljesítménytényező
		$\varepsilon_{HMV} [-]$
Elektromos fűtőpatron		1,0
Átfolyós vízmelegítő, tároló		1,0
Hőszivattyú HMV készítésre	Levegő	0,45
	Víz	0,34
	Talajhő	0,38
	Távozó levegő	0,38
	Távozó levegő/Friss levegő hővisszanyerő $\eta_r=0,6$	0,40
	Távozó levegő/Friss levegő hővisszanyerő $\eta_r=0,8$	0,42
	Pince levegő	0,33

A táblázatban egyes értékek a korábbiakhoz képest módosultak.

9.3.3 Egyéb hőtermelők

9.3.3.1 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 hatálya alá tartozik.

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

$$\varepsilon_{H MV} = \frac{1}{\eta_s} \quad (9.10)$$

Az eljárás helyett részletes módszer alkalmazható, de a 9.3.2.2 szerinti egyszerűsített módszer nem.

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

9.3.3.2 Egyszerűsített módszer (ErP irányelv hatályán kívüli készülékek)

9.8. táblázat: Egyéb H MV készítő rendszerek teljesítménytényezője, $\varepsilon_{H MV}$ és villamos segédenergia igénye, $\frac{W_{H MV,term}}{A_{rszr}}$

Rendszer	Teljesítménytényező	Segédenergia
	$\varepsilon_{H MV}$ [-]	$\frac{W_{H MV,term}}{A_{rszr}}$ [kWh/m ² év]
Gázüzemű bojler	1,22	0
Átfolyós gáz-vízmelegítő	1,30	0
Szilárdtüzelésű fürdőhenger	2,00	0

9.3.4 Távhőszolgáltatás

Távhőszolgáltatás esetén a teljesítménytényező: $\varepsilon_F=1,01$, a villamos segédenergia igény hőközpontonként: 265 kWh/a.

9.4 A melegvíz tárolás fajlagos vesztesége

9.4.1 Egyszerűsített módszer

9.9. táblázat: A melegvíz-tárolás fajlagos vesztesége, $\frac{Q_{H MV, tár}}{Q_{H MV, net}}$ (a tároló a fűtött légtérben belül)

	A tárolás hővesztesége a nettó melegvíz-készítési hőigény százalékában			
Alapterületig A_{rszr} [m ²]	A tároló a fűtött légtérben belül			
	Indirekt fűtésű tároló	Csúcsos kívüli árammal működő elektromos bojler	Nappali árammal működő elektromos bojler	Gázüzemű bojler
	%	%	%	%
100	24	20	13	78
150	17	16	10	66
200	14	14	8	58
300	10	12	7	51
500	7	8	6	43
> 500	5	6	5	35

9.10. táblázat: A melegvíz-tárolás fajlagos vesztesége, $\frac{Q_{H MV, tár}}{Q_{H MV, net}}$ (a tároló a fűtött légtérben kívül)

	A tárolás hővesztesége a nettó melegvíz-készítési hőigény százalékában			
Alapterületig A_{rszr} [m ²]	A tároló a fűtött légtérben kívül			
	Indirekt fűtésű tároló	Csúcsos kívüli árammal működő elektromos bojler	Nappali árammal működő elektromos bojler	Gázüzemű bojler
	%	%	%	%
100	28	24	16	97
150	21	20	12	80
200	16	16	10	69
300	12	14	8	61
500	9	10	6	53
750	6	8	5	49
1000	5	8	4	46
1500	4	7	4	40
2500	4	6	3	32
5000	3	5	2	26
10000	2	4	2	22

9.4.2 Részletes módszer

Részletes módszerként alkalmazható az 15316-5 szabvány. Az elosztási veszteségek a

$$Q_{HMV,tár} = Q_{HW;sto;ls,nrbl} + Q_{HW;sto;ls,rbl} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (9.11)$$

összefüggéssel határozhatók meg a HMV tárolóra (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.

9.5 A melegvíz elosztás veszteségei

9.5.1 Egyszerűsített módszer

Az elosztási veszteség értékeit az adott zónához tartozó nettó HMV hőigény százalékában adja meg a 9.11. táblázat.

9.11. táblázat: A melegvíz elosztó és cirkulációs vezeték fajlagos energiaigény, $\frac{Q_{HMV,száll}}{Q_{HMV,net}}$

	Az elosztás hővesztesége a nettó melegvíz készítési hőigény százalékában			
	Cirkulációval		Cirkuláció nélkül	
Alapterületig $A_{rszr} [m^2]$	Elosztás a fűtött téren kívül	Elosztás a fűtött téren belül	Elosztás a fűtött téren kívül	Elosztás a fűtött téren belül
	%	%	%	%
100	28	24	13	10
150	22	19		
200	19	17		
300	17	15		
500	14	13		
750	13	12		
> 750	13	12		

9.5.2 Részletes módszer

Részletes módszerként alkalmazható az MSZ-EN-15316-3 szabvány. Az elosztási veszteségek a

$$Q_{HMV,száll} = Q_{HW,dis,ls} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (9.12)$$

összefüggéssel határozhatók meg (a jobb oldalon a szabvány jelöléseit használva).

9.6 A szivattyúk fajlagos segédenergia igényei

9.6.1 Egyszerűsített módszer

A 641/2009/EK keringető szivattyúkra vonatkozó rendelet értelmében a tömszelence nélküli önálló keringetőszivattyúk és a termékekbe beszerelt keringetőszivattyúk energiahatékonysági mutatója (EEI) 2015. augusztus 1-jétől legfeljebb 0,23 lehet.

9.12. táblázat: A cirkuláció fajlagos segédenergia igénye, $\frac{W_{HMV,sziv,cirk}}{A_{rszr}}$

Alapterületig $A_{rszr} [m^2]$	Fajlagos segédenergia igény $[kWh/m^2 \text{ év}]$		
	EEI nem ismert	EEI=0,23	EEI=0,17
100	1,14	1,06	0,98
150	0,82	0,73	0,65
200	0,66	0,55	0,44
300	0,49	0,38	0,33
500	0,34	0,26	0,22
750	0,27	0,20	0,17
1000	0,22	0,16	0,13
1500	0,18	0,13	0,11
2500	0,14	0,11	0,10
5000	0,11	0,09	0,08
> 5000	0,10	0,08	0,07

A 9.2.1.1. pontban leírt feltételek fennállása esetén a napkollektoros rendszer szolárköri szivattyújának a szivattyúzási energiaigénye:

$$W_{HMV,sziv\_szol} = 2 \cdot (25 + 2 \cdot A_{koll}) \left[\frac{kWh}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{\text{időszak}} \right] \quad (9.13)$$

ahol

A_{koll} Bruttó összes kollektor felület $[m^2]$.

Amennyiben egyéb segédenergia igények is felmerülnek, akkor azok értékét is figyelembe kell venni.

9.6.2 Részletes módszer

A fajlagos villamos segédenergia igények részletes számítását az MSZ EN 15316-3 szabvány alapján lehet elvégezni.

A hőelosztás segédenergia igénye a

$$W_{HMV,sziv} = W_{HW,dis} \left[\frac{kWh}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{\text{időszak}} \right] \quad (9.14)$$

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) (28.3. táblázat) [°C]
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 (28.3. táblázat) [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 légcsatornák 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 légcsonnak 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 légcsonnak 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 légcsonnak f_v veszteségtényezője fűtött téren kívül haladó légcsonnak esetén $f_v = 1$, fűtött térben haladó vezetékeknel $f_v = 0,15$ értékkel számítható.

10.1.5.4 Ventilátorok hatásfoka

A ventilátor összh hatásfoka 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 összh hatásfoka

	Ventilátor térfogatárama $\dot{V}_{LT}$ [m ³ /h]	Ventilátor összh hatásfoka 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 befűvőszekethez 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.

11 Hűtési rendszer energiafelhasználása

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:

$$Q_{H,vég,j} = \sum Q_{H,net} \cdot c_H \cdot \varepsilon_{H,szab} \cdot \varepsilon_{H,szall} \cdot \varepsilon_H \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (11.1)$$

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.

$$W_{H,vég} = \sum W_{H,seg} \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kWh}{időszak} \right] \quad (11.2)$$

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 hűtőteltjesítményének aránya hatását kifejező c_H tényezőre néhány jellegzetes esetben ad irányadó értékeket a 11.1 táblázat.

11.1. táblázat: A berendezés teljes és az érezhető hűtőteltjesítményének 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:

$$\varepsilon_H = \frac{1}{SEER} \quad (11.3)$$

A szezonális teljesítménytényező és hűtési teljesítménytényező értékek az 11.2. táblázatból olvashatók ki:

11.2. 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) folyadékűtő	3,0	0,33
Vízűtéses folyadékűtők (scroll kompresszor)	4,3	0,23
Vízűtéses folyadékűtők (csavar kompresszor)	5,0	0,20
Vízűtéses folyadékűtők (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 ($\varepsilon_{H,szall} = 1$). Részletes módszerként alkalmazható az MSZ-EN-15316-3 szabvány.

11.1.4 Szabályozási veszteségek

11.3. táblázat: Szabályozási veszteségtényező hűtés esetén

	$\varepsilon_{H,szab}$
<i>Víz hőhordozó közeg</i>	
Hűtött víz 6 °C / 12 °C (pl. fan coil)	1,130
Hűtött víz 8 °C / 14 °C (pl. fan coil)	1,100
Hűtött víz 14 °C / 18 °C (pl. indukciós berendezés)	1,000
Hűtött víz 16 °C / 18 °C (pl. hűtőmennyezet)	1,000
Hűtött víz 18 °C / 20 °C (pl. padlóhűtés)	1,100
<i>Levegő hőhordozó közeg</i>	
Befúvó és elszívó berendezés passzív hűtéssel (pl. talajhőcserélővel)	1,000
Befúvó és elszívó berendezés aktív hűtéssel (pl. hőszivattyús hővisszanyeréssel)	1,100
<i>Hűtőközeg hőhordozó</i>	
Direkt elpárologtatás	1,130

11.2 Részletes módszer

Részletes módszerként alkalmazhatók a MSZ EN 16798-13, MSZ EN 16798-15 és a MSZ EN 16798-9 szabványok.

12 A beépített világítás energiafelhasználása

Lakóépületek esetén a beépített világítás energiafelhasználását nem számoljuk be az energiamérlegbe. Udvari, utcai, közterületi világítást szintén nem veszünk figyelembe.

12.1 Egyszerűsített módszer

A beépített világítás éves villamos energiafogyasztása:

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

$$W_{V,vég} = \sum_j (F_{fe} \cdot P_j \cdot F_{szab} \cdot (t_{nappal} F_{nappal} + t_{éjjel})) / 1000 + w_{vész} + w_{standby} \cdot A_j \quad \left[\frac{kWh}{év} \right] \quad (12.1)$$

A beépített világítás fajlagos névleges elektromos teljesítménye:

$$P_j = \frac{MV}{FH \cdot \eta_{vil}} \quad \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (12.2)$$

ahol

$W_{V,vég}$ A beépített világítás éves végső villamos energiafelhasználása $\left[\frac{kWh}{év} \right]$,

P_j A beépített világítás fajlagos névleges elektromos teljesítménye a j. zónában $\left[\frac{W}{m^2} \right]$,

MV A helyiségre / zónára előírt megvilágítás $[lx]$ - **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**

FH Fényforrások fényhasznosítása $\left[\frac{lm}{W} \right]$ - 12.1. táblázat

η_{vil} Fényforrások hatásfoka $[-]$ - 12.2. táblázat

F_{fe} A fényerő szabályozhatóságát kifejező tényező $[-]$ - 12.3. táblázat

$F_{kihaszn}$ Kihasznátsági mutató $[-]$ - 12.4. táblázat

F_{szab} Szabályozás típusát kifejező tényező, mely a kihasznátsági mutatótól függ $[-]$ - 12.5. táblázat

t_{nappal} Nappali órák száma $[h]$ - 12.6. táblázat

F_{nappal} Természetes megvilágítás szerepét kifejező tényező $[-]$ - 12.7. táblázat

$t_{éjjel}$ Éjszakai órák száma $[h]$ - 12.6. táblázat

$w_{vész}$ Vészvilágítás energiaigénye $\left[\frac{kWh}{m^2 év} \right]$,

$w_{standby}$ Világítás vezérlésének készenléti energiaigénye $\left[\frac{kWh}{m^2 év} \right]$,

A_j A zóna nettó alapterülete $[m^2]$.

A vészvilágítás energiaigénye:

$$w_{vész} = 0 \frac{kWh}{m^2 \cdot év}, \text{ ha nincs vészvilágítás}$$

$$w_{vész} = 1 \frac{kWh}{m^2 \cdot év}, \text{ ha van vészvilágítás}$$

Vészvilágítás: a biztonsági világítások, az irányfény és a pánik elleni világítás gyűjtő elnevezése.

A világítás vezérlésének készenléti energiaigénye:

$$w_{standby} = 0 \frac{kWh}{m^2 \cdot év}, \text{ ha nincs stand-by fogyasztás}$$

$$w_{standby} = 1,5 \frac{kWh}{m^2 \cdot év}, \text{ ha van stand-by fogyasztás}$$

12.1. táblázat: Fényforrások fényhasznosítása

Fényforrás	Fényhasznosítás, FH $\left[\frac{lm}{W}\right]$
Normál izzólámpa	15
Halogén izzólámpa	20
Fénycső	75
Kompakt fénycső	70
Higanylámpa	50
Fémhalogén lámpa	87
LED	120

12.2. táblázat: Fényforrások hatásfoka

Fényforrás típusa	Hatásfok, $\eta_{vil} [-]$
Üvegburás, parabolatükrös	0,5
Opál burás	0,3
LED esetén minden változatban	0,5

12.3. táblázat: A fényerő szabályozhatóságát kifejező tényező értékei

Világítási rendszer	$F_{fe} [-]$
Nem dimmelhető világítási rendszer	1
Dimmelhető halogén fényforrás	0,9
Dimmelhető fénycső	0,8
Dimmelhető LED	0,7

Dimmelhetőség: a világítási rendszer azon tulajdonsága, mely lehetővé teszi a fényerő szabályozhatóságát.

12.4. táblázat: A kihasználtsági mutató értékei

Épület funkciója	$F_{kihaszn}$ [-]
Múzeum	0
Könyvtár	0
Üzem	0
Hotel, Étterem	0
Színház, auditorium	0
Iroda	0,2
Oktatási intézmény	0,2
Kórház	0,2
Sportcsarnok	0,3
Konferenciaterem, Kiállító terem	0,5

12.5. táblázat: A szabályozás típusától függő tényező (F_{szab}) a kihasználtsági mutató ($F_{kihaszn}$) függvényében

F_{szab}	$F_{kihaszn}$ [-]										
	0,0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Kézi be- és kikapcsolás	1	1	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0
Automatikus bekapcsolás/dimmelhető	1	0,975	0,975	0,95	0,85	0,65	0,55	0,45	0,35	0,25	0
Automatikus be- és kikapcsolás	1	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0
Kézi bekapcsolás/dimmelhető	1	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0
Kézi bekapcsolás, automatikus kikapcsolás	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0

12.6. táblázat: Évi üzemórák száma

Épülettípus	Évi üzemórák száma [h/év]		
	t _{nappal}	t _{éjjel}	t _{össz}
Irodaépület	2250	250	2500
Oktatási épület	1800	200	2000
Kórház	3000	2000	5000
Hotel	3000	2000	5000
Étterem	1250	1250	2500
Sportközpont	2000	2000	4000
Kereskedelmi egység	3000	2000	5000
Üzem	2500	1500	4000

12.7. táblázat: A természetes megvilágítás szerepét kifejező tényező

Homlokzati üvegezési arány (teljes homlokzathoz viszonyítva)	F _{nappal}
80% fölött	0,35
40% - 80% között	0,45
40% alatt	0,55

12.2 Részletes módszer

Részletes módszerként az MSZ EN 15193-1 szabvány alkalmazható.

13 Az épület energetikai rendszereiből származó

nyereségáramok

13.1 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.

13.2 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.

13.2.1 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, felhasználva a 13.1. táblázat adatait.

$$W_{PV} = w_{PV} \cdot P_{PV,össz} \left[\frac{kWh}{év} \right] \quad (13.1)$$

ahol

$P_{PV,össz}$ A napelem mező beépített teljesítménye, [kWp]

13.1. táblázat: Tájékoztató adatok napelemek éves energiatermelésének meghatározásához

<i>Fajlagos napelem termelés</i> $w_{PV} \left[\frac{kWh/év}{kWp} \right]$			
Tájolás	K, Ny	DK, DNy	D
Hajlásszög			
0	942	942	942
10	934	988	1010
20	917	1020	1050
30	892	1030	1080
40	858	1020	1080
50	812	988	1050
60	755	940	1010
70	688	873	935
80	611	787	842
90	527	686	727

13.2.2 Részletes módszerek

Részletes módszerként alkalmazható az MSZ EN 15316-4-3 szabvány. A termelt energia mennyisége továbbá meghatározható a tervezői gyakorlatban elfogadott szoftverekkel is.

13.3 Szélenergia hasznosítás

A helyben vagy közelben termelt, az épületben felhasznált szélenergia számítása a MSZ EN 15316-4-10 szabvány szerint végezhető. A számításhoz szükséges meteorológiai adatokat a 28. pont szerint kell felvenni.

13.4 Kapcsolt energiatermelés

A gázmotorok által termelt hő- és villamos energia számítható az MSZ EN MSZ EN 15316-4-4 szabvány szerint.

14 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:

$$E_{\text{súlyozott}} = E_{F,\text{súlyozott}} + E_{\text{H MV},\text{súlyozott}} + E_{\text{LT},\text{súlyozott}} + E_{\text{H},\text{súlyozott}} + E_{\text{vil},\text{súlyozott}} - E_{\text{exp},\text{súlyozott}} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \quad (14.1)$$

Ahol a súlyozott energiaigény:

$$E_{F,\text{súlyozott}} = \sum_i Q_{F,\text{vég},i} \cdot F_{f\acute{e}/\acute{e}h} \cdot f_{\text{súly},i} + \sum_i W_{F,\text{vég},i} \cdot f_{\text{súly},i} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \quad (14.2)$$

$$E_{\text{H MV},\text{súlyozott}} = \sum_i Q_{\text{H MV},\text{vég},i} \cdot F_{f\acute{e}/\acute{e}h} \cdot f_{\text{súly},i} + \sum_i W_{\text{H MV},\text{vég},i} \cdot f_{\text{súly},i} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \quad (14.3)$$

$$E_{\text{LT},\text{súlyozott}} = \sum_i Q_{\text{LT},\text{vég},i} \cdot F_{f\acute{e}/\acute{e}h} \cdot f_{\text{súly},i} + \sum_i W_{\text{LT},\text{vég},i} \cdot f_{\text{súly},i} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \quad (14.4)$$

$$E_{\text{H},\text{súlyozott}} = \sum_i Q_{\text{H},\text{vég},i} \cdot F_{f\acute{e}/\acute{e}h} \cdot f_{\text{súly},i} + \sum_i W_{\text{H},\text{vég},i} \cdot f_{\text{súly},i} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \quad (14.5)$$

$$E_{\text{V},\text{súlyozott}} = \sum_i W_{\text{vil},\text{vég},i} \cdot f_{\text{súly},i} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \quad (14.6)$$

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 (26.5. táblázat),

$f_{s\acute{u}ly,i}$ az i energiahordozó súlyozó tényezője (14.1. 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:

$$E_{exp,s\acute{u}lyozott} = \sum_i W_{exp,i} \cdot (f_{s\acute{u}ly,exp,i} - f_{s\acute{u}ly,term,i}) + \sum_i Q_{exp,i} \cdot (f_{s\acute{u}ly,exp,i} - f_{s\acute{u}ly,term,i}) \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kg CO_2}{\acute{e}v} \right] \quad (14.7)$$

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.

14.1 A fajlagos súlyozott energetikai teljesítmény

Az épület fajlagos súlyozott energetikai teljesítménye:

$$E_{\text{súlyozott,fajl}} = \frac{E_{\text{súlyozott}}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \quad (14.8)$$

A fajlagos súlyozott energiaigények és energia:

$$E_{F,\text{súlyozott,fajl}} = \frac{E_{F,\text{súlyozott}}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \quad (14.9)$$

$$E_{H MV,\text{súlyozott,fajl}} = \frac{E_{H MV,\text{súlyozott}}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \quad (14.10)$$

$$E_{LT,\text{súlyozott,fajl}} = \frac{E_{LT,\text{súlyozott}}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \quad (14.11)$$

$$E_{H,\text{súlyozott,fajl}} = \frac{E_{H,\text{súlyozott}}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \quad (14.12)$$

$$E_{V,\text{súlyozott,fajl}} = \frac{E_{V,\text{súlyozott}}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \quad (14.13)$$

$$E_{\text{exp,súlyozott,fajl}} = \frac{E_{\text{exp,súlyozott}}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{év}} \right] \quad (14.14)$$

14.2 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.

14.1. 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.

14.2. 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 biomassa 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.

14.3 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.

15 Követelmények

A követelményeket az ÉKM rendelet 1-3. mellékletei tartalmazzák.

15.1 Általános követelmények

15.1.1 A határoló- és nyílászáró szerkezetek átlagos hőátbocsátási tényezőire vonatkozó követelmények

15.1. táblázat: A hőátbocsátási tényező követelményértékei

	A	B
1	Épülethatároló szerkezet	A hőátbocsátási tényező követelményértéke (W/m ² K) (*)
2	Homlokzati fal	0,24
3	Lapostető	0,17
4	Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,17
5	Padlás és búvótér alatti födém	0,17
6	Árkád és áthajtó feletti födém	0,17
7	Alsó zárófödém fűtetlen terek felett	0,26
8	Üvegezés	1,0
9	Különleges üvegezés (magas akusztikai vagy biztonsági követelményű üvegezés)	1,2
10	Fa vagy PVC keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró (>0,5m ²) (**)	1,1
11	Fém keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró (>0,5m ²) (**)	1,4
12	Homlokzati üvegfal, függönyfal (**)	1,4
13	Üvegtető	1,5
14	Tetőfelülvilágító, füstelvezető kupola (>0,5m ²)	1,7
15	Tetősík ablak (>0,5m ²)	1,3
16	Ipari és tűzgátló ajtó és kapu (fűtött tér határolására)	2,0
17	Homlokzati vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó	1,4
18	Homlokzati vagy fűtött és fűtetlen terek közötti kapu	1,8
19	Fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,4
20	Szomszédos fűtött épületek és épületrészek közötti szerkezet	1,5

	A	B
21	Lábazati fal	0,3
22	Talajjal érintkező fal csak (új épületeknél) (***)	0,3
23	Talajon fekvő padló (új épületeknél) (***)	0,3
24	Hagyományos energiagyűjtő falak (pl. tömegfal, Trombe fal) (****)	1,0

(*) A követelményérték határoló szerkezetek esetében az adott épülethatároló szerkezet átlagos hőátbocsátási tényezőjére vonatkozik. Új épületek és felújítások esetén a tervezett szerkezeteket állagvédelmi szempontból is ellenőrizni kell.

(**) A nyílászáró szerkezetek esetében a keretszerkezet, a transzparens szerkezet (üvegezés), annak távtartói és hasonló funkciójú szerkezetek hatását is tartalmazó hőátbocsátási tényezőt kell figyelembe venni. Társított árnyékoló szerkezetek hővezetési ellenállásának többlet hőszigetelő hatása az elemi követelmények ellenőrzésekor nem vehető figyelembe.

(***) A talaj hatását is tartalmazó egyenértékű hőátbocsátási tényező. Terepszint közelében vagy terepszint felett fekvő padló esetében a padló kerülete mentén vízszintes síkban legalább 2,5 m, vagy függőleges síkban a padlósík alatt legalább 1,5 m mélységig perem hőszigetelést kell alkalmazni, amely legalább 2,5 m²K/W hővezetési ellenállással rendelkezik. Ha a terepszint közelében fekvő padló tartalmaz legalább 2,5 m²K/W hővezetési ellenállású hőszigetelő réteget, perem hőszigetelésként elegendő a terepszint alatt 0,5 m mélységig függőleges síkban elhelyezni legalább 2,5 m²K/W hővezetési ellenállású hőszigetelő réteget.

(****) A követelmény teljesítése elhagyható, ha a számítás igazolja, hogy az energiagyűjtő fal fűtési szezonra vetített energiamérlege jobb, mint a követelménynek megfelelő azonos méretű homlokzati fal energiamérlege.

A hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelmények nagyrészt változatlanok, csak néhány szerkezet esetében történt módosulás. Külön felhívjuk a figyelmet az alábbi változásokra:

- *Fa vagy PVC keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró (>0,5m²): 1,15 W/m²K helyett 1,1 W/m²K*
- *Tetőszék ablak: 1,25 W/m²K helyett 1,3 W/m²K*
- *Üvegtető: 1,45 W/m²K helyett 1,5 W/m²K*
- *Homlokzati, vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó: 1,45 W/m²K helyett 1,4 W/m²K*
- *Fűtött és fűtetlen terek közötti fal: 0,26 W/m²K helyett 0,4 W/m²K*

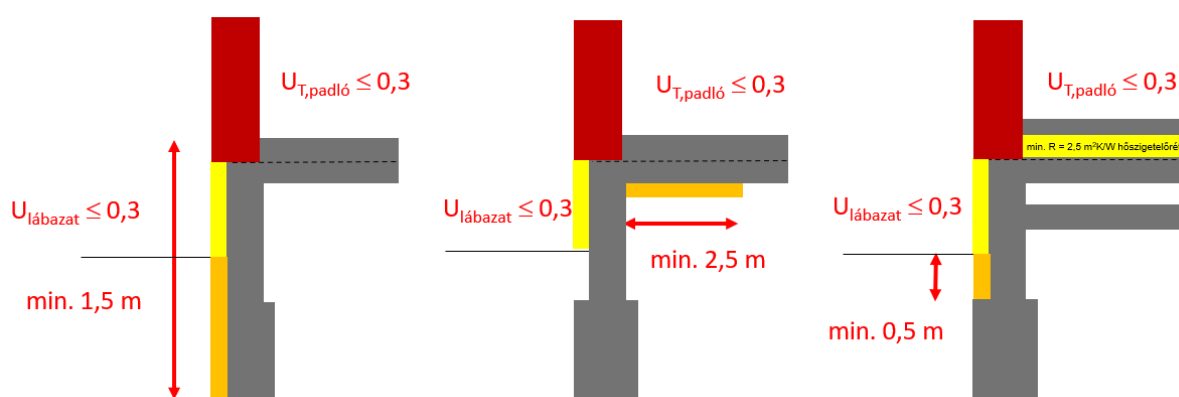
Az üvegezett szerkezetek esetén azért volt szükséges a módosítás, mert a nyílászárók minősítési irataiban egy tizedesjegy pontossággal adják meg a hőátbocsátási tényező értékét. A fűtött és fűtetlen terek közötti fal követelményértéke enyhébb lett, hiszen az eddigi elvárás indokolatlanul a homlokzati falakéval közel azonos hőszigetelési vastagságot követelt meg.

A legfontosabb változás a talajjal érintkező szerkezeteket érinti, mely ezentúl nemcsak a szerkezet ellenállását veszi figyelembe, hanem a talaj hatását is tartalmazó egyenértékű hőátbocsátási tényezőre vonatkozik. Ez nagyobb épületek esetén enyhítést jelent, ugyanis a hőáramnak nagy vastagságú talajrétegen kell átjutnia, mely önmagában is jelentős hőszigetelő hatással rendelkezik.

Előfordulhat, hogy a padló szerkezetben nem szükséges külön hőszigetelő réteget elhelyeznünk, mert enélkül is teljesíti az egyenértékű hőátbocsátási tényezője a követelményértéket. Ez jellemzően nagy méretű padlók, pl. ipari csarnokok esetén fordul elő. Ebben az esetben a padló felső síkjától számítva 1,5 m mélységben vízszintes értelemben, vagy a padló és falcsatlakozás

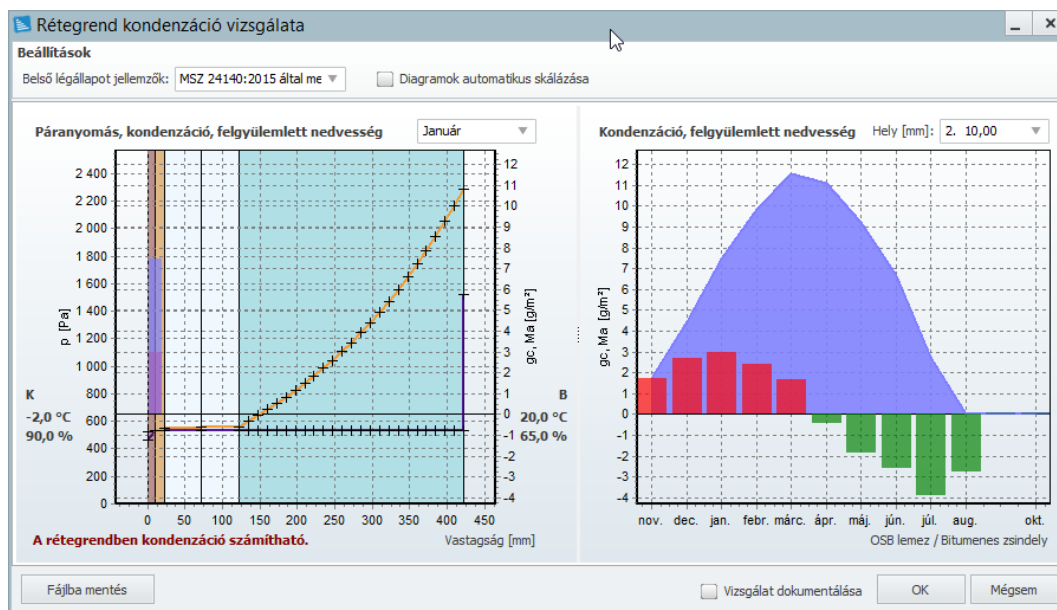
belső élétől számítva 2,5 m szélességben kell elhelyezni hőszigetelő réteget, melynek legalább $R = 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ -nak kell lennie (pl. kb. 10 cm XPS vagy kb. 25-30 cm üveghab granulátum).

Amennyiben a padlószerkezet elemi követelménynek való megfelelése csak hőszigetelő réteg elhelyezésével igazolható, és a teljes padló tartalmaz legalább egy $R = 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ ellenállású hőszigetelő réteget (melynek pozícióját a rendelt nem korlátozza, helyezhető az alaplemez fölé vagy alá is megfelelő tervezés esetén), a kiegészítő követelmény a terepsíktól mérve legalább 0,5 m mélységig függőleges pozícióban elhelyezett hőszigetelő réteg alkalmazása. Ez az eset jellemzően kis méretű padlók, pl. családi házaknál fordul elő. A peremszigetelésre vonatkozó kiegészítő követelmények két mondata tehát eltérő esetekre vonatkozik. A vonatkozó kiegészítő követelmények mellett a lábazati falnak és a padlószerkezeteknek természetesen meg kell felelnie az elemi követelményként előírt $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ értéknek. A követelmények értelmezését segíti a következő ábra.



15.1. ábra: Peremszigetelés követelményének értelmezése talajon fekvő padlószerkezetek esetén

Az állagvédelmi ellenőrzés eddig is szükséges volt, de most már a rendeletben is szerepel, hogy új épületek és felújítások esetén kötelező a szerkezetek ellenőrzése. Ehhez az MSZ 24140 vagy az MSZ EN ISO 13789 szabvány alkalmazható.



15.2. ábra: Rétregrendi nedvességttechnikai-állagvédelmi vizsgálat az MSZ EN ISO 13789 szabvány alapján az MSZ 24140 szerinti belső légállapotjellemzők figyelembevételével (forrás: Auricon Energetic)

15.1.2 A nyári hővédelemre vonatkozó követelmény

Ha az épület határolásának az északi tájolástól legalább 45°-kal eltérő tájolású, vagy 45°-nál alacsonyabb hajlásszögű transzparens szerkezeteinek összfelülete meghaladja az épület hasznos alapterületének 8%-át, akkor ezen transzparens szerkezetek és a társított árnyékoló szerkezetek együttes összesített sugárzásátbocsátási képességének, valamint a külső akadályok miatti árnyékoltsági korrekciós tényező szorzatának bruttó felülettel súlyozott megengedett átlagértéke:

$$\frac{\sum_i A_{ü,i} \cdot g_{H,i} \cdot g_{árny,H,i} \cdot F_{árny,i}}{\sum A_{ü}} \leq 0,3 \quad (15.1)$$

ahol:

$A_{ü}$: a transzparens szerkezet felülete, az üvegezés mérete alapján számolva

$A_{ü,i}$: a transzparens szerkezet felülete, az üvegezés mérete alapján számolva i tájolás és hajlásszög esetén

$g_{H,i}$: a transzparens szerkezet összesített sugárzásátbocsátó képessége hűtés, valamint i tájolás és hajlásszög esetén

$g_{árny,H,i}$: az i tájolású és hajlásszögű transzparens szerkezet társított árnyékoló szerkezetének sugárzásátbocsátási képessége

$F_{árny,i}$: a külső akadályok miatti összesített árnyékoltsági tényező adott i tájolás és hajlásszög esetén július hónapban.

A nyári hővédelem követelménye alapjaiban változik meg. Eddig a belső és külső hőmérséklet napi átlagértékeinek különbségére vonatkozott a követelmény nehéz és könnyű épület kategóriákban. Az új követelmény viszont az üvegezések napsugárzás elleni védelmére fogalmaz meg előírást. A legnagyobb napsugárzásnak kitett K-D-Ny tájolású üvegezések napvédelméről gondoskodni kell, mely háromféleképpen biztosítható:

- *alacsony sugárzásátbocsátási képességű üvegezés választásával (mely a téli félévben viszont kedvezőtlen lehet),*
- *társított szerkezetek alkalmazásával vagy*
- *hatásos árnyékvetők betervezésével.*

A követelményérték az üvegezések felülettel súlyozott sugárzásátbocsátási átlagértékére vonatkozik, de nem kell betartani a kis üvegfelületekkel rendelkező épületek esetén.

15.1.3 Az épülettechnikai rendszerre vonatkozó előírások

1. Kondicionált terekben biztosítandó paraméterek

- 1.1. Új épületek és jelentős mértékű felújítások épülettechnikai rendszereinek tervezésekor a kondicionált terekben biztosítandó paraméterek tekintetében ajánlott az MSZ EN 16798-1 szabvány vagy azzal egyenértékű műszaki előírás figyelembevétele.

Korábban a szabályozás kötelező érvénnyel tartalmazott komfort előírásokat, ami itt megszűnik. A megszüntetés oka az, hogy a korábbi előírások nem voltak összhangban a számításhoz előírt bemeneti paraméterekkel, vagyis ellentmondásos volt az előírás. Az új szabály szerint előírt szabvány csak javasolt ugyan, mégis nagyon ajánlott alkalmazni, amennyiben az épület és a funkció sajátosságai nem kívánnak más előírandó értékeket. A szabvány hátránya, hogy nem tükrözi a hazai sajátosságokat, ezért egyes esetekben indokolt

lehet a tőle való eltérés. Az, hogy végül milyen értékekkel számolunk az épület energetikai kategóriába sorolását kevésbé befolyásolja, mert a viszonyítási alapot képező referencia épületre is ugyanazon előírt paraméterekkel kell számolni. Ugyanez a helyzet a követelményértéknek való megfelelés tekintetében.

1.2. Az épület tartózkodási zónájába minimálisan bejuttatandó friss levegő mennyiségét és az elvezetésre kerülő szennyezett levegőt, így a légcserét – ha a szellőztetés nem nyílászáróval megoldott – szabályozott központi vagy decentralizált, elszívásos vagy hővisszanyerős szellőztetőrendszer kiépítésével kell biztosítani. Elszívásos szellőztetés esetén a rendszer részeként a friss levegő bevezetésére légbevezető elemeket kell beépíteni. Légbevezető elemként megengedett például a külső falba vagy nyílászárók tok- vagy szárnyszerkezetébe beépített résszellőző. Megengedettek mind a folyamatos, mind a kézi vezérlésű szakaszos vagy az érzékelők által automatizált szabályozású megoldások.

2. A fűtési és hűtési rendszerre vonatkozó további követelmények

2.1. A hőtermelő és hőleadó berendezés szabályozása

Ha egy új épületben az egy rendszerről ellátott fűtött vagy hűtött alapterület 100 m^2 -nél nagyobb, központi időjárásfüggő szabályozás alkalmazása kötelező, 100 m^2 -nél kisebb alapterület esetén javasolt. Javasolt továbbá meglévő rendszerek korszerűsítésekor is időjárásfüggő szabályozás alkalmazása, ha a rendszer kialakítása ezt lehetővé teszi.

2.2. Helyiségenkénti hőmérséklet-szabályozás

Új fűtési és hűtési rendszer létesítésekor az új épületet olyan önszabályozó készülékekkel kell felszerelni, amelyekkel minden egyes 12 m^2 -nél nagyobb alapterületű helyiségben önállóan szabályozható a hőmérséklet. Meglévő épületek esetében az ilyen önszabályozó készülékeket a hőtermelő és hőleadó berendezés cseréjekor kell beszerezni, ha azok a hőszállító és hőleadó rendszer átalakítása nélkül beépíthetők. Ha az épületben több különböző tulajdonú épületrész található, akkor javasolt az épületrészenkénti hőmennyiségmérés vagy költségosztó készülékek alkalmazása.

2.3. Szabad hűtés lehetőségét biztosítani kell minden olyan esetben, amikor az épület adottságai ezt lehetővé teszik.

2.4. Amennyiben műszakilag lehetséges, magas hőmérsékletű hűtés alkalmazása javasolt.

2.5. Beszabályozás, próbaüzem, átadás

Új épületek létesítésekor és meglévő fűtési és hűtési rendszer korszerűsítésekor 300 m^2 rendszeralapterület felett a fűtési és hűtési rendszereket a beszabályozási terv alapján kötelező beszabályozni és a beszabályozást dokumentálni.

2.6. A beszabályozás során:

2.6.1. a készülékek beszabályozása kötelező;

2.6.2. felszállónként, valamint összekötő vezetékenként mérő-beszabályozó szelep alkalmazása kötelező;

2.6.2.1. kézi (statikus) beszabályozó szelep alkalmazása esetén a tervezett térfogatáramok méréses beszabályozása és a szivattyú munkapontjának beállítása kötelező; a mérés után szűrőpróbával a szelepek min. 10%-át kötelező ellenőrizni;

2.6.2.2. automatikus (dinamikus) beszabályozó szelep alkalmazása esetén a szelepek alapjel beállítása mellett elegendő a szivattyú munkapontjának beállítása.

2.7. A beszabályozás után tartós próbaüzemet kell tartani, mely során a fűtési rendszerek megkövetelt működését, az üzemelési paraméterek teljesülését ellenőrizni és dokumentálni kell.

3. Követelmények a fűtési- és használati melegvízellátó (a továbbiakban: HMV) rendszer elosztóvezetékei és szerelvényei hőveszteségének korlátozására

3.1. A fűtési- és HMV elosztóvezetékek és szerelvények hőveszteségének korlátozására a 3.3.2. pontban foglalt táblázat szerinti minimális hőszigetelés vastagságokat, vagy más hővezetési tényező esetén azzal egyenértékű maximális hőveszteséget eredményező hőszigetelést kell alkalmazni.

3.2. Fűtési és HMV elosztóvezetékek hőszigetelési követelményei

	A	B
1	Vezeték/szerelvény fajtája	a hőszigetelés minimális vastagsága 0,036 W/mK hővezetési tényezőre vonatkoztatva
2	belső átmérő 22 mm-ig	19 mm
3	belső átmérő 22 mm-től és 35 mm-ig	30 mm
4	belső átmérő 35 mm-től és 100 mm-ig	belső átmérővel megegyező
5	belső átmérő 100 mm felett	100 mm
6	fal- és földmátöréseknél, vezeték keresztezéseknél, kötéseknél, központi elosztóknál	az 1-4 sorok értékeinek fele
7	különböző tulajdonú fűtött helyiségek elválasztó falaiba kerülő fűtési vezetékek	az 1-4 sorok értékeinek fele
8	különböző tulajdonú fűtött helyiségek elválasztó földemeibe kerülő fűtési vezetékek(*)	6 mm

(*)(kivéve a felületfűtési rendszerek hőleadást szolgáló vezetékei)

3.3. Abban az esetben, ha egy fűtési rendszeren belül a fűtési vezetékek azonos tulajdonú fűtött helyiségekben, vagy azokat elválasztó szerkezetekben haladnak, és a hőleadásukat hozzáférhető helyen elhelyezett szerelvénnel 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.

3.4. Amennyiben a szigetelőanyag hővezetési tényezője eltér a 0,036 W/mK értéktől, akkor azonos hőellenállású szigetelés alkalmazható, a minimális szigetelési vastagságot számítással kell meghatározni.

3.5. Abban az esetben, ha a fűtési rendszer névleges középhőmérséklete magasabb, mint 50°C, akkor a vezeték hőszigetelésének legkisebb vastagsága megegyezik, a 3.3.2. alpontban foglalt táblázat szerinti következő, nagyobb csőátmérőhöz tartozó minimális hőszigetelési vastagsággal.

3.6. A fűtési- és HMV elosztóvezetékeknél a 3.3.2. alpontban foglalt 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.

4. A HMV rendszerre vonatkozó további követelmények

4.1. A cirkulációs szivattyú működtetése

Ha a HMV rendszerhez cirkulációs rendszer tartozik, a melegvíz és cirkulációs vezetékek hőszigetelvek, a rendszeralapterület 300 m² alatti, valamint a rendszer beszabályozott, akkor ajánlott biztosítani a cirkulációs szivattyú időprogram szerinti működtetését.

4.2. Beszabályozás, próbaüzem, átadás

Új épületeknél, valamint új melegvíz elosztóhálózat kiépítése esetén 300 m² rendszeralapterület felett termosztatikus működésű automatikus beszabályozó szelepeket kell felszállónként alkalmazni. Emellett szükséges a szelepek alapjel beállítása és a szivattyú fordulatszámának beállítása. 300 m² rendszeralapterület alatt legalább statikus beszabályozó szelepek alkalmazása javasolt.

5. A szellőző rendszerre vonatkozó további előírások komfort szellőztető és klíma funkciójú szellőző rendszerek esetén.

5.1. Nyomásveszteségek

5.1.1. A ventilátor energiafogyasztásának csökkentése érdekében a légtechnikai elemek nyomásvesztését korlátozni kell. A légtechnikai elemek nyomásvesztése akkor megfelelő, ha nem nagyobb, mint a 3.5.1.2. pontban foglalt táblázatban, vagy az MSZ EN 16798-3 szabvány „normál” előírásában meghatározott érték. A „normál” kategória előírásánál nagyobb nyomásvesztésű elem is beépíthető, de ebben az esetben más légtechnikai elem(ek) nyomásvesztésének csökkentésével kell kompenzálni az eltérést.

5.1.2. Légtechnikai elemek megengedett nyomásvesztése:

	A	B
1	Légtechnikai elem	Nyomásvesztés, Pa
2	Befúvó légcsatorna	300
3	Elszívó légcsatorna	200
4	Fűtő kalorifer	80
5	Hűtő kalorifer	140
6	Hővisszanyerő, H3(*)	150
7	Hővisszanyerő, H2-H1(*)	300
8	Nedvesítő	100
9	Mosókamra	200
10	Szűrő F5-F7(**)	150
11	Szűrő F8-F9(**)	250
12	HEPA szűrő	500
13	Gáz szűrő	150
14	Hangcsillapító	50
15	Levegő bemenet, kimenet	50

(*) H1-H3 osztály az MSZ EN 13053:2006 szabvány alapján

(**) Szűrőcsere előtti nyomásesés

5.2. Légcsatornák légtömörsege

5.2.1. A légcsatornák megengedett maximális levegő veszteségének ajánlott értékei a 3.5.2.2. alpontban foglalt táblázatból olvashatók ki, de megfelelő műszaki megoldás az MSZ EN 12237 szabvány előírásainak teljesítése is. Az 500 m²-nél nagyobb hasznos alapterületű építmények légtömörségének megfelelőségéről a szerelés után a szerelőcégnek kell nyilatkoznia az MSZ EN ISO/IEC 17050 szabvány vagy azzal egyenértékű műszaki leírás szerint.

5.2.2. Légcsatornák megengedett maximális levegő vesztesége

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Statikus nyomás [Pa]		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1500	1800	2000
2	Levegő veszteség [l/s.m ²] [m ³ /h.m ²]	A osztály	0,54 1,94	0,84 3,04												
3		B osztály	0,18 0,65	0,28 1,01	0,37 1,32											
4		C osztály	0,06 0,22	0,09 0,34	0,12 0,44	0,15 0,53	0,17 0,61									
5		D osztály	0,02 0,07	0,03 0,11	0,04 0,15	0,05 0,18	0,06 0,20	0,06 0,23	0,07 0,25	0,08 0,28	0,08 0,30	0,09 0,32	0,01 0,36	0,12 0,42	0,13 0,47	0,14 0,50

5.3. Beszabályozás, próbaüzem, átadás

5.3.1. A szellőző rendszereket a beszabályozási terv alapján kell beszabályozni és a beszabályozást dokumentálni. A mérés után szűrőpróbával a mérési pontok min. 10%-át ellenőrizni kell. Frisslevegős rendszereknél, a beszabályozás után megengedett térfogatáram eltérés $-0...+10\%$, egyéb rendszereknél $\pm 10\%$ lehet.

5.3.2. A főbb berendezési egységek fázisonként mért áramfelvétel eltérése nem haladhatja meg a tervezett névleges érték 10%-át.

5.3.3. Tartós próbaüzemet kell tartani, mely során a rendszerek megkövetelt működését, az üzemelési paraméterek teljesülését ellenőrizni és dokumentálni kell.

6. Épülettechnikai rendszerek értékelése

6.1. Épülettechnikai rendszernek mint az energiafogyasztást befolyásoló termékek összességének a telepítések, cseréjekor vagy korszerűsítések a megváltoztatott résznek, az épület jelentős felújításával együtt járó telepítése, cseréje vagy korszerűsítése esetén a rendszer egészének általános energiahatékonyságát az energiafogyasztást befolyásoló termék energiacímkézéséről és termékismertetővel való ellátásáról szóló kormányrendeletnek, valamint az energiacímkézés keretének meghatározásáról és a 2010/30/EU irányelv hatályon kívül helyezéséről szóló, 2017. július 4-i (EU) 2017/1369 európai parlamenti és tanácsi rendelet és más, a vonatkozó felhatalmazáson alapuló jogi aktusok rendelkezéseinek megfelelően értékelni kell. Az értékelés eredményét a beszállító vagy a kereskedő a termékre vonatkozó adattalappal és a termékre helyezett címkével, távértékesítés esetén az épülettechnikai rendszerre vonatkozó adatlap és a címke elektronikus változatának rendelkezésre bocsátásával dokumentálja és továbbítja az épület tulajdonosának, hogy azok az e fejezetben előírtaknak való megfelelés ellenőrzése során, valamint az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló kormányrendeletben meghatározott energiahatékonysági tanúsítványok kiállítása céljából rendelkezésre álljanak és felhasználhatók legyenek.

6.2. Épülettechnikai rendszer telepítések, jelentős mértékű felújítás esetén azok cseréjekor vagy korszerűsítések az épülettechnikai rendszer energiahatékonyságát felhasználási célok szerinti bontásban értékelni kell az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló kormányrendelet szerint is. Az érintett felhasználási célhoz tartozó megváltoztatott részrendszereknek meg kell felelniük legalább a „normál” kategóriának, beépített világítás esetén a „jó” kategóriának. Nem jelentős mértékű felújítás esetén a beépített berendezéseket a kivitelezőnek dokumentálni kell és továbbítani az épület vagy önálló rendeltetési egység tulajdonosának, hogy azok a minimumkövetelményeknek való megfelelés ellenőrzése, valamint az energiahatékonysági tanúsítványok kiállítása céljából mindenkor rendelkezésre álljanak és felhasználhatók legyenek.

A legfontosabb változás az épülettechnikai rendszerek értékelésére vonatkozó előírás. Ez lényegében kikényszeríti, hogy ne kerüljenek alkalmazásra rossz hatékonyságú rendszerelemek mégpedig úgy, hogy nem ír elő konkrét műszaki megoldásokat.

7. Épületfelügyelet

7.1. Ha a műszaki feltételek lehetővé teszik, az egyéb rendeltetésű épületekben a 290 kW-nál nagyobb effektív névleges teljesítményű fűtési rendszereket, kombináltan helyiségfűtési és szellőző rendszereket, légkondicionáló, valamint kombináltan légkondicionáló és szellőző rendszereket 2025. január 1-ig fel kell szerelni épületautomatizálási és -szabályozási rendszerrel, amely alkalmas:

7.1.1. az energiafelhasználás folyamatos ellenőrzésére, regisztrálására, korrekciójára, és elemzésére;

7.1.2. az épület energiahatékonyságának értékelésére, az épülettechnikai rendszerek hatékonyságcsökkenésének jelzésére, a kezelőszemélyzet tájékoztatására, az energiahatékonyság javításának lehetőségeire;

7.1.3. összekapcsolt épülettechnikai rendszerek esetében a kommunikációra és épülettechnikai rendszerekkel való átjárhatóságra, a különböző típusú jogvédett technológiáktól, berendezésektől és gyártóktól függetlenül.

Tehát a két lényegi változás a komfortparaméterekre vonatkozó szabvány alkalmazása, illetve a részrendszerekre vonatkozó értékelési és megfelelési előírás.

Számottevő jelentőség továbbá, hogy változtak a fűtési és HMV elosztóvezetékek hőszigetelési követelményei. Pontosításra került a beszabályozásra és a cirkulációs szivattyú működtetésére vonatkozó előírás.

További lényeges változásként meg kell említeni az épületfelügyeleti rendszer kötelező alkalmazására vonatkozó passzust is, mely nagyobb épületekben alkalmazandó és a 2018-as uniós irányelv direkt következménye.

15.2 A közel nulla energiaigényű épületek külön követelményei

15.2.1 A fajlagos hővesztésgtényezőre vonatkozó követelmény

1. A fajlagos hővesztésgtényező megengedett legnagyobb értéke az épület felület-térfogat arányának függvényében a 2. alpontban foglalt táblázatban meghatározott összefüggéssel számítandó.

2. A fajlagos hővesztésgtényező megengedett legnagyobb értéke

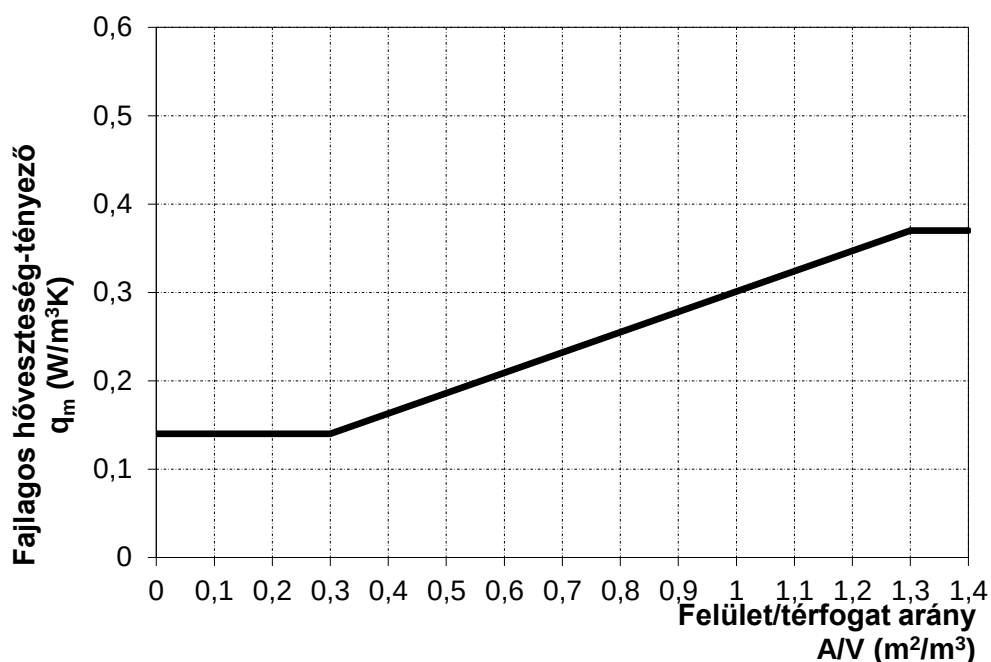
	A	B
1	$A/V \leq 0,3$	$0,14 \text{ W/m}^3\text{K}$
2	$0,3 \leq A/V \leq 1,3$	$0,071 + 0,23(A/V) \text{ W/m}^3\text{K}$
3	$A/V \geq 1,3$	$0,37 \text{ W/m}^3\text{K}$

ahol:

A: az épület lehűlő felülete

V: az épület fűtött térfogata

3. A fajlagos hővesztéstényező megengedett legnagyobb értéke a következő függvény alapján is meghatározható:



15.2.2 Az épület összesített energetikai jellemzőjére vonatkozó követelményértékek

1. Lakó és szállás jellegű épületek esetén az összesített energetikai jellemző követelményértéke (nem tartalmazza a világítási energiaigényt):

$$E_{\text{nren,fajl,max}} = 0,8 \cdot E_{\text{nren,fajl,REF}} = 76 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{év}}$$

ahol:

$E_{\text{nren,fajl,max}}$: összesített energetikai jellemző követelményértéke

$E_{\text{nren,fajl,REF}}$: a 5. melléklet szerinti referenciaépület összesített energetikai jellemzője

2. Az 1. alpont alól kivételt képez az az eset, ha dinamikus szimuláció kerül alkalmazásra, ekkor az egyéb rendeltetésű épületekre leírt módon kell meghatározni a követelményértéket.

3. Egyéb rendeltetésű épületek

A lakó és szállás jellegű funkciótól eltérő rendeltetésű épületekre az összesített energetikai jellemző követelményértékét az 5. melléklet szerint meghatározott referencia épület és referencia épülettechnikai rendszer alapján kell meghatározni. A követelményérték a referenciaépületre meghatározott nem megújuló forrásból származó primerenergia-felhasználás 80 %-a.

$$E_{\text{nren,fajl,max}} = 0,8 \cdot E_{\text{nren,fajl,REF}} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{év}} \right]$$

ahol:

$E_{nren,fajl,max}$: összesített energetikai jellemző követelményértéke

$E_{nren,fajl,REF}$: a 5. melléklet szerinti referenciaépület összesített energetikai jellemzője

Fontos változás, hogy az új rendelet szerint csak lakó-és szállásjellegű épületekre vonatkoznak számszerű összesített energetikai jellemző követelmények és ezentúl az oktatási és irodaépületek is az „egyéb” kategóriában tartoznak, ahol referenciaépület módszerrel kell meghatározni a követelményeket. A változás fő indoka az iroda- és oktatási épületek sokfélesége és a belső környezeti paraméterekre vonatkozó elvárások összetettsége. Ajánlott értékek viszont lesznek a tervezési adatokra, az eddiginél több épülettípusra is.

15.2.3 Az épület fajlagos szén-dioxid kibocsátására vonatkozó követelmények

1. Lakó és szállás jellegű épületek esetén a fajlagos szén-dioxid kibocsátás követelményértéke (nem tartalmazza a világítási energiaigényt):

$$E_{CO2,fajl,max} = 0,8 \cdot E_{CO2,fajl,REF} = 20 \frac{kg}{m^2 \cdot \text{év}}$$

ahol:

$E_{CO2,fajl,max}$: fajlagos szén-dioxid kibocsátás követelményértéke

$E_{CO2,fajl,REF}$: a 5. melléklet szerinti referenciaépület fajlagos szén-dioxid kibocsátása

2. Az 1. alpont alól kivételt képez az az eset, ha dinamikus szimuláció kerül alkalmazásra, ekkor az egyéb rendeltetésű épületekre leírt módon kerülnek meghatározásra a követelményértéket.

3. Egyéb rendeltetésű épületek

A lakó és szállás jellegű funkciótól eltérő rendeltetésű épületekre a fajlagos szén-dioxid kibocsátás követelményértékét az 5. melléklet szerint meghatározott referencia épület és referencia épülettechnikai rendszer alapján kell meghatározni. A követelményérték a referenciaépületre meghatározott fajlagos szén-dioxid kibocsátás 80 %-a.

$$E_{CO2,fajl,max} = 0,8 \cdot E_{CO2,fajl,REF} \left[\frac{kg}{m^2 \cdot \text{év}} \right]$$

ahol:

$E_{CO2,fajl,max}$: fajlagos szén-dioxid kibocsátás követelményértéke

$E_{CO2,fajl,REF}$: a 16. fejezet szerinti referenciaépület fajlagos szén-dioxid kibocsátása

15.3 Jelentős felújítás alá eső épületekre vonatkozó követelmények

15.3.1 A fajlagos hőveszteségtényezőre vonatkozó követelmény

1. A fajlagos hőveszteségtényező megengedett legnagyobb értéke az épület felület-térfogat arányának függvényében a 2. alpontban foglalt táblázatban meghatározott összefüggéssel számítandó.

2. A fajlagos hőveszteségtényező megengedett legnagyobb értéke

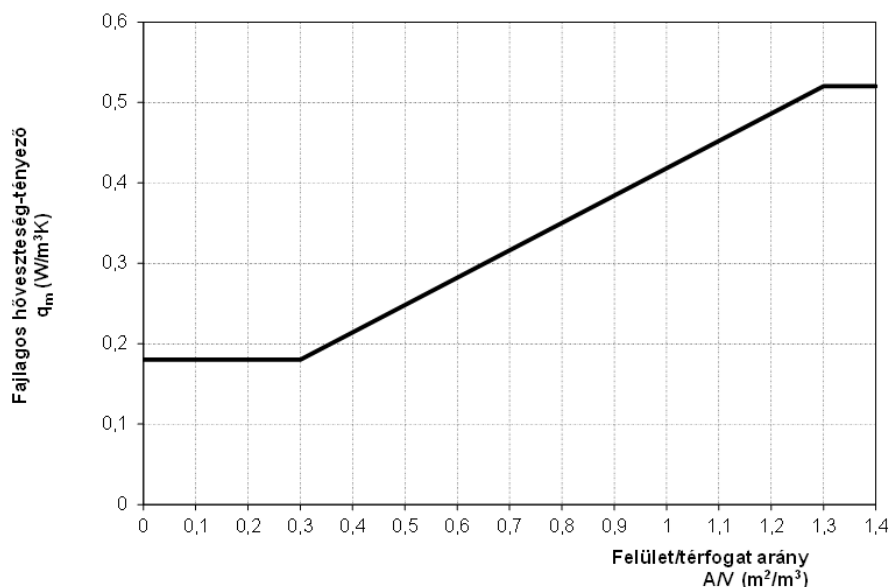
	A	B
1	$A/V \leq 0,3$	$0,18 \text{ W/m}^3\text{K}$
2	$0,3 \leq A/V \leq 1,3$	$0,078 + 0,34(A/V) \text{ W/m}^3\text{K}$
3	$A/V \geq 1,3$	$0,52 \text{ W/m}^3\text{K}$

ahol:

A: az épület lehűlő felülete

V: az épület fűtött térfogata

3. A fajlagos hővesztésgtényező megengedett legnagyobb értéke a következő függvény alapján is meghatározható:



15.3.2 Az összesített energetikai jellemzőre vonatkozó követelményérték

1. Lakó és szállás jellegű épületek esetén az összesített energetikai jellemző számértéke a felület-térfogat aránytól függ, követelményértéke a 2. alpontban foglalt táblázatban szereplő összefüggéssel számítható, illetve a 3. alpont szerinti függvény alapján is meghatározható. Az épület összesített energetikai jellemzőjének számértéke nem haladhatja meg az épület felület-térfogat aránya függvényében a 2. alpont szerinti számítási összefüggéssel és a 3. alpont szerinti függvény formájában is megadott értéket.

2. Lakó és szállás jellegű épületek összesített energetikai jellemzőjének követelményértéke (nem tartalmazza a világítási energia igényt)

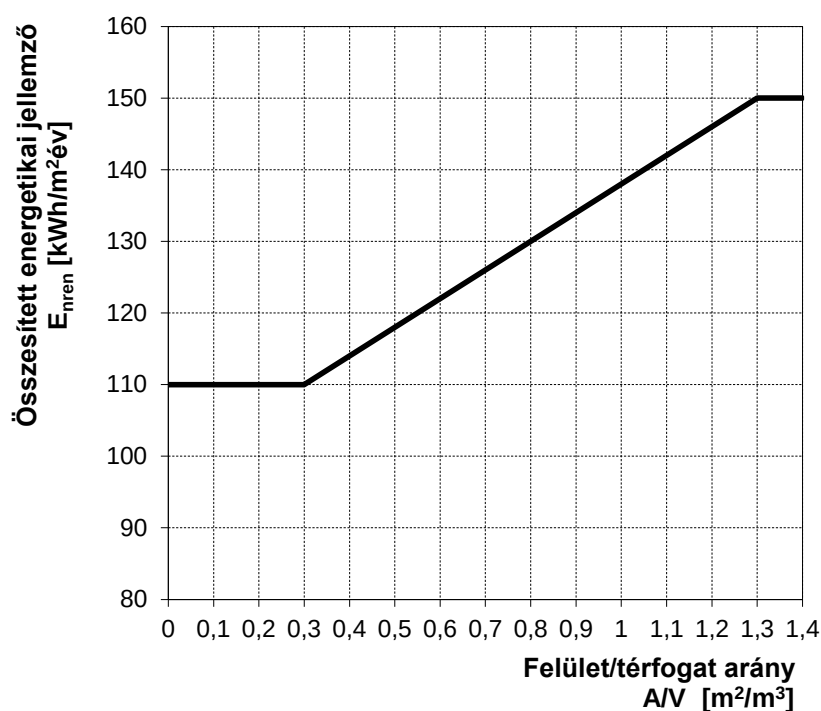
	A	B
1	$A/V \leq 0,3$	110 kWh/m ² év
2	$0,3 \leq A/V \leq 1,3$	$40 (A/V) + 98 \text{ kWh/m}^2\text{év}$
3	$A/V \geq 1,3$	150 kWh/m ² év

ahol:

A: az épület lehűlő felülete

V: az épület fűtött térfogata

3. Lakó és szállás jellegű épületek összesített energetikai jellemzőjének követelményértéke a következő függvény alapján is meghatározható:



4. Egyéb rendeltetésű épületek

Jelentős felújítás esetén lakó és szállás jellegű funkciótól eltérő rendeltetésű épületekre az összesített energetikai jellemző követelményértékét az 5. melléklet szerint meghatározott referencia épület és referencia épülettechnikai rendszer alapján kell meghatározni.

$$E_{nren,fajl,max} = E_{nren,fajl,REF} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{év}} \right]$$

ahol:

$E_{nren,fajl,max}$: összesített energetikai jellemző követelményértéke

$E_{nren,fajl,REF}$: az 5. melléklet szerinti referenciaépület összesített energetikai jellemzője

A közel nulla követelményhez hasonlóan jelentős felújítás esetén is csak lakó-és szállásjellegű épületekre vonatkoznak számszerű összesített energetikai jellemző követelmények. Ezentúl az

oktatási és irodaépületek is az „egyéb” kategóriában tartoznak, ahol referenciaépület módszerrel kell meghatározni a követelményeket.

15.3.3 Kapcsolódás a költségoptimalizált energiahatékonysági szinthez

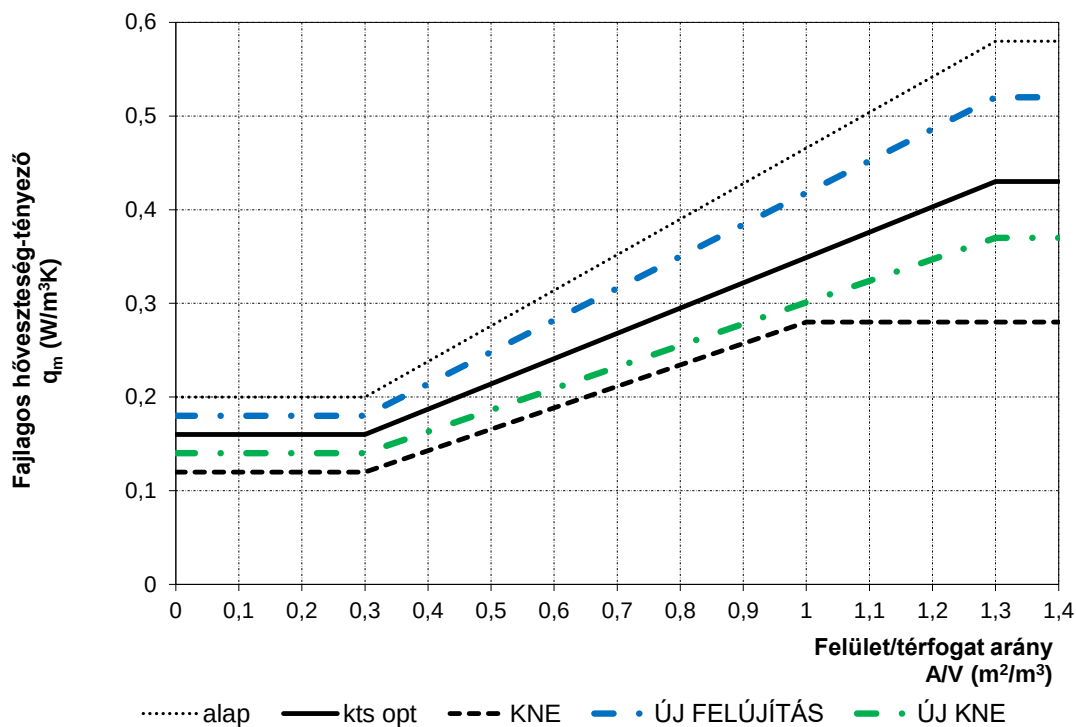
Az e mellékletben meghatározott követelmények minden jelentős felújítás alá eső épület esetén teljesítik az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet 7. § (3) és (4) bekezdésben meghatározott költségoptimalizált energiahatékonysági szinthez az épületek energiahatékonyságáról szóló 2010/31/EU európai parlamenti és tanácsi irányelvnek az épületek és épületelemek energiahatékonyságára vonatkozó minimumkövetelmények költségoptimalizált szintjeinek kiszámítására szolgáló összehasonlító módszertani keret meghatározásával történő kiegészítéséről szóló, 2012. január 16-i 244/2012/EU felhatalmazáson alapuló bizottsági rendeletben meghatározott mértékben viszonyított kötelező minimumkövetelményeit.

15.4 A követelmények összevetése az előző követelményekkel

15.4.1 Fajlagos hőveszteségtényező

A fajlagos hőveszteségtényezőre eddig közel nulla energiaigényű épületek esetén könnyű épületekre szigorúbb, nehéz épületekre enyhébb követelmény vonatkozott. Az új követelmény egységes minden új épületre, értéke pedig az eddigi két követelményszint között helyezkedik el. Ez azt jelenti, hogy „könnyű” épületek esetén valamelyest enyhült a követelmény, „nehéz” épületek esetén pedig kissé szigorodott (az eddig használt könnyű/ nehéz kategóriákat ilyen formában már nem alkalmazzuk).

Jelentős felújítás esetén a követelményérték kissé enyhébb lett, ugyanis gyakori probléma volt, hogy nehezen teljesültek az eredetileg új épületekre meghatározott értékek. Felújításoknál jellemzően nem vagy nehezen hőszigetelhető az alsó zárófödém és gyakori eset, hogy a nyílászárók egy részét már kicserélték, de nem a mai elvárásoknak megfelelő minőségben. Ilyen épületek eddig csak nehezen elégítették ki a követelményeket és ezzel elestek a pályázatoktól, támogatásoktól.

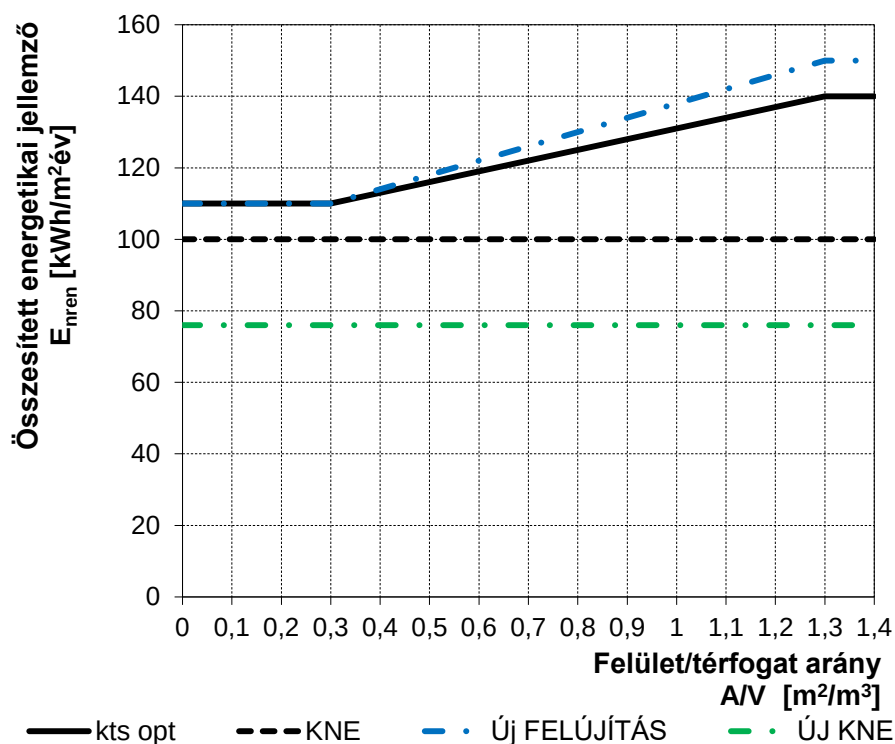


15.1. ábra: A fajlagos hővesztégtényező követelményértékek összehasonlítása

15.4.2 Összesített energetikai jellemző

Lakóépületek esetén a követelményérték $76 \text{ kWh/m}^2\text{év}$, mely egyezik a TNM rendelet „megnövelt energiahatékonysági” követelményértékével.

Jelentős felújítás esetén a jelenlegi követelményhez képest kis mértékben enyhültek az értékek: a nagy épületek esetén nem változott a határérték ($110 \text{ kWh/m}^2\text{év}$), a magasabb felület-térfogat aránnyal rendelkező kisebb épületekre viszont 140 helyett $150 \text{ kWh/m}^2\text{év}$ lett a megengedett legnagyobb érték.



15.2. ábra: Az összesített energetikai követelményértékek összehasonlítása

15.4.3 Szén-dioxid követelmény

A minimális megújuló energia részarányra vonatkozó követelmény kikerült az új rendeletből. Ennek oka nem az, hogy a megújuló energia hasznosítása nem fontos, hanem az ezt felváltó CO₂ alapú követelmény nagyobb rugalmassága és az ország dekarbonizációs törekvéseinek támogatása. A megújuló energia részarány bizonyos, energiahatékony technológiákat hátrányosan kezelt (pl. hővisszanyerős szellőzés, hatékony távhő, stb.), míg másokat indokolatlan nagy előnyhöz juttatott. A CO₂ követelmény indirekt módon továbbra is kikényszeríti a megújuló energiaforrások hasznosítását, de egyenértékű megoldásként ismeri el az egyéb energiaigényt és emissziókat csökkentő technikákat. A felhasznált megújuló energia mennyiségét továbbra is szükséges számítani, de nem ez képezi a követelmény alapját.

Ahogy a szabvány fogalmaz, „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” (PD CEN ISO/TR 52000-2:2017).

A CO₂ követelményt csak közel nulla energiaigényű épületek esetén kell alkalmazni, maximális fajlagos értéke 20 kg/m²·év lakó- és szállás jellegű épületek esetén.

16 A referencia épület meghatározása

1. A referenciaépület

1.1. Az összesített energetikai jellemzőre és a fajlagos szén-dioxid-kibocsátásra vonatkozó követelményértékeket egy rögzített szabályok szerint feltételezett referenciaépület alapján kell meghatározni.

1.2. Lakó és szállás jellegű épületek esetén, ha nem dinamikus szimuláció kerül alkalmazásra, a referenciaépület követelmény indikátorai rögzítettek:

$$E_{nren,fajl,REF} = 95 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{év}} \right]$$
$$E_{CO2,fajl,REF} = 25 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{év}} \right]$$

ahol:

$E_{nren,fajl,REF}$: a referenciaépület összesített energetikai jellemzője

$E_{CO2,fajl,REF}$: a referenciaépület fajlagos szén-dioxid kibocsátása

1.3. Egyéb rendeltetésű épületek, épületrészek esetén továbbá, ha lakó és szállás jellegű épületek esetén dinamikus szimuláció kerül alkalmazásra, a két indikátor referenciaértékét egy, a tárgyi épületen alapuló fiktív referenciaépületre elvégzett számítások alapján kell meghatározni. Az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló kormányrendelet szerinti tanúsítás esetén a referenciaépület indikátorai adják a kategóriába sorolás alapját.

1.4. Az 1.3. alpont szerinti eljárás során valamennyi épület és önálló rendeltetési egység esetén meghatározandó a referenciaépület felhasználási célonkénti nem megújuló forrásból származó primerenergia-igénye és szén-dioxid-kibocsátása.

1.5. Tárgyi épület alatt a vizsgálat tárgyát képező tervezett vagy tanúsítandó épületet kell érteni.

1.6. Módszer

A számításokat a tárgyi és referenciaépület esetén azonos módszerrel kell végezni (ha valamely lépés számítása a tárgyi épületnél részletes módszerrel történt, akkor annál a lépésnél a referencia épület esetén is ugyanazt a részletes módszert kell alkalmazni). Meghatározandó a referenciaépület összesített energetikai jellemzőjének és fajlagos szén-dioxid-kibocsátásának értéke.

1.7. Alapadatok

1.7.1. A referenciaépület geometriája, tájolása, hőtároló képessége a tárgyi épülettel azonosak.

1.7.2. A fel nem sorolt részletek tekintetében a referenciaépület jellemzőjére a tárgyi épületével azonos érték veendő fel.

1.7.3. A környező épületek, domborzat, növényzet benapozásra gyakorolt hatását a tárgyi épülettel azonosan kell felvenni.

1.7.4. Az üvegezési arányokat (bruttó nyílászáró felület aránya a homlokzat- vagy tetőtéri ablakok esetén tetőfelülethez viszonyítva) tájolásonkénti bontásban a tárgyi épülettel azonosan kell felvenni kivéve, ha az meghaladja az 50%-ot (60°-nál kisebb hajlásszögű felületek esetén

30%-ot). Utóbbi esetben 50% érték feltételezendő (60°-nál kisebb hajlásszögű felületek esetén 30%).

1.7.5. A zónahatárokat a tárgyi épületével azonosan kell felvenni, azonos kondicionálási igényekkel (így ha egy zónában van hűtés a tárgyi épületben, akkor legyen a referenciaépületben is; ha egy zóna kondicionálatlan, a tárgyi épületben, akkor az legyen a referenciaépületben is). A fogyasztói profil a tárgyi épületével megegyező (pl. hétvégi kikapcsolás).

1.7.6. 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 módjának (használok száma, tevékenysége, technológiai szint) alapján a tárgyi épülettel zónánként azonosan kell felvenni. Az épülettechnikai rendszer szolgáltatási szintje (kondicionálatlan, fűtött természetes szellőzéssel, fűtött szellőző rendszerrel, hűtött, légkondicionált) a referenciaépületben a tárgyi épületével zónánként azonos.

1.7.3. A meteorológiai adatokat a tárgyi épülettel azonosan a referencia év adja.

1.8. Szerkezetek, nettó fűtési és hűtési igény

1.8.1. A referenciaépület határoló szerkezeteinek és nyílászáróinak épületelemen belüli hőhidakkal korrigált hőátbocsátási tényezőit az elemi követelmények szerint kell felvenni.

1.8.2. A csatlakozási hőhidak hatását egyszerűsített módszerrel kell számolni. A hőhidasság mértékét a tárgyi épület geometriai adottságainak megfelelően, külső falaknál külső oldali, pincefödémeknél alsó oldali hőszigetelést feltételezve kell meghatározni.

1.8.3. Talajon fekvő padlónál az egyenértékű hőátbocsátási tényező 0,3 W/m²K.

1.8.4. Az épületburok tömítetlenségéből adódó többlet légcserét jó légzárású nyílászárókat feltételezve kell felvenni. A nyári természetes szellőzés a tárgyi épületével megegyező (pl. éjszakai szellőztetés lehetősége).

1.8.5. Fűtés esetén a transzparens szerkezetek sugárzásátbocsátási képességére 0,55 értéket kell felvenni merőlegesen beeső napsugárzás esetén. Hűtés esetén a nyári hővédelemre vonatkozó követelményt be kell tartani.

1.8.6. A referenciaépület transzparens szerkezetei benapozottnak tekintendők kivéve a környező épületek, domborzat, növényzet benapozásra gyakorolt hatását.

1.8.7. A referenciaépületben nincs a nettó hűtési igényt csökkentő passzív hűtés (pl. talajkollektoros szellőzőlevegő előhűtés).

1.8.8. Fűtési üzemmódban a szakaszos üzemvitel hatását kifejező korrekciós tényező megválasztásához azt kell feltételezni, hogy a fűtés programozható. A hőtároló képességet és a szakaszos üzemvitel hatását kifejező korrekciós tényezőt hűtési üzemmódban a tárgyi épülettel azonosan kell felvenni.

2. Referencia épülettechnikai rendszer

2.1. Fűtési rendszer

2.1.1. A fűtési rendszer hőtermelő berendezésének helye (fűtött téren belül vagy kívül) a tárgyi épület állapotának megfelelően adottságként veendő figyelembe.

2.1.2. A feltételezett energiahordozó földgáz.

2.1.3. A feltételezett hőtermelő berendezés központi kondenzációs kazán.

2.1.4. A fűtési rendszerben tároló nincs.

2.1.5. Ha a tárgyi épületben központi fűtés van, a vezetékek nyomvonala azonos a tárgyi épületével. Egyéb esetben fűtött térben elhelyezett vezetékeket kell feltételezni.

2.1.6. A vezetékek hőveszteségének számításakor az 55 °C/45 °C hőfoklépcsőhöz tartozó vezeték veszteségét kell alapul venni.

2.1.7. A feltételezett szabályozás tulajdonságai

2.1.7.1. A hőtermelő berendezés szabályozása központi előremenő hőmérséklet-szabályozás helyiségenkénti hőmérséklet-szabályozással történik.

2.1.7.2. Közepes méretezési hőmérsékletkülönbség 55 °C/45 °C.

2.1.7.3. A hőleadók külsőfali radiátorok.

2.1.7.4. A helyiségenkénti szabályozás különálló, képes önálló be-kikapcsolásra (pl. termosztatikus szelep).

2.1.7.5. A beszabályozás módja kétsőves rendszer fűtőtestenként statikus beállítás csoportos dinamikus beszabályozással (pl. nyomáskülönbség-szabályozókkal).

2.1.8. A fűtési keringtető szivattyú energiahatékonysági mutatója 0,23.

2.2. HMV rendszer

2.2.1. A feltételezett energiahordozó földgáz.

2.2.2. A HMV rendszer hőtermelő berendezése központi földgáztüzelésű kondenzációs kazán.

2.2.3. A használati melegvíz tároló fűtött térben elhelyezett indirekt fűtésű tároló.

2.2.4. Ha a tárgyi épületben központi melegvíz ellátás van, a vezetékek nyomvonala azonos a tárgyi épületével. Egyéb esetben fűtött térben elhelyezett vezetékeket kell feltételezni.

2.2.5. A rendszerbe beépített cirkulációs szivattyú energiahatékonysági mutatója 0,23.

2.3. Szellőző rendszer – Lakó és szállás jellegű épületek

Természetes szellőzést kell feltételezni.

2.4. Szellőző rendszer – Egyéb rendeltetésű épületek

Azon kiszolgáló helyiségek esetén (WC, mosdó, melegítőkonyha), ahol csak rövid ideig üzemelő (pl. időrelés) kis teljesítményű helyi elszívókat építettek ki, szintén természetes szellőzés feltételezendő.

2.5. Ha van szellőző rendszer:

2.5.1. nincs a szellőző rendszerben léghevítő, sem előfűtő, sem talajkollektoros levegő előmelegítés;

2.5.2. a szellőző rendszer térfogatárama a vezetékek ellenállása és a működési ideje a tárgyi épületével megegyező;

2.5.3. a szellőző rendszerben 50%-os hatásfokú hővisszanyerő van beépítve, mely csak fűtési időszakban működik, nyári időszakban megkerülő ággal ki van iktatva;

2.5.4. a légcsatornák hőszigetelése 20 mm vastag, a nyomvonala a tárgyi épülettel azonosan adottságként veendő figyelembe;

2.5.5. a szellőző rendszer villamos segédenergia fogyasztása a tárgyi épületével megegyező.

2.6. Gépi hűtés – Lakó és szállás jellegű épületek

Nem lehet gépi hűtést feltételezni.

2.7. Gépi hűtés – Egyéb rendeltetésű épületek

2.7.1. Gépi hűtést azon zónákban kell feltételezni, melyek a tárgyi épületben is gépi hűtéssel vannak ellátva.

2.7.2. A hűtési rendszerben 6/12 °C fan coilokat kell feltételezni, a látens hőigény ennek megfelelően számítandó.

2.7.3. A hűtőgép hűtési szezonális teljesítménytényezőjének (SEER) értékét a következőképpen kell felvenni a tárgyi épület hűtőgépének névleges hűtési teljesítménye függvényében:

2.7.3.1.

	A	B
1	Komfort hűtőgép (levegő – víz)	SEER
2	Névleges teljesítmény <400 kW	3,8
3	Névleges teljesítmény ≥400 kW	4,1

2.7.3.2.

	A	B
1	Komfort hűtőgép (víz – víz)	SEER
2	Névleges teljesítmény <400 kW	5,1
3	1500 > Névleges teljesítmény ≥400 kW	5,88
4	Névleges teljesítmény ≥1500 kW	6,33

2.7.4. A szabályozási veszteség „hűtött víz, 6/12 °C (pl. fan coil)” feltételezéssel számítandó.

2.7.5. A hűtés villamos segédenergia igénye a tárgyi épületével megegyező.

2.8. Világítási rendszer

2.8.1. Lakó és szállás jellegű épületeknél a világítás energiaigénye nem számítandó.

2.8.2. A beépített világítás üvegburás, parabolatükrös, nem dimmelhető LED, kézi be- és kikapcsolással.

A referencia épületre adódó indikátor érték még nem feltétlen azonos a követelményértékkel. Közel nulla energiaigényű épületnél a követelményérték a referencia értéknél kisebb. A referencia épület egy olyan energetikai szintet képvisel, mely korszerű szerkezetekkel jellemezhető ugyan, de megújuló energia felhasználás nélkül is teljesíthető. A különbség a referencia szint és a követelmény szint között tehát az elvárt megújuló energia hatása, vagy azzal egyenértékű más megoldás (pl. a referenciaszintnél lényegesen hatékonyabb hővisszanyerő alkalmazása vagy kapcsolt hőtermelés, hulladékhő hasznosítás).

TOVÁBBI IRÁNYELVI VONATKOZÁSOK

17 SRI - „Smart Readiness” indikátor (okosház indikátor)

A „Smart Readiness” indikátor (okosház indikátor, SRI) fogalmát a 2018-as irányelv módosítás vezette be. Az indikátor meghatározásának módszere egységes uniós módszertan szerint történik, alkalmazása önkéntes.

Az SRI azt mutatja meg, hogy az épület milyen mértékben képes érzékelni, értelmezni, kommunikálni és hatékony választ adni a változó körülményekre az épületgépészeti rendszerek, energiaellátó hálózatok és az épület használói igényei viszonyában.

Az okosház indikátor hét hatáskritériumot vizsgál hat épülettechnológiai felhasználási cél (terület) tekintetében, ezek a következők:

Hatáskritériumok:

- *energiatakarékosság;*
- *az elektromos hálózattal szembeni flexibilitás és elektromos energia tárolás;*
- *komfort;*
- *kényelem;*
- *egészség és jóllét;*
- *karbantartás és hibajelentés;*
- *az épületek használói felé adott információk.*

Területek (felhasználási célok):

- *fűtés;*
- *hűtés;*
- *használati melegvíz ellátás;*
- *szellőzés;*
- *világítás;*
- *elektromos energia előállítás;*
- *elektromosautó töltés;*
- *monitoring és szabályozás.*

Az okosház indikátor számítása során használható egyszerűsített és részletes módszer, előbbi családi házak, illetve kisebb épületek, utóbbi főleg nem lakó funkciójú, illetve nagyobb társasházak tanúsítására használható.

A számítás a következő klimatikus zónákat különbözteti meg:

- *Észak-Európa;*
- *Északkelet-Európa;*
- *Dél-Európa;*
- *Délkelet-Európa;*
- *Nyugat-Európa.*

A számítás során a rendszerek (területek) alrendszereihez különböző funkcionálitási szintet és pontszámot kell társítani az épület adottságai alapján. Ezeket a pontszámokat kell súlyozva összegezni. A súlyozás az épület jellegétől (lakó vagy nem lakó) és a földrajzi elhelyezkedésétől, klimatikus zónától függ. Az értékelési szempontrendszert és az adható pontszámokat jelen kiadvány nem tartalmazza, ez a világhálón elérhető. A pontrendszer jelen sorok írásakor még nem végleges, tesztelés alatt áll, elképzelhető változás. A példatár bemutat egy-egy konkrét épület esetén elkészített SRI tanúsítást.

18 *Energetikai költségoptimum*

18.1 *Energetikai költségoptimum értelmezése*

A tanúsító rendelet előírja, hogy a tanúsítványnak tartalmaznia kell az energia-megtakarításra irányuló javaslatot. A javaslat alátámasztható költséghatékonysági számítással, mely ugyan egyelőre nem kötelező elem, de hasznos információkat szolgáltat a tulajdonos számára a javasolt beruházás megtérüléséről. A rendelet megfogalmazása szerint:

7. § (3) A tulajdonos kérésére az adott épület gazdasági élettartama alatti költséghatékonysági számítás is készíthető

a) az MSZ EN 15459 szabványban leírt vagy azzal egyenértékű módszerrel, vagy

b) az Európai Bizottság 244/2012/EU felhatalmazáson alapuló rendeletében meghatározott módszertan szerint.

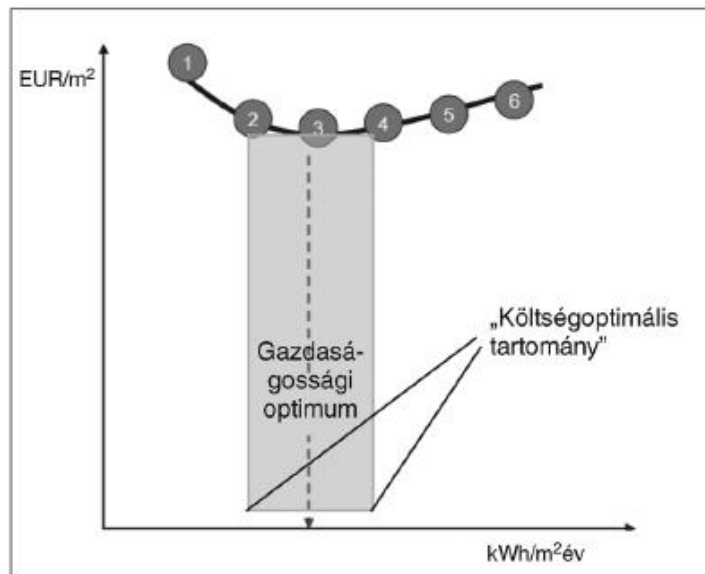
(4) A (3) bekezdés b) pontja szerinti számításban a költségoptimumot az energiafogyasztáshoz kapcsolódó befektetési költségek, a karbantartási és üzemeltetési költségek (ezen belül az energiaköltségek és -megtakarítások, az épület fajtája és adott esetben az előállított energiából származó bevételek), valamint az ártalmatlanítási költségek figyelembevételével kell meghatározni.

(5) Amennyiben a tanúsítvány javaslata nem tartalmaz költséghatékonysági számítást, a tanúsítványban fel kell tüntetni, hol kaphat a tulajdonos, illetve a bérelő további információt a felújítások gazdaságosságára és megvalósítására.”

A költségoptimumot az épületenergetikai tanúsítványban is megtalálható fajlagos primer energiafelhasználás és a (fajlagos)globális költség által meghatározott függvény alapján kell meghatározni.

A hivatkozott szabvány és EU rendelet lényegében ugyanazt a módszertant tartalmazzák, mely lakóépületeknél 30 évre, nem lakóépületek esetében 20 év életsiklushoz tartozó globális költség számítására vonatkozik. Az EU rendeletet még egy iránymutatás is kiegészíti, mely segítséget nyújt ilyen számítások elkészítéséhez (Iránymutatás 2012/C 115/01).

Az EU rendelet kidolgozásának célja az volt, hogy a tagállamok egységes módszertan szerint állapítsák meg az épületekre és épületelemekre vonatkozó minimumkövetelményeket. Ezeket a minimumkövetelményeket az EU rendelet szerint az ún. költségoptimum(vagy költségoptimalis) szinthez kell igazítani, mely az energiahatékonyság azon szintje, amely egy épület, vagy egy épütelelem 20 illetve 30 éves gazdasági élettartama folyamán a legalacsonyabb globálisköltséget eredményezi. Ugyanakkor a költségoptimum szintnek abban a tartományban kell elhelyezkednie, ahol a becsült gazdasági élettartamra vonatkozó költség-haszon elemzés eredménye pozitív.

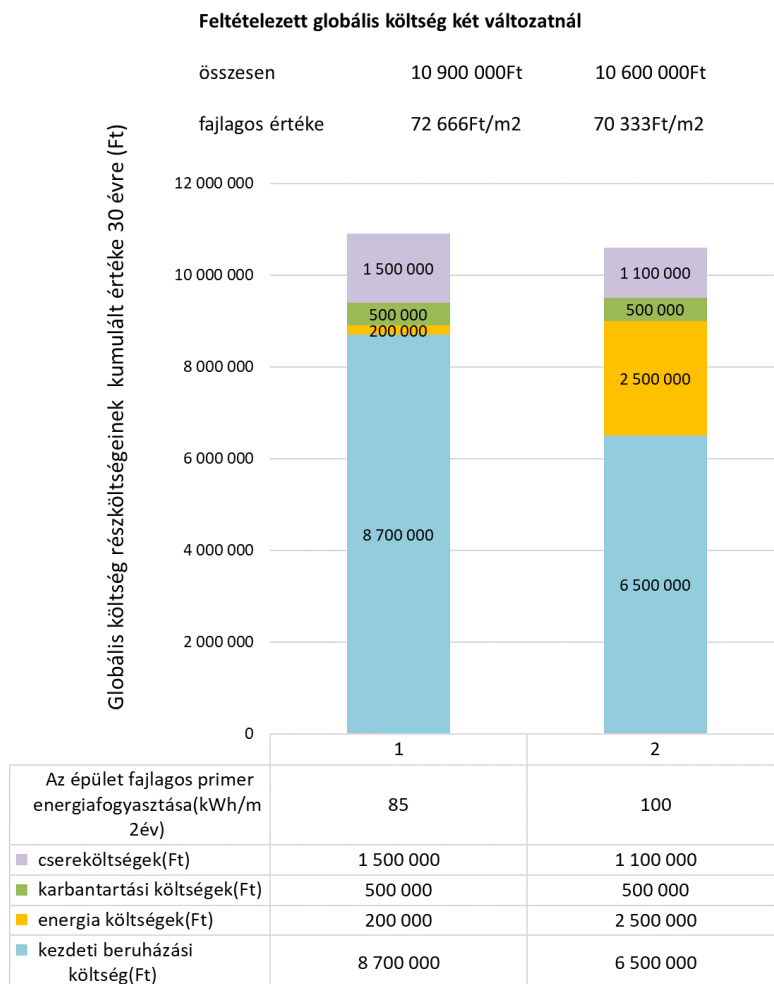


18.1. ábra. Költséggörbe és fajlagos globális költség a 2012/C 115/01 szerint

A rendelet szerint a nemzeti minimumkövetelmények legfeljebb 15%-kal lehetnek enyhébbek, mint az egységes módszertan szerint számított eredmények. Magyarországon a szükséges háttérszámításokat az Energiaklub végezte 2013-ban különböző referenciaépületekre (családi házak, többlakásos épületek és társasházak, irodák és oktatási épületek). A számítás eredménye szerint a 2006-ban bevezetett követelményértékek 2013-ban jóval enyhébbek voltak, mint a költségoptimalizált szint (a különbség esetenként akár 50-100% is volt). Ez azt jelentette, hogy a 2006-os követelmények nem bizonyultak költséghatékonyak, az adott élettartam alatt magasabb globális költséget eredményeztek, mint a költségoptimális szint. Emiatt módosítani kellett a követelményeket. A költségoptimalizált követelményszintet Magyarországon a 20/2014 (III.7.) BM rendelet vezette be, a követelmény azonban csak fokozatosan lép hatályba (ld. 2. fejezet). A rendelet szerint a nemzeti minimumkövetelmények legfeljebb 15%-kal térhetnek el, az egységes módszertan szerint számított eredményektől. Azaz azonos, vagy hasonló globális költség esetén, az alacsonyabb primer energia felhasználású szintet kell minimumkövetelményként megjelölni, valamint 15%-os primerenergia felhasználás különbség esetén, amikor a követelmény értékek a költségoptimális tartomány minimum értékének bal oldalán belül találhatók, azokat nem szükséges módosítani.

Magyarországon a szükséges háttérszámításokat az Energiaklub végezte 2013-ban különböző referenciaépületekre (családi házak, többlakásos épületek és társasházak, irodák és oktatási épületek). A számítás eredménye szerint a 2006-ban bevezetett követelményértékek szintje a 2013-ban elvégzett költségoptimum számítások alapján, 2013-ban már jóval enyhébbek voltak, mint a költségoptimum szint (a különbség esetenként, akár 50-100% is volt). Ez azt jelentette, hogy a 2006-os követelmények nem bizonyultak költséghatékonyak 2013-ban, az adott élettartam alatt magasabb globális költséget eredményeztek, mint a költségoptimális szint. Gyakorlati szempontból az épületek új építés és felújítás esetén 2013-ban olyan energetikai szinten valósultak meg, amely nem bizonyult elég energiahatékonyak. A 20-30 éves gazdasági élettartam alatt az így épített épületek globális költsége magasabb volt, mint egy azonos

felépítésű, de energiahatékonyabb-költségoptimum épületé. Ez úgy valósulhatott meg, hogy a költségoptimalis épület esetleges magasabb kezdetiberuházási költségét, a gazdasági élettartam alatt jóval alacsonyabb energiaköltségek ellensúlyozták, mellyel a globális költség alacsonyabbá vált.



18.2. ábra. Példa a globális költség részköltségeinek lehetséges arányai 150m²-es épület felújítása esetén.

Mivel a 2013-ban számított optimum értékek kívül estek a költségoptimalis tartományon, módosítani kellett a minimumkövetelményeket. A költségoptimalizált követelményszintet Magyarországon a 20/2014 (III.7.) BM rendelet vezette be fokozatosan 2018-ig.

18.2 Fajlagos primer energiafelhasználás meghatározása

A költségoptimum meghatározásához felújításoknál és új építés esetében különböző fajlagos primerenergia felhasználású épületeket, illetve felújítási csomagokat szükséges vizsgálni. A felújítási változatok meghatározásánál figyelembe szükséges venni a mindenkor hatályos minimum követelményértékeknek való megfelelést.

Mivel optimumot keresünk a számításoknak minimum három, de javasolhatóan háromnál több verziót kell tartalmazniuk. A 244/2012/EU felhatalmazáson alapuló rendelet módszertana

szerint, a felújítási változatok között szerepelnie kellett megújuló energiaforráson alapuló intézkedéseknek is. A továbbiakban minden egyes épület, illetve felújítási csomag esetében ki kell számítani a különböző felújítási, vagy építési változatok megvalósítása esetére vonatkozó fajlagos primerenergia fogyasztást. A felújítási változatok kiválasztásakor érdemes szem előtt tartani az építési sorrendet.

18.3 A globális költség

A globális költség tartalmazza 20 illetve 30 évre vonatkozóan kumuláltan a kezdeti beruházási költségeket, az éves költségeket, illetve esetenként az ártalmatlanítási költséget és makrogazdasági szintű számítás esetén az üvegházhatású gázok kibocsátásának költségét is (18.3. ábra).

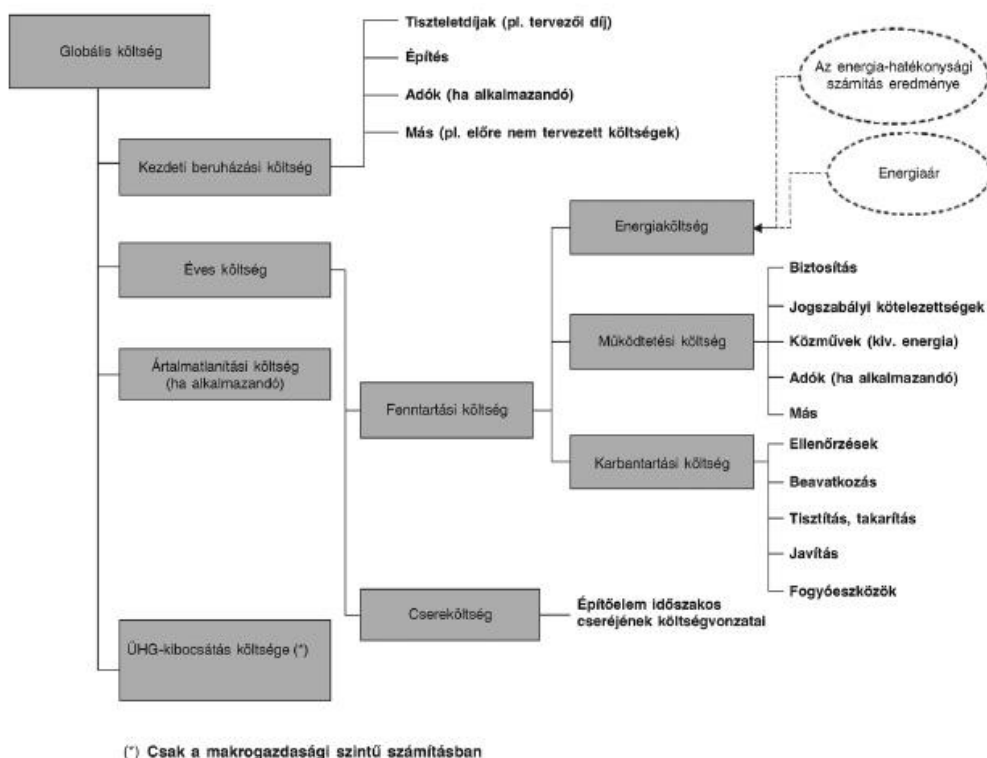
A kezdeti beruházási költség az anyag- és munkadíj mellett a tervezői díjakat, a közműcsatlakozás díját és egyéb költségeket is magában foglalja. Nem kell viszont a telekköltséget figyelembe venni. Az éves költségek közé tartozik az energiaköltség és az éves működtetési és karbantartási költségek (fenntartási költség), valamint az időszakosan megjelenő csere költség. A működtetési költségek között figyelembe kell venni az összes, az épület működtetésével összefüggő költséget (pl. biztosítás, közműdíjak stb.). A karbantartási költségek az épület minőségének megőrzése érdekében szükséges intézkedések (állagmegóvás, javítás, fogyóeszközök).

Minden költséget a kezdőévre vonatkoztatott nettó jelenértéken kell figyelembe venni.

A kezdeti beruházási költség tartalma felújítás és új építés esetén eltérő, hiszen a beruházások műszaki tartalma jelentősen különböző.

Több intézkedés összehasonlításakor bizonyos egyszerűsítések megengedhetők: nem kötelező azokat a költségeket figyelembe venni, melyek az összes értékelt intézkedés esetén azonosak (pl. új építés esetében alapozás, lépcsők, állványozás), illetve az olyan épületelemekkel kapcsolatos költségeket, amelyek nincsenek hatással az épület energiahatékonyságára (pl. belső burkolat, belső falfestés), azonban ilyenkor nem szabad elfelejteni, hogy a globális költség nem teljes beruházási költséget takar.

Költségkategóriák a módszertani kerethez



18.3. ábra: A globális költség összetevői (Iránymutatás 2012/C 115/01)

18.4 A globális költség számítása

A globális költség a következő összefüggéssel számítható:

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} \left(C_{a,i}(j) \cdot R_d(i) \right) - V_{f,t}(j) \right] \quad (18.1)$$

ahol

$C_g(\tau)$ a számítási időszak alatti globális költség (a τ_0 kezdőévre vonatkozóan);
 τ a számítási időszak hossza;
 C_I a j intézkedés vagy intézkedéssorozat kezdeti beruházási költségei;
 $C_{a,i}(j)$ a j intézkedés vagy intézkedéssorozat éves költsége az i . évben;
 $V_{f,\tau}(j)$ a j intézkedés vagy intézkedéssorozat maradványértéke a számítási időszak végén (a τ_0 kezdőévre diszkontálva, azaz jelenértéken);
 $R_d(i)$ az i évre vonatkozó diszkonttényező, amely az r diszkontrátán alapul és a következőképpen kell számítani:

$$R_d(p) = \left(\frac{1}{1 + r/100} \right)^p \quad (18.2)$$

ahol

p a kezdeti időszak óta eltelt évek száma

r a valós diszkontráta.

A globális költség felhasználása széleskörű lehet, a számítási időszak hossza a számítás céljától függ megegyezhet az épület élettartamával vagy lehet annál rövidebb időszak (pl. a jelzáloghitel időszaka). Épületenergetikai célú számítás esetén a 244/2012/EU rendelet szerint a számítási időszak 30 év lakó- és középületek esetén, és 20 év kereskedelmi és nem lakáscélú épületek esetén.

A kezdeti beruházási költségeknek piacialapúnak, hely és idő tekintetében koherensnek, valamint megvalósíthatónak kell lennie. Az elérhető támogatások is beszámíthatók. Források tekintetében alkalmazhatóak tételes árajánlatok, költségadatbázisok, költségvetés készítő programok, építőipari normagyűjtemények, kivitelezői gyűjtések, stb.

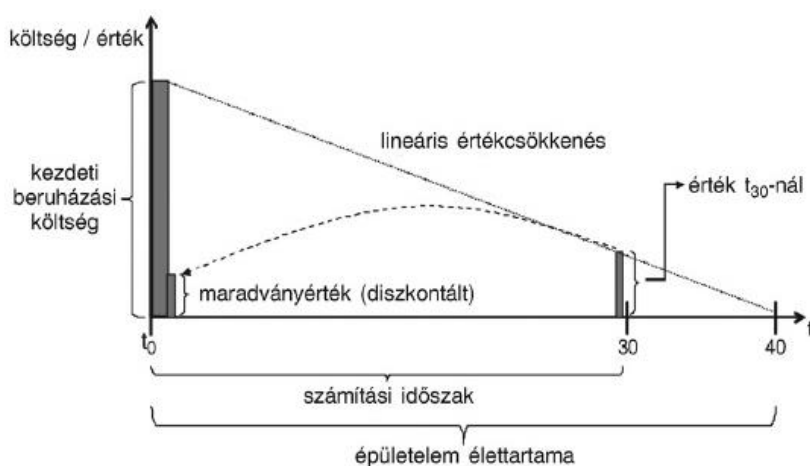
Az energiaköltség a 9/2023 (V.25.) ÉKM rendelet szerinti vagy egyenértékű módszerrel megállapított éves energiaigény alapján számítható. A költség az adókat, rendszerhasználati és közműfejlesztési díjakat is tartalmazza. Az energiahordozók árát az adott szolgáltató közli, ezek az információk a honlapokon is elérhetőek. Mivel az elemzés hosszútávra, 20-30 évre előre készül, figyelembe kell venni az árváltozás mértékét is. Ez nehezen előre jelezhető paraméter, mely azonban jelentősen befolyásolhatja az eredményeket. Az energiaár jövőbeni alakulását illetően használható az EU Bizottság által frissített ár trend (EU Energy Trends to 2030), az Energiaklub által használt ár trendek (18.1. táblázat) vagy más előrejelzések. A nagyfokú bizonytalanság miatt érzékenységvizsgálatot kell végezni és az áremelkedés (vagy csökkenés) eredményekre gyakorolt hatását külön is elemezni szükséges.

18.1. táblázat: Energiaár emelkedés előrejelzés (Energiaklub)

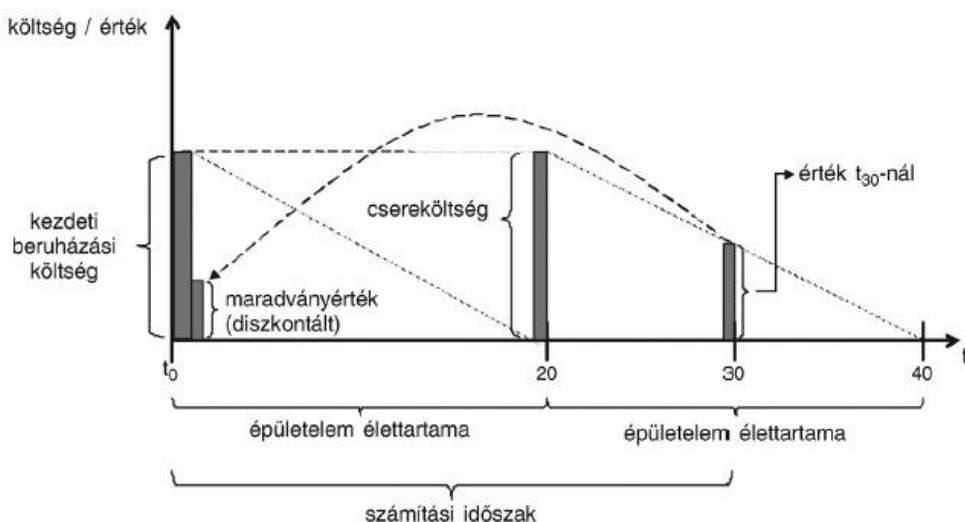
	1. scenárió: energiaár emelkedés (%)	2. scenárió: energiaár emelkedés (%)
földgáz	4,3	2,8
elektromos áram	5	2
tűzifa	5	2,8
távhő	4,3	2,8

A csereköltséggel azon épületelemek esetén szükséges számolni, melyek várható élettartama rövidebb, mint a számítási időszak. Például várhatóan szükséges az épületgépészeti rendszer több elemének, a kazánnak, szivattyúknak, stb. a cseréje. A számításokban a csereköltség felvehető a kezdeti beruházási költséggel azonosnak (reálértéken!), azonban figyelembe vehető az árváltozás is. A napelemek esetén például az utóbbi években megfigyelhető volt a nagymértékű áresés a tömegtermelés beindulásának köszönhetően. Az épületelemek várható élettartama felvehető szabványok alapján: a gépészeti elemekre vonatkozó élettartamokat ad meg az MSZ EN 15459. A csereköltséghez kapcsolódik a maradványérték fogalma. A

maradványérték az adott épületelem kezdeti beruházási vagy csere költségének lineáris értékcsökkenése miatt a számítási időszak végén érvényes értéke, melynek a kezdőévre vonatkoztatott jelenértékével csökkenthető a globális költség. Az értékcsökkenési időszakot az épület/épületelem gazdasági élettartama határozza meg. A 18.4. ábra azt az esetet mutatja, amikor az épületelem élettartama hosszabb a számítási időszaknál. Az épület élettartama 40 év, de a számítási időszak 30 év, ezért a 30. évben lineáris értékcsökkenést feltételezve az épületelem értéke 25%. Ezt az értéket visszadiszkontálva a kezdőévre megkapjuk a maradványértéket, mellyel a globális költség csökkenthető. A 18.5. ábra esetén az épületelem élettartama rövidebb a számítási időszaknál (20 év vs. 30 év), ezért cserére van szükség a 20. évben. A kicserélt elemnek azonban a 30. évben még van értéke, mely lineáris értékcsökkenést feltételezve 50%. Ezt az értéket kell visszadiszkontálni a kezdőévre, hogy megkapjuk a maradványértéket.



18.4. ábra: Épületelem maradványértékének meghatározása abban az esetben, ha élettartama hosszabb a számítási időszaknál (Iránymutatás 2012/C 115/01)



18.5. ábra: Épületelem maradványértékének meghatározása abban az esetben, ha élettartama rövidebb a számítási időszaknál (Iránymutatás 2012/C 115/01)

Minden jelenérték számítási feladathoz szükséges a diszkonttényező, melynek segítségével az adott időpontban megjelenő pénzforgalom átváltható a kezdeti időpontra. Ahogy a fenti képlet is mutatja, értéke függ a kezdőév óta eltelt évek számától és a valós diszkontrátától. A valós diszkontráta vagy reálkamatláb inflációt nem tartalmaz.

Az áremelkedés mértékéhez hasonlóan a diszkontráta esetén is érzékenységvizsgálatot kell végezni, mivel nagyfokú a bizonytalansága. A rendelet szerint legalább két diszkontrátát kell alkalmazni, melyek közül az egyiknek 3%-nak kell lennie. (A 2012/C 115/01 Iránymutatás 4%-os diszkontrátát ad meg, mely lényegében megfelel az EU-ban az 1980-as évek eleje óta kiadott hosszabb lejáratú államkötvények átlagos reálhozamának).

Egyéb bizonytalan jellemzők hatását is érdemes lehet érzékenységvizsgálattal elemezni, ilyenek például a beruházási költségek, a jövőbeni beruházási költségek.

18.5 A költségoptimum meghatározása

A költségoptimum meghatározásának célja, hogy a 20, illetve a 30 évre számított legkedvezőbb, vagy ahhoz közeli globális költség mellett a legalacsonyabb primerenergia fogyasztású, azaz legenergiahatékonyabb épületet építsük, vagy az épületeket ilyen energiahatékonyságú szintre újítsuk fel.

A vizsgált épületek esetében, a hatályos jogszabályok figyelembevételével különböző intézkedési csomagokra vonatkozóan szükséges meghatározni a primerenergia fogyasztást, valamint a globális költséget. Az elvégzett számítások eredményei költséggörbén jeleníthetők meg, amely a különböző megoldások esetében szembe állítja egymással a fajlagos primerenergia-felhasználást (x tengely, primer energia kWh / hasznos alapterület m² / év) és a fajlagos globális költséget (y tengely, globális költségHUF-EUR / hasznos alapterület m²).

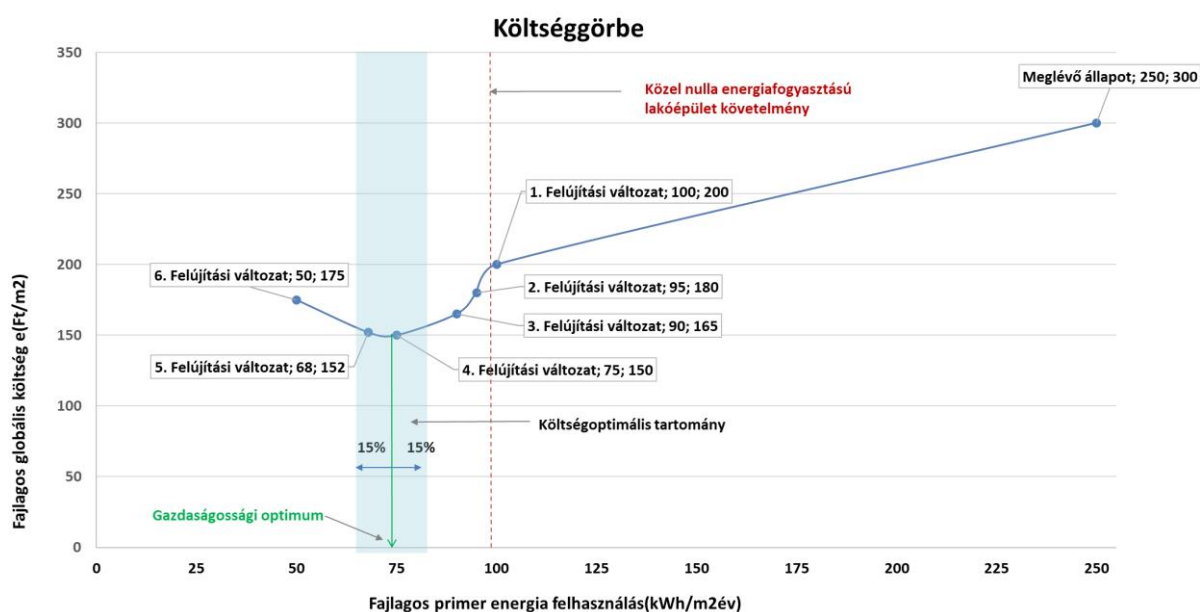
Az alábbi példa a költségoptimum kiválasztását mutatja be.

A mintapélda épület egy felújítandó lakóépület, mely 0. változata a meglévő állapotot mutatja be. A hat felújítási változat mindegyike önkéntesen megfelel a közel nulla energiafogyasztású épületek követelményeinek. A felújítási változatokhoz tartozó feltételezett primerenergia fogyasztás és a globális költség az alábbi táblázatban található.

18.2. táblázat: A felújítási változatok fajlagos primer energia és fajlagos globális költség értékei

felújítási változatok	fajlagos primerenergia felhasználás(kWh/m ² év)	fajlagos globális költség e(Ft)/m ²
0	250	300
1	100	200
2	95	180
3	90	165
4	75	150
5	65	152
6	50	175

A költséggörbe megrajzolása után a gazdasági optimum a 4-es felújítási változat, melynek energiafogyasztása 75kWh/m²év, és a felújítási változathoz tartozó globális költség 150 000Ft/m².



18.6. ábra: A mintapélda 0-6. felújítási változatok költséggörbéje és költségoptimuma

A görbe legalacsonyabban található pontját a legkisebb költségű intézkedéscsomag-együttes (a 18.6. ábrán a 4-es számmal jelölt intézkedéscsomag) adja. E pont vetülete az x tengelyen automatikusan megadja az energiahatékonysági intézkedések vagy új építés költségoptimalis szintjét. A rendelet I. melléklete 6. szakaszának 2. pontja szerint, ha több intézkedéscsomagnak azonos vagy közel azonos a költsége, akkor a költségoptimalis szint meghatározása során lehetőleg a legkisebb primerenergia-felhasználású intézkedéscsomagot (a költségoptimalis tartomány bal oldali határát) kell alapul venni.

A költségoptimalis tartományt az alábbiak szerint kell meghatározni:

75kWh/m²év $\pm 15\%$, érték szerint a jobb és bal oldali terület $75 \times 0,15 = 11,25 \text{ kWh/m}^2\text{év}$.

Ez alapján a költségoptimalis tartomány a

$$75-11,25= 63,75 \text{ kWh/m}^2\text{év}$$

és a

$$75+11,25=86,25\text{kWh/m}^2\text{év}$$

tartományba esik.

A rendelet szerint a költségoptimum megállapításánál vizsgálni szükséges az ebbe a tartományba eső gazdasági optimummal azonos, vagy hasonló költségű változatokat is.

A példa esetében az 5. felújítási változat is a költségoptimális tartományba esik, az éves primerenergia fogyasztása $65\text{kWh/m}^2\text{év}$. Az 5. változathoz tartozó globális költség $152\,000\text{Ft/m}^2$.

Amennyiben a 2000Ft/m^2 -es pluszköltség elfogadható, a felújítási változatok költségoptimuma az 5. változat, mivel a 15%-os gazdaságossági tartományba esik, és költsége közel található a gazdasági optimumhoz.

TERVEZÉS

Jelen fejezet közel nulla energiaigényű új épületek tervezéséhez kíván segítséget nyújtani. A közel nulla követelmények bevezetése komoly kihívást támaszt az építetőknek, tervezőknek és kivitelezőknek egyaránt. Nem cél a technológiai megoldások átfogó áttekintése, a kötet abban kíván inkább segíteni, hogy lehetséges megoldásokkal segítse a döntést a követelményeknek megfelelő szerkezetek és épületgépészeti megoldások kiválasztásához.

A fejezet két témakörrel foglalkozik:

- A közel nulla követelményeknek megfelelő ajánlott rétegrendeket mutat be figyelembe véve a hazai termékpaletta kínálatát, különös tekintettel a magyar termékekre,
- Az eddigieknél részletesebb hőhídkatalógust tartalmaz, szintén kiemelten kezelve a hazai termékpaletta kínálatát,

A felkínált megoldások nem teljeskörűek és alkalmazásuk nem jelent automatikus követelményeknek való megfelelést. Az összetett követelményrendszernek való megfelelés minden esetben egyedileg ellenőrizendő.

19 Rétegrendi kialakítások tervezése családi házak esetén

19.1 Talajon fekvő padlószervezetek

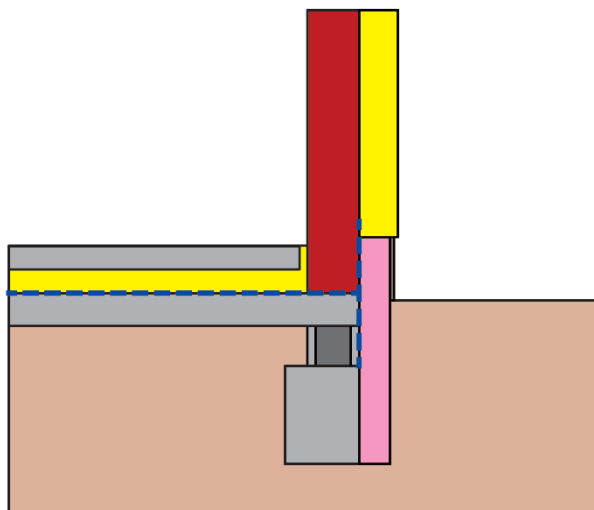
A talajon fekvő padlókra vonatkozó, a talaj és a padlószervezet geometriai kialakításának hatását is tartalmazó egyenértékű hőátbocsátási tényező követelményértéke $U_{\max} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

A talajon fekvő padlók javasolt kialakítása egyenes rétegrenddel történjen, a hőszigetelést a talajpárától vagy talajnedvességtől az alatta elhelyezkedő vízszigeteléssel védjük meg. Amennyiben a hőszigetelés a vízszigetelő réteg alá kerül, csak alacsony nedvességfelvételű hőszigetelőanyag kerülhet szóba (pl. extrudált polisztirolhab, üveghab). A padlószervezetekben alkalmazott hőszigetelőanyagoknak lépésállóknak kell lenniük.

Alacsony nedvességfelvételű és/vagy magas páradiffúziós ellenállással rendelkező hőszigetelések alkalmazása nem helyettesíti a vízszigetelő réteget!

Talajon fekvő padlószervezetek hőszigetelése minden esetben hőszigetelőanyaggal kell történjen, a hőszigetelés tömörített szemcsés ágyazattal történő megoldása (pl. „kavicsfeltöltés”) nem megfelelő megoldás, főleg amiatt is, hogy a padlószervezetek alatti ágyazat teherbírás végett célszerűen tömörített homokos kavics vagy zúzottkő kell legyen. A szemcsés ágyazatot azonban a talajon fekvő padlók egyenértékű hőátbocsátási tényezőjében az MSZ EN ISO 13370 szabvány iránymutatásai alapján figyelembe venni nem szabad!

A padlószervezetek egyenértékű hőátbocsátási tényezője a rendeletben található összefüggések, vagy az MSZ EN ISO 13370 szabvány szerint kell történjen. A segédlet tartalmaz talajon fekvő padlószervezetek esetére is számítási példákat. Azonban általánosan elmondható, hogy például legalább 10-12 cm lépésálló polisztirolhab vagy például 25-30 cm tömörített üveghab granulátum alkalmazása szükséges, utóbbi megfelelő talajparaméterek esetén helyettesítheti a szemcsés ágyazatot is.



19.1. ábra: Padlószerkezet, lábazati fal és sávalap egy lehetséges hőszigetelési megoldása

Terepszint közelében vagy terepszint felett fekvő padló esetében a padló kerülete mentén vízszintes síkban legalább 2,5 m, vagy függőleges síkban a padlósík alatt legalább 1,5 m mélységig perem hőszigetelést kell alkalmazni, amely legalább $R = 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ hővezetési ellenállással rendelkezik. Ha a terepszint közelében fekvő padló tartalmaz legalább $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ hővezetési ellenállású hőszigetelő réteget, akkor perem hőszigetelésként elegendő a terepszint alatt 0,5 m mélységig függőleges síkban elhelyezni legalább $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ hővezetési ellenállású hőszigetelő réteget. $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ hővezetési ellenállású hőszigetelés megfelel kb. 10 cm vastagságú extrudált polisztirolhabnak.

19.2 Lábazati kialakítások

Tervezés során a lábazati falaknak meg kell felelniük a vonatkozó átlagos hőátbocsátási tényező követelményértéknek, ami $U_{\max} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

A lábazati falak hőátbocsátási tényező követelményértéke kismértékben nagyobb, mint a homlokzati falszerkezetekre vonatkozó követelmény. Ezt leginkább épületszerkezeti kialakításukból adódik, mivel a lábazati falszerkezeteket a homlokzati faltól eltérő hőszigetelőanyaggal kell ellátnunk, mivel jelentősebb nedvességterhelésnek, valamint mechanikai igénybevételnek vannak kitéve.

A lábazati falakra ezért alacsony nedvességfelvevő képességű hőszigetelőanyagokat szükséges alkalmaznunk (pl. extrudált polisztirolhab, formahabosított polisztirolhab, üveghab), melyek azonban nem helyettesítik a lábazati kialakítások vízszigetelését!

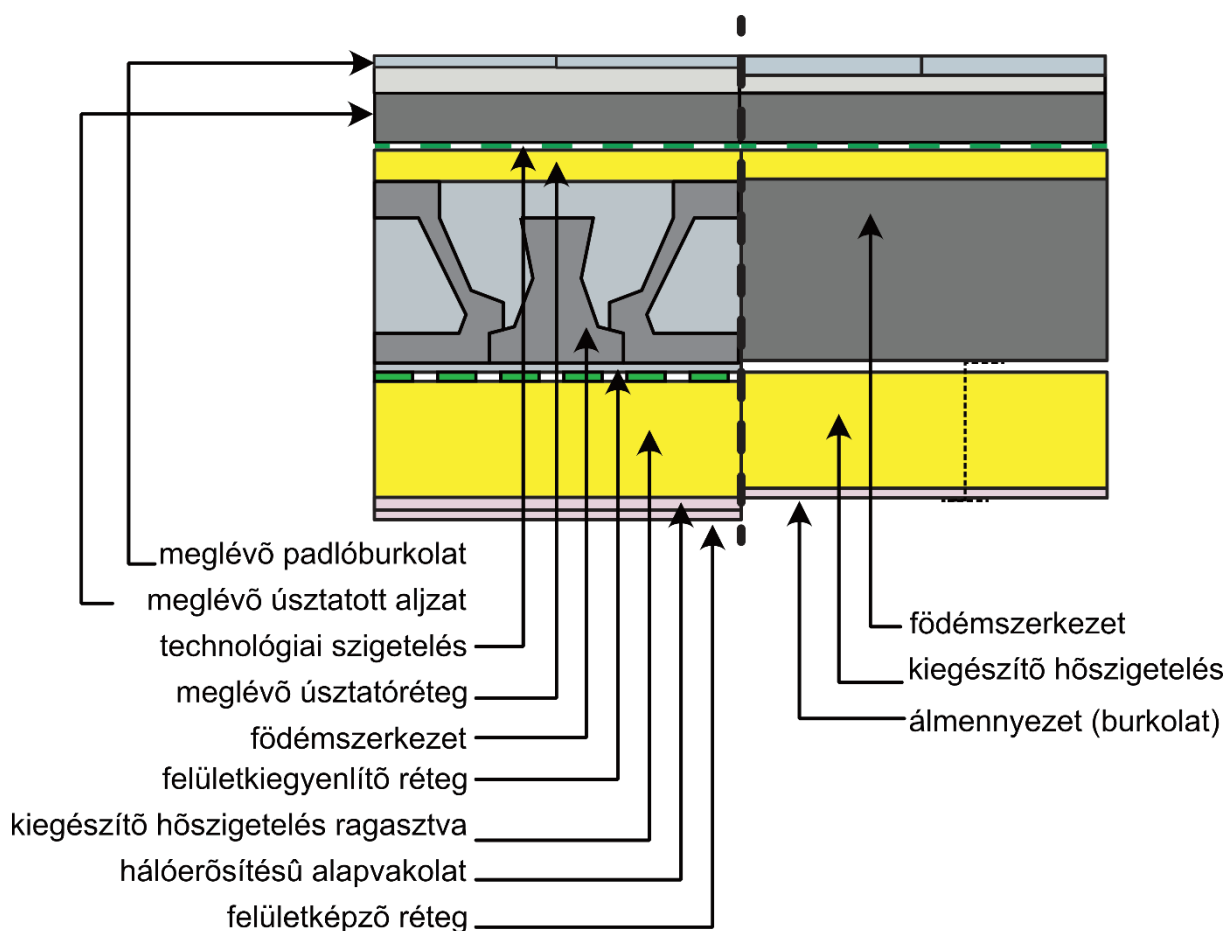
19.3 Alsó zárófödém fűtetlen terek felett

Tervezés során az alsó zárófödémeknek fűtetlen terek felet, azaz a pincefödémeknek meg kell felelniük a fűtetlen terek feletti alsó zárófödém szerkezetekre vonatkozó átlagos hőátbocsátási tényező követelményértéknek, ami $U_{\max} = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$.

A pincefödémek hőátbocsátási tényező követelményértéke számottevően nagyobb, mint a tetőszerkezeteké. Mivel a pincefödémek fűtetlen, de zárt térrel határos épületrészek, ezért a

fűtetlen terek feletti alsó zárófödémek közvetlenül külső levegővel nem érintkeznek. Ez a speciális helyzet, valamint a lefelé hűlő szerkezet magasabb felületi ellenállásai és a pincetér mértékadó átlagos léghőmérséklete is indokolja a kisebb mértékű előírt, szükséges hőszigetelésvastagságot.

A pincefödémek szerkezeten belüli (szerkezeti, építéstechnológiai és pénzügyi szempontból egyaránt előnyösebb) hőszigetelésére gyakran tervezési kötöttségek miatt nincs lehetőség. Ezért a pincefödémek esetében általában azok alsó oldalán helyezünk el hőszigetelést. Az alsó oldalon elhelyezhető hőszigetelés vastagsága azonban a pincetér belmagasságát és használhatóságát is korlátozza. Alsó oldalon történő elhelyezés esetén általában 12-15 cm hőszigetelés (pl. EPS, ásványgyapot, fagyapot) vastagság alkalmazása javasolt, az épületelem átlagos hőátbocsátási tényezőjét, valamint nedvességtechnikai-állagvédelmi megfelelőségét számítással kell igazolni.



19.2. ábra: Alsó zárófödém lehetséges kialakításai fűtetlen terek felett

A nedvességtechnikai-állagvédelmi számításokra alkalmazható eljárásokat az MSZ 24140 szabvány tartalmazza, javasolt elvégezni az MSZ EN ISO 13788 szabvány szerinti havi bontású vizsgálatot, mellyel ellenőrizhetjük a kritikus felületi nedvességet és a szerkezeten belüli páralecsapódást megelőző belső felületi hőmérsékletet is.

19.4 Árkád és áthajtó feletti födémek

Tervezés során az árkád és áthajtó feletti födémeknek meg kell felelniük átlagos hőátbocsátási tényező követelményértéknek, ami $U_{\max} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$.

A külső légtérrel közvetlenül érintkező árkádfödémek és áthajtó feletti födémek előírt mértékű hőszigetelése a födémszerkezet és az alkalmazott hőszigetelőanyag, valamint rögzítési és építéstechnikai megoldásoktól függően legalább 15-20 cm vastagságú hőszigetelő réteg alkalmazását teszi szükségessé, melyek megfelelőségét számítással ellenőrizni kell.

Az előírt mértékű, vagy annál nagyobb vastagságú hőszigetelés alkalmazása továbbá igen kedvező az árkádfödém belső (felső oldali) felületi hőmérsékletének alakulása szempontjából is, mely hőérzeti szempontból is fontos tényező.

A nedvességttechnikai-állagvédelmi számításokra alkalmazható eljárásokat az MSZ 24140 szabvány tartalmazza, javasolt elvégezni az MSZ EN ISO 13788 szabvány szerinti havi bontású vizsgálatot, mellyel ellenőrizhetjük a kritikus felületi nedvességet és a szerkezeten belüli páralecsapódást megelőző belső felületi hőmérsékletet is.

19.5 Homlokzati falak

A homlokzati falakra vonatkozó átlagos hőátbocsátási tényező követelményértéke $U_{\max} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$.

A hazánkban 2020-ban elérhető falazóblokkokból épített homlokzati falazatok hőátbocsátási tényezőit négyféle teljes hőszigetelő rendszerrel történő kialakítás esetére (expandált polisztirolhab, grafitos expandált polisztirolhab, ásványgyapot és fagyapot) és négy eltérő hőszigetelési vastagságra (5-10-15-20 cm) a 19.1.-19.4. táblázatok tartalmazzák. A közel 50 féle, családi házak építésekor szóba jöhető falszerkezeti kialakítás eltérő vastagságú külső oldali hőszigetelő rendszerrel kerülhet megépítésre az alkalmazott falazóblokkok, valamint hőszigetelőanyagok függvényében. A külső oldali teljes hőszigetelő rendszert a Magyar Építőkémi és Vakolatszövetség „Bevonatréteggel ellátott, többrétegű, ragasztott táblás homlokzati hőszigetelő rendszerek (ETICS-THR) kivitelezése” című irányelve alapján kell elkészíteni. A hőátbocsátási tényezőket tartalmazó 19.1.-19.4. táblázatokban jelölésre kerültek a homlokzati falakra vonatkozó követelménynek megfelelő kialakítások. Jelöltük továbbá a követelménynek megfelelő, ám műszaki/gazdasági megfontolások alapján már nem feltétlenül javasolt hőszigetelés kialakításokat, melyek vagy rendszer kompatibilitásból fakadnak (pl. hőszigetelőanyaggal töltött falazóblokkok további külső oldali hőszigeteléssel való ellátása), vagy túlzott vastagságú hőszigeteléssel lennének ellátva, mely az épület használati időtartama alapján nem biztos, hogy megtérülne. Természetesen a táblázatokban szereplő falszerkezetek kialakíthatóak eltérő vastagságú teljes hőszigetelő rendszer alkalmazásával is, ez esetben az átlagos hőátbocsátási tényezőket a 9/2023 (V.25.) ÉKM rendelet 1. függeléké, illetve az MSZ EN ISO 6946 szabvány alapján kell meghatározni. Általánosságban elmondható, hogy 15 cm expandált polisztirolhab hőszigetelés alkalmazásával mind a 25 cm-es, mind pedig a 30 cm-es falazóblokkok biztonsággal megfelelnek a követelményértéknek, míg vastagabb vagy jobb hőszigetelőképeségű falazóblokkok esetében 10 cm-es hőszigetelőréteg alkalmazása is megfelelő. A hőszigeteléssel ellátott homlokzati falszerkezetek hőcsillapítás és léghanggátlás szempontjából is előnyösek.

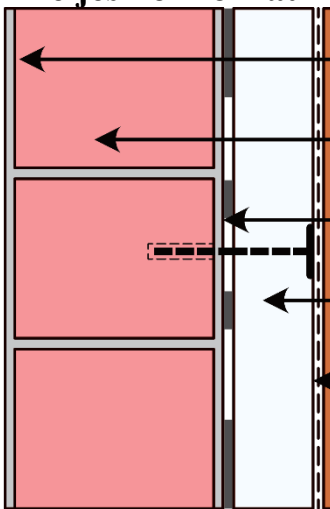
A hőszigeteléssel töltött falazóblokkok, többféle 38, 44 vagy 50 cm vastagságú falazóblokk, valamint a kisblokkos bennmaradó falzsalus rendszerek önmagukban, kiegészítő külső oldali teljes hőszigetelő rendszer nélkül is megfelelnek. Azon falazóblokkokat ajánljuk kalálában történő építkezésekre, melyek önmagukban is megfelelnek a hőátbocsátási tényező követelménynek, ezáltal nem szükséges őket teljes hőszigetelő rendszerrel ellátni, mivel annak jó minőségű kivitelezése nagy precizitást és szakértelmet követel meg.

A falazatok és hőszigetelő rendszerek kompatibilitását minden esetben ellenőrizni kell, hogy nedvességtechnikai-állagvédelmi megfelelőségük igazolható-e! A nedvességtechnikai-állagvédelmi számításokra alkalmazható eljárásokat az MSZ 24140 szabvány tartalmazza, javasolt elvégezni az MSZ EN ISO 13788 szabvány szerinti havi bontású vizsgálatot, mellyel ellenőrizhetjük a kritikus felületi nedvességet és a szerkezeten belüli páralecsapódást megelőző belső felületi hőmérsékletet is.

Amennyiben acél beütőszeges dübeleket alkalmazunk, a hőátbocsátási tényezőket korrigálni szükséges a 9/2023 (V.25.) ÉKM rendelet 1. függelékében ismertetett módon, vagy az MSZ EN ISO 6946 szabvány szerint. A 19.1.-19.4. táblázatokban található esetekre vonatkozó $\Delta U_{r\ddot{o}gz}$ hőátbocsátási tényező korrekció értékei megtalálhatóak a Nemzeti Hőhídkatalógusban is (elérhető: <https://epito.bme.hu/em/emkek>).

Ha a falazatokban pillérek találhatók, a hatásuk számítható az MSZ EN ISO 6946 szerint kell történnjen és a falazatok átlagos hőátbocsátási tényezőjében figyelembe kell vennünk a hatásukat. Továbbá a Nemzeti Hőhídkatalógus is tartalmaz vonalmenti hőátbocsátási tényezőket falazatokba épített pillérek eseteire, mely értékek numerikus modellezéssel kerültek meghatározásra.

Átszellőztetett homlokzatburkolatok hőszigetelőréteget átszűrő fém (pl. acél, rozsdamentes acél, alumínium) tartókonzolkai által okozott pontszerű hőhidak χ pontbeli hőátbocsátási tényezőit [W/K] gyártói hőhídkatalógusok alapján a tartókonzol kialakítása és az átszűrt hőszigetelésvastagságnak megfelelően figyelembe kell venni, abban az esetben is, ha azokat hőhídmegszakító elemmel látták el! Átszellőztetett homlokzatburkolatok tartószerkezeti rendszereire vonatkozó pontbeli hőátbocsátási tényezőit tartalmaz továbbá erre vonatkozó gyártó független hőhídkatalógus is, mely elérhető a <https://epito.bme.hu/em/emkek> weboldalon.

Teljes homlokzati hőszigetelő rendszerrel ellátott homlokzati falazatok						
						
Falazatok hőátbocsátási tényezője (W/m²K)		Hőszigetelés	Hőszigetelés anyaga és vastagsága (cm)**			
Falazat anyaga (A falazatokat belső és külső oldali vakolattal is ellátjuk.)	Falazóblokk vastagsága (cm)		Expandált polisztirolhab, λ = 0.039 W/mK			
			5	10	15	20
Bakonytherm 25 N+F	25	1.03	0.44	0.28	0.21	0.16
Leiertherm 25 N+F	25	0.83	0.40	0.27	0.20	0.16
Porotherm 25 N+F habarccsal	25	1.03	0.44	0.28	0.21	0.16
Silka HM 250 NF+GT	25	1.83	0.55	0.32	0.23	0.18
Bakonytherm 30 N+F	30	0.56	0.32	0.23	0.18	0.14
Berényi B30 N+F	30	0.63	0.35	0.24	0.18	0.15
Berényi BerényTherm 30	30	0.56	0.33	0.23	0.18	0.14
Forrás téglá 30-as vályogtégla	30	1.45	0.51	0.31	0.22	0.17
Forrás téglá U-FORM 30	30	1.02	0.44	0.28	0.21	0.16
IFC 30 (pl. prokoncept, thermo-block, isoteq, isoshell, stb.)	30	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10
Kunsági téglá B-30	30	1.25	0.48	0.30	0.22	0.17
Kunsági téglá Uniform 19/24	30	1.10	0.46	0.29	0.21	0.17
Leiertherm 30 N+F MD	30	0.45	0.29	0.21	0.17	0.14
Leiertherm Pro 30	30	0.31	0.22	0.17	0.14	0.12
Mályi PORObrick NF 30 hőszig. habarccsal	30	0.51	0.31	0.22	0.17	0.14
Mályi PORObrick NF RW 30 hőszig. habarccsal	30	0.22	0.17	0.14	0.12	0.10
Porfix P4-600 30 cm	30	0.42	0.27	0.20	0.16	0.13
Porfix Premium P2-400 30 cm	30	0.26	0.20	0.16	0.13	0.11
Porotherm 30 K profi	30	0.29	0.21	0.17	0.14	0.12
Porotherm 30 N+F habarccsal	30	0.51	0.31	0.22	0.17	0.14
Silka HM 300 NF+GT	30	1.48	0.51	0.31	0.22	0.17
Ytong Classic 300 NF+GT	30	0.37	0.25	0.19	0.15	0.13
Ytong Forte 300 NF+GT	30	0.45	0.29	0.21	0.17	0.14

Ytong Lambda 300 NF+GT	30	0.28	0.21	0.16	0.14	0.12
Porfix P4-600 37.5 cm	37.5	0.35	0.24	0.18	0.15	0.13
Porfix Premium P2-400 37.5 cm	37.5	0.21	0.17	0.14	0.12	0.10
Ytong Classic 375 NF+GT	37.5	0.30	0.22	0.17	0.14	0.12
Ytong Forte 375 NF+GT	37.5	0.37	0.25	0.19	0.15	0.13
Ytong Lambda 375 NF+GT	37.5	0.23	0.18	0.14	0.12	0.11
Bakonytherm 38 N+F	38	0.33	0.23	0.18	0.15	0.12
Kunsági téglá HB-38	38	0.53	0.31	0.22	0.17	0.14
Leiertherm 38 N+F MD	38	0.39	0.26	0.19	0.16	0.13
Leiertherm Pro 38*	38	0.23	0.19	0.15	0.13	0.11
Mályi PORObrick NF 38 hőszig. habarccsal	38	0.41	0.27	0.20	0.16	0.13
Mályi PORObrick NF RW 38 hőszig. habarccsal	38	0.15	0.12	0.11	0.09	0.08
Porotherm 38 Klíma Profi/Dryfix*	38	0.24	0.20	0.16	0.13	0.11
Porotherm 38 N+F Classic M2.5 habarccsal	38	0.45	0.29	0.21	0.17	0.14
Porotherm 38 Thermo Profi/Dryfix*	38	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09
Bakonytherm 44 N+F*	44	0.24	0.19	0.16	0.13	0.11
Leierplan 44 ISO	44	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09
Leiertherm Pro 44	44	0.23	0.17	0.14	0.12	0.10
Mályi PORObrick NF 44 hőszig. habarccsal	44	0.36	0.25	0.19	0.15	0.13
Porotherm 44 Klíma*	44	0.22	0.18	0.14	0.12	0.11
Porotherm 44 Thermo Profi	44	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08
Durisol DSs 45	45	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08
Porfix Premium P2-400 50 cm	50	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09
Porotherm 50 Klíma Profi*	50	0.16	0.14	0.12	0.10	0.09
Porotherm 50 Thermo Profi*	50	0.12	0.11	0.09	0.08	0.08
Ytong Lambda 500	50	0.17	0.14	0.12	0.10	0.09

* Külső oldalon $\lambda = 0.12 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ hőszigetelő vakolattal

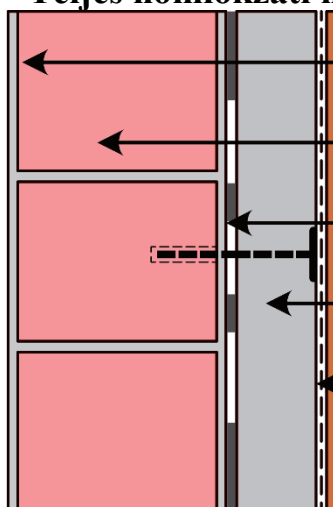
** A hőszigetelő táblákat ragasztóhabarccsal, perem-pont módszerrel és 5 mm átmérőjű műanyagdübellel rögzítjük, 7 db/m²-ként.

 A követelményt teljesítő, azonban műszaki/gazdaságossági szempontból nem javasolt kialakítás.

 A követelményt teljesítő kialakítás.

 A követelmények nem megfelelő kialakítás.

19.2. táblázat: Grafitos expandált polisztirolhabbal hőszigetelt falazatok hőátbocsátási tényezője

Teljes homlokzati hőszigetelő rendszerrel ellátott homlokzati falazatok						
						
Falazatok hőátbocsátási tényezője (W/m²K)		Hőszigetelés	Hőszigetelés anyaga és vastagsága (cm)**			
Falazat anyaga (A falazatokat belső és külső oldali vakolattal is ellátjuk.)	Falazóblokk vastagsága (cm)		Grafitos expandált polisztirolhab, λ = 0.031 W/mK			
			5	10	15	20
Bakonytherm 25 N+F	25	1.03	0.39	0.24	0.17	0.14
Leiertherm 25 N+F	25	0.83	0.35	0.23	0.17	0.13
Porotherm 25 N+F habarccsal	25	1.03	0.39	0.24	0.17	0.14
Silka HM 250 NF+GT	25	1.83	0.46	0.27	0.19	0.14
Bakonytherm 30 N+F	30	0.56	0.29	0.20	0.15	0.12
Berényi B30 N+F	30	0.63	0.31	0.21	0.16	0.13
Berényi BerényTherm 30	30	0.56	0.29	0.20	0.15	0.12
Forrás téglá 30-as vályogtégla	30	1.45	0.43	0.26	0.18	0.14
Forrás téglá U-FORM 30	30	1.02	0.39	0.24	0.17	0.14
IFC 30 (pl. prokoncept, thermo-block, isoteq, isoshell, stb.)	30	0.20	0.15	0.12	0.10	0.09
Kunsági téglá B-30	30	1.25	0.41	0.25	0.18	0.14
Kunsági téglá Uniform 19/24	30	1.10	0.40	0.24	0.17	0.14
Leiertherm 30 N+F MD	30	0.45	0.26	0.18	0.14	0.12
Leiertherm Pro 30	30	0.31	0.21	0.16	0.12	0.10
Mályi PORObrick NF 30 hőszig. habarccsal	30	0.51	0.28	0.19	0.15	0.12
Mályi PORObrick NF RW 30 hőszig. habarccsal	30	0.22	0.16	0.13	0.11	0.09
Porfix P4-600 30 cm	30	0.42	0.25	0.18	0.14	0.11
Porfix Premium P2-400 30 cm	30	0.26	0.18	0.14	0.12	0.10
Porotherm 30 K profi	30	0.29	0.20	0.15	0.12	0.10
Porotherm 30 N+F habarccsal	30	0.51	0.28	0.19	0.15	0.12
Silka HM 300 NF+GT	30	1.48	0.44	0.26	0.18	0.14
Ytong Classic 300 NF+GT	30	0.37	0.23	0.17	0.13	0.11
Ytong Forte 300 NF+GT	30	0.45	0.26	0.18	0.14	0.12

Ytong Lambda 300 NF+GT	30	0.28	0.19	0.15	0.12	0.10
Porfix P4-600 37.5 cm	37.5	0.35	0.22	0.16	0.13	0.11
Porfix Premium P2-400 37.5 cm	37.5	0.21	0.16	0.13	0.10	0.09
Ytong Classic 375 NF+GT	37.5	0.30	0.20	0.15	0.12	0.10
Ytong Forte 375 NF+GT	37.5	0.37	0.23	0.17	0.13	0.11
Ytong Lambda 375 NF+GT	37.5	0.23	0.17	0.13	0.11	0.09
Bakonytherm 38 N+F	38	0.33	0.22	0.16	0.13	0.11
Kunsági téglá HB-38	38	0.53	0.28	0.20	0.15	0.12
Leiertherm 38 N+F MD	38	0.39	0.24	0.17	0.14	0.11
Leiertherm Pro 38*	38	0.23	0.18	0.14	0.11	0.10
Mályi PORObrick NF 38 hőszig. habarccsal	38	0.41	0.25	0.18	0.14	0.11
Mályi PORObrick NF RW 38 hőszig. habarccsal	38	0.15	0.12	0.10	0.09	0.08
Porotherm 38 Klíma Profi/Dryfix*	38	0.24	0.19	0.14	0.12	0.10
Porotherm 38 N+F Classic M2.5 habarccsal	38	0.45	0.26	0.18	0.14	0.12
Porotherm 38 Thermo Profi/Dryfix*	38	0.17	0.14	0.11	0.10	0.08
Bakonytherm 44 N+F*	44	0.24	0.18	0.14	0.12	0.10
Leierplan 44 ISO	44	0.16	0.13	0.11	0.09	0.08
Leiertherm Pro 44	44	0.23	0.17	0.13	0.11	0.09
Mályi PORObrick NF 44 hőszig. habarccsal	44	0.36	0.23	0.17	0.13	0.11
Porotherm 44 Klíma*	44	0.22	0.17	0.13	0.11	0.09
Porotherm 44 Thermo Profi	44	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07
Durisol DSs 45	45	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07
Porfix Premium P2-400 50 cm	50	0.16	0.13	0.11	0.09	0.08
Porotherm 50 Klíma Profi*	50	0.16	0.13	0.11	0.09	0.08
Porotherm 50 Thermo Profi*	50	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07
Ytong Lambda 500	50	0.17	0.13	0.11	0.09	0.08

* Külső oldalon $\lambda = 0.12 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ hőszigetelő vakolattal)

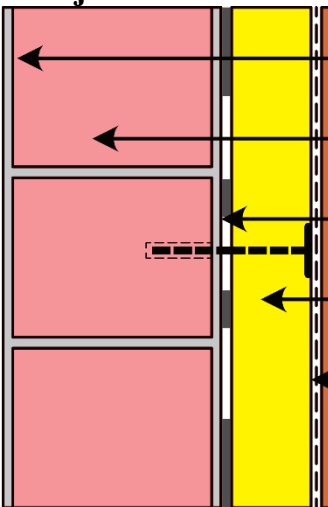
** A hőszigetelő táblákat ragasztóhabarccsal, perem-pont módszerrel és 5 mm átmérőjű műanyagdübellel rögzítjük, 7 db/m²-ként.

 A követelményt teljesítő, azonban műszaki/gazdaságossági szempontból nem javasolt kialakítás.

 A követelményt teljesítő kialakítás.

 A követelmények nem megfelelő kialakítás.

19.3. táblázat: Ásványgyapottal hőszigetelt falazatok hőátbocsátási tényezője

Teljes homlokzati hőszigetelő rendszerrel ellátott homlokzati falazatok						
						
Falazatok hőátbocsátási tényezője (W/m²K)		Hőszige- tetetlen	Hőszigetelés anyaga és vastagsága (cm)**			
Falazat anyaga (A falazatokat belső és külső oldali vakolattal is ellátjuk.)	Falazóblokk vastagsága (cm)		Ásványgyapot, λ = 0.036 W/mK			
			5	10	15	20
Bakonytherm 25 N+F	25	1.03	0.42	0.27	0.20	0.15
Leiertherm 25 N+F	25	0.83	0.39	0.25	0.19	0.15
Porotherm 25 N+F habarccsal	25	1.03	0.42	0.27	0.20	0.15
Silka HM 250 NF+GT	25	1.83	0.52	0.30	0.21	0.16
Bakonytherm 30 N+F	30	0.56	0.31	0.22	0.17	0.14
Berényi B30 N+F	30	0.63	0.34	0.23	0.17	0.14
Berényi BerényTherm 30	30	0.56	0.31	0.22	0.17	0.14
Forrás téglá 30-as vályogtégla	30	1.45	0.48	0.29	0.21	0.16
Forrás téglá U-FORM 30	30	1.02	0.42	0.27	0.19	0.15
IFC 30 (pl. prokoncept, thermo- block, isoteq, isoshell, stb.)	30	0.20	0.16	0.13	0.11	0.09
Kunsági téglá B-30	30	1.25	0.46	0.28	0.20	0.16
Kunsági téglá Uniform 19/24	30	1.10	0.43	0.27	0.20	0.16
Leiertherm 30 N+F MD	30	0.45	0.28	0.20	0.16	0.13
Leiertherm Pro 30	30	0.31	0.22	0.17	0.14	0.11
Mályi PORObrick NF 30 hőszig. habarccsal	30	0.51	0.30	0.21	0.16	0.13
Mályi PORObrick NF RW 30 hőszig. habarccsal	30	0.22	0.17	0.14	0.12	0.10
Porfix P4-600 30 cm	30	0.42	0.27	0.20	0.15	0.13
Porfix Premium P2-400 30 cm	30	0.26	0.19	0.15	0.13	0.11
Porotherm 30 K profi	30	0.29	0.21	0.16	0.13	0.11
Porotherm 30 N+F habarccsal	30	0.51	0.30	0.21	0.16	0.13
Silka HM 300 NF+GT	30	1.48	0.48	0.29	0.21	0.16
Ytong Classic 300 NF+GT	30	0.37	0.24	0.18	0.15	0.12

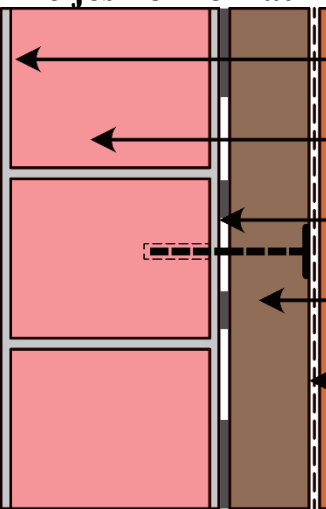
Ytong Forte 300 NF+GT	30	0.45	0.28	0.20	0.16	0.13
Ytong Lambda 300 NF+GT	30	0.28	0.20	0.16	0.13	0.11
Porfix P4-600 37.5 cm	37.5	0.35	0.23	0.18	0.14	0.12
Porfix Premium P2-400 37.5 cm	37.5	0.21	0.16	0.13	0.11	0.10
Ytong Classic 375 NF+GT	37.5	0.30	0.21	0.16	0.13	0.11
Ytong Forte 375 NF+GT	37.5	0.37	0.24	0.18	0.15	0.12
Ytong Lambda 375 NF+GT	37.5	0.23	0.17	0.14	0.12	0.10
Bakonytherm 38 N+F	38	0.33	0.23	0.17	0.14	0.12
Kunsági téglá HB-38	38	0.53	0.30	0.21	0.17	0.13
Leiertherm 38 N+F MD	38	0.39	0.25	0.19	0.15	0.12
Leiertherm Pro 38*	38	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10
Mályi PORObrick NF 38 hőszig. habarccsal	38	0.41	0.26	0.19	0.15	0.13
Mályi PORObrick NF RW 38 hőszig. habarccsal	38	0.15	0.12	0.10	0.09	0.08
Porotherm 38 Klíma Profi/Dryfix*	38	0.24	0.19	0.15	0.13	0.11
Porotherm 38 N+F Classic M2.5 habarccsal	38	0.45	0.28	0.20	0.16	0.13
Porotherm 38 Thermo Profi/Dryfix*	38	0.17	0.14	0.12	0.10	0.09
Bakonytherm 44 N+F*	44	0.24	0.19	0.15	0.12	0.11
Leierplan 44 ISO	44	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09
Leiertherm Pro 44	44	0.23	0.17	0.14	0.12	0.10
Mályi PORObrick NF 44 hőszig. habarccsal	44	0.36	0.24	0.18	0.14	0.12
Porotherm 44 Klíma*	44	0.22	0.17	0.14	0.12	0.10
Porotherm 44 Thermo Profi	44	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08
Durisol DSs 45	45	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08
Porfix Premium P2-400 50 cm	50	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09
Porotherm 50 Klíma Profi*	50	0.16	0.14	0.11	0.10	0.09
Porotherm 50 Thermo Profi*	50	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07
Ytong Lambda 500	50	0.17	0.14	0.12	0.10	0.09

* Külső oldalon $\lambda = 0.12 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ hőszigetelő vakolattal)

** A hőszigetelő táblákat ragasztóhabarccsal, perem-pont módszerrel és 5 mm átmérőjű műanyagdübellel rögzítjük, 7 db/m²-ként.

	A követelményt teljesítő, azonban műszaki/gazdaságossági szempontból nem javasolt kialakítás.
	A követelményt teljesítő kialakítás.
	A követelmények nem megfelelő kialakítás.

19.4. táblázat: Fagyapottal hőszigetelt falazatok hőátbocsátási tényezője

Teljes homlokzati hőszigetelő rendszerrel ellátott homlokzati falazatok						
						
Falazatok hőátbocsátási tényezője (W/m²K)		Hőszigetelés	Hőszigetelés anyaga és vastagsága (cm)**			
Falazat anyaga (A falazatokat belső és külső oldali vakolattal is ellátjuk.)	Falazóblokk vastagsága (cm)		Fagyapot, λ = 0.046 W/mK			
			5	10	15	20
Bakonytherm 25 N+F	25	1.03	0.49	0.32	0.24	0.19
Leiertherm 25 N+F	25	0.83	0.44	0.30	0.22	0.18
Porotherm 25 N+F habarccsal	25	1.03	0.49	0.32	0.24	0.19
Silka HM 250 NF+GT	25	1.83	0.61	0.37	0.26	0.20
Bakonytherm 30 N+F	30	0.56	0.35	0.25	0.20	0.16
Berényi B30 N+F	30	0.63	0.38	0.27	0.21	0.17
Berényi BerényTherm 30	30	0.56	0.35	0.25	0.20	0.16
Forrás téglá 30-as vályogtégla	30	1.45	0.56	0.35	0.25	0.20
Forrás téglá U-FORM 30	30	1.02	0.48	0.32	0.24	0.19
IFC 30 (pl. prokoncept, thermo-block, isoteq, isoshell, stb.)	30	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11
Kunsági téglá B-30	30	1.25	0.53	0.34	0.25	0.19
Kunsági téglá Uniform 19/24	30	1.10	0.50	0.32	0.24	0.19
Leiertherm 30 N+F MD	30	0.45	0.30	0.23	0.18	0.15
Leiertherm Pro 30	30	0.31	0.23	0.19	0.15	0.13
Mályi PORObrick NF 30 hőszig. habarccsal	30	0.51	0.33	0.24	0.19	0.16
Mályi PORObrick NF RW 30 hőszig. habarccsal	30	0.22	0.18	0.15	0.13	0.11
Porfix P4-600 30 cm	30	0.42	0.29	0.22	0.18	0.15
Porfix Premium P2-400 30 cm	30	0.26	0.20	0.17	0.14	0.12
Porotherm 30 K profi	30	0.29	0.22	0.18	0.15	0.13
Porotherm 30 N+F habarccsal	30	0.51	0.33	0.24	0.19	0.16
Silka HM 300 NF+GT	30	1.48	0.57	0.35	0.25	0.20
Ytong Classic 300 NF+GT	30	0.37	0.26	0.20	0.17	0.14
Ytong Forte 300 NF+GT	30	0.45	0.30	0.23	0.18	0.15

Ytong Lambda 300 NF+GT	30	0.28	0.21	0.17	0.15	0.13
Porfix P4-600 37.5 cm	37.5	0.35	0.25	0.20	0.16	0.14
Porfix Premium P2-400 37.5 cm	37.5	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11
Ytong Classic 375 NF+GT	37.5	0.30	0.23	0.18	0.15	0.13
Ytong Forte 375 NF+GT	37.5	0.37	0.26	0.20	0.17	0.14
Ytong Lambda 375 NF+GT	37.5	0.23	0.18	0.15	0.13	0.11
Bakonytherm 38 N+F	38	0.33	0.24	0.19	0.16	0.14
Kunsági téglá HB-38	38	0.53	0.33	0.25	0.19	0.16
Leiertherm 38 N+F MD	38	0.39	0.27	0.21	0.17	0.14
Leiertherm Pro 38*	38	0.23	0.19	0.16	0.14	0.12
Mályi PORObrick NF 38 hőszig. habarccsal	38	0.41	0.28	0.22	0.18	0.15
Mályi PORObrick NF RW 38 hőszig. habarccsal	38	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09
Porotherm 38 Klíma Profi/Dryfix*	38	0.24	0.20	0.17	0.14	0.12
Porotherm 38 N+F Classic M2.5 habarccsal	38	0.45	0.30	0.23	0.18	0.15
Porotherm 38 Thermo Profi/Dryfix*	38	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10
Bakonytherm 44 N+F*	44	0.24	0.20	0.17	0.14	0.12
Leierplan 44 ISO	44	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
Leiertherm Pro 44	44	0.23	0.18	0.15	0.13	0.11
Mályi PORObrick NF 44 hőszig. habarccsal	44	0.36	0.26	0.20	0.17	0.14
Porotherm 44 Klíma*	44	0.22	0.18	0.15	0.13	0.12
Porotherm 44 Thermo Profi	44	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09
Durisol DSs 45	45	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09
Porfix Premium P2-400 50 cm	50	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
Porotherm 50 Klíma Profi*	50	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
Porotherm 50 Thermo Profi*	50	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08
Ytong Lambda 500	50	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10

* Külső oldalon $\lambda = 0.12 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ hőszigetelő vakolattal)

** A hőszigetelő táblákat ragasztóhabarccsal, perem-pont módszerrel és 5 mm átmérőjű műanyagdübellel rögzítjük, 7 db/m²-ként.

 A követelményt teljesítő, azonban műszaki/gazdaságossági szempontból nem javasolt kialakítás.

 A követelményt teljesítő kialakítás.

 A követelmények nem megfelelő kialakítás.

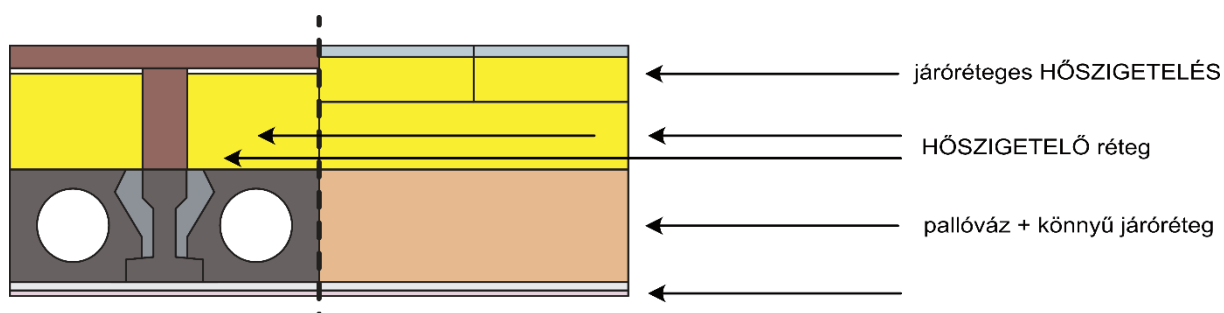
19.6 Padlás és búvótér alatti födémek

A padlás és búvótér alatti födém szerkezetekre vonatkozó átlagos hőátbocsátási tényező követelményértéke $U_{\max} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$.

A padlásfödémek hőszigetelése alatt párazárást vagy párafékezést kell alkalmazni, valamint szálal hőszigetelések alkalmazása esetén javasolt páraáteresztő tetőfóliát elhelyezni a hőszigetelés fölé. A padlásfödémeket javasolt a födém szerkezet és a hőszigetelő anyag

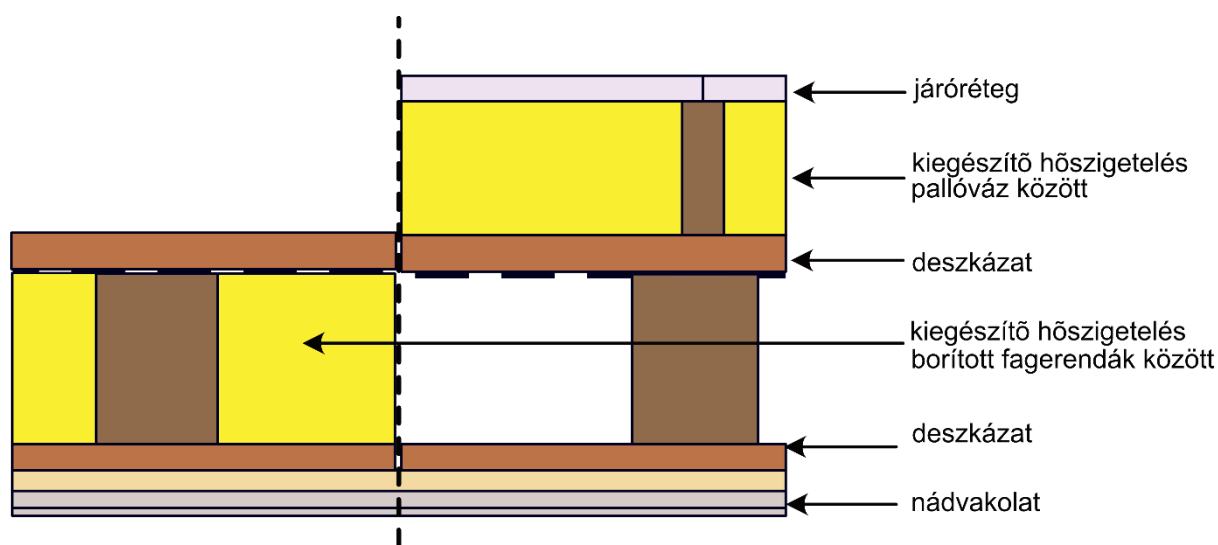
minőségének függvényében legalább 20-25, vagy akár 30 cm vastagságú folytonos hőszigetelő réteggel is ellátni.

A padlásfödém járhatóságát könnyű járóréteggel javasolt biztosítani, mely kialakítás esetén a könnyű járóréteget (deszkázat) tartó pallóváz hatását a szerkezet átlagos hőátbocsátási tényezőjében a rendelet szerinti számítási eljárással vagy numerikus modellezéssel kell figyelembe vennünk.



19.3. ábra: Padlás és búvótér alatti födémek lehetséges kialakítása könnyű járóréteggel

Borított gerendafödém esetén a hőszigetelőréteg elhelyezhető a gerendák között vagy azok felett lévő deszkázaton is. A fagerendák, illetve a pallóváz hatását a rendelet szerinti számítási eljárással figyelembe kell vennünk a számítások során.



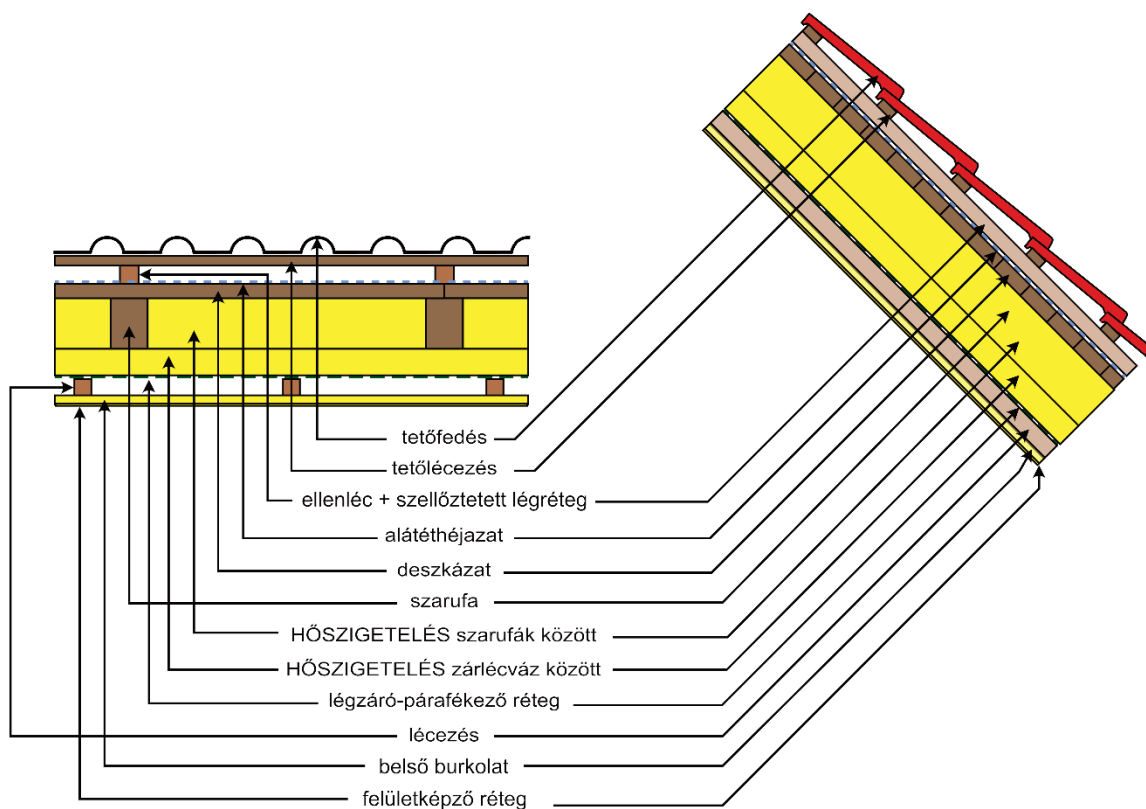
19.4. ábra: Padlás és búvótér alatti födémek lehetséges kialakítása könnyű járóréteggel

A padlásfödémek nedvességtechnikai-állagvédelmi megfelelőségét számításal kell igazolnunk, a számításokra alkalmazható eljárásokat az MSZ 24140 szabvány tartalmazza, javasolt elvégezni az MSZ EN ISO 13788 szabvány szerinti havi bontású vizsgálatot, mellyel ellenőrizhetjük a kritikus felületi nedvességet és a szerkezeten belüli páralecsapódást megelőző belső felületi hőmérsékletet is.

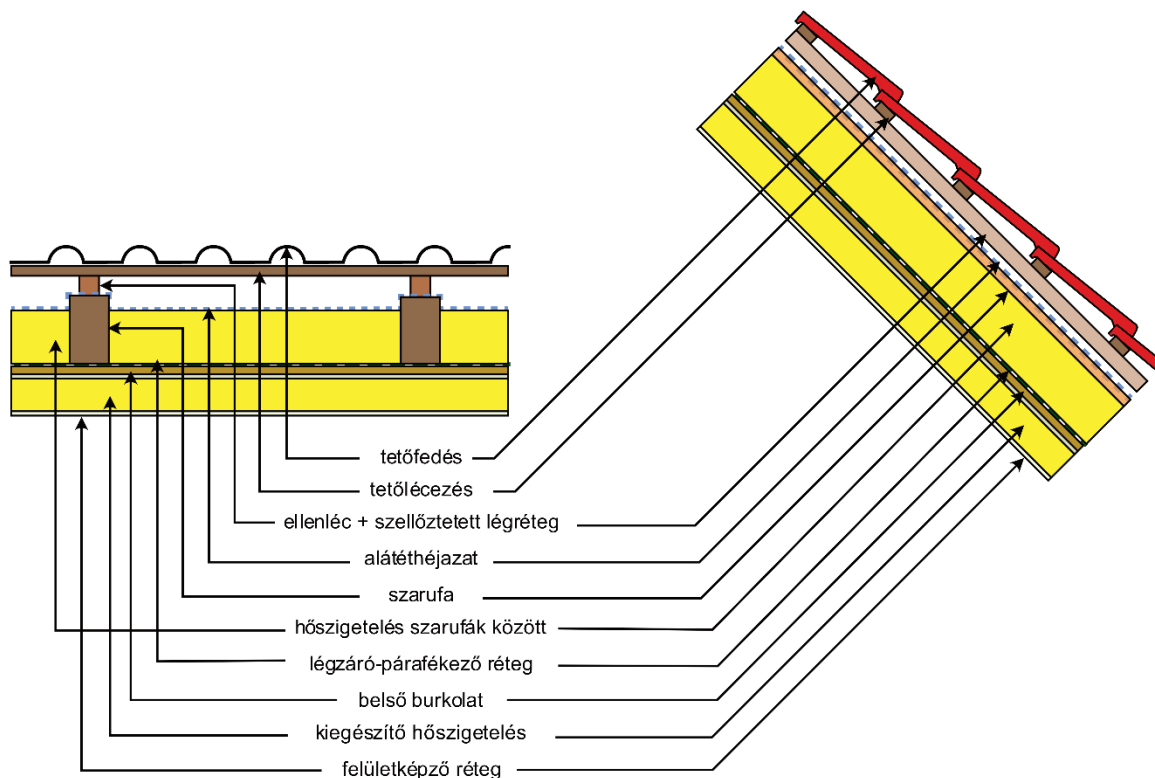
19.7 Fűtött tetőteret határoló szerkezetek

A fűtött tetőtereket határoló épületszerkezetekre vonatkozó átlagos hőátbocsátási tényező követelményértéke $U_{\max} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$.

A fűtött tetőtereket határoló szerkezetek követelményértéknek megfelelő kialakításához nem elegendő az ácsszerkezetű magastetők szarufákat csupán a 10, 15 vagy 20 cm magasságú szarufák között hőszigetelnünk. 20 cm magas szarufa esetén a szarufa között elhelyezett ásványgyapot hőszigetelések mellett legalább 5 cm többlethőszigetelést is alkalmaznunk kell, mivel a szarufák periodikusan ismétlődő hőhídhatása rontja a szerkezetek átlagos hőátbocsátási tényezőjét, melynek hatását a 9/2023 (V.25.) ÉKM rendelet 1. függelékében ismertetett módon, vagy az MSZ EN ISO 6946 szabvány szerint kell meghatároznunk. A jelenségre vonatkozó számítási példákat tartalmaz a segédlet.



19.5. ábra: Fűtött tetőteret határoló szerkezet egy lehetséges kialakítása



19.6. ábra: Fűtött tetőteret határoló szerkezet egy lehetséges kialakítása

Az alábbiakban néhány ácsszerkezetű beépített tetőteret határoló szerkezet kialakítását láthatjuk az alkalmazott kialakítás és hőszigetelőanyagok anyagtulajdonságának függvényében a 19.5-19.10. táblázatokban. Látható, hogy a hőszigetelés hővezetési tényezője jelentősen befolyásolhatja az alkalmazandó hőszigetelőanyag mennyiségét, illetve javasolt a szarufák között elhelyezett szigetelés mellett 10 cm belső vagy külső oldali hőszigetelés alkalmazási is a követelmény teljesítése érdekében.

19.5. táblázat: Szarufák között és belső oldalon + 5 cm hőszigeteléssel rendelkező tetőszervezetek hőátbocsátási tényezője

Szarufák távolsága (cm)	Szarufák mérete (cm x cm)	Szarufák közötti kitöltés anyaga	Szarufák között és belső oldalon 5x5 cm lécváz között 5 cm kitöltés			
			Levegő	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
80	7.5 x 15	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.30	0.23	0.22	0.22
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.27	0.21	0.21	0.20
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.25	0.20	0.19	0.19
	10 x 20	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.24	0.19	0.19	0.18
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.22	0.18	0.18	0.17
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.20	0.17	0.16	0.16
100	7.5 x 15	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.29	0.23	0.22	0.21
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.26	0.21	0.20	0.20
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.24	0.19	0.19	0.18
	10 x 20	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.23	0.19	0.18	0.18
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.21	0.17	0.17	0.17
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.19	0.16	0.16	0.15

19.6. táblázat: Szarufák között és belső oldalon +10 cm hőszigeteléssel rendelkező tetőszervezetek hőátbocsátási tényezője

Szarufák távolsága (cm)	Szarufák mérete (cm x cm)	Szarufák közötti kitöltés anyaga	Szarufák között és belső oldalon 5x10 cm lécváz között 10 cm kitöltés			
			Levegő	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
80	7.5 x 15	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.28	0.19	0.18	0.17
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.25	0.18	0.17	0.16
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.23	0.16	0.16	0.15
	10 x 20	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.23	0.16	0.16	0.15
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.21	0.15	0.15	0.14
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.19	0.14	0.14	0.13
100	7.5 x 15	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.27	0.18	0.18	0.17
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.25	0.17	0.17	0.16
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.22	0.16	0.15	0.15
	10 x 20	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.22	0.16	0.15	0.15
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.20	0.15	0.14	0.14
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.18	0.14	0.13	0.13

19.7. táblázat: Szarufák között és belső oldalon +2x5 cm hőszigeteléssel rendelkező tetőszerkezetek hőátbocsátási tényezője - 1.

Szarufák távolsága (cm)	Szarufák mérete (cm x cm)	Szarufák közötti kitöltés anyaga	Szarufák között és belső oldalon kétirányú 5/5 lécvázak között 2 x 5 cm kitöltés			
			Első lécváz közötti kitöltés anyaga			
			Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$			
			Második lécváz közötti kitöltés anyaga			
			Levegő	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$
80	7.5 x 15	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	0.22	0.19	0.18	0.18
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	0.21	0.17	0.17	0.17
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	0.19	0.16	0.16	0.16
	10 x 20	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	0.19	0.16	0.16	0.15
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	0.17	0.15	0.15	0.14
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	0.16	0.14	0.14	0.13
100	7.5 x 15	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	0.22	0.18	0.18	0.17
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	0.20	0.17	0.17	0.16
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	0.18	0.16	0.15	0.15
	10 x 20	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	0.18	0.16	0.15	0.15
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	0.17	0.15	0.14	0.14
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	0.15	0.14	0.13	0.13

19.8. táblázat: Szarufák között és belső oldalon +2x5 cm hőszigeteléssel rendelkező tetőszervezetek hőátbocsátási tényezője - 2.

Szarufák távolsága (cm)	Szarufák mérete (cm x cm)	Szarufák közötti kitöltés anyaga	Szarufák között és belső oldalon kétirányú 5/5 lécvázak között 2 x 5 cm kitöltés Első lécváz közötti kitöltés anyaga			
			Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^*\text{K)}$			
			Második lécváz közötti kitöltés anyaga			
			Levegő	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^*\text{K)}$	Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^*\text{K)}$	Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^*\text{K)}$
80	7.5 x 15	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^*\text{K)}$	0.22	0.18	0.18	0.17
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^*\text{K)}$	0.20	0.17	0.17	0.16
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^*\text{K)}$	0.19	0.16	0.16	0.15
	10 x 20	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^*\text{K)}$	0.18	0.16	0.15	0.15
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^*\text{K)}$	0.17	0.15	0.15	0.14
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^*\text{K)}$	0.16	0.14	0.14	0.13
100	7.5 x 15	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^*\text{K)}$	0.21	0.18	0.17	0.17
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^*\text{K)}$	0.20	0.17	0.16	0.16
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^*\text{K)}$	0.18	0.15	0.15	0.15
	10 x 20	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^*\text{K)}$	0.18	0.15	0.15	0.15
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^*\text{K)}$	0.17	0.14	0.14	0.14
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^*\text{K)}$	0.15	0.13	0.13	0.13

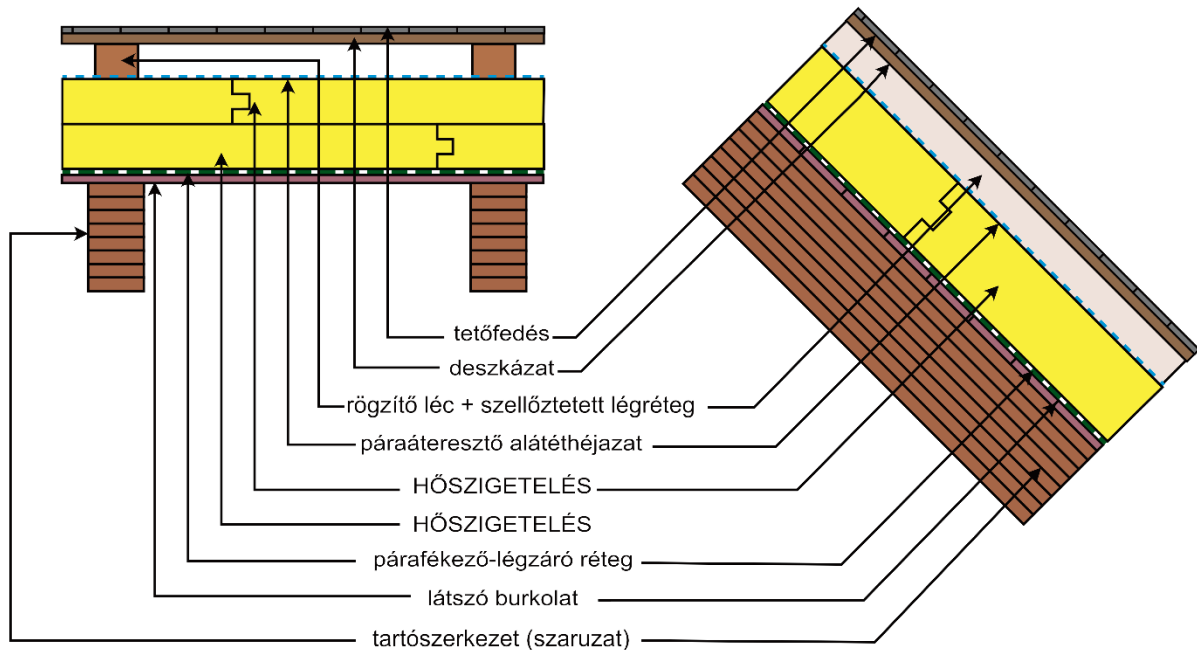
19.9. táblázat: Szarufák között és belső oldalon +2x5 cm hőszigeteléssel rendelkező tetőszerkezetek hőátbocsátási tényezője - 3.

Szarufák távolsága (cm)	Szarufák mérete (cm x cm)	Szarufák közötti kitöltés anyaga	Szarufák között és belső oldalon kétirányú 5/5 lécváz között 2 x 5 cm kitöltés			
			Első lécváz közötti kitöltés anyaga			
			Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$			
			Levegő	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
80	7.5 x 15	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.21	0.18	0.17	0.17
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.19	0.17	0.16	0.16
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.18	0.15	0.15	0.15
	10 x 20	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.18	0.15	0.15	0.15
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.17	0.14	0.14	0.14
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.15	0.13	0.13	0.13
100	7.5 x 15	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.20	0.17	0.17	0.16
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.19	0.16	0.16	0.15
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.18	0.15	0.15	0.14
	10 x 20	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.17	0.15	0.15	0.14
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.16	0.14	0.14	0.13
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.15	0.13	0.13	0.13

19.10. táblázat: Szarufák között és külső oldalon +10 cm hőszigeteléssel rendelkező tetőszerkezetek hőátbocsátási tényezője

Szarufák távolsága (cm)	Szarufák mérete (cm x cm)	Szarufák közötti kitöltés anyaga	Szarufák között és külső oldalon elhelyezett 10 cm hőszigetelés			
			Ásványgyapot, $\lambda = 0.04 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	EPS150, $\lambda = 0.035 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	gEPS150, $\lambda = 0.030 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	PIR hab, $\lambda = 0.025 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
80	7.5 x 15	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.17	0.16	0.15	0.13
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.16	0.15	0.14	0.13
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.15	0.14	0.13	0.12
	10 x 20	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.15	0.14	0.13	0.12
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.14	0.13	0.12	0.11
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.13	0.12	0.12	0.11
100	7.5 x 15	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.16	0.15	0.14	0.13
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.15	0.15	0.14	0.13
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.14	0.14	0.13	0.12
	10 x 20	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.14	0.14	0.13	0.12
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.13	0.13	0.12	0.11
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0.13	0.12	0.11	0.11

Amennyiben hőszigetelő réteget csak a szarufák fölött helyezünk el, a hőszigetelő réteget kisebb mértékű hőhídhatások, hőszigetelő táblák közötti lécváz vagy pontszerű rögzítések miatti hőhídhatások terhelik, melyeket az MSZ EN ISO 6946 szabvány szerint figyelembe vehetünk. Szarufák felett elhelyezett, folytonosan illesztett hőszigetelőrétegeket az illesztési hézagok vagy légüregek miatti korrekció szakszerű kivitelezés esetén nem terheli.

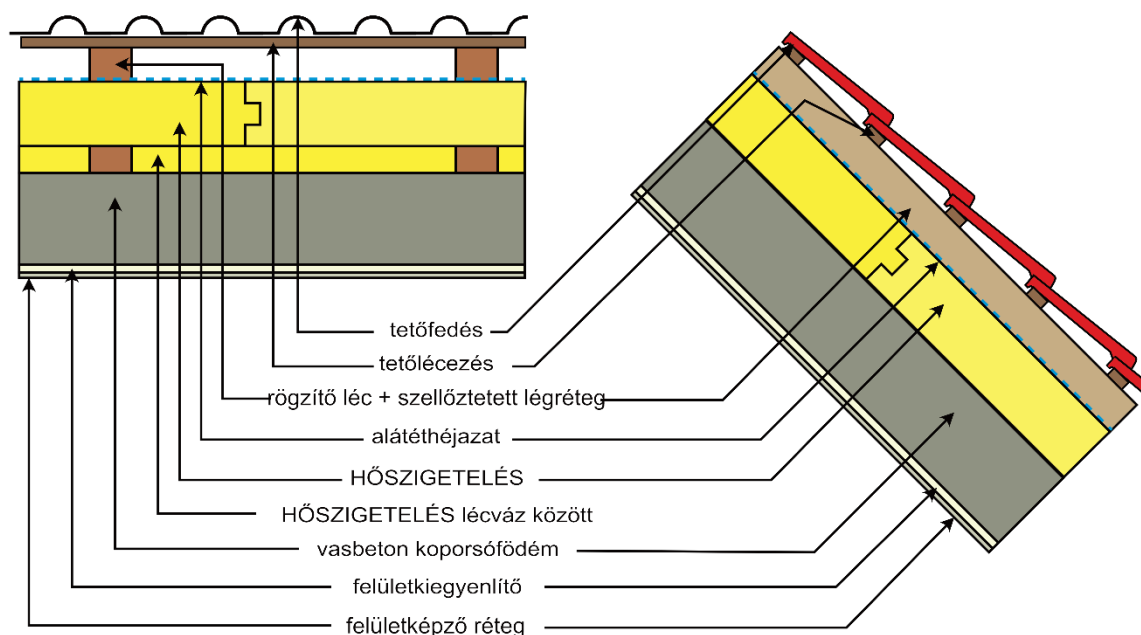


hőszigetelés két rétegben

hőszigetelés egy rétegben

19.7. ábra: Szaruzat felett elhelyezett hőszigeteléssel rendelkező fűtött tetőteret határoló szerkezetek

Az ácsszerkezetű beépített tetőteret határoló szerkezetek mellett építhetünk vasbeton szerkezetű tetőket is. A vasbeton koporsófüdémek energetikai előnye az ácsszerkezetű magastetőkhöz képest a szerkezeti tömegükből adódó léghanggátlás és nyári hővédelem során, valamint az épület időállandójának meghatározása során hasznosítható effektív hőtároló képesség.



hőszigetelés két rétegben

hőszigetelés egy rétegben

19.8. ábra: Vasbeton koporsófödémrel kialakított fűtött tetőteret határoló szerkezetek

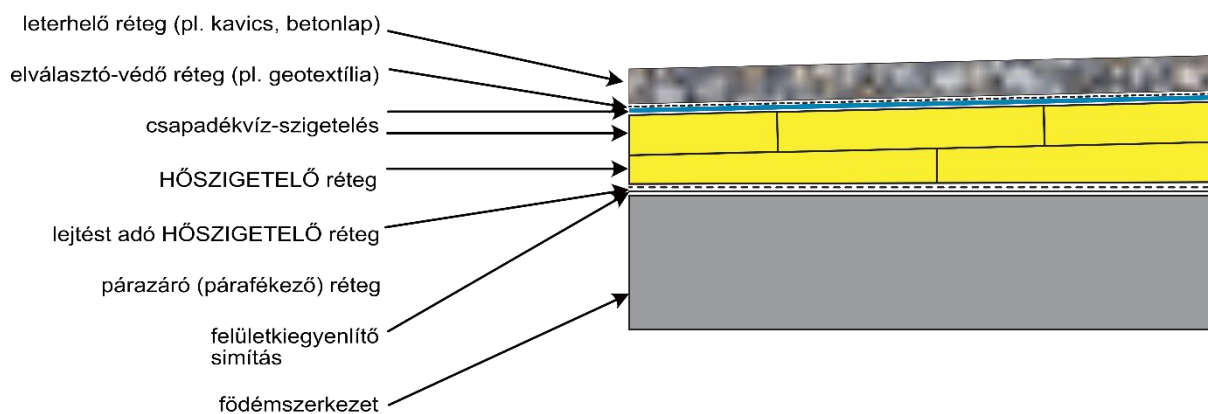
A fűtött tetőteret határoló szerkezetek nedvességtechnikai-állagvédelmi megfelelőségét számítással kell igazolnunk, a számításokra alkalmazható eljárásokat az MSZ 24140 szabvány tartalmazza, javasolt elvégezni az MSZ EN ISO 13788 szabvány szerinti havi bontású vizsgálatot, mellyel ellenőrizhetjük a kritikus felületi nedvességet és a szerkezeten belüli páralecsapódást megelőző belső felületi hőmérsékletet is.

19.8 Lapostető

Tervezés során a lapostetőknek meg kell felelniük a vonatkozó átlagos hőátbocsátási tényező követelményértéknek, ami $U_{\max} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$.

A lapostetőket javasolt egyenes rétegrenddel kialakítani, hogy a vízszigetelő réteg az alkalmazott hőszigetelést megvédjük. A szükséges hőszigetelés vastagság a födém szerkezet kialakításától és az alkalmazott hőszigetelő anyag tulajdonságainak függvényében általában 20-30 cm vastagságú hőszigetelést (pl. EPS, ásványgyapot) jelent. PIR hab alkalmazása esetén a hőszigetelő rétegvastagság akár 14-15 cm-re csökkenthető. A födém szerkezeten párafékező vagy párazáró réteg kialakítása szükséges, melynek hatékonyságát, valamint a tetőszerkezet megfelelőségét szükséges nedvességtechnikai-állagvédelmi számítással is ellenőriznünk és igazolnunk!

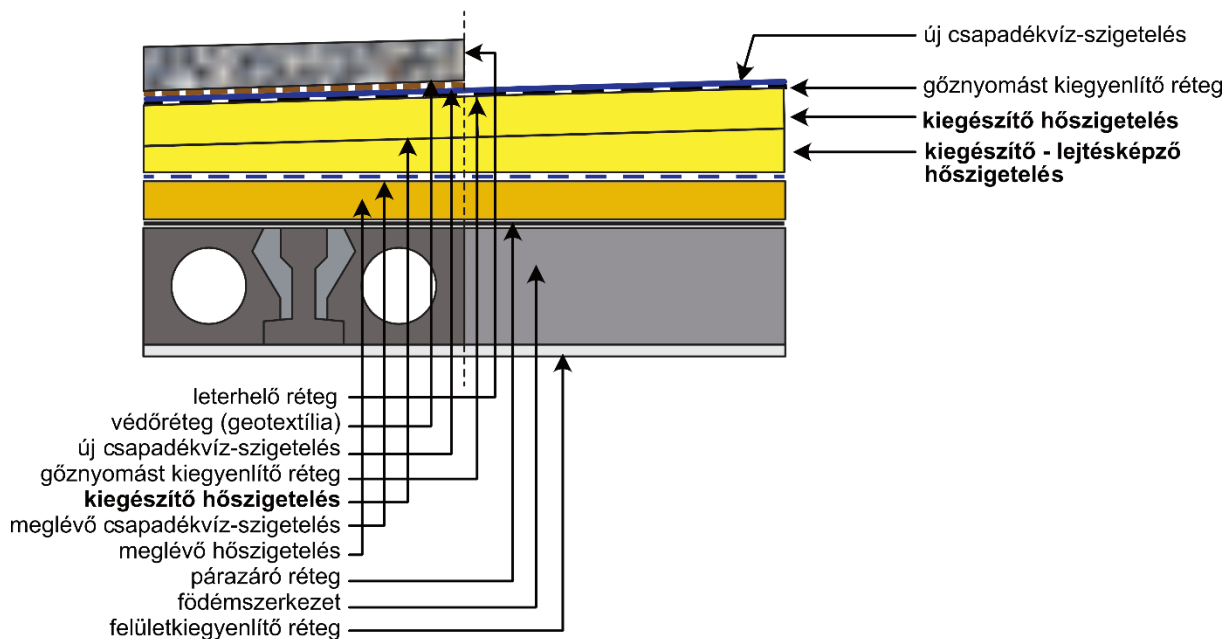
A hasznosított lapostetőknél (tetőteraszok, zöldtetők) egyenes rétegrend alkalmazása esetén az előzőekben javasolt szükséges hőszigetelés vastagságoknál akár kisebb vastagság is elegendő lehet, melyet számítással ellenőrizni szükséges.



19.9. ábra: Nem hasznosított egyenes rétegrendű lapostető kialakítás

Fordított rétegrendű lapostetők esetén a csapadékvíz bejuthat a hőszigetelő táblák csatlakozási hézagjai közé, melynek hőtechnikai hatásait is figyelembe szükséges vennünk az MSZ EN ISO 6946 szabvány szerinti ΔU korrekció kiszámításával, amennyiben a fordított rétegrendű lapostető hőszigetelése egy rétegben és tompa illesztéssel kerül fektetésre. A korrekció alkalmazására a segédletben mintafeladat található. A korrekció alkalmazásának elkerülése érdekében javasolt lehet fordított rétegrendű lapostetők esetén az lépcsős élképzéssel kialakított hőszigetelő táblák, valamint vízterelő fóliák alkalmazása a szivárgási tényező minimalizálása érdekében.

A lapostetők csapadékvíz elvezetésére szolgáló lejtéskialakítása történhet változó vastagságú hőszigetelőréteg alkalmazásával, mely esetén az erre vonatkozó MSZ EN ISO 6946-ban közölt számítás javasolt elvégezni a rétegrend átlagos hővezetési tényezőjének meghatározására, azonban a rendelet megengedi az átlagos vastagsággal történő közelítő számításokat is egyszerűsített módszerrel történő számítás során.



19.10. ábra: Meglévő hőszigetelt lapostető utólagos kiegészítő hőszigeteléssel történő kialakítása

A többszintes épületek legfelső szintjén a hőveszteség a nagyobb lehűlő felületek és a lapostető emissziós (az égboltra irányuló sugárzásos) többlet-hővesztesége miatt jóval nagyobb mértékű, mint a közbenső épületszinteken, ezért e szerkezetek fokozott hőszigetelése indokolt és ugyanezen épületszintek helyiségeinél fontos a helyiséget határoló felületek közepes sugárzási hőmérsékletének növelése is.

A nedvességttechnikai-állagvédelmi számításokra alkalmazható eljárásokat az MSZ 24140 szabvány tartalmazza, javasolt elvégezni az MSZ EN ISO 13788 szabvány szerinti havi bontású vizsgálatot, mellyel ellenőrizhetjük a kritikus felületi nedvességet és a szerkezeten belüli páralecsapódást megelőző belső felületi hőmérsékletet is. A számítás megfelelősége abban az esetben igazolható, ha a lapostetőben lecsapódó nedvességmennyiség egy éven belül kiszárad, és a nedvességnek a rétegrendben nincs lehetősége felgyülemlenie. Amennyiben az MSZ 24140, illetve MSZ EN ISO 13788 szabvány szerinti számítás nem megfelelőséget mutat, lehetőségünk van az MSZ EN 15026 szabvány szerinti kapcsolt hő- és nedvességtranszport szimuláció elvégzésével igazolni a tetőszerkezet megfelelőségét, mely a számottevően jobban tudja közelíteni a valóságban lezajló fizikai folyamatokat, azonban lényegesen több pontos kiindulási adat szükséges, melyek a legtöbb termékre jelenleg sajnos még nem elérhetőek a hazai gyártók és forgalmazók által.

20 Épületszerkezeti részletek kialakításának tervezése

20.1 Csomóponti kialakítások tervezése

A hőhidas épületszerkezetek már a tervezőasztalon felismerhetők, hatásuk számszerűsíthető, amennyiben a tervezés vagy épületenergetikai számítások végzése során hőtechnikai numerikus modellezést („hőhídshimulációt”) is készítünk.

Azt az épületszerkezeti részt, amely többlethőveszteséget okoz a csatlakozó/környező szerkezetekhez képest eltérő hőátvitel és/vagy geometriai kialakítása miatt fellépő többdimenziós hőáramlás által, egyezményesen hőhídnek nevezzük. A hőhidaknál tehát a környező elemek átlagos hőáramaihoz képest alakul ki eltérő mértékű, többdimenziós hőáramlás, melynek oka lehet geometriai kialakításbéli vagy anyagváltozás miatt is. Már az előbbi meghatározásokból is látszik, hogy a hőhidak számszerűsítése (pl. a vonalmenti hőátbocsátási tényező) csak a teljes épületszerkezet és az azt alkotó csatlakozó épületelemek ismeretében lehetséges.

Fontos megemlíteni, hogy a gyakorlatban az épületszerkezetek esetében általában negatív hőtechnikai hatás (pl. többlethőveszteséget okozó hőhidak) esetén beszélünk hőhidakról. Az építőipari marketinges nyelvezetben bevett és gyakran hangoztatott kifejezéssé vált a „hőhídmentes” kialakítás, azonban ilyen szerkezeti kialakítás a valóságban gyakorlatilag nem létezik. A hőhidak által okozott hatásokat legfeljebb csökkenteni tudjuk gondos tervezéssel. A „hőhídmentes” megnevezés tehát azokra az építészeti kialakításokra a helytálló csupán, melyek esetében a hőhidak okozta többlethőveszteség az adott számítási rendszerben elhanyagolhatóan csekély.

A hőhidak numerikus modellezése során a szerkezeten belül a hőáramsűrűség vagy a hőáramvektorok irányváltozásának felismerésével, továbbá a hőmérsékleteloszlás ábrák alapján a hőmérsékletek megváltozásával lehetséges azonosítani a hőhidakat, majd többféle mérőszám alapján lehetséges hatásukat elemezni, például a sajátléptékben mért hőmérséklet

kiszámításával, melyet jelenleg szabványosan „ f_{Rsi} ”-vel jelölünk. A „ ψ ” (pszí) vonalmenti hőátbocsátási tényezőt az épületenergetikai számításoknál a transzmissziós hőveszteségek részletes számításakor vehetjük figyelembe, értéke minél kisebb, annál kevesebb többlethőveszteséget okoz a vizsgált hőhíd.

A hazai gyakorlatban továbbá bizonyos pontszerű, rétegrendekben előforduló ismétlődő átszúródásokat (pl. mechanikai rögzítések), illetve vonalmenti hőhídnak tekinthető, periodikusan ismétlődő inhomogenitásokat (pl. szarufa szakítja meg a tetőben a hőszigetelőréteg folytonosságát) az átlagos hőátbocsátási tényezőben kell figyelembe venni és a vonalmenti hőátbocsátási tényezőket általánosságban csak a csatlakozási hőhidak leírásához használjuk. Meg kell azonban jegyezzük, hogy nagy pontossági igényű, precíz számításokban figyelembe lehet venni a pontszerű csatlakozási hőhidak hatását is, ez esetben a pontszerű hőhíd hőátbocsátási tényezőjének jele χ (khi), mértékegysége pedig W/K. Ilyen pontszerű hőhíd keletkezik például a külső falsíkra felszerelt lámpatestek tartószerkezetei vagy szerelt előtetők rögzítési pontjai esetén is.

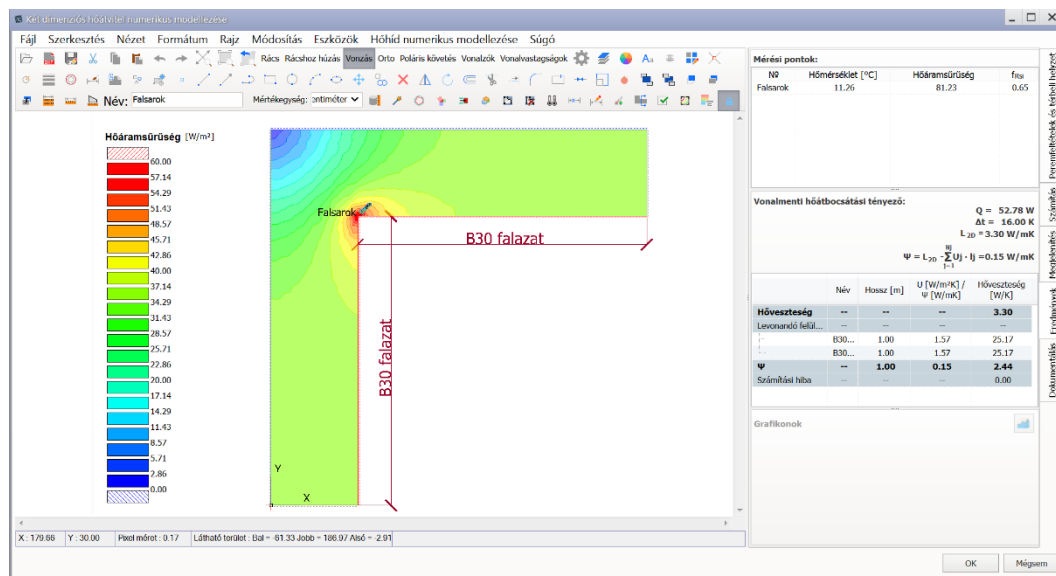
A rendelet jelenleg nem tartalmaz követelményeket az épületszerkezeti csomópontok hőtechnikai megfelelőségének igazolására, azonban előírja a rétegrendek állagvédelmi ellenőrzését. A csomóponti kialakítások alacsony energiaigényű, jól hőszigetelt épületeknél jelentősen hozzájárulnak az épület hőveszteségeihez, részarányuk akár a 40%-ot is elérheti a teljes hőveszteségen belül. Ezért a csomópontok hőhídjainak minimalizálása nem csupán állagvédelmileg és komfort szempontjából, hanem hővédelmileg is fontos és szükséges. A tervezési alapelv, hogy a teljes épületburkot folyamatos hőszigetelőréteg vegye körbe. A csomóponti kialakításoknál a legalacsonyabb belső felületi hőmérséklet és az ebből számított sajátléptékben mért hőmérséklet meghatározása alapján vizsgálhatjuk legegyszerűbben a megfelelőséget. Továbbá tervezési cél lehet a lehető legalacsonyabb vonalmenti hőátbocsátási tényező elérése az ésszerűségi, illetve műszaki/gazdaságossági megfontolások figyelembevétele mellett.

A csomópontok megfelelőségét az MSZ EN ISO 10211 szerinti numerikus modellezéssel igazolhatjuk, mely módszerre mostanra ingyenes szoftveres megoldások (pl. Therm, Agros2D) vagy magyar nyelvű szoftver (pl. Auricon Energetic) is elérhető.

Részletes számítások készítése során lehetőségünk van hőhídkatalógusok használatára, melyek az MSZ EN ISO 10211 szabvány szerinti numerikus modellezéssel, előre meghatározott csomóponti kialakításokra vonatkozó vonalmenti hőátbocsátási tényezőket tartalmaznak. Egy ilyen hőhídkatalógust tartalmaz az MSZ EN ISO 14683 szabvány is, mely azonban csak becslésre használható, mivel a benne található épületszerkezetek nem minden esetben felelnek meg a hazai követelményeknek, továbbá többségükben az épületszerkezeti kialakítások is hagynak kivetnivalót maguk után. Alkalmazhatóak gyártók vagy forgalmazók által közzétett hőhídkatalógusok is, azonban jelenleg még igen csekély számú gyártó rendelkezik hőhídkatalógussal. Fontos megemlíteni ismét, hogy a hőhidakat Magyarországon a belső felületi méretek szerint határozzuk meg, míg más országokban eltérő számítási módszereket is alkalmaznak. Például Németországban külső méretekkel végzik az energetikai és épületfizikai számításokat, ezért ezen országok hőhídkatalógusait és a bennük található, a belső méretekkel meghatározott értékeknél lényegesen alacsonyabb vonalmenti hőátbocsátási tényezőket a hazai számítások során nem szabad alkalmazni, mivel hazánkban belső méretekre vonatkozik a számítási rendszer. Ezáltal például az előbbiekben említett passzívház-építéshez használható

hőhídkatalógusok értékei sem alkalmazhatóak hazai energetikai számítások során. A hőhídkatalógusok további hátránya, hogy a bennük megtalálható kialakítások száma limitált, többnyire mintacsomópontokra korlátozódik, ezért nem tudja minden esetben megfelelő pontossággal visszaadni az adott, egyedi épületszerkezeti kialakítás vonalmenti hőátbocsátási tényezőjét.

Numerikus modellezéssel, belső felületi méretek szerint meghatározott vonalmenti hőátbocsátási tényezőket tartalmaz többféle csomóponti kialakítás eseteire a Nemzeti Hőhídkatalógus (<https://epito.bme.hu/em/emkek>), melyet a 20.3. pontban ismertetünk.



20.1. ábra. Sarokcsomóponti kialakítás numerikus modellezése, vonalmenti hőátbocsátási tényező és sajátléptékben mért felületi hőmérséklet meghatározása Auricon Energetic szoftverrel

20.2 Csomópontok nedvességtechnikai-állagvédelmi tervezésének előírásai

Bár nincs vonalmenti hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelmény meghatározva a rendeletben, nedvességtechnikai vizsgálatok során a csomópontok megfelelőségét is igazolhatjuk. Ez esetben az MSZ EN ISO 10211 szabvány szerint elvégzett numerikus modellezés során meghatározzuk a csomópont vonatkozásában a belső felületek legalacsonyabb felületi hőmérsékletéhez tartozó $f_{RSI,min}$ saját léptékben mért hőmérsékletet. Ha ez az érték 0,7 feletti, akkor beszélhetünk megfelelőségről, mely javasolt előírás forrása hazai szabályozás hiányában a német DIN 4108-2 szabvány.

További szempont a megfelelőség igazolására, ha a csomópont belső felületének legalacsonyabb hőmérséklete alapján az adott helyiségben (annak tervezett légállapotát figyelembe véve) nem várható páralecsapódás a vizsgált felületen.

Épületszerkezeti csomópontok részletes nedvességtechnikai ellenőrzése az MSZ EN 15026 szabvány alapján történhet kapcsolt hő- és nedvességtranszport vizsgálatával. Ez a szabvány alapján történő dinamikus szimulációval a szerkezeten belüli páralecsapódás, nedvességfelgyülemelés és kiszáradás is vizsgálható. A vizsgálat során legalább 3 évet kell

szimulálunk, de javasolt a lehetőségek szerinti minél hosszabb időtartam vizsgálata, amennyiben a számítási kapacitás megengedi (pl. 5-10 év). Ha a szerkezeti rétegekben kritikus nedvességtartalom, illetve láthatóan felgyülemelő, periodikusan ki nem száradó nedvességtartalom növekedés alakul ki, a rétegrend vagy csomóponti kialakítás nem megfelelő.

20.3 Hőhídkatalógus

20.3.1 Általános bemutatás

Az előbbieken is hivatkozott Nemzeti Hőhídkatalógus (mely ingyenesen letölthető a <https://epito.bme.hu/em/emkek> oldalról) az MSZ EN ISO 10211 szabvány szerint készült hőátbocsátási és vonalmenti hőátbocsátási tényezőket tartalmazó excel táblázat, melynek 13 munkalapján az épületenergetikai tervezéshez és tanúsításhoz használató értékek találhatóak többféle épületszerkezeti kialakítás esetére.

20.1. táblázat: A Hőhídkatalógusban található épületszerkezeti kialakítások és vonalmenti hőátbocsátási tényezők

Ssz.	Épületszerkezetek csoportja	Szabvány	Darab
1	Falazatok hőátbocsátási tényezői	MSZ EN ISO 6946:2017	1020
2	Acél mechanikai rögzítések ΔU korrekciós tényezői	MSZ EN ISO 6946:2017 F melléklet	712
3	Pozitív falsarkok vonalmenti hőátbocsátási tényezői	MSZ EN ISO 10211:2017 12. fejezet (2D)	956
4	Falazatokba épített pillérek vonalmenti hőátbocsátási tényezői	MSZ EN ISO 10211:2017 12. fejezet (2D)	707
5	Nyílászáró beépítések vonalmenti hőátbocsátási tényezői	MSZ EN ISO 10211:2017 12. fejezet (2D)	1434
6	Közbenső födém és falcsatlakozások vonalmenti hőátbocsátási tényezői	MSZ EN ISO 10211:2017 12. fejezet (2D)	1453
7	Erkélykonzol, közbenső födém és falcsatlakozások vonalmenti hőátbocsátási tényezői	MSZ EN ISO 10211:2017 12. fejezet (2D)	956
8	Közbenső födécek áthidalóval vonalmenti hőátbocsátási tényezői	MSZ EN ISO 10211:2017 12. fejezet (2D)	1423
9	Lábazat és padlócsatlakozások felmenő falakkal vonalmenti hőátbocsátási tényezői	MSZ EN ISO 10211:2017 12.4.3 fejezet (2D, B módszer)	4021
10	Lapostető attikával és falcsatlakozások vonalmenti hőátbocsátási tényezői	MSZ EN ISO 10211:2017 12. fejezet (2D)	4188
11	Attika nélküli lapostető és falcsatlakozások vonalmenti hőátbocsátási tényezői	MSZ EN ISO 10211:2017 12. fejezet (2D)	2099
12	Magastető kialakítások hőátbocsátási és ΔU korrekciós tényezői	MSZ EN ISO 10211:2017 11. fejezet (3D)	288
13	Magastető és padlásfödémcsatlakozások vonalmenti hőátbocsátási tényezői	MSZ EN ISO 10211:2017 11. fejezet (3D)	2364

A hőhídkatalógusban lévő értékek numerikus modellezése során 2D vagy szükséges esetenként 3D geometriai modell készült. A vonalmenti hőátbocsátási tényezőket minden esetben a belső felületi méretek alapján határoztuk meg. A peremfeltételeket (hőmérsékletek és felületi ellenállások) az MSZ EN ISO 6946 szabvány szerint vettük figyelembe, mely megegyezik a Rendeletben található peremfeltételekkel.

A hőhídkatalógusban lévő épületszerkezeti kialakítások nem minden esetben csak az új építéseknel alkalmazandó megoldásokat tartalmazzák, hanem a régebbi, vagy akár jelenlegi követelményeknek nem megfelelő, illetve helytelenül kialakított csomópontok hőhídhatásai is megtalálhatók. Emiatt minden esetben körültekintéssel kell megválasztani a hőhídkatalógusból az alkalmazni kívánt csomóponti kialakítást és a vonatkozó hőátbocsátási tényező értékét is.

A hőhídkatalógus összesen körülbelül 20 ezer vonalmenti hőátbocsátási tényezőt tartalmaz a legjellemzőbb épületszerkezeti csomóponti kialakítások tekintetében. A nagyszámú eredmény annak köszönhető, hogy értékek többféle határolószerkezet esetére is kiszámításra kerültek (pl. számos falszerkezet, többféle födémszerkezet, stb). Az alapvető esetet a 20.1. táblázat tartalmazza, melyben láthatjuk a numerikus modellezéshez alkalmazott szabványt és annak fejezetét is.

A hőhídkatalógus tartalmazza továbbá a csomópontokban fellelhető alap határolószerkezeteket is, például az alkalmazott falazatok és magastetők hőátbocsátási tényezőit. Tartalmaz továbbá acél mechanikai rögzítések (dübelek) hőátbocsátási tényező korrekcióit is, négyféle hőszigetelőanyag és négyféle hőszigetelés vastagság esetére, közel 60 féle falszerkezeti kialakításnál.

20.3.2 Hőszigetelt falszerkezetek mechanikai rögzítések miatti hőhidak

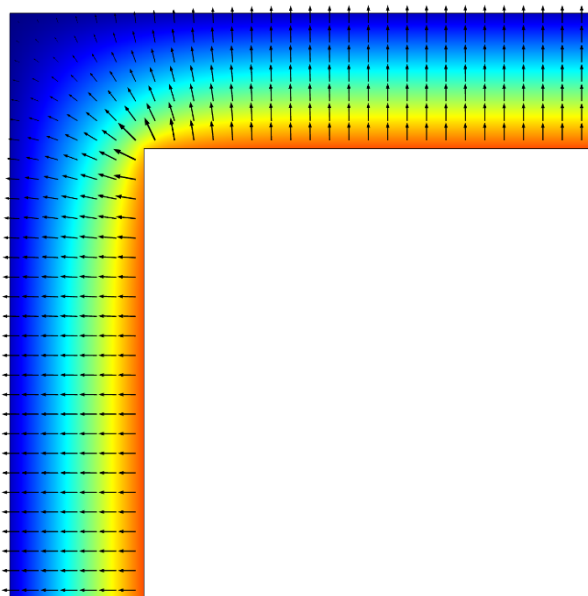
A hőhídkatalógusban a 3.4-es fejezetben bemutatott homlokzati falszerkezetek szerepelnek. Ehhez kapcsolódóan, mivel a hőátbocsátási tényező értékek műanyag dübelek kerültek meghatározásra, elkészítettük 5 mm-es átmérőjű acél beütőszeggel rendelkező dübelek esetére is a hőátbocsátási tényezőt korrigáló $\Delta U_{\text{rögz}}$ értékeket minden vizsgált falszerkezet, valamint a négyféle hőszigetelőanyaggal (expandált polisztirolhab, ásványgyapot, grafitos expandált polisztirolhab és fagyapot) készült külső oldali teljes hőszigetelőrendszerre is. A táblázat az alábbi ábrán látható, azonban javasoljuk az excel táblázat alkalmazását az egyszerűbb kereshetőség és áttekinthetőség, láthatóság végett. Megfigyelhető, hogy a táblázatokban a műszaki/gazdasági okokból külső oldali hőszigeteléssel nem ellátott falazatokra természetesen nincs megadva korrekciós érték, mivel ezekben az esetekben nincs mit acéldübelrel rögzíteni.

20.2. táblázat: Acél mechanikai rögzítések korrekciós tényezői

Mechanikai rögzítés ΔU korrekciós tényezője (W/(m²·K))	5 mm-es átmérőjű acél beütőszeges dübel, 7 db/m² Hőszigetelés anyaga és vastagsága (cm)															
	Expandált polisztirolhab, λ = 0.039 W/(m·K)				Ásványgyapot, λ = 0.036 W/(m·K)				Grafitos expandált polisztirolhab, λ = 0.031 W/(m·K)				Fagyapot, λ = 0.046 W/(m·K)			
	Falazat anyaga															
	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
20 cm monolit vasbeton	0.07	0.04	0.03	0.02	0.08	0.05	0.04	0.03	0.11	0.07	0.05	0.04	0.05	0.03	0.02	0.02
Bakonytherm 25 N+F	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
Leiertherm 25 N+F	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
Porotherm 25 N+F habarccsal	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
Silka HM 250 NF+GT	0.05	0.04	0.03	0.02	0.06	0.04	0.03	0.03	0.08	0.06	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02
Alfa falazóblokk	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01
B30 falazóblokk	0.04	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04	0.03	0.02	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
Bakonytherm 30 N+F	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Berényi B30 N+F	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Berényi BerényTherm 30	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Forrás téglá 30-as vályogtégla	0.04	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04	0.03	0.02	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
Forrás téglá U-FORM 30	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
IFC 30 (pl. prokoncept, thermo-block, isoteq, isoshell,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kunsági téglá B-30	0.04	0.03	0.02	0.02	0.05	0.04	0.03	0.02	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01
Kunsági téglá Uniform 19/24	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01
Leiertherm 30 N+F MD	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Leiertherm Pro 30	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Mályi PORObriK NF 30 hőszig. habarccsal	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Mályi PORObriK NF RW 30 hőszig. habarccsal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38 cm mészhomok téglá	0.05	0.04	0.03	0.02	0.06	0.04	0.03	0.03	0.08	0.06	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02
Porfix P4-600 30 cm	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Porfix Premium P2-400 30 cm	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Porotherm 30 K profi	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Porotherm 30 N+F habarccsal	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Silka HM 300 NF+GT	0.04	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04	0.03	0.02	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
Ytong Classic 300 NF+GT	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Ytong Forte 300 NF+GT	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Ytong Lambda 300 NF+GT	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Porfix P4-600 37.5 cm	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	0.02	0.02	0.02	-	0.01	0.01	0.01	-
Porfix Premium P2-400 37.5 cm	0.00	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	0.00	0.00	0.01	-
Ytong Classic 375 NF+GT	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.02	0.02	-	0.01	0.01	0.01	-
Ytong Forte 375 NF+GT	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	0.02	0.02	0.02	-	0.01	0.01	0.01	-
Ytong Lambda 375 NF+GT	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	0.00	0.01	0.01	-
Bakonytherm 38 N+F	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	0.02	0.02	0.02	-	0.01	0.01	0.01	-
HB38 falazóblokk	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Kevéslyukú téglá	0.04	0.03	0.02	0.02	0.05	0.04	0.03	0.02	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01
Kisméretű tömör téglá	0.04	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04	0.03	0.02	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01
Kunsági téglá HB-38	0.02	0.02	0.02	-	0.02	0.02	0.02	-	0.03	0.03	0.03	-	0.01	0.01	0.01	-
Leiertherm 38 N+F MD	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.02	0.02	-	0.02	0.02	0.02	-	0.01	0.01	0.01	-
Leiertherm Pro 38*	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	0.00	0.01	0.01	-
Mályi PORObriK NF 38 hőszig. habarccsal	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.02	0.02	-	0.02	0.02	0.02	-	0.01	0.01	0.01	-
Mályi PORObriK NF RW 38 hőszig. habarccsal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Porotherm 38 Klíma Profi/Dryfix*	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	0.00	0.01	0.01	-
Porotherm 38 N+F Classic M2.5 habarccsal	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Porotherm 38 Thermo Profi/Dryfix*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soklyukú téglá	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
Uniform 14/19	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
Bakonytherm 44 N+F*	0.01	0.01	-	-	0.01	0.01	-	-	0.01	0.01	-	-	0.00	0.01	-	-
Leierplan 44 ISO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leiertherm Pro 44	0.01	0.01	-	-	0.01	0.01	-	-	0.01	0.01	-	-	0.00	0.01	-	-
Mályi PORObriK NF 44 hőszig. habarccsal	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	0.02	0.02	0.02	-	0.01	0.01	0.01	-
Porotherm 44 Klíma*	0.01	0.01	-	-	0.01	0.01	-	-	0.01	0.01	-	-	0.00	0.01	-	-
Porotherm 44 Thermo Profi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44 cm vegyes falazat	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01
Durisol DS45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Porfix Premium P2-400 50 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Porotherm 50 Klíma Profi*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Porotherm 50 Thermo Profi*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vályog 50 cm	0.04	0.03	0.02	0.02	0.05	0.04	0.03	0.02	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01
Ytong Lambda 500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

20.3.3 Pozitív falsarok kialakítások hőhídjai

Pozitív falsarok kialakítások esetére is tartalmaz a hőhídkatalógus hőszigetetlen falszerkezetek, valamint négy féle hőszigetelést vastagság (5-10-15-20 cm), illetve négy féle hőszigetelőanyag típus figyelembevételével vonalmenti hőátbocsátási tényezőket.



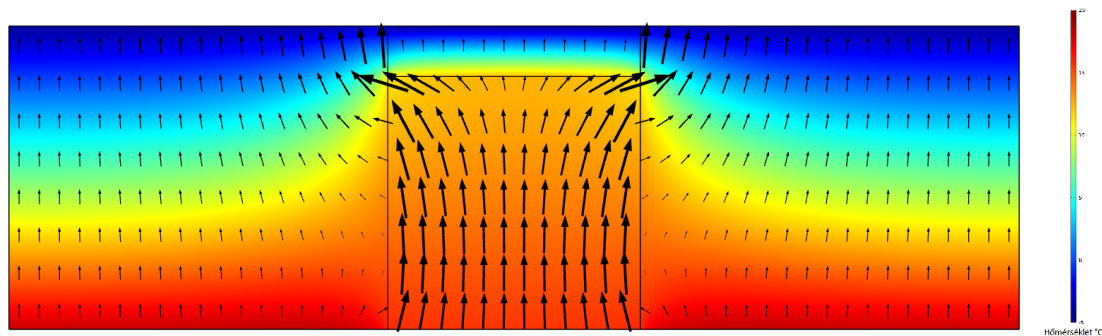
Falsarok csp. ψ (W/(m ² K))		Hőszigetelés anyaga			
Falazat anyaga	Hőszigetelés vtg. (cm)	Expandált polisztirolhab $\lambda = 0.039$ W/(m ² K)	Ásványgyapot $\lambda = 0.036$ W/(m ² K)	Grafitos expandált polisztirolhab	Fagyapot $\lambda = 0.046$ W/(m ² K)
B30 falazóblokk	0	0.21	0.21	0.21	0.21
	5	0.21	0.20	0.19	0.22
	10	0.16	0.15	0.14	0.17
	15	0.13	0.12	0.11	0.14
	20	0.11	0.10	0.09	0.12
Uniform 14/19	0	0.14	0.14	0.14	0.14
	5	0.14	0.14	0.14	0.15
	10	0.12	0.12	0.11	0.13
	15	0.10	0.10	0.09	0.11
	20	0.09	0.09	0.08	0.10
Porotherm 30 N+F habarccsal	0	0.09	0.09	0.09	0.09
	5	0.09	0.09	0.09	0.09
	10	0.08	0.08	0.08	0.09
	15	0.08	0.07	0.07	0.08
	20	0.07	0.07	0.06	0.08
Porotherm 30 K Profi	0	0.05	0.05	0.05	0.05
	5	0.05	0.05	0.05	0.05
	10	0.05	0.05	0.05	0.05
	15	0.05	0.05	0.05	0.05
	20	0.05	0.05	0.05	0.05
Leiertherm 30 N+F MD	0	0.08	0.08	0.08	0.08
	5	0.08	0.08	0.08	0.08
	10	0.08	0.08	0.07	0.08
	15	0.07	0.07	0.07	0.07
	20	0.07	0.06	0.06	0.07
Leiertherm Pro 30	0	0.06	0.06	0.06	0.06
	5	0.06	0.06	0.06	0.06
	10	0.06	0.06	0.06	0.06
	15	0.05	0.05	0.05	0.06
	20	0.05	0.05	0.05	0.05
Bakonytherm 30 N+F	0	0.10	0.10	0.10	0.10
	5	0.10	0.10	0.10	0.10
	10	0.09	0.09	0.08	0.09
	15	0.08	0.08	0.07	0.09
	20	0.07	0.07	0.07	0.08

20.2. ábra. Pozitív falsarokban kialakuló hőmérsékleteloszlás és hőáramvektorok (balra), valamint pozitív falsarok csomópontok vonalmenti hőátbocsátási tényezői (részlet, jobbra)

20.3.4 Falazatokba épített pillérek hőhídjai

A 3.4. fejezetben bemutatott 44 cm vagy annál vékonyabb falszerkezeteire tartalmaz táblázatos vonalmenti hőátbocsátási tényezőket a hőhídkatalógus falazatokba épített pillérek című munkalapja, háromféle eltérő pillérméret (20x20 cm, 25x25 cm és 30x30 cm) esetére is, továbbá minden pillérméret esetén háromféle kialakításra tartalmaz értékeket.

A háromféle külső oldali kiegészítő hőszigetelés nélküli pillért, XPS kiegészítőhőszigetelést, illetve pillér előtt mindkét irányban egy-egy falazóblokkal túlnyújtott XPS kiegészítőhőszigetelést tartalmaz. A falszerkezetek ez esetben is hőszigetetlen, továbbá 4 féle eltérő hőszigetelésvastagsággal lettek modellezve. A vonalmenti hőátbocsátási tényezőkkel egy folyóméternyi falazatba épített pillér többlethővesztése vehető figyelembe.



20.3. ábra. XPS kiegészítőhőszigeteléssel ellátott, azonban külső oldali teljes hőszigetelőrendszerrel nem rendelkező falszerkezet hőmérsékleteloszlása és hőáramvektorai

20.3.5 Ácsszerkezetű magastető kialakítások hőhídjai

A hőhídkatalógus magastetőkre vonatkozóan tartalmazza a 19.7. fejezetben részletezett magastető kialakítások szarufa mentes rétegrendi hőátbocsátási tényezőihez képest figyelembe

veendő ΔU hőátbocsátási tényező korrekciókat. Ezáltal a vizsgált esetekben a rétegrendek átlagos hőátbocsátási tényezője kezelhetőek a szarufák között lévő zavartalan hőszigetelésben felvett metszet hőátbocsátási tényezőjének és a hőhídkatalógusban megadott korrekciós tényező összegeként. Egy minta az alábbiakban látható, az excel tartalmazza az összes vizsgált esetet.

20.3. táblázat: Minta a hőhídkatalógus Magastető munkalapján szereplő ΔU hőátbocsátási tényező korrekciós értékekről (W/m^2K)

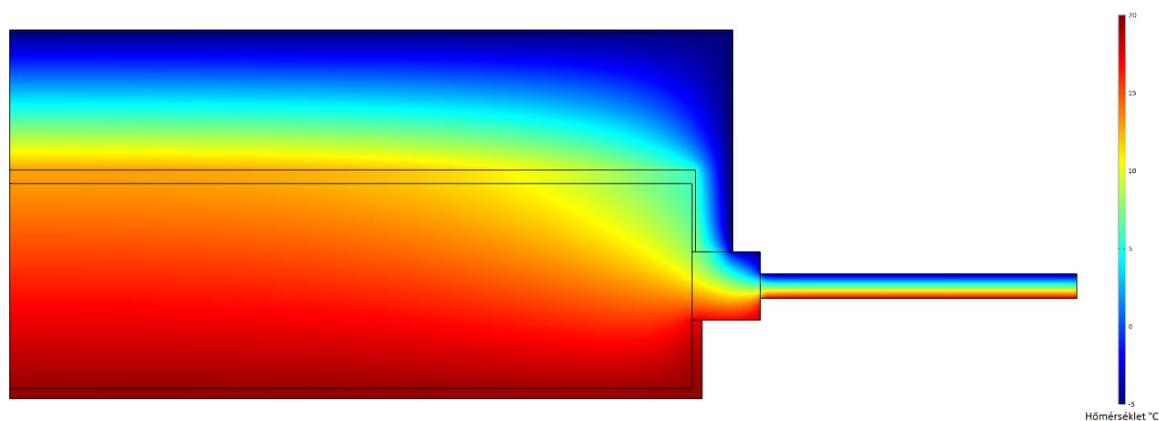
Szarufák távolsága (cm)	Szarufák mérete (cm x cm)	Szarufák közötti kitöltés anyaga	Szarufák között és belső oldalon 5x5 cm lécváz között 5 cm kitöltés			
			Levegő	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 W/(m^2K)$	Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 W/(m^2K)$	Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 W/(m^2K)$
80	7.5 x 15	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 W/(m^2K)$	0.041	0.030	0.030	0.030
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 W/(m^2K)$	0.045	0.031	0.031	0.031
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 W/(m^2K)$	0.048	0.033	0.032	0.032
	10 x 20	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 W/(m^2K)$	0.044	0.032	0.032	0.031
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 W/(m^2K)$	0.047	0.034	0.033	0.033
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 W/(m^2K)$	0.051	0.036	0.035	0.034
100	7.5 x 15	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 W/(m^2K)$	0.033	0.025	0.026	0.026
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 W/(m^2K)$	0.036	0.026	0.026	0.026
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 W/(m^2K)$	0.038	0.027	0.027	0.027
	10 x 20	Ásványgyapot, $\lambda = 0.042 W/(m^2K)$	0.035	0.026	0.026	0.026
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.037 W/(m^2K)$	0.038	0.028	0.027	0.027
		Ásványgyapot, $\lambda = 0.032 W/(m^2K)$	0.040	0.029	0.029	0.028

20.3.6 Homlokzati falazatokba beépített nyílászáró kialakítások hőhídjai

A nyílászáró beépítések vizsgálatok a Rendelet követelményének megfelelő $U = 1,1 W/m^2K$ hőátbocsátási tényezőjű nyílászáróval vizsgáltuk, melynek geometriáját leegyszerűsítettük. A katalógus hatféle nyílászáró elhelyezési és síkkoordinációs megoldás vonalmenti hőátbocsátási tényezőit tartalmazza.

Az ablak beépítési megoldások között megtalálhatóak az egyszerűen a fal középvonalaiban elhelyezett nyílászárók, a fal középvonalaiban elhelyezett, de a külső hőszigetelés befördítésével kialakított beépítések, továbbá az ablakot a fal külső síkjához illesztett kialakítás és az az eset is, amikor a nyílászáró tokjára a külső oldali hőszigetelés még ráhúzásra is kerül.

Ezek mellett a hőhídkatalógus tartalmaz vonalmenti hőátbocsátási tényezőket olyan esetekre is, amikor az ablaknyílásra 5 cm vastagságú XPS káva hőszigetelést helyezünk el, majd a nyílászárót vagy a fal középvonalaiban, vagy pedig a külső síkra illesztve építjük be.



20.4. ábra. Hőmérsékleteloszlás 20 cm-es EPS hőszigetelés 30 cm vastag falszerkezeten, a külső hőszigetelés a nyílászáró tokszerkezetére 5 cm vastagságban befördítva kialakítás esetén

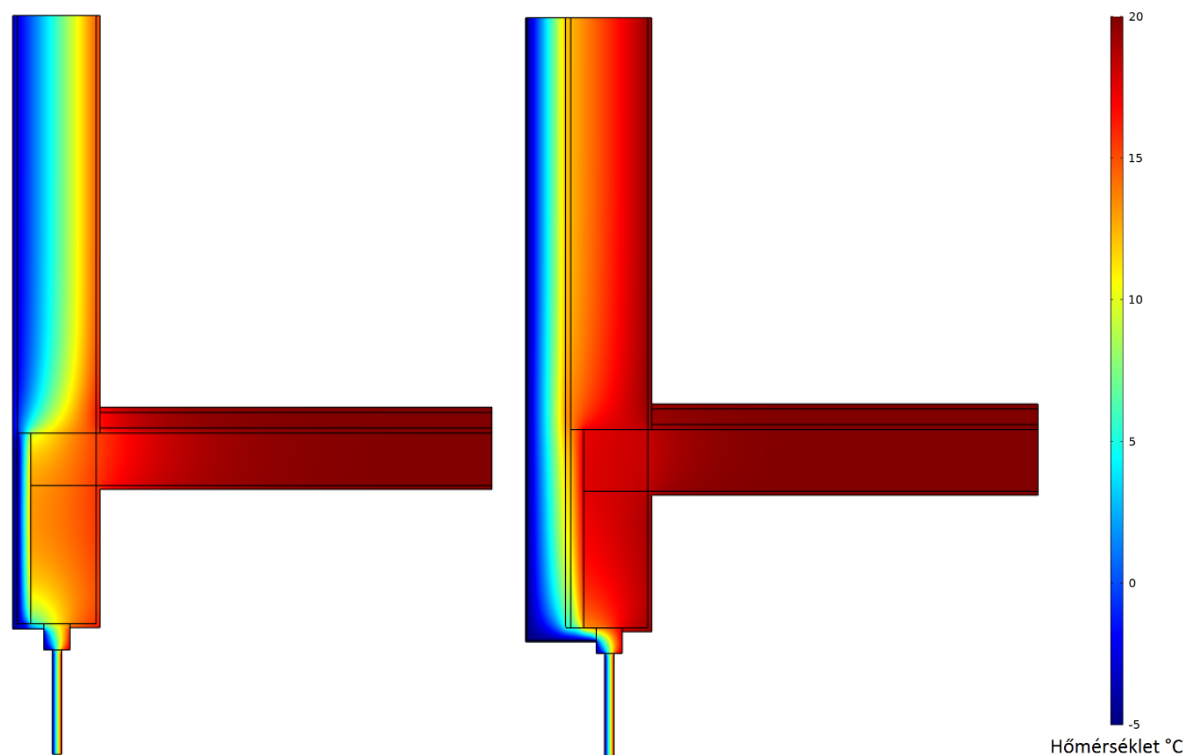
Minden beépítési változatot vizsgáltunk hőszigetetlen falszerkezet, valamint 5-10-15-20 cm hőszigeteléssel ellátott falazatok esetén is.

20.4. táblázat: Homlokzati falazatokba történő ablakbeépítés csomópontok vonalmenti hőátbocsátási tényezői 38 cm vastagságú falszerkezetek esetén (részlet)

Ablakbeépítés csp. ψ (W/(m ² K))		Ablak beépítési megoldása					
Falazat anyaga	Hőszigetelés vtg. (cm)	Ablak a fal középvonalában	Ablak a fal középvonalában, külső hőszigetelés 5 cm-el	Ablak a fal külső síkjánál	Ablak a fal külső síkjánál, külső hőszigetelés 5 cm-el ráhúzva	5 cm XPS káva hőszigetelés, ablak a fal középvonalában	5 cm XPS káva hőszigetelés, ablak a fal külső síkjánál
Porotherm 38 N+F Classic M2.5 habarccsal	0	0.06	0.06	0.11	0.11	0.02	0.04
	5	0.14	0.03	0.09	0.04	0.04	0.03
	10	0.15	0.04	0.10	0.03	0.06	0.04
	15	0.16	0.05	0.11	0.03	0.07	0.05
	20	0.16	0.06	0.12	0.04	0.08	0.05
Porotherm 38 Klíma Profi/Dryfix*	0	0.05	0.05	0.08	0.08	0.03	0.05
	5	0.10	0.02	0.07	0.03	0.04	0.04
	10	0.10	0.03	0.07	0.03	0.05	0.04
	15	0.10	0.03	0.08	0.03	0.06	0.04
	20	-	-	-	-	-	-
Porotherm 38 Thermo Profi/Dryfix*	0	0.04	0.04	0.06	0.06	0.03	0.05
	5	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-
	15	-	-	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	-	-
Leiertherm 38 N+F MD	0	0.06	0.06	0.10	0.10	0.02	0.04
	5	0.12	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04
	10	0.13	0.04	0.09	0.03	0.06	0.04
	15	0.14	0.04	0.10	0.03	0.07	0.05
	20	-	-	-	-	-	-
Leiertherm Pro 38*	0	0.05	0.05	0.07	0.07	0.03	0.05
	5	0.09	0.02	0.06	0.03	0.04	0.04
	10	0.09	0.03	0.07	0.03	0.05	0.04
	15	0.10	0.03	0.07	0.03	0.05	0.04
	20	-	-	-	-	-	-
Bakonytherm 38 N+F	0	0.06	0.06	0.09	0.09	0.03	0.04
	5	0.11	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04
	10	0.12	0.03	0.08	0.03	0.05	0.04
	15	0.12	0.04	0.09	0.03	0.06	0.04
	20	-	-	-	-	-	-
Kunsági téglá HB-38	0	0.07	0.07	0.12	0.12	0.02	0.04
	5	0.16	0.04	0.10	0.04	0.05	0.03
	10	0.17	0.05	0.11	0.03	0.06	0.04
	15	0.18	0.06	0.12	0.04	0.08	0.05
	20	-	-	-	-	-	-
Mályi PORObriick NF 38 hőszig. habarccsal	0	0.06	0.06	0.10	0.10	0.02	0.04
	5	0.13	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04
	10	0.14	0.04	0.09	0.03	0.06	0.04
	15	0.14	0.05	0.10	0.03	0.07	0.05
	20	-	-	-	-	-	-
Mályi PORObriick NF RW 38 hőszig. habarccsal	0	0.04	0.04	0.06	0.06	0.03	0.05
	5	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-
	15	-	-	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	-	-

20.3.7 Födémszerkezetek alatt beépített nyílászárók hőhídjai

A födémszerkezetek alatti nyílászárók kialakítása során az áthidalók miatti vonalmenti hőátbocsátási tényezőket is tartalmaz a hőhídkatalógus. A födémszerkezetek négyféle kialakításban, a falazatokkal kompatibilisen kerültek kialakításra, azaz például vasbeton födém minden esetben, míg kerámia béléstestest vagy pórusbeton pallófödém csak a releváns esetekben került modellezésre. Az áthidalók típusát a födémszerkezethez és a falszerkezetekhez megfelelően választottuk, például vasbeton födém esetén vasbeton áthidalót, míg kerámia béléstestest födém esetében előregyártott kerámia papucsos áthidalót alkalmaztunk.



20.5. ábra. Vasbeton födém, 5 cm kiegészítő hőszigeteléssel rendelkező vasbeton áthidalóval és B30 födémmel (balra), valamint kerámia béléstestest födém 5 cm kiegészítő hőszigeteléssel rendelkező kerámia előregyártott áthidalóval (nyomott zóna KTT), 30 cm-es vázkerámia falazattal és 20 cm külső oldali hőszigetelő rendszerrel (jobbra) hőmérsékleteloszlása

20.3.8 Falazatok és közbenső födémek csatlakozási hőhídjai

Az előbbieken bemutatott csomópont egyszerűbb változata, amikor fal és közbenső födém csatlakozik. Ez esetben is négyféle födémrendszert vizsgáltunk, melyek a hazánkban leginkább elterjedt fél-monolitikus gerendával rendelkező kerámia béléstestest födémek, a vasbeton E-gerendás, beton béléstestest födémek, a monolit vasbeton födémek és a pórusbeton pallófödémek voltak.

A hőhídkatalógus az előbbiekhöz hasonlóan az összes vizsgált falszerkezet és hőszigetelés vastagság esetére tartalmaz vonalmenti hőátbocsátási tényezőt a kompatibilis falszerkezet és födémszerkezetek eseteire, továbbá 0-5-10-20 cm vastagságú XPS kiegészítő koszorúhőszigeteléssel kialakuló vonalmenti hőátbocsátási tényezőket is külön modelleztük.

A vonalmenti hőátbocsátási tényezők a födém mindkét, alsó és felső falcsatlakozását is tartalmazzák.

20.5. táblázat: Fal és közbenső födém csatlakozások vonalmenti hőátbocsátási tényezői (részlet)

Fal-Közbenső födém csp. ψ (W/(m ² K))		Födém típusa															
Falazat anyaga	Hőszigetelés vtg. (cm)	Kerámia belésteles födém (24 cm)				E-gerendás födém (24 cm)				Monolit vasbeton födém (20 cm)				Pórusbeton pallófödém (20 cm)			
		0	5	10	20	0	5	10	20	0	5	10	20	0	5	10	20
Bakonytherm 30 N+P	0	0.69	0.30	-	-	0.81	0.33	-	-	0.81	0.33	-	-	-	-	-	-
	5	0.21	0.15	-	-	0.23	0.15	-	-	0.21	0.15	-	-	-	-	-	-
	10	0.12	0.10	-	-	0.13	0.10	-	-	0.12	0.09	-	-	-	-	-	-
	15	0.09	0.07	-	-	0.09	0.07	-	-	0.08	0.07	-	-	-	-	-	-
	20	0.07	0.06	-	-	0.07	0.06	-	-	0.06	0.05	-	-	-	-	-	-
Forrás téglá U-FORM 30	0	0.73	0.39	-	-	0.84	0.43	-	-	0.84	0.44	-	-	-	-	-	-
	5	0.20	0.16	-	-	0.22	0.17	-	-	0.20	0.16	-	-	-	-	-	-
	10	0.12	0.10	-	-	0.12	0.10	-	-	0.11	0.10	-	-	-	-	-	-
	15	0.08	0.07	-	-	0.09	0.08	-	-	0.08	0.07	-	-	-	-	-	-
	20	0.06	0.06	-	-	0.07	0.06	-	-	0.06	0.05	-	-	-	-	-	-
Forrás téglá 30-as vályogtéglá	0	0.76	0.46	-	-	0.87	0.51	-	-	0.87	0.53	-	-	-	-	-	-
	5	0.20	0.16	-	-	0.21	0.17	-	-	0.20	0.16	-	-	-	-	-	-
	10	0.12	0.10	-	-	0.12	0.11	-	-	0.11	0.10	-	-	-	-	-	-
	15	0.08	0.08	-	-	0.08	0.08	-	-	0.08	0.07	-	-	-	-	-	-
	20	0.06	0.06	-	-	0.06	0.06	-	-	0.06	0.05	-	-	-	-	-	-
Berényi B30 N+P	0	0.70	0.32	-	-	0.82	0.35	-	-	0.81	0.35	-	-	-	-	-	-
	5	0.21	0.15	-	-	0.22	0.16	-	-	0.21	0.15	-	-	-	-	-	-
	10	0.12	0.10	-	-	0.13	0.10	-	-	0.12	0.09	-	-	-	-	-	-
	15	0.09	0.07	-	-	0.09	0.07	-	-	0.08	0.07	-	-	-	-	-	-
	20	0.07	0.06	-	-	0.07	0.06	-	-	0.06	0.05	-	-	-	-	-	-
Berényi BerényTherm 30	0	0.69	0.30	-	-	0.81	0.33	-	-	0.81	0.33	-	-	-	-	-	-
	5	0.21	0.15	-	-	0.23	0.15	-	-	0.21	0.15	-	-	-	-	-	-
	10	0.12	0.10	-	-	0.13	0.10	-	-	0.12	0.09	-	-	-	-	-	-
	15	0.09	0.07	-	-	0.09	0.07	-	-	0.08	0.07	-	-	-	-	-	-
	20	0.07	0.06	-	-	0.07	0.06	-	-	0.06	0.05	-	-	-	-	-	-
Kunsági téglá B-30	0	0.75	0.43	-	-	0.86	0.48	-	-	0.86	0.49	-	-	-	-	-	-
	5	0.20	0.16	-	-	0.21	0.17	-	-	0.20	0.16	-	-	-	-	-	-
	10	0.12	0.10	-	-	0.12	0.10	-	-	0.11	0.10	-	-	-	-	-	-
	15	0.08	0.07	-	-	0.08	0.08	-	-	0.08	0.07	-	-	-	-	-	-
	20	0.06	0.06	-	-	0.06	0.06	-	-	0.06	0.05	-	-	-	-	-	-
Kunsági téglá Uniform 19/24	0	0.73	0.40	-	-	0.85	0.45	-	-	0.85	0.46	-	-	-	-	-	-
	5	0.20	0.16	-	-	0.21	0.17	-	-	0.20	0.16	-	-	-	-	-	-
	10	0.12	0.10	-	-	0.12	0.10	-	-	0.11	0.10	-	-	-	-	-	-
	15	0.08	0.07	-	-	0.09	0.08	-	-	0.08	0.07	-	-	-	-	-	-
	20	0.06	0.06	-	-	0.07	0.06	-	-	0.06	0.05	-	-	-	-	-	-
Mályi PORObrikk NF 30 hőszig. habarccsal	0	0.68	0.29	-	-	0.80	0.32	-	-	0.80	0.31	-	-	-	-	-	-
	5	0.21	0.14	-	-	0.23	0.15	-	-	0.22	0.15	-	-	-	-	-	-
	10	0.13	0.10	-	-	0.13	0.10	-	-	0.12	0.09	-	-	-	-	-	-
	15	0.09	0.07	-	-	0.09	0.07	-	-	0.09	0.07	-	-	-	-	-	-
	20	0.07	0.06	-	-	0.07	0.06	-	-	0.06	0.05	-	-	-	-	-	-
Mályi PORObrikk NF RW 30 hőszig. habarccsal	0	0.65	0.21	-	-	0.78	0.23	-	-	0.78	0.22	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ytong Classic 300 NF+GT	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0.79	0.27	-	-	0.49	0.21	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	0.22	0.14	-	-	0.18	0.12	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	0.09	-	-	0.11	0.08	-	-
	15	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09	0.07	-	-	0.08	0.06	-	-
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	0.05	-	-	0.06	0.05	-	-
Ytong Lambda 300 NF+GT	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0.78	0.24	-	-	0.48	0.19	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23	0.13	-	-	0.18	0.11	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14	0.09	-	-	0.12	0.08	-	-
	15	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	0.07	-	-	0.08	0.06	-	-
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	0.05	-	-	0.06	0.05	-	-

20.3.9 Erkélykonzolok hőhídjai

Az erkélykonzolokra a hőhídkatalógus négy féle eltérő kialakítás vonalmenti hőátbocsátási tényezőit tartalmazza.

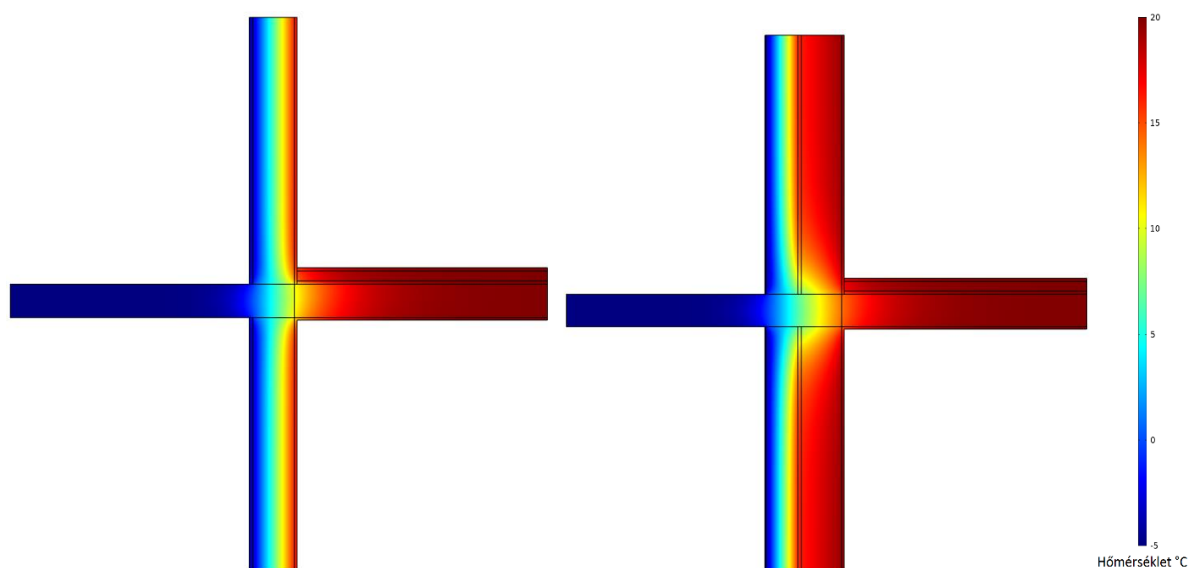
Erkélykonzol kapcsolat hőszigetelés nélkül vagy 5 cm XPS hőszigeteléssel körbe hőszigetelt erkélykonzol, vagy erkélykonzol teherhordó hőhídmegszakító elemen keresztül csatlakoztatva, illetve erkélykonzol teherhordó hőhídmegszakító elemmel és körbe hőszigetelve 5 cm XPS-el megoldások vonalmenti hőátbocsátási tényezőjét határoztuk meg az eltérő falszerkezetekre vonatkozóan vasbeton födém szerkezetek esetén.

A falszerkezetek ez esetben is 20-50 cm vastagság közötti hazánkban gyártott vagy forgalmazott termékekből készültek 0-5-10-15-20 cm külső oldali hőszigetelő rendszer figyelembevételével.

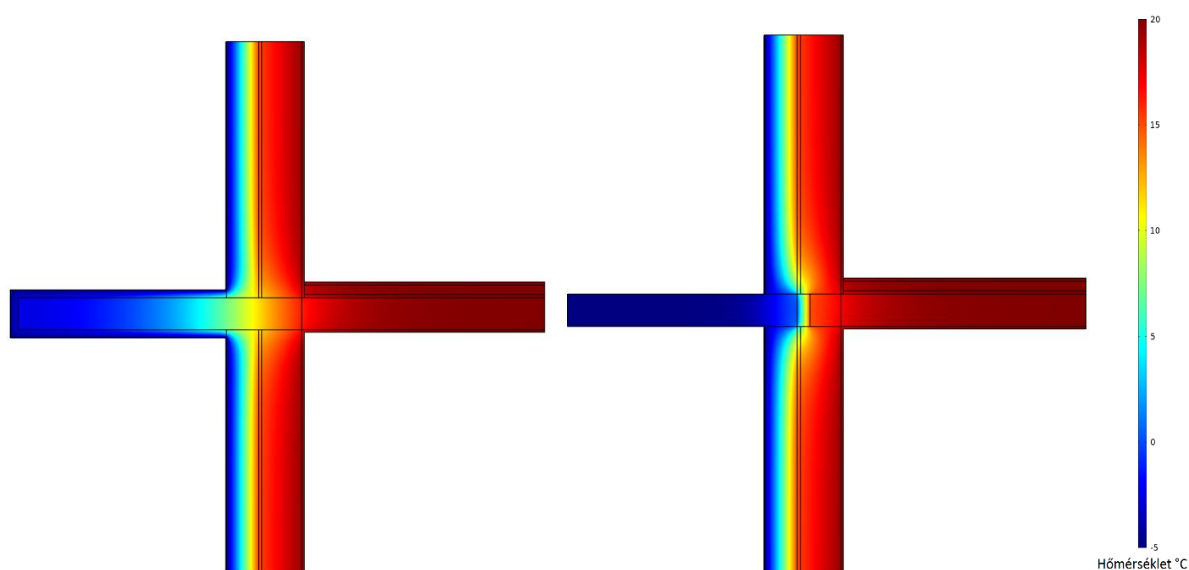
A hőhídkatalógusban szereplő vonalmenti hőátbocsátási tényezők az erkélykonzolok hőhídjai mellett mind az alsó oldali falcsatlakozás, mind pedig a felső oldali ráfalazás hőtechnikai hatását tartalmazzák, mivel ezen hatások együttesen kezelendők.

A következő ábrákon 25 cm-es vázkerámia falazatra vonatkozó megoldásokat hasonlíthatunk össze. Látható, hogy hőszigetelés nélküli falazat és hőszigetelés nélkül kialakított erkélykonzol állagvédelmi megfelelősége kétséges, továbbá azt, hogy amennyiben a fal hőszigetelt, akkor a hőszigetetlen erkélykonzol igen jelentős vonalmenti hőátbocsátási tényezővel rendelkezik.

Amennyiben az erkélykonzolt teljesen hőszigeteljük, vagy hőhídmegszakító elemet alkalmazunk, minimalizálni tudjuk a vonalmenti hőátbocsátási tényezőt és emelhetjük a csatlakozások belső felületi hőmérsékleteit is.



20.6. ábra. 25 cm vastagságú hőszigetetlen vázkerámia fal hőmérsékleteloszlása hőszigetetlen vasbeton erkélykonzollal (balra) és 20 cm hőszigetelés esetén (jobbra)

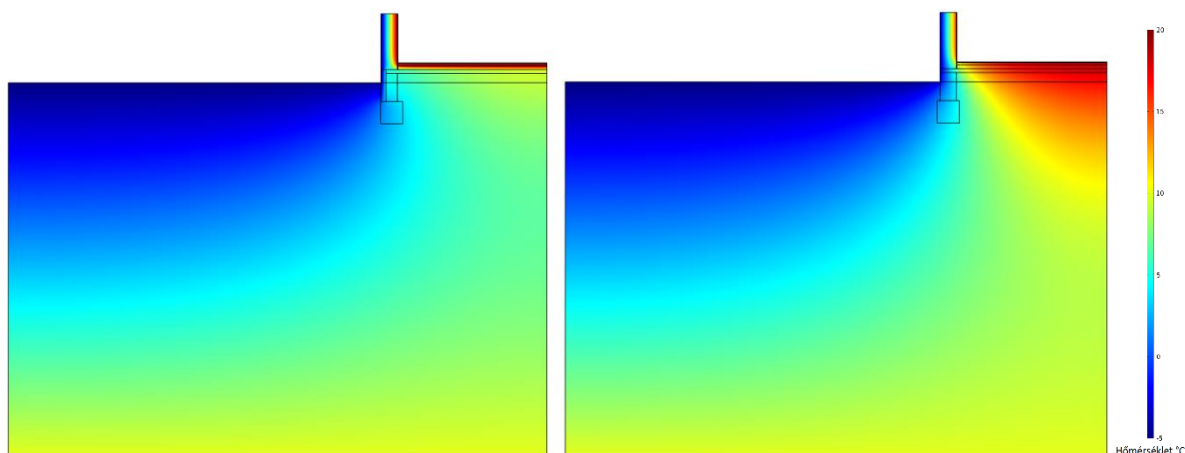


20.7. ábra. 25 cm vastagságú 20 cm-es külső oldali hőszigeteléssel ellátott vázkerámia fal hőmérsékleteloszlása körben 5 cm vastag hőszigeteléssel teljesen hőszigetelt vasbeton erkélykonzollal (balra) és teherbíró hőhídmegszakító elem alkalmazásával épített erkélykonzollal (jobbra)

20.3.10 Lábazati kialakítások és padlócsatlakozások hőhídjai

A hőhídkatalógusban többféle padló és lábazati kialakítás esetére is találunk vonalmenti hőátbocsátási tényezőket, melyek nem tévesztendőek össze a régebben alkalmazott vonalmentire redukált padló szerkezeti hőveszteségekkel. A hőhídkatalógusban található vonalmenti hőátbocsátási tényezők a padló szerkezetek egyenértékű hőátbocsátási tényezőihez képest a padló-fal csatlakozások miatt kialakuló többlethőveszteségeket tartalmazzák. A

csomópontokat az MSZ EN ISO 10211 és a Rendelet előírásait betartva modelleztük, lásd az alábbi ábrát, melyen az is látható, hogy a hiányzó hőszigetelés rendkívül jelentős különbséget okoz a modellezett hőmérsékleteloszlásokban, és természetesen a vonalmenti hőátbocsátási tényező értékekben is.



20.8. ábra. 44 cm-es vastagságú modern vázkerámia falazat hőszigetelt lábazattal és padlószerkezettel (balra) és 44 cm-es vegyes falazat hőszigetetlen lábazattal és padlószerkezettel (jobbra) hőmérsékleteloszlása

Az értékek a lábazati hőszigetelés kialakítása, valamint a padló hőszigetelés anyaga és vastagsága szerint kerültek a hőhíd-katalógus táblázatába. Háromféle lábazati szigetelés kialakítást különböztetünk meg és vizsgáltunk. A hőszigetetlen lábazatokat, a csak terepszint felett hőszigetelt lábazatokat (melyekkel számos utólagos épületfelújításnál találkozhatunk), valamint az új épületeknél és felújításoknál egyaránt jó megoldásnak számító, a lábazat terepszint alatt legalább 0,5 m mélységig történő hőszigetelését. A lábazati hőszigetelés anyagául XPS-t használtunk.

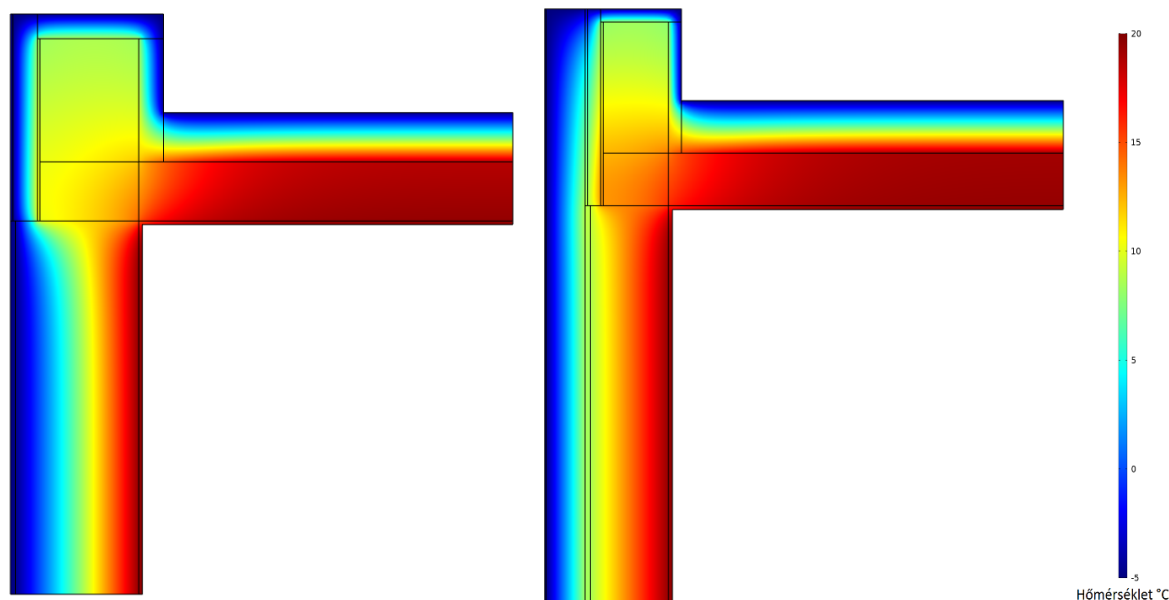
A padló szempontjából is vizsgáltunk hőszigetetlen, valamint 10 és 20 cm vastagságú EPS (vízszigetelés felett) és XPS (vízszigetelés alatt) megoldásokat, továbbá 25 cm és 50 cm vastagságú üveghab granulátumból készült hőszigetelést is, mely esetében szemcsés ágyazat helyett került be a hőszigetelés.

20.6. táblázat: Lábazat, padló és falcsatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezői a hőhíd-katalógusban (részlet)

Lábazat-padló-fal csp. ψ (W/(m ² K))		Lábazat hőszigetelés kialakítása, anyaga, vastagsága																				
Falazat anyaga	Hőszigetelés vtg. (cm)	Lábazat hőszigeteletlen						Lábazat csak a terepszint felett hőszigetelt (XPS hőszig.)						Lábazat terepszint alatt 0.5 m-ig hőszigetelt (XPS hőszig.)								
		Lábazat hőszig. vtg = fal hőszig. vtg.						Lábazat hőszig. vtg > fal hőszig. vtg.						Lábazat hőszig. vtg = fal hőszig. vtg.								
		Padló hőszigetelése és vastagsága (cm)																				
		Nincs	EPS/XPS	EPS/XPS	Nincs	EPS/XPS	EPS/XPS	Nincs	EPS/XPS	EPS/XPS	Nincs	EPS/XPS	EPS/XPS	Üveghab	Üveghab	Nincs	EPS/XPS	EPS/XPS	Üveghab	Üveghab		
0	10	20	0	10	20	0	10	20	0	10	20	0	10	20	25	50	0	10	20	25	50	
Porotherm 30 N+F habarccsal	0	0.07	0.15	0.13	-	-	-	0.08	0.12	0.12	-	-	-	-	-	-	-	0.10	0.11	0.12	0.05	0.05
	5	0.07	0.16	0.13	0.05	0.12	0.11	0.05	0.11	0.11	0.05	0.10	0.10	0.03	0.03	0.05	0.09	0.10	0.03	0.03		
	10	0.08	0.17	0.14	0.04	0.12	0.11	0.04	0.11	0.11	0.04	0.09	0.09	0.03	0.03	0.04	0.09	0.09	0.03	0.03		
	15	0.09	0.17	0.14	0.04	0.12	0.11	0.04	0.11	0.11	0.03	0.09	0.09	0.03	0.03	0.03	0.08	0.09	0.03	0.03		
	20	0.09	0.18	0.14	0.04	0.12	0.11	0.03	0.11	0.11	0.03	0.08	0.09	0.03	0.03	0.03	0.08	0.09	0.02	0.02		
Porotherm 30 K Profi	0	0.05	0.11	0.10	-	-	-	0.05	0.09	0.09	-	-	-	-	-	-	-	0.06	0.08	0.08	0.04	0.04
	5	0.05	0.12	0.10	0.04	0.09	0.08	0.04	0.09	0.08	0.04	0.08	0.07	0.03	0.03	0.04	0.07	0.07	0.03	0.03		
	10	0.06	0.12	0.10	0.03	0.09	0.08	0.03	0.08	0.08	0.03	0.07	0.07	0.02	0.02	0.03	0.07	0.07	0.02	0.02		
	15	0.06	0.12	0.10	0.03	0.09	0.08	0.03	0.08	0.08	0.03	0.06	0.07	0.02	0.02	0.02	0.06	0.06	0.02	0.02		
	20	0.06	0.13	0.10	0.03	0.08	0.08	0.02	0.08	0.08	0.02	0.06	0.06	0.02	0.02	0.02	0.06	0.06	0.02	0.02		
Leiertherm 30 N+F MD	0	0.07	0.14	0.13	-	-	-	0.07	0.12	0.12	-	-	-	-	-	0.09	0.10	0.11	0.05	0.05		
	5	0.07	0.15	0.12	0.05	0.11	0.11	0.04	0.11	0.10	0.05	0.09	0.10	0.03	0.03	0.05	0.09	0.09	0.03	0.03		
	10	0.08	0.15	0.13	0.04	0.11	0.10	0.04	0.11	0.10	0.03	0.08	0.09	0.03	0.03	0.03	0.08	0.09	0.03	0.03		
	15	0.08	0.16	0.13	0.04	0.11	0.10	0.03	0.11	0.10	0.03	0.08	0.08	0.03	0.03	0.03	0.08	0.08	0.02	0.02		
	20	0.09	0.17	0.13	0.03	0.11	0.10	0.03	0.10	0.10	0.02	0.08	0.08	0.03	0.03	0.02	0.08	0.08	0.02	0.02		
Leiertherm Pro 30	0	0.05	0.11	0.10	-	-	-	0.05	0.10	0.09	-	-	-	-	-	0.06	0.08	0.09	0.04	0.04		
	5	0.05	0.12	0.10	0.04	0.09	0.09	0.04	0.09	0.08	0.04	0.08	0.08	0.03	0.03	0.04	0.07	0.07	0.03	0.03		
	10	0.06	0.12	0.10	0.03	0.09	0.08	0.03	0.09	0.08	0.03	0.07	0.07	0.02	0.02	0.03	0.07	0.07	0.02	0.02		
	15	0.06	0.13	0.10	0.03	0.09	0.08	0.03	0.09	0.08	0.03	0.07	0.07	0.02	0.02	0.02	0.06	0.07	0.02	0.02		
	20	0.06	0.13	0.10	0.03	0.09	0.08	0.02	0.08	0.08	0.02	0.06	0.07	0.02	0.02	0.02	0.06	0.06	0.02	0.02		
Bakonytherm 30 N+F	0	0.07	0.15	0.14	-	-	-	0.08	0.13	0.13	-	-	-	-	-	0.10	0.12	0.13	0.06	0.06		
	5	0.08	0.17	0.14	0.05	0.13	0.12	0.05	0.12	0.12	0.05	0.10	0.11	0.04	0.04	0.05	0.10	0.10	0.03	0.03		
	10	0.09	0.18	0.15	0.04	0.12	0.12	0.04	0.12	0.12	0.04	0.09	0.10	0.03	0.03	0.04	0.09	0.10	0.03	0.03		
	15	0.10	0.18	0.15	0.04	0.12	0.12	0.04	0.12	0.11	0.03	0.09	0.10	0.03	0.03	0.03	0.09	0.09	0.03	0.03		
	20	0.10	0.19	0.16	0.04	0.12	0.12	0.03	0.12	0.11	0.03	0.09	0.09	0.03	0.03	0.03	0.09	0.09	0.03	0.03		

20.3.11 Attikával kialakított lapostetők falcsatlakozásainak hőhídjai

A hőhídkatalógus az előzőekben is vizsgált négyféle födém szerkezeti rendszerrel készült, azokon 20 cm vastag EPS150 hőszigetelést találhatók, hogy a lapostetők éppen megfeleljenek az $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ követelménynek. Az attika kialakítása vasbeton vagy pórusbetonból történik, az attikát 5 vagy 10 cm kiegészítő hőszigeteléssel láttuk el, továbbá a koszorú kiegészítő hőszigetelése a falvastagság és födémrendszer függvényében 0-20 cm között 5 cm-es lépésenként változott. Ez esetben is vizsgáltunk hőszigetetlen, valamint 5-10-15-20 cm vastagságú hőszigeteléssel ellátott falszerkezeteket.



20.9. ábra. 50 cm vastagságú vázkerámia falazóblokk 24 cm vastag E-gerendás födémmel, amelyre 20 cm EPS hőszigetelést helyeztünk el és 10 cm vastag hőszigeteléssel alakítottuk ki a vasbeton attikát (balra) valamint 30 cm vastagságú vázkerámia falazóblokk 15 cm külső oldali hőszigeteléssel, vasbeton födémmel és attikával, 5 cm-es attikahőszigeteléssel (jobbra)

20.3.12 Attika nélküli lapostetők, kishajlású tetők falcsatlakozásainak hőhídjai

Az attika nélkül kialakított lapostetők és kishajlású tetők falcsatlakozásainak vonalmenti hőátbocsátási tényezőit is tartalmazza a hőhídkatalógus, melyek kialakítása az attikát leszámítva hasonlitos az előzőekben leírtakkal.

20.7. táblázat: Attika nélküli lapostetők, kishajlású tetők vonalmenti hőátbocsátási tényezői (részlet)

Lapostető attika nélkül - Fal csp. ψ (W/(m²K))		Zárfödém kialakítása																			
Falazat anyaga	Hőszigetelés vtg. (cm)	Kerámia bélésűesetűsödém (24 cm) + 20 cm EPS150 hőszigetelés egyenes rétegrendben					E-gerendásfödém (24 cm) + 20 cm EPS150 hőszigetelés egyenes rétegrendben					Monolit vasbetonfödém (20 cm) + 20 cm EPS150 hőszigetelés egyenes rétegrendben					Pórusbeton pallófödém (20 cm) + 20 cm EPS150 hőszigetelés egyenes rétegrendben				
		Kioszorú hőszigetelése (cm)																			
		0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
Porotherm 25 N+F habarccsal	0	0.53	0.22	0.15	-	-	0.70	0.26	0.18	-	-	0.74	0.27	0.18	-	-	-	-	-	-	-
	5	0.18	0.13	0.10	-	-	0.20	0.14	0.11	-	-	0.19	0.14	0.11	-	-	-	-	-	-	-
	10	0.13	0.10	0.09	-	-	0.14	0.11	0.09	-	-	0.13	0.11	0.09	-	-	-	-	-	-	-
	15	0.11	0.09	0.08	-	-	0.11	0.10	0.08	-	-	0.11	0.09	0.08	-	-	-	-	-	-	-
	20	0.10	0.08	0.08	-	-	0.10	0.09	0.08	-	-	0.10	0.09	0.08	-	-	-	-	-	-	-
Leiertherm 25 N+F	0	0.53	0.21	0.14	-	-	0.70	0.25	0.17	-	-	0.75	0.26	0.17	-	-	-	-	-	-	-
	5	0.18	0.13	0.10	-	-	0.20	0.14	0.11	-	-	0.20	0.13	0.11	-	-	-	-	-	-	-
	10	0.13	0.10	0.09	-	-	0.14	0.11	0.09	-	-	0.13	0.11	0.09	-	-	-	-	-	-	-
	15	0.11	0.09	0.08	-	-	0.11	0.10	0.08	-	-	0.11	0.09	0.08	-	-	-	-	-	-	-
	20	0.10	0.08	0.08	-	-	0.10	0.09	0.08	-	-	0.10	0.09	0.08	-	-	-	-	-	-	-
Bakonytherm 25 N+F	0	0.53	0.22	0.15	-	-	0.70	0.26	0.18	-	-	0.74	0.27	0.18	-	-	-	-	-	-	-
	5	0.18	0.13	0.10	-	-	0.20	0.14	0.11	-	-	0.19	0.14	0.11	-	-	-	-	-	-	-
	10	0.13	0.10	0.09	-	-	0.14	0.11	0.09	-	-	0.13	0.11	0.09	-	-	-	-	-	-	-
	15	0.11	0.09	0.08	-	-	0.11	0.10	0.08	-	-	0.11	0.09	0.08	-	-	-	-	-	-	-
	20	0.10	0.08	0.08	-	-	0.10	0.09	0.08	-	-	0.10	0.09	0.08	-	-	-	-	-	-	-
Silka HM 250 NF+GT	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.74	0.33	0.24	-	-	0.35	0.18	0.13	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.19	0.14	0.12	-	-	0.15	0.11	0.10	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	0.11	0.10	-	-	0.11	0.10	0.09	-	-
	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	0.09	0.09	-	-	0.10	0.09	0.08	-	-
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	0.09	0.09	-	-	0.09	0.08	0.08	-	-

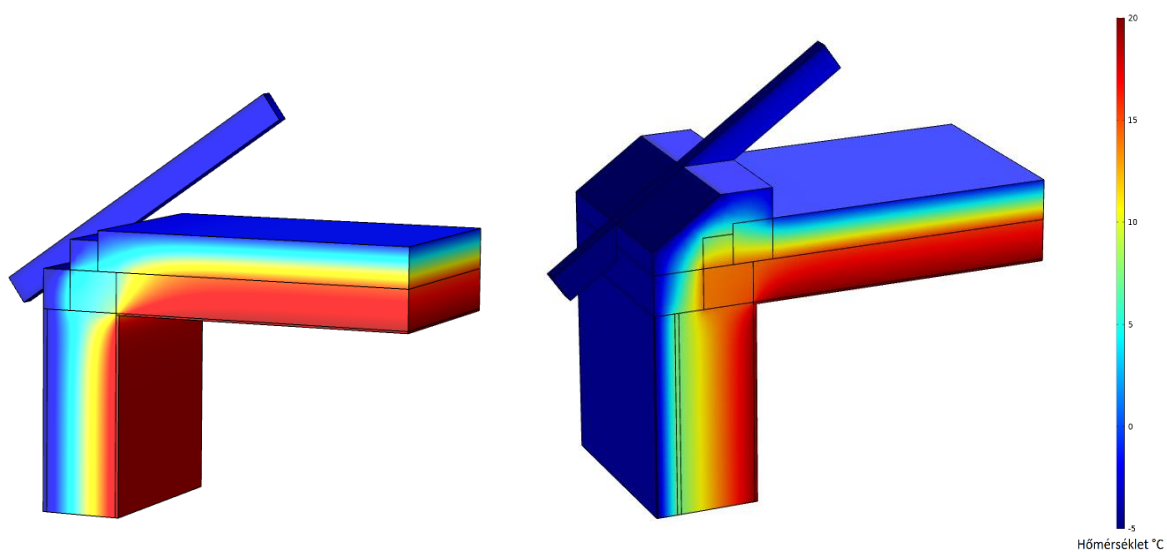
20.3.13 Ácsszerkezetű magastetők és padlásfödémek csatlakozási hőhídjai

Végezetül, de nem utolsó sorban háromdimenziós numerikus modellezéssel készített magastető és padlásfödém csomóponti kialakítások vonalmenti hőátbocsátási tényezőit is megtalálhatjuk a hőhídkatalógusban. Az összeállítások szintén négyféle fűdém szerkezetet tartalmaznak, valamint eltérő értékeket modelleztünk a talpszelemen hőszigeteltsége, illetve a padlásra fektetett hőszigetelés hővezetési tényezőjének függvényében is.

20.8. táblázat: Magastető és padlásfödém csatlakozások vonalmenti hőátbocsátási tényezői (részlet)

Magastető-padlásfödém-fal csp. ψ		Magastető (7,5 x 15 cm szarufa, 100 cm távolság), padlásfödém (20 cm hőszigeteléssel), hőszigetelt vasbeton koszorú															
Falazat anyaga	Hőszigetelés vtg. (cm)	Kerámia bélésű födém (24 cm)				E-gerendás födém (24 cm)				Monolit vasbeton födém (20 cm)				Pórusbeton pallófödém (20 cm)			
		Talpszelemen hőszigetelése															
		Hőszigetetlen		Körbehőszigetelt		Hőszigetetlen		Körbehőszigetelt		Hőszigetetlen		Körbehőszigetelt		Hőszigetetlen		Körbehőszigetelt	
		Padlás hőszigetelés hővezetési tényezője (W/(m²K))															
		0,037	0,032	0,037	0,032	0,037	0,032	0,037	0,032	0,037	0,032	0,037	0,032	0,037	0,032	0,037	0,032
Porotherm 38 N+F Classic M2.5 habarccsal	0	0,29	0,3	0,12	0,12	0,35	0,36	0,13	0,13	0,38	0,39	0,13	0,13	-	-	-	-
	5	0,31	0,32	0,08	0,08	0,37	0,37	0,09	0,09	0,39	0,39	0,09	0,09	-	-	-	-
	10	0,32	0,32	0,07	0,07	0,37	0,38	0,08	0,08	0,39	0,39	0,08	0,08	-	-	-	-
	15	0,33	0,33	0,07	0,07	0,38	0,38	0,07	0,07	0,39	0,4	0,07	0,07	-	-	-	-
	20	0,33	0,33	0,07	0,06	0,38	0,38	0,07	0,07	0,4	0,4	0,07	0,07	-	-	-	-
Porotherm 38 Klíma Profi/Dryfix*	0	0,29	0,29	0,11	0,11	0,35	0,35	0,12	0,12	0,38	0,38	0,12	0,12	-	-	-	-
	5	0,31	0,31	0,08	0,08	0,37	0,37	0,09	0,09	0,38	0,39	0,09	0,09	-	-	-	-
	10	0,31	0,31	0,07	0,07	0,37	0,37	0,08	0,08	0,39	0,39	0,08	0,08	-	-	-	-
	15	0,31	0,32	0,07	0,07	0,37	0,37	0,07	0,07	0,39	0,39	0,07	0,07	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Porotherm 38 Thermo Profi/Dryfix*	0	0,29	0,29	0,1	0,1	0,35	0,35	0,11	0,11	0,37	0,38	0,11	0,11	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leiertherm 38 N+F MD	0	0,29	0,3	0,11	0,11	0,35	0,36	0,13	0,13	0,38	0,38	0,13	0,13	-	-	-	-
	5	0,31	0,31	0,08	0,08	0,37	0,37	0,09	0,09	0,38	0,39	0,09	0,09	-	-	-	-
	10	0,31	0,32	0,07	0,07	0,37	0,37	0,08	0,08	0,39	0,39	0,08	0,08	-	-	-	-
	15	0,32	0,32	0,07	0,07	0,38	0,38	0,07	0,07	0,39	0,4	0,07	0,07	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leiertherm Pro 38*	0	0,29	0,29	0,1	0,1	0,35	0,35	0,12	0,12	0,38	0,38	0,12	0,11	-	-	-	-
	5	0,3	0,31	0,08	0,08	0,37	0,37	0,09	0,09	0,38	0,39	0,09	0,09	-	-	-	-
	10	0,31	0,31	0,07	0,07	0,37	0,37	0,08	0,08	0,39	0,39	0,08	0,08	-	-	-	-
	15	0,31	0,31	0,07	0,07	0,37	0,37	0,07	0,07	0,39	0,39	0,07	0,07	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bakonytherm 38 N+F	0	0,29	0,3	0,11	0,11	0,35	0,36	0,12	0,12	0,38	0,38	0,12	0,12	-	-	-	-
	5	0,31	0,31	0,08	0,08	0,37	0,37	0,09	0,09	0,38	0,39	0,09	0,09	-	-	-	-
	10	0,31	0,32	0,07	0,07	0,37	0,37	0,08	0,08	0,39	0,39	0,08	0,08	-	-	-	-
	15	0,32	0,32	0,07	0,07	0,37	0,38	0,07	0,07	0,39	0,39	0,07	0,07	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

A háromdimenziós modellekre az egyik alábbi ábra mutat példákat.



20.10. ábra. Hőszigetetlen 37,5 cm vastagságú pórusbeton falazóblokkból épített falszerkezet és 20 cm szálal hőszigeteléssel ellátott pórusbeton pallófödém hőszigetetlen talpszelemen kialakítással (balra) és 10 cm külső oldali hőszigeteléssel ellátott 37,5 cm vastagságú nagyszilárdságú pórusbeton falazat 20 cm szálal szigeteléssel ellátott pórusbeton pallófödémrel és körbehőszigetelt talpszelemennel (jobbra)

TANÚSÍTÁS

21 Az energetikai tanúsítás szabályai

21.1 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 épülettechnikai 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.

21.2 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:

$$\frac{E_{CO_2,fajl}}{E_{CO_2,fajl,max}} [\%] \quad (21.2)$$

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:

21.1. 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<...

21.3 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:

21.2. táblázat: Határoló szerkezetek hatékonysági osztályai

	A	B	C	D	E
1.	homlokzati fal (W/m^2K)				
2.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
3.	$0,9 < \dots$	$0,45 < \dots \leq 0,9$	$0,24 < \dots \leq 0,45$	$0,16 < \dots \leq 0,24$	$\leq 0,16$
4.	lapostető (W/m^2K)				
5.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
6.	$0,7 < \dots$	$0,3 < \dots \leq 0,7$	$0,17 < \dots \leq 0,3$	$0,12 < \dots \leq 0,17$	$\leq 0,12$
7.	Fűtött tetőteret határoló szerkezetek (W/m^2K)				
8.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
9.	$0,7 < \dots$	$0,3 < \dots \leq 0,7$	$0,17 < \dots \leq 0,3$	$0,12 < \dots \leq 0,17$	$\leq 0,12$
10.	Padlás és búvótér alatti földem (W/m^2K)				
11.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
12.	$0,7 < \dots$	$0,3 < \dots \leq 0,7$	$0,17 < \dots \leq 0,3$	$0,12 < \dots \leq 0,17$	$\leq 0,12$
13.	Árkád és áthajtó feletti földem (W/m^2K)				
14.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
15.	$0,7 < \dots$	$0,3 < \dots \leq 0,7$	$0,17 < \dots \leq 0,3$	$0,12 < \dots \leq 0,17$	$\leq 0,12$
16.	Alsó záróföldem fűtetlen terek felett (W/m^2K)				
17.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
18.	$0,9 < \dots$	$0,5 < \dots \leq 0,9$	$0,26 < \dots \leq 0,5$	$0,18 < \dots \leq 0,26$	$\leq 0,18$
19.	Üvegezés (W/m^2K)				
20.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
21.	$2,8 < \dots$	$1,8 < \dots \leq 2,8$	$1 < \dots \leq 1,8$	$0,7 < \dots \leq 1$	$\leq 0,7$
22.	Különleges üvegezés (W/m^2K)				
23.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
24.	$3 < \dots$	$2 < \dots \leq 3$	$1,2 < \dots \leq 2$	$0,9 < \dots \leq 1,2$	$\leq 0,9$
25.	Fa vagy PVC keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró ($> 0,5m^2$) (W/m^2K)				
26.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
27.	$3 < \dots$	$1,6 < \dots \leq 3$	$1,1 < \dots \leq 1,6$	$0,8 < \dots \leq 1,1$	$\leq 0,8$
28.	Fém keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró ($> 0,5m^2$) (W/m^2K)				
29.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
30.	$3,2 < \dots$	$2 < \dots \leq 3,2$	$1,4 < \dots \leq 2$	$1 < \dots \leq 1,4$	≤ 1
31.	Homlokzati üvegfal, függönyfal (W/m^2K)				
32.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
33.	$3,2 < \dots$	$2 < \dots \leq 3,2$	$1,4 < \dots \leq 2$	$1 < \dots \leq 1,4$	≤ 1
34.	Üvegtető (W/m^2K)				

35.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
36.	$3,5 < \dots$	$2,5 < \dots \leq 3,5$	$1,5 < \dots \leq 2,5$	$1,1 < \dots \leq 1,5$	$\leq 1,1$
37.	Tetőfelülvilágító, füstelvezető kupola ($> 0,5\text{m}^2$) ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)				
38.	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
39.	$3,5 < \dots$	$2,5 < \dots \leq 3,5$	$1,7 < \dots \leq 2,5$	$1,3 < \dots \leq 1,7$	$\leq 1,3$
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.	$3 < \dots$	$2 < \dots \leq 3$	$1 < \dots \leq 2$	$0,8 < \dots \leq 1$	$\leq 0,8$

21.4 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:

21.3. 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.

21.5 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																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Összesített energetikai jellemző</th> <th>CO₂ kibocsátás</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A+++₂₀₂₄</td> <td>< 0</td> </tr> <tr> <td>A++₂₀₂₄</td> <td>0 <...< 50</td> </tr> <tr> <td>A+₂₀₂₄</td> <td>50 <...< 90</td> </tr> <tr> <td>A₂₀₂₄</td> <td>90 <...< 100</td> </tr> <tr> <td>B₂₀₂₄</td> <td>100 <...< 130</td> </tr> <tr> <td>C₂₀₂₄</td> <td>130 <...< 160</td> </tr> <tr> <td>D₂₀₂₄</td> <td>160 <...< 200</td> </tr> <tr> <td>E₂₀₂₄</td> <td>200 <...< 250</td> </tr> <tr> <td>F₂₀₂₄</td> <td>250 <...< 310</td> </tr> <tr> <td>G₂₀₂₄</td> <td>310 <...< 390</td> </tr> <tr> <td>H₂₀₂₄</td> <td>390 <...< 500</td> </tr> <tr> <td>I₂₀₂₄</td> <td>500 <</td> </tr> </tbody> </table>	Összesített energetikai jellemző	CO ₂ kibocsátás	A+++ ₂₀₂₄	< 0	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 <
	Összesített energetikai jellemző	CO ₂ kibocsátás																									
	A+++ ₂₀₂₄	< 0																									
	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 <																										
A besorolás két skálán történik, melyeket nem összegzünk. Az épületek két, egymástól független címkét kapnak.																											
Teljesül a jelentős felújítás követelményszintje ? Teljesül a közel nulla energiaigényű épületek követelményszintje ? Nyári hővédelmi követelményeknek megfelel? Hasznosított megújuló energia mennyisége																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Összesített energetikai jellemző</th> <th>CO₂ kibocsátás</th> <th>Fajlagos hővesztésgtényező</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Jelenlegi érték</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Jelentős felújítás követelményszintje</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Közel nulla energiaigényű épületek követelményszintje</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Összesített energetikai jellemző	CO ₂ kibocsátás	Fajlagos hővesztésgtényező	Jelenlegi érték			Jelentős felújítás követelményszintje			Közel nulla energiaigényű épületek követelményszintje																	
Összesített energetikai jellemző	CO ₂ kibocsátás	Fajlagos hővesztésgtényező																									
Jelenlegi érték																											
Jelentős felújítás követelményszintje																											
Közel nulla energiaigényű épületek követelményszintje																											
TANÚSÍTÓ ADATAI	ÉRVÉNYESSÉG																										
Név Cím Telefon E-mail Jogosultsági szám Szoftver és verzió	Helyszíni szemle dátuma: Kiállítás dátuma: Érvényesség dátuma:																										
	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:

JELENLÉGI 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-, aéro-, hidrotermikus)							

Ezek végső energia értékek

Exportált energia lehet például a napelemek által termelt energia azon része, amit a

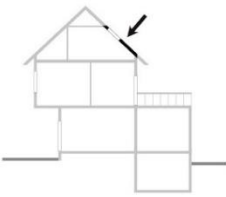
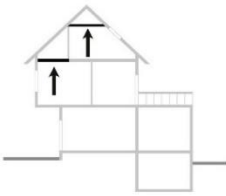
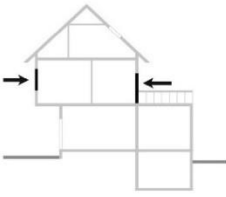
- hálózatban táplálunk
- a rendelet által figyelembe nem vett fogyasztók használnak (pl. háztartási gépek, lakóépületeknél világítás)

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			
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-tanustitas

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			

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:

QR kód
helye

KORSZERŰSÍTÉSI JAVASLATOK

FŰTÉSI ÉS LÉGTECHNIKAI RENDSZER HATÉKONYSÁGA

JELENLÉGI ENERGETIKAI MINŐSÉG

	alacsony	mérsékelt	normál	jó	kiváló	MEGJEGYZÉS

JAVASOLT KORSZERŰSÍTÉSEK

Hőtermelő csere			
Rendszerelem	Leírás	"Jó" szint	"Kiváló" szint
Kondenzációs kazán			
Hőszivattyú			
Szellőzés - hővisszanyerés, elosztás, szabályozás, ventilátorok			
Rendszerelem	Leírás	"Jó" szint	"Kiváló" szint
Hővisszanyerős szellőzés			
Légcsatornák szigetelése			
Beszabályozás			
Ventilátorok			
Fűtési hőelosztás, hőtárolás, szabályozás, hőleadók			
Rendszerelem	Leírás	"Jó" szint	"Kiváló" szint
Csővezetékek szigetelése			
Szivattyú cseréje			
Beszabályozás			
Fűtésszabályozás			
ÚJ ELEM			

HŰTÉSI RENDSZER HATÉKONYSÁGA

	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			
Energetikai besorolás:	CO ₂ 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			
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:

QR kód
helye

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

szabad szöveg, kötelező tartalmi elemekkel

Ez szabadszöveges mező a tanúsító adja meg - MSZ EN 15316-4-2:2017 Épületek energetikai teljesítőképessége; A rendszer energiakövetelményeinek és hatékonyságának számítási módszere; 4-2. rész: Helyiségek hőfejlesztő rendszerei, hőszivattyúrendszerek.

INFORMÁCIÓK

Az Építésügyi Dokumentációs és Információs Központ a tanúsítással kapcsolatos általános információkat 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 legmondosabb 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 energiahatékonyság javítását célzó javaslatok csak előzetes ajánlások és nem helyettesítik a gondos tervezést, melynek során további szempontokat is figyelembe kell venni (pl. biztonsági, műemlékvédelmi, állagvédelmi, akusztikai, tűzvédelmi szempontok). A helyi védelem alatt áll, akkor korszerűsítést csak a műemléki értékleltár figyelembe vételével lehet vé-

kötelező szöveg

A tanúsítvány érvényessége 5 év, tanúsítvány tartalma ez alatt az idő alatt módosulhat (pl.: jogszabályváltozás, tanúsítói javítás miatt), ismételt 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			
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.

22 Épületszerkezetek azonosítása

22.1 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

22.1.1 Homlokzati falak azonosítása

Meglévő épületek külső, homlokzati falszerkezeteinek hőszigetelő képessége a következő módokon határozható meg:

22.1.1.1 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.

22.1. táblázat: Külső falszerkezetek építési ideje

Falazatok	Vakolatlan falvastagság, cm	Építés ideje
mészkeő + nagyméretű tömör téglafalak	44, 59, 74	1870-1910
nagyméretű mészhomok téglafalak	44, 59, 74	1870-1910
nagyméretű tömör téglafalak	44, 59, 74	1870-1910
kisméretű tömör téglafalak	38, 51, 64	1920 - tól
kisméretű mészhomok téglafalak	38, 51, 64	1870-1910
kevéslükű és soklyükű téglafalak	25, 38, 51	1952-től
B25 blokkteglafal	25	1958-1990
B29 blokkteglafal	29	1960-1990
B30 blokkteglafal	30	1960-tól
Kohóhabsalakbeton blokkfal	25, 29	1958-1980
Házgyári vb. falpanel	25-30	1958-1981-ig
Egységesített házgyári vb .falpanel	30	1981-1991
ALFA blokkteglafal	30	1978-1984
RÁBA blokkteglafalak	25, 38	1983-tól
UNIFORM blokkteglafalak	30	1983-tól
POROTON PF-45/19,29, PF 30/29 blokkfalak	30	1984-től
POROTON-36 blokkfal	36	1978-1991
HB-30 blokkfal	30	1986-1992
HB-36, HB 38 blokkfalak	36, 38	1986-1992
HB-38 blokkfal	38	1988 -tól
THERMOTON blokkfalak	30	1986 -tól
THERMOPOR-36 blokkfal	36	1990 -tól
BUDA-36 blokkfal	36	1992-1998
KÖRÖS-30 blokkfal	30	1998-tól
MÁTRA GM 500/2, GM 700/2 gázbeton blokkfal	30	1986-1990

DURISOL DS 30 blokkfal	30	1986 - tól
MÁTRATHERM 38 N+F vázkerámia falazat	38	1997 - től
MÁTRATHERM 30 N+F vázkerámia falazat	30	1991 - től
BAUTHERM 38 N+F vázkerámia falazat	38	2002 -től
BAUTHERM 30 N+F vázkerámia falazat	30	2000 -től
BAUTHERM 38 vázkerámia falazat	38	1985 -tól
BAUTHERM 30 vázkerámia falazat	30	1984 -tól
UNIPOR 38, 38 N+F vázkerámia falazat	38	1994-2001
UNIPOR 30 N+F, 38 N+F vázkerámia falazat	30, 38	1994-2001
BUDATHERM 30 N+F, 38 N+F	38	1998-2004
POROBICK HB 30, HB 38, NF 30, NF 38	30, 38	2001-től
DURISOL DS(S) 25, 30 (Nikecell betéttel)	25, 30	1985-től
FABETON FFA 30, FFH 30 falazatok	30	2001-től
HABISOL falazat (perlitbázisú kitöltéssel)	30	1998-től
HABISOL falazat (polisztirolbázisú kitöltéssel)	30	1998-től
YTONG falazatok, normál P2-0,5; P4-0,6	25, 30, 37,5	1992-től
YTONG falazatok, NF+GT P2-0,5; P4-0,6	25, 30, 37,5	1995-től
POROTHERM vázkerámia falazatok	25, 30, 38, 44	1990-től

22.1.1.2 Tervek alapján

Ez a módszer általában csak iparosított építésmódban kivitelezett épületek títustervei 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 a 31.3. pont 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.

22.1.1.3 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.

22.2. táblázat: Normál és hőszigetelő homlokzatvakolatossal felszerelt falak hőátbocsátási tényezői

Külső falak jellemzői – 1								
Külső falak normál és hőszigetelő homlokzatvakolattal								
Fal anyaga - falazóelem	Vakolatlan falvastagság cm	Hőátbocsátási tényező, U (W/m ² K)						
		Normál vakolat	Hőszigetelő vakolat vastagsága, cm					
			$\lambda = 0,14 \text{ W/mK}$			$\lambda = 0,09 \text{ W/mK}$		
			3	4	5	3	4	5
mészke + nagyméretű tömör	44	1,37	1,06	0,99	0,92	0,94	0,86	0,78
mészke + nagyméretű tömör	59	1,11	0,90	0,85	0,80	0,81	0,75	0,69
mészke + nagyméretű tömör	74	0,93	0,78	0,74	0,70	0,71	0,66	0,62
nagyméretű tömör téglafal	44	1,29	1,01	0,95	0,89	0,91	0,82	0,76
nagyméretű tömör téglafal	59	1,04	0,85	0,81	0,76	0,78	0,72	0,66
nagyméretű tömör téglafal	74	0,87	0,74	0,70	0,67	0,68	0,63	0,59
kisméretű tömör téglafal	38	1,43	1,10	1,02	0,95	0,97	0,88	0,80
kisméretű tömör téglafal	51	1,16	0,94	0,88	0,82	0,84	0,77	0,71
kisméretű tömör téglafal	64	0,97	0,81	0,76	0,72	0,74	0,68	0,63
nagyméretű mészhomok téglafal	44	1,44	1,11	1,02	0,96	0,98	0,88	0,80
nagyméretű mészhomok téglafal	59	1,17	0,94	0,88	0,83	0,85	0,77	0,71
nagyméretű mészhomok téglafal	74	0,98	0,82	0,77	0,73	0,74	0,69	0,64
kisméretű mészhomok téglafal	38	1,59	1,20	1,10	1,02	1,04	0,94	0,85
kisméretű mészhomok téglafal	51	1,30	1,03	0,95	0,89	0,91	0,83	0,76
kisméretű mészhomok téglafal	64	1,10	0,90	0,84	0,79	0,81	0,74	0,69
kevéslükű téglafal	38	1,33	1,04	0,97	0,91	0,93	0,84	0,77
kevéslükű téglafal	51	1,07	0,86	0,82	0,78	0,79	0,73	0,68
soklyukú téglafal	25	1,41	1,09	1,01	0,94	0,96	0,87	0,80
soklyukú téglafal	38	1,03	0,85	0,80	0,76	0,77	0,71	0,66
soklyukú téglafal	51	0,82	0,70	0,67	0,64	0,65	0,60	0,57
B25 blokkteglafal	25	1,39	1,08	1,00	0,93	0,95	0,86	0,79
B29 blokkteglafal	29	1,44	1,11	1,02	0,96	0,98	0,88	0,80
B30 blokkteglafal	30	1,47	1,13	1,04	0,97	0,99	0,89	0,81
TB25 tufabeton blokkfal	30	1,27	1,01	0,94	0,88	0,90	0,82	0,75
TB35 tufabeton blokkfal	30	1,37	1,07	0,99	0,92	0,94	0,86	0,78
TB50 tufabeton blokkfal	30	1,47	1,13	1,04	0,97	0,99	0,89	0,81
NO-FINES betonfal	30	1,49	1,14	1,05	0,98	1,00	0,90	0,82
Kohóhabsalakbeton blokkfal	25	1,55	1,17	1,08	1,00	1,03	0,92	0,84
Kohóhabsalakbeton blokkfal	29	1,40	1,09	1,00	0,94	0,96	0,87	0,79
ALFA blokkteglafal	30	1,08	0,88	0,83	0,78	0,80	0,73	0,68
RÁBA blokkteglafal	25	1,20	0,96	0,90	0,84	0,86	0,79	0,72
RÁBA blokkteglafal	38	0,78	0,67	0,64	0,61	0,62	0,58	0,55
UNIFORM blokkteglafal, 10/19	30	1,27	1,01	0,94	0,88	0,90	0,82	0,75
UNIFORM blokkteglafal, 11/19	30	1,18	0,95	0,89	0,83	0,85	0,78	0,72
UNIFORM blokkteglafal, 12/19	30	1,16	0,94	0,88	0,82	0,84	0,77	0,71
UNIFORM blokkteglafal, 13/19	30	1,04	0,86	0,81	0,76	0,78	0,72	0,66
UNIFORM blokkteglafal, 14/19	30	0,98	0,82	0,77	0,73	0,74	0,69	0,64

22.3. táblázat: Normál és hőszigetelő homlokzatvakolatos falszerkezetek hőátbocsátási tényezői

Külső falak jellemzői								
Külső falak normál és hőszigetelő homlokzatvakolattal								
Fal anyaga - falazóelem	Vakolatlan falvastagság cm	Hőátbocsátási tényező U (W/m ² K)						
		Normál vakolat	Hőszigetelő vakolat vastagsága, cm					
			$\lambda = 0,14 \text{ W/mK}$			$\lambda = 0,09 \text{ W/mK}$		
			3	4	5	3	4	5
POROTON PF-45/19,29	30	0,85	0,73	0,69	0,66	0,67	0,62	0,58
POROTON PF-30/29 blokkfal	30	0,85	0,73	0,69	0,66	0,67	0,62	0,58
POROTON-36 blokkfal	36	0,65	0,58	0,55	0,53	0,54	0,51	0,48
HB-38 blokkfal (több)	38	0,66	0,58	0,56	0,54	0,54	0,51	0,49
THERMOTON blokkfal 1 sor	30	0,83	0,71	0,68	0,64	0,65	0,61	0,57
THERMOTON blokkfal 2 sor	30	0,64	0,57	0,55	0,52	0,53	0,50	0,48
THERMOPOR-36 blokkfal	36	0,69	0,61	0,58	0,56	0,56	0,53	0,50
BUDA-36 blokkfal	36	0,69	0,61	0,58	0,56	0,56	0,53	0,50
KÖRÖS-30 blokkfal	30	0,66	0,58	0,56	0,54	0,54	0,51	0,49
BORSOD GB550/2 gázbeton	30	0,61	0,55	0,52	0,50	0,51	0,48	0,46
MÁTRA GM 500/2 gázbeton	30	0,61	0,55	0,52	0,50	0,51	0,48	0,46
MÁTRA GM 700/2 gázbeton	30	0,76	0,66	0,63	0,60	0,61	0,57	0,54
DURISOL DS 30	30	0,70	0,61	0,59	0,56	0,57	0,54	0,51
MÁTRATHERM 38 N+F	38	0,52	0,47	0,46	0,44	0,45	0,43	0,41
MÁTRATHERM 30 N+F	30	0,68	0,60	0,57	0,55	0,56	0,53	0,50
BAUTHERM 38 N+F	38	0,54	0,49	0,47	0,46	0,46	0,44	0,42
BAUTHERM 30 N+F	30	0,66	0,58	0,56	0,54	0,54	0,51	0,49
BAUTHERM 38	38	0,56	0,51	0,49	0,47	0,48	0,45	0,43
BAUTHERM 30	30	0,68	0,60	0,57	0,55	0,56	0,53	0,50
UNIPOR 38	38	0,54	0,49	0,47	0,46	0,46	0,44	0,42
UNIPOR 38 N+F	38	0,50	0,46	0,44	0,43	0,43	0,41	0,40
UNIPOR 30 N+F	30	0,68	0,60	0,57	0,55	0,56	0,53	0,50
POROBICK HB 38	38	0,53	0,48	0,46	0,45	0,45	0,43	0,41
POROBICK NF 38	38	0,48	0,44	0,43	0,41	0,42	0,40	0,38
YTONG P2-05 NF+GT	25	0,47	0,43	0,42	0,41	0,41	0,39	0,38
YTONG P2-05 NF+GT	30	0,40	0,37	0,36	0,35	0,36	0,34	0,33
YTONG P2-05 NF+GT	37,5	0,32	0,30	0,30	0,29	0,29	0,28	0,28
YTONG P4-06 NF+GT	25	0,54	0,49	0,47	0,46	0,46	0,44	0,42
YTONG P4-06 NF+GT	30	0,46	0,42	0,41	0,40	0,40	0,39	0,37
YTONG P4-06 NF+GT	37,5	0,37	0,35	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31
POROTHERM 25 N+F	25	1,04	0,85	0,81	0,76	0,78	0,72	0,66
POROTHERM 30	30	0,69	0,61	0,58	0,56	0,56	0,53	0,50
POROTHERM 30 N+F	30	0,58	0,52	0,50	0,48	0,49	0,47	0,44
POROTHERM 38 N+F	38	0,49	0,45	0,43	0,42	0,43	0,41	0,39
POROTHERM 44 N+F	44	0,36	0,34	0,33	0,32	0,33	0,31	0,30
POROTHERM 25 N+F	25	0,98	0,77	0,75	0,73	0,74	0,69	0,64
POROTHERM 30	30	0,63	0,56	0,54	0,52	0,52	0,50	0,47
POROTHERM 30 N+F	30	0,49	0,45	0,43	0,42	0,43	0,41	0,39
POROTHERM 38 N+F	38	0,41	0,38	0,37	0,36	0,36	0,35	0,34
POROTHERM 44 N+F	44	0,34	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,29
(hfh) = hőszigetelő falazóhabarccsal épített falazatok								

22.1.1.4 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.

22.1.1.5 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,

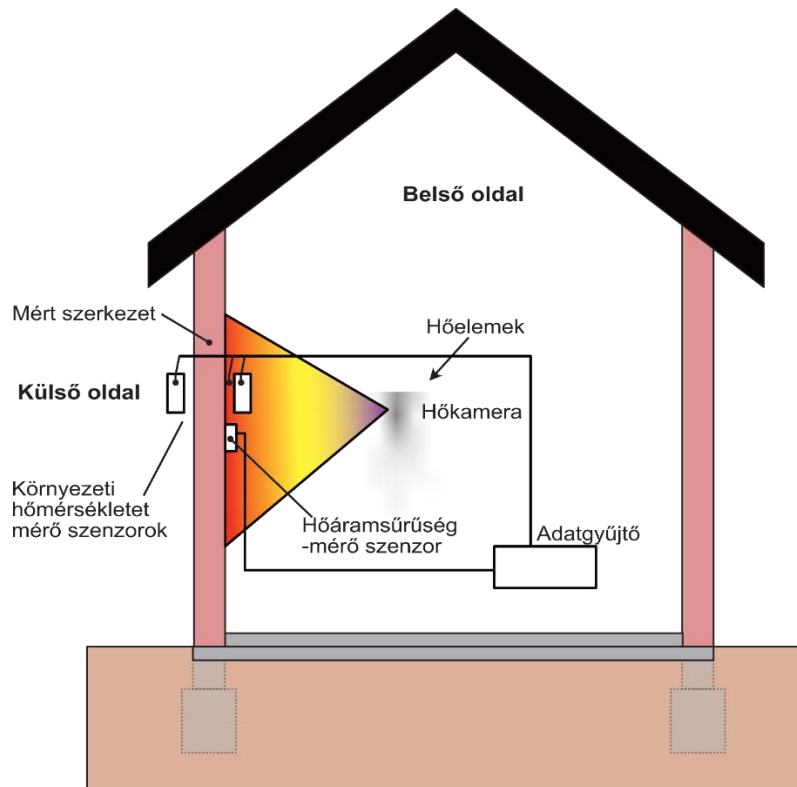
- legalább 3 méréssorozat a falszerkezet megszakítatlan, „zavartalan” helyein (mérési helyek távolsága a homlokzati nyílászáró szerkezetektől, belső falaktól, födémektől és fűtőtestektől legalább 100 cm),
- legalább 72 órán át tartó mérési sorozatok, legfeljebb órai felbontású méréssel,
- valamennyi 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 méréssel 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. A szabványos vizsgálati eljárás mérési összeállítását az 22.1. ábra mutatja be. 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.



22.1. ábra. Hőátbocsátási tényező mérése hőkamera és hőáramsűrűségmérés alkalmazásával

22.1.2 Lapostetők azonosítása

Meglévő épületek lapostetőinek hőszigetelő képessége a következő módokon határozható meg:

22.1.2.1 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.

22.4. táblázat: Födém szerkezetek építési ideje

Födém szerkezetek	Építés ideje
FAFÖDÉMEK	
csapos gerendafödém	XVIII.sz.-1915
borított gerendafödém	1880 -tól
ACÉLGERENDÁS FÖDÉMEK	
téglaboltozatos ("Poroszsüveg") födém (orrtegla nélkül)	1880-1920
téglaboltozatos ("Poroszsüveg") födém (orrteglával)	1920-1940-es évekig
téglabeton lemezes ("Horcsik") födém	1920-1950-es évekig
alul- és felülbordás acélgerendás vasbeton födémek	1910-1940-es évekig
VASBETON FÖDÉMEK	
vasbeton síklemez födémek	1920-tól
sűrűbordás-kerámia idomtestes födémek	1920-1945
BOHN födém	1930-1970-es évekig
F, FE, L és G gerendás, BH elemes födémek	1954-1975
FF és G gerendás, B elemes födémek	1954-1990-es évekig
GM gerendás, B elemes födémek	191-1990-es évekig
E gerendás, EB elemes födémek	1964-től
M gerendás, MB elemes födémek	1970-1990-es évekig
PPB födémek beton béléstesttel	1984-től
PPB födémek kerámia béléstesttel	1984-től
CMG és FERT födém kerámia béléstesttel	1977-1985
WEILER PK, PS előregyártott vasbeton pallófödémek	1954-1964
PK és PS (PSN) előfeszített vasbeton pallófödémek	1964-től
PG födémgerendás födémek	1975-1978
UF6, UF12 jelű előregyártott vasbeton pallófödémek	1971-1992
VIPS, VIPK jelű előregyártott vasbeton pallófödémek	1971-1981
UF-MV jelű előregyártott vasbeton pallófödémek	1971-1992
SPAN-DECK jelű pallófödém	1976-tól
Házgyári vb. födémpanel (v=11 – 16,5 cm)	1961-1991
Mátray födém	1880-1905
Leier Mesterpaneles födém	1998-tól
Leier Mesterfödém (gerendás födém)	1993-tól
Trigon-H vasbeton gerendás födémek	1990-től
Wienerberger Profipanel	2001-től
Wienerberger Porotherm Födém	2001-től
YTONG Pbe födém béléselemek (PPB gerendákhoz)	2003-tól
YTONG Pbe-EB60 főd. béléselemek (E és TRIGON gerendákhoz)	2003-tól
YTONG vasalt födempallók és tetőpallók	1999-től

22.1.2.2 Tervek alapján

Ez a lehetőség – önmagában - általában csak iparosított építésmódokban kivitelezett épületek típusai 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.

22.5. táblázat Lapostetők hőátbocsátási tényezője (közelítő értékek kavicsbeton lejtést adó réteg feltételezésével)

Födém szerkezet fajtája	Hőátbocsátási tényező, U (W/m ² K)
SALAKFELTÖLTÉSES TETŐFÖDÉMEK	
ACÉLGERENDÁS FÖDÉMEK	
téglaboltozatos ("Poroszsüveg") födém	0,88
tégla betéttetes födém	0,84
alulbordás vb. lemezes födém	0,90
téglabeton lemezes ("Horcsik") födém	0,84
VASBETON FÖDÉMEK	
sűrűbordás-ker. idomtestes födémek	1,38
BOHN födém	0,96
ELŐREGYÁRTOTT ELEMES VASBETON FÖDÉMEK	
F, FE és G gerendás, BH elemes födémek	0,74
FF és G gerendás, B elemes födémek	0,93
GM gerendás, B elemes födémek	0,85
E gerendás, EB elemes födémek	1,00
M gerendás, MB elemes födémek	0,92
PPB födémek beton béléssel	0,96
PPB födémek kerámia béléssel	0,85
CMG és FERT födém kerámia béléssel	0,85
WEILER PK, PS pallófödémek	1,00
PK és PS pallófödémek	1,00

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.

22.1.2.3 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, sávós elszíneződések stb.) sok esetben következtetni lehet a födémszerkezet típusára.

E födémek esetében azonban problémát jelent, hogy korábban sokáig a gerendamagasságnál kisebb magassági méretű béltesteket, vagy a gerendaközöket 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 szinti 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)

22.1.2.4 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 + polisztirollhab, polisztirollhab + salakfeltöltés, polisztirollhab lemezekkel „kikönnyített” kavicsbeton stb.), ezért ezeknél a tetőknél

gyakorlatilag csak a „komplex” felülvizsgálat (méretfelvétel, lejtésmérés és feltárás) hozhat reális eredményt.

22.1.2.5 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.

22.1.2.6 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, beszúrótűs 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.

22.1.3 Beépített tetőteret határoló szerkezetek azonosítása

Meglévő épületek beépített tetőterét határoló szerkezetek hőszigetelő képessége a következő módokon határozható meg:

22.1.3.1 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.

22.1.3.2 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 földem) vastagsági méretének ellenőrzése, amely általában nem igényel feltárást.

22.1.3.3 Feltárás alapján

Búvóteres tetőtérbeépítés esetében tényleges („roncsolásos”) feltárássra nincs szükség: a ferde falak és a földemek rétegfelépítése és a hőszigetelő rétegek vastagsága gyakorlatilag a teljes szerkezetekre vonatkozóan megállapítható. Ennek során kell ellenőrizni a hőszigetelő rétegek hézagmentes elhelyezését is.

22.1.4 Padlásfödémek azonosítása

Meglévő épületek padlásfödémek hőszigetelő képessége a következő módokon határozható meg:

22.1.4.1 Tervek alapján

Mivel a padlásfödémek döntő többsége a „hagyományos” építésmódban kivitelezett épületekben fordul elő, tervek nem célszerű hagyatkozni.

A padlásfödémek hőtechnikai minőségének megállapításához segítséget nyújthat a 22.22. számú táblázat, amely a leggyakrabban előforduló szerkezetek névleges hőátbocsátási tényezőit tartalmazza – az esetleges alsó oldali hőszigetelés számításba vétele nélkül.

22.6. táblázat Padlásfödémek hőátbocsátási tényezője (közelítő értékek)

Födémszerkezet fajtája	Födém- vastagság cm	Hőátbocsátási tényező U (W/m ² K)
FAFÖDÉMEK		
csapos gerendafödém + agyagtapasztás (5-6 cm)	21-23	0,85
csapos gerendafödém + agyagtapasztás (8-10 cm)	23-27	0,83
csapos gerendafödém + feltöltés + téglaburkolat	26-30	0,79
borított gerendafödém + agyagtapasztás (5-6 cm)	30-35	1,25
borított gerendafödém + agyagtapasztás (8-10 cm)	32-40	1,19
borított gerendafödém + feltöltés + téglaburkolat	35-40	1,10
ACÉLGERENDÁS FÖDÉMEK		
téglaboltozatos ("Poroszsüveg") födém + feltöltés + burkolat	35-40	1,10
téglabetéttestes födém + feltöltés + burkolat	35-40	1,04
felülbordás vb. lemezes födém + feltöltés + burkolat	35-40	1,15
téglabeton lemezes ("Horcsik") födém + feltöltés + burkolat	30-35	1,04
MONOLIT VASBETON FÖDÉMEK		
vb. lemez-födém + feltöltés (9-12cm) + téglaburkolat	25-30	1,60

vb. lemezfödém + feltöltés (9-12 cm)+betonburkolat	25-30	1,60
felülbordás vb. födém + feltöltés + burkolat	35-40	1,15
sűrűbordás-ker. idomtestes födémek + feltöltés + burkolat	30-35	1,15
BOHN födém + feltöltés + burkolat	35-40	1,05
vb. lemezfödém + feltöltés (9-12cm) +téglaburkolat	25-30	1,60
ELŐREGYÁRTOTT VASBETON ELEMES FÖDÉMEK		
FF és G gerendás, BH béléstestest födémek + feltöltés + burk.	35-40	0,97
FF és G gerendás, B béléstestest födémek + feltöltés + burk.	35-40	1,33
GM gerendás, B béléstestest födémek + feltöltés + burkolat	40-45	1,18
E gerendás, EB béléstestest födémek + feltöltés + burkolat	30-35	1,41
M gerendás, MB béléstestest födémek + feltöltés + burkolat	40-45	1,27
PPB födémek beton béléstesttel feltöltés + burkolat	30-35	1,35
PPB födémek kerámia béléstesttel feltöltés + burkolat	30-35	1,15
CMG és FERT födém ker. béléstesttel feltöltés + burkolat	30-35	1,15
PK és PS jelű pallófödémek + feltöltés + burkolat	30-35	1,41

22.1.4.2 Szemrevételezés és méretfelvétel alapján

A *szemrevételezés* általában csak a padlásfödém teherhordó szerkezetének megállapítására alkalmas.

A régebbi épületek padlásfödémének egy részét fafödémekkel építették, ennek meglétéről a nádvakolaton keletkezett jellegzetes hajszálrepedésekből, 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, sávós 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 gerendaközt 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.

22.1.4.3 Az építési idő alapján

Az építési idő e szerkezetnél legfeljebb a teherhordó szerkezet anyagára nézve jelenthet némi előzetes információt, ami a felső oldali feltárás tapasztalataival pontosítható.

22.1.4.4 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.

22.1.5 Pincefödémek és árkádfödémek azonosítása

Meglévő épületek pincefödémeinek és árkádfödémeinek hőszigetelő képessége a következő módokon határozható meg:

22.1.5.1 Tervek alapján

Kiviteli tervek alkalmasak lehetnek a padlószerkezet 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.

A pincefödémek és árkádfödémek hőtechnikai minőségének megállapításához segítséget nyújthat a 22.23. számú táblázat, amely a leggyakrabban előforduló szerkezetek névleges hőátbocsátási tényezőit tartalmazza – az esetleges alsó oldali hőszigetelés számításba vétele nélkül. A pince- és árkádfödémek hőátbocsátási tényezőinek eltérésének oka a külső hőátadási tényezők különbözősége.

22.7. táblázat. Pincefödémek és árkádfödémek hőátbocsátási tényezői az alsó oldali hőszigetelés nélkül (közelítő értékek)

Födémszerkezet	Födém- vastagság cm	Hőátbocsátási tényező	
		Pince- födém	Árkád- födém
ACÉLGERENDÁS FÖDÉMEK			
téglaboltozatos ("Poroszsüveg") födém + feltöltés + padlóburkolat	35-40	0,90	0,97
téglabetéttestes födém + feltöltés + padlóburkolat	30-40	0,86	0,92
felülbordás vb. lemezes födém + feltöltés + padlóburkolat	40-45	0,93	1,00
alulbordás vb. lemezes födém + feltöltés + padlóburkolat	30-35	1,45	1,63
téglabeton lemezes ("Horcsik") födém + feltöltés + padlóburkolat	30-35	0,86	0,92
MONOLIT VASBETON FÖDÉMEK			
vb. lemezfödém + feltöltés + padlóburkolat	25-35	1,46	1,64
vb. lemezfödém + feltöltés + betonaljzatos padlóburkolat	25-35	1,50	1,70
vb. lemezfödém úsztatott betonaljzatos padlóburkolat	25-35	1,15	1,26
felülbordás vb. födém feltöltés + padlóburkolat	40-45	0,93	1,00
felülbordás vb. födém feltöltés + betonaljzatos padlóburkolat	40-45	1,05	1,14
sűrűbordás-ker. idomtestes födémek feltöltés + padlóburkolat	30-40	1,07	1,17
sűrűbordás-ker. idomtestes födémek b.aljzatos padlóburkolat	30-40	1,22	1,35
sűrűbordás-ker. idomtestes födémek úsztatott padlószervezet	30-40	0,97	1,05
BOHN födém + betonaljzatos padlóburkolat	40-45	1,27	1,40
ELŐREGYÁRTOTT ELEMES VASBETON FÖDÉMEK			
F, FE és G gerendás, BH elemes födémek + salakfelt + padlóburk.	35-40	0,82	0,88
F, FE és G gerendás, B elemes födémek + salakfelt + padlóburk.	35-40	1,05	1,14
GM gerendás, B elemes födémek + salakfeltöltés + padlóburkolat	40-45	0,95	1.03
E gerendás, EB elemes födémek + salakfeltöltés + padlóburkolat	30-35	1,30	1,44

E gerendás, EB elemes födémek + úszt.b.aljzat + padlóburkolat	30-35	1,15	1,26
M gerendás, MB elemes födémek + salakfeltöltés + padlóburkolat	40-45	1,18	1,30
M gerendás, MB elemes födémek + úszt.b.aljzat + padlóburkolat	40-45	1,05	1,14
PPB födémek beton b.testtel + salakfeltöltés + padlóburkolat	30-35	1,25	1,38
PPB födémek beton b.testtel + úszt.betonaljzat + padlóburkolat	30-35	1,11	1,22
PPB födémek kerámia b.testtel + salakfeltöltés + padlóburkolat	30-35	1,08	1,18
PPB födémek kerámia b.testtel + úszt.betonaljzat + padlóburkolat	30-35	0,97	1,05
CMG és FERT födém kerámia b.testtel + salakfeltölt + p.burk.	30-35	1,08	1,18
CMG és FERT födém kerámia b.testtel + úszt.b.aljzat + p.burk.	30-35	0,97	1,05
PK, PKL, PS, PSL j.pallófödémek + salakfeltöltés + padlóburk.	30-35	1,30	1,44
PK, PKL, PS, PSL j.pallófödémek + úszt.betonaljzat + padlóburk.	30-35	1,15	1,26
UF-MV jelű pallófödém + salakfeltöltés + padlóburkolat	40-45	1,19	1,31
UF-MV jelű pallófödém + úszt.betonaljzat + padlóburkolat	40-45	1,07	1,17
Házgyári födémpanel (v=16 cm) + úszt.betonaljzat + padlóburk.	30	1,27	1,40

22.1.5.2 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.

22.1.5.3 Az építési idő alapján

Ez a módszer csak bizonyos teherhordó szerkezet típusok kizárására lehet jó, főként a vasbeton gerendás-bélésteles födémeknél (lásd az 22.12. táblázatot)

22.1.5.4 Feltárás alapján

Feltárára csak akkor van szükség, ha a födém eredetileg alsó oldali hőszigeteléssel, illetve felületkiegénylítő 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.

22.2 Nyílászáró szerkezetek azonosítása

A transzmissziós hőátbocsátási tényező a keretszerkezet (tok- és szárnszerkezetek) 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.

22.8. 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 31.1. pont tartalmazza 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.

23 *Épülettechnikai rendszerek azonosítása*

23.1 *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

23.2 *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.

23.2.1 **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.

23.2.2 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 üzeme 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 üzeme 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 $\dot{Q}_f$ 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.

$\dot{Q}_e$ 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.

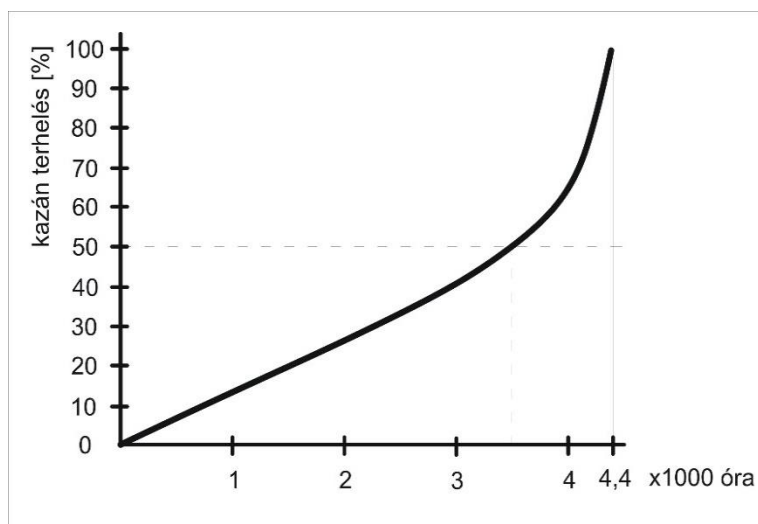
Q_k a korom- és pernyevesztés. Az elégtelen C hőtartalma miatt jelentkezik. Értéke szilárd tüzelőanyagoknál 1-3 %, olaj- és gáztüzelésnél elhanyagolható.

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:



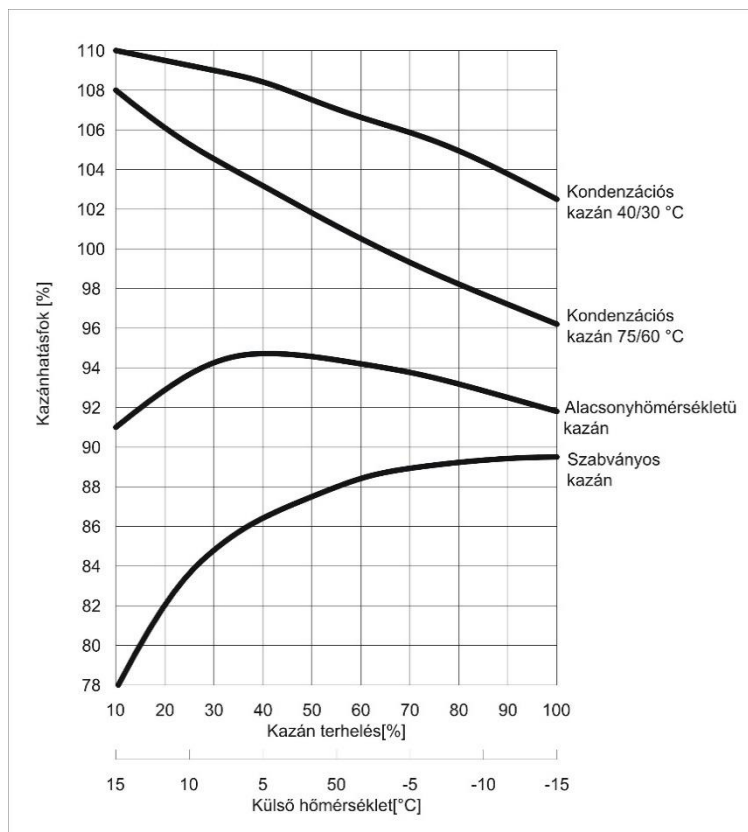
23.1. ábra. Kazánterhelés és a fűtési órák kapcsolata a hőfokgyakorisági görbe alapján

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 átáramló levegő mennyisége jelentősen csökken. Ha figyelembe vesszük azt is, hogy a készüléken átáramló és a kéményen keresztül távozó levegő utánpótlása a külső térből történik, akkor belátható, hogy ez a tétel egyes készülékeknél nagyon

jelentős lehet. A teljes fűtési idényre vetített veszteség atmoszférikus égővel felszerelt készülékeknél elérheti a teljes energiafelhasználás 10 %-át is.

A különböző kazántípusoknál a kazán terhelés függvényében eltérően változik a kazánhatásfok. Ennek *jellegét* a következő ábra mutatja be:



23.2. ábra. Kazánhatásfok és kazánterhelés kapcsolata

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.

Alacsonyhőmérsékletű kazánoknál a túlméretezés kevésbe 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.

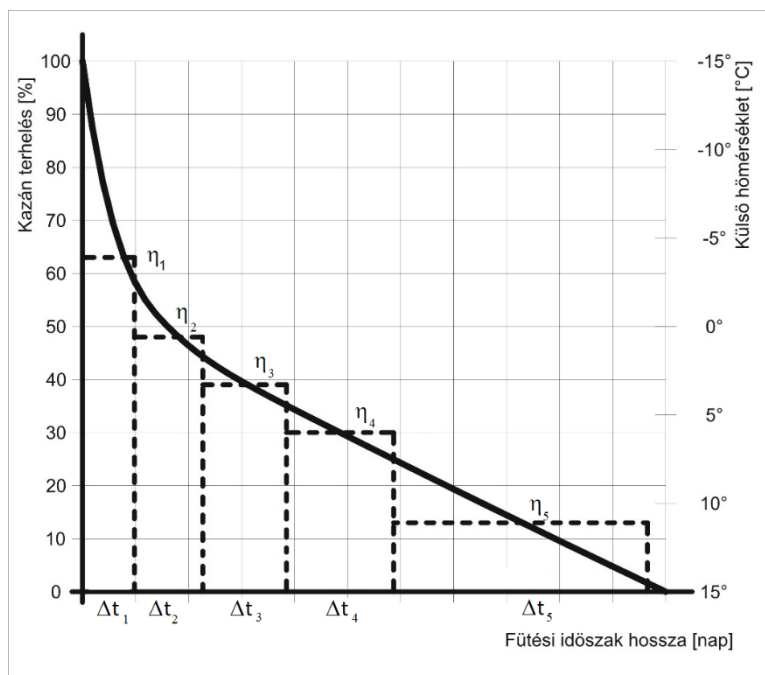
A fűtés fajlagos primer energia igényének számításához egyszerűsített módszer esetén a szükséges kazán teljesítménytényezőt az éves hatásfok reciprokaként kell felvenni. Az éves hatásfok a teljes fűtési időnyben hasznosított és a kazánba ténylegesen bevezetett energia hányadosa.

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 energiafelhasználás 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 [-]



23.3. 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:

$$\eta_s = 0,85 \cdot \eta_{30\%} + 0,15 \cdot \eta_{100\%} - \sum F_i \quad [-] \quad (4.4)$$

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.

23.2.3 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 ($P_{elektromos}$):

$$COP = \frac{P_{termikus}}{P_{elektromos}} \left[\frac{kW}{kW} \right] \text{ azaz } [-] \quad (4.5)$$

23.2.3.1 EER (Energy Efficiency Ratio) energia hatékonysági tényező

Az energia hatékonysági tényező egy adott munkapontban a folyadékhűtő 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.

23.2.3.2 A COP és az EER hőfokfüggése

A fenti energiahatékonysági számok nagyban függnek 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 legtöbbszor csak hőtároló közbeiktatásával oldható meg.

23.2.3.3 A névleges állapotra vonatkozó COP és EER peremfeltételei

A hőszivattyúk teljesítményeinek, valamint energiahatékonysági viszonyszámainak 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. COP és EER részterhelésen

Nem elég névleges terhelésen nézni a hatékonysági mutatókat, hiszen általában részterhelésen működik a hőszivattyú. Az összehasonlíthatóság érdekében szabványos üzemállapotokra méri meg és közlik a gyártók berendezéseik adatait.

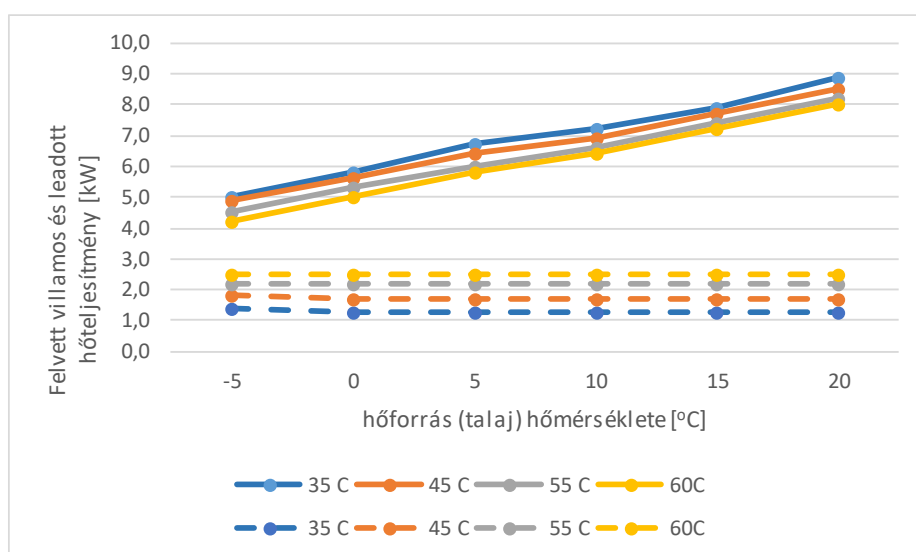
Az EN 14511-2-s szabvány írja le azokat a hőmérsékleti feltételeket, melyekre meg kell adnia a gyártóknak az adott berendezés COP értékeit.

A szabvány alapvetően a primer és szekunder oldali hőforrás szerint külön kezeli a hőszivattyúkat. Levegő hőforrás esetén a szabványos mérési pontok rendre a -15, -7, +2, +7 és +20°C hőmérsékletek (a 20 fokos állapot a távozó levegő hőhasznosítása esetén érdekes). Talaj/talajvíz hőforrások esetén a mérési pontokat -5, 0, +5, +10 és +15 °C hőmérsékleten kell felvenni. A talaj/talajvíz hőszivattyúk esetén azért lehet a kettőt együtt kezelni, mert mindkét

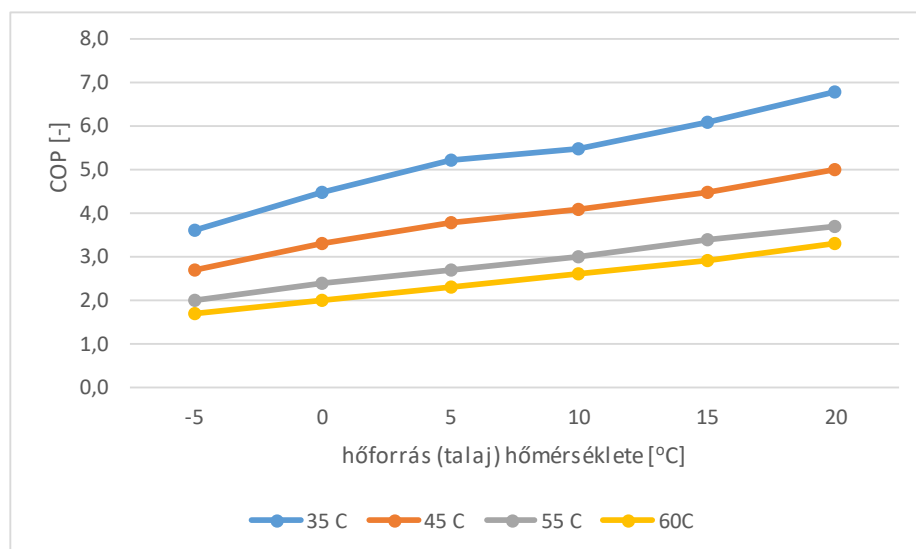
hőforrás esetén hasonló a paraméterek mellett üzemel a rendszer, és ugyanazt a gépet alkalmazzák.

Szekunder oldal esetén a szabvány megkülönbözteti a levegő és víz hőhordozót. Levegő esetén 20 °C-os mérési hőmérsékletet ír elő a szabvány. Amennyiben vízközeg található a szekunder oldalon, akkor 35, 45 és 55 °C-s előremenő hőmérséklet esetére kell a COP értéket kimérni. A köztes COP értékeket interpolációval lehet meghatározni. A megadott hőmérséklet párok esetén meg kell határozni a COP mellett a leadott hőteljesítményt és a villamos energia felvételt is.

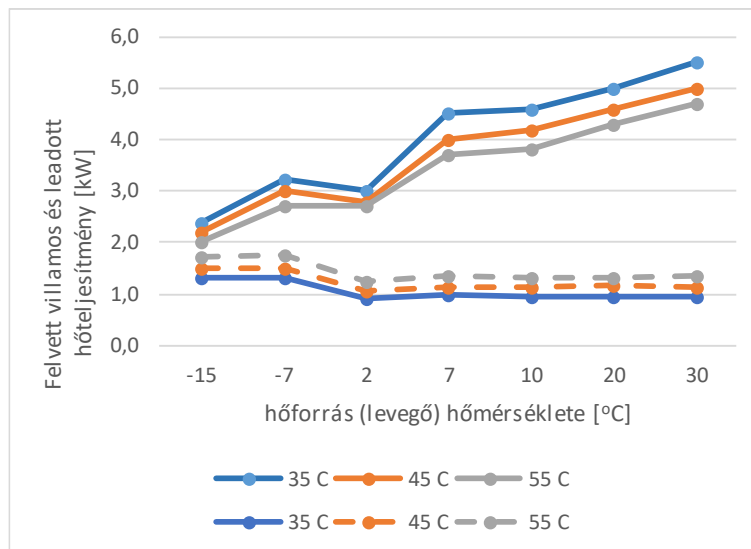
Egy talajhő-víz hőszivattyú adatait a 23.4. ábra és 23.5. ábra mutatják. Egy levegő-víz hőszivattyú adatait a 23.6. ábra és a 23.7. ábra tartalmazza. Fagypont alatt megugrik a villamos teljesítményfelvétel, mert a kültéri egység fagyvédelme plusz energiát igényel.



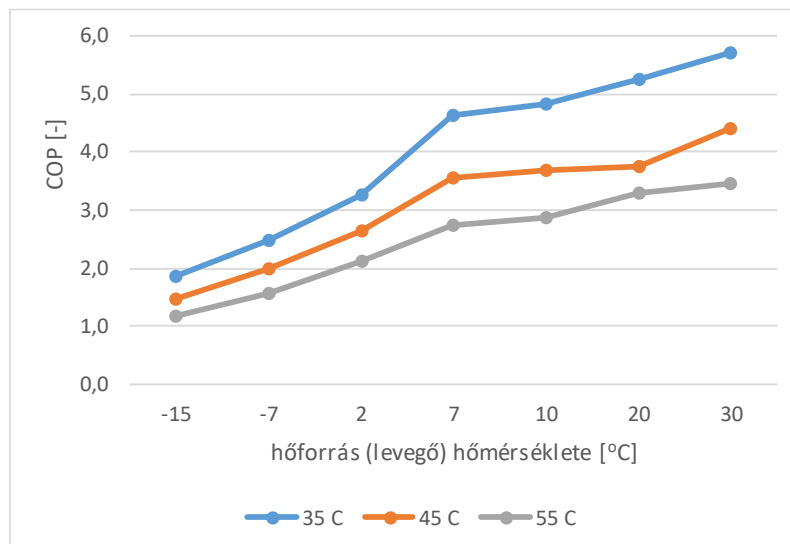
23.4. ábra: Stiebel Eltron WPC 5 talajhő-víz hőszivattyú felvett villamos (szaggatott vonal) és leadott (folytonos vonal) hőteljesítménye a hőforrás hőmérsékletének és az előremenő hőmérséklet függvényében



23.5. ábra: Stiebel Eltron WPC 5 talajhő-víz hőszivattyú COP értéke a hőforrás hőmérsékletének és az előremenő hőmérséklet függvényében



23.6. ábra: Viessmann Vitocal 200-S levegő-víz hőszivattyú felvett villamos (szaggatott vonal) és leadott (folytonos vonal) hőteljesítménye a hőforrás hőmérsékletének és az előremenő hőmérséklet függvényében



23.7. ábra: Viessmann Vitocal 200-S levegő-víz hőszivattyú COP értéke a hőforrás hőmérsékletének és az előremenő hőmérséklet függvényében

4.2.3.3. 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.

$$SCOP = \frac{E_{\text{leadott termikus}}}{E_{\text{felvett elektromos}}} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{kWh}} \right] \text{ azaz } [-] \quad (4.7)$$

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.

23.2.4 Fűtési rendszer szabályozásának azonosítása

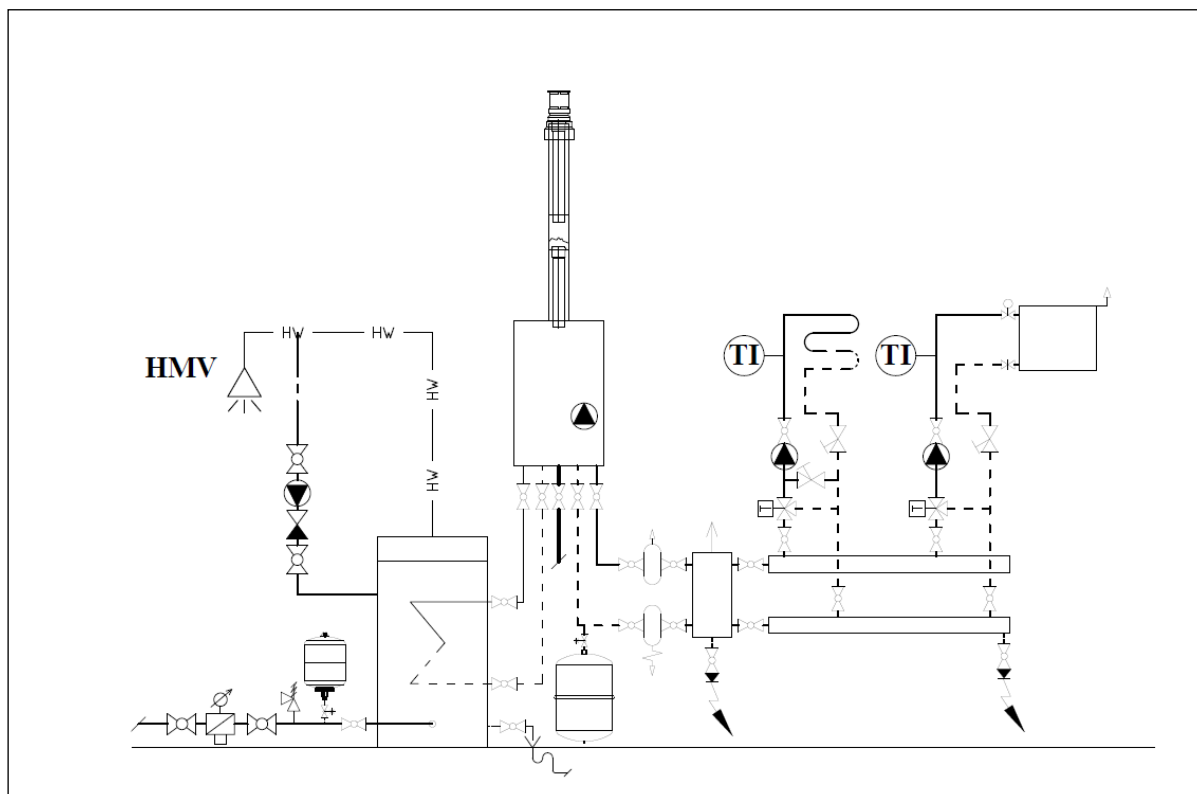
A fűtési rendszer szabályozásának azonosításához előzetesen meg kell határozni a rendszer kapcsolását. Meg kell határozni a hőtermelőket, hőleadókat, szivattyúkat és szabályozó szerelvényeket. Fel kell ismerni a rendszer működésének elvét és a szabályozás beavatkozási lehetőségeit.

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.

23.2.4.1 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 üzem 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 fogyasztócsoporthoz 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 (23.8. ábra). A fűtési rendszer megbízható működéséhez elengedhetetlen a rendszer hidraulikai beszabályozása, azaz a rendszer névleges térfogatáramainak műszeres beállítása és a beállítás helyességének méréses igazolása. Állandó tömegáramú rendszerekben ezek egyben a rendszer üzemi térfogatáramai is, míg változó tömegáramú rendszerekben a statikus beszabályozás csak a fogyasztók túlfogyasztásának korlátozására alkalmas. Változó tömegáramú rendszerekben lehetőség szerint dinamikus beszabályozást célszerű alkalmazni, ahol a folyamatos szabályozást végző

szerelvények garantálják a beállított térfogatáramok vagy nyomáskülönbségek pillanatnyi üzemviszonyoktól független állandó értékét.



23.8. 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

23.2.4.2 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.

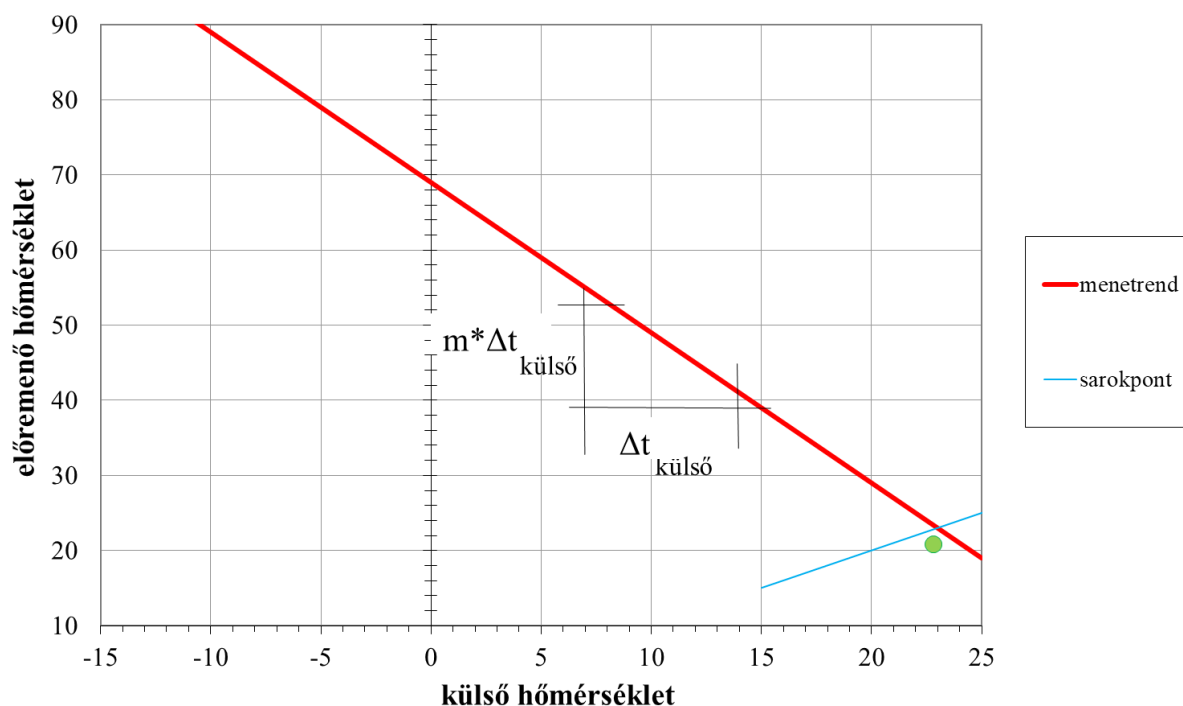
Kedvezőbb helyzetet jelent, ha a hőtermelő szabályozása egy referenciahelyiség hőmérséklete alapján, egy ott elhelyezett szobatermosztát szerint történik. Ez a szobatermosztáttal rendelkező helyiség számára a szabályozás egyéb jellemzőitől függő pontosságú hőmérsékletet eredményez; az egyéb helyiségek hőmérséklete a rendszer besabályozásának és a helyiségek hőleadói saját hőmérsékletszabályozásának függvénye. Ha a szobatermosztát P (tisztá 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.

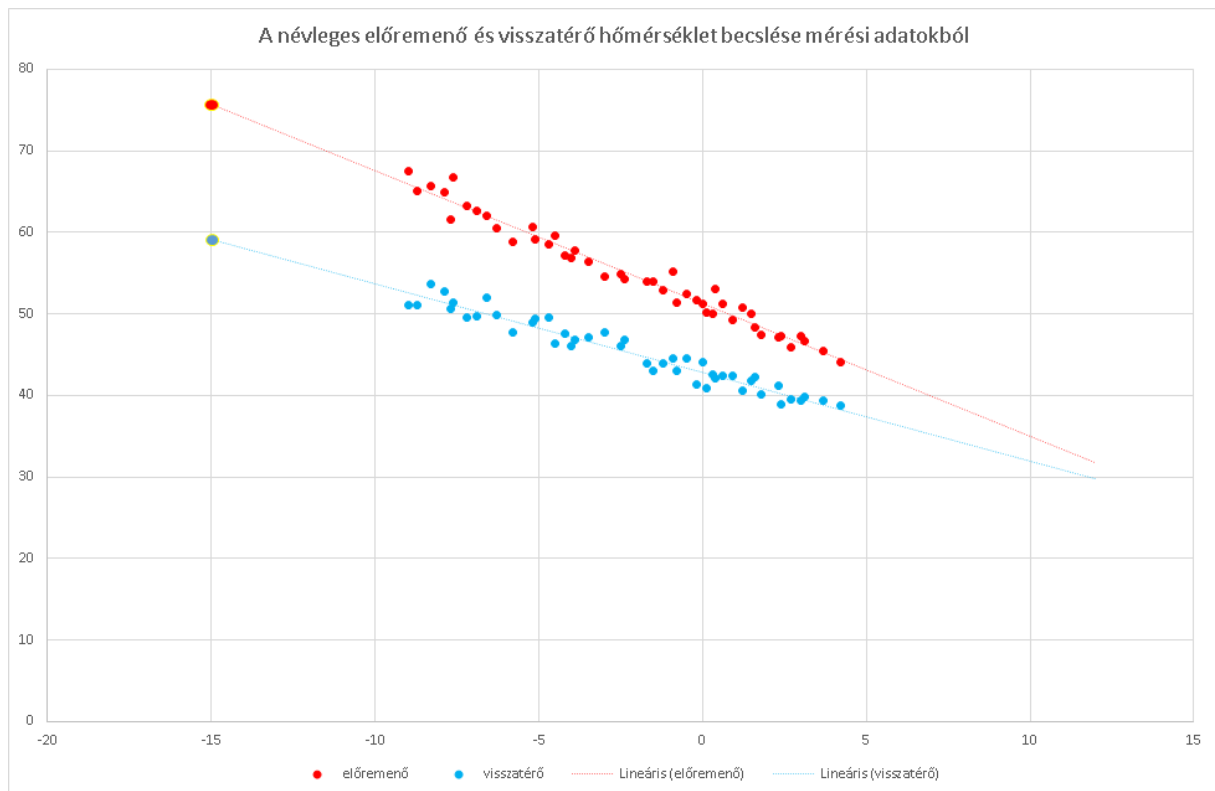
A hőtermelő szabályozása szempontjából a legkedvezőbb, ha a referencia helyiségre történő szabályozás valamilyen optimalizációs funkcióval is rendelkezik – pl. jelenlét érzékeléssel, vagy valamilyen adaptív szabályozóval. Az adaptív szabályozó érzékeli a rendszer állapotának változását, és annak megfelelően optimalizálja a szabályozás paramétereit.

23.2.4.3 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 (23.9. 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 (23.10. ábra).



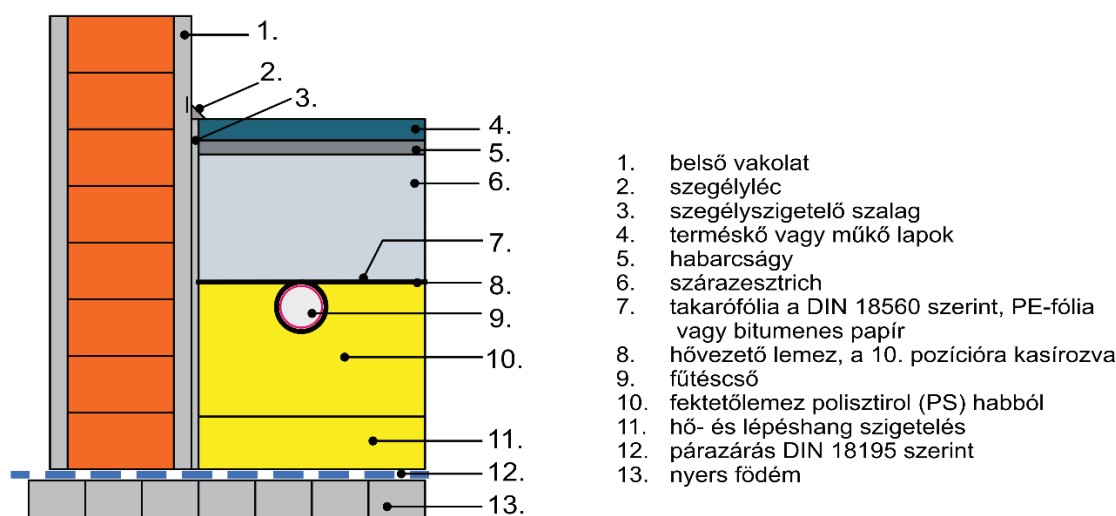
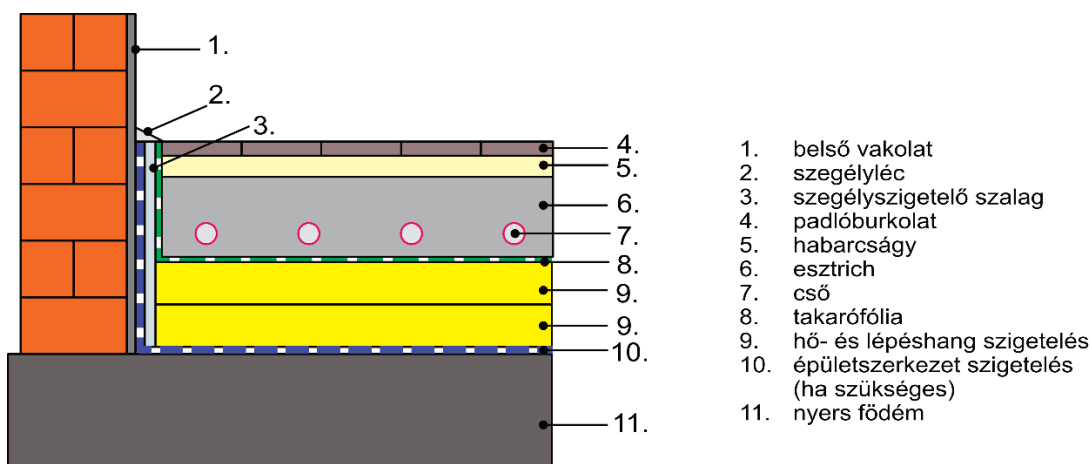
23.9. ábra Az előremenő hőmérsékletet a külső hőmérséklet függvényében adjuk meg. A sárga vonallal jelölt egyenest meghatározza például egy pontja és a meredeksége. A pont lehet például a sarokpont, melynek jellemzője, hogy ott $t_{\text{külső}} = t_{\text{előremenő}}$ (piros színnel jelölt vonal). m az egyenes $\Delta t_{\text{elő}} / \Delta t_{\text{külső}}$ meredeksége



23.10. ábra Az előremenő és visszatérő hőmérsékleteit a külső hőmérséklet függvényében ábrázolva. A korábbi mérésekből származó telőremenő, tevésszatérő pontokra illesztett lineáris trendvonal kimetszi az előremenő és visszatérő hőmérséklet névleges értékét

23.2.4.4 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 23.11. ábra a nedves- és szárazfektetésű beágyazott fűtőfelületek szerkezetét szemlélteti.



23.11. ábra Nedves- (fent) és szárazfektetésű (lent) beágyazott fűtőfelületek szerkezeti felépítése

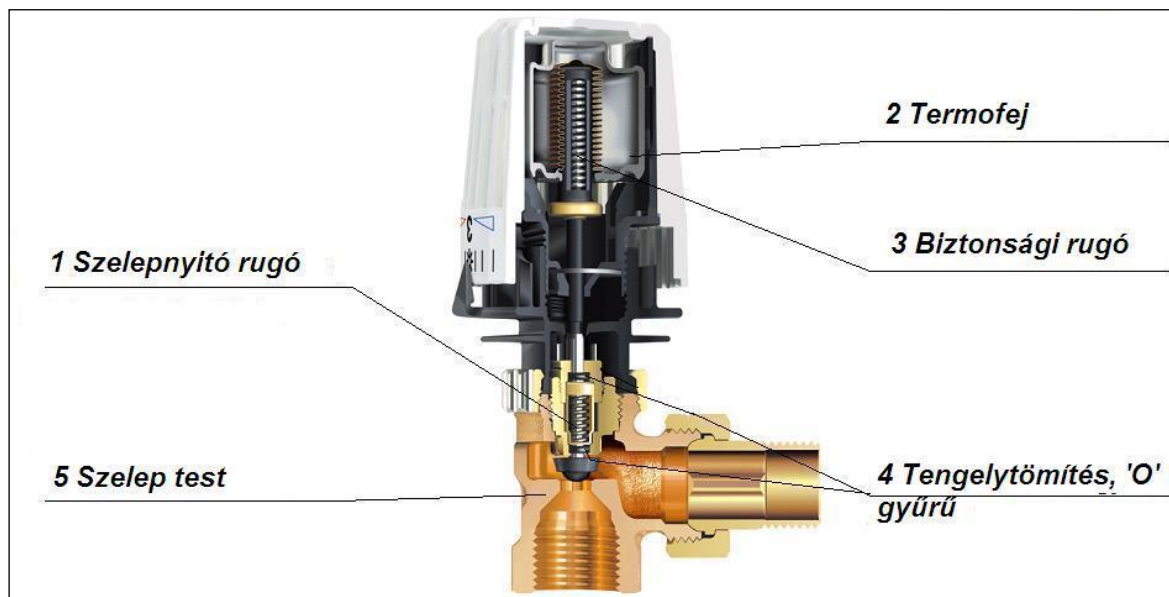
23.2.4.5 A külső határolószervezetek hatása

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.

23.2.4.6 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 kéziszepes szabályozásának lehetősége, vagy ha a beágyazott fűtőfelületek helyiségenként külön köröket képeznek – ekkor a körök beállítására szolgáló fojtószelepek szolgálhatnak kéziszepes szabályozásra. A radiátorok termosztatikus szelepes (23.12. ábra), vagy a beágyazott fűtőfelületek termosztatikus, vagy motoros zónaszelepes (23.13. ábra) szabályozása a folyamatos automatikus működés miatt jobb szabályozási minőséget jelent a kéziszepes 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.



23.12. ábra Termosztatikus szelep szerkezete



23.13. ábra Motoros zónaszelep

23.2.4.7 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 kétsöves rendszerek esetében, illetve a kétsöves rendszerek kiterjedése függvényében. Az egysöves rendszerek érzékenyebben reagálnak a beszabályozatlanságra; a kétsöves 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 (23.14. ábra) rámérve 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.



23.14. ábra Beszabályozó mérőműszer (IMI Hydronics)

23.2.4.8 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 termosztátról, 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.

23.3 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

23.3.1 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 üzemből 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

23.3.2 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 nyitáskor várni kell a melegvízre. Ez a HMV hálózat beszállózatlanságára vagy a cirkulációs vezeték hiányára vagy a szivattyú leállítására utal.

23.4 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.

23.4.1 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 beszállózási 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 nyomásvesztés 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

23.4.2 Légtechnikai hálózat beszabályozásának ellenőrzése

A beszabályozatlan 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.

23.5 Hűtési rendszerek azonosítása

A hűtési rendszerek azonosítása történhet:

- Tervek alapján
Amennyiben a tervdokumentáció rendelkezésre áll, a hűtési rendszer felépítése, fő elemei, a térfogatáramok és nyomásvesztések 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.

23.6 Fényforrások azonosítása

Az alábbi táblázatok a fényforrások azonosításában nyújtanak segítséget.

23.1. táblázat: Fényforrások áttekintő táblázata

Fényforrás	Leggyakoribb felhasználás	Fényhasznosítás, lm/W	Működés	Fénykép
Normál izzó	Lakóépületek, jelzőfények	15	Izzásig hevített volfram-szál adja a fényt	 Forrás: ampertarde.hu

Halogén izzólámpa	Lakóépületek	20	Izzó volfram-szál, halogén-gáz töltettel	 Forrás: anrodiszlec.hu
Fénycső	Iskolák, irodaépületek, ipari épületek	80	Villamos tér által gerjesztett higanygőz kisülése (UV tartomány), fénypor bevonat alakítja látható fénnyé.	 Forrás: lampak.hu
Kompakt fénycső	Lakóépületek, illetve alárendelt helyiségek iroda-, ipari- és iskolaépületekben	85	Működése a fénycsővel azonos, a cső alakja tér el.	 Forrás: daniella.hu

Nagynyomású nátriumlámpa	Közvilágítás	110	Villamos tér által gerjesztett nátriumgőz kisülése, fénye jellegzetesen sárga	 Forrás: daniella.hu
Fémhalogén lámpa	Közvilágítás, díszvilágítás	87	Villamos tér által gerjesztett fémhalogénidek kisülése	 Forrás: ajandek.varazslo.hu
LED (Light-Emitting Diode)	Lakóépületek, irodaépületek, iskolák, szállodák, dekorvilágítás, jelzőfények, járművek közvilágítás	120	Szilárdtest részecskék villamos gerjesztése által kibocsátott fény	 Forrás: ledcentrum.hu

23.2. táblázat: Üvegbúrás, parabolatükrös és opál burás fényforrások

Fényforrás	Leggyakoribb felhasználás	Hatásfok	Fénykép (példa)
Üvegbúrás	Lakóépületek, irodák, ipari épületek, reprezentatív helyiségek	0.5	 Forrás: elter.hu
Parabolatükrös	Irodaépületek, iskolák, ipari csarnokok	0.5	 Forrás: emika.hu
Opál burás	Irodaépületek, iskolák, reprezentatív helyiségek	0.3	 Forrás: ledenvilagitasod.hu

24 Korszerűsítési javaslatok

24.1 A korszerűsítési javaslatok minimumkövetelményei

24.2 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.

24.2.1 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 módszere a tervezés fejezet 19.1. táblázatában szerepelt.

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 pártaáteresztő 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.

24.2.2 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 teherbírasi tartalékai, az új csapadékvíz-szigetelés rögzítésének lehetőségei, a meglévő hőszigetelés nedvességállapota, a belső nedvesség elleni védelem lehetőségei stb.) befolyásolják.

24.2.3 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 tetőtérét 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 födémelek 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.

24.2.4 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 tetőtérét 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 padlásterекnél – 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.

24.2.5 Pincefödémek utólagos hőszigetelése

Pincefödémek esetén úgy kell fejújítási 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).

24.3 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.

24.3.1 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 rendszer elemek fizikailag is elavulnak, más rendszer elemek 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 rendszer elemeket lecserélni. Az ilyen döntéseket alapos gazdaságossági elemzés alapján kell meghozni.

24.3.2 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 élömunka 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.

24.3.3 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 magaspont 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 sokfelszállós, 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 hálózatahoz 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:

24.1. 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 födémáttöréseknél, vezetékek keresztezéseknél, kötéseknél, központi elosztóknál	az 1-4 sorok értékeinek fele
6	különböző tulajdonú fűtött helyiségek elválasztó falaiba kerülő fűtési vezetékek	az 1-4 sorok értékeinek fele
7	különböző tulajdonú fűtött helyiségek elválasztó födémeibe kerülő fűtési vezetékek	6 mm

Abban az esetben, ha egy fűtési rendszeren belül a fűtési vezetékek azonos tulajdonú fűtött helyiségekben, vagy azokat elválasztó szerkezetekben haladnak, és a hőleadásukat

hozzáférhető helyen elhelyezett szerelvénnel 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 elosztóvezetéseknél 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 alapkapsolások. 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.

Köztisztviselőknek 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 beszabályozó szerelvényekkel a beüzemeléskor végzett beszabályozás 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 beszabályozó szelepekkel mindenképpen szükséges beszabályozni. A legjobb megoldást a folyamatos működésű nyomáskülönbség- vagy térfogatáram-szabályozást végző úgynevezett dinamikus beszabályozó szelepek jelentik.

Időprogram szerinti szabályozás

Az épület hőellátását célszerű időprogram szerint működtetni. A használaton kívüli időszakokban (pl. lakóépületekben éjszaka, középületekben hétvégén is) fűtés csökkentését 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.

24.3.4 Használati melegvízellátó rendszerek

HMV tárolás

A használati melegvízellátás 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 melegedése 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 többlethozam miatt nem térülne meg belátható időn belül, a szél viszont könnyen alákapathat a kollektoroknak és esztétikailag sem ajánlott. Lapostetők esetén a hőhídmentes, 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.

24.3.5 Légletechnikai rendszerek és szellőzés

Légellátás biztosítása gépi szellőzés nélkül

Abban az esetben, ha az épületben nyílászáró csere történik, valamint nem áll rendelkezésre gépi szellőztetés, a légcseré 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 légcseré 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 légcseréjének személyre szabásához. A lakásszellőztetők fordulatszám szabályozása a gyártók által biztosított okosalkalmazások segítségével egyszerűen elvégezhető.

A szellőző és elhasznált levegő szállítására alkalmas légszatóna hálózat korszerűsítésekor 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 rendszerrel 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 légszatórna 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.

24.3.6 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 be szabályozásával;
- 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.

24.3.7 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.

24.3.8 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.

PÉLDATÁR

25 Épületszerkezettani kis példák

25.1 A hővezetési tényező tervezési értékének meghatározása - 1

Tételezzük fel, hogy 12 cm vastag expandált polisztirolhab táblás hőszigetelés kerül beépítésre olyan helyre, ahol a páratartalom mértéke várhatóan $0,02 \text{ m}^3/\text{m}^3$, a tervezési hőmérséklet $+15^\circ\text{C}$. A deklarált hővezetési tényező (10°C esetén, kiszáritott állapotban): $\lambda_1 = 0,036 \text{ W}/(\text{mK})$. Számítsuk ki a tervezési hővezetési tényezőt! Az öregedés és a természetes légáramlás hatását elhanyagoljuk.

A tervezési hővezetési tényező kiszámításához a hőmérséklet-korrekciós tényezőt és a pára-korrekciós tényezőt kell meghatároznunk az MSZ EN 10456 szabvány szerint.

A hőmérséklet-konverziós együttható a szabványból: $f_T = 0,0032$

A hőmérséklet-konverziós tényező: $F_T = e^{f_T \times (T_2 - T_1)} = e^{0,0032 \times (15 - 10)} = e^{0,016} = 1,0161$

A pára-konverziós együttható: $f_\psi = 4$

A pára-konverziós tényező: $F_m = e^{f_\psi \times (\Psi_2 - \Psi_1)} = e^{4 \times (0,02 - 0)} = e^{0,08} = 1,0833$

A **tervezési hővezetési tényező**: $\lambda_2 = \lambda_1 \times F_T \times F_m = 0,036 \times 1,0161 \times 1,0833 = 0,039627 = \mathbf{0,040 \text{ W}/(\text{mK})}$

25.2 A hővezetési tényező tervezési értékének meghatározása - 2

Tételezzük fel, hogy táblás ásványgyapot hőszigetelés kerül beépítésre olyan helyre, ahol a páratartalom mértéke várhatóan 65%, ezért az anyagban várhatóan $0,006 \text{ m}^3/\text{m}^3$ nedvesség található, míg az anyag tervezési hőmérséklete $+20^\circ\text{C}$. A deklarált hővezetési tényező (10°C esetén, kiszáritott állapotban): $\lambda_1 = 0,038 \text{ W}/(\text{mK})$. Számítsuk ki a tervezési hővezetési tényezőt! Az öregedés és a természetes légáramlás hatását elhanyagoljuk.

A tervezési hővezetési tényező kiszámításához a hőmérséklet-korrekciós tényezőt és a pára-korrekciós tényezőt kell meghatároznunk az MSZ EN 10456 szabvány szerint.

A hőmérséklet-konverziós együttható a szabványból: $f_T = 0,0053$

A hőmérséklet-konverziós tényező: $F_T = e^{f_T \times (T_2 - T_1)} = e^{0,0053 \times (20 - 10)} = e^{0,053} = 1,05443$

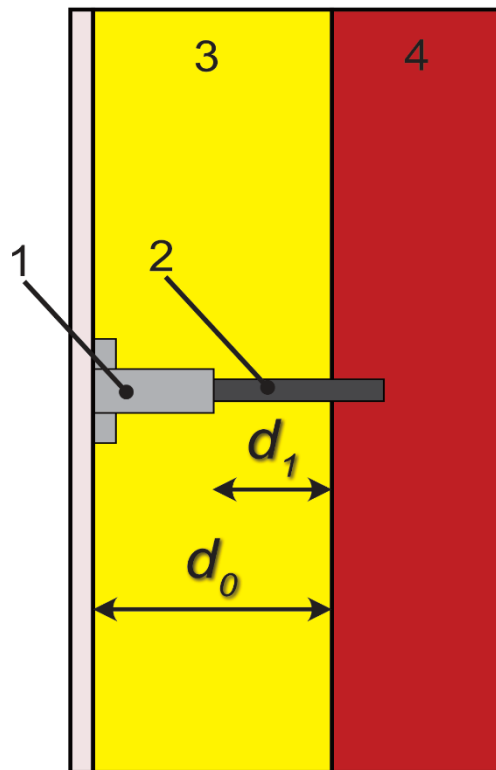
A pára-konverziós együttható: $f_\psi = 4$

A pára-konverziós tényező: $F_m = e^{f_\psi \times (\Psi_2 - \Psi_1)} = e^{4 \times (0,006 - 0)} = e^{0,024} = 1,02429$

A **tervezési hővezetési tényező**: $\lambda_2 = \lambda_1 \times F_T \times F_m = 0,038 \times 1,05443 \times 1,02429 = 0,041042 = \mathbf{0,041 \text{ W}/(\text{mK})}$

25.3 Hőátbocsátási tényező korrekciója mechanikai rögzítőelemek miatt

Mekkora a hőátbocsátási tényezője egy olyan külső falszerkezetnek, ahol a hőszigetelés rögzítéséhez átlagosan 6 db/m^2 , 5 mm átmérőjű acél beütőszeget használnak? A rögzítőelem 2 cm -re be van süllyesztve a hőszigetelésbe. A hőszigetelő réteg vastagsága 14 cm , a teljes falszerkezet hőátbocsátási tényezője a hőhidhatás nélkül $U_0 = 0,224 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($R_{\text{tot}} = 4,46 \text{ m}^2\text{K/W}$). Az acél hővezetési tényezője 50 W/(mK) ; a hőszigetelés hővezetési tényezője $0,038 \text{ W/(mK)}$.



25.1. ábra: Hőszigetelés süllyesztett mechanikai rögzítéssel

A hőátbocsátási tényezőt a beütőszegek miatt korrekciós tényezővel kell növelni, ahol a korrekciós tényező:

$$\Delta U_{\text{rögz}} = \alpha \frac{\lambda_{\text{rögz}} A_{\text{rögz}} n_{\text{rögz}}}{d_1} \left(\frac{R_1}{R_{\text{tot}}} \right)^2$$

ahol

- α süllyesztett rögzítőelem esetén: $\alpha = 0,8 \times (d_1/d_0) = 0,8 (0,12/0,14) = 0,686$;
- $\lambda_{\text{rögz}}$ a rögzítőelem hővezetési tényezője, acélanyagú beütőszeg esetén: $\lambda_{\text{rögz}} = 50 \text{ W/mK}$;
- $n_{\text{rögz}}$ a rögzítőelemek átlagos száma négyzetméterenként, $n = 6 \text{ db/m}^2$;
- $A_{\text{rögz}}$ egy rögzítőelem keresztmetszeti területe, egy dübel átmérője 5 mm , $A_{\text{rögz}} = 1,96 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$;
- d_0 a rögzítőelemet tartalmazó hőszigetelés vastagsága, $d_0 = 0,14 \text{ m}$;
- d_1 a hőszigetelő réteget átszűrő rögzítőelem hosszúsága a hőszigetelő rétegben, $d_1 = 0,12 \text{ m}$;

R_1	a rögzítőelemek által átszűrt hőszigetelő réteg hővezetési ellenállása, süllyesztett rögzítőelem esetén d_1 kisebb a hőszigetelés vastagságánál, ekkor $R_1 = d_1/\lambda_{hsz} = 0,12/0,038 = 3,158 \text{ m}^2\text{K/W}$;
R_{tot}	a szerkezet hőhídhatás nélkül számított eredő hővezetési ellenállása, $R_{tot} = 4,46 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Ez alapján:

$$\Delta U_{r\ddot{o}gz} = 0,686 \cdot \frac{50 \cdot 0,0000196 \cdot 6}{0,12} \cdot \left(\frac{3,158}{4,46} \right)^2 = 0,0169 \text{ W/m}^2\text{K}$$

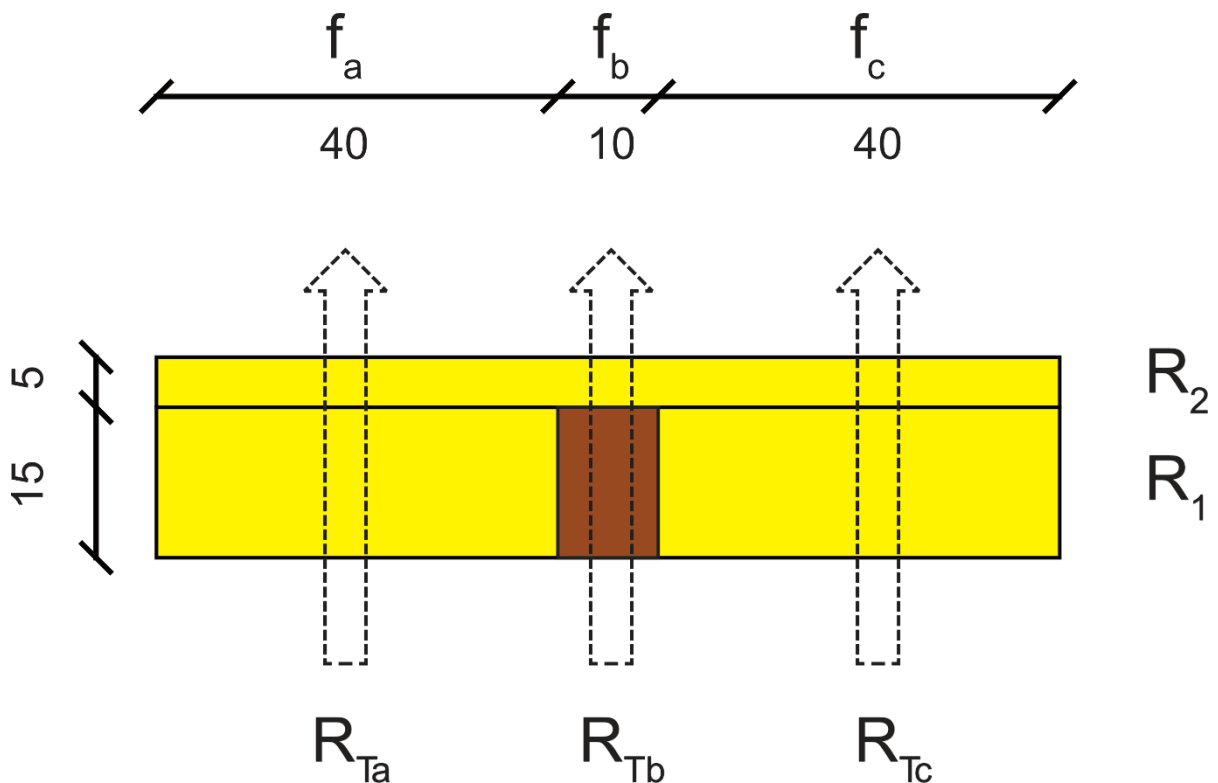
A szerkezet hőátbocsátási tényezője

$$U = U_0 + \Delta U_{r\ddot{o}gz} = 0,224 + 0,0169 = \mathbf{0,241 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

A mechanikai rögzítőelemek hatására a szerkezet hőátbocsátási tényezője 8%-kal nőtt!

25.4 Hőszigetelt magastető keresztmetszet hőátbocsátási tényezőjének számítása - 1

Számítsuk ki egy olyan szerkezet hőátbocsátási tényezőjét, ahol a hőszigetelő réteget szarufák szakítják meg 90 cm tengelytávolsággal ($\lambda_{hsz} = 0,04 \text{ W/mK}$, $\lambda_{fa} = 0,13 \text{ W/mK}$).



25.2. ábra: Inhomogén réteget tartalmazó szerkezet

A szerkezetet a hőáram irányával párhuzamosan elszelve kapjuk az a , b , c szeleteket. A hőáram irányára merőlegesen elvágva az 1 és 2 rétegeket.

Az eredő hővezetési ellenállás felső határértékének számítása ($R_{tot, felső}$):

Az egyes szeletek területének aránya:

$$f_a = f_c = 0,4 / 0,9 = 0,444 \text{ (a hőszigetelés aránya)}$$

$$f_b = 0,1 / 0,9 = 0,111 \text{ (a szarufa aránya)}$$

Az egyes szeletek eredő hővezetési ellenállása (a felületi hőátadási ellenállásokkal):

$$R_{\text{tot,a}} = R_{\text{tot,c}} = R_{\text{si}} + \Sigma d_j / \lambda_j + R_{\text{se}} = 0,1 + 0,15 / 0,04 + 0,05 / 0,04 + 0,04 = 5,14 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{tot,b}} = 0,1 + 0,15 / 0,13 + 0,05 / 0,04 + 0,04 = 2,544 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Az eredő hővezetési ellenállás felső határértéke:

$$\frac{1}{R_{\text{tot,felső}}} = \frac{f_a}{R_{\text{tot,a}}} + \frac{f_b}{R_{\text{tot,b}}} + \frac{f_c}{R_{\text{tot,c}}} = \frac{0,444}{5,14} + \frac{0,111}{2,544} + \frac{0,444}{5,14} = 0,217 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_{\text{tot,felső}} = 4,617 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Az eredő hővezetési ellenállás alsó határértékének számítása ($R_{\text{tot,alsó}}$)

Az inhomogenitást tartalmazó R_1 réteg hővezetési ellenállása:

$$\frac{1}{R_1} = \frac{f_a}{R_{a1}} + \frac{f_b}{R_{b1}} + \frac{f_c}{R_{c1}} = \frac{0,444}{0,15/0,04} + \frac{0,111}{0,15/0,13} + \frac{0,444}{0,15/0,04}$$

$$R_1 = 3,0 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{vagy } R_1 = d_1 / \lambda_{eq,1} = d_1 / (\lambda_{a1} f_a + \lambda_{b1} f_b + \lambda_{c1} f_c) = 0,15 / (0,04 \cdot 0,444 + 0,13 \cdot 0,111 + 0,04 \cdot 0,444) = 3 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Azon rétegek hővezetési ellenállása, melyek nem tartalmaznak inhomogenitást, egyszerűen számítható (R_2 réteg):

$$R_2 = d_2 / \lambda_2 = 0,05 / 0,04 = 1,25 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Ez alapján az alsó határérték:

$$R_{\text{tot,alsó}} = R_{\text{si}} + R_1 + R_2 + R_{\text{se}} = 0,1 + 3,0 + 1,25 + 0,04 = 4,39 \text{ m}^2\text{K/W}$$

A szerkezet eredő hővezetési ellenállása és hőátbocsátási tényezője:

$$R_{\text{tot}} = \frac{R_{\text{tot,felső}} + R_{\text{tot,alsó}}}{2} = \frac{4,617 + 4,39}{2} = 4,503 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,222 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A felső és alsó hővezetési ellenállás aránya 1,5-nél kisebb, ezért a módszer megfelelő.

Egyszerűsített módszerrel, ha a hőátbocsátási tényezőt a hővezetési ellenállás alsó határértékéből számítanánk:

$$R_T = R_{tot,alsó} = 4,39 \text{ m}^2\text{K/W}$$
$$U = 0,228 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Az egyszerűsített módszer tehát kis mértékben a biztonság javára téved. A szarufák teljes elhanyagolásával azonban $R = 5,14 \text{ m}^2\text{K/W}$, $U = 0,195 \text{ W/m}^2\text{K}$ értékeket kapnánk, azaz a valósánál jóval kedvezőbbnek tűnne az eredmény. Faszervezettel megszakított hőszigetelés esetén a faszerkezet épületelemen belüli hőhídhatását tehát minden esetben figyelembe kell venni az átlagos hőátbocsátási tényezőben!

Ennél a példánál a hézagokra vonatkozó korrekciós tényezőt nem kellett alkalmazni, mivel a tetőszerkezet több rétegből áll, és a külső folytonos hőszigetelő réteg a szerkezeti elemekkel megszakított réteget takarja.

25.5 Hőszigetelt magastető keresztmetszet hőátbocsátási tényezőjének számítása - 2

Határozzuk meg egy periodikusan ismétlődő magastető részlet átlagos hőátbocsátási tényezőjét egyszerűsített kézi számítással az MSZ EN ISO 6946 szabvány alapján, és igazoljuk megfelelőségét a fűtött tetőteterekre vonatkozó $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ követelményérték szerint.

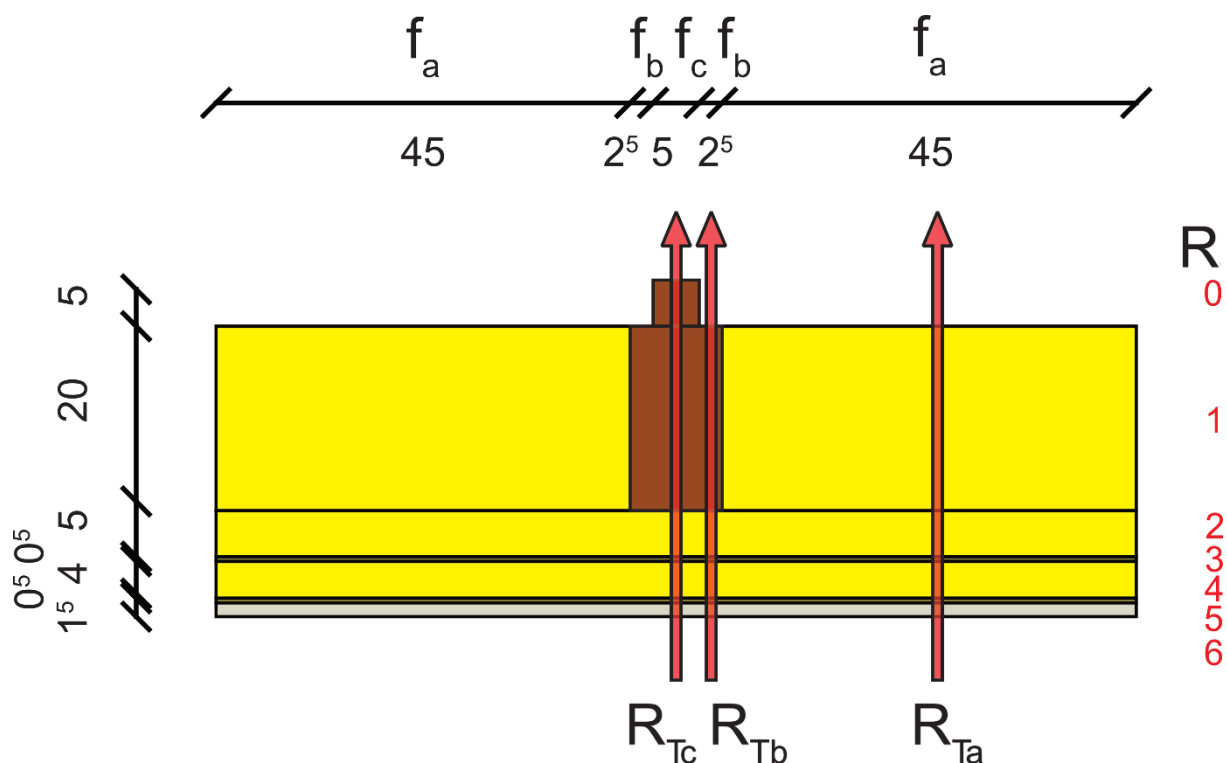
A tetőszerkezet esetében a szarufák egymástól mért tengelytávja 1 méter. A 10/20 cm-es szarufák között ásványgyapot hőszigetelő réteg található, a szarufákon a tetőfólia felett elhelyezett ellenlécek 5/5 cm-esek. A szarufákra merőlegesen, 60 cm-es tengelytávval elhelyezett 5/5 cm-es lécváz között 5 cm vastagságú ásványgyapot hőszigetelés található, melyre a belső oldal felől egy párafékező fóliát követően pedig további, összesen 5 cm vastagságú, két oldalán 0,5-0,5 cm gipszrosttal ellátott és 4 cm-es ásványgyapot hőszigetelő maggal rendelkező építőlap kerül. A belső vakolatot az építőlapra ponthegeesztett tűzhorganyzott fém rabicháló segítségével (melynek rögzítőelemeit elhanyagolhatjuk) helyezzük fel, mely réteg vastagsága 1,5 cm. A hőtechnikailag irreleváns rétegeket elhanyagolhatjuk.

A tetőszerkezet számítása során a következő anyagtulajdonságokat alkalmazzuk, melyeket tekintsünk tervezési értékeknek: $\lambda_{fa} = 0,13 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{ásványgyapot}} = 0,04 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{vakolat}} = 0,8 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{gipszrost}} = 0,25 \text{ W/mK}$.

A hőszigetelések illesztésében legfeljebb 0,5 cm-es illesztési pontatlanságok találhatóak, azonban a szigetelést megszakító szarufák és lécvázak hatását a légüreg-korrekció 1-es szintje szerint vegyük figyelembe a hőátbocsátási tényezőben.

A periodikusan ismétlődő, homogén és inhomogén részekből álló tetőszerkezet számítása

A tetőszerkezetet két rétegre bontjuk fel a szarufára merőleges metszetek szerint. Egyik metszet tartalmazza az 5/5-ös lécvázat, míg a másik keresztmetszet a lécváz között található ásványgyapot hőszigetelést jeleníti meg. Ez utóbbi keresztmetszetet mutatja be az alábbi ábra, melyen az inhomogén keresztmetszet számításához szükséges jelölések és felbontások is megtalálhatóak:



25.3. ábra: Inhomogén rétegeket tartalmazó tetőszerkezet

Határozzuk meg először az ábrával bemutatott keresztmetszet teljes hővezetési ellenállását, és hőátbocsátási tényezőjét!

A teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,felső}$ felső határértékének számítása

Az MSZ EN ISO 6946 szabvány szerint a külső felületi ellenállás $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$, a belső ellenállás felfelé irányuló hőáramot feltételezve $R_{si} = 0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Az MSZ EN ISO 6946 szabvány C.2 melléklete alapján az 5/5-ös lécváz hatása elhanyagolható, mivel a sík felületből kiálló rész $2,5 \text{ W/mK}$ -nél kisebb hővezetési tényezővel rendelkezik.

Az egyes hőárammal párhuzamosan kivágott sávok teljes hővezetési ellenállásai (belülről kifelé haladva az egyes rétegeken):

$$R_{tot,a} = 0,1 + \frac{0,015}{0,8} + \frac{0,005}{0,25} + \frac{0,04}{0,04} + \frac{0,005}{0,25} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{0,20}{0,04} + 0,04 = 7,449 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{tot,b} = 0,1 + \frac{0,015}{0,8} + \frac{0,005}{0,25} + \frac{0,04}{0,04} + \frac{0,005}{0,25} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{0,20}{0,13} + 0,04 = 3,987 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{tot,c} \approx R_{tot,b} = 4,372 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}, \text{ mivel a keresztmetszetből kilógó részt elhanyagoltuk.}$$

A teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,felső}$ felső határa, ahol f_a , f_b , f_c a vizsgált sávok hőáram irányára merőleges felületei:

$$\begin{aligned}\frac{1}{R_{tot,felső}} &= 2 \times \frac{f_a}{R_{tot,a}} + 2 \times \frac{f_b}{R_{tot,b}} + \frac{f_c}{R_{tot,c}} = 2 \times \frac{0,45}{7,449} + 2 \times \frac{0,025}{3,987} + \frac{0,05}{3,987} \\ &= 0,146 \frac{W}{m^2K}\end{aligned}$$

$$\text{azaz: } R_{tot,felső} = 6,849 \frac{m^2K}{W}$$

A teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,alsó}$ alsó határértékének számítása

A hőáramra merőleges rétegek egyenértékű hővezetési ellenállásai:

$R_0 = 0 \text{ m}^2K/W$, a keresztmetszetből kilógó részt elhanyagtuk.

$$\frac{1}{R_1} = \frac{0,45}{\frac{0,20}{0,04}} + \frac{0,10}{\frac{0,20}{0,13}} + \frac{0,45}{\frac{0,20}{0,04}} = 0,245 \frac{W}{m^2K} \rightarrow R_1 = 4,082 \frac{m^2K}{W}$$

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1,00}{\frac{0,05}{0,04}} = 0,8 \frac{W}{m^2K} \rightarrow R_2 = 1,25 \frac{m^2K}{W}$$

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1,00}{\frac{0,005}{0,25}} = 50 \frac{W}{m^2K} \rightarrow R_3 = 0,02 \frac{m^2K}{W}$$

$$\frac{1}{R_4} = \frac{1,00}{\frac{0,04}{0,04}} = 1,0 \frac{W}{m^2K} \rightarrow R_4 = 1,0 \frac{m^2K}{W}$$

$$\frac{1}{R_5} = \frac{1,00}{\frac{0,005}{0,25}} = 50 \frac{W}{m^2K} \rightarrow R_5 = 0,02 \frac{m^2K}{W}$$

$$\frac{1}{R_6} = \frac{1,00}{\frac{0,015}{0,8}} = 53,333 \frac{W}{m^2K} \rightarrow R_6 = 0,019 \frac{m^2K}{W}$$

A teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,alsó}$ alsó határa:

$$\begin{aligned}R_{tot,alsó} &= R_{Si} + R_0 + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{Se} = \\ &= 0,1 + 0 + 4,082 + 1,25 + 0,02 + 1 + 0,02 + 0,019 + 0,04 \\ &= 6,53 \text{ m}^2K/W\end{aligned}$$

A teljes hővezetési ellenállás, relatív hiba és a hőátbocsátási tényező értéke

A teljes hővezetési ellenállás:

$$R_{tot} = \frac{R_{tot,felső} + R_{tot,alsó}}{2} = \frac{6,849 + 6,53}{2} = 6,69 \frac{m^2K}{W}$$

A számítás relatív hibája:

$$e = \frac{R_{tot,felső} - R_{tot,alsó}}{2 \times R_{tot}} \times 100 = \frac{6,849 - 6,53}{2 \times 6,69} \times 100 = 2,61\%$$

A hőátbocsátási tényező:

$$U_1 = \frac{1}{R_{tot}} = 0,149 \frac{W}{m^2 K}$$

Számítsuk a szarufára merőleges lécváznál felvett keresztmetszet teljes hővezetési ellenállását és hőátbocsátási tényezőjét is!

A teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,felső}$ felső határának számítása:

Az egyes hőárammal párhuzamosan kivágott sávok teljes hővezetési ellenállásai (belülről kifelé haladva az egyes rétegeken):

$$R_{tot,a} = 0,1 + \frac{0,015}{0,8} + \frac{0,005}{0,25} + \frac{0,04}{0,04} + \frac{0,005}{0,25} + \frac{0,05}{0,13} + \frac{0,20}{0,04} + 0,04 = 6,583 \frac{m^2 K}{W}$$

$$R_{tot,b} = 0,1 + \frac{0,015}{0,8} + \frac{0,005}{0,25} + \frac{0,04}{0,04} + \frac{0,005}{0,25} + \frac{0,05}{0,13} + \frac{0,20}{0,13} + 0,04 = 3,122 \frac{m^2 K}{W}$$

$R_{tot,c} \approx R_{tot,b} = 3,122 \frac{m^2 K}{W}$, mivel a keresztmetszetből kilógó részt elhanyagoltuk.

A teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,felső}$ felső határa, ahol f_a , f_b , f_c a vizsgált sávok hőáram irányára merőleges felületei:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{tot,felső}} &= 2 \times \frac{f_a}{R_{tot,a}} + 2 \times \frac{f_b}{R_{tot,b}} + \frac{f_c}{R_{tot,c}} = 2 \times \frac{0,45}{6,583} + 2 \times \frac{0,025}{3,122} + \frac{0,05}{3,122} \\ &= 0,169 \frac{W}{m^2 K} \end{aligned}$$

$$\text{azaz: } R_{tot,felső} = 5,917 \frac{m^2 K}{W}$$

A teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,alsó}$ alsó határának számítása:

A hőáramra merőleges rétegek egyenértékű hővezetési ellenállásai:

$R_0 = 0 \frac{m^2 K}{W}$, a keresztmetszetből kilógó részt elhanyagoltuk.

$$\frac{1}{R_1} = \frac{0,45}{0,20} + \frac{0,10}{0,20} + \frac{0,45}{0,20} = 0,245 \frac{W}{m^2 K} \rightarrow R_1 = 4,082 \frac{m^2 K}{W}$$

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1,00}{\frac{0,05}{0,13}} = 2,6 \frac{W}{m^2K} \rightarrow R_2 = 0,385 \frac{m^2K}{W}$$

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1,00}{\frac{0,005}{0,25}} = 50 \frac{W}{m^2K} \rightarrow R_3 = 0,02 \frac{m^2K}{W}$$

$$\frac{1}{R_4} = \frac{1,00}{\frac{0,04}{0,04}} = 1,0 \frac{W}{m^2K} \rightarrow R_4 = 1,0 \frac{m^2K}{W}$$

$$\frac{1}{R_5} = \frac{1,00}{\frac{0,005}{0,25}} = 50 \frac{W}{m^2K} \rightarrow R_5 = 0,02 \frac{m^2K}{W}$$

$$\frac{1}{R_6} = \frac{1,00}{\frac{0,015}{0,8}} = 53,333 \frac{W}{m^2K} \rightarrow R_6 = 0,019 \frac{m^2K}{W}$$

A teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,alsó}$ alsó határa:

$$R_{tot,alsó} = R_{si} + R_0 + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{se} = 5,665 \frac{m^2K}{W}$$

A teljes hővezetési ellenállás, relatív hiba és a hőátbocsátási tényező értéke

A teljes hővezetési ellenállás:

$$R_{tot} = \frac{R_{tot,felső} + R_{tot,alsó}}{2} = \frac{5,917 + 5,665}{2} = 5,791 \frac{m^2K}{W}$$

A számítás relatív hibája:

$$e = \frac{R_{tot,felső} - R_{tot,alsó}}{2 \times R_{tot}} \times 100 = \frac{5,917 - 5,665}{2 \times 5,791} \times 100 = 2,18\%$$

A hőátbocsátási tényező:

$$U_2 = \frac{1}{R_{tot}} = 0,173 \frac{W}{m^2K}$$

Vegyük észre, hogy míg a lécváz helyett az ásványgyapot hőszigetelésnél felvett keresztmetszet hőátbocsátási tényezője kisebb, mint a követelményérték. Azaz $0,149 \text{ W/m}^2\text{K}$ kisebb, mint a fűtött tetőtereket határoló szerkezetekre vonatkozó $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Azonban a lécváz középvonalában felvett keresztmetszet $0,173 \text{ W/m}^2\text{K}$ egyenértékű hőátbocsátási tényezője éppen nem felelne meg a követelményértéknek! Ezek azonban csupán

részeredmények, mivel a két eltérő keresztmetszet előfordulásának gyakoriságát, valamint a légüregek miatti korrekciót még nem vettük figyelembe.

A tetőszerkezet hőátbocsátási tényezőjének számítása

A két felvett keresztmetszet hőátbocsátási tényezőjének ismeretében számíthatjuk egy négyzetméternyi tetőszerkezet hőátbocsátási tényezőjét, U_0 -t. Mivel a felvett keresztmetszetek szélessége periódusonként 1 m-re esett, így a kapott teljes hővezetési ellenállásokat nem kellett tovább egy négyzetméter felületre fajlagosítani. (Természetesen amennyiben a szarufák például 80 cm-es tengelytávban kerülnek elhelyezésre, a teljes hővezetési ellenállásnak akkor is egy négyzetméternyi átlagos tetőszerkezetre kell vonatkoznia, így szükséges a kapott eredményeket vetíteni.)

Azonban a lécváz jelen esetben 60 cm-es periódusonként ismétlődik, melyben 55 cm ásványgyapot hőszigetelés és 5 cm lécvázat tartalmazó réteg található. E szerint $0,05/0,6 = 1/12$ arányban található lécváz és $0,55/0,6 = 11/12$ arányban fordul elő ásványgyapot hőszigetelés, ami egy négyzetméterre vetítve $0,083 \text{ m}^2$ lécvázat és $0,917 \text{ m}^2$ ásványgyapot hőszigetelést jelent. Ezen arányokat alkalmazzuk az U_0 hőátbocsátási tényező meghatározásakor:

$$U_0 = \frac{1}{12} \times U_1 + \frac{11}{12} \times U_2 = 0,083 \times 0,173 + 0,917 \times 0,149 = \mathbf{0,151 \frac{W}{m^2 K}}$$

A merőleges lécváz figyelembevétele az eredményt csak 1%-kal változtatta meg. Az eredményt azonban még a légüregek hatásának figyelembevételével korrigálnunk kell, hogy megkapjuk az átlagos hőátbocsátási tényezőt.

A légüregek és hézagok miatti ΔU_g korrekció számítása

Az 1-es szint szerinti korrekciós érték az MSZ EN ISO 6946 szabvány alapján $\Delta U_g = 0,01 \text{ W/m}^2 \text{K}$.

A szarufa és ásványgyapot réteg számítása

Az üreget tartalmazó réteg hővezetési ellenállása (az üreg figyelembevétele nélkül) jelen esetben tehát a szarufával megszakított hőszigetelő réteg hővezetési ellenállása, mivel a hőszigetelések szarufához illesztésénél lévő rések, hézagok miatt kell alkalmazni a korrekciót:

$$R_{1, \text{szarufa}} = \frac{0,20}{0,04} = 5 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

A szerkezet eredő hővezetési ellenállása:

$$R_{\text{tot}} = \frac{1}{U_0} = 6,6225 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

A korrekció mértéke:

$$\Delta U_{\text{légüreg,sz}} = \Delta U'' \times \left(\frac{R_{1,\text{szarufa}}}{R_{\text{tot}}} \right)^2 = 0,01 \times \left(\frac{5}{6,6225} \right)^2 = 0,0057 \frac{W}{m^2K}$$

A lécváz és ásványgyapot réteg számítása

Az üreget tartalmazó réteg hővezetési ellenállása (az üreg figyelembevétele nélkül) jelen esetben tehát a lécvázzal megszakított hőszigetelő réteg hővezetési ellenállása, mivel a hőszigetelések lécvázhoz illesztésénél lévő rések, hézagok miatt kell alkalmazni a korrekciót:

$$R_{1,\text{lécvááz}} = \frac{0,05}{0,04} = 1,25 \frac{m^2K}{W}$$

A szerkezet eredő hővezetési ellenállása:

$$R_{\text{tot}} = \frac{1}{U_0} = 6,6225 \frac{m^2K}{W}$$

A korrekció mértéke:

$$\Delta U_{\text{légüreg,l}} = \Delta U'' \times \left(\frac{R_{1,\text{lécvááz}}}{R_{\text{tot}}} \right)^2 = 0,01 \times \left(\frac{1,25}{6,6225} \right)^2 = 0,000356 \frac{W}{m^2K}$$

A teljes légüreg korrekció értéke:

$$\Delta U_{\text{légüreg}} = \Delta U_{\text{légüreg,sz}} + \Delta U_{\text{légüreg,l}} = 0,0057 + 0,000356 = 0,006056 \frac{W}{m^2K}$$

Az átlagos hőátbocsátási tényező meghatározása

Az átlagos hőátbocsátási tényezőt az MSZ EN ISO 6946 szabvány értelmében két tizedesjegy pontossággal adjuk meg. A légüregek miatti korrekció a korrigálatlan szerkezet átlagos, egyenértékű hőátbocsátási tényezőjéhez képest 4%, ami nagyobb, mint 3%, ezért alkalmaznunk kell:

$$U = U_0 + \Delta U_{\text{légüreg}} = 0,151 + 0,006056 = 0,157 \frac{W}{m^2K} \cong 0,16 \frac{W}{m^2K}$$

A hőátbocsátási tényező ellenőrzése

Az átlagos hőátbocsátási tényező megfelel a követelményértéknek, mivel:

$$U = 0,16 \frac{W}{m^2K} < 0,17 \frac{W}{m^2K}.$$

25.6 Hőszigetelt vázas épület homlokzati falának számítása

Határozzuk meg egy periodikusan ismétlődő hőszigetelt, vasbeton teherhordó oszlopokkal rendelkező homlokzati falrészlet átlagos hőátbocsátási tényezőjét egyszerűsített kézi

számítással az MSZ EN ISO 6946 szabvány alapján, és igazoljuk megfelelőségét az $U_{\max}=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ követelményérték szerint.

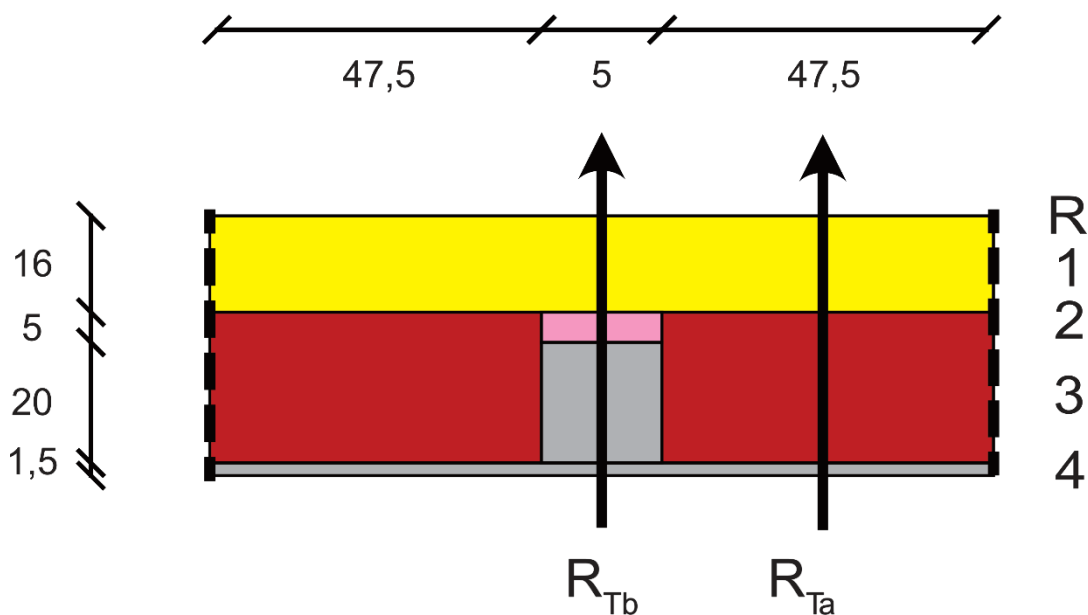
A falazat 25 cm vastagságú vázkitöltő falazóelemből készül, melyben 4 m-es tengelytávval 20/20 cm-es vasbeton teherhordó oszlopok találhatóak, 5 cm kiegészítő hőszigeteléssel a külső oldalukon. A homlokzati falazat külső oldalán 16 cm vastagságban dryvit rendszerű hőszigetelés készült, mely magában foglalja a 0,5 cm hőszigetelő-ragasztóhabarcs réteget, a 15 cm EPS80 hőszigetelést és a 0,5 cm külső vékonyvakolat-rendszert is. A belső oldalon 1,5 cm vakolat található.

A homlokzati fal számítása során a következő anyagtulajdonságokat alkalmazzuk, melyeket tekintsünk tervezési értékeknek: $\lambda_{\text{tégla}} = 0,25 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{vasbeton}} = 2,5 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{vakolat}} = 0,8 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{hőszigetelés}} = 0,04 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{dryvit}} = 0,05 \text{ W/mK}$.

A külső oldalon elhelyezett dryvit rendszerű hőszigetelést négyzetméterenként 6 db 200 mm hosszúságú és 6 mm-es átmérőjű acél beütőszeggel ($\lambda_f = 50 \text{ W/mK}$) rendelkező 200/10-es dübellel rögzítjük a falszerkezethez, ezért alkalmazzunk mechanikairögzítés-korrekción is!

A periodikusan ismétlődő, homogén és inhomogén részekből álló homlokzati fal számítása

A homlokzati falban 4 m-es tengelytávolságban helyezkednek el a vasbeton oszlopok, azaz egy periódusban 380 cm vázkitöltő falazat és 20 cm vasbeton oszlopot tartalmazó réteg található. E szerint $0,2/4,0 = 1/20$ arányban található vasbeton oszlop és $3,8/4,0 = 19/20$ arányban fordul elő vázkitöltő téglafal, ami egy négyzetméterre vetítve $0,05 \text{ m}^2$ vasbeton oszlopot és $0,95 \text{ m}^2$ ásványgyapot hőszigetelést jelent. Ezeket az arányokat alkalmazzuk az átlagos hőátbocsátási tényező meghatározásakor. A következő ábrán a vízszintes méretek tehát arányosítva jelennek meg:



25.4. ábra: Vasbeton pillért tartalmazó falszerkezet

Határozzuk meg az ábrával bemutatott keresztmetszet teljes hővezetési ellenállását és hőátbocsátási tényezőjét!

A teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,felső}$ felső határértékének számítása

Az MSZ EN ISO 6946 szabvány szerint a külső felületi ellenállás $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$, a belső ellenállás vízszintes hőáram esetén $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$. Az egyes hőárammal párhuzamosan kivágott sávok teljes hővezetési ellenállásai (belülről kifelé haladva az egyes rétegeken):

$$R_{tot,a} = 0,13 + \frac{0,015}{0,8} + \frac{0,25}{0,25} + \frac{0,16}{0,05} + 0,04 = 4,389 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$
$$R_{tot,b} = 0,13 + \frac{0,015}{0,8} + \frac{0,20}{2,5} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{0,16}{0,05} + 0,04 = 4,719 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

A teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,felső}$ felső határa, ahol f_a , f_b a vizsgált sávok hőáram irányára merőleges, arányosított felületei:

$$\frac{1}{R_{tot,felső}} = 2 \times \frac{f_a}{R_{tot,a}} + \frac{f_b}{R_{tot,b}} = 2 \times \frac{0,475}{4,389} + \frac{0,05}{4,719} = 0,227 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

azaz: $R_{tot,felső} = 4,4 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$

A teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,alsó}$ alsó határértékének számítása

A hőáramra merőleges rétegek egyenértékű hővezetési ellenállásai:

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1,0}{\frac{0,16}{0,05}} = 0,313 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \rightarrow R_1 = 3,2 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$
$$\frac{1}{R_2} = \frac{0,475}{\frac{0,05}{0,25}} + \frac{0,05}{\frac{0,05}{0,04}} + \frac{0,475}{\frac{0,05}{0,25}} = 4,79 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \rightarrow R_2 = 0,209 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$
$$\frac{1}{R_3} = \frac{0,475}{\frac{0,20}{0,25}} + \frac{0,05}{\frac{0,20}{2,55}} + \frac{0,475}{\frac{0,20}{0,25}} = 1,813 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \rightarrow R_3 = 0,552 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$
$$\frac{1}{R_4} = \frac{1,00}{\frac{0,015}{0,8}} = 53,333 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \rightarrow R_4 = 0,019 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

A teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,alsó}$ alsó határa:

$$R_{tot,alsó} = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se} = 4,15 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

A teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,alsó}$ alsó határának meghatározása elvégezhető a következő egyszerűsítésekkel alkalmazásával is, mely során az inhomogén rétegek egyenértékű hővezetési tényezőjével számolunk:

$$\begin{aligned}
 R_{tot,alsó} &= R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se} \\
 &= 0,04 + \frac{0,16}{0,05} + \frac{0,05}{0,25 \times 0,475 \times 2 + 0,04 \times 0,05} \\
 &\quad + \frac{0,2}{0,25 \times 0,475 \times 2 + 2,5 \times 0,05} + \frac{0,015}{0,8} + 0,13 = 0,04 + 3,2 + 0,209 \\
 &\quad + 0,552 + 0,019 + 0,13 = 4,15 \frac{m^2K}{W}
 \end{aligned}$$

A teljes hővezetési ellenállás, relatív hiba és egyenértékű hőátbocsátási tényező értéke

A teljes hővezetési ellenállás:

$$R_{tot} = \frac{R_{tot,felső} + R_{tot,alsó}}{2} = \frac{4,4 + 4,15}{2} = 4,275 \frac{m^2K}{W}$$

A számítás relatív hibája:

$$e = \frac{R_{tot,felső} - R_{tot,alsó}}{2 \times R_{tot}} \times 100 = \frac{4,4 - 4,15}{2 \times 4,275} \times 100 = 2,9\%$$

A hőátbocsátási tényező:

$$U_0 = \frac{1}{R_{tot}} = 0,234 \frac{W}{m^2K}$$

A szerkezet korrigálatlan hőátbocsátási tényezője tehát megfelelne homlokzati falakra vonatkozó 0,24 W/m²K-es hőátbocsátási tényező követelményértéknek.

Amennyiben az épülethatároló szerkezet korrigálatlan hőátbocsátási tényezőjét csak a teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,felső}$ felső határa alapján határoztuk volna meg, $U_{felső} = 0,227$ W/m²K-t kapunk. Ezt nem használhatjuk, mivel a megfelelő módszertannal számított értéknél kedvezőbb, a biztonság kárára tévedő eredmény.

A 9/2023. (V.25.) ÉKM rendelet 1. függeléke megengedi, hogy az inhomogén szerkezetek számítása során a hőátbocsátási tényezőt csak a teljes hővezetési ellenállás $R_{tot,alsó}$ alsó határa alapján számítsuk. Ez esetben a korrigálatlan $U_{alsó} = 0,241$ W/m²K lenne, mely éppen nem felel meg a vonatkozó követelményértéknek. Láthatjuk azonban, hogy a teljes hővezetési ellenállás alsó határának alkalmazása a biztonság javára téved, ezért alkalmazható ez az egyszerűsítés.

Azonban a követelmény ellenőrzéséhez a mechanikai rögzítések miatt további korrekció figyelembevétele szükséges, hogy az átlagos hőátbocsátási tényezőt megkaphassuk.

A mechanikai rögzítések miatti $\Delta U_{rögz}$ korrekció számítása

Jelen példában a dryvit réteget az egyszerűség kedvéért egy réteggént kezeltük, és így járunk el a mechanikai rögzítések figyelembevételénél is. Hagyományos dübelek alkalmazása esetén $\alpha = 0,8$. Mivel a dübelek teljes keresztmetszetükben átszúrják a dryvit réteget, és a falra merőlegesen sikerül rögzíteni őket, ezért $d_0 = 0,16$ m.

Egy dübel acél beütőszegének keresztmetszeti területe:

$$A_{rögz} = \frac{0,006^2 \times 3,1416}{4} = 0,0000283 \text{ m}^2 = 2,83 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

A rögzítőelemmel átszúrt hőszigetelés átlagos hővezetési ellenállása:

$$R_1 = \frac{0,16}{0,05} = 3,2 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

A teljes rétegfelépítés hővezetési ellenállása:

$$R_{tot} = 4,275 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

Az alkalmazandó $\Delta U_{rögz}$ korrekció mértéke:

$$\begin{aligned} \Delta U_{rögz} &= \alpha \times \frac{\lambda_{rögz} \times A_{rögz} \times n_{rögz}}{d_1} \times \left(\frac{R_1}{R_{tot}} \right)^2 = \\ &= 0,8 \times \frac{50 \times 2,83 \times 10^{-5} \times 6}{0,16} \times \left(\frac{3,2}{4,275} \right)^2 = 0,0238 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \end{aligned}$$

Az átlagos hőátbocsátási tényező meghatározása

A hőátbocsátási tényezőt az MSZ EN ISO 6946 szabvány értelmében két tizedesjegy pontossággal adjuk meg. A rögzítés miatti korrekció a korrigálatlan szerkezet átlagos, egyenértékű hőátbocsátási tényezőjéhez képest 10,17%, ami nagyobb, mint 3% ezért alkalmazzuk:

$$U = U_0 + \Delta U_{rögz} = 0,234 + 0,0238 = 0,258 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \cong 0,26 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Amennyiben az átlagos hőátbocsátási tényezőt a megengedett egyszerűsítéssel meghatározott korrigálatlan hőátbocsátási tényezővel számítjuk, abban az esetben $U = 0,265 \text{ W/m}^2 \text{K}$ -t kapunk.

Az átlagos hőátbocsátási tényező ellenőrzése

A hőátbocsátási tényező nem felel meg a követelményértéknek, mivel:

$$U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K} > 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

25.7 Ablak hőátbocsátási tényezője

Határozzuk meg az ablak hőátbocsátási tényezőjét, ha nem áll rendelkezésre gyártói adatszolgáltatás! Az ablak mérete $90 \times 150 \text{ cm}$, a keret szélessége körben 8 cm . Az üvegezés kétrétegű egy szelektív low-e bevonattal, a keret faanyagú és 80 mm széles. Az ablaknak külső habkitöltéses lamellákkal rendelkező redőnye van, és a redőny jól záródik.

Egyrétegű nyílászárók hőátbocsátási tényezője az alábbi összefüggés alkalmazásával számolható:

$$U_{Ny,e} = \frac{\sum A_{\ddot{U}} \cdot U_{\ddot{U}} + \sum A_P \cdot U_P + \sum A_K \cdot U_K + \sum l_{K,\ddot{U}} \cdot \psi_{K,\ddot{U}} + \sum l_{K,P} \cdot \psi_{K,P} + \sum l_{M,\ddot{U}} \cdot \psi_{M,\ddot{U}}}{\sum A_{\ddot{U}} + \sum A_P + \sum A_K}$$

ahol

$U_{\ddot{U}}$ Az üvegezés hőátbocsátási tényezője: kétrétegű üvegezés (4-12-4 mm) egy szelektív low-e bevonattal a belső üveg külső oldalán, $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ÉKM 2. függelék 4.1. táblázat);

4.1. táblázat: Néhány üvegezés hőátbocsátási és sugárzásátbocsátási tényezője

Az üvegezés típusa	$U_{\ddot{U}} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$	$g_n [-]$
Egyrétegű üvegezés (4 mm float)	5,8	0,85
Kétrétegű üvegezés (4-12-4 mm) bevonat nélkül	2,9	0,75
Kétrétegű üvegezés (4-12-4 mm) egy szelektív low-e bevonattal a belső üveg külső oldalán ($\epsilon=0,15$)	1,6	0,7
Kétrétegű üvegezés (4-16-4 mm) egy szelektív low-e bevonattal a belső üveg külső oldalán ($\epsilon<0,05$), argon nemesgáz töltéssel (>90%)	1,2	0,59
Reflektív kétrétegű hővédő ($g=0,32$) üvegezés (4-16-4 mm) egy low-e bevonattal a külső üveg belső oldalán, argon nemesgáz töltéssel (>90%)	1,1	0,32
Háromrétegű üvegezés (4-12-4-12-4 mm) két szelektív low-e bevonattal ($\epsilon<0,05$), argon nemesgáz töltéssel (>90%)	0,8	0,55

U_P Az átlátszatlan panel hőátbocsátási tényezője: az ablakban nincs átlátszatlan panel;

U_K A keret hőátbocsátási tényezője: fa 80 mm -es keretet feltételezve $U_K = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ÉKM 2. függelék 4.2. táblázat);

4.2. táblázat: Néhány keret hőátbocsátási tényezője

A keret típusa	$U_K \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$
Műanyag (kétkamrás)	2,2
Műanyag (háromkamrás)	2,0
Műanyag (négykamrás)	1,6
Műanyag (ötkamrás)	1,3
Műanyag (többkamrás)	1,0
Fa (50 mm)	2,2
Fa (70 mm)	2,0
Fa (80 mm)	1,8
Fa (100 mm)	1,6
Fa (150 mm)	1,2
Fém (termikus elválasztás nélkül)	5,8
Fém (gyenge termikus elválasztás)	3,3
Fém (közepes termikus elválasztás)	2,6
Fém (erős termikus elválasztás)	2,0

$\psi_{K,\tilde{U}}$

A keret-üvegezés csatlakozásának összesített vonalmenti hőátbocsátási tényezője: low-e bevonatos kétrétegű vagy két low-e bevonatos háromrétegű rétegű üvegezéssel, fém távtartóval, $\psi_{K,\tilde{U}} = 0,08 \text{ W/mK}$ (ÉKM 2. függelék 4.3. táblázat);

4.3. táblázat: Néhány keret és üvegezés csatlakozásának összesített vonalmenti hőátbocsátási tényezője

A keret, üvegezés és távtartó típusa	$\psi_{K,\tilde{U}} \left[\frac{\text{W}}{\text{mK}} \right]$
Fa vagy műanyag nyílászáró, low-e bevonatos kétrétegű vagy két low-e bevonatos háromrétegű rétegű üvegezéssel, fém távtartóval	0,08
Fa vagy műanyag nyílászáró, low-e bevonatos kétrétegű vagy két low-e bevonatos háromrétegű rétegű üvegezéssel, fejlett (műanyag) távtartóval	0,06
Fa vagy műanyag nyílászáró, bevonat nélküli üvegezéssel, fém távtartóval	0,06
Fa vagy műanyag nyílászáró, bevonat nélküli üvegezéssel, fejlett (műanyag) távtartóval	0,05

 $\psi_{K,P}$

A keret-átlátszatlan panel csatlakozásának összesített vonalmenti hőátbocsátási tényezője: nincs átlátszatlan panel;

 $\psi_{M,\tilde{U}}$

A merevítőprofil-üvegezés csatlakozásának összesített vonalmenti hőátbocsátási tényezője: nincs merevítőprofil;

 $A_{\tilde{U}}$

Az üvegezés felülete: $(0,9-2 \cdot 0,08) \cdot (1,50-2 \cdot 0,08) = 0,9916 \text{ m}^2$;

 A_P

Az átlátszatlan panel felülete: nincs átlátszatlan panel, $A_P = 0$;

 A_K

A keret felülete: $0,9 \cdot 1,5 - 0,9916 = 0,3584 \text{ m}^2$;

 $l_{K,\tilde{U}}$

A keret-üvegezés csatlakozási hőhíd hossza: $2 \cdot ((0,9-2 \cdot 0,08) + (1,50-2 \cdot 0,08)) = 4,16 \text{ m}$;

 $l_{K,P}$

A keret-átlátszatlan panel csatlakozási hőhíd hossza: nincs átlátszatlan panel, $l_{K,P} = 0$;

 $l_{M,\tilde{U}}$

A merevítőprofil-üvegezés csatlakozási hőhíd hossza: nincs merevítőprofil, $l_{M,\tilde{U}} = 0$.

Ez alapján az ablak hőátbocsátási tényezője:

$$U_{Ny,e} = \frac{0,9916 \cdot 1,6 + 0 + 0,3584 \cdot 1,8 + 4,16 \cdot 0,08 + 0 + 0}{0,90 \cdot 1,50} = 1,899 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cong 1,9 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Mivel a nyílászárók elemi követelményeknek való megfelelésének ellenőrzése során a társított árnyékolószerkezetek hatása nem vehető figyelembe, ezért a nyílászáró ez alapján nem felel meg a vonatkozó elemi követelményértéknek ($U_{\max} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$).

A zárt állapotú társított árnyékolószerkezetek hővezetési ellenállása azonban figyelembe vehető a nyílászáró hőátbocsátási tényezőjében a hőigények számítása során a következő módon:

$$U_{Ny,t} = \frac{1}{\frac{1}{U_{Ny}} + \Delta R} \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

ahol

U_{Ny} A nyílászáró hőátbocsátási tényezője, az előző pont alapján $U_{Ny} = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$;

ΔR Többszörös hővezetési ellenállás, mely tartalmazza a társított árnyékolószerkezet $R_{\text{árny}}$ hővezetési ellenállását, valamint az árnyékolószerkezet és a nyílászáró közötti légréteg R_l hővezetési ellenállását. Az árnyékoló jól záródik, ezért légáteresztő képességét az 5 - légtömör osztályba soroljuk. Az árnyékolószerkezet hővezetési ellenállása nem ismert, de az ÉKM 1. függelék 4.5. táblázat alapján alumínium redőny esetén $R_{\text{árny}} = 0,01$ és a többszörös hővezetési ellenállás $\Delta R = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$.

4.5. táblázat: Zárt árnyékoló szerkezetek többszörös hővezetési ellenállása

Árnyékoló szerkezet típusa	Árnyékoló szerkezet átlagos hővezetési ellenállása, $R_{\text{árny}}$	Többszörös hővezetési ellenállás ΔR [$\text{m}^2\text{K/W}$]		
		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

Ez alapján zárt állapotú társított árnyékolószerkezettel az ablak hőátbocsátási tényezője:

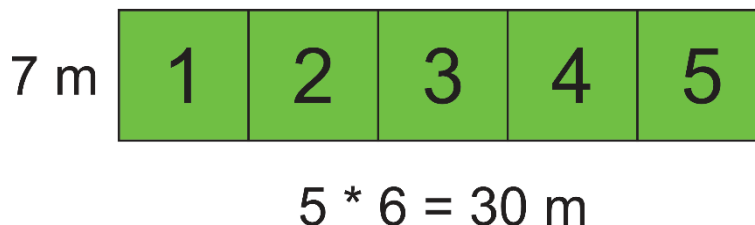
$$U_{Ny,t} = \frac{1}{\frac{1}{1,9} + 0,26} = 1,272 \text{ W/m}^2\text{K} \cong 1,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Az ablak hőátbocsátási tényezője havi számítás esetén a nappali “nyitott” és az éjszakai “zárt” helyzetre vonatkozó hőátbocsátási tényezők időarányos átlaga:

$$U_{Ny} = 0,7 \cdot 1,9 + 0,3 \cdot 1,3 = 1,72 \text{ W/m}^2\text{K} \cong 1,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

25.8 Talajon fekvő padló - sorház

Határozzuk meg egy 5 egységből álló sorház talajon fekvő padlójának egyenértékű hőátbocsátási tényezőjét és transzmissziós hőátviteli tényezőjét! A talaj agyagos, a padló hőszigetetlen, a csatlakozó fal vastagsága 0,3 m, egyenértékű hővezetési tényezője 0,25 W/mK . A homlokzati falon és a lábazon hőszigetelés nem található. A padló a terepszint közelében fekszik ($z=0$).



25.5. ábra: Öt egységből álló sorház vázlata

5 egység egy épületként számítva:

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

$$B = \frac{A}{0,5P} = \frac{210}{0,5 \cdot 74} = 5,676 \text{ m}$$

ahol

A a kondicionált tér padlójának területe, $A = 7 \cdot 30 = 210 \text{ m}^2$;

P a padló kitett kerülete, melybe beleszámítandó a külső környezettől vagy a szomszédos fűtetlen tértől elválasztó csatlakozások hossza, az 5 épületet egyben kezelve $P = 30 + 7 + 30 + 7 = 74 \text{ m}$.

A padló egyenértékű vastagsága:

$$d_p = d_f + \lambda_{\text{talaj}}(R_{si} + R_p + R_{se}) = 0,3 + 1,5(0,17 + 0 + 0,04) = 0,615 \text{ m}$$

ahol

d_f a csatlakozó külső falak teljes vastagsága, $d_f = 0,3 \text{ m}$;

λ_{talaj} a talaj hővezetési tényezője, agyagos talaj esetén $\lambda_{\text{talaj}} = 1,5 \text{ W/mK}$ (ÉKM 1. függelék 4.6. táblázat);

R_p a padló szerkezet hővezetési ellenállása, a padlóban nincs hőszigetelő réteg, a betonlemez, vékony padlóburkolatok és az ágyazat ellenállása elhanyagolható, ezért $R_p = 0 \text{ m}^2\text{K/W}$;

R_{si} a belső hőátadási ellenállás, lefelé irányuló hőáram esetén $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ÉKM 1. függelék 4.1. táblázat);

R_{se} a külső hőátadási ellenállás, $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ÉKM 1. függelék 4.1. táblázat).

Mivel a padlóban nincs hőszigetelés, a talajon fekvő padló egyenértékű hőátbocsátási tényezője a következőképpen számítható ($d_p < B$ esete, $z = 0$):

$$U_{T,p} = \frac{2\lambda_{\text{talaj}}}{\pi B + d_p} \ln\left(\frac{\pi B}{d_p} + 1\right) = \frac{2 \cdot 1,5}{3,142 \cdot 5,676 + 0,615} \ln\left(\frac{3,142 \cdot 5,676}{0,615} + 1\right) = 0,553 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A padló és fal csatlakozási hőhíd hatását kifejező vonalmenti hőátbocsátási tényezőt az ÉKM 1. függelékének 6.4-es táblázatából választhatjuk ki.

A külső falat alkotó vakolatlan falazat egyenértékű hővezetési tényezője $0,25 \text{ W/mK}$. A külső fal és a lábazati fal hőszigetetlen. A padlóban nincs hőszigetelés.

6.4. táblázat: $\Psi_{0,f}$ padló-fal csatlakozási hőhid hatását kifejező vonalmenti hőátbocsátási tényező

Külső falat alkotó vakolatlan falazat egyenértékű hővezetési tényezője	Külső fal kialakítása	Lábazati fal hőszigeteletlen		Lábazati fal csak a terepszintig hőszigetelt ¹		Lábazati fal a terepszint alatt 0,5 m-ig hőszigetelt ¹	
		Padló hőszigeteletlen	Padló hőszigetelt ¹	Padló hőszigeteletlen	Padló hőszigetelt ¹	Padló hőszigeteletlen	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 m²K/W hővezetési ellenállású hőszigetelő réteget.

Ezek alapján $\psi_{pf} = 0,1 \text{ W/mK}$

A talajon fekvő padló szerkezet transzmissziós hőátviteli tényezője a következő:

$$H_{tr,T,p} = A \cdot U_{T,p} + P \cdot \psi_{pf} = 210 \cdot 0,553 + 74 \cdot 0,1 = \mathbf{123,53 \text{ W/K}}$$

Az 1. és 5. egység

A számítás azonos az előzővel, de csak egy szélső egységet veszünk figyelembe a geometria számításakor. A kitett terület csak a külső környezettől elválasztó falak hosszát tartalmazza, a szomszédos fűtött egységgel közös fal hosszát nem.

$$A = 6 \cdot 7 = 42 \text{ m}^2$$

$$P = 6 + 7 + 6 = 19 \text{ m}$$

$$B = \frac{42}{0,5 \cdot 19} = 4,421 \text{ m}$$

$$U_{T,p} = \frac{2\lambda_{talaj}}{\pi B + d_p} \ln \left(\frac{\pi B}{d_p} + 1 \right) = \frac{2 \cdot 1,5}{3,142 \cdot 4,421 + 0,615} \ln \left(\frac{3,142 \cdot 4,421}{0,615} + 1 \right) = \mathbf{0,654 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

$$H_{tr,T,tp} = 42 \cdot 0,654 + 19 \cdot 0,1 = \mathbf{29,368 \text{ W/K}}$$

A 2. 3. és 4. egység

A számítás azonos az előzővel, de csak egy közbülső egységet veszünk figyelembe a geometria számításakor. A kitett terület csak a külső környezettől elválasztó falak hosszát tartalmazza, a szomszédos fűtött egységgel közös fal hosszát nem.

$$A = 6 \cdot 7 = 42 \text{ m}^2$$

$$P = 6 + 6 = 12 \text{ m}$$

$$B = \frac{42}{0,5 \cdot 12} = 7 \text{ m}$$

$$U_{T,p} = \frac{2\lambda_{\text{talaj}}}{\pi B + d_p} \ln \left(\frac{\pi B}{d_p} + 1 \right) = \frac{2 \cdot 1,5}{3,142 \cdot 7 + 0,615} \ln \left(\frac{3,142 \cdot 7}{0,615} + 1 \right) = 0,478 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$H_{tr,T,tp} = 42 \cdot 0,478 + 12 \cdot 0,1 = 21,276 \text{ W/K}$$

Összehasonlítás

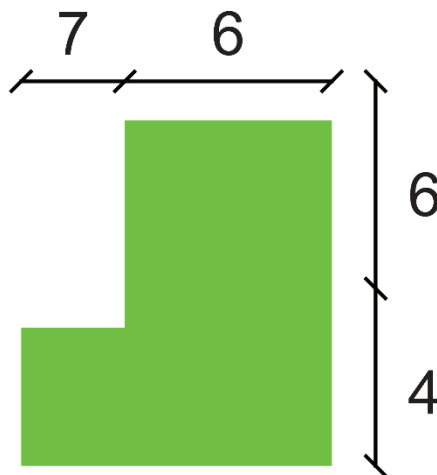
A sorházat egy épületként számítva: $H_{tr,T,tp} = 123,53 \text{ W/K}$

Az 5 egység összegeként számítva: $H_{tr,T,tp} = 2 \cdot 29,368 + 3 \cdot 21,276 = 122,564 \text{ W/K}$

A különbség a kétféle számítási módszer között $< 1\%$.

25.9 Talajon fekvő padló – L-alakú családi ház

Határozzuk meg egy L-alakú családi ház talajon fekvő padlójának egyenértékű hőátbocsátási tényezőjét különböző hőszigetelésű padló esetén! A talaj összetétele nem ismert, a csatlakozó külső fal vastagsága 0,3 m. A padló a terepszint közelében fekszik.



25.6. ábra: L-alakú épület vázlata

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

$$B = \frac{A}{0,5P} = \frac{72}{0,5 \cdot 38} = 3,789 \text{ m}$$

ahol

A a kondicionált tér padlójának területe, $A = (10 \times 6) + (3 \times 4) = 72 \text{ m}^2$;

P a padló kitett kerülete, melybe beleszámítandó a külső környezettől vagy a szomszédos fűtetlen tértől elválasztó csatlakozások hossza, $P = 10 + 6 + 6 + 3 + 4 + 9 = 38 \text{ m}$.

A) Hőszigetelés nélküli padló

A padló egyenértékű vastagsága:

$$d_p = d_f + \lambda_{talaj}(R_{si} + R_p + R_{se}) = 0,3 + 2,0 (0,17 + 0 + 0,04) = 0,72 \text{ m}$$

ahol

d_f a csatlakozó külső falak teljes vastagsága, $d_f = 0,3 \text{ m}$;

λ_{talaj} a talaj hővezetési tényezője, ismeretlen talaj esetén $\lambda_{talaj} = 2 \text{ W/mK}$ (ÉKM 1. függelék 4.6. táblázat);

R_p a padló szerkezet hővezetési ellenállása: a padlóban nincs hőszigetelő réteg, a betonlemez, vékony padlóburkolatok és az ágyazat ellenállása elhanyagolható, ezért $R_p = 0 \text{ m}^2\text{K/W}$;

R_{si} a belső hőátadási ellenállás, lefelé irányuló hőáram esetén $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ÉKM 1. függelék 4.1. táblázat);

R_{se} a külső hőátadási ellenállás, $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ÉKM 1. függelék 4.1. táblázat).

Mivel a padlóban nincs hőszigetelés, a talajon fekvő padló egyenértékű hőátbocsátási tényezője a következőképpen számítható ($d_p < B$ esete, $z = 0$):

$$U_{tp} = \frac{2\lambda_{talaj}}{\pi B + d_p} \ln\left(\frac{\pi B}{d_p} + 1\right) = \frac{2 \cdot 2}{3,142 \cdot 3,789 + 0,72} \ln\left(\frac{3,142 \cdot 3,789}{0,72} + 1\right) = 0,91 \text{ W/m}^2\text{K}$$

B) Hőszigetelés nélküli padló + kis testsűrűségű lábazati fal

Az épület az A) példa szerinti padlóval és alacsony testsűrűségű lábazati fallal épül, melynek hőszigetelő képességét figyelembe lehet venni. A lábazati fal 300 mm széles és 600 mm mély, hővezetési tényezője $0,25 \text{ W/mK}$

A kis testsűrűségű, jó hőszigetelő képességű lábazati fal hatását egy negatív előjelű vonalmenti hőátbocsátási tényezővel vesszük figyelembe. A lábazati hőszigetelés (fal) többlet hővezetési ellenállása, azaz a lábazati hőszigetelés (fal) és az általa helyettesített talaj hővezetési ellenállásának különbsége:

$$R' = R_{psz} - \frac{d_{psz}}{\lambda_{talaj}} = \frac{0,3}{0,25} - \frac{0,3}{2,0} = 1,05 \text{ m}^2\text{K/W}$$

ahol

R_{psz} a perem szigetelés (lábazati fal) hővezetési ellenállása, $R_{psz} = 0,3/0,25 = 1,2 \text{ m}^2\text{K/W}$;

d_{psz} a perem szigetelés (lábazati fal) vastagsága, $d_{psz} = 0,3 \text{ m}$;

λ_{talaj} a talaj hővezetési tényezője, ismeretlen talaj esetén $\lambda_{talaj} = 2 \text{ W/mK}$ (ÉKM 1. függelék 4.6. táblázat).

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

$$d' = R' \lambda_{talaj} = 1,05 \cdot 2 = 2,1 \text{ m}$$

A kis testsűrűségű lábazati fal vonalmenti hőátbocsátási tényezője:

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

ahol

D a függőlegesen elhelyezett perem hőszigetelés (lábazati fal) mélysége a talajszint alatt,
 $D = 0,6 \text{ m}$;

$$\Psi_{psz,f} = -\frac{2}{3,142} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 0,6}{0,72} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2 \cdot 0,6}{0,72 + 2,1} + 1 \right) \right] = -0,400 \text{ W/mK}$$

A padló egyenértékű hőátbocsátási tényezője figyelembe véve a lábazati szigetelés hatását:

$$U_{T,p} = U_{T,p,0} + \frac{P_{psz} \Psi_{psz}}{A} = 0,91 + \frac{38 \cdot (-0,4)}{72} = \mathbf{0,7 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

C) Egyenletesen hőszigetelt padló (25 mm 0,04 W/m·K hővezetési tényezőjű hőszigetelés), lábazati hőszigetelés nélkül

A padlószervezet hővezetési ellenállásában figyelembe vesszük a hőszigetelő réteget:

$$R_p = 0,025/0,04 = 0,625 \text{ m}^2\text{K/W}$$

A padló egyenértékű vastagsága:

$$d_p = d_f + \lambda_{talaj}(R_{si} + R_p + R_{se}) = 0,3 + 2,0 (0,17 + 0,625 + 0,04) = 1,97 \text{ m}$$

$d_p < B$, ezért a padló gyengén hőszigeteltnek tekinthető és az alábbi képletet kell alkalmaznunk:

$$U_{T,p} = \frac{2\lambda_{talaj}}{\pi B + d_p} \ln \left(\frac{\pi B}{d_p} + 1 \right) = \frac{2 \cdot 2}{3,142 \cdot 3,789 + 1,97} \ln \left(\frac{3,142 \cdot 3,789}{1,97} + 1 \right) = \mathbf{0,56 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

D) Jól hőszigetelt padló (100 mm 0,04 W/mK hővezetési tényezőjű hőszigetelés), lábazati hőszigetelés nélkül

A padlószervezet hővezetési ellenállásában figyelembe vesszük a hőszigetelő réteget:

$$R_p = 0,1/0,04 = 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$$

A padló egyenértékű vastagsága:

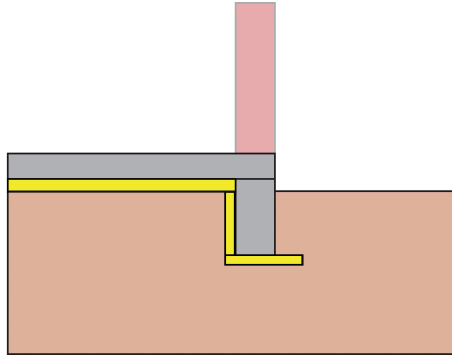
$$d_p = d_f + \lambda_{talaj}(R_{si} + R_p + R_{se}) = 0,3 + 2,0 (0,17 + 2,5 + 0,04) = 5,72 \text{ m}$$

$d_p > B$, ezért a padlószervezet jól hőszigeteltnek tekinthető és az alábbi képletet alkalmazhatjuk:

$$U_{T,p} = \frac{\lambda_{talaj}}{0,457B + d_p} = \frac{2}{0,457 \cdot 3,789 + 5,72} = \mathbf{0,27 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

E) Jól hőszigetelt padló (100 mm 0,04 W/mK hővezetési tényezőjű hőszigetelés) + perem hőszigetelés

A padló függőleges perem hőszigetelést kap a lábazat belső oldalán 500 mm mélységig ($D = 500 \text{ mm}$), ez a hőszigetelés az épülettől 600 mm-re kinyúlva vízszintes peremszigetelésként folytatódik ($D = 600 \text{ mm}$) (az ábra szerint). Mind a függőleges, mind a vízszintes lábazati hőszigetelés $d_n = 75 \text{ mm}$ vastag, tervezési hővezetési tényezőjük $0,05 \text{ W/mK}$, azaz a hővezetési ellenállás $R_n = 1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$. A sarkoknál a fagy ellen többlet-hőszigetelés van elhelyezve, de az egyenértékű hőátbocsátási tényező számításánál ezt nem vesszük figyelembe.



25.7. ábra. Fagy elleni perem hőszigetelés

Mivel kétféle (vízszintes és függőleges) perem hőszigetelés van, a számítást külön el kell végeznie az egyes hőszigetelésekre, és a legnagyobb csökkenést adó szigetelést lehet figyelembe venni.

A többlet hővezetési ellenállás a lábazati hőszigetelés miatt:

$$R' = R_{psz} - \frac{d_{psz}}{\lambda_{talaj}} = 1,5 - \frac{0,075}{2,0} = 1,46 \text{ m}^2\text{K/W}$$

ahol

R_{psz} a perem hőszigetelés hővezetési ellenállása, $R_{psz} = 0,075/0,05 = 1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$;

d_{psz} a perem hőszigetelés vastagsága, $d_{psz} = 0,075 \text{ m}$;

λ_{talaj} a talaj hővezetési tényezője, ismeretlen talaj esetén $\lambda_{talaj} = 2 \text{ W/mK}$ (ÉKM 1. függelék 4.6. táblázat).

A perem hőszigetelés miatti többlet egyenértékű vastagság:

$$d' = R' \lambda_{talaj} = 1,46 \cdot 2 = 2,92 \text{ m}$$

A függőleges perem hőszigetelésre:

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

$$\Psi_{psz,f} = -\frac{2}{3,142} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 0,5}{5,72} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2 \cdot 0,5}{5,72 + 2,92} + 1 \right) \right] = -0,033 \text{ W/mK}$$

A vízszintes perem hőszigetelésre:

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

$$\psi_{psz,v} = -\frac{2}{3,142} \left[\ln \left(\frac{0,6}{5,72} + 1 \right) - \ln \left(\frac{0,6}{5,72 + 2,92} + 1 \right) \right] = -0,021 \text{ W/mK}$$

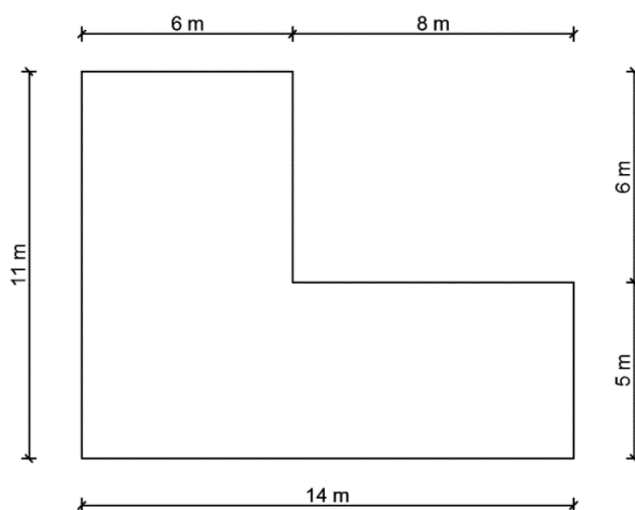
A függőleges hőszigetelés hatása nagyobb, így a padló egyenértékű hőátbocsátási tényezője figyelembe véve a lábazati szigetelés hatását:

$$U_{T,p} = U_{T,p,0} + \frac{P_{psz} \Psi_{psz}}{A} = 0,27 + \frac{38 \cdot (-0,033)}{72} = 0,25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

25.10 L-alakú talajjal érintkező padlószerkezet, az alaptest mellett elhelyezett hőszigetelő sávval

Határozzuk meg egy L alakú talajjal érintkező padlószerkezet transzmissziós hőátviteli tényezőjét!

A padlószerkezet geometriája a következő:



25.8. ábra: A vizsgált padlószerkezet geometriája

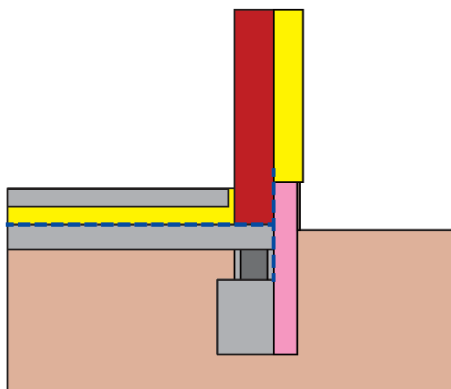
A padlószerkezet felépítése a következő:

- 2 cm parketta ($\lambda = 0,17 \text{ W/mK}$)
- 6 cm cementesztich ($\lambda = 1,35 \text{ W/mK}$)
- 10 cm EPS100 hőszigetelés ($\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$)
- 0,6 cm vízszigetelés ($\lambda = 0,25 \text{ W/mK}$)
- 12 cm vasalt aljzatbeton ($\lambda = 2,5 \text{ W/mK}$)
- 20 cm kavicsfeltöltés ($\lambda = 2,0 \text{ W/mK}$)

A csatlakozó falszerkezet 30 cm vastagságú ($\lambda = 0,2 \text{ W/mK}$), a padlószerkezet alatt agyagos talaj található. Számítsuk ki a transzmissziós hőveszteségeket hőszigetetlen fal és lábazati fal

esetén, valamint akkor, ha az épület utólagos hőszigetelése során a homlokzati falat hőszigeteljük és a mellett külső oldalon függőleges hőszigetelő sávot is elhelyezünk.

Az utólagos hőszigetelés során az alaptest mellett a külső terepszinttől számított 1 méteres mélységig 16 cm vastagságú XPS hőszigetelő táblából ($\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$) kialakított függőleges hőszigetelő sáv kerül elhelyezésre az alábbi ábra szerint:



25.9. ábra: A vizsgált padló és lábazat csatlakozás épületszerkezeti kialakítása

A padlószerkezet hővezetési ellenállásának meghatározása

A belső oldali felületi ellenállás lefelé irányuló hőáram esetén $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$, a külső oldali ellenállás $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$. A kavicsfeltöltés ellenállását nem szabad figyelembe venni, ezért ezzel a réteggel nem számolunk. A betonlemez, padlóburkolatok és vízszigetelése hatása elhanyagolható, de jelen példában figyelembe vesszük őket. A szerkezet rétegrendjét belülről kifelé irányba számítva:

$$R_p = \sum_i \frac{d_i}{\lambda_i} = \frac{0,02}{0,17} + \frac{0,06}{1,35} + \frac{0,1}{0,039} + \frac{0,006}{0,25} + \frac{0,12}{2,5} = 2,798 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

A padlószerkezet rétegtervi hőátbocsátási tényezője (melyet az ÉKM 1. függelék szerinti számítások során nem alkalmazunk a továbbiakban):

$$U_p = \frac{1}{R_{si} + R_p + R_{se}} = \frac{1}{0,17 + 2,798 + 0,04} = 0,332 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Az egyenértékű padlóvastagság meghatározása

Az egyenértékű padlóvastagság meghatározásához a padlószerkezet alatti altalaj hővezetési tényezőjének ismeretére van szükség. Mivel a talaj agyagos, ezért az ÉKM 1. függelék 4.6. táblázat értelmében:

$$\lambda_{talaj} = 1,5 \text{ W/mK}$$

A padlószerkezet csatlakozó falvastagság, a talaj hővezetési tényezőjének és a belső felületi ellenállás, valamint a padlószerkezet hővezetési ellenállásának ismeretében számítható:

$$d_p = d_f + \lambda_{talaj} \cdot (R_{si} + R_p + R_{se}) = 0,3 + 1,5 \cdot (0,17 + 2,798 + 0,04) = 4,81 \text{ m}$$

A padlószerkezet jellemző méretének meghatározása

A padlószerkezet jellemző méretét a B segédmenyiséggel jellemezhetjük, melynek számításához ismernünk kell a padlószerkezet területét, illetve kerületét:

$$A = 5 \cdot 14 + 6 \cdot 6 = 106 \text{ m}^2$$

$$P = 14 + 5 + 8 + 6 + 6 + 11 = 50 \text{ m}$$

melyek ismeretében:

$$B = \frac{A}{0,5 \cdot P} = \frac{106}{0,5 \cdot 50} = 4,24 \text{ m}$$

A talajon fekvő padló egyenértékű hőátbocsátási tényezője

Az előbbieken számított két mennyiség, a d_p és a B összehasonlításával dönthetjük el, hogy a padlószerkezet hőátbocsátási tényezőjét melyik képlettel határozhatjuk meg. Jelen padlószerkezet esetében $d_p > B$, ezért a padlószerkezet jól hőszigeteltnek számít, így az alábbi képletet alkalmazzuk:

$$U_{T,p} = \frac{\lambda_{talaj}}{0,457 \cdot B + d_p} = \frac{1,5}{0,457 \cdot 4,24 + 4,81} = \mathbf{0,222 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Megállapíthatjuk, hogy jelen padlószerkezet esetén a rétegtervi hőátbocsátási tényezőhöz képest a talaj hatását is figyelembe vevő egyenértékű hőátbocsátási tényező 33%-kal alacsonyabb.

A talajon fekvő padló transzmissziós hőátviteli tényezője

A padlószerkezet transzmissziós hőátviteli tényezője a talajjal érintkező padló hőátbocsátási tényezőjének padlófelülettel vett szorzatának és a padló-fal csatlakozási hőhidak figyelembevételéhez szükséges vonalmenti hőátbocsátási tényező kitett terület mentén vett szorzatának összege.

A padló és fal csatlakozási hőhíd hatását kifejező vonalmenti hőátbocsátási tényezőt az ÉKM 1. függelékének 6.4-es táblázatából választhatjuk ki. A külső falat alkotó vakolatlan falazat egyenértékű hővezetési tényezője $0,2 \text{ W/mK}$. A külső fal és a lábazati fal is egyelőre hőszigetetlen. A padló hőszigetelt, mivel tartalmaz egy legalább $1,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ hővezetési ellenállású réteget (10 cm EPS100 $\rightarrow 0,1/0,039 = 2,56 \text{ m}^2\text{K/W}$).

6.4. táblázat: Ψ_{pf} padló-fal csatlakozási hőhíd hatását kifejező vonalmenti hőátbocsátási tényező

Külső falat alkotó vakolatlan falazat egyenértékű hővezetési tényezője	Külső fal kialakítása	Lábazati fal hőszigetelése		Lábazati fal csak a terepszintig hőszigetelt ¹		Lábazati fal a terepszint alatt 0,5 m-ig hőszigetelt ¹	
		Padló hőszigetelése	Padló hőszigetelt ¹	Padló hőszigetelése	Padló hőszigetelt ¹	Padló hőszigetelése	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.

Ezek alapján $\psi_{pf} = 0,15 \text{ W/mK}$

A padló szerkezet transzmissziós hőátviteli tényezője a következő:

$$H_{tr,T,p} = A \cdot U_{T,p} + P \cdot \psi_{pf} = 106 \cdot 0,222 + 50 \cdot 0,15 = 31,032 \text{ W/K}$$

Számítsunk tovább, és határozzuk meg az alaptest mellett elhelyezett függőleges hőszigetelő sáv hatását az utólagosan hőszigetelt esetre!

A függőlegesen elhelyezett hőszigetelő sáv hatása

A számításhoz ismernünk kell a külső talajszinttől mért elhelyezési mélységet, mely jelen esetben: $D = 1 \text{ m}$

A peremszigetelés hővezetési ellenállásának (R_n), valamint a szigetelés vastagságának (d_n) és a talaj hővezetési tényezőjének (λ) ismeretében számítható a peremszigetelés miatti többletellenállás:

$$R' = R_{psz} - \frac{d_{psz}}{\lambda_{talaj}} = \frac{0,16}{0,04} - \frac{0,16}{1,5} = 3,8933 \text{ m}^2\text{K/W}$$

mely segítségével a peremszigetelés miatti többlet egyenértékű vastagság is meghatározható:

$$d' = R' \cdot \lambda_{talaj} = 3,8933 \cdot 1,5 = 5,84 \text{ m}$$

A szigetelő sávot függőlegesen elhelyezve az alaptest mellé, a hatást figyelembe vevő vonalmenti hőátbocsátási tényező a következő képlet segítségével adható meg:

$$\begin{aligned} \psi_{psz,f} &= -\frac{\lambda_{talaj}}{\pi} \cdot \left[\ln \left(\frac{2D}{d_p} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2D}{d_p + d'} + 1 \right) \right] = \\ &= -\frac{1,5}{3,1416} \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 1}{4,81} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2 \cdot 1}{4,81 + 5,84} + 1 \right) \right] \end{aligned}$$

$$= -0,0838 \text{ W/mK}$$

Az érdekesség kedvéért vizsgáljuk meg, hogy hasonló paraméterekkel rendelkező vízszintesen elhelyezett hőszigetelő sáv hogyan befolyásolná a hőveszteségeket:

$$\begin{aligned}\psi_{\text{psz},v} &= -\frac{\lambda_{\text{talaj}}}{\pi} \cdot \left[\ln\left(\frac{D}{d_p} + 1\right) - \ln\left(\frac{D}{d_p + d'} + 1\right) \right] = \\ &= -\frac{1,5}{3,1416} \cdot \left[\ln\left(\frac{1,0}{4,81} + 1\right) - \ln\left(\frac{1,0}{4,81 + 5,84} + 1\right) \right] \\ &= -0,0473 \text{ W/mK}\end{aligned}$$

A levonandó vonalmenti hőátbocsátási tényező a függőleges szigeteléshez képest közel a felére változott. Tehát a függőleges hőszigetelő sáv elhelyezése előnyösebbnek tekinthető!

A talajon fekvő padló egyenértékű hőátbocsátási tényezője, figyelembe véve a perem hőszigetelés hatását

Az egyenértékű hőátbocsátási tényező a perem hőszigetelés hatását is figyelembe véve:

$$U_{T,p} = U_{T,p,0} + \frac{P_{\text{psz}} \psi_{\text{psz}}}{A} = 0,222 + \frac{50 \cdot (-0,0838)}{106} = \mathbf{0,1827 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Az egyenértékű hőátbocsátási tényező a perem menti hőszigetelés hatására közel 20%-kal csökkent.

A talajon fekvő padló transzmissziós hőátviteli tényezője, figyelembe véve a perem hőszigetelés hatását

A padló szerkezet transzmissziós hőátviteli tényezője a talajjal érintkező padló hőátbocsátási tényezőjének padlófelülettel vett szorzatának és a padló-fal csatlakozási hőhidak figyelembevételéhez szükséges vonalmenti hőátbocsátási tényező kitett terület mentén vett szorzatának összege.

A padló és fal csatlakozási hőhíd hatását kifejező vonalmenti hőátbocsátási tényezőt ez esetben is az ÉKM 1. függelékének 6.4-es táblázatából választhatjuk ki. A külső falat alkotó vakolatlan falazat egyenértékű hővezetési tényezője változatlanul 0,2 W/mK. A külső falat az utólagos hőszigetelés során megszakítatlan hőszigeteléssel látták el. A lábazati fal a terpszint alatt több, mint 0,5 m mélységig hőszigetelt. A padló továbbra is hőszigetelt, mivel tartalmaz egy legalább 1,25 m²K/W hővezetési ellenállású réteget (10 cm EPS100 -> 0,1/0,039 = 2,56 m²K/W).

6.4. táblázat: Ψ_{pf} padló-fal csatlakozási hőhid hatását kifejező vonalmenti hőátbocsátási tényező

Külső falat alkotó vakolatlan falazat egyenértékű hővezetési tényezője	Külső fal kialakítása	Lábazati fal hőszigeteletlen		Lábazati fal csak a terepszintig hőszigetelt ¹		Lábazati fal a terepszint alatt 0,5 m-ig hőszigetelt ¹	
		Padló hőszigeteletlen	Padló hőszigetelt ¹	Padló hőszigeteletlen	Padló hőszigetelt ¹	Padló hőszigeteletlen	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.

Ezek alapján $\psi_{pf} = 0,1 \text{ W/mK}$

A padló szerkezet transzmissziós hőátviteli tényezője az utólagos hőszigetelés után a következő:

$$H_{tr,T,p} = A \cdot U_{T,p} + P \cdot \psi_{pf} = 106 \cdot 0,205 + 50 \cdot 0,10 = \mathbf{26,73 \text{ W/K}}$$

Láthatjuk, hogy függőlegesen elhelyezett hőszigetelő sáv mintegy 14%-kal csökkentette a padló szerkezet transzmissziós hőveszteségeit.

25.11 Fűtött pince

A fűtött pince alapterülete $10 \text{ m} \times 7,5 \text{ m}$, mélysége $2,5 \text{ m}$ a talajszint alatt; a talaj típusa homok-kavics; a falvastagság a talajszinten $0,3 \text{ m}$; a padlóban nincs hőszigetelés; a pincefalak 300 mm falazatból (hővezetési tényező $1,7 \text{ W/mK}$) és 50 mm $0,035 \text{ W/mK}$ hővezetési tényezőjű hőszigetelésből állnak. Mekkora a pincepadló és a pincefal egyenértékű hőátbocsátási tényezője és transzmissziós hőátviteli tényezője?

A pincepadló egyenértékű hőátbocsátási tényezője

Számítandó a padló karakterisztikus mérete:

$$B = \frac{A}{0,5P} = \frac{75}{0,5 \cdot 35} = 4,286 \text{ m}$$

ahol

A a padló területe, $A = 10 \times 7,5 = 75 \text{ m}^2$;

P a padló kitett kerülete, $P = 2 \cdot (10 + 7,5) = 35 \text{ m}$.

A padló egyenértékű vastagsága:

$$d_p = d_f + \lambda_{talaj}(R_{si} + R_p + R_{se}) = 0,3 + 2,0 (0,17 + 0 + 0,04) = 0,72 \text{ m}$$

ahol

- d_f a csatlakozó külső falak teljes vastagsága, $d_f = 0,3 \text{ m}$;
- λ_{talaj} a talaj hővezetési tényezője, homok-kavics esetén $\lambda_{talaj} = 2,0 \text{ W/mK}$ (ÉKM 1. függelék 4.6. táblázat);
- R_p a padló szerkezet hővezetési ellenállása: a padlóban nincs hőszigetelő réteg, a betonlemez, vékony padlóburkolatok és az ágyazat ellenállása elhanyagolható, ezért $R_p = 0 \text{ m}^2\text{K/W}$;
- R_{si} a belső hőátadási ellenállás, lefelé irányuló hőáram esetén $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ÉKM 1. függelék 4.1. táblázat);
- R_{se} a külső hőátadási ellenállás, $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ÉKM 1. függelék 4.1. táblázat).

A pincepadló mélysége 2,5 m a talajszint alatt ($z = 2,5 \text{ m}$), így:

$$d_p + 0,5z = 0,72 + 0,5 \cdot 2,5 = 1,97 \text{ m}$$

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

$$U_{T,p} = \frac{2\lambda_{talaj}}{\pi B + d_p + 0,5z} \ln\left(\frac{\pi B}{d_p + 0,5z} + 1\right) = \frac{2 \cdot 2}{3,142 \cdot 4,286 + 0,72 + 1,25} \ln\left(\frac{3,142 \cdot 4,286}{0,72 + 1,25} + 1\right) = 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A pincefal egyenértékű hőátbocsátási tényezője

Számítandó a fűtött pince falának egyenértékű vastagsága:

$$d_{pf} = \lambda_{talaj}(R_{si} + R_{pf} + R_{se}) = 2,0 \left(0,13 + \left(\frac{0,05}{0,035} + \frac{0,3}{1,7}\right) + 0,04\right) = 3,55 \text{ m}$$

ahol

- λ_{talaj} a talaj hővezetési tényezője, homok-kavics esetén $\lambda_{talaj} = 2 \text{ W/mK}$ (ÉKM 1. függelék 4.6. táblázat);
- R_{pf} a pincefal hővezetési ellenállása figyelembe véve a falazat és a hőszigetelés ellenállását: $R_{pf} = 0,05/0,035 + 0,3/1,7 = 1,605 \text{ m}^2\text{K/W}$;
- R_{si} a belső hőátadási ellenállás, vízszintes hőáram esetén $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ÉKM 1. függelék 4.1. táblázat);
- R_{se} a külső hőátadási ellenállás, $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ÉKM 1. függelék 4.1. táblázat).

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

$$U_{T,pf} = \frac{2\lambda_{talaj}}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5d_p}{d_p + z}\right) \ln\left(\frac{z}{d_p} + 1\right) = \frac{2 \cdot 2}{3,142 \cdot 2,5} \left(1 + \frac{0,5 \cdot 0,72}{0,72 + 2,5}\right) \ln\left(\frac{2,5}{3,550} + 1\right) = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A pince transzmissziós hőátviteli tényezője

Fűtött pince transzmissziós hőátviteli tényezőjének számításakor a talajjal érintkező pincepadló és a pincefal hőveszteségét összegezni kell (a padló-fal csatlakozási hőhidat itt elhanyagolhatjuk):

$$H_{tr,T,p} = AU_{T,p} + zPU_{T,pf} + P\Psi_{p,f} = 75 \cdot 0,53 + 2,5 \cdot 35 \cdot 0,3 + 0 = 66 \text{ W/K}$$

25.12 Nettó fűtési energiaigény és fajlagos hőveszteség-tényező számítása

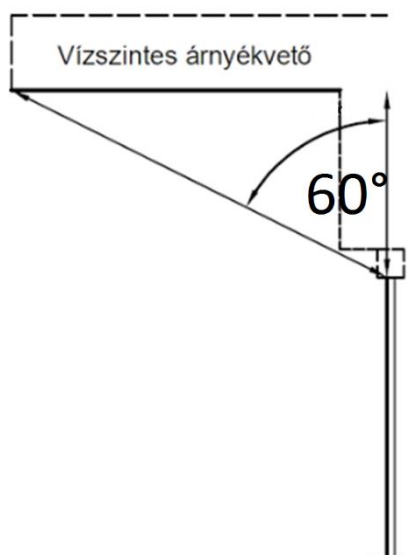
Számítsuk ki egy lakóépület nettó fűtési energiaigényét és fajlagos hőveszteség-tényezőjét. A vizsgált épület nettó fűtött alapterülete 90 m^2 , belmagassága $2,7 \text{ m}$.

A külső fal rétegrendje és a rétegekhez tartozó hővezetési tényező értéke (tervezési értékek):

1,5 cm belső vakolat	$\lambda = 0,8 \text{ W/mK}$
30 cm tégl	$\lambda = 0,52 \text{ W/mK}$
6 cm szigetelés	$\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$
0,5 cm külső vakolat	$\lambda = 0,8 \text{ W/mK}$

A külső homlokzat teljes felülete (belméretekkel számolva): $A_{\text{homl}} = 100 \text{ m}^2$

Az ablakfelületek megoszlása: 2 m^2 É-i, 4 m^2 K-i, 4 m^2 Ny-i és 6 m^2 D-i ablak van. A déli oldalon az ablakok felett 60 fokos szögben látszó árnyékvető található (ld. ábra).



25.10 ábra: D-i ablaknál elhelyezkedő árnyékvető

Az ablakok hőtechnikai adatai:

Hőátbocsátási tényező (üvegezés és keret együttesen): $U_{\text{ablak}} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Sugárzásátbocsátási képesség: $g_n = 0,59$

A többi határolószerkezetet a feladatban nem részletezzük, ezeket egyszerűsítve, a külső környezettel határosként kezeljük. Összes veszteségtényezőjük minden hónapban (a tömör falszerkezeteket nem számolva):

$$\Sigma AU_R = 82 \text{ W/K}$$

A nettó fűtési hőigény a következő képlettel számítható.

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

ahol

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

η_F a nyereségek hasznosítási tényezője,

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

A fajlagos hőveszteségtényező az alábbi képlettel számolható:

$$q = \frac{1000}{V \cdot \Delta t} \sum_{\text{nov}}^{\text{márc}} \frac{Q_{tr,F} - \eta_F (Q_{sd,F} + Q_{sid,F})}{\theta_{i,F} - \theta_{e,átlag}} \left[\frac{W}{m^3 K} \right]$$

Mind a nettó fűtési energiaigény, mind a fajlagos hőveszteségtényező számításához meg kell határozni a veszteségeket, a nyereségeket, valamint a hasznosítási tényezőt. A veszteségek két tagból állnak: a transzmissziós és a szellőzési hőátvitelből.

Első lépésben meghatározzuk a szerkezetek hőátbocsátási tényezőjét, majd a transzmissziós hőátviteli tényezőket. A hővezetési ellenállás:

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

ahol:

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

Az MSZ EN ISO 6946 szabvány szerint a külső felületi ellenállás $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{K/W}$, a belső ellenállás vízszintes hőáram esetén $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{K/W}$. A falszerkezet hővezetési ellenállása:

$$R_{tot,fal} = 0,13 + \frac{0,015}{0,8} + \frac{0,3}{0,52} + \frac{0,06}{0,04} + \frac{0,005}{0,8} + 0,04 = 2,272 \frac{m^2 K}{W}$$

Ez alapján a hőátbocsátási tényező:

$$U_{fal} = \frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{2,272} = 0,44 \frac{W}{m^2 K}$$

A csatlakozási hőhidakat egyszerűsített módszerrel vesszük figyelembe, ezért a falszerkezet hőátviteli tényezője az alábbi képlettel számolható:

$$H_{tr,fal} = A_{fal} U_{R,fal}$$

ahol

A_{fal} a falszerkezet területe, a homlokzat felületét az ablakokkal csökkentve: $A_{fal} = 84 \text{ m}^2$,

$U_{R,fal}$ a falszerkezet csatlakozási hőhidakkal korrigált hőátbocsátási tényezője [$W/m^2 K$].

Mivel egy kis épületről van szó, külön számítás nélkül is feltételezhető, hogy a falszerkezet az erősen hőhidas kategóriába tartozik (a biztonság javára tévedve). A falszerkezet külső oldali megszakítatlan hőszigeteléssel van ellátva, tehát az alábbi táblázat alapján a korrekciós tényező $\zeta = 0,3$.

25.1. 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

A korrigált hőátbocsátási tényező:

$$U_R = U \cdot (1 + \zeta) = 0,44 \cdot (1 + 0,3) = 0,572 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A falszerkezet transzmissziós hőátviteli tényezője:

$$H_{tr,fal} = 84 \cdot 0,572 = 48,1 \text{ W/K}$$

A nyílászárók esetén nincs szükség korrekcióra:

$$H_{tr,ablak} = 16 \cdot 1,1 = 17,6 \text{ W/K}$$

Az egyéb külső szerkezetek számítását nem részletezzük, a hőátviteli tényező összesen:

$$H_{tr,egyéb} = 82 \text{ W/K}$$

A transzmissziós hőátvitel számítását annyiban egyszerűsítjük, hogy azt feltételezzük, hogy minden szerkezet a külső környezettel határos:

$$Q_{tr,F} = \left(\sum H_{tr,D,F} \right) (\theta_{i,F} - \theta_{e,átlag}) \cdot \Delta t / 1000$$

ahol

$H_{tr,D,F}$ direkt transzmissziós hőátviteli tényező fűtésre [W/K],

$\theta_{i,F}$ az épület parancsolt hőmérséklete fűtés esetén [°C],

$\theta_{e,átlag}$ a külső tér átlaghőmérséklete, havi átlagérték [°C],

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

Az épület parancsolt hőmérséklete lakó funkció esetén $\theta_{i,F} = 20^\circ\text{C}$ (ÉKM 2. függelék 2.1. táblázat), a külső tér havi átlaghőmérsékletét a rendelet rögzíti (ÉKM 2. függelék 1.1. táblázat).

A transzmissziós hőátvitel számítását november hónapra részletezzük:

$$\theta_{i,F} = 20^\circ\text{C}$$

$$\theta_{e,nov} = 7,6^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 720 \text{ h}$$

$$Q_{tr,F} = ((48,1 + 17,6 + 82)(20 - 7,6)) \cdot \frac{720}{1000} = 1318,4 \text{ kWh}$$

A transzmissziós hőátvitelt az alábbi táblázat tartalmazza.

25.2. táblázat: Transzmissziós hőátvitel havi bontásban

Hónap	Külső hőmérséklet [°C]	Belső hőmérséklet [°C]	Δt [h]	$Q_{tr,F}$ [kWh]
január	2,1	20,0	744	1966,5
február	-0,1	20,0	672	1994,5
március	3,5	20,0	744	1812,7
április	10,9	20,0	720	967,5
május	16,8	20,0	744	351,6
június	20,8	20,0	720	-85,1
július	21,9	20,0	744	-208,7
augusztus	21	20,0	744	-109,9
szeptember	17,8	20,0	720	233,9
október	8,3	20,0	744	1285,4
november	7,6	20,0	720	1318,4
december	-0,1	20,0	744	2208,2

Ezután meg kell határoznunk a szellőzési hőveszteséget. Az épületben csak természetes szellőzés van, tehát a szellőzési hőátviteli tényező összefüggése fűtés esetén:

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

ahol

$n_{szüks}$ átlagos szükséges légcsereszám [1/h],

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],

V az épület térfogata [m³].

A szükséges légcsereszám lakóépületben 0,5 1/h (ÉKM 2. függelék 2.1. táblázat). A nyílászárók jó légzárásúak, de nem áll rendelkezésre légtömörség mérési eredmény. A nyílászárók több homlokzaton helyezkednek el, így $n_{filt} = 0,06$ 1/h (ÉKM 2. függelék, 2.4. táblázat). Az épületben csak természetes szellőzés van, ezért a teljes időszakot vesszük figyelembe. Az épület térfogata $V = 90 \cdot 2,7 = 243$ m³.

$$H_{szell,F} = 0,35 \cdot (0,5 \cdot 1 + 0,06) \cdot 243 = 47,6 \text{ W/K}$$

A szellőzési hőátvitel a következő képlettel számítható:

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

A szellőzési hőátvitel november hónapra:

$$Q_{szell,F,nov} = 47,6 \cdot (20 - 7,6) \cdot \frac{720}{1000} = 425,2 \text{ kWh}$$

A szellőzési hőátvitel havi értékeit az alábbi táblázat tartalmazza.

25.3. táblázat: Szellőzési hőátvitel havi bontásban

Hónap	Külső hőmérséklet [°C]	Belső hőmérséklet [°C]	Δt [h]	$Q_{szell,F}$ [kWh]
január	2,1	20,0	744	634,3
február	-0,1	20,0	672	643,3
március	3,5	20,0	744	584,7
április	10,9	20,0	720	312,1
május	16,8	20,0	744	113,4
június	20,8	20,0	720	-27,4
július	21,9	20,0	744	-67,3
augusztus	21	20,0	744	-35,4
szepember	17,8	20,0	720	75,4
október	8,3	20,0	744	414,6
november	7,6	20,0	720	425,2
december	-0,1	20,0	744	712,2

A teljes hőátvitel a transzmissziós és szellőzési hőátvitel összege:

25.4.táblázat: Teljes hőátvitel havi bontásban

Hónap	Transzmissziós hőátvitel $Q_{tr,F}$ [kWh]	Szellőzési hőátvitel $Q_{szell,F}$ [kWh]	Teljes hőátvitel Q_{veszt} [kWh]
január	1966,5	634,3	2600,8
február	1994,5	643,3	2637,9
március	1812,7	584,7	2397,4
április	967,5	312,1	1279,6
május	351,6	113,4	465,0
június	-85,1	-27,4	-112,5
július	-208,7	-67,3	-276,1
augusztus	-109,9	-35,4	-145,3
szeptember	233,9	75,4	309,3
október	1285,4	414,6	1700,0
november	1318,4	425,2	1743,6
december	2208,2	712,2	2920,5

A nyereségek két fő tagból adódnak össze: a sugárzási és a belső hőnyereségekből. Indirekt sugárzási nyereség az épületben nincsen. A direkt sugárzási nyereség a következő képlettel számítható:

$$Q_{sd,F} = \sum_i A_{ü,i} \cdot g_{F,i} \cdot F_{árny,i} \cdot G_{s,i}$$

ahol

$A_{ü,i}$ az i tájolású és hajlásszögű üvegezés területe [m^2],

$g_{F,i}$ az i tájolású és hajlásszögű üvegezés összesített sugárzásátbocsátási képessége fűtés esetén,

$F_{árny,i}$ a külső akadályok (pl. horizont, függőleges és vízszintes árnyékvető szerkezetek) 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].

Fűtési üzemmód esetén az összefüggésből hiányzik a társított szerkezetek (pl. redőny, spaletta) sugárzásátbocsátási képessége, ugyanis ezek hatásával csak hűtési üzemmódban számolunk.

Az üvegezés területe nem azonos a nyílászáró területével. Az adott épületben nincsen pontos adatunk a keret vastagságára, de általában 30%-os arányt feltételezhetünk (ÉKM 1. függelék). A déli tájolású üvegezés felülete:

$$A_{ü,Dél} = A_{nyz}(1 - F_{keret}) = 6 \cdot (1 - 0,3) = 4,2 \text{ m}^2$$

Az üvegezés sugárzásátbocsátási képessége a következő képlettel számítható:

$$g_F = F_{\ddot{u}} \cdot g_n = 0,9 \cdot 0,59 = 0,531$$

ahol

$F_{\ddot{u}}$ az üvegezés beesési szögtől függő korrekciós tényezője, alapértéke 0,9,

g_n az üveg sugárzásátbocsátási képessége merőlegesen beeső napsugárzás esetén, értéke adott $g_n = 0,59$.

Részletes benapozásvizsgálatot nem végzünk, helyette egyszerűsített módszerrel az árnyékoltsági tényezőt határozzuk meg:

$$F_{\text{árny}} = F_h \cdot F_v \cdot F_f$$

ahol

F_h a horizont árnyékoltsági korrekciós tényezője, az árnyékvető a nyílászáró szerkezetek üvegezésének alsó síkjától értelmezett magasságban és a nyílászáró üvegezésének síkjától mért távolság alapján számítandó,

F_v vízszintes árnyékvető szerkezetek árnyékoltsági korrekciós tényezője, az árnyékvető a nyílászáró üvegezésének felső síkjától értelmezett távolság és a nyílászáró üvegezésének síkjától mért távolság alapján számítandó,

F_f függőleges árnyékvető szerkezetek árnyékoltsági korrekciós tényezője, az árnyékvető a nyílászáró üvegezésének oldalsó síkjától értelmezett távolsággal és a nyílászáró üvegezésének síkjától mért távolság alapján számítandó.

A feladat kiírás szerint a déli ablakok fölött 60° alatt látszó vízszintes árnyékvető található. Az ehhez tartozó korrekciós értéket az ÉKM 2. függelék táblázataiból tudjuk meghatározni (lsd. táblázat). A korrekciós tényező minden hónapban más. Novemberben az értéke 1, tehát ilyenkor ez az árnyékvető nem csökkenti a benapozottságot. A többi ablak esetében nincs árnyékvető, tehát a korrekciós tényező értéke 1.

25.5. táblázat: 60° árnyékvetőszöghöz tartozó korrekciós értékek

Árnyékvetőszög: 60 fok					
Vízszintes árnyékvető, F_v	Függőleges (90 fokos) pozíció				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,99	0,97	0,97	1,00
február	1,00	0,98	0,97	0,95	1,00
március	1,00	0,99	0,97	0,96	0,96
április	0,96	0,95	0,93	0,90	0,79
május	0,95	0,94	0,92	0,87	0,72
június	0,94	0,94	0,93	0,88	0,77
július	0,96	0,95	0,93	0,89	0,77
augusztus	0,93	0,93	0,91	0,88	0,74
szeptember	0,99	0,95	0,93	0,90	0,85
október	1,00	0,97	0,94	0,92	0,98
november	1,00	1,00	0,97	0,96	1,00
december	1,00	1,00	0,98	0,98	1,00

$$F_{\text{árny,Dél,nov}} = F_{v,\text{Dél,nov}} = 1,0$$

A napsugárzási energiahozam értékeit (G_s) az ÉKM 2. függelék tartalmazza, értéke déli tájolású, 90 -os hajlásszögű üvegezés esetén novemberben $78,4 \text{ kWh/m}^2$.

A déli üvegezésen keresztül a szoláris nyereség novemberben:

$$Q_{sd,F,\text{Dél,nov}} = 4,2 * 0,531 * 1,00 * 78,4 = 174,85 \text{ kWh}$$

25.6.. táblázat: Számolt direkt sugárzási nyereségek

Hónap	Direkt sugárzási hőnyereség $Q_{s,F} [\text{kWh}]$			
	Észak	Kelet	Nyugat	Dél
január	9,4	34,6	38,4	135,2
február	13,5	46,8	63,6	159,5
március	17,4	60,5	63,9	143,4
április	30,6	124,6	131,7	173,2
május	42,2	169,2	175,9	176,6
június	44,6	150,9	165,6	151,8
július	39,7	138,0	153,6	154,0
augusztus	34,9	142,1	163,4	182,2
szeptember	23,7	103,9	112,1	198,1
október	17,5	75,8	90,1	248,1
november	11,3	43,1	51,4	174,8
december	7,5	23,5	29,0	88,3

A belső hőnyereség a következő összefüggéssel számítható:

$$Q_{b,F} = A_N \cdot q_b \cdot \frac{\Delta t}{1000} [\text{kWh}]$$

ahol

q_b a fajlagos átlagos belső hőnyereség, mely tartalmazza a használók, berendezések, háztartási gépek, világítás hőleadását, valamint az épülettechnikai rendszerek hasznosítható veszteségeit $[\text{W/m}^2]$,

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

A belső hőnyereség értéke lakóépületek esetén $q_b = 5 \text{ W/m}^2$ (ÉKM, 2. függelék), ennek értéke minden hónapban azonos. A hónapok eltérő hossza miatt a havi hőnyereség eltérő, november hónapban:

$$Q_{b,F} = A_N \cdot q_b \cdot \frac{\Delta t}{1000} = 90 * 5 * \frac{720}{1000} = 324 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{hó}} \right]$$

A teljes hőnyereséget a következő táblázat mutatja.

25.7. táblázat: Egyes hónapok hőnyereségei

Hónap	Direkt sugárzási hőnyereség $Q_{s,F}$ [kWh]	Belső hőnyereség $Q_{b,F}$ [kWh]	Teljes hőnyereség Q_{nyer} [kWh]
január	217,5	334,8	552,3
február	283,4	302,4	585,8
március	285,3	334,8	620,1
április	460,1	324,0	784,1
május	563,9	334,8	898,7
június	512,9	324,0	836,9
július	485,3	334,8	820,1
augusztus	522,7	334,8	857,5
szeptember	437,8	324,0	761,8
október	431,5	334,8	766,3
november	280,7	324,0	604,7
december	148,3	334,8	483,1

Már csak η_F hasznosítási tényezőt kell meghatároznunk. Ehhez ki kell számítani a nyereségek és veszteségek arányát az egyes hónapokban, illetve az időllandót. A nyereségek és veszteségek aránya:

$$\gamma_F = \frac{Q_{nyer}}{Q_{veszt}}$$

A teljes hőátvitelt, hőnyereséget és a nyereség-veszteség arányt a következő táblázat mutatja havi bontásban.

25.8. táblázat: Teljes hőátvitel, hőnyereség és a nyereség-veszteség arány havi bontásban

Hónap	Teljes hőátvitel Q_{veszt} [kWh]	Teljes hőnyereség Q_{nyer} [kWh]	Nyeresség- veszteség arány γ_F [-]
január	2600,8	552,3	0,21
február	2637,9	585,8	0,22
március	2397,4	620,1	0,26
április	1279,6	784,1	0,61
május	465,0	898,7	1,93
június	-112,5	836,9	-7,44
július	-276,1	820,1	-2,97
augusztus	-145,3	857,5	-5,90
szeptember	309,3	761,8	2,46
október	1700,0	766,3	0,45
november	1743,6	604,7	0,35
december	2920,5	483,1	0,17

Az épület időállandója:

$$\tau_F = \frac{C_{m,eff}/3,6}{\sum H_{tr,F} + H_{tr,T} + \sum H_{szell,F}}$$

ahol

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

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

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

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

A hőtároló képességet egyszerűsített módszerrel, táblázatból határozzuk meg. Az épületnek téglafala van és vasbeton födéme, ezért a „nehéz” kategóriába esik.

25.9.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 $\geq 600 \text{ kg/m}^3$), 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 $\geq 1600 \text{ kg/m}^3$), álmennyezet és álpadló nélkül, belső hőszigetelés nélkül. Normál belmagasságú terek (< 4,5 m).

A hőtároló képességet meg kell szorozni az alapterülettel:

$$C_{m,eff} = \frac{C_{m,eff}}{A_N} * A_N = 280 * 90 = 25200 \text{ kJ/K}$$

Az épület időállandója ez alapján már számítható. Ebben az épületben minden hónapban azonos az időállandó, de más épületben a módosító tényezők miatt (pl. nem kondicionált terek módosító tényezői) a nyári és téli hónapok időállandója akár adódhat különbözőre.

$$\tau_F = \frac{C_{m,eff}/3,6}{\sum H_{tr,F} + \sum H_{szell,F}} = \frac{25200/3,6}{147,7 + 47,6} = 35,8 \text{ h}$$

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

$$a_F = a_{F,0} + \frac{\tau_F}{\tau_{F,0}} = 1,0 + \frac{35,8}{15} = 3,4 [-]$$

A hasznosítási tényező az alábbi képletek alapján számítható minden egyes hónapra:

$$\begin{aligned} \text{ha } \gamma_F > 0 \text{ és } \gamma_F \neq 1 & \quad \eta_F = \frac{1 - \gamma_F^{a_F}}{1 - \gamma_F^{a_F+1}} \\ \text{ha } \gamma_F = 1 & \quad \eta_F = \frac{a_F}{a_F+1} \\ \text{ha } \gamma_F \leq 0 \text{ és } Q_{nyer,F} > 0 & \quad \eta_F = 1/\gamma_F \\ \text{ha } \gamma_F \leq 0 \text{ és } Q_{nyer,F} \leq 0 & \quad \eta_F = 1 \end{aligned}$$

Mivel a nyereség-veszteségarány értéke novemberben 0,35, a hasznosítási tényező:

$$\eta_{F,nov} = \frac{1 - \gamma_{F,nov}^{a_F}}{1 - \gamma_{F,nov}^{a_F+1}} = \frac{1 - 0,35^{3,4}}{1 - 0,35^{3,4+1}} = 0,98$$

A fűtés nettó hőenergiaigénye novemberben:

$$Q_{F,net} = (Q_{veszt} - \eta_F Q_{nyer}) = (1743,6 - 0,98 * 604,7) = 1149,9 \text{ kWh}$$

25.10. táblázat: Hasznosítási tényező és nettó fűtési energiaigény értékek havi bontásban

Hónap	Nyereség- veszteség arány $\gamma_F [-]$	Időálló $\tau_F [\text{h}]$	Hasznosítási tényező η_F	Nettó fűtési igény $Q_{F,net} [\text{kWh}]$
január	0,21	35,8	1,00	2050,8
február	0,22	35,8	1,00	2054,9
március	0,26	35,8	0,99	1782,0
április	0,61	35,8	0,92	560,8
május	1,93	35,8	0,49	25,5
június	-7,44	35,8	-0,13	0,0
július	-2,97	35,8	-0,34	0,0
augusztus	-5,90	35,8	-0,17	0,0
szeptember	2,46	35,8	0,39	0,0
október	0,45	35,8	0,96	962,9
november	0,35	35,8	0,98	1149,9
december	0,17	35,8	1,00	2438,3

A fűtési energiaigény számítását minden hónapra elvégezzük, de egy átlagos épületben a nyári hónapokban az igény nulla lesz, mint ebben a feladatban is.

Az épület éves nettó fűtési energiaigénye:

$$Q_{F,net,év} = \sum_{m=1}^{12} Q_{F,net,m} = 11025 \text{ kWh}$$

Az épület fajlagos nettó fűtési energiaigénye:

$$q_{F,net} = \frac{Q_{F,net}}{A_N} = \frac{11025}{90} = 122,5 \text{ kWh/m}^2\text{év}$$

A fajlagos hővesztéstényező meghatározásához a november- március közötti hónapok számítása szükséges az alábbi képlet alapján:

$$q = \frac{1000}{V \cdot \Delta t} \sum_{\text{nov}}^{\text{márc}} \frac{Q_{tr,F} - \eta_F(Q_{sd,F} + Q_{sid,F})}{\theta_{i,F} - \theta_{e,átlag}} \left[\frac{W}{m^3 K} \right]$$

A november - március hónapokra $\Delta t = 3624 \text{ h}$.

25.11. táblázat: A fajlagos hővesztéstényezőhöz szükséges értékek

Hónap	$Q_{tr,F}$ [kWh]	$Q_{sd,F}$ [kWh]	Hasznosítási tényező η_F	Külső hőmérséklet [°C]	$\frac{Q_{tr,F} - \eta_F(Q_{sd,F} + Q_{sid,F})}{\theta_{i,F} - \theta_{e,átlag}}$
január	1966,5	217,5	1,00	2,1	97,8
február	1994,5	283,4	1,00	-0,1	85,2
március	1812,7	285,3	0,99	3,5	92,7
november	1318,4	280,7	0,98	7,6	84,1
december	2208,2	148,3	1,00	-0,1	102,5
				összesen	462,3

$$q = \frac{1000}{243 \cdot 3624} \cdot 462,3 = 0,525 \frac{W}{m^3 K}$$

26 Épületgépészet kis példák

26.1 HMV nem megújuló primer energia és CO2 emisszió

Feladat

Számítsa ki az alábbi adatokkal rendelkező épület kétféle lakására a HMV rendszer fajlagos energiaigényeit energiahordozónként kétféle rendszerre! Továbbá határozza meg a fajlagos nem megújuló, megújuló és teljes primer energiafelhasználásokat, valamint a széndioxid emissziókat is! (A táblázati értékek megválasztásánál nem kell interpolálni, használja a közelebbi értéket!)

Adatok

A 3300 m² összterületű társasház kétféle típusú lakásból áll.

I. lakástípus:

Lakások száma: $n_I=12$

Egy lakás alapterülete: $A_{I,1}=65 \text{ m}^2$

Lakások összterülete: $A_{I,\text{össz}}= n_I \cdot A_1=12 \cdot 65 \text{ m}^2=780 \text{ m}^2$

A I. lakástípusra jellemző, hogy a lakásokban a *használati melegvíz csúcson kívüli árammal működő elektromos bojlerrel* kerül előállításra. A bojler a fürdőszobában, a fogyasztási helyek közelében van, ezért nem kell az alapvezeték veszteségeivel számolni, cirkulációs rendszer nincs kialakítva.

II. lakás típus:

Lakások száma: $n_{II}=30$

Egy lakás alapterülete: $A_{II,1}=84 \text{ m}^2$

Lakások összterülete: $A_{II,\text{össz}}= n_{II} \cdot A_1=30 \cdot 84 \text{ m}^2= 2520 \text{ m}^2$

II. lakás típusra jellemző, hogy ezeknél a lakásoknál a *használati meleg víz a fűtetlen pincében elhelyezett kondenzációs kazánról üzemelő indirekt fűtésű tárolóban* kerül előállításra. Az alapvezetékek és cirkulációs vezetékek a fűtetlen pincetérben vannak kiépítve.

Számítások I. lakás típusra (villanybojler)

HMV rendszer fajlagos hőenergia igényének meghatározása

A melegvíz ellátó rendszer fajlagos végső hő- és villamos energiaigényét energiahordozónként kell meghatározni:

$$Q_{HMV,vég,I} = \sum (Q_{HMV,net,I} + Q_{HMV,szál,I} + Q_{HMV,tár,I}) \cdot \varepsilon_{HMV,I} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

- $Q_{HMV,vég,j}$: a j. energiahordozóhoz tartozó fajlagos éves bruttó HMV hőenergiaigény $\left[\frac{kWh}{év} \right]$
- $Q_{HMV,net}$: a melegvíz készítés nettó éves energiaigénye $\left[\frac{kWh}{év} \right]$
- $Q_{HMV,szál}$: a melegvíz elosztás éves vesztesége $\left[\frac{kWh}{év} \right]$
- $Q_{HMV,tár}$: a melegvíz tárolás éves vesztesége $\left[\frac{kWh}{év} \right]$
- ε_{HMV} : a HMV hőtermelő teljesítménytényezője [-]

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. Esetünkben 12 lakás tartozik az I. számú típushoz a számításokat egy lakásra végezzük, mely egy zóna.

Melegvíz készítés nettó éves energiaigényének meghatározása

A használati melegvízellátó rendszer nettó hőenergia igényére (q_{HMV}) a 26.1. táblázat ad iránymutatást. Lakóépületek esetén a megadott értékek kötelezőek, egyéb funkcióra ajánlottak.

A táblázatban feltüntetett melegvíz teljes nettó hőigény (q_{HMV}) nettó kondicionált alapterületre vonatkozik.

26.1. táblázat: Különböző funkciójú épületekre vonatkozó ajánlott alapadatok a HMV hőigény meghatározásához

	HMV hőigény	vonatkoztatási egység
Családi ház*	25	kWh/m ² év
Egyéb lakóépület*	30	kWh/m ² év
Irodaház	0,4	kWh fejenként, naponta
Kórházi hálóterem	6	kWh ágyanként, naponta
Iskola, óvoda, bölcsőde	0,4	kWh fejenként, naponta
Kereskedelmi	1	kWh dolgozónként, naponta
Ipari épület (zuhanyzással)	1,8	kWh dolgozónként, naponta
Hotel	2 (egyszerű) 5 (luxus)	kWh ágyanként, naponta
Étterem	1,1	kWh székenként, naponta
Nyugdíjasotthon	2,3	kWh fejenként, naponta
Laktanya	1,8	kWh fejenként, naponta
Sportlétesítmény	1,8	kWh fejenként, naponta
Menza	0,4	kWh adagonként
Szaunatér	2,8	kWh fejenként, naponta
Labor	0,4	kWh fejenként, naponta
Fitnesszér	1,5	kWh fejenként, naponta

A táblázatból leolvasható, hogy a $q_{HMV,net} = 30 \frac{kWh}{m^2 \cdot év}$, ennek a felhasználásával ki tudjuk számolni a melegvíz készítés nettó éves energiaigényét egy lakásra.

$$Q_{HMV,net,I} = q_{HMV,net} \cdot A_{I,1} = 65 \text{ m}^2 \cdot 30 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} = 1950 \frac{\text{kWh}}{\text{év}, \text{lakás}}$$

Melegvíz elosztás éves veszteségének meghatározása

A melegvíz elosztás éves veszteségét egyszerűsített módszerrel a következő táblázat alapján számítjuk ki, ami a melegvíz elosztó és cirkulációs vezeték fajlagos energiaigény arányát adja meg a nettó hőigényhez képest. Az I. típusú lakások erre vonatkozólag az alábbi tulajdonságokkal rendelkeznek „A bojler a fürdőszobában, a fogyasztási helyek közelében van” tehát az elosztás fűtött téren belül történik és „cirkulációs rendszer nincs kialakítva.” A rendszer alapterülete megegyezik egy lakás alapterületével, mivel minden lakásban található egy ilyen bojler. Egy lakás alapterülete 65m². A táblázatból a 10% értéket kell kiolvasni.

26.2. táblázat: A melegvíz elosztó és cirkulációs vezeték fajlagos energiaigény, $\frac{Q_{HMV,száll}}{Q_{HMV,net}}$

Alapterületig A_{rszr} [m ²]	Az elosztás hővesztesége a nettó melegvíz készítési hőigény százalékában			
	Cirkulációval		Cirkuláció nélkül	
	Elosztás a fűtött téren kívül	Elosztás a fűtött téren belül	Elosztás a fűtött téren kívül	Elosztás a fűtött téren belül
	%	%	%	%
100	28	24	13	10
150	22	19		
200	19	17		
300	17	15		
500	14	13		
750	13	12		
> 750	13	12		

$$\frac{Q_{HMV,száll,I} - Q_{HMV,száll,I}}{Q_{HMV,net,I}} = \frac{Q_{HMV,száll,I}}{1950} = 10\%$$

$$Q_{HMV,száll,I} = 1950 \cdot 10\% = 195 \frac{\text{kWh}}{\text{év}, \text{lakás}}$$

Melegvíz tárolás éves veszteségének meghatározása

A melegvíz tárolás éves veszteségét egyszerűsített módszerrel a következő táblázat alapján számítjuk ki, ami a melegvíz-tárolás fajlagos veszteségének az arányát adja meg a nettó hőigényhez képest abban az esetben, ha a tárolók a fűtött téren belül helyezkednek el. Az I. típusú lakásokban „a használati melegvíz csúcson kívüli árammal működő elektromos bojlerrel kerül előállításra. A bojler a fürdőszobában, a fogyasztási helyek közelében van”, azaz fűtött téren belül helyezkedik el. A rendszer alapterülete megegyezik egy lakás alapterületével, mivel minden lakásban található egy ilyen bojler.

26.3. táblázat: A melegvíz-tárolás fajlagos vesztesége, $\frac{Q_{HMV,tár}}{Q_{HMV,net}}$ (a tároló a fűtött légtéren belül)

	A tárolás hővesztesége a nettó melegvíz-készítési hőigény százalékában			
Alapterületig A_{rszr} [m ²]	A tároló a fűtött légtéren belül			
	Indirekt fűtésű tároló	Csúcson kívüli árammal működő elektromos bojler	Nappali árammal működő elektromos bojler	Gázüzemű bojler
	%	%	%	%
100	24	20	13	78
150	17	16	10	66
200	14	14	8	58
300	10	12	7	51
500	7	8	6	43
> 500	5	6	5	35

$$\frac{Q_{HMV,tár,I}}{Q_{HMV,net,I}} = \frac{Q_{HMV,tár,I}}{1950} = 20\%$$

$$Q_{HMV,tár,I} = 1950 \cdot 20\% = 390 \frac{kWh}{év, lakás}$$

HMV hőtermelő teljesítménytényezőjének meghatározása

Elektromos bojler HMV hőtermelő teljesítménytényezőjét egyszerűsített módszerrel az alábbi táblázatból olvashatjuk ki.

26.4. táblázat: Elektromos üzemű HMV készítés teljesítménytényezője

		Teljesítménytényező
		ϵ_{HMV} [-]
Elektromos fűtőpatron		1,0
Átfolyós vízmelegítő, tároló		1,0
Hőszivattyú HMV készítésre	Távozó levegő	0,26
	Távozó levegő/Friss levegő hővisszanyerő $\eta_r=0,6$	0,29
	Távozó levegő/Friss levegő hővisszanyerő $\eta_r=0,8$	0,31
	Pince levegő	0,33

$$\epsilon_{HMV,I} = 1 [-]$$

HMV rendszer fajlagos hőenergia igényének kiszámítása

$$Q_{HMV,vég,I} = (Q_{HMV,net,I} + Q_{HMV,szál,I} + Q_{HMV,tár,I}) \cdot \varepsilon_{HMV,I} \left[\frac{kWh}{év, lakás} \right]$$

$$Q_{HMV,vég,I} = (1950 + 195 + 390) \cdot 1 \left[\frac{kWh}{év, lakás} \right]$$

$$Q_{HMV,vég,I} = 2535 \left[\frac{kWh}{év, lakás} \right]$$

Egy lakásnak 2535 $\left[\frac{kWh}{év, lakás} \right]$ a hőtermelési célú fajlagos éves bruttó HMV a végenergiaigénye. A HMV energiahordozója villamos energia.

HMV rendszer fajlagos villamos segédenergia igénye meghatározása

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

$$W_{HMV,vég,I} = \sum W_{HMV,sziv,I} + W_{HMV,term,I} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

A képletben a szumma jel azt jelenti, hogy a különböző zónák villamos energiaigényét összegezni kell, továbbá ha egy zónában többféle rendszer együttes üze me valósul meg, akkor azok villamos segédenergiaigényei is összegzendők. A $W_{HMV,sziv}$ a cirkulációs szivattyúk ($W_{HMV,sziv\_cirk}$) fogyasztásán kívül tartalmazza a kollektorköri ($W_{HMV,sziv\_szol}$) vagy talajkollektoros hőszivattyúk primerköri szivattyúk ($W_{HMV,sziv\_talaj}$) energiafelhasználását is.

$$W_{HMV,sziv} = W_{HMV,sziv\_cirk} + W_{HMV,sziv\_szol} + W_{HMV,sziv\_talaj}$$

Az I. típusú lakásokban lévő elektromos bojlereknek nincs HMV elektromos segédenergia igényük.

$$W_{HMV,vég,I} = 0 \left[\frac{kWh}{év, lakás} \right]$$

HMV súlyozott energia igények meghatározása

A HMV rendszer fajlagos hőenergia és villamos segédenergia igény meghatározása után a súlyozott energia felhasználásokat és CO₂ kibocsátásokat is ki tudjuk számolni.

$$E_{HMV,súlyozott} = \sum_i Q_{HMV,vég,i} \cdot F_{fé/éh} \cdot f_{súly,i} + \sum_i W_{HMV,vég,i} \cdot f_{súly,i} \left[\frac{kWh}{év} \right] vagy \left[\frac{kg CO_2}{év} \right]$$

- $E_{HMV,súlyozott}$ a melegvízellátás fajlagos éves súlyozott indikátora $\left[\frac{kWh}{év} \right] vagy \left[\frac{kg CO_2}{év} \right]$

- $Q_{H MV, vég, i}$ a i. energiahordozóhoz tartozó fajlagos éves bruttó HMV hőenergiaigény $\left[\frac{kWh}{év} \right]$
- $F_{fé/éh}$ az energiahordozóhoz tartozó fűtőérték és égéshő hányadosa [-]
- $f_{súly, i}$ az energiahordozó súlyozó tényezője [-]
- $W_{H MV, vég, i}$ HMV villamos segédenergia igénye (végenergia) i energiahordozóra $\left[\frac{kWh}{év} \right]$

Az energiahordozóhoz tartozó fűtőérték és égéshő hányadosának meghatározása

$F_{fé/éh}$ a következő táblázat alapján határozható meg a $Q_{H MV, vég, I}$ energia hordozója villamos energia.

26.5. táblázat: Fűtőérték és égéshő hányadosa különböző energiahordozók esetén

Energiahordozó	$F_{fé/éh}$
földgáz	0,90
fa, biomassa	0,93
szén	0,96
olaj	0,94
nem éghető energiahordozók (áram, távhő, egyéb megújulók)	1,0

$$F_{fé/éh, áram} = 1[-]$$

Az energiahordozó súlyozó tényezőinek meghatározása

A 14.1. táblázat alapján határozható meg az energiahordozók megújuló, nem megújuló primer energiafelhasználás és a CO₂ emisszió súlytényezője. Jelen esetben az energia hordozója villamos energia, azaz $f_{nren, vill} = 2,3$, $f_{ren, vill} = 0,1$, valamint $f_{CO_2, vill} = 455 \frac{g}{kWh}$. A segédenergia igénye nincs a HMV rendszernek.

Nem megújuló primer energiaigény egy lakásra

A nem megújuló primer energiaigényt a súlyozott energiaigény kiszámításához tartozó képletet használjuk fel.

$$E_{H MV, nren, I} = \sum_i Q_{H MV, vég, I} \cdot F_{fé/éh, áram} \cdot f_{nren, vill} + \sum_i W_{H MV, vég, I} \cdot f_{nren, vill} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

$$E_{H MV, nren} = 2535 \cdot 1 \cdot 2,3 + 0 \cdot 2,3 = 5830,5 \left[\frac{kWh}{év, lakás} \right]$$

Megújuló primer energia igény egy lakásra

A megújuló primer energiaigényt a súlyozott energiaigény kiszámításához tartozó képletet használjuk fel.

$$E_{H MV,ren,I} = \sum_i Q_{H MV,vég,I} \cdot F_{fé/éh,áram} \cdot f_{ren,vill} + \sum_i W_{H MV,vég,I} \cdot f_{ren,vill}$$

$$E_{H MV,ren,I} = 2535 \cdot 1 \cdot 0,3 + 0 \cdot 0,3 = 760,5 \left[\frac{kWh}{év, lakás} \right]$$

Teljes primer energia igény egy lakásra

A teljes primer energia igényt a megújuló és a nem megújuló primer energia igény összegeként kapjuk.

$$E_{H MV,tot,I} = E_{H MV,nren,I} + E_{H MV,ren,I} = 5830,5 + 760,5 = 6596 \left[\frac{kWh}{év, lakás} \right]$$

Összes CO₂ kibocsátás egy lakásra

A CO₂ kibocsátás meghatározására a súlyozott energiaigény kiszámításához tartozó képletet használjuk fel.

$$E_{H MV,CO_2,I} = \sum_i Q_{H MV,vég,I} \cdot F_{fé/éh,áram} \cdot f_{CO_2,vill} + \sum_i W_{H MV,vég,I} \cdot f_{CO_2,vill} \left[\frac{kg}{év, lakás} \right]$$

$$E_{H MV,CO_2,I} = 2535 \cdot 1 \cdot 455 + 0 \cdot 455 = 1\,153\,425 \left[\frac{g}{év, lakás} \right] = 1153 \left[\frac{kg}{év, lakás} \right]$$

Számítások II. lakás típusra

HMV rendszer fajlagos hőenergia igényének meghatározása

A melegvíz ellátó rendszer fajlagos végső hő- és villamos energiaigényét energiahordozónként kell meghatározni:

$$Q_{H MV,vég,II} = \sum (Q_{H MV,net,II} + Q_{H MV,szál,II} + Q_{H MV,tár,II}) \cdot \varepsilon_{H MV,II} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

Melegvíz készítés nettó éves energiaigényének meghatározása

A használati melegvízellátó rendszer nettó hőenergia igénye itt is $q_{H MV,net} 30 \frac{kWh}{m^2 \cdot év}$, ennek a felhasználásával ki tudjuk számolni a melegvíz készítés nettó éves energiaigényét egy lakásra.

$$Q_{H MV,net,II} = q_{H MV,net} \cdot A_{II,1} = 30 \cdot 84 m^2 \frac{kWh}{m^2 \cdot év} = 2520 \frac{kWh}{év, lakás}$$

A HMV hőtermelő teljesítménytényezőjének meghatározása

A kondenzációs kazán HMV hőtermelő teljesítménytényezőjét egyszerűsített módszerrel a következő táblázatból olvashatjuk ki. A teljes rendszeralapterület 2688 m², amihez a legközelebbi érték a 2500 m².

26.6. táblázat: Kazánüzemű HMV készítés teljesítménytényezője, $\varepsilon_{H MV}$ és fajlagos segédenergia igénye, $\frac{W_{H MV,term}}{A_{rszr}}$

	Teljesítménytényező					Segédenergia	
	$\varepsilon_{H MV} [-]$					$\frac{W_{H MV, term}}{A_{rszr}}$ [kWh/m ² év]	
Alapterületig A_{rszr} [m ²]	Állandó hőm. Kazán (olaj és gáz)	Alacsony hőm. kazán	Kondenzációs kazán	Kombikazán ÁF/KT*	Kondenzációs kombikazán ÁF/KT*	Kombikazán	Más kazánok
100	1,82	1,21	1,17	1,27/1,41	1,23/1,36	0,20	0,30
150	1,71	1,19	1,15	1,22/1,32	1,19/1,28	0,19	0,24
200	1,64	1,18	1,14	1,20/1,27	1,16/1,24	0,18	0,21
300	1,56	1,17	1,13	1,17/1,22	1,14/1,19	0,17	0,17
500	1,46	1,15	1,12	1,15/1,18	1,11/1,15	0,17	0,13
750	1,40	1,14	1,11				0,11
1000	1,36	1,14	1,10				0,10
1500	1,31	1,13	1,10				0,084
2500	1,26	1,12	1,09				0,069
5000	1,21	1,11	1,08				0,054
10000	1,17	1,10	1,08				0,044

$$\varepsilon_{H MV, II} = 1,09 [-]$$

Melegvíz elosztás éves veszteségének meghatározása

A melegvíz elosztás éves veszteségét egyszerűsített módszerrel a következő táblázat alapján számítjuk ki, ami a melegvíz elosztó és cirkulációs vezeték fajlagos energiaigény arányát adja meg a nettó hőigényhez képest. Az II. típusú lakások erre vonatkozólag az alábbi tulajdonságokkal rendelkeznek „a használati meleg víz a fűtetlen pincében elhelyezett kondenzációs kazánról üzemelő indirekt fűtésű tárolóban kerül előállításra” tehát az elosztás fűtött téren kívül történik és „cirkulációs rendszer nincs kialakítva.” A rendszer alapterülete megegyezik zóna alapterületével, mivel csak egy kazánról üzemel a teljes zóna. A teljes rendszer alapterület 2688 m², amihez a legközelebbi érték a 2500 m².

26.7. táblázat: A melegvíz elosztó és cirkulációs vezeték fajlagos energiaigény, $\frac{Q_{H MV, száll}}{Q_{H MV, net}}$

	Az elosztás hővesztesége a nettó melegvíz készítési hőigény százalékában			
	Cirkulációval		Cirkuláció nélkül	
Alapterületig A_{rszr} [m ²]	Elosztás a fűtött téren kívül	Elosztás a fűtött téren belül	Elosztás a fűtött téren kívül	Elosztás a fűtött téren belül
	%	%	%	%

100	28	24	13	10
150	22	19		
200	19	17		
300	17	15		
500	14	13		
750	13	12		
> 750	13	12		

$$\frac{Q_{\text{HVM},\text{száll,II}}}{Q_{\text{HVM},\text{net,II}}} = \frac{Q_{\text{HVM},\text{száll,II}}}{1950} = 13\%$$

$$Q_{\text{HVM},\text{száll,II}} = Q_{\text{HVM},\text{net,II}} \cdot 13\% = 2520 \cdot 13\% = 328 \frac{\text{kWh}}{\text{év,lakás}}$$

Melegvíz tárolás éves veszteségének meghatározása

A melegvíz tárolás éves veszteségét egyszerűsített módszerrel az alábbi táblázat alapján számítjuk ki, ami a melegvíz-tárolás fajlagos veszteségének az arányát adja meg a nettó hőigényhez képest abban az esetben, ha a tárolók a fűtött téren belül helyezkednek el. Az I. típusú lakásokban „a HVM a fűtetlen pincében elhelyezett kondenzációs kazánról üzemelő indirekt fűtésű tárolóban kerül előállításra”, azaz fűtött téren belül helyezkedik el. A rendszer alapterülete megegyezik zóna alapterületével, mivel csak egy kazánról üzemel a teljes zóna. A teljes rendszeralapterület 2688 m², amihez a legközelebbi érték a 2500 m².

26.8. táblázat: A melegvíz-tárolás fajlagos vesztesége, $\frac{Q_{\text{HVM},\text{tár}}}{Q_{\text{HVM},\text{net}}}$ (a tároló a fűtött légtéren kívül)

	A tárolás hővesztesége a nettó melegvíz-készítési hőigény százalékában			
Alapterületig A_{rszr} [m ²]	A tároló a fűtött légtéren kívül			
	Indirekt fűtésű tároló	Csúcsos kívüli árammal működő elektromos bojler	Nappali árammal működő elektromos bojler	Gázüzemű bojler
	%	%	%	%
100	28	24	16	97
150	21	20	12	80
200	16	16	10	69
300	12	14	8	61
500	9	10	6	53
750	6	8	5	49
1000	5	8	4	46
1500	4	7	4	40

2500	4	6	3	32
5000	3	5	2	26
10000	2	4	2	22

$$\frac{Q_{HMV,tár,II} - Q_{HMV,tár,II}}{Q_{HMV,net,II}} = 4\%$$

$$Q_{HMV,tár,II} = Q_{HMV,net,II} \cdot 4\% = 2520 \cdot 4\% = 101 \frac{kWh}{év, lakás}$$

HMV rendszer fajlagos hőenergia igényének kiszámítása

$$Q_{HMV,vég,II} = (Q_{HMV,net,II} + Q_{HMV,szál,II} + Q_{HMV,tár,II}) \cdot \varepsilon_{HMV,II} \left[\frac{kWh}{év, lakás} \right]$$

$$Q_{HMV,vég,II} = (2520 + 328 + 101) \cdot 1,09 \left[\frac{kWh}{év, lakás} \right]$$

$$Q_{HMV,vég,II} = 3214 \left[\frac{kWh}{év, lakás} \right]$$

Egy lakásnak $3214 \left[\frac{kWh}{év, lakás} \right]$ a hőtermelési célú fajlagos éves bruttó HMV a végenergiaigénye. A HMV energiahordozója földgáz.

HMV rendszer fajlagos villamos segédenergia igénye meghatározása

A HMV villamos segédenergia igényének meghatározásához a gázkazán elosztás, a tárolás és a hőtermelő villamos segédenergia igényét kell összegezni.

$$W_{HMV,végII} = \sum W_{HMV,szivII} + W_{HMV,termII} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

A képletben a szumma jel azt jelenti, hogy a különböző zónák villamos energiaigényét összegezni kell, továbbá, ha egy zónában többféle rendszer együttes üze me valósul meg, akkor azok villamos segédenergiaigényei is összegzendők. A $W_{HMV,sziv}$ a cirkulációs szivattyúk ($W_{HMV,sziv\_cirk}$) fogyasztásán kívül tartalmazza a kollektorköri ($W_{HMV,sziv\_szol}$) vagy talajkollektoros hőszivattyúk primerköri szivattyúk ($W_{HMV,sziv\_talaj}$) energiafelhasználását is.

$$W_{HMV,szivII} = W_{HMV,sziv\_cirk} + W_{HMV,sziv\_szol} + W_{HMV,sziv\_talaj}$$

A II. típusú lakásokban lévő kondenzációs kazánnak van HMV elektromos segédenergia igénye. A rendszer nem rendelkezik szolár és talajköri szivattyúval ezért ezeknek a segédenergia igénye nulla, így elegendő a HMV cirkuláció és a hőtermelő éves villamos segédenergiaigényét meghatározni.

$$W_{HMV,sziv\_szol} = 0 \left[\frac{kWh}{év, lakás} \right]$$

$$W_{\text{HVM},\text{sziv\_talaj}} = 0 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év, lakás}} \right]$$

A hőtermelő éves villamos segédenergia igénye

A hőtermelő éves villamos segédenergia igényét az alábbi táblázat alapján tudjuk meghatározni. A teljes rendszeralapterület 2688 m², amihez a legközelebbi érték a 2500 m².

26.9. táblázat: Kazánüzemű HVM készítés teljesítménytényezője, ε_{HVM} és fajlagos segédenergia igénye, $\frac{W_{\text{HVM},\text{term}}}{A_{\text{rszr}}}$

	Teljesítménytényező					Segédenergia	
	$\varepsilon_{\text{HVM}} [-]$					$\frac{W_{\text{HVM},\text{term}}}{A_{\text{rszr}}}$ [kWh/m ² év]	
Alapterületig A_{rszr} [m ²]	Állandó hőm. Kazán (olaj és gáz)	Alacsony hőm. kazán	Kondenzációs kazán	Kombikazán ÁF/KT*	Kondenzációs kombikazán ÁF/KT*	Kombikazán	Más kazánok
100	1,82	1,21	1,17	1,27/1,41	1,23/1,36	0,20	0,30
150	1,71	1,19	1,15	1,22/1,32	1,19/1,28	0,19	0,24
200	1,64	1,18	1,14	1,20/1,27	1,16/1,24	0,18	0,21
300	1,56	1,17	1,13	1,17/1,22	1,14/1,19	0,17	0,17
500	1,46	1,15	1,12	1,15/1,18	1,11/1,15	0,17	0,13
750	1,40	1,14	1,11				0,11
1000	1,36	1,14	1,10				0,10
1500	1,31	1,13	1,10				0,084
2500	1,26	1,12	1,09				0,069
5000	1,21	1,11	1,08				0,054
10000	1,17	1,10	1,08				0,044

$$\frac{W_{\text{HVM},\text{term,II}}}{A_{\text{rszr}}} = 0,069 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{év}} \right]$$

$$W_{\text{HVM},\text{term,II}} = A_{\text{II},1} \cdot 0,069 = 84 \cdot 0,069 = 5,8 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év, lakás}} \right]$$

A szivattyú fajlagos segédenergia igénye

A szivattyú fajlagos segédenergia igényét a következő táblázat alapján tudjuk meghatározni. A teljes rendszeralapterület 2688 m², amihez a legközelebbi érték a 2500 m².

26.10. táblázat: A cirkuláció fajlagos segédenergia igénye, $\frac{W_{H MV, sziv, cirk}}{A_{rszr}}$

Alapterületig $A_{rszr} [m^2]$	Fajlagos segédenergia igény [kWh/m ² év]		
	EEI nem ismert	EEI=0,23	EEI=0,17
100	1,14	1,06	0,98
150	0,82	0,73	0,65
200	0,66	0,55	0,44
300	0,49	0,38	0,33
500	0,34	0,26	0,22
750	0,27	0,20	0,17
1000	0,22	0,16	0,13
1500	0,18	0,13	0,11
2500	0,14	0,11	0,10
5000	0,11	0,09	0,08
> 5000	0,10	0,08	0,07

$$\frac{W_{H MV, sziv, cirk, II}}{A_{rszr}} = 0,14 \left[\frac{kWh}{m^2 \text{ év}} \right]$$

$$W_{H MV, sziv, cirk, II} = A_{II,1} \cdot 0,14 = 84 \cdot 0,14 = 11,8 \left[\frac{kWh}{\text{év, lakás}} \right]$$

HMV rendszer fajlagos villamos segédenergia igénye

$$\begin{aligned} W_{H MV, vég, II} &= \sum W_{H MV, sziv, II} + W_{H MV, term, II} = W_{H MV, sziv, cirk, II} + W_{H MV, term, II} = 11,8 + 5,8 \\ &= 17,6 \left[\frac{kWh}{\text{év, lakás}} \right] \end{aligned}$$

HMV súlyozott energia igények meghatározása

A HMV rendszer fajlagos hőenergia és villamos segédenergia igény meghatározása után a súlyozott energia felhasználásokat és CO₂ kibocsátásokat is ki tudjuk számolni.

$$\begin{aligned} E_{H MV, súlyozott} &= \sum_i Q_{H MV, vég, i} \cdot F_{f \acute{e} / \acute{e} h} \cdot f_{s \acute{u} ly, i} \\ &+ \sum_i W_{H MV, vég, i} \cdot f_{s \acute{u} ly, i} \left[\frac{kWh}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kg \text{ CO}_2}{\text{év}} \right] \end{aligned}$$

Az energiahordozóhoz tartozó fűtőérték és égéshő hányadosának meghatározása

$F_{fé/éh}$ a következő táblázat alapján határozható meg a $Q_{H MV,vég,II}$ energia hordozója földgáz, a $W_{H MV,vég,II}$ energiahordozója villamos energia.

26.11. táblázat: Fűtőérték és égéshő hányadosa különböző energiahordozók esetén

Energiahordozó	$F_{fé/éh}$
földgáz	0,90
fa, biomassa	0,93
szén	0,96
olaj	0,94
nem éghető energiahordozók (áram, távhő, egyéb megújulók)	1,0

$$F_{fé/éh,földgáz} = 0,9[-]$$

$$F_{fé/éh,áram} = 1[-]$$

Az energiahordozó súlyozó tényezőinek meghatározása

A 14.1. táblázat alapján határozható meg az energiahordozók megújuló, nem megújuló primer energiafelhasználás és a CO₂ emisszió súlytényezője. Jelen esetben az energiahordozó földgáz, illetve villamos energia, azaz

$$f_{nren,gáz} = 1,1, f_{ren,gáz} = 0, f_{CO_2,gáz} = 297 \frac{g}{kWh}$$

$$f_{nren,vill} = 2,3, f_{ren,vill} = 0,3, f_{CO_2,vill} = 455 \frac{g}{kWh}$$

Nem megújuló primer energiaigény egy lakásra

A nem megújuló primer energiaigényt a súlyozott energiaigény kiszámításához tartozó képletet használjuk fel.

$$E_{H MV,nren,II} = \sum_i Q_{H MV,vég,II} \cdot F_{fé/éh,földgáz} \cdot f_{nren,gáz} + \sum_i W_{H MV,vég,II} \cdot f_{nren,vill} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

$$E_{H MV,nren,II} = 3214 \cdot 0,9 \cdot 1,1 + 17,6 \cdot 2,3 = 3222 \left[\frac{kWh}{év, lakás} \right]$$

Megújuló primer energia igény egy lakásra

A megújuló primer energiaigényt a súlyozott energiaigény kiszámításához tartozó képletet használjuk fel.

$$E_{H MV,ren,II} = \sum_i Q_{H MV,vég,II} \cdot F_{fé/éh,földgáz} \cdot f_{ren,gáz} + \sum_i W_{H MV,vég,II} \cdot f_{ren,vill}$$

$$E_{H_{MV},ren,I} = 3214 \cdot 0,9 \cdot 0 + 17,6 \cdot 0,3 = 5,3 \left[\frac{kWh}{\text{év, lakás}} \right]$$

Teljes primer energia igény egy lakásra

A teljes primer energia igényt a megújuló és a nem megújuló primer energia igény összegeként kapjuk.

$$E_{H_{MV},tot,II} = E_{H_{MV},nren,II} + E_{H_{MV},ren,II} = 3222 + 5,3 = 3227 \left[\frac{kWh}{\text{év, lakás}} \right]$$

Összes CO₂ kibocsátás egy lakásra

A CO₂ kibocsátás meghatározására a súlyozott energiaigény kiszámításához tartozó képletet használjuk fel.

$$E_{H_{MV},CO_2,II} = \sum_i Q_{H_{MV},vég,II} \cdot F_{f\acute{e}/\acute{e}h,g\acute{a}z} \cdot f_{CO_2,g\acute{a}z} + \sum_i W_{H_{MV},vég,II} \cdot f_{CO_2,vill} \left[\frac{kg}{\text{év}} \right]$$

$$E_{H_{MV},CO_2,II} = 3214 \cdot 0,9 \cdot 297 + 17,6 \cdot 455 = 867\,110 \left[\frac{g}{\text{év, lakás}} \right] = 867 \left[\frac{kg}{\text{év, lakás}} \right]$$

Összegzés

A két rendszert összegző táblázatok segítségével hasonlítjuk össze. Az első táblázat tartalmazza egy lakás éves energia szükségleteit és a CO₂ emisszió nagyságát. A második táblázat a rendszerek éves energia szükségletei és CO₂ emisszió nagyságát nettó kondicionált alapterületre fajlagosítva. Az eredmények megmutatják, hogy az első rendszernek a fajlagos hőenergia igénye és az összenergia igénye kisebb a második rendszeréhez képest. Viszont az előállításához sokkal több energiát kell felhasználni, ami a fajlagos hőenergia energiahordozóinak a különbözőségéből ered.

26.12. táblázat: Rendszerek lakásonkénti összehasonlítása

Első rendszer							
	Vége energiák			Primer (nren)	Primer (ren)	Primer (tot)	CO ₂
	Q _{H_{MV}}	W _{H_{MV}}	összesen				
	kWh/év	kWh/év	kWh/év				
földgáz	-	-	-	-	-	-	-
áram	2535	-	2535	5830,5	760,5	6596	1153
összesen				5830,5	760,5	6596	1153
Második rendszer							
	Vége energiák			Primer (nren)	Primer (ren)	Primer (tot)	CO ₂
	Q _{H_{MV}}	W _{H_{MV}}	összesen				
	kWh/év	kWh/év	kWh/év				
földgáz	3214	-	3214	3182	0	3182	859
áram	-	18	18	40	5	45	8
összesen				3222	5	3227	867

26.13. táblázat: Rendszerek nettó kondicionált alapterületre viszonyított összehasonlítása

Első rendszer (lakásalapterület: 65 m ²)							
	Végenergiák			primer (nren)	primer (ren)	primer (tot)	CO ₂
	Q _{HMV}	W _{HMV}	Összesen				
	kWh/m ² év	kWh/m ² év	kWh/m ² év				
földgáz	-	-	-	-	-	-	-
áram	39	-	39	89,7	11,7	101	17,7
összesen				89,7	11,7	101	17,7
Második rendszer (lakásalapterület: 84 m ²)							
	Végenergiák			primer (nren)	primer (ren)	primer (tot)	CO ₂
	Q _{HMV}	W _{HMV}	összesen				
	kWh/m ² év	kWh/m ² év	kWh/m ² év				
földgáz	38,3	-	38,3	37,9	0,0	37,9	10,2
áram	-	0,2	0,2	0,5	0,1	0,6	0,1
összesen				40,4	0,1	38,5	10,3

26.2 Fűtés és hűtés energiafelhasználásának meghatározása fan-coilos rendszer esetén

Egy épület nettó fűtési energiaigénye 12000 kWh/év, nettó hűtési energiaigénye 4800 kWh/év. A fűtési és hűtési energiaellátás levegő-víz hőszivattyúval történik, parapet fan-coilokkal. Számítsa ki az alábbi adatokkal rendelkező épület fűtési és hűtési célú fajlagos végső és nem megújuló primer energiaigényeit (A táblázati értékek megválasztásánál nem kell interpolálni, használja a közelebbi értéket!)

További adatok:

$$A_N = 150 \text{ m}^2$$

A hőellátó és hűtési rendszer további jellemzői:

- A vízszintes elosztóvezetékek a fűtött téren belül haladnak, a fűtési puffertároló is itt található.
- A szabályozás típusa: a belső hőmérséklet szabályozása folytonos PI szabályozással történik
- A fan-coilok négycsöves rendszerben vannak kialakítva, összesen 7 db található az épületben
- Keringtető szivattyú: elektronikusan szabályozott, állandó mágneses motorral szerelt, EEI=0,17
- A fűtőközeg hőmérséklete 55/45 °C, a hűtőközegé 6/12 °C

Megoldás

a) Fűtési energiaigények meghatározása:

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

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

$$W_{F,vég} = \sum (W_{F,sziv} + W_{F,tár} + W_{F,term}) \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

Példánkban az energiahordozó villamos áram, mely mindkét képletben alkalmazandó.

A fan-coilos fűtésre a magasabb szekunder oldali hőmérséklet (55/45) jellemző, ez alapján a teljesítménytényező a következő táblázatból kiolvasható. A hőtermelő segédenergiaigénye hőszivattyú esetén egyszerűsített módszerrel $W_{F,term} = 0 \text{ kWh/év}$.

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
Levegő/levegő		0,40

Az elosztási veszteségeknél figyelembe kell venni, hogy az alapvezetékek a fűtött térben haladnak. A kondicionált alapterület és a rendszeralapterület azonos a hasznos alapterülettel, hiszen a teljes alapterületet egyetlen rendszer látja el, azaz $A_{rszr} = A_k = A_N = 150 \text{ m}^2$. A szállítási veszteség a következő táblázatból kiolvasható.

Alapterületig $A_{rszr} [\text{m}^2]$	A hőelosztás veszteségei $\frac{Q_{F,szall}}{A_{rszr}} \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot év} \right]$			
	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

$$\frac{Q_{F,sz\acute{a}ll}}{A_{rszr}} = 1,8 \frac{kWh}{m^2\acute{e}v}$$

$$Q_{F,sz\acute{a}ll} = 270 \frac{kWh}{\acute{e}v}$$

Hasonlóan a tárolási veszteség és segédenergia igény:

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

$$\frac{Q_{F,tár}}{A_{rszr}} = 0,2 \frac{kWh}{m^2\acute{e}v}$$

$$Q_{F,tár} = 30 \frac{kWh}{\acute{e}v}$$

$$\frac{W_{F,tár}}{A_{rszr}} = 0,43 \frac{kWh}{m^2\acute{e}v}$$

$$W_{F,tár} = 64,5 \frac{kWh}{\acute{e}v}$$

A teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteségek meghatározásakor figyelembe kell venni, hogy elosztóhálózattal és szabad fűtőfelületekkel rendelkező rendszerről van szó, továbbá azt is, hogy a fan-coilok ventilátoros hőleadók. A négycsöves rendszer szabályozási szempontból kétsövesnek tekinthető.

Rendszerkialakítás	szabályozás	$\varepsilon_{F,szab}$
Gázkonvektor	Saját, segédenergia nélküli termosztatikus szabályozással, külső falnál lehelyezve	1,20
	Saját, segédenergia nélküli termosztatikus szabályozással, belső falnál lehelyezve	1,24
	Magasabb rendű szabályozás (pl. szobatermosztát, PI szabályozó), külső falnál lehelyezve	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

$$\varepsilon_{F,szab} = 1,042$$

	Fordulatszám szabályozású szivattyú				Állandó fordulató szivattyú				Elektronikusan szabályozott, állandó mágneses motorral szerelt szivattyúk	
Alapterületi g	Szabad fűtőfelületek			Beágyazott fűtőfelületek	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

$$\frac{W_{F,sziv}}{A_{rszr}} = 0,75 \frac{kWh}{m^2 \cdot év}$$

$$W_{F,sziv} = 0,75 \cdot 150 = 112,5 \frac{kWh}{év}$$

Minden adat ismert, be tudunk helyettesíteni:

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

$$Q_{F,vég} = (12000 \cdot 1,042 + 270 + 30) \cdot 0,37 = 4737 \frac{kWh}{év}$$

$$q_{F,vég} = \frac{4737}{150} = 31,6 \frac{kWh}{m^2 év}$$

illetve a segédenergia igények:

$$W_{F,vég} = \sum (W_{F,sziv} + W_{F,tár} + W_{F,term}) = 112,5 + 64,5 + 0 = 177 \frac{kWh}{év}$$

$$w_{F,vég} = \frac{177}{150} = 1,2 \frac{kWh}{m^2 év}$$

A fűtés fajlagos nem megújuló primer energiaigénye:

$$E_{F,nren,fajl} = q_{F,vég} \cdot f_{áram,nren} + w_{F,vég} \cdot f_{áram,nren} = 31,6 \cdot 2,3 + 1,2 \cdot 2,3 = 75,44 \frac{kWh}{m^2 év}$$

b) Hűtési energiaigények meghatározása:

A gépi hűtés fajlagos végső hő- és villamos energiaigényét energiahordozónként kell meghatározni külön a hő- és villamos energiára a következő összefüggés alapján:

$$Q_{H,vég,j} = \sum Q_{H,net} \cdot c_H \cdot \varepsilon_{H,szab} \cdot \varepsilon_{H,szall} \cdot \varepsilon_H \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

Az energiahordozó villamos áram.

A berendezés teljes és az érezhető hűtőteljesítményének aránya (c_H) a következő táblázatból olvasható ki:

A hűtőközeg hőmérséklete	c_H
16/18 °C (pl. klímagerendák)	1,00
6/12 °C (pl. fan-coil készülék)	1,25
Közvetlen elpárolgatós rendszer (5 °C)	1,45

A levegő-víz hőszivattyú az osztott kivitelű (távkondenzátoros) folyadékhűtőnek feleltethető meg, így a szezonális teljesítménytényező és hűtési teljesítménytényező értékek:

Hűtőgép típusa	SEER	ε_H
Kompresszoros légűtés (split)	2,5	0,40
Légűtéses kompakt és osztott kivitelű (távkondenzátoros) folyadékűtő	3,0	0,33
Vízűtéses folyadékűtők (scroll kompresszor)	4,3	0,23
Vízűtéses folyadékűtők (csavar kompresszor)	5,0	0,20
Vízűtéses folyadékűtők (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

A hűtési rendszer elosztási veszteségei egyszerűsített módszer esetén elhanyagolhatók ($\varepsilon_{H,szall} = 1$).

A szabályozási veszteségtényező a következő táblázatból olvasható ki:

	$\varepsilon_{H,szab}$
<i>Víz hőhordozó közeg</i>	
Hűtött víz 6 °C / 12 °C (pl. fan coil)	1,130
Hűtött víz 8 °C / 14 °C (pl. fan coil)	1,100
Hűtött víz 14 °C / 18 °C (pl. indukciós berendezés)	1,000
Hűtött víz 16 °C / 18 °C (pl. hűtőmennyezet)	1,000
Hűtött víz 18 °C / 20 °C (pl. padlóűtés)	1,100
<i>Levegő hőhordozó közeg</i>	
Befűvő és elszívó berendezés passzív hűtéssel (pl. talajhőcserélővel)	1,000
Befűvő és elszívó berendezés aktív hűtéssel (pl. hőszivattyús hővisszanyeréssel)	1,100
<i>Hűtőközeg hőhordozó</i>	
Direkt elpárologtatás	1,130

$$Q_{H,vég} = Q_{H,net} \cdot c_H \cdot \varepsilon_{H,szab} \cdot \varepsilon_{H,szall} \cdot \varepsilon_H = 4800 \cdot 1,25 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \cdot 0,33 = 2237 \frac{kWh}{év}$$

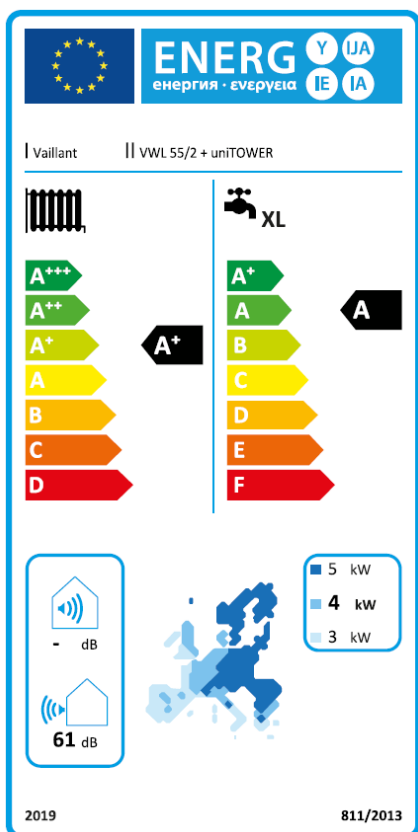
$$q_{H,vég} = \frac{2237}{150} = 14,9 \frac{kWh}{m^2 év}$$

A hűtés fajlagos nem megújuló primer energiaigénye:

$$E_{H,nren,fajl} = q_{H,vég} \cdot f_{áram,nren} = 14,9 \cdot 2,3 = 34,3 \frac{kWh}{m^2 év}$$

26.3 Teljesítménytényezők meghatározása ErP energiacímke alapján

Határozza meg egy kombinált levegő-víz hőszivattyú teljesítménytényezőit és a készülék villamos segédenergia igényét fűtésre és melegvízellátásra a megadott energiacímke (b) és kapcsolódó termékinformációs adatlap (a) alapján. A fűtési elosztórendszer alacsony hőmérsékletű (35°C-os előremenő hőmérséklet).



Termékinformáció amely a Nr. 811/2013 és Nr. 813/2013 EU szabályozások alapján szükséges

Termék adatlap (a Nr. 811/2013 EU szabályozás szerint)

Hőszivattyú, 35°C előremenő hőmérséklet

(a)	A beszállító neve vagy védjegye	Vaillant			
(b)	A beszállító által adott típusazonosító	VWL 55/2 + uniTOWER			
(c)	Helyiségfűtés: átlagos hőmérsékletű alkalmazás		Helyiségfűtés: alacsony hőmérsékletű alkalmazás		
	Vízmelegítő: deklarált csapolási profil	XL			
(d)	Szezonális helyiségfűtő energiahatékonysági osztály (átlagos éghajlat), (*)	A++	A vízmelegítés energiahatékonysági osztálya		A
(e)	Névleges hőteljesítmény, beleértve a rásegítő fűtőkészülék névleges hőteljesítményét is (átlagos éghajlat)	6	kW		
(f)	Helyiségfűtés: éves energiafogyasztás (átlagos éghajlat)	2874	kWh	és/vagy	10 GJ
	Vízmelegítő: éves elektromos és/vagy tüzelőanyag fogyasztás (átlagos éghajlat)	1963	kWh	és/vagy	- GJ
(g)	Szezonális helyiségfűtő energiahatékonyság (átlagos éghajlat)	157	%	Vízmelegítés energiahatékonyság (átlagos éghajlat)	85 %

Megoldás

a)

A szezonális helyiségfűtési hatások kiolvasható az adatlapról külön fűtésre és melegvízkészítésre. Az ErP irányelv végrehajtási rendelete² azt írja elő, hogy a szezonális helyiségfűtési hatásfokot három klímazónára kell megadni, ezek rendre:

- melegebb éghajlati viszonyok ($\vartheta_{eo} = 2^\circ\text{C}$) az Athén városára jellemző hőmérsékleti viszonyok a fűtési szezonban;
- átlagos éghajlati viszonyok ($\vartheta_{eo} = -10^\circ\text{C}$), amelyek Strasbourg városára jellemzőek a fűtési időszakban;
- Helsinki városára jellemző hidegebb éghajlati viszonyok ($\vartheta_{eo} = -22^\circ\text{C}$) a fűtési időnyire.

Magyarország besorolására nem találtunk egyértelmű utalást.

A hazai méretezési külső hőmérséklet -11°C , -13°C , illetve -15°C . Az éves fűtési hőfokhidak³ 2020. okt.-2023. ápr. időszak átlagában Athénre 1219 nap $^\circ\text{C}$, Strasbourgra 2430 nap $^\circ\text{C}$, Helsinkire 3795 nap $^\circ\text{C}$, Budapest Ferihegyre 2720 nap $^\circ\text{C}$.

A számok alapján Magyarországhoz egyértelműen az átlagos éghajlati viszonyok állnak legközelebb (Strasbourg-i klíma). A termékinformációs adatlapon megadják a szezonális hatásfokokat mindhárom klímára, az itt közölt képen csak az átlagos klímára vonatkozó értékek láthatóak. Ezeket keretezéssel kiemeltük.

A teljesítménytényezők a 811/2013/EU rendelet szerint a készülékre kiállított energiacímken szereplő általános/mérsékelt klímára meghatározott szezonális hatásfok érték (η_s) alapján számíthatók:

$$\varepsilon_F = \frac{1}{2,5 \cdot \eta_{s,F}} = \frac{1}{2,5 \cdot 1,57} = 0,25$$
$$\varepsilon_{H MV} = \frac{1}{2,5 \cdot \eta_{s,H MV}} = \frac{1}{2,5 \cdot 0,85} = 0,47$$

Az ErP szezonális hatásfok már tartalmazza a segédenergiákat is ezért külön segédenergiával nem számolunk ennél a módszernél, azaz

$$W_{F,term} = 0 \frac{kWh}{év}$$
$$W_{H MV,term} = 0 \frac{kWh}{év}$$

Összehasonlításuképpen egyszerűsített módszerrel a teljesítménytényezők a következőképpen alakulnának:

Helyiségfűtési célra:

² Forrás: a Bizottság 813/2013/EU rendelete

³ Forrás: degreedays.net, figyelembe vett időszakok: október-április

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
Levegő/levegő		0,40

illetve melegvíz előállításra:

		Teljesítménytényező
		ε_{HMV} [-]
Elektromos fűtőpatron		1,0
Átfolyós vízmelegítő, tároló		1,0
Hőszivattyú HMF készítésre	Levegő	0,45
	Víz	0,34
	Talajhő	0,38
	Távozó levegő	0,38
	Távozó levegő/Friss levegő hővisszanyerő $\eta_r=0,6$	0,40
	Távozó levegő/Friss levegő hővisszanyerő $\eta_r=0,8$	0,42
	Pince levegő	0,33

26.4 Fűtési rendszer szabályozási veszteségeinek meghatározása

Határozza meg egy új építésű irodaház fűtési rendszerének szabályozási veszteségtényezőjét. A rendszer jellemzői:

- hőtermelő: központi kondenzációs gázkazán időjárásfüggő szabályozással
- hőelosztás: kétcsöves
- hőleadók: radiátorok az ablakok alatt, összesen 20 db
- helyiségenkénti szabályozás termosztatikus szelepekkel
- fűtőtestenként statikus beállítás strangszabályozó szelepekkel

Megoldás:

A teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteségek meghatározásakor figyelembe kell venni, hogy elosztóhálózattal és szabad fűtőfelületekkel rendelkező rendszerről van szó, az ennek megfelelő táblázatokat kell kiválasztani. A szabályozási veszteségtényező a következőképpen számítható:

$$\varepsilon_{F,szab} = \varepsilon_{F,szab,o} + \varepsilon_{F,szab,1} + \varepsilon_{F,szab,2} + \varepsilon_{F,szab,3} + \varepsilon_{F,szab,4}$$

Az egyes értékek a táblázatokból kiolvashatók.

A központi időjárásfüggő szabályozás táblázatbeli megfelelője a „Központi előremenő hőmérséklet szabályozás helyiségenkénti hőmérséklet szabályozással”. Ha kondenzációs kazán radiátoros fűtést lát el, akkor további információ hiánya esetén a méretezési hőfoklépcsőt 55/45 °C-ra kell választani. Ez alól kivétel lehet egy meglévő rendszer, ahol egy régi gázkazánt kondenzációs kazánra cseréltek, de maradtak a régi hőleadók. Ilyen esetben ellenőrizni kell, hogy a régi hőleadók képesek-e 55/45 °C-on kifűteni a házat. Ha nem, akkor a szezon egy részében biztos nem fog tudni a kazán kondenzációs kazánként funkcionálni és magasabb hőfoklépcsővel kell számolni.

Szabályozási veszteségtényező alapértékei ($\varepsilon_{F,szab,o}$)		
Hőtermelő szabályozása	Szabályozás nélkül vagy központi előremenő hőmérséklet szabályozással, de helyiséghőmérséklet szabályozás nélkül.	1,149
	Szabályozás referencia helyiségre (P-szabályozó vagy ismeretlen)	1,083
	Szabályozás referencia helyiségre, PI-szabályozó	1,042
	Központi előremenő hőmérséklet szabályozás helyiségenkénti hőmérséklet szabályozással	
	Szabályozás referencia helyiségre optimalizációs funkcióval (pl. jelenlétérzékelővel, adaptív szabályozóval)	1,030
Korrektúra 1 ($\varepsilon_{F,szab,1}$)		
Közepes méretezési hőmérsékletkülönbség hatása	kétcsöves fűtés és modernizált egycsöves 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
	egycsöves 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 határolószerkezetek 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. kéziszelep)	-0,030
	különálló, képes önálló be-kikapcsolásra (pl. termosztatikus szelep)	-0,060
	hálózatba integrált, képes önálló reagálásra és beavatkozásra (pl. épületfelügyeletbe kötött)	-0,072

Továbbá a besabályozás szerinti korrekció:

Egycsöves rendszer	$\varepsilon_{F,szab,4}$	Kétsöves rendszer	$\varepsilon_{F,szab,4}$	
			hőleadók száma max. 10	hőleadók száma 10 felett
nincs hidraulikai besabályozás	+0,042	nincs hidraulikai besabályozás	+0,036	
körönkénti statikus besabályozás	+0,024	fűtőtestenként/fűtőfelületenként statikus beállítás, csoportos besabályozás nélkül (pl.: radiátor visszatérő szelep)	+0,018	+0,024
körönkénti dinamikus besabályozás (pl. dinamikus térfogatáram korlátozó szelepekkel)	+0,018	fűtőtestenként /fűtőfelületenként statikus-beállítás csoportos statikus besabályozással (pl. strangszabályozó szelepekkel)	+0,012	+0,018
körönkénti dinamikus besabályozás (pl. dinamikus térfogatáram korlátozó szelepekkel) és a terheléstől függően dinamikus szabályozás (pl. a visszatérő hőmérsékletének korlátozása)	+0,012	fűtőtestenként /fűtőfelületenként statikus-beállítás csoportos dinamikus besabályozással (pl. nyomáskülönbség-szabályozókkal)	+0,006	+0,012
körönkénti dinamikus besabályozás (pl. dinamikus térfogatáram korlátozó szelepekkel) és a terheléstől függően dinamikus szabályozás (hőfoklépcső)	+0,006	fűtőtestenként/fűtőfelületenként dinamikus besabályozás (pl. automatikus térfogatáram korlátozókkal/nyomáskülönbség-szabályozókkal)	+0,000	

Minden adat ismert, a veszteségtényező számítható:

$$\varepsilon_{F,szab} = \varepsilon_{F,szab,0} + \varepsilon_{F,szab,1} + \varepsilon_{F,szab,2} + \varepsilon_{F,szab,3} + \varepsilon_{F,szab,4}$$

$$\varepsilon_{F,szab} = 1,042 + 0,015 + 0,009 - 0,060 + 0,018 = \mathbf{1,024}$$

26.5 Szellőzési hőveszteség számítása gépi szellőzés esetén

Határozza meg egy kisterű irodákból álló irodaház szellőzési hőveszteségét február hónapra. A kondicionált alapterület 400 m^2 , belmagasság $2,5 \text{ m}$, a hővisszanyerő hatásfoka 90% . A nyílászárók jó légzárásúak, keresztthuzat lehetséges.

Az alapadatok tehát:

$$V=1000 \text{ m}^3$$

$$A_N=400 \text{ m}^2$$

$$\eta_r = 0,9$$

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

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

Jelen esetben nincs hűtés, nincs ablaknyitás:

$$H_{term,F/H} = 0 \quad W/K$$

azaz

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

Csak egyféle szellőzési üzemmód van, egyféle fokozatban ($n=1$), folyamatos üzemben:

$$H_{szell,F} = H_{LT,1,F} + H_{filt,F} \quad [W/K]$$

A filtrációs légcsereszámot a 2. Függelék 2.4. táblázat szerint lehet meghatározni:

Nyílászáró légáteresztése	Nyílások elhelyezkedése	Szintek száma	Tömítetlenségéből származó légcsere ¹⁾ n_{inf} [1/h]	
			szélvédett	szélnek kitett ²⁾
Jó légzárású: körbemenő, gyárilag beépített, alakos-tok-szárnnytömítéssel; oldalanként legalább egy ponton záródó; vagy minősítő iratban MSZ EN 12207 szerint 4-es légáteresztési osztályú; és minden esetben falhézagnál légzáróan is tömített nyílászárók	Egy homlokzaton		0,03	
	Több homlokzaton vagy szellőzőkürtő		0,06	

$$H_{filt,F} = 0,35 \cdot n_{filt} \cdot V = 0,35 \cdot 0,06 \cdot 1000 = 21 \quad W/K$$

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

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

A $\dot{V}_{LT,friss}$ értékére a 2. Függelék 2.1. táblázat ad iránymutatást ($\dot{V}_{LT}$):

	Napi használati idő	Éves használati idő	Éves használati idő	Hőmérséklet fűtési időny	Szükséges szellőzési térfogatáram üzemidőben	Hőnyereség napi átlag
	h/nap	nap/év	h/év	°C	$\dot{V}_{LT}/A_k$ m ³ /(m ² h)	q _b W/m ²
Kis iroda (1-5 fő)	11	250	2750	20	4	7

$$A_k = A_N = 400 \text{ m}^2$$

$$\dot{V}_{LT,n,friss} = \dot{V}_{LT} = 4 \cdot 400 = 1600 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\theta_{i,F} = 20 \text{ °C}$$

$\Delta t_{EF,n,e < -4C}$ 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 (2. Függelék 1.2.2. pont) [h]

időszak	időtartam, amikor a külső levegő hőmérséklete -4 °C alatt van $\Delta t_{EF,n,e < -4C}$ (h)	átlagos külső hőmérséklet azon időszakban, amikor a külső levegő hőmérséklete -4 °C alatt van $\theta_{e < -4C}$ (°C)
január	72	-5,82
február	110	-5,75
március	24	-6,00
november	1	-4,08
december	82	-5,51
Teljes év	289	-5,72 °C

$$\Delta t_{EF,n,e < -4C} = 110 \text{ h}$$

A vizsgált időszakon belül vett üzemidő a gépi szellőzés n. üzemmódjánál azonos a hónap hosszával a folyamatos üzem miatt:

$$\Delta t_{LT,n} = \Delta t = 28 \cdot 24 = 672 \text{ h}$$

az előző táblázatból:

$$\theta_{e < -4C} = -5,75 \text{ °C}$$

A havi átlaghőmérséklet a 2. Függelék 1.2.2. pont alapján veendő fel:

Hónap	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Éves
Átlagos külső hőmérséklet [°C]	2,1	-0,1	3,5	10,9	16,8	20,8	21,9	21,0	17,8	8,3	7,6	-0,1	10,9

$$\theta_{e,\text{átlag}} = -0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Minden adat ismert, behelyettesítés után:

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

$$= 0,35 \cdot \frac{1600}{672} \cdot \left(\left((672 - 110) + 110 \cdot \frac{20 - (-4)}{20 - (-0,1)} \right) \cdot (1 - 0,9) + 110 \cdot \frac{-4 - (-5,75)}{20 - (-0,1)} \right) = 65,8 \text{ } \frac{W}{K}$$

A szellőzési hőátviteli tényező:

$$H_{szell,F} = H_{LT,1,F} + H_{filt,F} = 65,8 + 21 = 86,8 \text{ } \frac{W}{K}$$

A szellőzési hőátvitel február hónapban:

$$Q_{szell,F} = \frac{\sum H_{szell,F} (\theta_{i,F} - \theta_{e,\text{átlag}}) \Delta t}{1000} = \frac{86,8 \cdot (20 - (-0,1)) \cdot 672}{1000} = 1172 \text{ } \frac{kWh}{\text{hó}}$$

Ez tehát a szellőzési hőveszteség a hónap egészére összegezve.

Előfűtés nélkül a következőképpen egyszerűsödik a képlet:

$$H_{LT,n,F} = 0,35 \cdot \dot{V}_{LT,n,friss} \cdot \frac{\Delta t_{LT,n}}{\Delta t} \cdot (1 - \eta_r) = 0,35 \cdot 1600 \cdot \frac{672}{672} \cdot (1 - 0,9) = 56,0 \text{ } \frac{W}{K}$$

Az érték azért magasabb előfűtéssel, mert az előfűtés a hővisszanyerő előtt történik, vagyis az előfűtésre jutó hányadra nem érvényesíthető a hővisszanyerési hatásfok.

Hővisszanyerő nélkül pedig:

$$H_{LT,n,F/H} = 0,35 \cdot \dot{V}_{LT,n,friss} \cdot \frac{\Delta t_{LT,n}}{\Delta t} = 0,35 \cdot 1600 \cdot \frac{672}{672} = 560,0 \text{ } \frac{W}{K}$$

Láthatjuk, hogy a hővisszanyerő hatása nagyon jelentős, ehhez képest az előfűtés rontó hatása nem számottevő.

26.6 Szellőző rendszer nettó energiafelhasználása

(Előző feladat folytatása)

Adott egy kisterű irodákból álló irodaházban kiépített, fagyvédelmi előfűtéssel, hővisszanyerővel és utófűtővel ellátott szellőzőrendszer, amit egy padlófűtési rendszer egészít ki. A kondicionált alapterület 400 m^2 , belmagasság $2,5 \text{ m}$, a hővisszanyerő hatásfoka 90% . A nyílászárók jó légzárásúak, kereszthuzat lehetséges. (A rendszer azonos az előző feladatban alkalmazott rendszerrel.) Az előfűtő direkt elektromos hőellátású, az utófűtőt gázkazán látja el hővel. A befűvási hőmérséklet $30 \text{ }^\circ\text{C}$. A transzmissziós hőveszteség $2426 \frac{\text{kWh}}{\text{hó}}$, a hőnyereségek összesen $856 \frac{\text{kWh}}{\text{hó}}$, a hasznosítási tényező $0,98$.

a) Határozza meg a légfűtés által fedezett nettó hőenergia igényt február hónapra!

b) Mennyi a padlófűtés által fedezendő hőenergia igény?

Az alapadatok tehát:

$$V=1000 \text{ m}^3$$

$$A_N=400 \text{ m}^2$$

$$\eta_r = 0,9$$

$$\theta_{\text{bef},F} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{tr,F} = 2426 \frac{\text{kWh}}{\text{hó}}$$

$$Q_{nyer} = Q_{s,F} + Q_{b,F} = 856 \frac{\text{kWh}}{\text{hó}}$$

$$\eta = 0,98$$

Az előző feladatból átvett részeredmények:

$$\dot{V}_{LT,1,friss} = 1600 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\Delta t_{EF,n,e<-4C} = 110 \text{ h}$$

$$\theta_{e<-4C} = -5,75 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{LT,n} = 672 \text{ h}$$

$$\theta_{e;\text{átlag}} = -0,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{szell,F} = 1172 \frac{\text{kWh}}{\text{hó}}$$

Megoldás:

a)

Léghevítés esetén a léghevítő által fedezett nettó fűtési igény:

$$Q_{F,LT,net} = \sum (Q_{F,LT,n,friss,net} + Q_{F,LT,n,recirk,net}) \left[\frac{\text{kWh}}{\text{hó}} \right]$$

A rendszerben nincs recirkuláció:

$$Q_{F,LT,net} = \sum (Q_{F,LT,n,friss,net} + 0) \left[\frac{kWh}{hó} \right]$$

Csak egyféle rendszer működik, folyamatos üzemmódban, azaz n=1:

$$Q_{F,LT,net} = Q_{F,LT,1,friss,net} \left[\frac{kWh}{hó} \right]$$

A szellőző rendszer friss levegőre vonatkoztatott (recirkuláció nélküli) hőigénye a frisslevegő elő- és utófűtéséből adódik.

$$Q_{F,LT,1,friss,net} = Q_{F,EF,1,friss,net} + Q_{F,UF,1,friss,net} \left[\frac{kWh}{hó} \right]$$

Mivel az elő- és az utófűtő energiaforrása eltérő, ez az összeg nem alkalmazható a végső energiaigények meghatározására, azokat energiahordozónként külön kell majd azokat számolni. Viszont mégis szükség lesz erre az összegzett értékre ahhoz, hogy meghatározzuk, hogy mennyi nettó hőigény marad a padlófűtésre.

Az előfűtő által fedezett nettó hőenergia igény:

$$Q_{F,EF,n,friss,net} = 0,35 \cdot \dot{V}_{LT,n,friss} \cdot \Delta t_{EF,n,e<-4C} \cdot \frac{(-4 - \theta_{e<-4C})}{1000} \left[\frac{kWh}{hó} \right]$$

$$Q_{F,EF,1,friss,net} = 0,35 \cdot \dot{V}_{LT,1,friss} \cdot \Delta t_{EF,1,e<-4C} \cdot \frac{(-4 - \theta_{e<-4C})}{1000} \left[\frac{kWh}{hó} \right]$$

$$Q_{F,EF,1,friss,net} = 0,35 \cdot 1600 \cdot 110 \cdot \frac{(-4 - (-5,75))}{1000} = 108 \frac{kWh}{hó}$$

Az utófűtő által fedezett nettó hőenergia igény:

$$Q_{F,UF,1,friss,net} = 0,35 \cdot \dot{V}_{LT,1,friss} \cdot \left((\Delta t_{LT,1} - \Delta t_{EF,1,e<-4C}) (\theta_{bef,F} - \theta_{e,átlag}) + \Delta t_{EF,1,e<-4C} \cdot (\theta_{bef,F} - (-4)) \right) \cdot \frac{(1 - \eta_r)}{1000} \left[\frac{kWh}{hó} \right]$$

$$Q_{F,UF,1,friss,net} = 0,35 \cdot 1600 \cdot \left((672 - 110) \cdot (30 - (-0,1)) + 110 \cdot (30 - (-4)) \right) \cdot \frac{(1 - 0,9)}{1000} \left[\frac{kWh}{hó} \right]$$

$$Q_{F,UF,1,friss,net} = 1157 \frac{kWh}{hó}$$

Az elő és az utófűtő által fedezett hőenergia igény összesen:

$$Q_{F,LT,friss,net} = Q_{F,LT,1,friss,net} = 108 + 1157 = 1265 \frac{kWh}{hó}$$

Az előző feladatban a szellőzési hőveszteségre 1172 kWh/hó adódott, vagyis a légfűtés ezt fedezni tudja.

b)

A teljes hőveszteség a feladat alapadataiból:

$$Q_{veszt} = \sum Q_{tr,F} + \sum Q_{szell,F} = 2426 + 1172 = 3598 \frac{kWh}{hó}$$

Az épület teljes nettó fűtési hőigénye:

$$Q_{F,net} = (Q_{veszt} - \eta_F Q_{nyer}) = 3598 - 0,98 \cdot 856 = 2759 \frac{kWh}{hó}$$

A padlófűtésre ebből annyi jut, amennyit a légfűtés nem tud fedezni:

$$Q_{F,net,padlófűtés} = Q_{F,net,FR} = Q_{F,net} - Q_{F,LT,net} = 2759 - 1265 = 1494 \frac{kWh}{hó}$$

26.7 Szellőző rendszer végső- és primer energiafelhasználása, illetve széndioxid kibocsátása

Határozza meg az adott, előfűtővel, utófűtővel és hővisszanyerővel rendelkező, légszatórna hálózattal rendelkező szellőzőrendszer végső és primer energiafelhasználását

- ErP minősített szellőző rendszerekre alkalmazható módszerrel,
- egyszerűsített módszerrel!

Alapadatok:

$$Q_{F;EF,1,friss,net} = 350 \frac{kWh}{év}$$

$$Q_{F;UF,1,friss,net} = 6230 \frac{kWh}{év}$$

További jellemzők:

- $A_N = 1000 m^2$
- A szellőzés egy fokozatban, folyamatos üzemben működik, $\dot{V}_{LT,1,friss} = 1600 \frac{m^3}{h}$
- A légszatórna hálózat nyomásvesztesége: $\Delta p_{LT} = 300 Pa$
- A levegő befűvási hőmérséklete: $30 ^\circ C$
- A rendszer csak a fűtési időnyben működik, az éves üzemidő: $\Delta t_{LT,a,n} = 4400 h$
- Szellőzési térfogatáram szabályozás: kézi vezérlés
- Hőmérséklet szabályozás: Központi előszabályozással, helyiségenkénti szabályozás nélkül
- Az előfűtés direkt villamos hőellátású
- Az utófűtés hőellátása földgáz energiahordozóval történik, teljesítménytényező: $\varepsilon_{LT,UF} = 1,02$
- A ventilátorok motorvezérlése fokozatmentes
- $SPI=0,5 W/(m^3/h)$

Megoldás:

A szellőzés egy fokozatú, folyamatos üzemű, azaz $n=1$.

Az előfűtő végső energia igénye:

$$Q_{LT,EF,n,vég} = Q_{F,EF,n,friss,net} \cdot \varepsilon_{LT,EF} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

$$\varepsilon_{LT,EF} = 1,0 \text{ (direkt villamos fűtés)}$$

$$Q_{LT,EF,1,vég} = Q_{F,EF,1,friss,net} \cdot \varepsilon_{LT,EF} = 350 \cdot 1,0 = 350 \frac{kWh}{év}$$

a) FELADATRÉSZ

Az utófűtő végső energia igénye:

$$Q_{LT,UF,n,vég} = \frac{Q_{F,UF,n,friss,net} \cdot MISC \cdot \varepsilon_{LT,UF}}{CRTL} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

A szellőztetés hatékonyságát, a légszűrő szivárgását és a járulékos infiltrációt kifejező MISC tényező értéke a következő táblázatból olvasható ki:

Ventilátor vezérlés típusa	MISC
Légszűrővel ellátott berendezés	1,1
Légszűrő nélküli berendezés	1,21

A szellőztetés szabályozásának hatékonyságát kifejező CTRL tényező értéke:

Ventilátor vezérlés típusa	CTRL
Kézi vezérlés	1,0
Időzítő (óra) vezérlés	1,2
Központi igényvezérlés	1,5
Helyi igényvezérlés	2,0

Az utófűtés teljesítménytényezője meg volt adva: $\varepsilon_{LT,UF} = 1,02$

Behelyettesítés után az utófűtő végső energiaigénye:

$$Q_{LT,UF,1,vég} = \frac{Q_{F,UF,1,friss,net} \cdot MISC \cdot \varepsilon_{LT,UF}}{CTRL} = \frac{6230 \cdot 1,1 \cdot 1,02}{1,0} = 6990 \frac{kWh}{év}$$

A ventilátorok villamos energiafelhasználása:

$$W_{vent,n} = \frac{\dot{V}_{LT,n} \cdot MISC \cdot SPI \cdot \Delta t_{LT,a,n}}{CTRL^x} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

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

A $\dot{V}_{LT,n}$ és a $\Delta t_{LT,a,n}$ értékeit a feladatkiírás megadta. Az SPI értékét szintén, ez gyártói adat: $SPI=0,5 \text{ W/(m}^3/\text{h)} = 0,0005 \text{ kW/(m}^3/\text{h)}$

$$W_{vent,1} = \frac{1600 \cdot 1,1 \cdot 0,0005 \cdot 4400}{1,0^2} = 3872 \frac{kWh}{év}$$

Más villamos segédenergia felhasználás nincs.

Összefoglalva a végső és primer energiaigények, valamint a széndioxid kibocsátás:

		előfűtés	utófűtés	ventilátorok	összesen
végző energiaigény	$\frac{kWh}{év}$	350	6990	3872	-
energiahordozó		hálózati áram	földgáz	hálózati áram	-
$f_{n,ren}$	-	2,3	1,1	2,3	-
f_{ren}	-	0,3	0,0	0,3	-
f_{CO2}	$\frac{g}{kWh}$	455	297	455	-
nem megújuló primer energia	$\frac{kWh}{év}$	805	7689	8906	17400
megújuló primer energia	$\frac{kWh}{év}$	105	0	1162	1267
széndioxid kibocsátás	$\frac{kg}{év}$	159	2076	1762	3997
fajl. nem megújuló primer energia	$\frac{kWh}{m^2 év}$	0,805	7,689	8,906	$E_{LT,nren,fajl} = 17,4 \frac{kWh}{m^2 év}$
fajl. megújuló primer energia	$\frac{kWh}{m^2 év}$	0,105	0	1,162	$E_{LT,ren,fajl} = 1,267 \frac{kWh}{m^2 év}$
fajl. széndioxid kibocsátás	$\frac{kg}{m^2 év}$	0,159	2,076	1,762	$E_{LT,CO2,fajl} = 3,997 \frac{kg}{m^2 év}$

b) FELADATRÉS: Egyszerűsített módszerrel

Az előfűtő számításában nincs eltérés az a) feladathoz képest. Az utófűtés végző energiaigénye:

$$Q_{F,UF,n,vég} = [(Q_{F,UF,n,friss,net} + Q_{F,LT,recirk,n,net}) \cdot (1 + f_{LT}) + Q_{F,LT,lcs,n}] \cdot \varepsilon_{LT,UF} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

A teljesíteny és az igény illesztésének pontatlansága miatti veszteség:

Rendszer	Hőmérséklet szabályozás módja	f_{LT} %	Megjegyzés
20 °C feletti befűvási hőmérséklet esetén	Helyiségenkénti szabályozás	5	Érvényes az egyes helyi (helyiségenkénti) és a központi kialakításokra, függetlenül a levegő melegítés módjától.
	Központi előszabályozással, helyiségenkénti szabályozás nélkül	10	
	Központi és helyiségenkénti szabályozás nélkül	30	
20 °C alatti befűvási hőmérséklet esetén		0	Pl. hővisszanyerős rendszer utófűtő nélkül

A szállított levegő hőmérséklete a környezeti hőmérséklethez képest kevesebb mint 15 K-nel magasabb, ezért az elosztási veszteség elhanyagolható:

$$Q_{F,LT,lcs,n} = 0 \frac{kWh}{év}$$

Minden adat ismert, behelyettesítés után:

$$Q_{F,UF,1,vég} = [(6320 + 0) \cdot (1 + 0,1) + 0] \cdot 1,02 = 7091 \frac{kWh}{év}$$

Az a) feladatrészben ugyanez az érték $6990 \frac{kWh}{év}$ - re adódott.

A ventilátorok villamos energiafelhasználása:

$$W_{vent,n} = \frac{(\dot{V}_{LT,n,friss} + \dot{V}_{LT,n,recirk}) \cdot \Delta p_{LT}}{3600 \cdot \eta_{vent,n}} \cdot \frac{\Delta t_{LT,a,n}}{1000} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

A ventilátor összhatalásfokának meghatározása:

	Ventilátor térfogatárama $\dot{V}_{LT} [m^3/h]$	Ventilátor összhatalásfoka $\eta_{vent} [-]$ 2010 előtt
Nagy ventilátorok	$10.000 \leq V_{LT}$	0,70
Közepes ventilátorok	$1.000 \leq V_{LT} = 1.600 < 10.000$	0,55
Kis ventilátorok	$V_{LT} < 1.000$	0,40

A többi adat a feladatkiírásból adott, behelyettesítés után:

$$W_{vent,1} = \frac{(1600 + 0) \cdot 300}{3600 \cdot 0,55} \cdot \frac{4400}{1000} = 1066 \frac{kWh}{év}$$

Az a) feladatrészben ugyanez az érték $3872 \frac{kWh}{év}$ - re adódott.

Más villamos segédenergia felhasználás nincs.

Összefoglalva a végső és primer energiaigények, valamint a széndioxid kibocsátás:

		előfűtés	utófűtés	ventilátorok	összesen
végző energiaigény	$\frac{kWh}{év}$	350	7091	1066	-
energiahordozó		hálózati áram	földgáz	hálózati áram	-
$f_{n,ren}$	-	2,3	1,1	2,3	-
f_{ren}	-	0,3	0,0	0,3	-
f_{CO_2}	$\frac{g}{kWh}$	455	297	455	-
nem megújuló primer energia	$\frac{kWh}{év}$	805	7800	2451	11056
megújuló primer energia	$\frac{kWh}{év}$	105	0	320	425
széndioxid kibocsátás	$\frac{kg}{év}$	159	2106	485	2750
fajl. nem megújuló primer energia	$\frac{kWh}{m^2 év}$	0,805	7,800	2,451	$E_{LT,nren,fajl} = 11,056 \frac{kWh}{m^2 év}$
fajl. megújuló primer energia	$\frac{kWh}{m^2 év}$	0,105	0	0,320	$E_{LT,ren,fajl} = 0,425 \frac{kWh}{m^2 év}$
fajl. széndioxid kibocsátás	$\frac{kg}{m^2 év}$	0,159	2,106	0,485	$E_{LT,CO_2,fajl} = 2,750 \frac{kg}{m^2 év}$

26.8 Napkollektor energiatermelésének meghatározása

Feladat

Határozza meg egy 130 m² kondicionált alapterületű családi ház déli tájolású, 30°-os dőlésszögű tetőszerkezetére telepített 4 m² síkkollektor éves energiatermelését. Számítsa ki a HMV rendszer hőtermelőkre lebontott végeenergiaigényét, valamint a megújuló és nem megújuló primerenergiaigényét és a CO₂ emissziót, ha a napkollektoros rendszer mellett a másodlagos hőtermelő egy kondenzációs kazán. A kazán, az indirekt fűtésű tároló, valamint az alap elosztóvezetékek az épület alatti fűtetlen pincében helyezkednek el. Az épületben nincsen kiépítve cirkulációs hálózat.

Megoldás

Az alábbi feltételek teljesülése esetén egyszerűsített módszer alkalmazható a napkollektorok által termelt hőenergia figyelembevételére:

- A napkollektorokkal kizárólag lakóépület HMV igényének fedezésére segítenek rá.
- A HMV tároló kollektorfelületre vetített térfogata eléri az 50 l/m² (kollektorfelület) arányt.

Az alábbi számításban a táblázatos értékek meghatározásánál lineáris interpolációt alkalmaztunk. Első lépésben meghatározandó a végeenergia igény azt feltételezve, mintha nem lenne napkollektor, azaz a másik hőtermelő (pl. gázkazán) fedezné a teljes HMV hőigényt:

$$Q_{HMV,vég,koll,nélkül} = \sum (Q_{HMV,net} + Q_{HMV,szall} + Q_{HMV,tár}) \cdot \varepsilon_{HMV,2} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

ahol $\varepsilon_{HMV,2}$ a másik hőtermelő teljesítménytényezője.

A $Q_{HMV,net}$ igény a következő táblázat alapján 25 kWh/m²év (3250 kWh/év).

26.14. táblázat: Különböző funkciójú épületekre vonatkozó ajánlott alapadatok a HMV hőigény meghatározásához

	HMV hőigény	vonatkoztatási egység
Családi ház*	25	kWh/m²év
Egyéb lakóépület*	30	kWh/m ² év
Irodaház	0,4	kWh fejenként, naponta
Kórházi hálóterem	6	kWh ágyanként, naponta
Iskola, óvoda, bölcsőde	0,4	kWh fejenként, naponta
Kereskedelmi	1	kWh dolgozónként, naponta
Ipari épület (zuhanyzással)	1,8	kWh dolgozónként, naponta
Hotel	2 (egyszerű) 5 (luxus)	kWh ágyanként, naponta
Étterem	1,1	kWh székenként, naponta
Nyugdíjasotthon	2,3	kWh fejenként, naponta
Laktanya	1,8	kWh fejenként, naponta
Sportlétesítmény	1,8	kWh fejenként, naponta
Menza	0,4	kWh adagonként
Szaunatér	2,8	kWh fejenként, naponta
Labor	0,4	kWh fejenként, naponta
Fitnesztér	1,5	kWh fejenként, naponta

A $Q_{HMV,szall}$ igény a rendelet következő táblázata alapján a nettó igény 13%-a, 3,25 kWh/m²év (422,5 kWh/év).

26.15. táblázat: A melegvíz elosztó és cirkulációs vezeték fajlagos energiaigény, $\frac{Q_{HMV,szall}}{Q_{HMV,net}}$

	Az elosztás hővesztesége a nettó melegvíz készítési hőigény százalékában			
	Cirkulációval		Cirkuláció nélkül	
Alapterületig A_{rszr} [m ²]	Elosztás a fűtött téren kívül	Elosztás a fűtött téren belül	Elosztás a fűtött téren kívül	Elosztás a fűtött téren belül
	%	%	%	%
100	28	24	13	10
150	22	19		
200	19	17		

300	17	15		
500	14	13		
750	13	12		
> 750	13	12		

A $Q_{\text{H MV, tár}}$ igény a következő táblázat alapján, lineáris interpolációval számítva a nettó igény 23,8%-a, 5,95 kWh/m²év (773,5 kWh/év).

26.16. táblázat: A melegvíz-tárolás fajlagos vesztesége, $\frac{Q_{\text{H MV, tár}}}{Q_{\text{H MV, net}}}$ (a tároló a fűtött légtéren kívül) (Rend. 10.10. táblázat)

	A tárolás hővesztesége a nettó melegvíz-készítési hőigény százalékában			
Alapterületig A_{rszr} [m ²]	A tároló a fűtött légtéren kívül			
	Indirekt fűtésű tároló	Csúcson kívüli árammal működő elektromos bojler	Nappali árammal működő elektromos bojler	Gázüzemű bojler
	%	%	%	%
100	28	24	16	97
150	21	20	12	80
200	16	16	10	69
300	12	14	8	61
500	9	10	6	53
750	6	8	5	49
1000	5	8	4	46
1500	4	7	4	40
2500	4	6	3	32
5000	3	5	2	26
10000	2	4	2	22

A kondenzációs kazán teljesítménytényezője ($\epsilon_{\text{H MV, 2}}$) a következő táblázat alapján, lineáris interpolációval számítva 1,158, segédenergia igénye ($w_{\text{H MV, term}}$) 0,264 kWh/m²év (34,3 kWh/év).

26.17. táblázat: Kazánüzemű HMV készítés teljesítménytényezője, ε_{HMV} és fajlagos segédenergia igénye, $\frac{W_{HMV,term}}{A_{rszr}}$

	Teljesítménytényező					Segédenergia	
	ε_{HMV} [-]					$\frac{W_{HMV,term}}{A_{rszr}}$ [kWh/m ² év]	
Alapterületig A_{rszr} [m ²]	Állandó hőm. Kazán (olaj és gáz)	Alacsony hőm. kazán	Kondenzációs kazán	Kombikazán ÁF/KT*	Kondenzációs kombikazán ÁF/KT*	Kombikazán	Más kazánok
100	1,82	1,21	1,17	1,27/1,41	1,23/1,36	0,20	0,30
150	1,71	1,19	1,15	1,22/1,32	1,19/1,28	0,19	0,24
200	1,64	1,18	1,14	1,20/1,27	1,16/1,24	0,18	0,21
300	1,56	1,17	1,13	1,17/1,22	1,14/1,19	0,17	0,17
500	1,46	1,15	1,12	1,15/1,18	1,11/1,15	0,17	0,13
750	1,40	1,14	1,11				0,11
1000	1,36	1,14	1,10				0,10
1500	1,31	1,13	1,10				0,084
2500	1,26	1,12	1,09				0,069
5000	1,21	1,11	1,08				0,054
10000	1,17	1,10	1,08				0,044

Így az éves HMV végenergia igény napkollektor nélkül

$$Q_{HMV,vég,koll\_nélkül} = \sum (3250 + 422,5 + 773,5) \cdot 1,158 = 5148 \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

Ezután meghatározandó, hogy ennek az értéknek mekkora hányadát fedezi a napkollektoros rendszer ($Q_{HMV,vég,koll}$). Ehhez a maximális kollektortermelést ($Q_{koll,max}$), valamint a teljesítménycsökkentő tényezőt (k) kell meghatározni. A fajlagos kollektoros energiatermelés a következőképpen számítható:

$$Q_{HMV,vég,koll} = Q_{koll,max} \cdot k$$

A $Q_{koll,max}$ értéke síkkollektorokra az alábbi táblázatból, a k értéke pedig az alább megadott leíró képletekből számítható ki.

26.18. táblázat: Kollektortermelés ideális tájolás és hajlásszög esetén sikkollektorokra ($Q_{koll,max}$)

$\left[\frac{kWh}{\acute{e}v}\right]$		Rendszer alapterület $[m^2]$														
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	200	250	300
Bruttó kollektorfelület $[m^2]$	1,5	725	779	817	845	867	884	898	908	917	924	930	936	957	971	980
	2	844	944	1006	1053	1089	1119	1142	1160	1175	1187	1198	1207	1245	1268	1284
	2,5	911	1054	1159	1230	1283	1326	1362	1388	1411	1430	1446	1461	1517	1553	1578
	3	963	1123	1265	1373	1451	1510	1558	1595	1626	1653	1676	1696	1775	1826	1861
	4	1036	1224	1395	1547	1687	1796	1888	1948	1999	2043	2081	2115	2250	2337	2397
	5	1089	1295	1485	1661	1822	1971	2109	2206	2296	2367	2423	2472	2672	2803	2893
	6	1138	1349	1554	1745	1925	2093	2247	2377	2499	2599	2686	2765	3046	3227	3352
	7	1184	1398	1608	1813	2005	2187	2361	2502	2634	2758	2875	2979	3374	3610	3775
	8	1231	1445	1658	1868	2072	2264	2448	2605	2750	2883	3008	3126	3645	3956	4165
	10	1291	1539	1752	1968	2178	2387	2590	2762	2924	3077	3223	3360	4014	4518	4848

$$\begin{aligned}
 k &= (9,88 \cdot 10^{-9} \cdot \alpha_m^2 - 1,18 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha_m) \cdot \gamma_m^2 + (-4,99 \cdot 10^{-8} \cdot \alpha_m^2 + 9,25 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha_m) \\
 &\quad \cdot \gamma_m + (-1,17 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha_m^2 + 9,11 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_m + 0,821) \\
 &= (9,88 \cdot 10^{-9} \cdot 30^2 - 1,18 \cdot 10^{-6} \cdot 30) \cdot 0^2 \\
 &\quad + (-4,99 \cdot 10^{-8} \cdot 30^2 + 9,25 \cdot 10^{-6} \cdot 30) \cdot 0 \\
 &\quad + (-1,17 \cdot 10^{-4} \cdot 30^2 + 9,11 \cdot 10^{-3} \cdot 30 + 0,821) = 0,989
 \end{aligned}$$

A $Q_{koll,max}$ értéke így 2043 kWh/év, míg a k értéke 0,989, így a napkollektorok által termelt energia:

$$Q_{H MV, \acute{v} \acute{e} g, koll} = 2043 \cdot 0,989 = 2021 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$$

A másik hőtermelőhöz (pl. gázkazán) tartozó végenergia igény pedig:

$$\begin{aligned}
 Q_{H MV, \acute{v} \acute{e} g, 2} &= Q_{H MV, \acute{v} \acute{e} g, koll, \acute{n} \acute{e} l k \acute{u} l} - Q_{H MV, \acute{v} \acute{e} g, koll} \cdot \varepsilon_{H MV, 2} = 5148 - 2021 \cdot 1,158 \\
 &= 2808 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]
 \end{aligned}$$

A napkollektoros rendszer szolárköri szivattyújának a szivattyúzási energiaigénye a Rendelet 10.13-as képlete alapján számítható:

$$W_{H MV, sziv\_szol} = 2 \cdot (25 + 2 \cdot A_{koll}) = 2 \cdot (25 + 2 \cdot 4) = 66 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$$

A rendszer megújuló és nem megújuló primerenergiaigénye, valamint CO₂ emissziója a két hőtermelő által termelt energia, valamint a villamos segédenergia igények megfelelő súlyozásával számítható a Rendelet 15.3-as képlete alapján:

$$E_{H MV, súlyozott} = \sum_i Q_{H MV, vég, i} \cdot F_{f \acute{e} / \acute{e} h} \cdot f_{s \acute{u} ly, i} + \sum_i W_{H MV, vég, i} \cdot f_{s \acute{u} ly, i} \left[\frac{kWh}{\acute{e} v} \right] vagy \left[\frac{kg CO_2}{\acute{e} v} \right]$$

A súlyozó tényezőket a rendelet 14.1. táblázattartalmazza.

A nem megújuló primerenergiaigény az alábbiak szerint alakul:

$$E_{H MV, nren, kond. kaz.} = 2808 \cdot 0,9 \cdot 1,1 + 34,3 \cdot 2,3 = 2859 \left[\frac{kWh}{\acute{e} v} \right] \left(21,99 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot \acute{e} v} \right] \right)$$

$$E_{H MV, nren, napkoll.} = 2021 \cdot 1 \cdot 0 + 66 \cdot 2,3 = 152 \left[\frac{kWh}{\acute{e} v} \right] \left(1,17 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot \acute{e} v} \right] \right)$$

$$E_{H MV, nren} = 2859 + 152 = 3011 \left[\frac{kWh}{\acute{e} v} \right] \left(23,16 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot \acute{e} v} \right] \right)$$

A megújuló primerenergiaigény az alábbiak szerint alakul:

$$E_{H MV, ren, kond. kaz.} = 2808 \cdot 0,9 \cdot 0 + 34,3 \cdot 0,3 = 10 \left[\frac{kWh}{\acute{e} v} \right] \left(0,08 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot \acute{e} v} \right] \right)$$

$$E_{H MV, ren, napkoll.} = 2021 \cdot 1 \cdot 1 + 66 \cdot 0,3 = 2041 \left[\frac{kWh}{\acute{e} v} \right] \left(15,70 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot \acute{e} v} \right] \right)$$

$$E_{H MV, ren} = 10 + 2041 = 2051 \left[\frac{kWh}{\acute{e} v} \right] \left(15,78 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot \acute{e} v} \right] \right)$$

A CO₂ emisszió az alábbiak szerint alakul:

$$E_{H MV, CO_2, kond. kaz.} = 2808 \cdot 0,9 \cdot 0,297 + 34,3 \cdot 0,455 = 766 \left[\frac{kg CO_2}{\acute{e} v} \right] \left(5,89 \left[\frac{kg CO_2}{m^2 \cdot \acute{e} v} \right] \right)$$

$$E_{H MV, CO_2, napkoll.} = 2021 \cdot 1 \cdot 0,025 + 66 \cdot 0,455 = 81 \left[\frac{kg CO_2}{\acute{e} v} \right] \left(0,62 \left[\frac{kg CO_2}{m^2 \cdot \acute{e} v} \right] \right)$$

$$E_{H MV, CO_2} = 766 + 81 = 847 \left[\frac{kg CO_2}{\acute{e} v} \right] \left(6,52 \left[\frac{kg CO_2}{m^2 \cdot \acute{e} v} \right] \right)$$

26.9 Napelem által termelt energia meghatározása

Családi ház energiatanúsításakor az egyik lehetséges korszerűsítési javaslat az épületre napelemes rendszer telepítése. Az adott családi ház 120 m² kondicionált alapterületű. Az épület nyeregtetős, a tetőszerkezete ÉK, illetve DNY-i tájolású, 30°-os dőlésszögű. Az épület DNY-i tetőfelülete teljes mértékben hasznosítható napelemek telepítésére. Az épületben lakók éves villamosenergia-fogyasztása 2400 kWh/év. Milyen méretű napelemes rendszer telepíthető az épületre, annak mekkora a várható éves termelése, hogyan változtatja meg a telepített napelemes rendszer az épület komplex indikátorait? A választott napelem típus modulonkénti teljesítménye 290 Wp.

Első lépésként meg kell határozni, hogy mekkora teljesítményű napelemes rendszert lehet telepíteni az épületre, mely az éves villamosenergia-fogyasztástól, valamint hasznosítható tetőfelület tájolásától, dőlésszögétől függ. Egyszerűsített módszer alkalmazásakor a rendelet az alábbi táblázatban szereplő értékeket lehet felhasználni:

26.19. táblázat: Tájékoztató adatok napelemek éves energiatermelésének meghatározásához

<i>Fajlagos napelem termelés</i> $w_{PV} \left[\frac{kWh/év}{kWp} \right]$			
Tájolás	K, Ny	DK, DNy	D
Hajlásszög			
0	942	942	942
10	934	988	1010
20	917	1020	1050
30	892	1030	1080
40	858	1020	1080
50	812	988	1050
60	755	940	1010
70	688	873	935
80	611	787	842
90	527	686	727

A táblázatból látható, hogy 1 kWp beépített teljesítményhez 1030 kWh villamosenergia-termelés tartozik, így a beépíthető napelemteljesítmény az alábbi képlet szerint határozható meg:

$$P_{PV,össz} = \frac{W_{éves,épület}}{W_{PV}} = \frac{2400}{1030} = 2,33 [kWp]$$

A választott napelemtípus 290 Wp modul teljesítményű, így 8 db napelem telepíthető a tetőre, melynek az összteljesítmény 2,32 kWp.

A napelemes rendszer várható éves villamosenergia-termelése tehát:

$$W_{PV} = w_{PV} \cdot P_{PV,össz} = 1030 \cdot 2,32 = 2390 \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

Az épület komplex indikátorai az alábbi képlet alapján határozhatóak meg:

$$E_{exp,súlyozott} = \sum_i W_{exp,i} \cdot (f_{súly,exp,i} - f_{súly,term,i}) + \sum_i Q_{exp,i} \cdot (f_{súly,exp,i} - f_{súly,term,i}) \left[\frac{kWh}{év} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kg CO_2}{év} \right]$$

A súlyozó tényezőket a 14.1 táblázat tartalmazza.

A nem megújuló primerenergiaigény az alábbiak szerint alakul:

$$E_{exp,nren,napelem} = 2390 \cdot (2,3 - 0) = 5497 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(45,81 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

A megújuló primerenergiaigény az alábbiak szerint alakul:

$$E_{exp,ren,napelem} = 2390 \cdot (0,3 - 1) = -1673 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(-13,94 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

A teljes primerenergiaigény az alábbiak szerint alakul:

$$E_{exp,tot,napelem} = 2390 \cdot (2,6 - 1) = 3824 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(31,87 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

A CO₂ emisszió az alábbiak szerint alakul:

$$E_{exp,CO_2,napelem} = 2390 \cdot (0,455 - 0,074) = 911 \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \left(7,59 \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

Az épület összesített súlyozott energetikai teljesítményénél az exportált villamosenergiát az összegzésnél negatív előjellel kell figyelembe venni, így a fentebb kapott eredmények a megújuló primerenergiát leszámítva csökkentik az épület számított indikátorait.

26.10 Irodaépület világítási energiaigénye

Egy 80%-os homlokzati üvegezésű, 29,25 m²-es (6,5m x 4,5m) irodaépület mesterséges világítása dimmelhető LED fényforrásokkal biztosított, a lámpák bekapcsolása automatikus. Az épületben van vészvilágítás, illetve világítás készenléti energiafogyasztás is.

A világítás éves energiaigényének meghatározásakor első lépésként a helyiségbe épített teljesítmény becslése a feladat.

A beépített teljesítmény becsléséhez meg kell határozni az épület funkcióját, a fényforrás típusát, melyek a példaépületre az alábbiak:

- Épület funkciója: irodaépület;
- Fényforrás típusa: LED;

Az épület funkciójából következik az előírt, átlagos megvilágítási szint (MV), mely ebben az esetben 500 lx (29.1. táblázat). A fényforrás típusából következik a fényhasznosíthatóság (FH), mely ebben az esetben 120 lm/W (12.1. táblázat). A fényforrás hatékonysága (η_{vil}) LED esetén 0,5 (12.2. táblázat).

A beépített világítás fajlagos névleges elektromos teljesítménye:

$$P_j = \frac{MV}{FH \cdot \eta_{vil}} = \frac{500}{120 \cdot 0,5} = 8,33 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

ahol

MV A helyiségre / zónára előírt megvilágítás (29.1. táblázat)

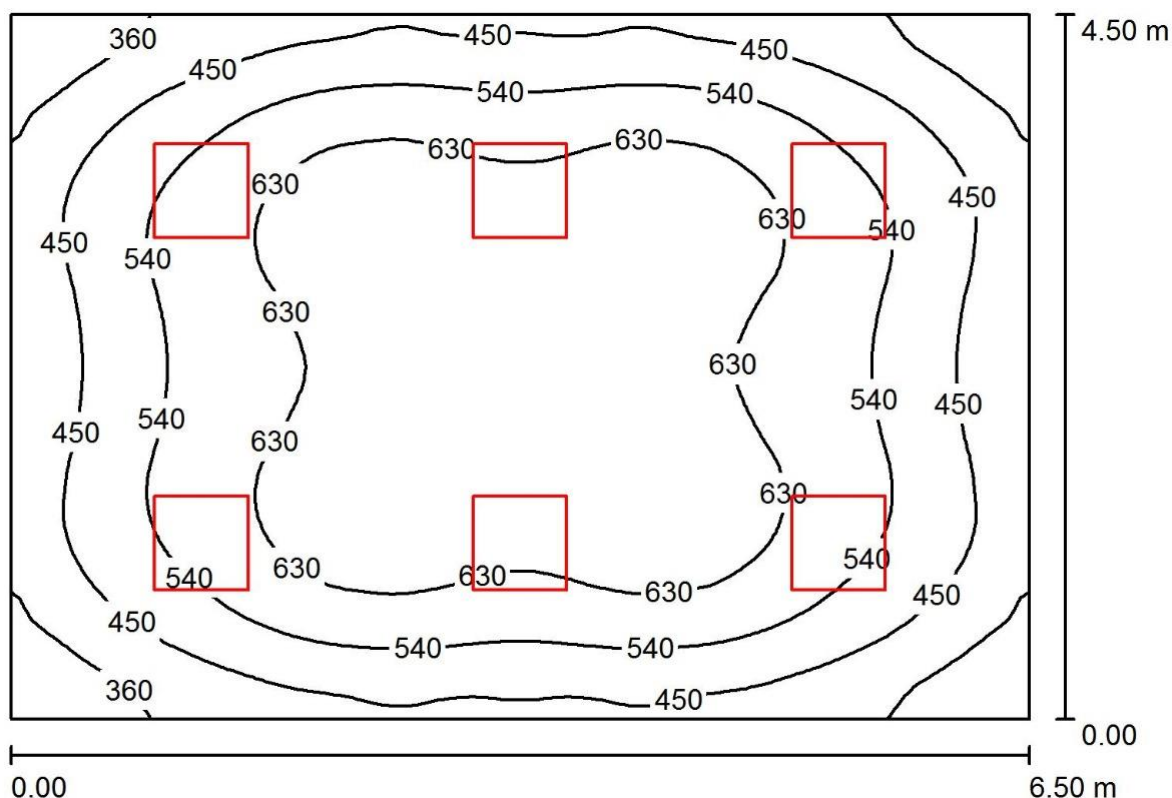
FH Fényforrások fényhasznosítása $\left[\frac{\text{lm}}{\text{W}} \right]$ – (12.1. táblázat)

Beépített teljesítmény ellenőrzése:

A teljesítmény értékének ellenőrzése érdekében az alábbi ábra egy 6,5x4,5 m-es irodahelyiség megvilágításának eloszlását mutatja. Az irodahelyiséget 6 darab, 40 W-os LED-panel fényforrás világítja, melynek teljesítménye egyenként 40 [W].

Az adódott átlagos megvilágítási szint 520 lx, vagyis az 500 lx átlagos megvilágítás teljesül. A világítás által igényelt tényleges fajlagos elektromos teljesítmény: 8.2 W/m².

Az alábbi ábra a tér megvilágításának eloszlását mutatja. A modellezett lámpák az ipari gyakorlatban használt LED-panelek.



26.1. ábra

Megjegyzés: a tanúsítás során ezt a lépést (a beépített teljesítmény ellenőrzését) nem kell elvégezni. Jelen példában csak a becsült és az 500 lx átlagos megvilágításhoz ténylegesen szükséges teljesítmény összehasonlítását szolgálja.

A beépített teljesítmény becslése után következik a világítás éves energiaigényének meghatározása

A mesterséges világítás energiaigényének meghatározásakor az alábbi adatok szükségesek:

- Fényforrás szabályozásának lehetősége: dimmelhető LED;
- Működtetés típusa: Automatikus bekapcsolás/dimmelhető;
- Homlokzati üvegezési arány: 80% fölött;
- Vészvilágítás: van;
- Standby üzem: van.

A fenti adatok alapján az alábbi táblázatokban szereplő értékeket a képletbe helyettesítve kiszámítható az éves energiafelhasználás:

$$W_{vil,vég} = \sum_j (F_{fe} \cdot P_j \cdot F_{szab} \cdot (t_{nappal} F_{nappal} + t_{éjjel}) / 1000 + w_{vész} + w_{standby}) \cdot A_j \quad \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

A fényerő szabályozhatóságát kifejező tényező értéke az alábbi táblázat alapján:

26.20. táblázat: A fényerő szabályozhatóságát kifejező tényező értékei

Világítási rendszer	F _{fe} [–]
Nem dimmelhető világítási rendszer	1
Dimmelhető halogén fényforrás	0,9
Dimmelhető fénycső	0,8
Dimmelhető LED	0,7

A fényerő szabályozhatóságát kifejező tényező értéke az alábbi táblázatok alapján:

26.21. táblázat: A kihasználtsági mutató értékei

Épület funkciója	F _{kihaszn} [–]
Múzeum	0
Könyvtár	0
Üzem	0
Hotel, Étterem	0
Színház, auditórium	0
Iroda	0,2
Oktatási intézmény	0,2
Kórház	0,2
Sportcsarnok	0,3
Konferenciaterem, Kiállító terem	0,5

26.22. táblázat: A szabályozás típusától függő tényező (F_{szab}) a kihasználtsági mutató ($F_{kihaszn}$) függvényében

F _{szab}	F _{kiaszn} [-]										
	0,0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Kézi be- és kikapcsolás	1	1	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0
Automatikus bekapcsolás/dimmelhető	1	0,975	0,975	0,95	0,85	0,65	0,55	0,45	0,35	0,25	0
Automatikus be- és kikapcsolás	1	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0
Kézi bekapcsolás/dimmelhető	1	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0
Kézi bekapcsolás, automatikus kikapcsolás	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0

Az épület funkciójából adódó megvilágítási időtartamok az alábbi táblázat alapján vehetők fel:

26.23. táblázat: Évi üzemórák száma

Épülettípus	Évi üzemórák száma [h/év]		
	t_{nappal}	$t_{éjjel}$	$t_{össz}$
Irodaépület	2250	250	2500
Oktatási épület	1800	200	2000
Kórház	3000	2000	5000
Hotel	3000	2000	5000
Étterem	1250	1250	2500
Sportközpont	2000	2000	4000
Kereskedelmi egység	3000	2000	5000
Üzem	2500	1500	4000

A természetes megvilágítás a homlokzati üvegezési arány figyelembevételével az alábbi táblázatból vehető fel:

26.24. táblázat: A természetes megvilágítás szerepét kifejező tényező

Homlokzati üvegezési arány (teljes homlokzatfelületre vonatkoztatva)	F_{nappal}
80% fölött	0,35
40% - 80% között	0,45
40% alatt	0,55

A vészvilágítás energiaigénye:

$$w_{vész} = 0 \frac{kWh}{m^2 év}, \text{ ha nincs vészvilágítás;}$$

$w_{v\acute{e}sz} = 1 \frac{kWh}{m^2\acute{e}v}$, ha van vészvilágítás.

A világítás vezérlésének készenléti energiaigénye:

$w_{standby} = 0 \frac{kWh}{m^2\acute{e}v}$, ha nincs stand-by fogyasztás;

$w_{standby} = 1,5 \frac{kWh}{m^2\acute{e}v}$, ha van stand-by fogyasztás.

A fenti összefüggésbe behelyettesítve megkaphatjuk alapján a világítás éves energiaigényét:

$$W_{vil,v\acute{e}g} = (0,7 \cdot 8,33 \cdot 0,975 \cdot (2250 \cdot 0,35 + 250)/1000 + 1 + 1,5) \cdot 29,25 = 245,7 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$$

Az épület komplex indikátorai az alábbi képlet alapján határozhatóak meg:

$$E_{exp,s\acute{u}lyozott} = \sum_i W_{exp,i} \cdot (f_{s\acute{u}ly,exp,i} - f_{s\acute{u}ly,term,i}) + \sum_i Q_{exp,i} \cdot (f_{s\acute{u}ly,exp,i} - f_{s\acute{u}ly,term,i}) \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kg CO_2}{\acute{e}v} \right]$$

A súlyozó tényezőket a 14.1 táblázat tartalmazza.

A nem megújuló primerenergiaigény az alábbiak szerint alakul:

$$E_{exp,nren,vil\acute{a}gítás} = 245,7 \cdot 2,3 = 565,1 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] \left(19,32 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot \acute{e}v} \right] \right)$$

A megújuló primerenergiaigény az alábbiak szerint alakul:

$$E_{exp,ren,vil\acute{a}gítás} = 245,7 \cdot 0,3 = 73,7 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] \left(2,52 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot \acute{e}v} \right] \right)$$

A teljes primerenergiaigény az alábbiak szerint alakul:

$$E_{exp,tot,vil\acute{a}gítás} = 245,7 \cdot 2,6 = 638,8 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] \left(21,84 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot \acute{e}v} \right] \right)$$

A CO₂ emisszió az alábbiak szerint alakul:

$$E_{exp,CO_2,vil\acute{a}gítás} = 245,7 \cdot 0,455 = 111,8 \left[\frac{kg CO_2}{\acute{e}v} \right] \left(3,82 \left[\frac{kg CO_2}{m^2 \cdot \acute{e}v} \right] \right)$$

26.11 Iskolai világítási energiaigénye

Egy 40% alatti homlokzati üvegezésű, 29,25 m²-es iskolaépület mesterséges világítása parabolatükrös fénycsövekkel biztosított, a lámpák kézi bekapcsolásúak, dimmelési lehetőség nincs. Az épületben van vészvilágítás, világítás készenléti energiafogyasztás viszont nincs.

A világítás éves energiaigényének meghatározásakor első lépésként a helyiségbe épített teljesítmény becslése a feladat.

A beépített teljesítmény becsléséhez meg kell határozni az épület funkcióját, a fényforrás típusát, melyek a példaépületre az alábbiak:

- Épület funkciója: óvoda;
- Fényforrás típusa: fénycső;

Az épület funkciójából következik az előírt, átlagos megvilágítási szint (MV), mely ebben az esetben 300 lx (29.1. táblázat). A fényforrás típusából következik a fényhasznosíthatóság (FH), mely ebben az esetben 75 lm/W (12.1. táblázat). A fényforrás hatékonysága (η_{vil}) LED esetén 0,5 (12.2. táblázat).

A beépített világítás fajlagos névleges elektromos teljesítménye:

$$P_j = \frac{MV}{FH \cdot \eta_{vil}} = \frac{300}{75 \cdot 0,5} = 8,0 \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

ahol

MV A helyiségre / zónára előírt megvilágítás [lx] – (29.1. táblázat)

FH Fényforrások fényhasznosítása $\left[\frac{lm}{W} \right]$ – (12.1. táblázat)

η_{vil} Fényforrások hatásfoka – (12.2. táblázat)

A beépített teljesítmény becslése után következik a világítás éves energiaigényének meghatározása

A mesterséges világítás energiaigényének meghatározásakor az alábbi adatok szükségesek:

- Fényforrás szabályozásának lehetősége: a lámpák kézi bekapcsolásúak, dimmelési lehetőség nincs;
- Működtetés típusa: Kézi be- és kikapcsolás;
- Homlokzati üvegezési arány: 40% alatt;
- Vészvilágítás: van;
- Standby üzem: nincs.

A fenti adatok alapján az alábbi táblázatokban szereplő értékeket a képletbe helyettesítve kiszámítható az éves energiafelhasználás:

$$W_{vil,vég} = \sum_j (F_{fe} \cdot P_j \cdot F_{szab} \cdot (t_{nappal} F_{nappal} + t_{éjjel})) / 1000 + w_{vész} + w_{standby} \cdot A_j \quad \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

A fényerő szabályozhatóságát kifejező tényező értéke az alábbi táblázat alapján:

26.25. táblázat: A fényerő szabályozhatóságát kifejező tényező értékei

Világítási rendszer	$F_{fe} [-]$
Nem dimmelhető világítási rendszer	1
Dimmelhető halogén fényforrás	0,9
Dimmelhető fénycső	0,8
Dimmelhető LED	0,7

A fényerő szabályozhatóságát kifejező tényező értéke az alábbi táblázatok alapján:

26.26. táblázat: A kihasználtsági mutató értékei

Épület funkciója	$F_{kihaszn} [-]$
Múzeum	0
Könyvtár	0
Üzem	0
Hotel, Étterem	0
Színház, auditórium	0
Iroda	0,2
Oktatási intézmény	0,2
Kórház	0,2
Sportcsarnok	0,3
Konferenciaterem, Kiállító terem	0,5

26.27. táblázat: A szabályozás típusától függő tényező (F_{szab}) a kihasználtsági mutató ($F_{kihaszn}$) függvényében

F_{szab}	$F_{kihaszn} [-]$										
	0,0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Kézi be- és kikapcsolás	1	1	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0
Automatikus bekapcsolás/dimmelhető	1	0,975	0,975	0,95	0,85	0,65	0,55	0,45	0,35	0,25	0
Automatikus be- és kikapcsolás	1	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0
Kézi bekapcsolás/dimmelhető	1	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0
Kézi bekapcsolás, automatikus kikapcsolás	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0

Az épület funkciójából adódó megvilágítási időtartamok az alábbi táblázat alapján vehetők fel:

26.28. táblázat: Évi üzemórák száma

Épülettípus	Évi üzemórák száma [h/év]		
	t _{nappal}	t _{éjjel}	t _{össz}
Irodaépület	2250	250	2500
Oktatási épület	1800	200	2000
Kórház	3000	2000	5000
Hotel	3000	2000	5000
Étterem	1250	1250	2500
Sportközpont	2000	2000	4000
Kereskedelmi egység	3000	2000	5000
Üzem	2500	1500	4000

A természetes megvilágítás a homlokzati üvegezési arány figyelembevételével az alábbi táblázatból vehető fel:

26.29. táblázat: A természetes megvilágítás szerepét kifejező tényező

Homlokzati üvegezési arány (teljes homlokzatfelületre vonatkoztatva)	F _{nappal}
80% fölött	0,35
40% - 80% között	0,45
40% alatt	0,55

A vészvilágítás energiaigénye:

$$w_{vész} = 0 \frac{kWh}{m^2 \cdot év}, \text{ ha nincs vészvilágítás;}$$

$$w_{vész} = 1 \frac{kWh}{m^2 \cdot év}, \text{ ha van vészvilágítás.}$$

A világítás vezérlésének készenléti energiaigénye:

$$w_{standby} = 0 \frac{kWh}{m^2 \cdot év}, \text{ ha nincs stand-by fogyasztás;}$$

$$w_{standby} = 1,5 \frac{kWh}{m^2 \cdot év}, \text{ ha van stand-by fogyasztás.}$$

A fenti összefüggésbe behelyettesítve megkaphatjuk alapján a világítás éves energiaigényét:

$$W_{vil,vég} = (1 \cdot 8,0 \cdot 1 \cdot (1800 \cdot 0,55 + 200)/1000 + 1 + 0) \cdot 29,25 = 307,7 \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

Az épület komplex indikátorai az alábbi képlet alapján határozhatóak meg:

$$E_{exp,súlyozott} = \sum_i W_{exp,i} \cdot (f_{súly,exp,i} - f_{súly,term,i}) + \sum_i Q_{exp,i} \cdot (f_{súly,exp,i} - f_{súly,term,i}) \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right]$$

A súlyozó tényezőket a 14.1 táblázat tartalmazza.

A nem megújuló primerenergiaigény az alábbiak szerint alakul:

$$E_{exp,nren,világítás} = 307,7 \cdot 2,3 = 707,7 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(24,20 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

A megújuló primerenergiaigény az alábbiak szerint alakul:

$$E_{exp,ren,világítás} = 307,7 \cdot 0,3 = 92,3 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(3,16 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

A teljes primerenergiaigény az alábbiak szerint alakul:

$$E_{exp,tot,világítás} = 307,7 \cdot 2,6 = 800,0 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(27,36 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

A CO₂ emisszió az alábbiak szerint alakul:

$$E_{exp,CO_2,világítás} = 307,7 \cdot 0,455 = 140,0 \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \left(4,79 \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

Megjegyzés:

- *A felvett megvilágítás [lx] új épületekre vonatkozó érték, ami nem korszerű fényforrások esetén nagyon magas energiafelhasználást eredményez. A valóságban a korszerűtlen fényforrásokhoz sokszor alacsonyabb megvilágítás tartozik, ezért alacsonyabb a fogyasztás is. Ez a szabványban előírt hoz képest alacsonyabb "lux" értékkel kezelhető, amit a rendelet megenged, de fontos, hogy a referencia épület esetén is ugyanazt az értéket kell alkalmazni.*
- *Részletes módszerként az MSZ EN 15193-1 szabvány alkalmazható.*
- *A részletes módszer feltételezi a beépített lámpateljesítmény helyszíni felmérését, ezáltal precízebben meghatározható a beépített teljesítmény.*
- *Az energiaigény meghatározása során a részletes módszer nem csak a homlokzati üvegezési arányt, hanem további geometriai adatokat is figyelembe vesz, ezáltal precízebben becsülhető a világítási rendszer nappali időszakban való használata.*

26.12 Bivalens rendszer

Egy családi ház méretezési fűtési hőszükséglete 12,5 kW. Az épületben található egy 6,25 kW névleges teljesítményű pellettüzelésű kandalló és egy 24 kW-os gázkazán. A nettó fűtési energiaigény 80,23 kWh/m²év. Határozza meg az épület fajlagos primer fűtési energiafelhasználását és a fajlagos végenergia-felhasználásokat!

További adatok:

Az épület kondicionált alapterülete 195,15 m².

A gázkazános rendszer hőtermelőjének főbb paraméterei:

- Kondenzációs kazán fűtött téren kívül elhelyezve.
- Fűtési hőfoklépcső 55/45 °C, a fűtési alapvezetékek a fűtött téren belül vannak elhelyezve, a szivattyú fordulatszám-szabályozott.

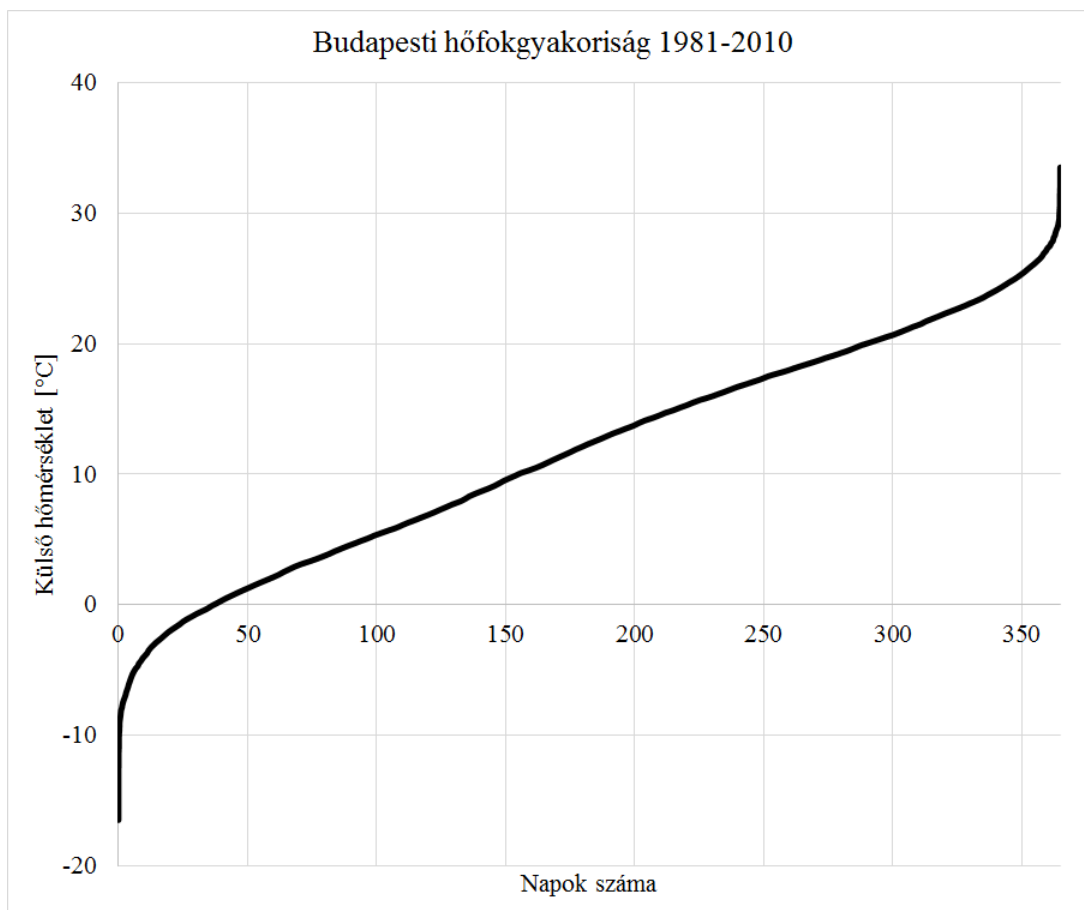
A pellettüzelésű kandalló főbb paraméterei:

- Pellettüzelésű kandalló.
- Éves helyiségfűtési hatásfok 89%.
- Szabályozása: Levegőfűtés (indukciós berendezéssel, fan coilal): a belső hőmérséklet alacsony színvonalú szabályozása (pl. on-off vagy P szabályozás vagy nem beazonosítható szabályozás).

A hőleadók főbb paraméterei:

- A gázkazán szabályozása referencia helyiségre történik PI hőmérséklet szabályozással.
- A radiátorok a külső falnál kerültek elhelyezésre és a termosztatikus szeleppel ellátottak. A radiátorok száma kevesebb, mint 10, a beszabályozás fűtőtestenkénti statikus beszabályozás csoportos beszabályozás nélkül.

Adott továbbá a hőfokgyakorisági diagram és a diagram alapján a hőfokhidak megoszlása.



26.2. ábra.

3.38. táblázat.

Bivalencia hőmérséklet	Fűtési hőfokhíd [nap°C]			
	Alternatív üzem		Párhuzamos üzem	
	1. hőtermelő	2. hőtermelő	1. hőtermelő	2. hőtermelő
20	0	2800	0	2800
19	0	2800	177	2623
18	0	2800	355	2445
17	0	2800	532	2268
16	0	2800	709	2091
15	0	2800	887	1913
14	0	2800	1064	1736
13	0	2800	1241	1559
12	0	2800	1419	1381
11	93	2707	1591	1209
10	211	2589	1751	1049
9	323	2477	1900	900
8	449	2351	2037	763
7	600	2200	2163	637
6	768	2032	2277	523
5	965	1835	2378	422

4	1157	1643	2466	334
3	1381	1419	2541	259
2	1568	1232	2604	196
1	1780	1020	2655	145
0	1974	826	2696	104
-1	2167	633	2728	72
-2	2325	475	2751	49
-3	2456	344	2767	33
-4	2553	247	2779	21
-5	2635	165	2786	14
-6	2686	114	2792	8
-7	2728	72	2796	4
-8	2767	33	2798	2
-9	2784	16	2798	2
-10	2790	10	2799	1
-11	2794	6	2800	0
-12	2796	4	2800	0
-13	2798	2	2800	0

A diagramban a köztes értékek lineáris interpolációval határozhatók meg.

MEGOLDÁS

26.12.1.1 A fűtés végső hő- és villamos energia fogyasztása

Mivel a pellettüzelésű kandalló nem alkalmas egész évben az épület teljes kifűtésére, így meg kell határozni, hogy a lehetséges üzemeltetési stratégiák közül melyik adja a legalacsonyabb nem megújuló primerenergia-igényt. Ez alapvetően 3 esetet jelent: csak gázkazánnal kifűtjük az épületet és a pellettüzelésű kandallót csak pót hőtermelőként vesszük figyelembe, ami alapesetben nem üzemel. A másik két esetben meg kell vizsgálni a bivalens üzemet, mely lehet alternatív, vagy párhuzamos bivalens üzem, ehhez azonban meg kell határozni a bivalencia hőmérsékletet és az üzemvitelnek megfelelően a lefedési arányokat.

A fűtési rendszer által fedezett nettó hőenergia igény számítási képlete:

$$Q_{F,net,FR} = Q_{F,net} - Q_{F,LT} [kWh]$$

- $Q_{F,LT}$ a nettó fűtési hőigény léghevítő által fedezett része: az épületben nem került kiépítésre légfűtés, így a léghevítő által fedezett hőigény értéke zérus $Q_{F,LT} = 0 [kWh]$

$$Q_{F,net,FR} = 15657 - 0 = 15657 [kWh]$$

A fűtés végső hő- és villamos energiaigényét energiahordozónként kell meghatározni külön hő- és villamos energiára.

$$Q_{F,vég,j} = \sum (Q_{F,net,FR} \cdot \varepsilon_{F,szab} + Q_{F,sz\acute{a}ll} + Q_{F,t\acute{a}r}) \varepsilon_F \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$$

$$W_{F,vég,j} = \sum W_{F,sz\acute{v}} + W_{F,t\acute{a}r} + W_{F,term} \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$$

26.12.1.1.1 Fűtés csak gázkazánal:

- $Q_{F,net,FR}$ a fűtési rendszer által fedezett nettó hőenergia igény: $Q_{F,net,FR} = 15657 [kWh]$;
- $\varepsilon_{F,szab}$ a szabályozási hőátviteli tényezők: $\varepsilon_{F,szab} = 1,024 [-]$, lsd. alul;
- $Q_{F,sz\acute{a}ll}$ a hőelosztás fajlagos veszteségei: vízszintes elosztóvezeték a fűtött téren belül, hőfoklépcső 55/45 °C: $\frac{Q_{F,sz\acute{a}ll}}{A_{rszr}} = 1,62 \left[\frac{kWh}{m^2\acute{e}v} \right]$; $Q_{F,sz\acute{a}ll} = 1,62 \cdot 195,15 = 316,03 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$;
- $Q_{F,t\acute{a}r}$ a hőtárolás fajlagos energiaigénye: a gázkazán nincs a puffertárolóra rákötve;
- ε_F a kazán teljesítménytényezője: $\varepsilon_F = 1,041 [-]$.

A szabályozási hőátviteli tényező az alapértékből korrekciós tényezők hozzáadásával/kivonásával határozható meg:

$$\varepsilon_{F,szab} = \varepsilon_{F,szab,0} + \varepsilon_{F,szab,1} + \varepsilon_{F,szab,2} + \varepsilon_{F,szab,3} + \varepsilon_{F,szab,4} [-]$$

- $\varepsilon_{F,szab,0}$ a helyiséghőmérséklet szabályozás: PI-szabályozó $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,042 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,1}$ a közepes méretezési hőmérsékletkülönbség hatása: 55 °C/45 °C $\varepsilon_{F,szab,1} = +0,015 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,2}$ a külső határolószervezetek hatása: külsőfali radiátor $\varepsilon_{F,szab,2} = 0,009 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,3}$ a helyiségenkénti szabályozás: különálló, képes önálló be- kikapcsolásra $\varepsilon_{F,szab,3} = -0,060 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,4}$ a beszabályozás hatását kifejező korrekció: kétcsöves rendszer, statikus beszabályozás fűtőtestenként/fűtőfelületenként csoportos beszabályozás nélkül, hőleadók száma 10 alatt, $\varepsilon_{F,szab,4} = +0,018 [-]$.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{F,szab} &= \varepsilon_{F,szab,0} + \varepsilon_{F,szab,1} + \varepsilon_{F,szab,2} + \varepsilon_{F,szab,3} + \varepsilon_{F,szab,híd} [-] = \\ &= 1,042 + 0,015 + 0,009 - 0,060 + 0,018 = 1,024 [-] \end{aligned}$$

A fűtés végső hőenergiaigénye:

$$\begin{aligned} Q_{F,vég,gáz1} &= (Q_{F,net,FR} \cdot \varepsilon_{F,szab} + Q_{F,sz\acute{a}ll} + Q_{F,t\acute{a}r}) \cdot \varepsilon_F \\ &= (15657 \cdot 1,024 + 316,03 + 0) \cdot 1,041 = 17019 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] \end{aligned}$$

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

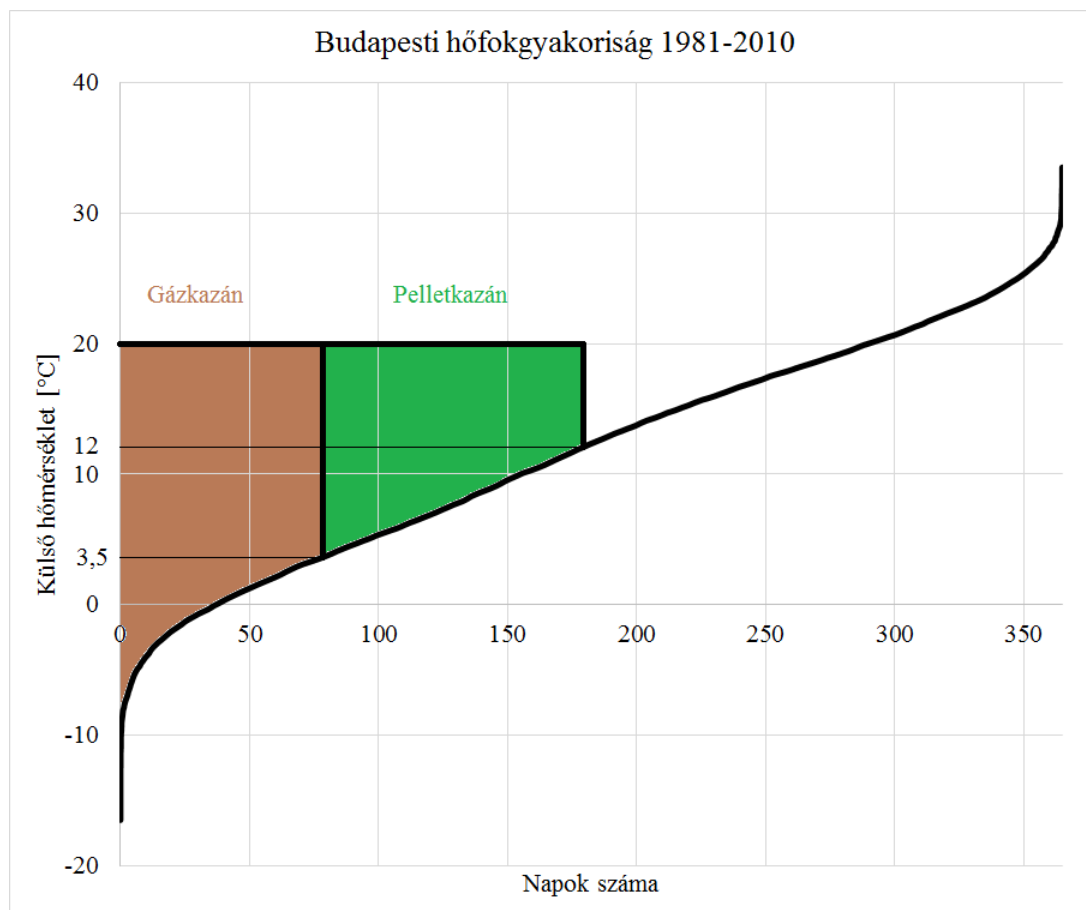
- $W_{F,sziv}$ a fajlagos villamos segédenergia igény: változó fordulatszámú szivattyú; szabad fűtőfelületek; 10K, 55/45°C $\frac{W_{F,sziv}}{A_{rszr}} = 1,088 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot év} \right]$, $W_{F,sziv} = 1,088 \cdot 195,15 = 212,3 \left[\frac{kWh}{év} \right]$;
 - $W_{F,tár}$ a hőtárolás fajlagos segédenergia igénye: a gázkazán nincs a puffertárolóra rákötve;
 - $W_{F,term}$ a kazán segédenergia igénye: $W_{F,term} = 0,59 \cdot 195,15 = 114,7 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot év} \right]$.
- $$W_{F,vég,gáz1} = W_{F,sziv} + W_{F,tár} + W_{F,term} = 212,3 + 0 + 114,7 = 327,0 \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

Bivalens üzem esetén az egyes hőtermelők részarányát kell meghatározni és az alapján összegezni a kapott végenergia igényeket, illetve indikátorokat.

Az energiaigények meghatározásához 12 °C-os fűtési határhőmérséklet és -13 °C-os méretezési külső hőmérséklet feltételezhető. A méretezési hőfokkülönbség ekkor 20-(-13) = 33 °C, ekkor a fűtési hőszükséglet 12,5 kW. A pillanatnyi fűtési teljesítmény és a hőfoklépcső arányos egymással. A pellet kandallóval 6,25 kW-os hőigényig fűthető ki az épület, amellyel pont a méretezési hőfoklépcső felét tudjuk áthidalni, azaz 16,5 °C-ot, amihez 3,5 °C-os külső hőmérséklet tartozik.

26.12.1.1.2 Bivalens alternatív üzem:

Bivalens alternatív üzemnél az alábbi ábrán látható módon oszlik meg az egyes fűtési módokra jutó hőfokhíd:



26.3. ábra.

A hőfokgyakorisági diagram, valamint a rendelkezésre bocsátott táblázat alapján meghatározható, hogy a teljes hőfokhíd Budapesten 2800 nap°C, melyből a pellet kandallóra jut 1269 nap°C, míg a gázkazánra 1531 nap°C. Ezek alapján az egyes fűtési rendszerek részaránya meghatározható:

$$\alpha_{k,pellet} = 0,453,$$

$$\alpha_{k,gáz} = 0,547.$$

Vagyis az energiaigény nagyobbik részét a gázkazán fedezi. Ekkor az egyes hőtermelők energiaigénye az alábbiak szerint alakul:

Gázkazán alternatív bivalens üzemben:

- $Q_{F,net,FR}$ a fűtési rendszer által fedezett nettó hőenergia igény: $Q_{F,net,FR,gáz} = 15657 [kWh]$;
- $\varepsilon_{F,szab}$ a szabályozási hőátviteli tényezők: $\varepsilon_{F,szab} = 1,024 [-]$, lsd. alul;
- $Q_{F,száll}$ a hőelosztás fajlagos veszteségei: vízszintes elosztóvezeték a fűtött téren belül, hőfoklépcső 55/45 °C: $\frac{Q_{F,száll}}{A_{rszr}} = 1,62 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot év} \right]$; $Q_{F,száll} = 1,62 \cdot 195,15 = 316,03 \left[\frac{kWh}{év} \right]$;
- $Q_{F,tár}$ a hőtárolás fajlagos energiaigénye: a gázkazán nincs a puffertárolóra rákötve;
- ε_F a kazán teljesítménytényezője: $\varepsilon_F = 1,041 [-]$.

A szabályozási hőátviteli tényező az alapértékből korrekciós tényezők hozzáadásával/kivonásával határozható meg:

$$\varepsilon_{F,szab} = \varepsilon_{F,szab,0} + \varepsilon_{F,szab,1} + \varepsilon_{F,szab,2} + \varepsilon_{F,szab,3} + \varepsilon_{F,szab,4} [-]$$

- $\varepsilon_{F,szab,0}$ a helyiséghőmérséklet szabályozás: PI-szabályozó $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,042 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,1}$ a közepes méretezési hőmérsékletkülönbség hatása: $55\text{ °C}/45\text{ °C}$ $\varepsilon_{F,szab,1} = +0,015 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,2}$ a külső határolószervezetek hatása: külsőfali radiátor $\varepsilon_{F,szab,2} = 0,009 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,3}$ a helyiségenkénti szabályozás: különálló, képes önálló be- kikapcsolásra $\varepsilon_{F,szab,3} = -0,060 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,4}$ a beszabályozás hatását kifejező korrekció: kétcsöves rendszer, statikus beszabályozás fűtőtestenként/fűtőfelületenként csoportos beszabályozás nélkül, hőleadók száma 10 alatt, $\varepsilon_{F,szab,4} = +0,018 [-]$.

$$\begin{aligned}\varepsilon_{F,szab} &= \varepsilon_{F,szab,0} + \varepsilon_{F,szab,1} + \varepsilon_{F,szab,2} + \varepsilon_{F,szab,3} + \varepsilon_{F,szab,híd} [-] = \\ &= 1,042 + 0,015 + 0,009 - 0,060 + 0,018 = 1,024 [-]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{F,vég,gáz,biv.alt.} &= (Q_{F,net,FR} \cdot \varepsilon_{F,szab} + Q_{F,száll} + Q_{F,tár}) \cdot \varepsilon_F \cdot \alpha_{k,gáz} \\ &= (15657 \cdot 1,024 + 316,03 + 0) \cdot 1,041 \cdot 0,547 = 9309 \left[\frac{kWh}{év} \right]\end{aligned}$$

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

- $W_{F,sziv}$ a fajlagos villamos segédenergia igény: változó fordulatszámú szivattyú; szabad fűtőfelületek; $10K$, $55/45\text{ °C}$ $\frac{W_{F,sziv}}{A_{rszr}} = 1,088 \left[\frac{kWh}{m^2 év} \right]$, $W_{F,sziv} = 1,088 \cdot 195,15 = 212,3 \left[\frac{kWh}{év} \right]$;
- $W_{F,tár}$ a hőtárolás fajlagos segédenergia igénye: a gázkazán nincs a puffertárolóra rákötve;
- $W_{F,term}$ a kazán segédenergia igénye: $W_{F,term} = 0,59 \cdot 195,15 = 114,7 \left[\frac{kWh}{m^2 év} \right]$.

$$\begin{aligned}W_{F,vég,gáz,biv.alt.} &= (W_{F,sziv} + W_{F,tár} + W_{F,term}) \cdot \alpha_{k,gáz} \\ &= (212,3 + 0 + 114,7) \cdot 0,547 = 179 \left[\frac{kWh}{év} \right]\end{aligned}$$

Pelletkandalló alternatív bivalens üzemben:

- $Q_{F,net,FR}$ a fűtési rendszer által fedezett nettó hőenergia igény: $Q_{F,net,FR} = 15657 [kWh]$;
- $\varepsilon_{F,szab}$ a szabályozási hőátviteli tényezők: $\varepsilon_{F,szab} = 1,066 [-]$;
- $Q_{F,száll}$ a hőelosztás fajlagos veszteségei: nem releváns;
- $Q_{F,tár}$ a hőtárolás fajlagos energiaigénye: nem releváns;
- ε_F a kazán teljesítménytényezője: $\varepsilon_F = \frac{1}{\eta_s} = \frac{1}{0,89} = 1,12 [-]$.

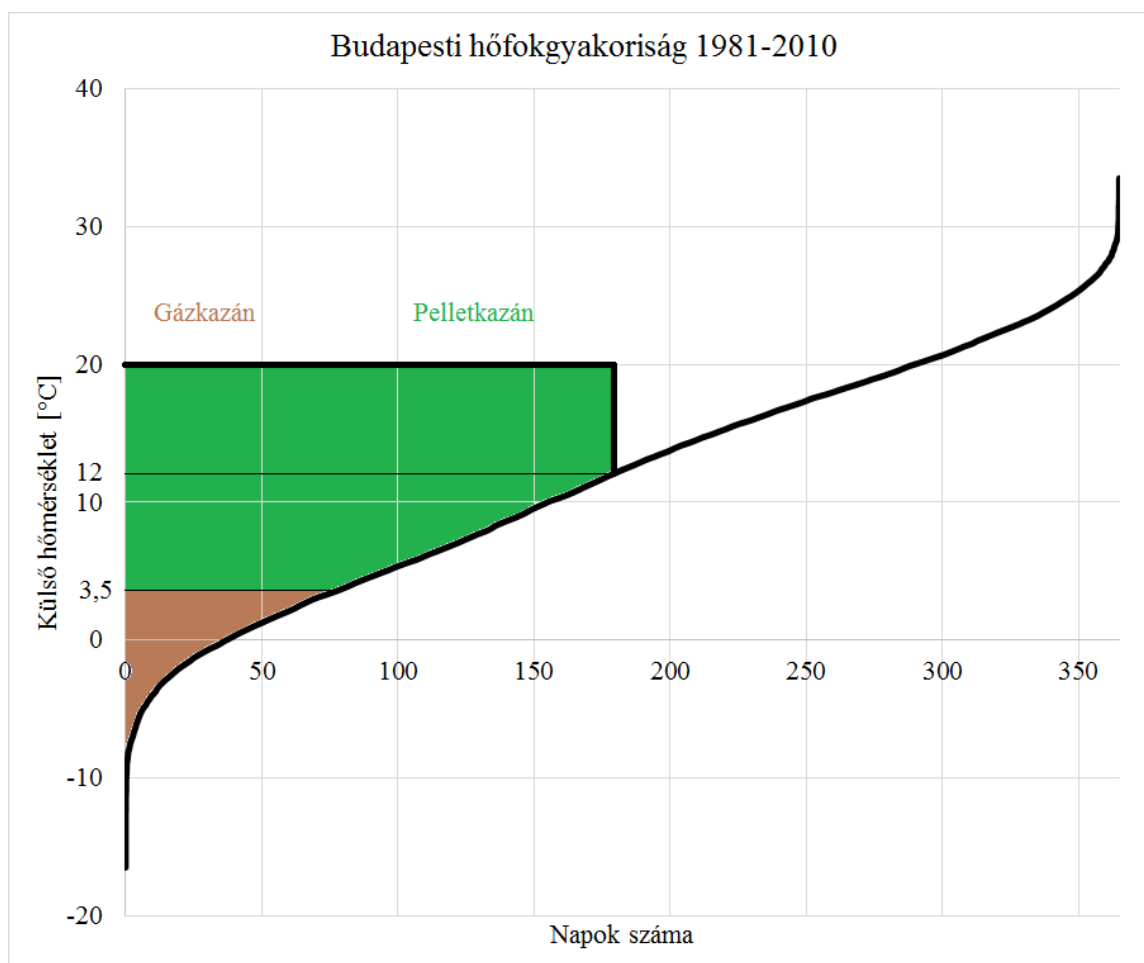
$$Q_{F,vég, pellet, biv. alt.} = (Q_{F, net, FR} \cdot \varepsilon_{F, szab} + Q_{F, száll} + Q_{F, tár}) \cdot \varepsilon_F \cdot \alpha_{k, pellet}$$

$$= (15657 \cdot 1,066 + 0 + 0) \cdot 1,12 \cdot 0,453 = 8468 \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

A pelletkandallónál az ErP irányelv alapján meghatározott szezonális helyiségfűtési hatásfokot vettük figyelembe, így ezen eljárásnál a készülék villamos segédenergia igényét nem kell figyelembe venni.

26.12.1.1.3 Bivalens párhuzamos üzem:

Bivalens párhuzamos üzemnél az alábbi ábrán látható módon oszlik meg az egyes fűtési módokra jutó hőfokhíd:



26.4. ábra.

A hőfokgyakorisági diagram, valamint a rendelkezésre bocsátott táblázat alapján meghatározható, hogy a teljes hőfokhíd Budapesten 2800 nap°C, melyből a pellet kandallóra jut 2504 nap°C, míg a gázkazánra 296 nap°C. Ezek alapján az egyes fűtési rendszerek részaránya meghatározható:

$$\alpha_{k, pellet} = 0,894,$$

$$\alpha_{k, gáz} = 0,106.$$

Vagyis az energiaigény nagyobbik részét a pellettüzelésű kazán fedezi. Ekkor az egyes hőtermelők energiaigénye az alábbiak szerint alakul:

Gázkazán párhuzamos bivalens üzemben:

- $Q_{F,net,FR}$ a fűtési rendszer által fedezett nettó hőenergia igény: $Q_{F,net,FR,gáz} = 15657 [kWh]$;
- $\varepsilon_{F,szab}$ a szabályozási hőátviteli tényezők: $\varepsilon_{F,szab} = 1,024 [-]$, lsd. alul;
- $Q_{F,száll}$ a hőelosztás fajlagos veszteségei: vízszintes elosztóvezeték a fűtött téren belül, hőfoklépcső 55/45 °C: $\frac{Q_{F,száll}}{A_{rszr}} = 1,62 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot év} \right]$; $Q_{F,száll} = 1,62 \cdot 195,15 = 316,03 \left[\frac{kWh}{év} \right]$;
- $Q_{F,tár}$ a hőtárolás fajlagos energiaigénye: a gázkazán nincs a puffertárolóra rákötve;
- ε_F a kazán teljesítménytényezője: $\varepsilon_F = 1,041 [-]$.

A szabályozási hőátviteli tényező az alapértékből korrekciós tényezők hozzáadásával/kivonásával határozható meg:

$$\varepsilon_{F,szab} = \varepsilon_{F,szab,0} + \varepsilon_{F,szab,1} + \varepsilon_{F,szab,2} + \varepsilon_{F,szab,3} + \varepsilon_{F,szab,4} [-]$$

- $\varepsilon_{F,szab,0}$ a helyiséghőmérséklet szabályozás: PI-szabályozó $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,042 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,1}$ a közepes méretezési hőmérsékletkülönbség hatása: 55 °C/45 °C $\varepsilon_{F,szab,1} = +0,015 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,2}$ a külső határolószerkezetek hatása: külsőfali radiátor $\varepsilon_{F,szab,2} = 0,009 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,3}$ a helyiségenkénti szabályozás: különálló, képes önálló be- kikapcsolásra $\varepsilon_{F,szab,3} = -0,060 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,4}$ a beszabályozás hatását kifejező korrekció: kétcsöves rendszer, statikus beszabályozás fűtőtestenként/fűtőfelületenként csoportos beszabályozás nélkül, hőleadók száma 10 alatt, $\varepsilon_{F,szab,4} = +0,018 [-]$.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{F,szab} &= \varepsilon_{F,szab,0} + \varepsilon_{F,szab,1} + \varepsilon_{F,szab,2} + \varepsilon_{F,szab,3} + \varepsilon_{F,szab,híd} [-] = \\ &= 1,042 + 0,015 + 0,009 - 0,060 + 0,018 = 1,024 [-] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{F,vég,gáz,biv.párh.} &= (Q_{F,net,FR} \cdot \varepsilon_{F,szab} + Q_{F,száll} + Q_{F,tár}) \cdot \varepsilon_F \cdot \alpha_{k,gáz} \\ &= (15657 \cdot 1,024 + 316,03 + 0) \cdot 1,041 \cdot 0,106 = 1804 \left[\frac{kWh}{év} \right] \end{aligned}$$

A gázkazán villamos segédenergia igényének meghatározásához a szabályozás, az elosztás, a tárolás és a hőtermelő villamos segédenergia igényét kell összegezni. Képlettel kifejezve:

$$W_{F,vég,j} = \sum W_{F,sziv} + W_{F,tár} + W_{F,term} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

- $W_{F,sziv}$ a fajlagos villamos segédenergia igény: változó fordulatszámú szivattyú; szabad fűtőfelületek; 10K, 55/45°C $\frac{W_{F,sziv}}{A_{rszr}} = 1,088 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot év} \right]$, $W_{F,sziv} = 1,088 \cdot 195,15 = 212,3 \left[\frac{kWh}{év} \right]$;

- $W_{F,tár}$ a hőtárolás fajlagos segédenergia igénye: a gázkazán nincs a puffertárolóra rákötve;
- $W_{F,term}$ a kazán segédenergia igénye: $W_{F,term} = 0,59 \cdot 195,15 = 114,7 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot év} \right]$.

$$W_{F,vég,gáz,biv.párh.} = (W_{F,sziv} + W_{F,tár} + W_{F,term}) \cdot \alpha_{k,gáz}$$

$$= (212,3 + 0 + 114,7) \cdot 0,106 = 34,7 \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

Pellettüzelésű kandalló párhuzamos bivalens üzemben:

- $Q_{F,net,FR}$ a fűtési rendszer által fedezett nettó hőenergia igény: $Q_{F,net,FR} = 15657 [kWh]$;
- $\varepsilon_{F,szab}$ a szabályozási hőátviteli tényezők: $\varepsilon_{F,szab} = 1,066 [-]$;
- $Q_{F,szall}$ a hőelosztás fajlagos veszteségei: nem releváns;
- $Q_{F,tár}$ a hőtárolás fajlagos energiaigénye: nem releváns;
- ε_F a kazán teljesítménytényezője: $\varepsilon_F = \frac{1}{\eta_s} = \frac{1}{0,89} = 1,12 [-]$.

$$Q_{F,vég,pellet,biv.párh.} = (Q_{F,net,FR} \cdot \varepsilon_{F,szab} + Q_{F,szall} + Q_{F,tár}) \cdot \varepsilon_F \cdot \alpha_{k,pellet}$$

$$= (15657 \cdot 1,066 + 0 + 0) \cdot 1,12 \cdot 0,894 = 16712 \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

A pelletkandallónál az ErP irányelv alapján meghatározott szezonális helyiségfűtési hatásfokot vettük figyelembe, így ezen eljárásnál a készülék villamos segédenergia igényét nem kell figyelembe venni.

Az egyes esetekre kapott végenergia-igényeket az alábbi táblázat tartalmazza:

3.39. táblázat.

	$Q_{F,gáz}$	$Q_{F,pellet}$	$Q_{F,villamos}$	$Q_{F,gáz,fajl}$	$Q_{F,pellet,fajl}$	$Q_{F,villamos,fajl}$
	[kWh/év]			[kWh/(m ² év)]		
Gázfűtés	17019	0	327	87,2	0,0	1,7
Bivalens, alternatív üzem	9309	8486	179	47,7	43,5	0,9
Bivalens, párhuzamos üzem	1804	16712	34,7	9,2	85,6	0,2

Az épület komplex indikátorai a Rendelet 15.7-es képlete alapján:

$$E_{exp,súlyozott} = \sum_i W_{exp,i} \cdot (f_{súly,exp,i} - f_{súly,term,i})$$

$$+ \sum_i Q_{exp,i} \cdot (f_{súly,exp,i} - f_{súly,term,i}) \left[\frac{kWh}{év} \right] vagy \left[\frac{kg CO_2}{év} \right]$$

A súlyozó tényezőket az ÉKM rendelet 7. melléklete tartalmazza.

Példaképpen a párhuzamos bivalens üzemnél az épület komplex indikátorai az alábbiak szerint számíthatók:

A nem megújuló primerenergiaigény az alábbiak szerint alakul:

$$E_{F,nren,gáz.} = 1804 \cdot 0,9 \cdot 1,1 + 34,7 \cdot 2,5 = 1873 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(9,6 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

$$E_{F,nren,pellet} = 16712 \cdot 0,93 \cdot 0,6 + 0 = 9325 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(47,8 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

$$E_{F,nren} = 1873 + 9325 = 11198 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(57,4 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

A megújuló primerenergiaigény az alábbiak szerint alakul:

$$E_{F,ren,gáz.} = 1804 \cdot 0,9 \cdot 0 + 34,7 \cdot 0,1 = 4 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(0,0 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

$$E_{F,ren,pellet} = 16712 \cdot 0,93 \cdot 0,6 + 0 = 9325 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(47,8 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

$$E_{F,ren} = 4 + 9325 = 9329 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(47,8 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

A teljes primerenergiaigény az alábbiak szerint alakul:

$$E_{F,tot,gáz.} = 1804 \cdot 0,9 \cdot 1,1 + 34,3 \cdot 2,6 = 1875 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(9,6 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

$$E_{F,tot,pellet} = 16712 \cdot 0,93 \cdot 1,2 + 0 = 18651 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(95,6 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

$$E_{F,tot} = 1875 + 18651 = 20526 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right] \left(105,2 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

A CO₂ emisszió az alábbiak szerint alakul:

$$E_{F,CO_2,gáz} = 1804 \cdot 0,9 \cdot 0,297 + 34,3 \cdot 0,496 = 499 \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \left(2,56 \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

$$E_{F,CO_2,pellet} = 16712 \cdot 0,93 \cdot 0,040 + 0 = 622 \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \left(3,19 \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

$$E_{F,CO_2} = 499 + 622 = 1121 \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{év}} \right] \left(5,74 \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \cdot \text{év}} \right] \right)$$

3.41. táblázat.

	E_{F,nren}	E_{F,ren}	E_{F,tot}	E_{F,CO2}
	[kWh/év]			[kgCO₂/év]
Gázfűtés	17666	33	17699	4711

Bivalens, alternatív üzem	14389	4743	19132	2892
Bivalens, párhuzamos üzem	11198	9329	20526	1121

3.42. táblázat.

	$E_{F,nren,fajl}$	$E_{F,ren,fajl}$	$E_{F,tot,fajl}$	$E_{F,CO2,fajl}$
	[kWh/(m ² év)]			[kgCO ₂ /(m ² év)]
Gázfűtés	90,5	0,2	90,7	24,14
Bivalens, alternatív üzem	73,7	24,3	98,0	14,82
Bivalens, párhuzamos üzem	57,4	47,8	105,2	5,74

A számított eredmények alapján energetikai tanúsításnál a bivalens párhuzamos üzem értékeivel kell számítani az összesített energetikai jellemzőt, mert azzal adódik a legjobb eredmény, erre képes az épület.

26.13 Fűtési költség

Határozza meg a fűtési tüzelőanyag költséget egy épületre, melyben két fűtési hőtermelő kapott helyet és az egyes rendszerüzemeltetési megoldások végenergia-igényei az alábbi táblázat szerint alakulnak:

3.43. táblázat.

	$Q_{F,gáz}$	$Q_{F,pellet}$	$Q_{F,villamos}$	$Q_{F,gáz,fajl}$	$Q_{F,pellet,fajl}$	$Q_{F,villamos,fajl}$
	[kWh/év]			[kWh/(m ² év)]		
Gázfűtés	17019	0	327	87,2	0,0	1,7
Bivalens, alternatív üzem	9309	8486	179	47,7	43,5	0,9
Bivalens, párhuzamos üzem	1804	16712	34,7	9,2	85,6	0,2

A földgáz 100 Ft/m³ gázdíj és 11600 Ft/év alapidj áron szerezhető be. A földgáz fűtőértéke 34,76 MJ/m³.

A pellet 15 kg-os kiszerelésben 100 Ft/kg áron elérhető, a helyszínre szállítás költsége 5000 Ft. Az épületben rendelkezésre áll elegendő tárolókapacitás 1 évre elegendő pellet eltárolásához. A pellet fűtőértéke 19,3 MJ/kg.

Az egyes esetekre meg kell határozni az éves tüzelőanyag költséget, mely a példaként a bivalens párhuzamos üzemre az alábbiak szerint számítható:

$$V_{gáz,biv.párh.} = \frac{Q_{F,gáz,biv.párh.}}{H_{gáz}} = \frac{1804 \frac{kWh}{év} \cdot 3,6 \frac{MJ}{kWh}}{34,76 \frac{MJ}{m^3}} = 186,8 \frac{m^3}{év}.$$

$$V_{pellet,biv.párh.} = \frac{Q_{F,pellet,biv.párh.}}{H_{pellet}} = \frac{16712 \frac{kWh}{év} \cdot 3,6 \frac{MJ}{kWh}}{19,3 \frac{MJ}{kg}} = 3117 \frac{kg}{év}.$$

Tüzelőanyag költség:

$$p_{gáz} = 100 \frac{Ft}{m^3}, p_{gáz,alap} = 11600 Ft.$$

$$P_{gáz,éves} = V_{gáz,biv.párh.} \cdot p_{gáz} + p_{gáz,alap} = 186,8 \cdot 100 + 11600 = 30280 Ft.$$

$$p_{pellet} = 100 \frac{Ft}{kg}, p_{pellet,száll} = 5000 Ft.$$

A pellet kiszérése 15 kg/zsák, így összesen 208 zsákra van szükség, mely összesen 3120 kg-ot jelent.

$$P_{pellet,éves} = V_{pellet,biv.párh.} \cdot p_{pellet} + p_{pellet,száll} = 3120 \cdot 100 + 5000 = 317000 Ft.$$

Így az éves összes üzemeltetési költség:

$$P_{éves} = P_{gáz,éves} + P_{pellet,éves} = 30280 + 317000 = 347280 Ft.$$

Az egyes esetekre így az alábbi éves költségek adódnak:

3.44. táblázat.

	Gáz	Pellet	Összesen
P_{éves,gáz}	187860	0	187860
P_{éves,biv.alt.}	108000	164000	272000
P_{éves,biv.párh.}	30300	317000	347300

A költségek alapján látható, hogy a gázkazánnal történő fűtés a leggazdaságosabb.

26.14 Gazdaságossági elemzés

Számítsa ki az alábbi beruházási koncepciókra a következő gazdaságossági mutatókat:

- Egyszerű megtérülési idő.
- Dinamikus megtérülési idő.
- Nettó jelenérték (NPV)
- Belső megtérülési ráta (IRR)

3.45. táblázat.

	Szigeteletlen épület, elavult fűtési rendszer	Szigeteletlen épület, új fűtési rendszer	Szigetelt épület, eredeti fűtési rendszer	Szigetelt épület, új fűtési rendszer
Q_{éves} [kWh/év] fűtési energiafelhasználás	53040	39196	12442	8288
P_{beruházás}	0	1 500 000 Ft	4 000 000 Ft	5 500 000 Ft

A számításokhoz 3%-os éves kamatláb (r) és 2%-os éves gázár (g) növekedés feltételezhető. A számításokat 20 éves várható rendszerélettartamra kell elvégezni.

Válassza ki a legjobb beruházást!

MEGOLDÁS

Az egyes esetekre meg kell határozni az éves tüzelőanyag költséget, mely az alábbiak szerint számítható:

Földgáz fűtőértéke: $34,76 \text{ MJ/m}^3$

$$V_{\text{éves}} = \frac{Q_{F,\text{éves}}}{H_{\text{gáz}}} = \frac{53040 \frac{\text{kWh}}{\text{év}} \cdot 3,6 \frac{\text{MJ}}{\text{kWh}}}{34,76 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}} = 5493,2 \frac{\text{m}^3}{\text{év}}$$

Tüzelőanyag költség:

$$p_{\text{gáz}} = 100 \frac{\text{Ft}}{\text{m}^3}, p_{\text{alap}} = 11600 \text{ Ft.}$$

$$P_{\text{éves}} = V_{\text{éves}} \cdot p_{\text{gáz}} + p_{\text{alap}} = 5493,2 \cdot 100 + 11600 = 560920 \text{ Ft.}$$

Az egyes esetekre így az alábbi éves költségek adódnak, melyekből az alapesethez viszonyítva becsülhető az éves megtakarítás:

$$P_{\text{éves,megtakarítás}} = P_{\text{éves,alap}} - P_{\text{éves,felújított}}$$

3.46. táblázat.

	Szigeteletlen épület, elavult fűtési rendszer	Szigeteletlen épület, új fűtési rendszer	Szigetelt épület, eredeti fűtési rendszer	Szigetelt épület, új fűtési rendszer
P_{éves}	560 921 Ft	417 542 Ft	140 458 Ft	97 437 Ft
P_{éves, megtakarítás}	0 Ft	143 379 Ft	420 463 Ft	463 484 Ft

Az egyszerű megtérülési idő az alábbi képlettel számítható:

$$\tau_{\text{egyszerű}} = \frac{P_{\text{beruházás}}}{P_{\text{éves, megtakarítás}}}$$

A dinamikus megtérülési idő számításához figyelembe kell venni az éves kamatlábat, valamint a gázár növekedést is, így a megtakarításnak a jelenértékét ki kell számolni. Az egyes évek megtakarításainak jelenértéke az alábbi képlet szerint számíthatók:

$$P_{\text{éves, megtakarítás}, j} = \frac{P_{\text{éves, megtakarítás}} \cdot (1 + g)^j}{(1 + r)^j}$$

A dinamikus megtérülési idő azt az időtartamot jelzi (n év), amely ahhoz szükséges, hogy az n diszkontált megtakarítás jelenértéke (PV [Ft/év]) megegyezzen a projekt eredeti beruházási költségével, tehát:

$$PV(n) = \sum_{j=1}^n \frac{P_{\text{éves, megtakarítás}} \cdot (1 + g)^j}{(1 + r)^j} < P_{\text{beruházás}} < PV(n + 1) = \sum_{j=1}^{n+1} \frac{P_{\text{éves, megtakarítás}} \cdot (1 + g)^j}{(1 + r)^j}$$

A dinamikus megtérülési idő meghatározásához az alábbi táblázatban összegzett éves diszkontált megtakarítások adódnak:

3.47. táblázat.

év	Szigeteletlen épület, új fűtési rendszer	Szigetelt épület, eredeti fűtési rendszer	Szigetelt épület, új fűtési rendszer
0	-1 500 000 Ft	-4 000 000 Ft	-5 500 000 Ft
1	141 987 Ft	416 380 Ft	458 985 Ft
2	140 608 Ft	412 338 Ft	454 528 Ft
3	139 243 Ft	408 335 Ft	450 116 Ft
4	137 891 Ft	404 370 Ft	445 746 Ft
5	136 552 Ft	400 444 Ft	441 418 Ft
6	135 227 Ft	396 556 Ft	437 132 Ft
7	133 914 Ft	392 706 Ft	432 888 Ft
8	132 614 Ft	388 894 Ft	428 685 Ft
9	131 326 Ft	385 118 Ft	424 523 Ft

év	Szigeteletlen épület, új fűtési rendszer	Szigetelt épület, eredeti fűtési rendszer	Szigetelt épület, új fűtési rendszer
10	130 051 Ft	381 379 Ft	420 402 Ft
11	128 788 Ft	377 676 Ft	416 320 Ft
12	127 538 Ft	374 010 Ft	412 278 Ft
13	126 300 Ft	370 378 Ft	408 276 Ft
14	125 074 Ft	366 783 Ft	404 312 Ft
15	123 859 Ft	363 222 Ft	400 386 Ft
16	122 657 Ft	359 695 Ft	396 499 Ft
17	121 466 Ft	356 203 Ft	392 650 Ft
18	120 287 Ft	352 745 Ft	388 838 Ft
19	119 119 Ft	349 320 Ft	385 062 Ft
20	117 962 Ft	345 928 Ft	381 324 Ft

A nettó jelenérték (NPV) a diszkontált megtakarítások összege és a beruházási költség különbségeként számítható, tehát:

$$NPV = \sum_{j=1}^n \frac{P_{\text{éves, megtakarítás}} \cdot (1 + g)^j}{(1 + r)^j} - P_{\text{beruházás}}$$

A dinamikus megtérülési idő, valamint a 20 évre számított NPV az alábbi táblázatban található. A táblázatban a költségek negatív előjellel szerepelnek, a megtakarítások ehhez adódnak hozzá.

3.48. táblázat.

év	Szigeteletlen épület, új fűtési rendszer	Szigetelt épület, eredeti fűtési rendszer	Szigetelt épület, új fűtési rendszer
0	-1 500 000 Ft	-4 000 000 Ft	-5 500 000 Ft
1	-1 358 013 Ft	-3 583 620 Ft	-5 041 015 Ft
2	-1 217 405 Ft	-3 171 282 Ft	-4 586 487 Ft
3	-1 078 162 Ft	-2 762 947 Ft	-4 136 371 Ft
4	-940 271 Ft	-2 358 577 Ft	-3 690 626 Ft
5	-803 719 Ft	-1 958 133 Ft	-3 249 208 Ft
6	-668 493 Ft	-1 561 576 Ft	-2 812 076 Ft
7	-534 579 Ft	-1 168 870 Ft	-2 379 187 Ft
8	-401 965 Ft	-779 976 Ft	-1 950 502 Ft
9	-270 639 Ft	-394 858 Ft	-1 525 979 Ft
10	-140 588 Ft	-13 479 Ft	-1 105 577 Ft
11	-11 800 Ft	364 198 Ft	-689 256 Ft
12	115 738 Ft	738 207 Ft	-276 978 Ft
13	242 038 Ft	1 108 586 Ft	131 298 Ft

év	Szigeteletlen épület, új fűtési rendszer	Szigetelt épület, eredeti fűtési rendszer	Szigetelt épület, új fűtési rendszer
14	367 112 Ft	1 475 368 Ft	535 610 Ft
15	490 971 Ft	1 838 590 Ft	935 996 Ft
16	613 628 Ft	2 198 285 Ft	1 332 495 Ft
17	735 094 Ft	2 554 488 Ft	1 725 145 Ft
18	855 380 Ft	2 907 232 Ft	2 113 982 Ft
19	974 499 Ft	3 256 552 Ft	2 499 045 Ft
20	1 092 461 Ft	3 602 481 Ft	2 880 369 Ft
Din. megt. idő	12 év	11 év	13 év

Az IRR egy jövedelmezőségi mutató ($r=IRR$), amely az a megtérülési ráta, ami mellett a nettó jelenérték nulla, tehát az alábbi képlet szerint számítható:

$$NPV = \sum_{j=1}^n \frac{P_{\text{éves, megtakarítás}} \cdot (1+g)^j}{(1+IRR)^j} - P_{\text{beruházás}} = 0.$$

Az IRR értéke iterációval határozható meg.

Az egyes gazdasági mutatókra kapott eredményeket az alábbi táblázat foglalja össze:

3.49. táblázat.

	Szigeteletlen épület, új fűtési rendszer	Szigetelt épület, eredeti fűtési rendszer	Szigetelt épület, új fűtési rendszer
Egyszerű megtérülés [év]	10.5	9.5	11.9
Dinamikus megtérülés [év]	12	11	13
NPV	1 092 461 Ft	3 602 481 Ft	2 880 369 Ft
IRR	9.31%	10.60%	7.70%

A táblázatból látható, hogy gazdaságilag legkedvezőbb beruházás az épület szigetelése, azonban ennek megtérülése is legalább 12 év.

26.15 Költséghatékony felújítási változat meghatározása

Egy nem lakóépület A), vagy B) beruházás tekinthető kedvezőbbnek 30 éves élettartamra vizsgált költséghatékonyság szempontjából? Energiahordozók reál értékű árnövekedésével, karbantartási költségekkel a példában nem kell számolni. Az egyes technológiák cserekölsége az eredeti beruházás árának jelenértékével vehető figyelembe. A vizsgálat időtartama alatt végig 4%-os diszkontráta vehető figyelembe. Számításokkal alátámasztva indokolja döntését!

3.50. táblázat: Felújítások alapadatai

	A) Beruházás	B) Beruházás
Energetikai korszerűsítés kezdeti beruházási összege – $C_i(\text{Ft})$	1 500 000	700 000
Beruházás élettartama – (a)	30	15
Beruházás után számított éves üzemeltetési költség – $C_a(\text{Ft})$	400 000	600 000
Fajlagos primerenergia fogyasztás(kWh/m ² év)	80	90

A számítások elvégzésének egyszerűsítése érdekében az alábbi táblázat használható a diszkontérték meghatározásához.

3.51. táblázat: 1Ft jelenértéke

Diszkonttényező azonos diszkontrátákat és pénzáramokat feltételezve										
		Diszkontráta-r(-)								
		2,0%	2,5%	3,0%	3,5%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%
Évek száma	1	0,9804	0,9756	0,9709	0,9662	0,9615	0,9569	0,9524	0,9479	0,9434
	2	0,9612	0,9518	0,9426	0,9335	0,9246	0,9157	0,9070	0,8985	0,8900
	3	0,9423	0,9286	0,9151	0,9019	0,8890	0,8763	0,8638	0,8516	0,8396
	4	0,9238	0,9060	0,8885	0,8714	0,8548	0,8386	0,8227	0,8072	0,7921
	5	0,9057	0,8839	0,8626	0,8420	0,8219	0,8025	0,7835	0,7651	0,7473
	6	0,8880	0,8623	0,8375	0,8135	0,7903	0,7679	0,7462	0,7252	0,7050
	7	0,8706	0,8413	0,8131	0,7860	0,7599	0,7348	0,7107	0,6874	0,6651
	8	0,8535	0,8207	0,7894	0,7594	0,7307	0,7032	0,6768	0,6516	0,6274
	9	0,8368	0,8007	0,7664	0,7337	0,7026	0,6729	0,6446	0,6176	0,5919
	10	0,8203	0,7812	0,7441	0,7089	0,6756	0,6439	0,6139	0,5854	0,5584
	11	0,8043	0,7621	0,7224	0,6849	0,6496	0,6162	0,5847	0,5549	0,5268
	12	0,7885	0,7436	0,7014	0,6618	0,6246	0,5897	0,5568	0,5260	0,4970
	13	0,7730	0,7254	0,6810	0,6394	0,6006	0,5643	0,5303	0,4986	0,4688
	14	0,7579	0,7077	0,6611	0,6178	0,5775	0,5400	0,5051	0,4726	0,4423
	15	0,7430	0,6905	0,6419	0,5969	0,5553	0,5167	0,4810	0,4479	0,4173
	16	0,7284	0,6736	0,6232	0,5767	0,5339	0,4945	0,4581	0,4246	0,3936
	17	0,7142	0,6572	0,6050	0,5572	0,5134	0,4732	0,4363	0,4024	0,3714
	18	0,7002	0,6412	0,5874	0,5384	0,4936	0,4528	0,4155	0,3815	0,3503
	19	0,6864	0,6255	0,5703	0,5202	0,4746	0,4333	0,3957	0,3616	0,3305
	20	0,6730	0,6103	0,5537	0,5026	0,4564	0,4146	0,3769	0,3427	0,3118
	21	0,6598	0,5954	0,5375	0,4856	0,4388	0,3968	0,3589	0,3249	0,2942
	22	0,6468	0,5809	0,5219	0,4692	0,4220	0,3797	0,3418	0,3079	0,2775
	23	0,6342	0,5667	0,5067	0,4533	0,4057	0,3634	0,3256	0,2919	0,2618
	24	0,6217	0,5529	0,4919	0,4380	0,3901	0,3477	0,3101	0,2767	0,2470
	25	0,6095	0,5394	0,4776	0,4231	0,3751	0,3327	0,2953	0,2622	0,2330
	26	0,5976	0,5262	0,4637	0,4088	0,3607	0,3184	0,2812	0,2486	0,2198
	27	0,5859	0,5134	0,4502	0,3950	0,3468	0,3047	0,2678	0,2356	0,2074
	28	0,5744	0,5009	0,4371	0,3817	0,3335	0,2916	0,2551	0,2233	0,1956
	29	0,5631	0,4887	0,4243	0,3687	0,3207	0,2790	0,2429	0,2117	0,1846
	30	0,5521	0,4767	0,4120	0,3563	0,3083	0,2670	0,2314	0,2006	0,1741
	31	0,5412	0,4651	0,4000	0,3442	0,2965	0,2555	0,2204	0,1902	0,1643
	32	0,5306	0,4538	0,3883	0,3326	0,2851	0,2445	0,2099	0,1803	0,1550
	33	0,5202	0,4427	0,3770	0,3213	0,2741	0,2340	0,1999	0,1709	0,1462
	34	0,5100	0,4319	0,3660	0,3105	0,2636	0,2239	0,1904	0,1620	0,1379
	35	0,5000	0,4214	0,3554	0,3000	0,2534	0,2143	0,1813	0,1535	0,1301
	36	0,4902	0,4111	0,3450	0,2898	0,2437	0,2050	0,1727	0,1455	0,1227
	37	0,4806	0,4011	0,3350	0,2800	0,2343	0,1962	0,1644	0,1379	0,1158
	38	0,4712	0,3913	0,3252	0,2706	0,2253	0,1878	0,1566	0,1307	0,1092
	39	0,4619	0,3817	0,3158	0,2614	0,2166	0,1797	0,1491	0,1239	0,1031
	40	0,4529	0,3724	0,3066	0,2526	0,2083	0,1719	0,1420	0,1175	0,0972

Továbbá a rendszeresen felmerülő azonos éves költségeket, mint pl. az éves azonos üzemeltetési költségeket kumulált diszkonttényezővel érdemes számolni.

3.52. táblázat: 1Ft kumulált jelenértéke.

Kumulált diszkonttényező azonos diszkontrátákat és éves pénzáramokat feltételezve										
		Diszkontráta - r (-)								
		2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
Évek száma	1	0,980	0,976	0,971	0,966	0,962	0,957	0,952	0,948	0,943
	2	1,942	1,927	1,913	1,900	1,886	1,873	1,859	1,846	1,833
	3	2,884	2,856	2,829	2,802	2,775	2,749	2,723	2,698	2,673
	4	3,808	3,762	3,717	3,673	3,630	3,588	3,546	3,505	3,465
	5	4,713	4,646	4,580	4,515	4,452	4,390	4,329	4,270	4,212
	6	5,601	5,508	5,417	5,329	5,242	5,158	5,076	4,996	4,917
	7	6,472	6,349	6,230	6,115	6,002	5,893	5,786	5,683	5,582
	8	7,325	7,170	7,020	6,874	6,733	6,596	6,463	6,335	6,210
	9	8,162	7,971	7,786	7,608	7,435	7,269	7,108	6,952	6,802
	10	8,983	8,752	8,530	8,317	8,111	7,913	7,722	7,538	7,360
	11	9,787	9,514	9,253	9,002	8,760	8,529	8,306	8,093	7,887
	12	10,575	10,258	9,954	9,663	9,385	9,119	8,863	8,619	8,384
	13	11,348	10,983	10,635	10,303	9,986	9,683	9,394	9,117	8,853
	14	12,106	11,691	11,296	10,921	10,563	10,223	9,899	9,590	9,295
	15	12,849	12,381	11,938	11,517	11,118	10,740	10,380	10,038	9,712
	16	13,578	13,055	12,561	12,094	11,652	11,234	10,838	10,462	10,106
	17	14,292	13,712	13,166	12,651	12,166	11,707	11,274	10,865	10,477
	18	14,992	14,353	13,754	13,190	12,659	12,160	11,690	11,246	10,828
	19	15,678	14,979	14,324	13,710	13,134	12,593	12,085	11,608	11,158
	20	16,351	15,589	14,877	14,212	13,590	13,008	12,462	11,950	11,470
	21	17,011	16,185	15,415	14,698	14,029	13,405	12,821	12,275	11,764
	22	17,658	16,765	15,937	15,167	14,451	13,784	13,163	12,583	12,042
	23	18,292	17,332	16,444	15,620	14,857	14,148	13,489	12,875	12,303
	24	18,914	17,885	16,936	16,058	15,247	14,495	13,799	13,152	12,550
	25	19,523	18,424	17,413	16,482	15,622	14,828	14,094	13,414	12,783
	26	20,121	18,951	17,877	16,890	15,983	15,147	14,375	13,662	13,003
	27	20,707	19,464	18,327	17,285	16,330	15,451	14,643	13,898	13,211
	28	21,281	19,965	18,764	17,667	16,663	15,743	14,898	14,121	13,406
	29	21,844	20,454	19,188	18,036	16,984	16,022	15,141	14,333	13,591
	30	22,396	20,930	19,600	18,392	17,292	16,289	15,372	14,534	13,765
	31	22,938	21,395	20,000	18,736	17,588	16,544	15,593	14,724	13,929
	32	23,468	21,849	20,389	19,069	17,874	16,789	15,803	14,904	14,084
	33	23,989	22,292	20,766	19,390	18,148	17,023	16,003	15,075	14,230
	34	24,499	22,724	21,132	19,701	18,411	17,247	16,193	15,237	14,368
	35	24,999	23,145	21,487	20,001	18,665	17,461	16,374	15,391	14,498
	36	25,489	23,556	21,832	20,290	18,908	17,666	16,547	15,536	14,621
	37	25,969	23,957	22,167	20,571	19,143	17,862	16,711	15,674	14,737
	38	26,441	24,349	22,492	20,841	19,368	18,050	16,868	15,805	14,846
	39	26,903	24,730	22,808	21,102	19,584	18,230	17,017	15,929	14,949
	40	27,355	25,103	23,115	21,355	19,793	18,402	17,159	16,046	15,046

A globális költség számítása során számos egyszerűsítéssel lehet élni. A globális költséget nem szükséges fajlagosítani, mivel egy épületről van szó, az értékeket nem szükséges más épület értékeivel összehasonlítani.

A globális költség a következő összefüggéssel számítható:

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \cdot R_d(i)) - V_{f,t}(j) \right]$$

Ahol,

$C_g(\tau)$ a számítási időszak alatti globális költség (a τ_0 kezdőévre vonatkozóan);

τ a számítási időszak hossza;

C_I a j intézkedés vagy intézkedéssorozat kezdeti beruházási költségei;

$C_{a,i}(j)$ a j intézkedés vagy intézkedéssorozat éves költsége az i. évben;

$V_{f,\tau}(j)$ a j intézkedés vagy intézkedéssorozat maradványértéke a számítási

időszak végén (a τ_0 kezdőévre diszkontálva, azaz jelenértéken);

$R_d(i)$ az i évre vonatkozó diszkonttényező, amely az r diszkontrátán alapul és a következőképpen kell számítani:

$$R_d(p) = \left(\frac{1}{1 + r/100} \right)^p$$

Ahol,

p a kezdeti időszak óta eltelt évek száma

r a valós diszkontráta.

Mivel a kezdeti beruházás élettartama és a pénzügyi elemzés időintervalluma az A) esetben megegyezik, maradványértékkel nem kell számolni. A beruházás kezdeti beruházási költsége $C_I = 1\,500\,000\text{Ft}$. Az üzemeltetési költség $C_{a1} = 400\,000\text{Ft}$.

A B) esetben a vizsgálat élettartam felénél le kell cserélni / meg kell ismételni a beruházást. A beruházás kezdeti beruházási költsége $C_I = 700\,000\text{Ft}$. Az üzemeltetési költség $C_{a1} = 600\,000\text{Ft}$, a csere költség szintén $C_{a2} = 700\,000\text{Ft}$, azonban ez a beruházás a jövőben történik, ezért azt le kell diszkontálni, annak jelenértékét kell meghatározni és azzal számolni. Mivel a megújított beruházás élettartama is végére ér a pénzügyi vizsgálat élettartamának végére, maradványértékkel itt sem kell számolni.

A) eset számítása:

$C_I = 1\,500\,000\text{Ft}$, kezdeti beruházási költség

$C_a = 400\,000\text{Ft}$, éves üzemeltetési költség

$\tau = 30$ év, számítási időszak

$$C_g = C_I + C_a \cdot (1/(1 + r/100)) + C_a \cdot (1/(1 + r/100))^2 + C_a \cdot (1/(1 + r/100))^3 + \dots + C_a \cdot (1/(1 + r/100))^{30} =$$

(Az üzemeltetési költség jelenértékét kumulált diszkontrátával is lehet számolni.)

$$= C_I + C_a \cdot 17,292 = 1\,500\,000\text{Ft} + 400\,000\text{Ft} \cdot 17,292 = 8\,416\,800\text{ Ft}$$

B) eset számítása:

$C_I = 700\,000\text{Ft}$, kezdeti beruházási költség

$C_{a1} = 600\,000\text{Ft}$, éves üzemeltetési költség

$C_{a2} = 700\,000\text{Ft}$, pótlási költség a 15. évben

$\tau = 30$ év, számítási időszak

$$C_g = C_I + C_{a1} \cdot (1/(1+r/100)) + C_{a1} \cdot (1/(1+r/100))^2 + C_{a1} \cdot (1/(1+r/100))^3 + \dots + C_{a1} \cdot (1/(1+r/100))^{30} + C_{a2} \cdot (1/(1+r/100))^{15} =$$

(Az üzemeltetési költség jelenértékét kumulált diszkontrátával is lehet számolni, a cserekölséget a 15. év diszkontrátájával kell jelenértékre diszkontálni.)

$$= C_I + C_{a1} \cdot 17,292 + C_{a2} \cdot 0,555 = 700\,000\text{Ft} + 600\,000\text{Ft} \cdot 17,292 + 700\,000\text{Ft} \cdot 0,555 \\ = 11\,463\,700\text{ Ft}$$

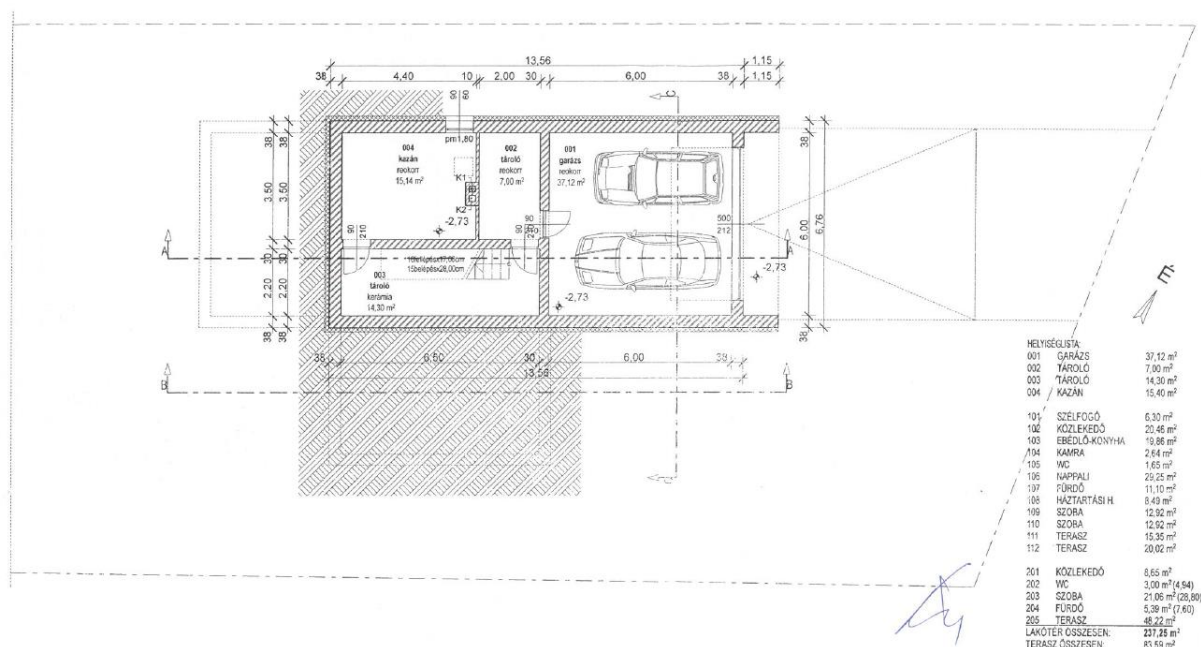
Mivel az A) eset fajlagos primer energiafogyasztása és jelenértéke és alacsonyabb, mint a B) eset eredményei, az A eset a költséghatékonyabb megoldás.

27 Esettanulmányok

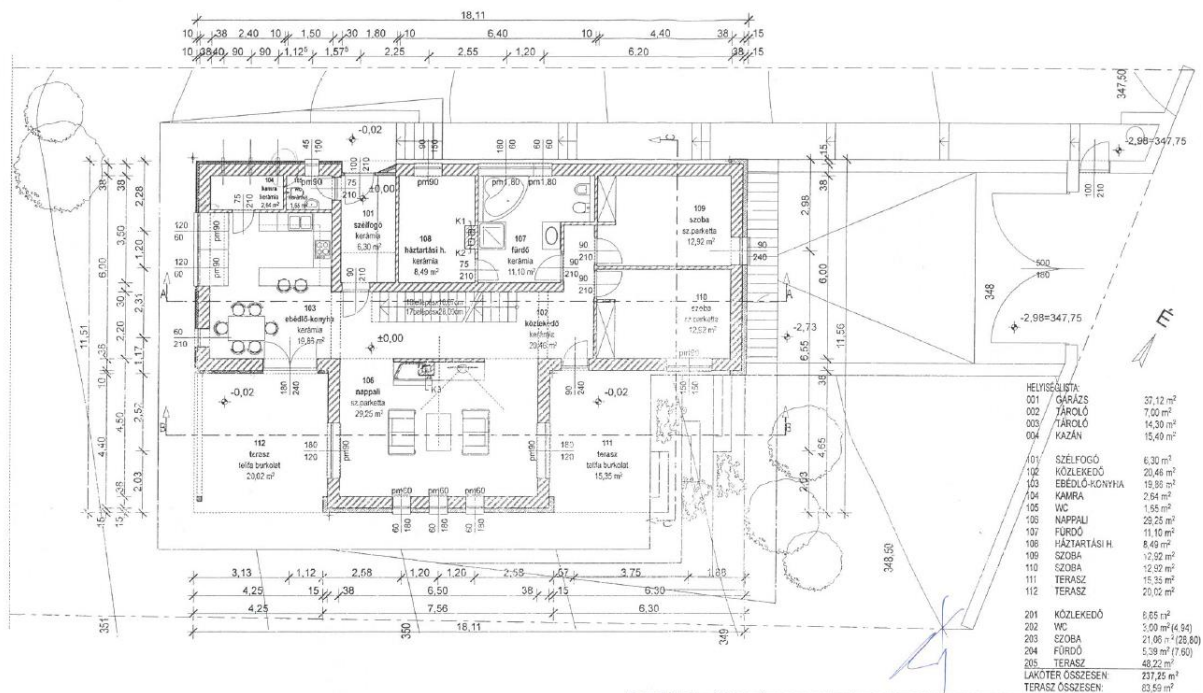
27.1 Családi ház teljes tanúsítása

27.1.1 Épület ismertetése

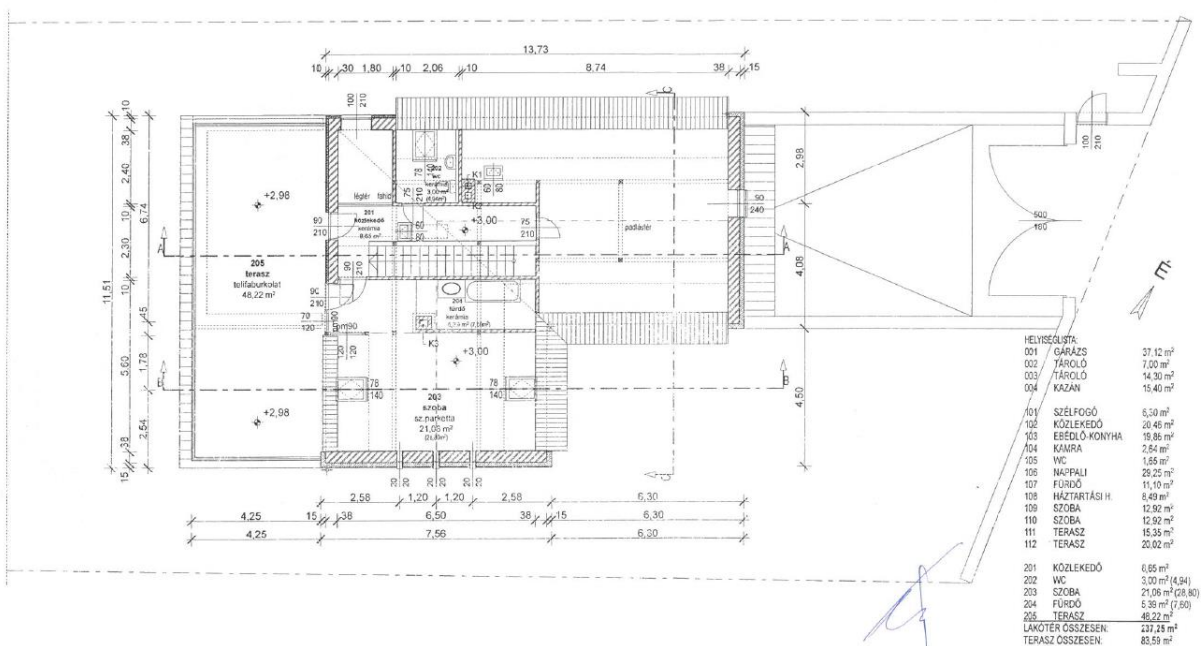
Egy családi ház épületenergetikai tanúsítását végezzük el. A ház terveit 2006-ban fogadták el, így azok az akkori jogszabályoknak tesznek eleget. A lakóépület három szintes, beépített tetőtérrel és részleges alápincézéssel (a pincésintet fűtetlennek vettük). A fűtött épületrészt az alábbi helyiségek alkotják a földszinten: szélfogó, közlekedő, ebédlő-konyha, kamra, WC, nappali, fürdő, háztartási helyiség, szoba és vendégszoba. Az emeleten pedig az alábbi helyiségek találhatók: közlekedő, WC, szoba, fürdő, padlástér.



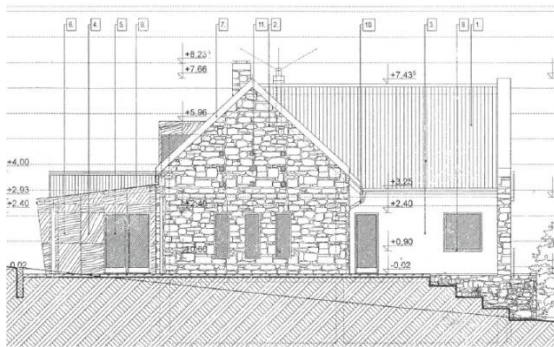
27.1. ábra: Pince alaprajz



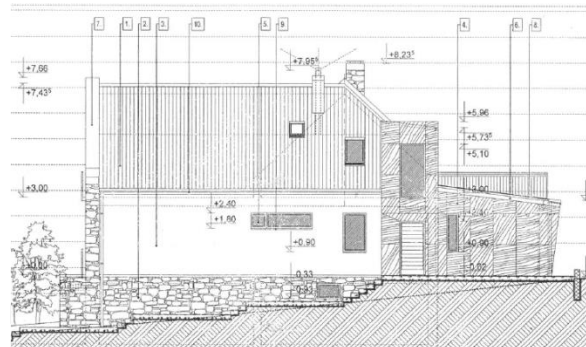
27.2.ábra: Földszint alaprajz



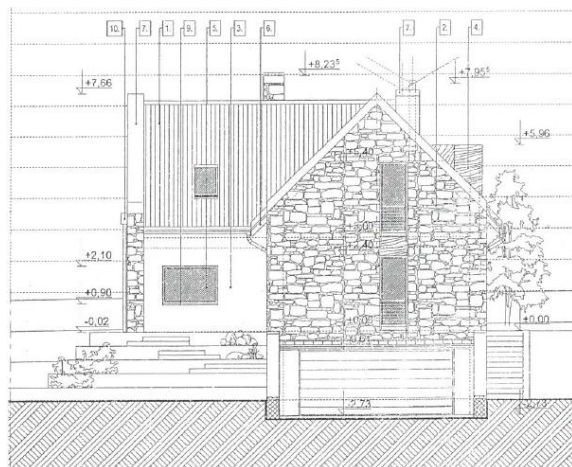
27.3. ábra: Emelet alaprajz



27.4. ábra: Déli homlokzat



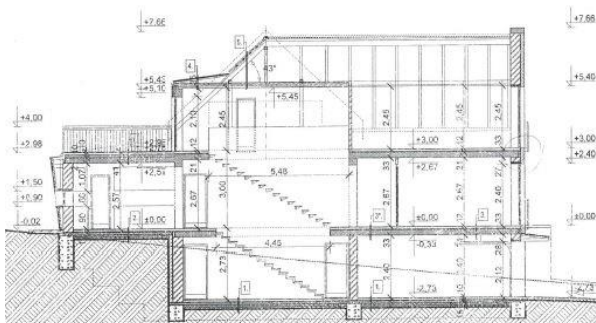
27.5. ábra: Északi homlokzat



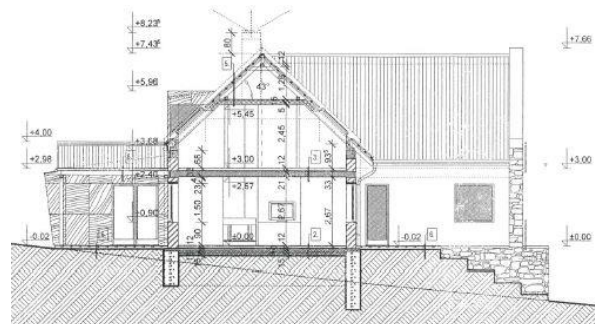
27.6. ábra: Keleti homlokzat



27.7. ábra: Nyugati homlokzat



27.8. ábra: A-A metszet



27.9. ábra: B-B metszet

27.1.táblázat: Kondicionált terek alapadatai

Sorszám	Helyiség	Nettó alapterület (m ²)	Hasznos alapterület (m ²)	Átlagos belmagasság (m)	Térfogat (m ³)
101	Szélfogó	6,30	6,30	2,67	16,82
102	Közlekedő	20,46	20,46	2,67	54,63
103	Ebédülő-konyha	19,86	19,86	2,67	53,03
104	Kamra	2,64	2,64	2,67	7,05
105	WC	1,65	1,65	2,67	4,41
106	Nappali	29,25	29,25	2,67	78,10
107	Fürdő	11,10	11,10	2,67	29,64
108	Háztartási h.	8,49	8,49	2,67	22,67
109	Szoba	12,92	12,92	2,67	34,50
110	Szoba	12,92	12,92	2,67	34,50
201	Közlekedő	8,65	8,65	2,45	21,19
202	WC	4,94	3,0	2,08	10,28
203	Szoba	28,8	21,06	2,08	59,92
204	Fürdő	7,6	5,39	2,08	15,81
205	Szoba (beépített padlástér)	45	31,46	2,08	93,62
Össz			195,15		536,14

Az energetikai számításokban a fűtött hasznos alapterületet kell figyelembe venni. A hasznos alapterület a nettó alapterületnek azon része, amelyen a belmagasság legalább 1,90 m. A teljes épületre vonatkozóan:

A_N a kondicionált alapterület; $A_N = 195,15 \text{ [m}^2\text{]}$.

V a kondicionált légtér térfogata: $V = 536,14 \text{ [m}^3\text{]}$.

A fűtött épületet burkoló felületek, a területeket a belső méretek szerint számolva:

1-Porotherm fal, hőszigeteléssel, faburkolattal $A = 45,42 \text{ m}^2$

Hőátbocsátási tényező: $U = 0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Vakolat (1,5 cm)
- Porotherm falazat (30 cm)
- Hőszigetelés (5 cm)
- Átszellőztetett légrés: hatása elhanyagolva
- Faburkolat: hatása elhanyagolva

2- Külső fal $A = 78,27 \text{ m}^2$

Hőátbocsátási tényező: $U = 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Belső vakolat (1,5 cm)
- Porothem falazat (38 cm)
- Külső vakolat (2 cm)

3- Porothem fal, kőburkolattal $A = 49,49 \text{ m}^2$

Hőátbocsátási tényező: $U = 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Vakolat (1,5 cm)
- Porothem falazat (38 cm)
- Kőburkolat (15 cm)

4- Talajon fekvő padló 1 $A = 29,25 \text{ m}^2$

Hőátbocsátási tényező: $U = 0,62 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Padlóburkolat (1,5 cm)
- Aljzatbeton (8 cm)
- Hőszigetelés (5 cm)
- Vízszigetelés (0,2 cm): elhanyagolva
- Vasalt aljzatbeton (10 cm)
- Kavicsagyazat (15 cm): elhanyagolva

5- Talajon fekvő padló 2 $A = 24,15 \text{ m}^2$

Hőátbocsátási tényező: $U = 0,62 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Padlóburkolat (1,5 cm)
- Aljzatbeton (8 cm)
- Hőszigetelés (5 cm)
- Vízszigetelés (0,2 cm): elhanyagolva
- Vasalt aljzatbeton (10 cm)
- Kavicsagyazat (15 cm): elhanyagolva

6- Pincefödém $A = 101,44 \text{ m}^2$

Hőátbocsátási tényező: $U = 0,54 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Parketta (2 cm)
- Aljzatbeton (6 cm)
- Hőszigetelés (4 cm)
- Félmonolit vasbeton födém felbetonnal (21 cm)
- Vakolat (1,5 cm)

7- Padlásfödém $A = 46,62 \text{ m}^2$

Hőátbocsátási tényező: $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Gipszkarton burkolat (2,5 cm)
- Hőszigetelés + torokgerenda (15 cm)

8- Hőszigetelt tető $A = 58,13 \text{ m}^2$

Hőátbocsátási tényező: $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Gipszkarton burkolat (2,5 cm)
- Hőszigetelés + szarufa (15 cm)
- Ellenléc + légréteg: hatása elhanyagolva
- Lécezés: hatása elhanyagolva
- Cserép fedés: hatása elhanyagolva

9- Lapostető (terasztető) $A = 24,15 \text{ m}^2$

Hőátbocsátási tényező: $U = 0,56 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Kerámia burkolat (1,5 cm)
- Vasalt aljzat lejtésben (6 cm átlagos vastagság)
- Hőszigetelés (5 cm)
- Félmonolit vasbeton födém felbetonnal (21 cm)
- Vakolat (1 cm)

Épületgépészeti rendszer

Az épület fűtési és használati melegvíz igényét egy Viessmann Vitodens 100-W típusú gázellátású kondenzációs kazán fedezi. A kazán a fűtött téren kívül van elhelyezve. A vízszintes elosztóvezetékek a fűtött téren belül kapnak helyet. A helyiségekben kétsöves fűtési rendszerű radiátoros hőleadók találhatók. A radiátorok termosztatikus szeleppel vannak felszerelve 2 K arányossági sávval. Fűtési hőtárolás nincs. A kazán $55/45 \text{ °C}$ -os névleges hőfoklépcsővel üzemel. A használati melegvíz rendszerbe egy indirekt fűtésű tároló kerül beépítésre a fűtött téren kívülre cirkulációs vezetékkel. A melegvízelosztás a fűtött téren belül történik. A tetőn elhelyezett 4 m^2 déli 45° -os síkkollektor a melegvíz ellátásra segít rá. Nem került kiépítésre gépi szellőztetés és mesterséges hűtés sem.

27.1.2 Hőátbocsátási tényező

A hőátbocsátási tényezők meghatározásához első lépésként ki kell számítani a határoló szerkezetek egyes rétegeinek hővezetési ellenállását az alábbi módon:

$$R = \frac{d}{\lambda} \left[\frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right]$$

- d az adott réteg vastagsága $[\text{m}]$
- λ a réteget alkotó anyag tervezési hővezetési tényezője $\left[\frac{\text{W}}{\text{mK}} \right]$

A hőáramlás irányára merőleges n darab homogén rétegből álló szerkezet esetén az alábbi módon számítható az eredő hővezetési ellenállás:

$$R_{tot} = R_{si} + \sum_{j=1}^n R_j + R_{se} \left[\frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right]$$

- R_{si} a belső felületi hőátadási ellenállás, ÉKM 1. függelék 4.1.2. (fal esetén vízszintes a hőáram): $R_{si} = 0,13 \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$;
- R_{se} a külső felületi hőátadási ellenállás, ÉKM 1. függelék 4.1.2: $R_{se} = 0,04 \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$.

A számítást egy külső falra mutatjuk be. A fal három rétegből áll: belső vakolat, Porotherm falazat, külső oldali vakolat.

27.2. táblázat: Külső fal adatai

Külső fal			
Réteg neve	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R_{si}	-	-	0,130
Belső vakolat	0,015	0,810	0,019
Porotherm falazat	0,380	0,226	1,681
Külső vakolat	0,020	0,990	0,020
R_{se}	-	-	0,040
Összesen			1,890
U			0,529 [W/m ² K]

Belső vakolat:

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,015}{0,810} = 0,019 \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Porotherm falazat:

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,380}{0,226} = 1,681 \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Külső vakolat:

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,020}{0,990} = 0,020 \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

$$R_{tot} = 0,13 + 0,019 + 1,681 + 0,020 + 0,04 = 1,890 \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

A határoló szerkezetek hőátbocsátási tényezője az eredő hővezetési ellenállás reciproka:

$$U = \frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{1,890} = 0,529 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

27.1.3 Nyílászárók hőátbocsátási tényezője

A nyílászárókban kétrétegű, a belső üveg külső oldalán egy szelektív low-e bevonattal ellátott üvegezést vettünk figyelembe. A keretet 80 mm-es fa típusúnak választottuk. A nyílászárók nem rendelkeznek átlátszatlan panellel és üvegezésben lévő merevítőprofilal sem. Az ismertetett paraméterek minden nyílászáróra vonatkoznak. Az alábbiakban egy 150*150 cm-es nyílászáró számítását mutatjuk be.

Az egyhéjú nyílászárók hőátbocsátási tényezőit az alábbi módon lehet meghatározni:

$$U_{Ny,e} = \frac{\sum A_{\tilde{U}} U_{\tilde{U}} + \sum A_P U_P + \sum A_K U_K + \sum l_{K,\tilde{U}} \Psi_{K,\tilde{U}} + \sum l_{K,P} \Psi_{K,P} + \sum l_{M,\tilde{U}} \Psi_{M,\tilde{U}}}{\sum A_{\tilde{U}} + \sum A_P + \sum A_K} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

- $U_{\tilde{U}}$ az üvegezés hőátbocsátási tényezője ÉKM 2. függ. 4.1. táblázata szerint: kétrétegű üvegezés (4-12-4 mm) egy szelektív low-e bevonattal a belső üveg külső oldalán ($\varepsilon = 0,15$); $U_{\tilde{U}} = 1,6 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$;
- U_P az átlátszatlan panel hőátbocsátási tényezője: az ablakban nincs átlátszatlan panel;
- U_K a keret hőátbocsátási tényezője ÉKM 2. függ. 4.1. táblázata szerint: fa (80 mm); $U_K = 1,8 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$;
- $\Psi_{K,\tilde{U}}$ a keret-üvegezés csatlakozásának összesített vonalmenti hőátbocsátási tényezője ÉKM 2. függ. 4.3. táblázata szerint: fa vagy műanyag nyílászáró, low-e bevonatos kétrétegű vagy két low-e bevonatos háromrétegű üvegezéssel, fém távtartóval; $\Psi_{K,\tilde{U}} = 0,08 \left[\frac{W}{mK} \right]$;
- $\Psi_{K,P}$ a keret-átlátszatlan panel csatlakozásának összesített vonalmenti hőátbocsátási tényezője: az ablakban nincs átlátszatlan panel;
- $\Psi_{M,\tilde{U}}$ a merevítőprofil-üvegezés csatlakozásának összesített vonalmenti hőátbocsátási tényezője: az üvegezésben nincs merevítőprofil;
- $A_{\tilde{U}}$ az üvegezés felülete: $(1,5 - 2 \cdot 0,08) \cdot (1,5 - 2 \cdot 0,08) = 1,7956 [m^2]$;
- A_P az átlátszatlan panel felülete: az ablakban nincs átlátszatlan panel;
- A_K a keret felülete: $1,5 \cdot 1,5 - 1,7956 = 0,4544 [m^2]$;
- $l_{K,\tilde{U}}$ a keret-üvegezés csatlakozási hőhíd hossza: $2 \cdot ((1,5 - 2 \cdot 0,08) + (1,5 - 2 \cdot 0,08)) = 5,36 [m]$;
- $l_{K,P}$ a keret-átlátszatlan panel csatlakozási hőhíd hossza: az ablakban nincs átlátszatlan panel;
- $l_{M,\tilde{U}}$ a merevítőprofil-üvegezés csatlakozási hőhíd hossza: az üvegezésben nincs merevítőprofil.

Az előbb ismertetett nyílászáró értékeit behelyettesítve a képletbe megkapjuk az adott nyílászáró hőátbocsátási tényezőjét:

$$U_{Ny,e} = \frac{1,7956 \cdot 1,6 + 0 + 0,4544 \cdot 1,8 + 5,36 \cdot 0,08 + 0 + 0}{1,7956 + 0,4544} = 1,831 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

27.3.táblázat: Nyílászárók adatai

Tájolás	Típus	Darabszám [db]	Hajlás-szög [°]	x [m]	y [m]	A _{ablak} [m ²]	A _{üveg} [m ²]	A _{keret} [m ²]	l _{k,ü} [m]	U _{átlag} [W/m ² K]
ÉSZAK	60x60	1	90	0,60	0,60	0,36	0,19	0,17	1,76	2,013
	180x60	1	90	1,80	0,60	1,08	0,72	0,36	4,16	
	90x150	1	90	0,90	1,50	1,35	0,99	0,36	4,16	
	45x150	1	90	0,45	1,50	0,68	0,39	0,29	3,26	
	100x210	1	90	1,00	2,10	2,10	1,63	0,47	5,56	
NYUGAT	120x60	2	90	1,20	0,60	0,72	0,46	0,26	2,96	2,000
	60x210	1	90	0,60	2,10	1,26	0,85	0,41	4,76	
	180x120	1	90	1,80	1,20	2,16	1,71	0,45	5,36	
	90x210	2	90	0,90	2,10	1,89	1,44	0,45	5,36	
	70x120	1	90	0,70	1,20	0,84	0,56	0,28	3,16	
	78x140	1	45	0,78	1,40	1,09	0,77	0,32	3,72	
DÉL	180x240	1	90	1,80	2,40	4,32	3,67	0,65	7,76	1,965
	60x180	3	90	0,60	1,80	1,08	0,72	0,36	4,16	
	90x240	1	90	0,90	2,40	2,16	1,66	0,50	5,96	
	150x150	1	90	1,50	1,50	2,25	1,80	0,45	5,36	
	20x20	9	90	0,20	0,20	0,04	0,00	0,04	0,16	
KELET	180x120	1	90	1,80	1,20	2,16	1,71	0,45	5,36	1,975
	90x240	2	90	0,90	2,40	2,16	1,66	0,50	5,96	
	78x140	1	45	0,78	1,40	1,09	0,77	0,32	3,72	

Az összes nyílászárót figyelembe véve az átlagos hőátbocsátási tényező értéke: $U_{Ny,e} = 1,985 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$.

27.1.4 Nyílászárók társított árnyékolószerkezettel*

Ebben az alfejezetben bemutatjuk, hogy miként változna az előző fejezetben bemutatott nyílászáró hőátbocsátási tényezője társított árnyékolószerkezet hatására, de a további számításokban ezt nem vesszük figyelembe.

Zárt állapotú társított árnyékolószerkezetek hővezetési ellenállása figyelembe vehető a nyílászáró hőátbocsátási tényezőjében a következő módon:

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

- U_{Ny} Nyílászáró hőátbocsátási tényezője: $U_{Ny} = 1,831 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$;
- ΔR Többlet hővezetési ellenállás, mely tartalmazza a társított árnyékolószerkezetet $R_{árny}$ hővezetési ellenállását, valamint az árnyékolószerkezet és a nyílászáró közötti

légréteg R_l hővezetési ellenállását az ÉKM 1. függelék 4.3.3. szerint: az árnyékoló jól záródik, ezért légáteresztő képességét az 5. légtömör osztályba soroljuk; alumínium redőny esetén $R_{\text{árny}} = 0,01 \left[\frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right]$, $\Delta R = 0,15 \left[\frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right]$.

$$U_{Ny,t} = 0,7 \cdot U_{Ny} + 0,3 \cdot \frac{1}{\frac{1}{U_{Ny}} + \Delta R} = 0,7 \cdot 1,831 + 0,3 \cdot \frac{1}{\frac{1}{1,831} + 0,15} = 1,713 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

Az árnyékolószerkezet tehát 5%-kal javítja a hőátbocsátási tényezőt. Más típusú árnyékoló, illetve légáteresztési osztály esetén a következőképpen változnának az értékek:

27.4. táblázat: Nyílászárók ($U_{Ny} = 1,831 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$) különböző társított árnyékolószerkezettel

Árnyékoló típusa	$U_{Ny,t} [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$		
	1-2 osztály	3 osztály	4-5 osztály
Alumínium redőny	1,75	1,73	1,71
Fa vagy műanyag redőny habkitöltés nélküli lamellákkal	1,73	1,71	1,67
Redőny habkitöltéses lamellákkal	1,73	1,69	1,65
25-30 mm-es fa lamellák	1,72	1,67	1,64

A további fejezetekben bemutatott számítások során nem vettük figyelembe a társított árnyékolószerkezetek hatását!

27.1.5 Talajon fekvő padló hőátbocsátási tényezője

A számítások alapjául szolgáló családi ház csak részben alapincézett, a nappali, valamint az ebédlő-konyha, kamra, WC blokk alatt talajon fekvő padló van. Az előbbi 'Talajon fekvő padló 1'-nek, míg az utóbbit 'Talajon fekvő padló 2'-nek neveztük el. A számítások a Talajon fekvő padló 1-en mutatjuk be. Az alapincézett részt fűtetlennek feltételezzük.

Talajon fekvő padlók esetén a hőátbocsátási tényezők meghatározásához először ki kell számítani a talajon fekvő padlók karakterisztikus méretét az alábbi képlettel:

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

- A a kondicionált tér padlójának területe: $A = 29,25 [\text{m}^2]$;
- P a padló kitett kerülete, melybe beleszámítandó a külső környezettől vagy a szomszédos fűtetlen tértől elválasztó csatlakozások hossza: $P = 21,80 [m]$.

$$B = \frac{A}{0,5P} = \frac{29,25}{0,5 \cdot 21,80} = 2,68 [m]$$

27.5. táblázat: Talajon fekvő padló 1 adatai

Talajon fekvő padló 1			
Réteg neve	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R _{si} (lefelé)	-	-	0,170
Padlóburkolat	0,015	1,150	0,013
Aljzatbeton	0,080	1,280	0,063
Hőszigetelés	0,050	0,040	1,250
Vasalt aljzatbeton	0,100	1,550	0,065
R _{se}	-	-	0,040
Összesen			1,6

A padló egyenértékű vastagságának számítási módja:

$$d_p = d_f + \lambda_{talaj}(R_{si} + R_p + R_{se}) [m]$$

- d_f a csatlakozó külső falak teljes vastagsága: $d_f = 0,415[m]$;
- λ_{talaj} a talaj hővezetési tényezője az ÉKM 1. függelék 4.4.1. szerint: homok, kavics;
 $\lambda_{talaj} = 2,0 \left[\frac{W}{mK} \right]$.

$$d_p = 0,415 + 2,0 \cdot (0,17 + 0,013 + 0,063 + 1,250 + 0,012 + 0,065 + 0,04) = 3,64 [m]$$

A vizsgált példánknál $z = 0$, mivel a padló a talajszint közelében fekszik. A padló egyenértékű vastagsága nagyobb, mint a padló karakterisztikus mérete ($d_p + 0,5z \geq B$), azaz a talajon fekvő padló jól hőszigetelt. Ekkor a talajon fekvő padló hőátbocsátási tényezője az alábbi módon számítható:

$$U_{T,p} = \frac{\lambda_{talaj}}{0,457B + d_p + 0,5z} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

$$U_{T,p} = \frac{2,0}{0,457 \cdot 2,68 + 3,64 + 0} = 0,411 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

A talajon fekvő padlók adatait a táblázat mutatja.

27.6.táblázat: Talajon fekvő padlók hőátbocsátási tényezői

	λ_{talaj} [W/mK]	A [m ²]	P [m]	B [m]	d _f [m]	d _p [m]	U _{T,p} [W/m ² K]
Talajon fekvő padló 1	2,00	29,25	21,80	2,68	0,415	3,64	0,411
Talajon fekvő padló 2	2,00	24,15	23,08	2,09	0,415	3,64	0,435

27.1.6 Talajszint feletti padlószervezet*

Ebben az alfejezetben bemutatjuk a számítás menetét arra az esetre, ha a padlószervezet a talajszinttől 0,5 m-nél nagyobb mértékben ki lenne emelve. A további számításokban ezt nem vesszük figyelembe, hanem az előző fejezet szerinti padlóval fogunk számolni.

A talajszint feletti padlószervezetek hőátbocsátási tényezője az alábbi képlettel számítható, amennyiben a padlószervezet területe kisebb, mint $250 \text{ [m}^2\text{]}$, valamint a padlószervezet felső szintjének magassága a külső oldali talaj szintjétől legalább $0,5 \text{ [m]}$ -re van:

$$U_{T,p} = \frac{1}{\frac{1}{U_p} + \frac{1}{U_{talaj} + U_{T,lf}}} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

- U_p a padlószervezet hőátbocsátási tényezője: $U_p = 0,620 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$
- U_{talaj} a padlószervezet alatti talaj egyenértékű hőátbocsátási tényezője (ld. később):
 $U_{talaj} = 0,714 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$
- $U_{T,lf}$ a lábazati fal egyenértékű hőátbocsátási tényezője (ld. később), mely tartalmazza a lábazati szigetelés talajszint feletti részét és a talaj hatását is $U_{T,lf} = 0,511 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$

27.7. táblázat: Padló és lábazati fal adatai

Padló, U_p			
Réteg neve	d [m]	λ [W/mK]	R [m^2K/W]
R_{si}	-	-	0,170
Padlóburkolat	0,015	1,150	0,013
Aljzatbeton	0,080	1,280	0,063
Hőszigetelés	0,050	0,040	1,250
Vasalt aljzatbeton	0,100	1,550	0,065
R_{se}	-	-	0,040
összesen			1,6
Lábazati fal, U_{lf}			
Réteg neve	d [m]	λ [W/mK]	R [m^2K/W]
R_{si}	-	-	0,130
Vakolat	0,015	0,810	0,019
Kavicsbeton	0,40	1,28	0,313
Hőszigetelés	0,05	0,04	1,250
R_{se}	-	-	0,040
összesen			1,751

$$U_{talaj} = \frac{2\lambda_{talaj}}{\pi B + d_{lf} + m} \ln \left(\frac{\pi B}{d_{lf} + m} + 1 \right) \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

- m a padlószervezet felső szintjének magassága a külső talajszint felett: $m = 1,2 \text{ [m]}$;
- d_{lf} a lábazati fal teljes vastagsága: $d_{lf} = 0,465 \text{ [m]}$;
- B a karakterisztikus méret: $B = 2,68 \text{ [m]}$;
- λ_{talaj} a talaj hővezetési tényezője: homok, kavics; $\lambda_{talaj} = 2,0 \left[\frac{W}{mK} \right]$.

$$U_{talaj} = \frac{2 \cdot 2}{\pi \cdot 2,68 + 0,415 + 1,2} \ln \left(\frac{\pi \cdot 2,68}{0,465 + 1,2} + 1 \right) = 0,714 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

$$U_{T,lf} = \frac{2mU_{lf}}{B} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

$$- U_{lf} \quad \text{a lábazati fal hőátbocsátási tényezője } U_{lf} = 0,571 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U_{T,lf} = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 0,571}{2,68} = 0,511 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

A talajszint feletti padlószervezetek hőátbocsátási tényezője így:

$$U_{T,tp} = \frac{1}{\frac{1}{U_p} + \frac{1}{U_{talaj} + U_{T,lf}}} = \frac{1}{\frac{1}{0,620} + \frac{1}{0,714 + 0,511}} = 0,412 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

A további fejezetekben bemutatott számítások során nem ezzel a változattal fogunk számolni!

27.1.7 Fűtött pince hővesztesége*

Ebben az alfejezetben bemutatjuk a számítás menetét arra az esetre, ha fűtöttnek feltételeznénk a pincét. A további számításokban ezt nem vesszük figyelembe, hanem fűtetlen pincével fogunk számolni.

A rendelkezésre álló adatok táblázatosan:

27.8. táblázat: Pincepadló és pincefal adatai

Pincepadló			
Réteg neve	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R _{si}	-	-	0,170
Reokorr burkolat	0,002	1,050	0,002
Aljzatbeton	0,080	1,280	0,063
Hőszigetelés	0,050	0,040	1,250
Vasalt aljzatbeton	0,100	1,550	0,065
R _{se}	-	-	0,04
összesen			1,6
Pincefal			
Réteg neve	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R _{si}	-	-	0,130
Vakolat	0,015	0,810	0,019
Porotherm falazat	0,380	0,226	1,681
Tömör tégl	0,065	0,870	0,075
R _{se}	-	-	0,040
összesen			1,945

Első lépésként ki kell számítani a padló egyenértékű vastagságát az alábbiak szerint:

$$d_p = d_f + \lambda_{talaj}(R_{si} + R_p + R_{se}) [m]$$

$$d_p = 0,460 + 2 \cdot (0,17 + 1,391 + 0,04) = 3,661 [m]$$

$$- d_p \quad \text{a padló egyenértékű vastagsága: } d_p = 3,661 [m];$$

- d_f a csatlakozó falak vastagsága a talajszinten: $d_f = 0,460 [m]$;
- λ_{talaj} a talaj hővezetési tényezője: homok, kavics; $\lambda_{talaj} = 2,0 \left[\frac{W}{mK} \right]$;
- R_p a padló szerkezet hővezetési ellenállása, figyelembe véve a padlón, a padló alatt vagy a padlóban elhelyezett teljes felületű hőszigetelést: $R_p = 1,391 \left[\frac{m^2K}{W} \right]$;
- R_{si} a belső hőátadási ellenállás: $R_{si} = 0,17 \left[\frac{m^2K}{W} \right]$;
- R_{se} a külső hőátadási ellenállás: $R_{se} = 0,04 \left[\frac{m^2K}{W} \right]$.

A padló karakterisztikus mérete:

$$B = \frac{A}{0,5P} = \frac{73,820}{0,5 \cdot 37,0} = 3,990 [m]$$

- A a kondicionált tér padlójának területe: $A = 73,820 [m^2]$;
- P a padló kitett kerülete, melybe beleszámítandó a külső környezettől vagy a szomszédos fűtetlen tértől elválasztó csatlakozások hossza: $P = 2 \cdot 6 + 2 \cdot 12,5 = 37,0 [m]$.

A pince padlójának egyenértékű hőátbocsátási tényezője a padló egyenértékű vastagságától és a padló a talajszinttől számított mélységétől függően számítható. A padló a talajszinttől számított mélysége: $z = 1,80 [m]$. Mivel $d_p + 0,5z \geq B$:

$$U_{T,p} = \frac{\lambda_{talaj}}{0,457B + d_p + 0,5z} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

$$U_{T,p} = \frac{2,0}{0,457 \cdot 3,990 + 3,661 + 0,5 \cdot 1,80} = 0,313 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

A pince falának egyenértékű vastagsága:

$$d_{pf} = \lambda_{talaj}(R_{si} + R_{pf} + R_{se}) [m]$$

- R_{pf} a pincefal hővezetési ellenállása figyelembe véve valamennyi réteget: $R_{pf} = 1,775 \left[\frac{m^2K}{W} \right]$.

$$d_{pf} = 2,0 \cdot (0,13 + 1,775 + 0,04) = 3,89 [m]$$

A talajjal érintkező pincefal egyenértékű hőátbocsátási tényezője:

$$U_{T,pf} = \frac{2\lambda_{talaj}}{\pi z} \ln \left(1 + \frac{0,5d_p}{d_p + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_{pf}} + 1 \right) \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

$$U_{T,pf} = \frac{2 \cdot 2}{\pi \cdot 1,80} \ln \left(1 + \frac{0,5 \cdot 3,661}{3,661 + 1,80} \right) \ln \left(\frac{1,80}{3,89} + 1 \right) = 0,359 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

A további fejezetekben bemutatott számítások során nem ezzel a változattal fogunk számolni!

27.1.8 Transzmissziós hőátviteli tényezők külső térrel határos szerkezetek esetén

A következőkben meg kell határozni a transzmisszióval történő hőátvitel mértékét. Ezt a külső falra mutatjuk be.

$$H_{tr,D} = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j \left[\frac{W}{K} \right]$$

- A_i az i épülethatároló szerkezet területe [m^2];
- U_i az i épülethatároló szerkezet hőátbocsátási tényezője;
- l_k a k csatlakozási hőhíd hossza;
- Ψ_k a k csatlakozási hőhíd vonalmenti hőátbocsátási tényezője;
- χ_j a j pontszerű hőhíd hőátbocsátási tényezője.

A külső környezet és a nem kondicionált terek felé irányuló transzmissziós hőátviteli tényezőben a szerkezeti csatlakozásoknál keletkező csatlakozási hőhídveszteségeket és a pontszerű hőhidakat egyszerűsített módszer alkalmazása esetén a következő összefüggés szerint kell meghatározni:

$$H_{tr} = \sum_i A_i U_{R,i} \left[\frac{W}{K} \right]$$

$$U_R = U(1 + \zeta) \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

A ζ korrekciós tényezőt külső falaknál, lapostetőknél, padlás- és pincefödémeknél, valamint beépített tetőteret határoló szerkezeteknél kell alkalmazni az egyes szerkezetek hőhídasságának mértéke alapján az ÉKM 1. függelék 6.1. táblázata szerint. A külső fal erősen hőhidas kategóriába esik az alábbi táblázat szerint.

27.9. táblázat: Hőhídasság mértéke

Külső falak		
Csatlakozó födémek	118,480	m
Nyílászáró kerülete	116,300	m
Hőhidak hosszának fajlagos mennyisége	1,356	fm/m ²

$$U_R = U(1 + \zeta) = 0,529 \cdot (1 + 0,4) = 0,741 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

A külső térrel határos szerkezetek transzmissziós hőátviteli tényezőit a táblázat tartalmazza. A nem kondicionált terekkel határos szerkezeteket a következő pontban számítjuk.

27.10. táblázat: Transzmissziós hőátviteli tényezők

Épületet határoló szerkezet	A [m^2]	U [$W/m^2 K$]	ζ [-]	U_R [$W/m^2 K$]	$H_{tr,D}$ [W/K]

Porotherm fal, hőszigeteléssel, faburkolattal	45,42	0,362	0,30	0,471	21,347
Külső fal	78,27	0,529	0,40	0,741	57,974
Porotherm fal, kőburkolattal	49,49	0,488	0,40	0,683	33,676
Hőszigetelt tető	58,13	0,247	0,20	0,296	17,195
Lapostető	24,15	0,56	0,20	0,67	16,22
Nyílászárók	36,04	1,886	0,0	1,985	71,53
$H_{tr,D} = 217,9 \text{ W/K}$					

27.1.9 Nem kondicionált terek hatása

A számítások alapjául szolgáló épület pincéje, valamint a padlásfödém feletti tér is fűtetlen, ezért az ezekkel határos szerkezeteknél korrekció szükséges, mivel a korábbi képletek csak a külső térrel határos szerkezetek esetén alkalmazhatók. Nem kondicionált térrel határos szerkezetek esetén a transzmissziós hőátviteli tényező a következőképp módosul (pincefödémre bemutatva):

$$H_{tr,x} = b H_{tr,ix} \left[\frac{W}{K} \right]$$

- $H_{tr,ix}$ transzmissziós hőátviteli tényező a belső tér és a nem kondicionált tér között a hőhidak hatásával: $101,44 \cdot 0,537 \cdot 1,2 = 65,38 \text{ W/K}$;
- b a módosító tényező az ÉKM 1. függelék 6.3. táblázata szerint: $b_{nyár} = 1,5 [-]$; $b_{tél} = 0,5 [-]$.

$$H_{tr,x,tél} = b_{tél} H_{tr,ix} = 0,5 \cdot 65,38 = 32,69 \left[\frac{W}{K} \right]$$

A nyári hónapokban:

$$H_{tr,x,nyár} = b_{nyár} H_{tr,ix} = 1,5 \cdot 65,38 = 98,07 \left[\frac{W}{K} \right]$$

27.11. táblázat: Nem kondicionált terek hatása

Épületet határoló szerkezet	$H_{tr,ix} \text{ [W/K]}$	$b [-]$	$b_{nyár} [-]$	$H_{tr,x,tél} \text{ [W/K]}$	$H_{tr,x,nyár} \text{ [W/K]}$
Pincefödém	65,38	0,5	1,5	32,69	98,07
Padlásfödém	12,45	0,9	0	11,21	0

27.1.10 Talajon fekvő padló transzmissziós hőátviteli tényezője

Talajon fekvő padló esetén az alábbi képlettel számítható a transzmissziós hőátviteli tényező (Talajon fekvő padló 1):

$$H_{tr,T,tp} = AU_{T,p} + P\Psi_{P,F} \left[\frac{W}{K} \right]$$

- A a talajon fekvő padló területe: $A = 29,25 \text{ [m}^2\text{]}$;

- $U_{T,p}$ a talajon fekvő padló hőátbocsátási tényezője: $U_{T,p} = 0,411 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$
- P a talajon fekvő padló kitett kerülete: $P = 21,80 [m]$;
- $\Psi_{P,F}$ a padló-fal csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője: elhanyagoljuk.

$$H_{tr,T,tp} = AU_{T,p} + P\Psi_{P,F} = 29,25 \cdot 0,411 + 0 = \mathbf{12,023} \left[\frac{W}{K} \right]$$

27.12. táblázat: Talajon fekvő padlók transzmissziós hőátviteli tényezői

Épületet határoló szerkezet	A [m ²]	U _{T,p} [W/m ² K]	H _{tr,T} [W/K]
Talajon fekvő padló 1	29,25	0,411	12,023
Talajon fekvő padló 2	24,15	0,435	10,510
$H_{tr,T} = 22,6 W/K$			

27.1.11 Transzmissziós hőátvitel

A transzmissziós hőátvitelt fűtés és hűtés esetére a következő képlettel kell meghatározni havi bontásban. A következőkben január hónap kerül részletezésre:

$$Q_{tr,F/H} = \frac{\left((\sum H_{tr,D,F/H} + H_{tr,x,F/H})(\theta_{i,F/H} - \theta_{e,átlag}) + H_{tr,T}(\theta_{i,F/H} - \theta_{e,év}) \right) \Delta t}{1000} \left[\frac{kWh}{időszak} \right]$$

- $H_{tr,D,F/H}$ a transzmissziós hőátviteli tényező külső térrel határos szerkezetek esetén: $H_{tr,D,F} = 217,9 \left[\frac{W}{K} \right]$;
- $H_{tr,x,F/H}$ a transzmissziós hőátviteli tényező nem kondicionált térrel határos szerkezetek esetén: $H_{tr,x,F} = 43,9 \left[\frac{W}{K} \right]$;
- $H_{tr,T}$ a talajon fekvő padló transzmissziós hőátviteli tényezője: $H_{tr,T} = 22,7 \left[\frac{W}{K} \right]$;
- $\theta_{i,F/H}$ a zóna/épület parancsolt hőmérséklete fűtés/hűtés esetén: $\theta_{i,F} = 20 [^{\circ}C]$;
- $\theta_{e,átlag}$ a külső tér átlaghőmérséklete, havi vagy szezonális átlagérték (január) az ÉKM 2. függelék 1.1. táblázata szerint: $\theta_{e,átlag} = 2,1 [^{\circ}C]$;
- $\theta_{e,év}$ a külső tér éves átlaghőmérséklete az ÉKM 2. függelék 1.1. táblázata szerint: $\theta_{e,év} = 10,9 [^{\circ}C]$;
- Δt a számítási időszak hossza (hónap vagy idény, itt: január): $\Delta t = 744 [h]$.

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

$$= \frac{((217,9 + 43,9)(20 - 2,1) + 22,6(20 - 10,9))744}{1000} = \mathbf{3640} \left[\frac{kWh}{hó} \right]$$

27.13. táblázat: Transzmissziós hőátvitel

	$\theta_{e, \text{átlag}} [^{\circ}\text{C}]$	$\Delta t [h]$	$Q_{tr,F} [kWh]$	$Q_{tr,H} [kWh]$
Január	2,1	744	3640	4910
Február	-0,1	672	3675	4822
Március	3,5	744	3367	4637
Április	10,9	720	1864	3092
Május	16,8	744	905	2417
Június	20,8	720	-34	1429
Július	21,9	744	-294	1218
Augusztus	21,0	744	-82	1429
Szeptember	17,8	720	649	2111
Október	8,3	744	2432	3702
November	7,6	720	2486	3715
December	-0,1	744	4069	5339

27.1.12 Hőátvitel szellőzéssel

Abban az esetben, ha az épületben nem került kiépítésre mesterséges szellőztetés, akkor csak a tisztán természetes szellőzéssel létrejövő hőátvitelt kell figyelembe venni. A szellőzési hőátviteli tényező meghatározása az alábbi módon történik:

$$H_{szell,F/H} = 0,35(n_{szüks} + n_{filt})V \left[\frac{W}{K} \right]$$

- V a kondicionált légtér térfogata: $V = 536,14 [m^3]$;
- $n_{szüks}$ a szükséges légcsereszám az ÉKM 2. függelék 2.1. táblázata szerint: $n_{szüks} = 0,5 \left[\frac{1}{h} \right]$;
- n_{filt} a légcsereszám az infiltráció miatt, a nyílászárók közepes légzárásúak, több homlokzaton helyezkednek el, szélnek kitettek, ÉKM 2. függelék. 2.4. táblázata szerint: $n_{filt} = 0,2 \left[\frac{1}{h} \right]$.

$$H_{szell,F/H} = 0,35 \cdot (0,5 + 0,2) \cdot 536,14 = \mathbf{131,35 \left[\frac{W}{K} \right]}$$

27.1.13 Éjszakai természetes többlet szellőztetés nyáron (hűtés esetén)

Nyári időszakban (május- szeptember) figyelembe vehető az éjszakai szellőztetés kedvező hatása. Ekkor a természetes szellőzés hőátviteli tényezője:

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

- V a kondicionált légtér térfogata: $V = 536,14 [m^3]$;
- $b_{éjjel}$ az alacsonyabb hőmérsékletű éjszakai szellőző levegő miatti módosító tényező: egyszerűsített számítás esetén: $b_{éjjel} = 1,5 [-]$;

- $\frac{7}{24}$ az éjszakai szellőztetés időaránya nyáron, 23 – 6 óra közötti éjszakai szellőztetés feltételezve,
- $n_{\text{éjjel}}$ az éjszakai többlet légcsereszám az ÉKM 2. függelék 2.3. táblázat szerint:
 $n_{\text{éjjel}} = 6 \left[\frac{1}{h} \right]$.

$$H_{\text{szell},H,\text{nyár},\text{éjjel}} = 0,35 \cdot 1,5 \cdot \frac{7}{24} \cdot 6 \cdot 536,14 = 492,6 \left[\frac{W}{K} \right]$$

A teljes nyári szellőzési hőátviteli tényező:

$$H_{\text{szell},H} = H_{\text{szell},H} + H_{\text{szell},H,\text{nyár},\text{éjjel}} = 131,35 + 492,6 = 623,9 \left[\frac{W}{K} \right]$$

27.1.14 Szellőzési hőátvitel

A szellőzési hőátvitelt meg kell határozni minden hónapra az alábbi képlettel:

$$Q_{\text{szell},F/H} = \frac{\sum H_{\text{szell},F/H} (\theta_{i,F/H} - \theta_{e,\text{átlag}}) \Delta t}{1000} [kWh]$$

- $\theta_{i,F/H}$ A belső parancsolt hőmérséklet fűtés esetén: $\theta_{i,F} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\theta_{i,H} = 26 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- $\theta_{e,\text{átlag}}$ A külső hőmérséklet átlagértéke: $\theta_{e,\text{átlag},\text{január}} = 2,1 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\theta_{e,\text{átlag},\text{július}} = 21,9 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- Δt A számítási időszak hossza (hónap vagy idény): $\Delta t_{\text{január}} = \Delta t_{\text{július}} = 744 [h]$.

Januárban fűtés esetén:

$$Q_{\text{szell},F} = \frac{\sum H_{\text{szell},F/H} (\theta_{i,F/H} - \theta_{e,\text{átlag}}) \Delta t}{1000} = \frac{131,35 \cdot (20 - 2,1) \cdot 744}{1000} = 1749 [kWh]$$

Júliusban hűtés esetén:

$$Q_{\text{szell},H} = \frac{\sum H_{\text{szell},F/H} (\theta_{i,F/H} - \theta_{e,\text{átlag}}) \Delta t}{1000} = \frac{623,9 \cdot (26 - 21,9) \cdot 744}{1000} = 1913 [kWh]$$

27.14. táblázat: Szellőzési hőátvitel

	$\theta_{e,\text{átlag}} [^\circ\text{C}]$	$\Delta t [h]$	$Q_{\text{szell},F} [kWh]$	$Q_{\text{szell},H} [kWh]$
Január	2,1	744	1749	2336
Február	-0,1	672	1774	2304
Március	3,5	744	1613	2199
Április	10,9	720	861	1428
Május	16,8	744	313	4271
Június	20,8	720	-76	2336
Július	21,9	744	-186	1903
Augusztus	21,0	744	-98	2321

Szeptember	17,8	720	208	3684
Október	8,3	744	1143	1730
November	7,6	720	1173	1740
December	-0,1	744	1964	2551

27.1.15 Direkt sugárzási nyereségek

Az épületnek nincs indirekt sugárzási nyeresége, mivel nincsen télikert, Trombe fal, stb. A transzparens szerkezetek direkt szoláris nyeresége az alábbi módon számítható egy 150*150 cm-es D-i tájolású nyílászáróra elvégezve:

$$Q_{sd,F/H} = \sum_i g_{F/H,i} A_{\ddot{u},i} g_{\acute{a}rny,F/H,i} F_{\acute{a}rny,i} G_{s,i} [kWh]$$

- $g_{F/H,i}$ az i tájolású és dőlésszögű üvegezés összesített sugárzásátbocsátási képessége fűtés/hűtés esetén: kétrétegű üvegezés (4-12-4 mm) egy szelektív low-e bevonattal a belső üveg külső oldalán ($\varepsilon = 0,15$) az ÉKM 2. függelék 4.1. táblázata szerint; $g_F = 0,7 [-]$;
- $A_{\ddot{u},i}$ az i tájolású és dőlésszögű üvegezés területe: $A_{\ddot{u}} = 1,796 [m^2]$;
- $g_{\acute{a}rny,i}$ az i tájolású és dőlésszögű nyílászáró társított (napvédő) szerkezetének sugárzás átbecsátási képessége az ÉKM 2. függelék 4.5. táblázata szerint, $g_{\acute{a}rny,H} = 1 [-]$; mivel az épületen nincs árnyékoló, fűtés esetén egyébként is $g_{\acute{a}rny,F} = 1 [-]$;
- $F_{\acute{a}rny,i}$ a külső akadályok miatti összesített árnyékoltsági tényező az i tájolású és dőlésszögű nyílászáró esetén: teljes benapozottságot feltételezünk;
- $G_{s,i}$ az i tájolású és dőlésszögű felületre érkező napsugárzási energiahozam az adott időszakra az ÉKM 2.függelék 1.6. táblázata szerint: D-i tájolás; 90°-os dőlésszög; január; $G_s = 60,6 \left[\frac{kWh}{m^2} \right]$.

Az üvegezés összesített sugárzásátbocsátási képessége (a beesési szög figyelembevételével):

$$g = F_{\ddot{u}} g_n [-]$$

- $F_{\ddot{u}}$ az üvegezés beesési szögtől függő korrekciós tényezője; alapértéke 0,9 [-];
- g_n az üveg sugárzásátbocsátási képessége merőlegesen beeső napsugárzás esetén: $g_{F/H,i}$ értékével egyenlő [-]

$$g = 0,9 \cdot 0,7 = 0,63 [-]$$

$$Q_{sd,F} = \sum_i g_{F/H,i} A_{\ddot{u},i} g_{\acute{a}rny,i} F_{\acute{a}rny,i} G_{s,i} = 0,63 \cdot 1,796 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 60,6 = \mathbf{68,57 [kWh]}$$

Minden hónapra és minden nyílászáróra elvégezve a számításokat:

27.15. táblázat: Direkt sugárzási nyereségek

	$Q_{sd} \text{ [kWh]}$
Január	603
Február	796
Március	824
Április	1447
Május	1826
Június	1626
Július	1545
Augusztus	1687
Szeptember	1339
Október	1221
November	780
December	414
$\sum Q_{sd} = 14109 \text{ kWh}$	

27.1.16 Belső hőnyereségek/hőterhelések

A belső hőnyereségeket/hőterheléseket havi számítás esetén minden hónapra meg kell határozni az alábbi képlettel (január hónapban):

$$Q_{b,F/H} = \frac{A_N q_b \Delta t}{1000} \text{ [kWh]}$$

- q_b a fajlagos átlagos belső hőnyereség, mely tartalmazza a használók, berendezések, háztartási gépek, világítás hőleadását, illetve az épületgépészeti rendszerek hasznosítható veszteségeit az ÉKM 2. függelék 2.1. táblázata szerint; $q_b = 5 \left[\frac{W}{m^2} \right]$;
- A_N a kondicionált alapterület; $A_N = 195,15 \text{ [m}^2\text{]}$.

$$Q_{b,F} = \frac{A_N q_b \Delta t}{1000} = \frac{195,15 \cdot 5 \cdot 744}{1000} = 726 \text{ [kWh]}$$

27.16. táblázat: Belső hőnyereségek/hőterhelések

	Δt [h]	$Q_{b,F/H}$ [kWh]
Január	744	726
Február	672	656
Március	744	726
Április	720	703
Május	744	726
Június	720	703
Július	744	726
Augusztus	744	726
Szeptember	720	703
Október	744	726
November	720	703
December	744	726

27.1.17 Teljes hőnyereség és hőátvitel

A következőkben ismertetett számításokat fűtés esetén januárra, hűtés esetén júliusra mutatjuk be. A teljes hőátvitel (fűtés esetén hővesztesség, hűtés esetén hőleadás) a transzmissziós és a szellőzési hőátvitel összege:

$$Q_{veszt} = Q_{tr,F} + Q_{szell,F} \text{ [kWh]}$$

$$Q_{lead} = Q_{tr,H} + Q_{szell,H} \text{ [kWh]}$$

- $Q_{tr,F/H}$ a teljes transzmissziós hőátvitel fűtés/hűtés esetén: $Q_{tr,F} = 3640 \text{ kWh}$; $Q_{tr,H} = 1218 \text{ kWh}$;
- $Q_{szell,F/H}$ a teljes szellőzési hőátvitel fűtés/hűtés esetén: $Q_{szell,F} = 1749 \text{ [kWh]}$; $Q_{szell,H} = 1903 \text{ [kWh]}$.

$$Q_{veszt,január} = Q_{tr,F} + Q_{szell,F} = 3640 + 1749 = \mathbf{5389 \text{ [kWh]}}$$

$$Q_{lead,július} = Q_{tr,H} + Q_{szell,H} = 1218 + 1903 = \mathbf{3121 \text{ [kWh]}}$$

A szakaszosan (éjszakára, hétvégére) leszabályozott fűtési üzem hatását a σ_F korrekciós tényezővel kell figyelembe venni. Képlettel leírva a következőképpen:

$$Q_{veszt} = \sigma_F (Q_{tr,F} + Q_{szell,F}) \text{ [kWh]}$$

- σ_F a szakaszos üzemvitel hatását kifejező korrekciós tényező (fűtési üzem) az ÉKM 2. függelék 2.5. táblázata szerint: fűtés automatikával programozható, időállandó nagyobb mint 24 óra: $\sigma_F = 1 [-]$, tehát a veszteség nem változik.

27.17. táblázat: Veszteségek és leadások

	$Q_{tr,F}$ [kWh]	$Q_{szell,F}$ [kWh]	Q_{veszt} [kWh]	$Q_{tr,H}$ [kWh]	$Q_{szell,H}$ [kWh]	Q_{lead} [kWh]
Január	3640	1749	5389	4910	2336	7246
Február	3675	1774	5449	4822	2304	7126
Március	3367	1613	4980	4637	2199	6836
Április	1864	861	2724	3092	1428	4521
Május	905	313	1218	2417	4271	6688
Június	-34	-76	-110	1429	2336	3765
Július	-294	-186	-479	1218	1903	3121
Augusztus	-82	-98	-180	1429	2321	3750
Szeptember	649	208	857	2111	3684	5795
Október	2432	1143	3576	3702	1730	5432
November	2486	1173	3659	3715	1740	5455
December	4069	1964	6033	5339	2551	7889

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

$$Q_{nyer} = Q_{sd,F} + Q_{b,F} [kWh]$$

$$Q_{terh} = Q_{sd,H} + Q_{b,H} [kWh]$$

- $Q_{sd,F/H}$ a teljes szoláris hőnyereség (hőterhelés) fűtés/hűtés esetén januárban: $Q_{sd} = 603 [kWh]$; júliusban: $Q_{sd} = 1545 [kWh]$;
- $Q_{b,F/H}$ a teljes belső hőnyereség (hőterhelés) fűtés/hűtés esetén: $Q_{b,F} = Q_{b,H} = 726 [kWh]$.

$$Q_{nyer,január} = Q_{sd,F} + Q_{b,F} = 603 + 726 = \mathbf{1329 [kWh]}$$

$$Q_{terh,július} = Q_{sd,H} + Q_{b,H} = 1545 + 726 = \mathbf{2271 [kWh]}$$

Mivel az épületben nincs árnyékoló, a fűtési és a hűtési esetekben megegyeznek a sugárzási hőnyereség értékek.

27.18. táblázat: Nyereségek és terhelések

	Q_{sd} [kWh]	Q_b [kWh]	Q_{nyer} [kWh]	Q_{terh} [kWh]
Január	603	726	1329	1329
Február	796	656	1452	1452
Március	824	726	1550	1550
Április	1447	703	2149	2149
Május	1826	726	2552	2552
Június	1626	703	2329	2329
Július	1545	726	2271	2271
Augusztus	1687	726	2413	2413
Szeptember	1339	703	2042	2042
Október	1221	726	1947	1947
November	780	703	1482	1482
December	414	726	1140	1140

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

$$\gamma_F = \frac{Q_{nyer}}{Q_{veszt}} [-]$$

$$\gamma_H = \frac{Q_{terh}}{Q_{lead}} [-]$$

$$\gamma_{F, január} = \frac{Q_{nyer}}{Q_{veszt}} = \frac{1329}{5389} = \mathbf{0,25} [-]$$

$$\gamma_{H, július} = \frac{Q_{terh}}{Q_{lead}} = \frac{2271}{3121} = \mathbf{0,73} [-]$$

27.19. táblázat: Nyereségek és veszteségek aránya

	γ_F	γ_H
Január	0,25	0,18
Február	0,27	0,20
Március	0,31	0,23
Április	0,79	0,48
Május	2,10	0,38
Június	-21,24	0,62
Július	-4,74	0,73
Augusztus	-13,42	0,64
Szeptember	2,38	0,35
Október	0,54	0,36
November	0,41	0,27
December	0,19	0,14

27.1.18 Hőtároló képesség és időállandó

A fűtési/hűtési hasznosítási tényező számításához meg kell állapítani az épület hőtároló képességét. Az épület effektív hőtároló képesség az alapterületre fajlagosítva áll rendelkezésünkre az épület besorolásának függvényében. Jelen esetben egy nehézszerkezetes épületre kell elvégezni a számításokat. Az épület időállandóját a következő képlettel kell meghatározni (januárra):

$$\tau_{F/H} = \frac{\frac{c_{m,eff}}{3,6}}{\sum H_{tr,F/H} + H_{tr,T} + \sum H_{szell,F/H}} [h]$$

- $c_{m,eff}$ az épület hőtároló képessége;
- $\frac{c_{m,eff}}{A_N}$ nehéz épület; jellemzően nehéz külső és belső szerkezetek (vasbeton födém, külső és belső épületek átlagos testsűrűsége $> 600 \text{ kg/m}^3$), álmennyezet és álpadló nélkül, belső hőszigetelés nélkül. Normál belmagasságú terek ($< 4,5 \text{ m}$). ÉKM 1. függelék 6.5. táblázata szerint: $\frac{c_{m,eff}}{A_N} = 280 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$;
- $H_{tr,F}$ a teljes transzmissziós hőátviteli tényező fűtés/hűtés esetén, a talajjal érintkező szerkezetek hatása nélkül $\left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$;
- $H_{tr,T}$ a teljes transzmissziós hőátviteli tényező a talajon fekvő padlón keresztül $\left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$;
- $H_{szell,F/H}$ a teljes szellőzési hőátviteli tényező a fűtés/hűtés esetén $\left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$.

$$\tau_F = \frac{\frac{c_{m,eff}}{3,6}}{\sum H_{tr,F} + H_{tr,T} + \sum H_{szell,F}} = \frac{\frac{280 \cdot 195,15}{3,6}}{217,9 + 43,9 + 22,6 + 131,4} = 36,5 [h]$$

27.20. táblázat: Az időállandó értékei

	τ_F	τ_H
Január	36,5	36,5
Február	36,5	36,5
Március	36,5	36,5
Április	36,5	36,5
Május	32,3	15,8
Június	32,3	15,8
Július	32,3	15,8
Augusztus	32,3	15,8
Szeptember	32,3	15,8
Október	36,5	36,5
November	36,5	36,5
December	36,5	36,5

27.1.19 Hasznosítási tényező fűtés esetén

Havi számítási módszer esetén a dinamikus hatásokat a nyereség hasznosítási tényezővel kell figyelembe venni. A hasznosítási tényező meghatározása fűtési idényre a következőképp alakul (januárra):

Ha $\gamma_F > 0$ és $\gamma_F \neq 1$:

$$\eta_F = \frac{1 - \gamma_F^{a_F}}{1 - \gamma_F^{a_{F+1}}} [-]$$

- a_F a numerikus tényező [-];
- γ_F a hasznosítási tényező: $\gamma_F = 0,3$.

$$a_F = a_{F,0} + \frac{\tau_F}{\tau_{F,0}} [-]$$

- τ_F az épület időállandója: $\tau_F = 36,5 h$

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

$$a_F = a_{F,0} + \frac{\tau_F}{\tau_{F,0}} = 1,0 + \frac{36,5}{15} = 3,4 [-]$$

$$\eta_F = \frac{1 - \gamma_F^{a_F}}{1 - \gamma_F^{a_{F+1}}} = \frac{1 - 0,25^{3,4}}{1 - 0,25^{3,4+1}} = 0,99 [-]$$

27.1.20 Fűtés nettó hőenergia igénye

A fűtés nettó hőenergia igénye a következő képlettel számítható az adott számítási időszakra:

$$Q_{F,net} = (Q_{veszt} - \eta_F Q_{nyer}) [kWh]$$

A havi fűtési energiaigény nulla, ha:

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

A fűtés nettó hőenergia igénye januárban:

$$Q_{F,net} = (Q_{veszt} - \eta_F Q_{nyer}) = (5389 - 0,99 \cdot 1329) = 4069 [kWh]$$

27.21. táblázat: Fűtés nettó hőenergia igénye

	γ_F [-]	η_F [-]	$Q_{F,net}$ [kWh]
Január	4069	0,99	3083
Február	4009	0,99	3012
Március	3450	0,99	2545
Április	884	0,86	510
Május	0	0,45	0
Június	0	-0,05	0
Július	0	-0,21	0
Augusztus	0	-0,07	0
Szeptember	0	0,40	0
Október	1747	0,94	1149
November	2217	0,97	1568
December	4896	1,00	3789
$\sum Q_{F,net} = 21271 kWh$			

A táblázatban látható, hogy a fűtési energiaigény októbertől áprilisig jelentkezik. Az épület teljes nettó fűtési energiaigénye a havi igények összesítésével kapható meg:

$$Q_{F,net,év} = \sum_{m=1}^{12} Q_{F,net,m} [kWh]$$

$$Q_{F,net,év} = 21271 [kWh]$$

27.1.21 Fajlagos nettó fűtési energia igény

Az épület nettó fűtési energiaigényének fajlagos értékét a következő összefüggéssel kell kiszámítani:

$$q_{F,net} = \frac{Q_{F,net}}{A_N} \left[\frac{kWh}{m^2} \right]$$

$$q_{F,net} = \frac{Q_{F,net}}{A_N} = \frac{21271}{195,15} = 109 \left[\frac{kWh}{m^2} \right]$$

27.1.22 Fajlagos hőveszteségtényező

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

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

A fajlagos hőveszteségtényező számításakor az összegzést a november – március hónapok értékeire kell elvégezni.

27.22. táblázat: A fajlagos hőveszteségtényező számítása

Hónapok	Q _{tr} [kWh]	η _F [-]	Q _{sd,F} [kWh]	θ _{e,átlag} [°C]	$\frac{Q_{tr,F} - \eta_F(Q_{sd,F} + Q_{sid,F})}{\theta_{i,F} - \theta_{e,átlag}}$ [kWh/K]
november	2486	0,97	780	7,6	139,3
december	4069	1,00	414	-0,1	181,9
január	3640	0,99	603	2,1	170,0
február	3675	0,99	796	-0,1	143,5
március	3367	0,99	824	3,5	154,8
Összesen					789,4

Az épület fajlagos hőveszteségtényezője:

$$q = \frac{1000}{536,14 \cdot 3624} \cdot 789,4 = 0,406 \text{ W/m}^3\text{K}$$

27.1.23A fűtés végső hő- és villamos energia fogyasztása

A fűtési rendszer által fedezett nettó hőenergia igény számítási képlete:

$$Q_{F,net,FR} = Q_{F,net} - Q_{F,LT} \text{ [kWh]}$$

- $Q_{F,LT}$ a nettó fűtési hőigény léghevítő által fedezett része: az épületben nem került kiépítésre légfűtés, így a léghevítő által fedezett hőigény értéke zérus $Q_{F,LT} = 0 \text{ [kWh]}$

$$Q_{F,net,FR} = 21271 - 0 = 21271 \text{ [kWh]}$$

A fűtés végső hő- és villamos energiaigényét energiahordozónként kell meghatározni külön hő- és villamos energiára.

$$Q_{F,vég,j} = \sum (Q_{F,net,FR} \varepsilon_{F,szab} + Q_{F,száll} + Q_{F,tár}) \varepsilon_F \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

- $Q_{F,net,FR}$ a fűtési rendszer által fedezett nettó hőenergia igény: $Q_{F,net,FR} = 21271 \text{ [kWh]}$;
- $\varepsilon_{F,szab}$ a szabályozási hőátviteli tényezők: $\varepsilon_{F,szab} = 1,024 [-]$, lsd. alul;
- $Q_{F,száll}$ a hőelosztás fajlagos veszteségei ÉKM 1. függelék: vízszintes elosztóvezeték a fűtött téren belül, hőfoklépcső $55/45 \text{ }^{\circ}\text{C}$: $\frac{Q_{F,száll}}{A_{rszr}} = 1,62 \left[\frac{kWh}{m^2 év} \right]$; $Q_{F,száll} = 1,62 \cdot 195,15 = 316,03 \left[\frac{kWh}{év} \right]$;
- $Q_{F,tár}$ a hőtárolás fajlagos energiaigénye: nincs hőtároló az épületben;
- ε_F a kazán teljesítménytényezője: ErP címke alapján, lsd. alább: $\varepsilon_F = 1,099 [-]$.

A szabályozási hőátviteli tényező az alapértékből korrekciós tényezők hozzáadásával/kivonásával határozható meg:

$$\varepsilon_{F,szab} = \varepsilon_{F,szab,0} + \varepsilon_{F,szab,1} + \varepsilon_{F,szab,2} + \varepsilon_{F,szab,3} + \varepsilon_{F,szab,4} [-]$$

- $\varepsilon_{F,szab,0}$ a helyiséghőmérséklet szabályozás az ÉKM 1. függelék táblázata szerint: PI-szabályozó $\varepsilon_{F,szab,0} = 1,042 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,1}$ a közepes méretezési hőmérsékletkülönbség hatása az ÉKM 1. függelék 8.10. táblázata szerint: $55 \text{ }^{\circ}\text{C}/45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\varepsilon_{F,szab,1} = +0,015 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,2}$ a külső határolószerkezetek hatása: külsőfali radiátor $\varepsilon_{F,szab,2} = 0,009 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,3}$ a helyiségenkénti szabályozás az ÉKM 1. függelék 8.10. táblázata szerint: különálló, képes önálló be- kikapcsolásra $\varepsilon_{F,szab,3} = -0,060 [-]$;
- $\varepsilon_{F,szab,4}$ a besabályozás hatását kifejező korrekció az ÉKM 1. függelék 8.12. táblázata szerint: kétcsöves rendszer, statikus besabályozás fűtőtestenként/fűtőfelületenként csoportos besabályozás nélkül, hőleadók száma 10 alatt, $\varepsilon_{F,szab,4} = +0,018 [-]$.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{F,szab} &= \varepsilon_{F,szab,0} + \varepsilon_{F,szab,1} + \varepsilon_{F,szab,2} + \varepsilon_{F,szab,3} + \varepsilon_{F,szab,híd} [-] = \\ &= 1,042 + 0,015 + 0,009 - 0,060 + 0,018 = 1,024 [-] \end{aligned}$$

A fűtési rendszert kiszolgáló készülék a 2010/30/EU európai parlamenti és tanácsi irányelven (ErP) alapuló 811/2013/EU felhatalmazáson alapuló rendelete (2018. február 18.) hatálya alá tartozik. Ezért alkalmazható az az egyszerűsített módszer, mely szerint a teljesítménytényező a 811/2013/EU rendelete szerint a készülékre kiállított energiacímkén szereplő szezonális hatásfok érték reciprokja:

$$\varepsilon_F = \frac{1}{\eta_s} [-]$$

$$\varepsilon_F = \frac{1}{\eta_s} = \frac{1}{0,91} = 1,099 [-]$$

A fűtés végső hőenergiaigénye:

$$Q_{F,vég,j} = (Q_{F,net,FR} \cdot \varepsilon_{F,szab} + Q_{F,szall} + Q_{F,tár}) \cdot \varepsilon_F =$$

$$= (21271 \cdot 1,024 + 316,03 + 0) \cdot 1,099 = 24283 \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

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

$$W_{F,vég} = \sum W_{F,sziv} + W_{F,tár} + W_{F,term} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

- $W_{F,sziv}$ a fajlagos villamos segédenergia igény az ÉKM 1. függelék 8.16. táblázata szerint: állandó fordulátú szivattyú; szabad fűtőfelületek; 10K, 55/45°C $\frac{W_{F,sziv}}{A_{rszr}} = 1,41 \left[\frac{kWh}{m^2 év} \right]$, $W_{F,sziv} = 275,6 \left[\frac{kWh}{év} \right]$;
- $W_{F,tár}$ a hőtárolás fajlagos segédenergia igénye: nincs hőtároló az épületben;
- $W_{F,term}$ a kazán segédenergia igénye, mivel a teljesítménytényezőre az ErP szerinti értéket alkalmaztuk, ezt nem kell figyelembe venni: $W_{F,term} = 0 \left[\frac{kWh}{m^2 év} \right]$.

$$W_{F,vég} = W_{F,sziv} + W_{F,tár} + W_{F,term} = 275,6 + 0 + 0 = 275,6 \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

27.1.24A melegvízellátó rendszer végső hő- és villamos energia fogyasztása

Először a melegvízellátás nettó hőenergia igényét kell meghatározni. Családi házak esetén az ÉKM 2. függelék 2.2. táblázata szerint $25 \frac{kWh}{m^2}$ fajlagos hőenergia igénnyel kell elvégezni a számítást. Képlettel kifejezve:

$$Q_{H MV, net} = q_{H MV} A_N [kWh]$$

$$Q_{H MV, net} = 25 \cdot 195,15 = 4879 [kWh]$$

Napkollektoros melegvíz termelést is figyelembe véve végeztük el a számításokat. Egyszerűsített módszer alkalmazásakor első lépésben meghatározandó a végenergia igényt azt feltételezve, hogy a teljes használati melegvíz hőigényt egy másik hőtermelő fedezi. Jelen esetben a másik hőtermelő a fűtési rendszerben is helyet kapó kondenzációs kazán. Képlettel leírva:

$$Q_{H MV, vég, koll\_nélkül} = \sum (Q_{H MV, net} + Q_{H MV, száll} + Q_{H MV, tár}) \varepsilon_{H MV, 2} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

- $Q_{H MV, száll}$ a melegvízelosztó és cirkulációs vezeték fajlagos energiaigénye: az elosztás hővesztesége a nettó melegvíz készítés hőigény százalékában, elosztás a fűtött téren belül $\frac{Q_{H MV, száll}}{Q_{H MV, net}} = 17,2 [\%]$; $Q_{H MV, száll} = 838,9 [kWh]$;

- $Q_{H MV, tár}$ a melegvíz-tárolás fajlagos vesztesége: a tárolás hővesztesége a nettó melegvíz-készítési hőigény százalékában, a tároló a fűtött légtérén kívül, indirekt fűtésű tároló $\frac{Q_{H MV, tár}}{Q_{H MV, net}} = 16,5 \text{ [\%]}$; $Q_{H MV, tár} = 804,3 \text{ [kWh]}$;
- $\varepsilon_{H MV, 2}$ a másik hőtermelő teljesítménytényezője. A hőtermelő teljesítménytényezőjének meghatározása a korábban már ismertetett módon történik: a teljesítménytényező a 811/2013/EU rendelete szerint a készülékre kiállított energiacímkén szereplő, melegvíztermelésre vonatkozó szezonális hatásfok érték reciproka:

$$\varepsilon_{H MV, 2} = \frac{1}{\eta_s} = \frac{1}{0,83} = 1,205 \text{ [-]}$$

$$\begin{aligned} Q_{H MV, vég, koll\_nélkül} &= (Q_{H MV, net} + Q_{H MV, száll} + Q_{H MV, tár}) \cdot \varepsilon_{H MV, 2} = \\ &= (4879 + 838,9 + 804,3)1,205 = 7858 \left[\frac{kWh}{év} \right] \end{aligned}$$

Ezután meghatároztuk, hogy a melegvíztermelés mekkora részét képes fedezni a napkollektoros termelés. A napkollektorok a tető déli oldalára kerülnek elhelyezésre, a tető dőlésszögével megegyezően 45°-os állásban.

$$Q_{H MV, vég, koll} = Q_{koll, max} \cdot k \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

- $Q_{koll, max}$ a maximális kollektortermelés: 4 m^2 bruttó kollektorfelület; $Q_{koll, max} = 2115 \left[\frac{kWh}{év} \right]$;
- k a teljesítménycsökkentő tényező

$$\begin{aligned} k &= (9,88 \cdot 10^{-9} \alpha_m^2 - 1,18 \cdot 10^{-6} \alpha_m) \gamma_m^2 + (-4,99 \cdot 10^{-8} \alpha_m^2 + 9,25 \cdot 10^{-6} \alpha_m) \gamma_m \\ &\quad + (-1,17 \cdot 10^{-4} \alpha_m^2 + 9,11 \cdot 10^{-3} \alpha_m + 0,821) \text{ [-]} \end{aligned}$$

- α_m a dőlésszög $0^\circ - 90^\circ$: $\alpha_m = 45 \text{ [}^\circ\text{]}$;
- γ_m a tájolás $-90^\circ - +90^\circ$ (kelet – nyugat): déli tájolás; $\gamma_m = 0 \text{ [}^\circ\text{]}$.

$$\begin{aligned} k &= (9,88 \cdot 10^{-9} \cdot 45^2 - 1,18 \cdot 10^{-6} \cdot 45)0^2 + (-4,99 \cdot 10^{-8} \cdot 45^2 + 9,25 \cdot 10^{-6} \cdot 45)0 \\ &\quad + (-1,17 \cdot 10^{-4} \cdot 45^2 + 9,11 \cdot 10^{-3} \cdot 45 + 0,821) = 0,994 \text{ [-]} \end{aligned}$$

$$Q_{H MV, vég, koll} = 2115 \cdot 0,994 = 2102 \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

A másik hőtermelőhöz tartozó végenergia igény ezután már meghatározható a következő képlettel:

$$Q_{H MV, vég, 2} = Q_{H MV, vég, koll\_nélkül} - Q_{H MV, vég, koll} \cdot \varepsilon_{H MV, 2} \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

$$Q_{H MV, vég, 2} = 7858 - 2102 \cdot 1,205 = 5325 \left[\frac{kWh}{év} \right]$$

A H MV villamos segédenergia igényének meghatározásához az elosztás, a tárolás és a hőtermelő villamos segédenergia igényét kell összegezni az alábbi képlet szerint:

$$W_{HMV,vég} = \sum W_{HMV,sziv} + W_{HMV,term} \left[\frac{kWh}{m^2 \text{ év}} \right]$$

- $W_{HMV,term}$ a kazánüzemű HMV készítés fajlagos segédenergia igénye: mivel az ErP alapján számoltuk a teljesítménytényezőt, a segédenergia igényt nem kell külön figyelembe venni: $W_{HMV,term} = 0 \left[\frac{kWh}{\text{év}} \right]$
- $W_{HMV,sziv\_cirk}$ a cirkuláció fajlagos segédenergia igénye: EEI nem ismert; $\frac{W_{HMV,sziv\_cirk}}{A_{rszr}} = 0,68 \left[\frac{kWh}{m^2 \text{ év}} \right]$; $W_{HMV,sziv\_cirk} = 131,83 \left[\frac{kWh}{\text{év}} \right]$;

Kollektor nélküli esetben a segédenergia igények az alábbiak szerint alakul:

$$\begin{aligned} W_{HMV,sziv} &= W_{HMV,sziv\_cirk} + W_{HMV,sziv\_szol} + W_{HMV,sziv\_tala} = 131,83 + 0 + 0 = \\ &= 131,83 \left[\frac{kWh}{\text{év}} \right] \end{aligned}$$

$$W_{HMV,vég} = W_{HMV,sziv} + W_{HMV,term} = 131,83 + 0 = 131,83 \left[\frac{kWh}{\text{év}} \right]$$

Kollektoros rendszer esetén a következőképpen alakul a segédenergiák igénye:

- $W_{HMV,sziv\_szol}$ a napkollektoros rendszer szolárköri szivattyújánál a szivattyúzási energiaigénye:

$$W_{HMV,sziv\_szol} = 2 \cdot (25 + 2 \cdot A_{koll})$$

$$W_{HMV,sziv\_szol} = 2 \cdot (25 + 2 \cdot A_{koll}) = 2 \cdot (25 + 2 \cdot 4) = 66 \left[\frac{kWh}{\text{év}} \right]$$

$$\begin{aligned} W_{HMV,sziv} &= W_{HMV,sziv\_cirk} + W_{HMV,sziv\_szol} + W_{HMV,sziv\_tala} = 131,83 + 66 + 0 = \\ &= 197,83 \left[\frac{kWh}{m^2 \text{ év}} \right] \end{aligned}$$

$$W_{HMV,vég} = W_{HMV,sziv} + W_{HMV,term} = 197,83 + 0 = 197,83 \left[\frac{kWh}{\text{év}} \right]$$

27.1.25 Az épület komplex indikátorai

Az épület súlyozott energetikai teljesítménye a végső energiaigény alapján számítható a súlyozó tényezők alapján, melyet a helyben megtermelt és más fogyasztóknak vagy a hálózatnak átadott, súlyozott energiaigénnyel csökkenteni kell.

Az épület összesített súlyozott energetikai teljesítménye:

$$E_{súlyozott} = E_{F,súlyozott} + E_{HMV,súlyozott} + E_{LT,súlyozott} + E_{H,súlyozott} + E_{V,súlyozott} - E_{exp,súlyozott} \left[\frac{kWh}{\text{év}} \right] \text{ vagy } \left[\frac{kg CO_2}{\text{év}} \right]$$

Az épületben légtechnika és hűtés nincsen kiépítve, a világítás energiaigényét lakóépületben nem kell beszámítani az energiamérlegbe, helyben megtermelt és exportált energia nincsen, tehát csak a fűtést és a használati melegvíz ellátást vesszük figyelembe.

A fűtés súlyozott energiaigénye:

$$E_{F,sulyozott} = \sum_i Q_{F,vég,i} \cdot F_{f\acute{e}/\acute{e}h} \cdot f_{suly,i} + \sum_i W_{F,vég,i} \cdot f_{suly,i} \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] vagy \left[\frac{kg CO_2}{\acute{e}v} \right]$$

- $Q_{F,vég,i}$ a végső energiaigény energiahordozónként: $Q_{F,vég,i} = 24283 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$,
- $W_{F,vég,i}$ a végső villamos energiaigény energiahordozónként: $W_{vég,i} = 276 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$
- $F_{f\acute{e}/\acute{e}h}$ az energiahordozóhoz tartozó fűtőérték és égéshő hányadosa, földgáz esetén: $F_{f\acute{e}/\acute{e}h} = 0,9 [-]$
- $f_{suly,i}$ az i energiahordozó súlyozó tényezője, földgáz esetén: $f_{nren} = 1,1$; $f_{ren} = 0$; $f_{tot} = 1,1$; $f_{CO_2} = 297 \text{ g/kWh}$, villamos energia esetén $f_{nren} = 2,3$; $f_{ren} = 0,3$; $f_{tot} = 2,6$; $f_{CO_2} = 455 \text{ g/kWh} [-]$.

A nem megújuló fűtési primerenergia-igény:

$$E_{F,nren} = 24283 \cdot 0,9 \cdot 1,1 + 276 \cdot 2,3 = 24040 + 634 = 24674 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$$

A megújuló fűtési primerenergia-igény:

$$E_{F,ren} = 24283 \cdot 0,9 \cdot 0 + 276 \cdot 0,3 = 0 + 83 = 83 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$$

A teljes fűtési primerenergiaigény:

$$E_{F,tot} = 24283 \cdot 0,9 \cdot 1,1 + 276 \cdot 2,6 = 24040 + 716 = 24757 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$$

A fűtési CO₂-emisszió:

$$E_{F,CO_2} = 24283 \cdot 0,9 \cdot 297 \cdot 10^{-3} + 276 \cdot 455 \cdot 10^{-3} = 6491 + 125 = 6616 \left[\frac{kg}{\acute{e}v} \right]$$

A használati melegvíz ellátás súlyozott energiaigénye:

$$E_{HMV,sulyozott} = \sum_i Q_{HMV,vég,i} \cdot F_{f\acute{e}/\acute{e}h} \cdot f_{suly,i} + \sum_i W_{HMV,vég,i} \cdot f_{suly,i} \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] vagy \left[\frac{kg CO_2}{\acute{e}v} \right]$$

- $Q_{HMV,vég,i}$ a végső energiaigény energiahordozónként: $Q_{HMV,vég,földgáz} = 5325 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$,
 $Q_{HMV,vég,napenergia} = 2102 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$
- $W_{vég,i}$ a végső villamos energiaigény energiahordozónként: $W_{vég,i} = 198 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$

- $F_{f\acute{e}/\acute{e}h}$ az energiahordozóhoz tartozó fűtőérték és égéshő hányadosa, földgáz esetén: $F_{f\acute{e}/\acute{e}h} = 0,9$ [–], napenergia esetén $F_{f\acute{e}/\acute{e}h} = 1$ [–],
- $f_{s\acute{u}ly,i}$ az i energiahordozó súlyozó tényezője, földgáz esetén: $f_{nren} = 1,1$; $f_{ren} = 0$; $f_{tot} = 1,1$; $f_{CO2} = 297$ g/kWh, villamos energia esetén $f_{nren} = 2,3$; $f_{ren} = 0,3$; $f_{tot} = 2,6$; $f_{CO2} = 455$ g/kWh [–], napenergia (hő) esetén: $f_{nren} = 0$; $f_{ren} = 1$; $f_{tot} = 1$; $f_{CO2} = 25$ g/kWh [–].

A használati melegvíz nem megújuló primerenergia-igény:

$$E_{F,nren} = 5325 \cdot 0,9 \cdot 1,1 + 2102 \cdot 1 \cdot 0 + 198 \cdot 2,3 = 5271 + 0 + 455 = 5726 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$$

A használati melegvíz megújuló primerenergia-igény:

$$E_{F,ren} = 5325 \cdot 0,9 \cdot 0 + 2102 \cdot 1 \cdot 1 + 198 \cdot 0,3 = 0 + 2102 + 59 = 2162 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$$

A használati melegvíz teljes primerenergiaigény:

$$\begin{aligned} E_{F,ren} &= 5325 \cdot 0,9 \cdot 1,1 + 2102 \cdot 1 \cdot 1 + 198 \cdot 2,6 = 5271 + 2102 + 514 \\ &= 7888 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right] \end{aligned}$$

A használati melegvíz CO₂-emisszió:

$$\begin{aligned} E_{F,ren} &= 5325 \cdot 0,9 \cdot 297 \cdot 10^{-3} + 2102 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 10^{-3} + 198 \cdot 455 \cdot 10^{-3} \\ &= 1423 + 53 + 90 = 1566 \left[\frac{kg}{\acute{e}v} \right] \end{aligned}$$

Ezek után összegezni kell a kapott eredményeket, hogy megkapjuk az épület összesített súlyozott energetikai teljesítményét:

$$E_{nren} = 24674 + 5726 = 30401 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$$

$$E_{ren} = 83 + 2162 = 2244 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$$

$$E_{tot} = 24757 + 7888 = 32645 \left[\frac{kWh}{\acute{e}v} \right]$$

$$E_{CO2} = 6616 + 1566 = 8182 \left[\frac{kg}{\acute{e}v} \right]$$

Az épület fajlagos súlyozott energetikai teljesítménye:

$$E_{nren,fajl} = 155,8 \left[\frac{kWh}{m^2 \acute{e}v} \right]$$

$$E_{ren,fajl} = 11,5 \left[\frac{kWh}{m^2 \acute{e}v} \right]$$

$$E_{tot,fajl} = 167,3 \left[\frac{kWh}{m^2 \acute{e}v} \right]$$

$$E_{CO2,fajl} = 41,9 \left[\frac{kg}{m^2 \acute{e}v} \right]$$

27.1.26 Hasznosítási tényező hűtés esetén*

Az épületben gépi hűtés nincsen, de számítsuk ki, hogy mennyi lenne a hűtés nettó energiaigénye.

A hasznosítási tényező hűtési időszakra a következőképp számítandó:

Ha $\gamma_H > 0$ és $\gamma_H \neq 1$:

$$\eta_H = \frac{1 - \gamma_H^{-a_H}}{1 - \gamma_H^{-(a_H+1)}} [-]$$

- a_H a hűtési numerikus tényező [-]
- γ_H a hasznosítási tényező júliusban: $\gamma_H = 0,73$.

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau_H}{\tau_{H,0}} [-]$$

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

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau_H}{\tau_{H,0}} = 1 + \frac{15,8}{15} = 2,1 [-]$$

$$\eta_H = \frac{1 - \gamma_H^{-a_H}}{1 - \gamma_H^{-(a_H+1)}} = \frac{1 - 0,73^{-2,1}}{1 - 0,73^{-(2,1+1)}} = 0,56 [-]$$

27.1.27 Hűtés nettó hőenergia igénye*

A hűtés nettó hőenergia igényére vonatkozó képlet a következő:

$$Q_{H,net} = (Q_{terh} - \eta_H Q_{lead}) [kWh]$$

A havi hűtési energiaigény nulla, ha: $\frac{1}{\gamma_H} > 2,0$

$$Q_{H,net} = (Q_{terh} - \eta_H Q_{lead}) = (2271 - 0,56 \cdot 3121) = 519 [kWh]$$

27.23. táblázat: Hűtés nettó hőenergia igénye

	$\gamma_H [-]$	$1/\gamma_H [-]$	$\eta_H [-]$	$Q_{H,net}$ [kWh]
Január	0,18	5,5	0,18	0
Február	0,20	4,9	0,20	0
Március	0,23	4,4	0,23	0
Április	0,48	2,1	0,46	0
Május	0,38	2,6	0,35	0
Június	0,62	1,6	0,50	431
Július	0,73	1,4	0,56	519
Augusztus	0,64	1,6	0,52	471
Szeptember	0,35	2,8	0,32	0
Október	0,36	2,8	0,35	0
November	0,27	3,7	0,27	0
December	0,14	6,9	0,14	0
$\sum Q_{H,net} = 1421 \text{ kWh}$				

Az épület éves nettó hűtési energiaigénye a havi igények összesítésével kapható meg:

$$Q_{H,net,év} = \sum_{m=1}^{12} Q_{H,net,m} \text{ [kWh]}$$

$$Q_{H,net,év} = 1421 \text{ [kWh]}$$

27.1.28 Fajlagos nettó hűtési energia igény*

Az épület nettó hűtési energiaigényének fajlagos értékét a következő összefüggéssel kell kiszámítani:

$$q_{H,net} = \frac{Q_{H,net}}{A_N} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right]$$

$$q_{H,net} = \frac{Q_{H,net}}{A_N} = \frac{1421}{195,15} = 7,3 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right]$$

27.1.29 Hűtési rendszer energiafelhasználása*

Az adott épületben nincs gépi hűtés, de számítsuk ki a hűtés energiaigényét, ha kompresszoros légkondícionálást (split) és a 6/12°C-os hűtött vizet feltételezünk.

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

$$Q_{F,vég,j} = \sum Q_{H,net} \cdot c_H \cdot \varepsilon_{H,szab} \cdot \varepsilon_{H,szall} \cdot \varepsilon_H \text{ [kWh]}$$

$$W_{H,vég} = \sum W_{H,seg} \text{ [kWh]}$$

- c_H A berendezés teljes és az érezhető hűtőteljesítményének arányát kifejező tényező az ÉKM 1. függelék 11.1. táblázata szerint: 6/12 °C (pl. fan-coil készülék); $c_H = 1,25 [-]$;
- $\varepsilon_{H,szab}$ Szabályozási hőátviteli tényező: hűtött víz 6 °C / 12 °C; $\varepsilon_{H,szab} = 1,13 [-]$;
- $\varepsilon_{H,szall}$ Elosztási veszteségek: egyszerűsített módszer esetén elhanyagolható; $\varepsilon_{H,szall} = 1 [-]$
- ε_H Hűtési teljesítménytényező: a szezonális teljesítménytényező reciproka, kompresszoros léghűtés (split) esetén $\varepsilon_H = 0,40$.

$$Q_{H,vég,j} = Q_{H,net} \cdot c_H \cdot \varepsilon_{H,szab} \cdot \varepsilon_{H,szall} \cdot \varepsilon_H = 1421 \cdot 1,25 \cdot 1,13 \cdot 1 \cdot 0,40 = 803 \text{ [kWh]}$$

Továbbá elvégeztük a számításokat katalógusban megadott SEER érték alapján is (Daikin FTXB35C/RXB35C):

$$\varepsilon_H = \frac{1}{SEER} = \frac{1}{6,05} = 0,17 [-]$$

$$Q_{F,vég,j} = Q_{H,net} \cdot c_H \cdot \varepsilon_{H,szab} \cdot \varepsilon_{H,szall} \cdot \varepsilon_H = 1421 \cdot 1,25 \cdot 1,13 \cdot 1 \cdot 0,17 = 341,2 \text{ [kWh]}$$

A fő feladattól különálló, önmagában kezelendő feladat!

27.1.30 Napelemek energiatermelése*

Az épületen nincs napelem, de kiegészítésként vizsgáljuk meg, hogy mennyi energiát termelne 1 kWp beépített teljesítményű, délre tájolt, 40°-os dőlésszögű napelem!

A napelemek éves energiatermelésének (W_{PV}) számítására 20 kWp beépített teljesítményt nem meghaladó mono-, illetve polikristályos napelemes rendszerek esetén elfogadható a következő képlet alkalmazása:

$$W_{PV} = w_{PV} \cdot P_{PV,össz} \text{ [kWh]}$$

- $P_{PV,össz}$ A napelem mező beépített teljesítménye: $P_{PV,össz} = 1 \text{ [kWp]}$;
- w_{PV} Fajlagos napelem termelés: déli tájolás; 40°-os dőlésszög; $w_{PV} = 1080 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{kWp}} \right]$.

$$W_{PV} = w_{PV} P_{PV,össz} = 1080 \cdot 1 = 1080 \text{ [kWh]}$$

4 db 250W-os napelem névleges teljesítménye 1 kWp, ez kb. 6,5m².

A fő feladattól különálló, önmagában kezelendő feladat!

27.2 Elosztási veszteségek számítása részletes módszerrel

A részletes módszer alapját az MSZ EN 15316-3: Épületek energetikai teljesítőképessége. A rendszer energiakövetelményeinek és hatékonyságának számítási módszere. Elosztórendszerek helyiségekhez (fűtés, hűtés és HMV) szabvány képezi.

A módszert téglalap alapterületű, háromszintes mintaépületen alkalmaztuk. A számítást a fűtési, hűtési és HMV elosztórendszerekre végeztük el.

27.2.1 Fűtés

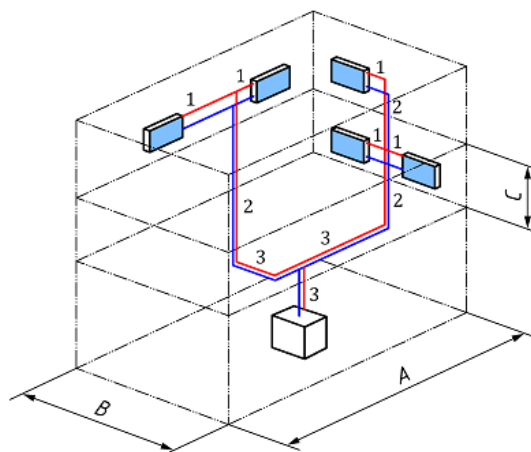
A mintaépülethez tartozó számított hőszükséglet: 20 kW

Az épület méreteit a következő táblázat tartalmazza (a csőhossz becsléséhez lesz szükséges):

4.24. táblázat A mintaépület befoglaló méretei

	Jel	Érték
Az épület hossza	LL	20 m
Az épület szélessége	LW	10 m
Belmagasság	Hfl	3 m
Szintek száma	Nlev	3

Téglalap alapterületű épület esetén a szabvány segítségével kiszámítható a csővezeték szakaszok feltételezett hossza a következők szerint:



27.10. ábra. A szabvány által rögzített szakaszok, hosszak magyarázata (Forrás: MSZ EN 15316-3)

ahol,

A – LL (az épület hossza); B – LW (az épület szélessége); C – Hfl (a belmagasság)

1-es szakasz – csatlakozó (szinti) vezetékek

2-es szakasz – felszállók

3-as szakasz – alapvezeték

Kétsőves fűtési rendszert feltételezve, a szabvány alapján a következők szerint számíthatók a csőhosszak:

4.25. táblázat Az elosztó hálózat hosszának becsléséhez alkalmazható összefüggések (Forrás: MSZ EN 15316-3)

Értékek	Eredmények	Mért.	3-as szakasz	2-es szakasz	1-es szakasz
Átlagos környezeti hőmérséklet	$\Theta_{ah,H} \ \Theta_{ah,C}$	°C	13 vagy 20 értelmszerűen	20	20
Csőhossz, ha a felszálló külső falban van	L_i	m	$2 \cdot L_L + 0,0165 \cdot L_L \cdot L_w^2$	$0,025 \cdot L_L \cdot L_w \cdot H_{fl} \cdot N_{lev}$	$0,55 \cdot L_L \cdot L_w \cdot N_{lev}$
Csőhossz, ha a felszálló az épületben van	L_i	m	$2 \cdot L_L + 0,0325 \cdot L_L \cdot L_w + 6$	$0,025 \cdot L_L \cdot L_w \cdot H_{fl} \cdot N_{lev}$	$0,55 \cdot L_L \cdot L_w \cdot N_{lev}$

Emellett, L_{max} , vagyis a hőtermelőtől a legtávolabbi hőleadóig a legnagyobb várható távolság a szabvány B melléklete szerint fűtés és hűtés esetén a következők szerint számítható (csak téglalap alapterületű épület esetén!):

$$L_{max} = 2 \cdot \left(L_L + \frac{L_w}{2} + N_{lev} \cdot h_{lev} + l_c \right) = 2 \cdot \left(20 + \frac{10}{2} + 3 \cdot 3 + 10 \right) = 88 \text{ m}$$

Az adott mintaépület esetében feltételezve, hogy a felszálló az épületben van:

Az alapvezeték feltételezett hossza (3-as szakasz):

$$L_3 = 2 \cdot L_L + 0,0325 \cdot L_L \cdot L_w + 6 = 2 \cdot 20 + 0,0325 \cdot 20 \cdot 10 + 6 = 52,5 \text{ m}$$

A felszállók feltételezett hossza (2-es szakasz):

$$L_2 = 0,025 \cdot L_L \cdot L_w \cdot H_{lev} \cdot N_{lev} = 0,025 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 3 = 45 \text{ m}$$

A szinti csatlakozó csővezetékek feltételezett hossza (1-es szakasz):

$$L_1 = 0,55 \cdot L_L \cdot L_w \cdot N_{lev} = 0,55 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 3 = 330 \text{ m}$$

A csővezetékek vonalmenti hőátbocsátási tényezőjének meghatározásához a szabvány B melléklete javasol értékeket. Ezek a következők:

4.26. táblázat Vonalmenti hőátbocsátási tényezők jellemző értékei új és meglévő épületek esetében (Forrás: MSZ EN 15316-3)

	Ψ (W/mK)		
Az épület kora/osztálya	3-as szakasz (alapvezeték)	2-es szakasz (felszálló)	1-es szakasz (csatlakozó vezetékek)
1995-től, feltételezve, hogy a hőszigetelés vastagság a csövön a csőátmérő kétszerese	0,2	0,3	0,3

1980-1995 közötti épületek, feltételezve, hogy a hőszigetelés vastagsága a csőátmérő fele	0,3	0,4	0,4
-1980-ig	0,4	0,4	0,4
Szigeteletlen csővezeték szabadon vezetve			
$A \leq 200 \text{ m}^2$	1	1	1
$200 \text{ m}^2 < A \leq 500 \text{ m}^2$	2	2	2
$A > 500 \text{ m}^2$	3	3	3
Szigeteletlen csővezeték külső falban vezetve		teljes/hasznosítható	
Szigeteletlen külső fal		1,35 / 0,8	
Szigetelt külső fal		1 / 0,9	
Szigeteletlen de kis U-értékű külső fal ($U=0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$)		0,75 / 0,55	

A táblázatból a mintapéldához a kiemelt esetet vesszük figyelembe.

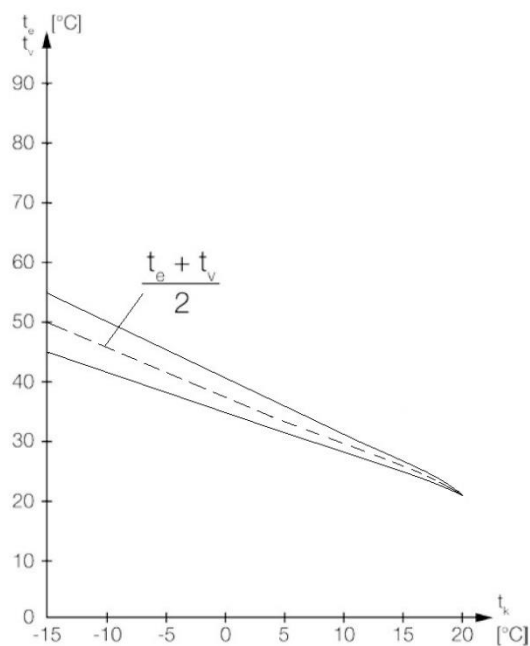
A számításhoz szükséges további bemenő havi adatok fűtés esetén:

4.27. táblázat Bemenő havi adatok fűtés esetén

Név	Jelölés	érték	mértékegység
A fűtési kör előremenő hőmérséklete			
Január	$\vartheta_{H, in}$	38	°C
Február		41	°C
Március		37	°C
Április		30	°C
Október		32,5	°C
November		33	°C
December		41	°C
A fűtési kör visszatérő hőmérséklete			
Január	$\vartheta_{H, out}$	33	°C
Február		35	°C
Március		32	°C
Április		27,5	°C
Október		29	°C
November		30	°C
December		35	°C
A környezeti hőmérséklet a vizsgált zónában a vizsgálati idő függvényében (fűtött tér esetén)	$\vartheta_{H, amb, j}$	20	°C
A környezeti hőmérséklet a vizsgált zónában a vizsgálati idő függvényében (fűtetlen tér esetén)	$\vartheta_{H, amb, j}$	13	°C
Vizsgálati idő	t_{ci}	5088	h (fűtési szezon)
Január		744	h
Február		672	h

Március		744	h
Április		720	h
Október		744	h
November		720	h
December		744	h
Fűtés üzemideje a vizsgálati idő alatt	$t_{H, op}$	2544	h (feltételezés)
Január		372	h
Február		336	h
Március		372	h
Április		360	h
Október		372	h
November		360	h
December		372	h
Az elosztó rendszer működési ideje	$t_{H, op, an}$	5088	h (fűtési szezon)

Az előremenő és visszatérő hőmérsékleteket a következő diagram alapján lehet megállapítani (A havi külső hőmérsékleteket a rendelet 19.1-es táblázata tartalmazza):



27.11. ábra Közepes hőmérséklet meghatározása 55/45-ös rendszernél a külső hőmérséklet függvényében

Hővesztés számítás

Az átlag víz hőmérséklet:

$$\vartheta_{H, mean} = \frac{\vartheta_{H, in} + \vartheta_{H, out}}{2}$$

Havi bontásban az átlag víz hőmérséklet:

4.28. táblázat Számított átlag vízhőmérséklet

Hónap	Átlag vízhőmérséklet (°C)
Január	35,50
Február	38,00
Március	34,50
Április	28,75
Október	30,75
November	31,50
December	38,00

A rendszer hővesztesége a feltételezett működési idő alatt a következő képlet szerint számítható:

$$Q_{H,dis,ls} = \frac{1}{1000} \sum_0^{t_{H,op}} \sum_j \Psi_j \cdot (\vartheta_{H,mean} - \vartheta_{H,amb,j}) \cdot (L + L_{equi}) \cdot t_{ci} = \frac{1}{1000} \cdot \Psi_3 (\vartheta_{H,mean} - \vartheta_{H,amb,3}) \cdot L_3 \cdot t_{H,op} + \frac{1}{1000} \cdot \Psi_2 (\vartheta_{H,mean} - \vartheta_{H,amb,2}) \cdot L_2 \cdot t_{H,op} + \frac{1}{1000} \cdot \Psi_1 (\vartheta_{H,mean} - \vartheta_{H,amb,1}) \cdot L_1 \cdot t_{H,op}$$

A képlet megoldása havi bontásban a 3 különböző szakaszra és összegezve a következők szerint alakul:

4.29. táblázat A számított hőveszteségek értékei az elosztó hálózat különböző szakaszain és összegezve

Hónap	3-as szakasz (L3) (kWh)	2-es szakasz (L2) (kWh)	1-es szakasz (L1) (kWh)	Szumma
Január	61	78	571	710
Február	64	82	599	745
Március	57	73	534	664
Április	33	43	312	388
Október	42	54	396	492
November	44	56	410	510
December	70	90	106	266
Szumma	371	476	2928	3775

A rendszer hővesztesége a teljes fűtési szezonra a havi értékek összege: 3775 kWh.

A fűtött alapterületre vetítve (600 m²) a hőveszteség fajlagos értéke: 6,3 kWh/m²

Visszanyerhető energia

A visszanyerhető energia a következők szerint számítható:

$$f_{H,dis,rbl} = \frac{Q_{H,dis,ls,conditionedspace(fűtött)}}{Q_{H,dis,ls,total}} = \frac{476+2928}{3775} = 0,9$$

$$Q_{H,dis,rbl} = f_{H,dis,rbl} \cdot Q_{H,dis,ls,total} = 0,9 \cdot 3775 = 3398 \text{ kWh}$$

A visszanyerhető energia fajlagos értéke fűtött alapterületre (600 m²) vetítve: 5,7 kWh/év

A segédenergiaigény számítása:

A hasznos teljesítmény:

$$P_{H,hydr,des} = \frac{\Delta p_{H,des} \cdot \dot{V}_{H,des}}{3600} \text{ (kW)}$$

ahol,

$\Delta p_{H,des}$ – a kör (csőhálózat) nyomáskülönbsége a méretezési pontban (kPa)

$\dot{V}_{H,des}$ – térfogatáram a méretezési pontban (m³/h)

A nyomáskülönbség a körön a következők szerint számítható:

$$\Delta p_{H,des} = (1 + f_{comp}) \cdot R_{H,max} \cdot L_{max} + \Delta p_{H,add}$$

ahol,

f_{comp} – az elemek ellenállás aránya a körben (ld. MSZ EN 15316-3, B melléklet) (-)

$R_{H,max}$ – méterenkénti nyomásveszteség (kPa/m)

L_{max} – a kör maximális hossza (m)

$\Delta p_{H,add}$ – további ellenállások nyomásvesztesége

Az MSZ EN 15316-3 B mellékletéből (a számításnál a kiemelt értékeket vettük figyelembe):

Általános hálózatoknál: $f_{comp}=0,3$

Sok irányváltást tartalmazó hálózatnál: $f_{comp}=0,4$

$R_{H,max}$ értéke általános hálózatokra **0,1 kPa/m**, és 0,2 kPa/m épületek között távfűtési hálózatra.

Táblázat a további ellenállások értékére:

4.30. táblázat Segédlet további ellenállások meghatározásához (Forrás: MSZ EN 15316-3)

Az ellenállás típusa		Δp_{add} (kPa)
A hőleadó típusa		
Radiátor		2
Padlófűtési rendszer		4,5
Hőmennyiség mérő		10
A hőtermelő típusa		
Hőtermelő víztartalma > 0,15 l/kW		1
Hőtermelő víztartalma ≤ 0,15 l/kW	$\Phi_{H,out,max} < 35 \text{ kW}$	$20 \cdot (\dot{V}_{des})^2$
	$\Phi_{H,out,max} \geq 35 \text{ kW}$	80

Tehát

$$\Delta p_{H,des} = (1 + f_{comp}) \cdot R_{H,max} \cdot L_{max} + \Delta p_{H,add} = (1 + 0,3) \cdot 0,1 \cdot 88 + 2 = 13,44 \text{ kPa}$$

A térfogatáram számítható a hőszükséglet alapján:

$$\dot{V}_{H,des} = \frac{\Phi_{H,em,out}}{c_W \cdot \rho_W \cdot \Delta \theta_{dis,des}} = \frac{20000}{1,163 \cdot 990 \cdot (55 - 45)} = 1,74 \text{ m}^3/\text{h}$$

Ebből:

$$P_{H,hydr,des} = \frac{\Delta p_{H,des} \cdot \dot{V}_{H,des}}{3600} = \frac{13,44 \cdot 1,74}{3600} = 0,0065 \text{ kW}$$

A hidraulikai energiaigény:

$$W_{H,dis,hydr,an} = P_{H,hydr,des} \cdot \beta_{H,dis} \cdot t_{H,op,an} \cdot f_{H,corr}$$

ahol,

$P_{H,hydr,des}$ – nyomáskülönbség a körön (kPa)

$\beta_{H,dis}$ – az elosztórendszer részterhelésének aránya (-)

$t_{H,op,an}$ – az elosztórendszer működési ideje (h)

$f_{H,corr}$ – az elosztórendszer korrekciós tényezője különleges tervezési állapotok esetén (ld. MSZ EN 15316-3, B melléklet)

$$\beta_{H,dis} = \frac{\dot{V}_{H,dis}}{\dot{V}_{H,des}} = \frac{1,3}{1,74} = 0,75 \text{ (részterhelésen, 15kW hőszükséglet esetén)}$$

$t_{H,op,an}$ a vizsgált hét hónapot tekintve ez 5088 h-t jelent.

$f_{H,corr}$ -t a hidraulikai beszabályozás függvénye. Ha van akkor értéke **1**, ha nincs akkor 1,15.

Ezek alapján a fűtési elosztórendszer hidraulikai energiaigénye:

$$W_{H,dis,hydr,an} = P_{H,hydr,des} \cdot \beta_{H,dis} \cdot t_{H,op,an} \cdot f_{H,corr} = 0,0065 \cdot 0,75 \cdot 5088 \cdot 1 = 24,8 \text{ kWh}$$

A segédenergia igény:

$$W_{H,dis,aux,an} = W_{H,dis,hydr,an} \cdot \varepsilon_{H,dis}$$

ahol,

$\varepsilon_{H,dis}$ – a szivattyú energiafelhasználási tényezője (-)

$$\varepsilon_{H,dis} = f_{H,e} \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{H,dis}^{-1}) \cdot \frac{EEI}{0,25}$$

ahol,

$f_{H,e}$ – hatékonysági tényező (-)

C_{P1} – a szivattyú szabályozásához kapcsolódó konstans (MSZ EN 15316-3, B melléklet)

C_{P2} - a szivattyú szabályozásához kapcsolódó konstans (MSZ EN 15316-3, B melléklet)

EEl – szivattyú energiahatékonysági index

Általánosan

$$f_{H,e} = \frac{P_{H,ref}}{P_{H,hydr,des}}$$

Ha a szivattyú hidraulikai teljesítménye $0,001 < P_{H,hydr,des} < 2,5$ kW közé esik, akkor a referencia teljesítmény a 622/2012 EU-s rendelet értelmében a következők szerint számítható:

$$P_{H,ref} = (1,7 \cdot P_{H,hydr,des} + 17 \cdot (1 - e^{-0,3 \cdot P_{H,hydr,des}})) \cdot 10^{-3}$$

A többi szivattyú esetében:

$$f_{H,e} = \left(1,25 + \left(\frac{0,2}{P_{H,hydr,des}} \right)^{0,5} \right) \cdot b$$

Ahol b szivattyú tervezési tényező (szabvány szerint értéke 1, ha munkapontra kiválasztott, vagy 2, ha tervezettől eltérő munkapontra kiválasztott)

Az első összefüggést felhasználva:

$$P_{H,ref} = (1,7 \cdot P_{H,hydr,des} + 17 \cdot (1 - e^{-0,3 \cdot P_{H,hydr,des}})) \cdot 10^{-3} = (1,7 \cdot 6,5 + 17 \cdot (1 - e^{-0,3 \cdot 6,5})) \cdot 10^{-3} = 0,0256 \text{ kW}$$

Ebből,

$$f_{H,e} = \frac{P_{H,ref}}{P_{H,hydr,des}} = \frac{0,0256}{0,0065} = 3,94$$

C_{P1} és C_{P2} az MSZ EN 15316-3 szabvány B melléklete alapján:

4.31. táblázat C_{P1} és C_{P2} konstansok értékei (Forrás: MSZ EN 15316-3)

Szivattyú szabályozás (HEAT_DISTR_CTRL_PMP)	C_{P1}	C_{P2}
0=nem szabályozott	0,25	0,75
3=állandó nyomáskülönbségre	0,75	0,25
4=változó nyomáskülönbségre	0,9	0,1

EEl értéke a 622/2012 EU rendelet alapján 0,23.

Ezek alapján:

$$\varepsilon_{H,dis} = f_{H,e} \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{H,dis}^{-1}) \cdot \frac{EEl}{0,25} = 3,94 \cdot (0,9 + 0,1 \cdot 1,33) \cdot \frac{0,23}{0,25} = 3,74$$

Ebből a segédenergia igény:

$$W_{H,dis,aux,an} = W_{H,dis,hydr,an} \cdot \varepsilon_{H,dis} = 24,8 \cdot 3,74 = 92,8 \text{ kWh}$$

Visszanyerhető és visszanyert energia:

Arányukat a szivattyú szigetelt mivolta határozza meg.

Az MSZ EN 15316-3 szabvány B melléklete szerint:

4.32. táblázat $f_{rbl,dis}$ lehetséges értékei

Visszanyerhető segédenergia	$f_{rbl,dis}$
Hőszigetelt szivattyú	0,1
Hőszigetelés nélküli szivattyú	0,25

Esetünkben legyen a szivattyú hőszigetelés nélküli. Ekkor:

Visszanyerhető:

$$Q_{H,dis,aux,rbl} = f_{rbl,dis} \cdot W_{H,dis,aux,an} = 0,25 \cdot 84,45 = 21,1 \text{ kWh}$$

Visszanyert energia (a közegnek):

$$Q_{H,dis,aux,rnd} = (1 - f_{rbl,dis}) \cdot W_{H,dis,aux,an} = 0,75 \cdot 84,45 = 63,34 \text{ kWh}$$

27.2.2 Hűtés

A nyári hőterhelés: 10 kW

Az épület méretei, a számított csőhosszak, vonalmenti hőátbocsátási tényezők és az összefüggések a fűtési esettel megegyezők (ld. 27.2.1 pontban).

A számításhoz szükséges további bemenő adatok hűtés esetén:

4.33. táblázat Bemenő adatok hűtés esetén

Név	Jelölés	érték	mértékegység
A hűtési kör előremenő hőmérséklete	$\vartheta_{C, in}$	7	°C
A hűtési kör visszatérő hőmérséklete	$\vartheta_{C, out}$	12	°C
A környezeti hőmérséklet a vizsgált zónában a vizsgálati idő függvényében	$\vartheta_{C, amb, j}$	20	°C
Vizsgálati idő	t_{ci}	3672	h (hűtési szezon)
Hűtés üzemideje a vizsgálati idő alatt?	$t_{C, op}$	1836	h (feltételezés)
Az elosztó rendszer működési ideje	$t_{C, op, an}$	3672	h (hűtési szezon)

Hővesztesség számítás:

Az átlag vízhőmérséklet:

$$\vartheta_{C,mean} = \frac{\vartheta_{C,in} + \vartheta_{C,out}}{2} = \frac{7^{\circ}C + 12^{\circ}C}{2} = 9,5^{\circ}C$$

A rendszer hővesztesége működési idő /hűtési szezon alatt:

$$\begin{aligned} Q_{C,dis,ls} &= \frac{1}{1000} \sum_0^{t_{C,op}} \sum_j \Psi_j \cdot (\vartheta_{C,mean} - \vartheta_{C,amb,j}) \cdot (L + L_{equi}) \cdot t_{ci} = \\ &= \frac{1}{1000} \cdot \Psi_3 \cdot (\vartheta_{C,mean} - \vartheta_{C,amb,3}) \cdot L_3 \cdot t_{C,op} + \frac{1}{1000} \cdot \Psi_2 \\ &\cdot (\vartheta_{C,mean} - \vartheta_{C,amb,2}) \cdot L_2 \cdot t_{C,op} + \frac{1}{1000} \cdot \Psi_1 \cdot (\vartheta_{C,mean} - \vartheta_{C,amb,1}) \cdot L_1 \\ &\cdot t_{C,op} \\ &= \frac{1}{1000} \cdot 0,2 \cdot (9,5 - 20) \cdot 52,5 \cdot 1836 + \frac{1}{1000} \cdot 0,3 \cdot (9,5 - 20) \cdot 45 \cdot 1836 \\ &+ \frac{1}{1000} \cdot 0,3 \cdot (9,5 - 20) \cdot 330 \cdot 1836 = -202 - 260 - 1909 \\ &= -2371 \text{ kWh} \end{aligned}$$

A hűtött alapterületre vetítve (600 m²) a hőveszteség fajlagos értéke: -3,95 kWh/m²

A segédenergiaigény számítása:

A hasznos teljesítmény:

$$P_{C,hydr,des} = \frac{\Delta p_{C,des} \cdot \dot{V}_{C,des}}{3600} (kW)$$

ahol,

$\Delta p_{C,des}$ – a kör (csőhálózat) nyomáskülönbsége a méretezési pontban (kPa)

$\dot{V}_{C,des}$ – térfogatáram a méretezési pontban (m³/h)

A nyomáskülönbség a körön a következők szerint számítható:

$$\Delta p_{H,des} = (1 + f_{comp}) \cdot R_{C,max} \cdot L_{max} + \Delta p_{C,add}$$

ahol,

f_{comp} – az elemek ellenállás aránya a körben (ld. MSZ EN 15316-3, B melléklet) (-)

$R_{C,max}$ – méterenkénti nyomásveszteség (kPa/m)

L_{max} – a kör maximális hossza (m)

$\Delta p_{C,add}$ – további ellenállások nyomásvesztesége a kör elején és végén. (Itt =0)

Az MSZ EN 15316-3 B mellékletéből (a számításnál a kiemelt értékeket vettük figyelembe):

Általános hálózatoknál: **$f_{comp}=0,3$**

Sok irányváltást tartalmazó hálózathál: $f_{comp}=0,4$

$R_{C,max}$ értéke általános hálózatokra **0,1 kPa/m**, és 0,2 kPa/m épületek között távfűtési hálózatra.

Tehát

$$\Delta p_{C,des} = (1 + f_{comp}) \cdot R_{C,max} \cdot L_{max} = (1 + 0,3) \cdot 0,1 \cdot 88 = 11,44 \text{ kPa}$$

$$\dot{V}_{C,des} = \frac{\Phi_{C,em,out}}{c_W \cdot \rho_W \cdot \Delta \theta_{dis,des}} = \frac{10000}{1,163 \cdot 990 \cdot (12 - 7)} = 1,74 \text{ m}^3/h$$

Ebből:

$$P_{C,hydr,des} = \frac{\Delta p_{H,des} \cdot \dot{V}_{H,des}}{3600} = \frac{11,44 \cdot 1,74}{3600} = 0,0055 \text{ kW}$$

A hidraulikai energiaigény:

$$W_{C,dis,hydr,an} = P_{C,hydr,des} \cdot \beta_{C,dis} \cdot t_{C,op,an} \cdot f_{C,corr}$$

ahol,

$P_{C,hydr,des}$ – nyomáskülönbség a körön (kPa)

$\beta_{C,dis}$ – az elosztórendszer részterhelése (-)

$t_{C,op,an}$ – az elosztórendszer működési ideje (h)

$f_{C,corr}$ – az elosztórendszer korrekciós tényezője különleges tervezési állapotok esetén (ld. MSZ EN 15316-3, B melléklet)

$$\beta_{C,dis} = \frac{\dot{V}_{C,dis}}{\dot{V}_{C,des}} = \frac{1,3}{1,74} = 0,75 \text{ (részterhelésen, 7,5kW hőterhelés esetén)}$$

$t_{C,op,an}$ 5 hónapos hűtési szezonnal 3672 hűtési napot jelent.

$f_{C,corr}$ -t a hidraulikai szabályozás függvénye. Ha van akkor értéke **1**, ha nincs akkor **1,15**.

Ezek alapján a hűtési elosztórendszer hidraulikai energiaigénye:

$$W_{C,dis,hydr,an} = P_{C,hydr,des} \cdot \beta_{C,dis} \cdot t_{C,op,an} \cdot f_{C,corr} = 0,0055 \cdot 0,75 \cdot 3672 \cdot 1 = 15,15 \text{ kWh}$$

A segédenergia igény:

$$W_{C,dis,aux,an} = W_{C,dis,hydr,an} \cdot \varepsilon_{C,dis}$$

ahol,

$\varepsilon_{C,dis}$ – a szivattyú energiafelhasználási tényezője (-)

$$\varepsilon_{C,dis} = f_{C,e} \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{C,dis}^{-1}) \cdot \frac{EEI}{0,25}$$

ahol,

$f_{C,e}$ – hatékonysági tényező (-)

C_{P1} – a szivattyú szabályozásához kapcsolódó konstans (MSZ EN 15316-3, B melléklet)

C_{P2} – a szivattyú szabályozásához kapcsolódó konstans (MSZ EN 15316-3, B melléklet)

EEI – szivattyú energiahatékonysági index

Általánosan

$$f_{C,e} = \frac{P_{C,ref}}{P_{C,hydr,des}}$$

Ha a szivattyú hidraulikai teljesítménye $0,001 < P_{H,hydr,des} < 2,5$ kW közé esik, akkor a referencia teljesítmény a 622/2012 EU-s rendelet értelmében a következők szerint számítható:

$$P_{C,ref} = (1,7 \cdot P_{C,hydr,des} + 17 \cdot (1 - e^{-0,3 \cdot P_{C,hydr,des}})) \cdot 10^{-3}$$

A többi szivattyú esetében:

$$f_{C,e} = \left(1,25 + \left(\frac{0,2}{P_{C,hydr,des}} \right)^{0,5} \right) \cdot b$$

Ahol b szivattyú tervezési tényező (szabvány szerint értéke 1, ha munkapontra kiválasztott, vagy 2, ha tervezettől eltérő munkapontra kiválasztott).

Az első összefüggést felhasználva:

$$P_{C,ref} = (1,7 \cdot P_{C,hydr,des} + 17 \cdot (1 - e^{-0,3 \cdot P_{C,hydr,des}})) \cdot 10^{-3} = (1,7 \cdot 5,5 + 17 \cdot (1 - e^{-0,3 \cdot 5,5})) \cdot 10^{-3} = 0,0231 \text{ kW}$$

Ebből,

$$f_{C,e} = \frac{P_{C,ref}}{P_{C,hydr,des}} = \frac{0,0231}{0,0055} = 4,2$$

C_{P1} és C_{P2} az MSZ EN 15316-3 szabvány B melléklete alapján:

4.34. táblázat C_{P1} és C_{P2} konstansok értékei (Forrás: MSZ EN 15316-3)

Szivattyú szabályozás (HEAT_DISTR_CTRL_PMP)	C_{P1}	C_{P2}
0=nem szabályozott	0,25	0,75
3=állandó nyomáskülönbségre	0,75	0,25
4=változó nyomáskülönbségre	0,9	0,1

EEI értéke a 622/2012 EU rendelet alapján 0,23.

Ezek alapján:

$$\varepsilon_{C,dis} = f_{C,e} \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{C,dis}^{-1}) \cdot \frac{EEI}{0,25} = 4,2 \cdot (0,9 + 0,1 \cdot 1,33) \cdot \frac{0,23}{0,25} = 3,99$$

Ebből a segédenergia igény:

$$W_{C,dis,aux,an} = W_{C,dis,hydr,an} \cdot \varepsilon_{C,dis} = 15,15 \cdot 3,99 = 60,45 \text{ kWh}$$

Visszanyerhető és visszanyert energia:

Arányukat a szivattyú szigetelt mivolta határozza meg.

Az MSZ EN 15316-3 B melléklete szerint:

4. 35. táblázat $f_{rbl,dis}$ lehetséges értékei

Visszanyerhető segédenergia	$f_{rbl,dis}$
Hőszigetelt szivattyú	0,1
Hőszigetelés nélküli szivattyú	0,25

Esetünkben legyen a szivattyú hőszigetelés nélküli. Ekkor:

Visszanyerhető:

$$Q_{C,dis,aux,rbl} = -f_{rbl,dis} \cdot W_{C,dis,aux,an} = -0,25 \cdot 60,45 = -15,11 \text{ kWh}$$

Visszanyert energia (a közegnek):

$$Q_{C,dis,aux,rvd} = -(1 - f_{rbl,dis}) \cdot W_{C,dis,aux,an} = -0,75 \cdot 60,45 = -45,34 \text{ kWh}$$

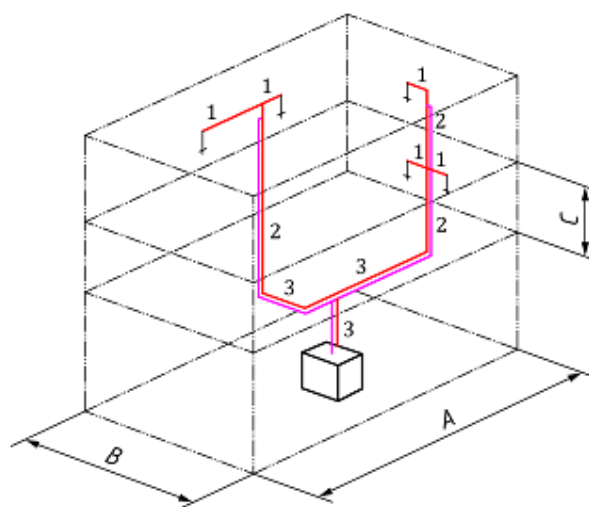
27.2.3 Használati melegvíz

Az épület méretei (a csőhossz becsléséhez lesz szükséges)

4.36. táblázat A mintaépület befoglaló méretei

	Jel	Érték
Az épület hossza	LL	20 m
Az épület szélessége	LW	10 m
Belmagasság	Hfl	3 m
Szintek száma	Nlev	3

Téglalap alapterületű épület esetén a szabvány segítségével kiszámítható a csővezeték szakaszok feltételezett hossza a következők szerint:



27.12. ábra. A szabvány által rögzített szakaszok, hosszak magyarázata (Forrás: MSZ EN 15316-3)

ahol,

A – LL (az épület hossza); B – LW (az épület szélessége); C – Hfl (a belmagasság)

1-es szakasz – csatlakozó (szinti) vezetékek

2-es szakasz – felszállók

3-as szakasz – alapvezeték

Az egyes szakaszokban a csővezeték hosszát a következő táblázatban megadott összefüggésekkel lehet meghatározni a szabvány szerint:

4.37. táblázat Az elosztó hálózat hosszának becsléséhez alkalmazható összefüggések (Forrás: MSZ EN 15316-3)

Paraméterek	Jelölés	Mért.egys.	3. szakasz	2. szakasz	1. szakasz
Környezeti hőmérséklet a fűtési szezonon kívül	$\Theta_{ah,W}$	°C	22°C		
Környezeti hőmérséklet	$\Theta_{ah,W}$	°C	Fűtetlen térben 13°C, fűtött térben 20°C	20°C a fűtött térben	
A cirkulációs vezeték hossza	L	m	$2 \cdot L_L + 0,0125 \cdot L_L \cdot L_W$	$0,075 \cdot L_L \cdot L_W \cdot H_{fl} \cdot N_{lev}$	
Az alapvezeték hossza	L	m	$L_L + 0,0625 \cdot L_L \cdot L_W$	$0,038 \cdot L_L \cdot L_W \cdot H_{fl} \cdot N_{lev}$	
Egyéni ágvezetékek hossza, ha a szomszédos helyiségek közös falán helyezkednek el a csővezetékek	L	m	-	-	$0,05 \cdot L_L \cdot L_W \cdot N_{lev}$
Egyéni ágvezeték hossza minden egyéb esetre	L	m	-	-	$0,075 \cdot L_L \cdot L_W \cdot N_{lev}$

Emellett L_{max} csővezeték hossz a kazántól vagy melegvíz tárolótól a legtávolabbi csapolóig a következők szerint határozható meg:

$$L_{max} = 2 \cdot L_L + 2,5 + N_{lev} \cdot H_{fl} = 2 \cdot 20 + 2,5 + 3 \cdot 3 = 51,5 \text{ m}$$

Az adott mintaépületnél az összes alapvezeték hossza (3-as szakasz):

$$L_3 = L_L + 0,0625 \cdot L_L \cdot L_W = 20 + 0,0625 \cdot 20 \cdot 10 = 32,5 \text{ m}$$

Az összes cirkulációs vezeték hossza a 3-as szakasznál:

$$L_{3,circ} = 2 \cdot L_L + 0,0125 \cdot L_L \cdot L_W = 2 \cdot 20 + 0,0125 \cdot 20 \cdot 10 = 42,5 \text{ m}$$

Az adott mintaépületnél az összes felszállóvezeték hossza (2-es szakasz):

$$L_2 = 0,038 \cdot L_L \cdot L_W \cdot H_{fl} \cdot N_{lev} = 0,038 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 3 = 68,4 \text{ m}$$

Az összes cirkulációs vezeték hossza a 2-es szakasznál:

$$L_{2,circ} = 0,075 \cdot L_L \cdot L_W \cdot H_{fl} \cdot N_{lev} = 0,075 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 3 = 135 \text{ m}$$

Egyéni ágvezeték hossza, egyéb esetre vonatkozóan (1-es szakasz):

$$L_1 = 0,075 \cdot L_L \cdot L_W \cdot N_{lev} = 0,075 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 3 = 45 \text{ m}$$

A csővezetékek vonalmenti hőátbocsátási tényezőjének meghatározásához a szabvány B melléklete javasol értékeket. Ezek a következők:

4.38. táblázat Vonalmenti hőátbocsátási tényezők jellemző értékei új és meglévő épületek esetében (Forrás: MSZ EN 15316-3)

Az épület kora/osztálya	Ψ (W/mK)		
	3-as szakasz (alapvezeték)	2-es szakasz (felszálló)	1-es szakasz (csatlakozó vezetékek)
1995-től, feltételezve, hogy a hőszigetelés vastagság a csövön a csőátmérővel egyező	0,2	0,3	0,3
1980-1995 közötti épületek, feltételezve, hogy a hőszigetelés vastagsága a csőátmérő fele	0,3	0,4	0,4
-1980-ig	0,4	0,4	0,4
Szigeteletlen csővezeték szabadon vezetve			
$A \leq 200 \text{ m}^2$	1	1	1
$200 \text{ m}^2 < A \leq 500 \text{ m}^2$	2	2	2
$A > 500 \text{ m}^2$	3	3	3
Szigeteletlen csővezeték külső falban vezetve		teljes/hasznosítható	
Szigeteletlen külső fal		1,35 / 0,8	
Szigetelt külső fal		1 / 0,9	
Szigeteletlen de kis U-értékű külső fal ($U=0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$)		0,75 / 0,55	

A táblázatból a mintapéldához a kiemelt esetet vesszük figyelembe.

A számításhoz szükséges bemenő adatok HMV esetén:

4.39. táblázat Bemenő adatok használati melegvíz esetén

Név	Jelölés	érték	mértékegység
A HMV hőmérséklete	ϑ_w	55	°C
Hőmérséklet különbség a HMV csapolási hőmérséklete és cirkulációs hurok visszatérő hőmérséklete között	$\Delta\vartheta_w$	5	°C
A környezeti hőmérséklet a vizsgált zónában a vizsgálati idő függvényében	$\vartheta_{w, amb, j}$	20	°C
Vizsgálati idő	t_{ci}	8760	h
Üzemidő a vizsgálati idő alatt	$t_{w, op}$	8760	h
Az elosztó rendszer működési ideje	$t_{w, op, an}$	8760	h

Hővesztesség számítás

Az átlag vízhőmérséklet:

$$\vartheta_{H,mean} = \vartheta_W - \frac{\Delta\vartheta_W}{2} = 55 - \frac{5}{2} = 52,5^\circ\text{C}$$

A rendszer hővesztése a feltételezett működési idő alatt:

$$\begin{aligned} Q_{W,dis,ls} &= \frac{1}{1000} \sum_0^{t_{W,op}} \sum_j \Psi_j \cdot (\vartheta_{W,mean} - \vartheta_{W,amb,j}) \cdot (L + L_{equi}) \cdot t_{ci} = \\ &= \frac{1}{1000} \cdot \Psi_3 (\vartheta_{W,mean} - \vartheta_{W,amb,3}) \cdot L_3 \cdot t_{W,op} + \frac{1}{1000} \\ &\cdot \Psi_2 (\vartheta_{W,mean} - \vartheta_{W,amb,2}) \cdot L_2 \cdot t_{W,op} + \frac{1}{1000} \cdot \Psi_1 (\vartheta_{W,mean} - \vartheta_{W,amb,1}) \cdot L_1 \\ &\cdot t_{W,op} \\ &= \frac{1}{1000} \cdot 0,2 \cdot (52,5 - 20) \cdot (32,5 + 42,5) \cdot 8760 + \frac{1}{1000} \cdot 0,3 \cdot (52,5 - 20) \\ &\cdot (68,4 + 135) \cdot 8760 + \frac{1}{1000} \cdot 0,3 \cdot (52,5 - 20) \cdot 45 \cdot 8760 \\ &= 4271 + 17372 + 3844 = 25487 \text{ kWh} \end{aligned}$$

További hővesztesség a csapoló felé eső elosztóhálózaton (cirkuláció nélküli szakaszon) a csapolás ideje alatt a következők szerint számítható:

$$Q_{W,dis,ls,stub} = \dot{m}_{W,dis,stub} \cdot c_W \cdot (\vartheta_W - \vartheta_{W,amb,j}) \cdot t_{ci} = 9,33 \cdot 1,163 \cdot (55 - 20) \cdot 1 = 380 \text{ kWh}$$

ahol

c_W – a víz fajhője (kWh/kgK)

$\dot{m}_{W,dis,stub}$ – a csapoló felé eső ágvezeték (cirkuláció nélküli) rendszerben a melegvíz tömegárama időegységre (egy óra)

A tömegáram a következő összefüggéssel számítható:

$$\dot{m}_{W,dis,stub} = \sum_j V_{stub,j} \cdot \rho_W \cdot n_{tap,j} = 0,0094 \cdot 990 \cdot 1 = 9,33 \text{ kg/h}$$

ahol,

$V_{stub,j}$ – a csövek térfogata az ágvezetéki (cirkuláció nélküli) rendszerben zónánként (m^3)

ρ_W – a víz sűrűsége (kg/m^3)

$n_{tap,j}$ – csapolások száma zónánként, időegységre (1/h)

$$V_{stub,j} = d_i^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot L_A = 0,0094 \text{ m}^3$$

Ahol

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$L_A = 0,05 \cdot L_L \cdot L_W \cdot N_{lev} = 0,05 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 3 = 30 \text{ m}$$

Csapolás nélküli időszakban a hőveszteséget a cirkulációs hálózaton a következők szerint kell számítani:

$$Q_{W,dis,nom} = \frac{1}{1000} \sum_0^{t_{W,op}} \sum_j \Psi_j \cdot (\vartheta_{W,avg} - \vartheta_{W,amb,j}) \cdot (L + L_{equi}) \cdot t_{ci}$$

ahol

$\vartheta_{W,avg}$ – az átlagos melegvíz hőmérséklet a cirkulációs rendszerben csapolás nélküli időszakban

Az átlagos melegvíz hőmérsékletet a következők szerint kell meghatározni:

$$\vartheta_{W,avg} = \frac{\vartheta_{W,avg,begin} + \vartheta_{W,dis,atap}}{2} = \frac{55 + 45,8}{2} = 51,75^\circ\text{C}$$

ahol,

$\vartheta_{W,dis,atap}$ – a melegvíz hőmérséklete egy csapolás után, működés nélküli időszakban

$\vartheta_{W,avg,begin}$ – vegyük a névleges HMV hőmérsékletet kezdeti hőmérsékletnek

A melegvíz hőmérséklete egy csapolás után, működés nélküli időszakban meghatározható a következő összefüggéssel:

$$\vartheta_{W,dis,atap,j} = \vartheta_{W,ah,j} + (\vartheta_{W,avg,begin} - \vartheta_{W,amb,j}) \cdot e^{-C_i} = 20 + (55 - 20) \cdot e^{-0,305} = 45,8^\circ\text{C}$$

ahol,

C_i – az i-edik csőszakasz kitevője (-) ld. következő összefüggést

$$C_i = \frac{q_i \cdot L_A}{c_W \cdot \rho_W \cdot V_i + c_p \cdot m_{p,i}} \cdot \frac{t_{atap}}{(\vartheta_W - \vartheta_{W,amb,i})} = \frac{7 \cdot 30}{1,163 \cdot 990 \cdot 0,0094 + 0,106 \cdot 83,7} \cdot \frac{1}{(55 - 20)} = 0,305$$

ahol,

V – a csövek térfogata az i-edik szakaszban (m^3) – ld. feljebb: $0,0094 \text{ m}^3$

c_p – a cső fajhője (kg/m^3) – rezet feltételezve : $0,106 \text{ kWh/kgK}$

m_p – a csövek tömege az i-edik szakaszban (kg): Sűrűség és térfogat alapján: $m_p = \rho_p \cdot V = 8900 \cdot 0,0094 = 83,7 \text{ kg}$

t_{atap} – csapolás utáni idő a következő csapolásig (1h)

q_i – fajlagos hőáram (W/m):

$$q_i = \Psi_i \cdot (\vartheta_W - \vartheta_{W,amb,j}) = 0,2 \cdot (55 - 20) = 7 \text{ W/m}$$

Tehát

$$\begin{aligned} Q_{W,dis,nom} &= \frac{1}{1000} \sum_0^{t_{W,op}} \sum_j \Psi_j \cdot (\vartheta_{W,avg} - \vartheta_{W,amb,j}) \cdot (L + L_{equi}) \cdot t_{ci} = \frac{1}{1000} \\ &\quad \cdot \Psi_3 (\vartheta_{W,avg} - \vartheta_{W,amb,3}) \cdot L_3 \cdot t_{W,op} + \frac{1}{1000} \cdot \Psi_2 (\vartheta_{W,avg} - \vartheta_{W,amb,2}) \cdot L_2 \\ &\quad \cdot t_{W,op} \\ &= \frac{1}{1000} \cdot 0,2 \cdot (51,75 - 20) \cdot (32,5 + 42,5) \cdot 8760 + \frac{1}{1000} \cdot 0,3 \\ &\quad \cdot (51,75 - 20) \cdot (68,4 + 135) \cdot 8760 = 4172 + 11314 = 15486 \text{ kWh} \end{aligned}$$

A HMV hálózat teljes hővesztesége a következők szerint számítható:

$$Q_{W,dis,ls,total} = Q_{W,dis,ls} + Q_{W,dis,nom} + Q_{W,dis,stub} = 26406 + 380 + 15486 = 42272 \text{ kWh}$$

A HMV hálózat teljes hővesztesége fajlagosan (az alapterület 600 m²): 70,5 kWh/m²

Visszanyerhető energia

A visszanyerhető energia a következők szerint számítható:

$$\begin{aligned} f_{W,dis,rbl} &= \frac{Q_{W,dis,ls,conditionedspace}(fűtött)}{Q_{W,dis,ls,total}} = \frac{42272}{42272} = 1 \\ Q_{W,dis,rbl} &= f_{W,dis,rbl} \cdot Q_{W,dis,ls,total} = 1 \cdot 42272 = 42272 \text{ kWh} \end{aligned}$$

A segédenergiaigény számítása:

A hasznos teljesítmény:

$$P_{W,hydr,des} = \frac{\Delta p_{W,des} \cdot \dot{V}_{W,des}}{3600} \quad (kW)$$

Ahol,

$\Delta p_{W,des}$ – a kör (csőhálózat) nyomáskülönbsége a méretezési pontban (kPa)

$\dot{V}_{W,des}$ – térfogatáram a méretezési pontban (m³/h)

A nyomáskülönbség a körön a következők szerint számítható:

$$\Delta p_{W,des} = (1 + f_{comp}) \cdot R_{W,max} \cdot L_{max} + \Delta p_{W,add}$$

Ahol,

f_{comp} – az elemek ellenállás aránya a körben (ld. MSZ EN 15316-3, B melléklet) (-)

$R_{W,max}$ – méterenkénti nyomásveszteség (kPa/m)

L_{max} – a kör maximális hossza (m)

$\Delta p_{W,add}$ – további ellenállások nyomásvesztesége

Az MSZ EN 15316-3 B mellékletéből (a számításnál a kiemelt értékeket vettük figyelembe):

Általános hálózatoknál: $f_{comp}=0,3$

Sok irányváltást tartalmazó hálózatnál: $f_{comp}=0,4$

$R_{W,max}$ értéke általános hálózatokra **0,1 kPa/m**, és 0,2 kPa/m épületek között távfűtési hálózatra.

Táblázat a további ellenállások értékére:

4.40. táblázat Segédlet további ellenállások meghatározásához (Forrás: MSZ EN 15316-3)

Az ellenállás típusa		Δp_{add} (kPa)
A hőleadó típusa		
Radiátor		2
Padlófűtési rendszer		4,5
Hőmennyiség mérő		10
A hőtermelő típusa		
Hőtermelő víztartalma > 0,15 l/kW		1
Hőtermelő víztartalma ≤ 0,15 l/kW	$\Phi_{W,out,max} < 35kW$	$20 \cdot (\dot{V}_{des})^2$
	$\Phi_{W,out,max} \geq 35kW$	80

Tehát

$$\Delta p_{W,des} = (1 + f_{comp}) \cdot R_{W,max} \cdot L_{max} + \Delta p_{W,add} = (1 + 0,3) \cdot 0,1 \cdot 51,5 + 0 = 6,695 \text{ kPa}$$

A térfogatáramot a csapolás nélküli időszakban kialakuló cirkulációs veszteség ($Q_{W,dis,nom}$) alapján lehet számolni.

$$\Phi_{W,em,out} = Q_{W,dis,nom}/8760 = 15486kWh/8760h = 1,768kW$$

$$\dot{V}_{W,des} = \frac{\Phi_{W,em,out}}{c_W \cdot \rho_W \cdot \Delta \vartheta_W} = \frac{1768}{1,163 \cdot 990 \cdot 5} = 0,31 \text{ m}^3/h$$

Ebből:

$$P_{W,hydr,des} = \frac{\Delta p_{W,des} \cdot \dot{V}_{W,des}}{3600} = \frac{6,698 \cdot 0,31}{3600} = 0,00058kW$$

A hidraulikai energiaigény:

$$W_{W,dis,hydr,an} = P_{W,hydr,des} \cdot \beta_{W,dis} \cdot t_{W,op,an} \cdot f_{W,corr}$$

ahol,

$P_{W,hydr,des}$ – nyomáskülönbség a körön (kPa)

$\beta_{W,dis}$ – az elosztórendszer részterhelése (-)

$t_{W,op,an}$ – az elosztórendszer működési ideje (h)

$f_{W,corr}$ – az elosztórendszer korrekciós tényezője különleges tervezési állapotok esetén (ld. MSZ EN 15316-3, B melléklet)

$$\beta_{W,dis} = \frac{\dot{V}_{W,dis}}{\dot{V}_{W,des}} = \frac{0,31}{0,31} = 1$$

$t_{W,op,an}$ működési idő évente, HMV esetében 8760 h

$f_{W,corr}$ -t a hidraulikai beszabályozás függvénye. Ha van akkor értéke 1, ha nincs akkor 1,15.

Ezek alapján a fűtési elosztórendszer hidraulikai energiaigénye:

$$W_{W,dis,hydr,an} = P_{W,hydr,des} \cdot \beta_{W,dis} \cdot t_{W,op,an} \cdot f_{W,corr} = 0,00058 \cdot 1 \cdot 8760 \cdot 1 = 5,1 kWh$$

A segédenergia igény:

$$W_{W,dis,aux,an} = W_{W,dis,hydr,an} \cdot \varepsilon_{W,dis}$$

ahol,

$\varepsilon_{W,dis}$ – a szivattyú energiafelhasználási tényezője (-)

$$\varepsilon_{W,dis} = f_{W,e} \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{W,dis}^{-1}) \cdot \frac{EEI}{0,25}$$

ahol,

$f_{W,e}$ – hatékonysági tényező (-)

C_{P1} – a szivattyú szabályozásához kapcsolódó konstans (Szabv. B melléklet)

C_{P2} – a szivattyú szabályozásához kapcsolódó konstans (Szabv. B melléklet)

EEI – szivattyú energiahatékonysági index

A hatékonysági tényezőt a következők szerint kell számítani:

$$f_{W,e} = \left(1,25 + \left(\frac{0,2}{P_{W,hydr,des}} \right)^{0,5} \right) \cdot b = \left(1,25 + \left(\frac{0,2}{0,00058} \right)^{0,5} \right) \cdot 1 = 19,81$$

Ahol b szivattyú tervezési tényező (szabvány szerint értéke **1**, ha munkapontra kiválasztott, vagy 2, ha tervezettől eltérő munkapontra kiválasztott. Esetünkben legyen munkapontra kiválasztott.

C_{P1} és C_{P2} a szabvány B melléklete alapján:

4.41. táblázat C_{P1} és C_{P2} konstansok értékei (Forrás: MSZ EN 15316-3)

Szivattyú szabályozás (HEAT_DISTR_CTRL_PMP)	C_{P1}	C_{P2}
0=nem szabályozott	0,25	0,75

3=állandó nyomáskülönbségre	0,75	0,25
4=változó nyomáskülönbségre	0,9	0,1

EEI értéke a HMV cirkulációs szivattyú esetén 0,25.

Ezek alapján:

$$\varepsilon_{W,dis} = f_{W,e} \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{W,dis}^{-1}) \cdot \frac{EEI}{0,25} = 19,81 \cdot (0,9 + 0,1 \cdot 1) \cdot \frac{0,25}{0,25} = 19,81$$

Ebből a segédenergia igény:

$$W_{W,dis,aux,an} = W_{W,dis,hydr,an} \cdot \varepsilon_{W,dis} = 5,1 \cdot 19,81 = 101 \text{ kWh}$$

Visszanyerhető és visszanyert segédenergia:

Arányukat a szivattyú szigetelt mivolta határozza meg.

Az MSZ EN 15316-3 B melléklete szerint:

4.42. táblázat $f_{rbl,dis}$ lehetséges értékei

Visszanyerhető segédenergia	$f_{rbl,dis}$
Hőszigetelt szivattyú	0,1
Hőszigetelés nélküli szivattyú	0,25

Esetünkben legyen a szivattyú hőszigetelés nélküli. Ekkor:

Visszanyerhető:

$$Q_{W,dis,aux,rbl} = f_{rbl,dis} \cdot W_{W,dis,aux,an} = 0,25 \cdot 101 = 25,25 \text{ kWh}$$

Visszanyert segédenergia:

$$Q_{W,dis,aux,rnd} = (1 - f_{rbl,dis}) \cdot W_{W,dis,aux,an} = 0,75 \cdot 101 = 75,75 \text{ kWh}$$

27.3 Költségoptimum számítása

Egy lakóépület fűtött, hasznos alapterülete 150m². Az épület földszintes, szélnek kitett, téglalapú, nincs alapincézve. Az épület fajlagos primer energiafogyasztása 437,34 kWh/m²év. A jelentős felújítás esetén a pénzügyi szemléletű költségoptimum meghatározása a feladat, 3%-os diszkontráta figyelembevételével. A felújítás során vizsgáljuk az épületszerkezetek megfelelését, valamint új gépészeti rendszerek és megújulóenergia felhasználás lehetőségét. **A feladat 2020-as árszintre, gazdasági környezetre és lakosság tarifákra épül, ezért csak a számítás elvének bemutatására szolgál.**

További adatok a meglévő állapotra:

V: 402,1m³

Az épület hőtároló képesség szerinti besorolása: nehéz épület.

Külső fal: 126,8m² hőszigetetlen, U=1,26W/m²K

Zárt, fűtetlen pincével határos födém: 12,8m², U=2,03W/m²K

Padlástérrel határos födém: 105,2m², U=1,16W/m²K

Pincefödém, szerkezeten belüli hőszigeteléssel: 22,6m², U=3,2W/m²K

Talajszint közelében fekvő padló: 68,2m², U=0,81W/m²K, talaj, homok, kavics

A nyílászárók, gyenge légzárású: vetemedett, több homlokzaton elhelyezkedő, tömítetlen nyílászárók, belső világos függönnyel, g_n= 0,77; F_ü=0,9. Az üvegezetlen nyílászárók összes mérete 4,5m², U értéke 4,6W/m²K.

27.24. táblázat Üvegezett nyílászárók paraméterei

Üvegezett nyílászárók tájolása	Bruttó felület [m ²]	Üvegfelület [m ²]	U _{nyílászáró} [W/(m ² K)]
ÉK, 90°	4,78	3,56	2,64
Ny, 90°	8,92	6,64	2,64
DNy, 90°	8,87	6,6	2,64
D, 90°	3,43	2,55	2,64

A gázkazános rendszer hőtermelőjének főbb paraméterei:

Állandó hőmérsékletű kazán fűtött téren belül elhelyezve.

Fűtési hőfoklépcső 70/55°C, a fűtési alapvezetékek a fűtött téren belül vannak elhelyezve, a szivattyú állandó fordulatszámú.

A hőleadók főbb paraméterei:

A gázkazán szabályozása referencia helyiségre történik PI hőmérséklet szabályozással.

A radiátorok a külső falnál kerültek elhelyezésre és a nincsenk termosztatikus szelepek.

A radiátorok száma több, mint 10, a nincs hidraulikai beszabályozás.

A melegvíz termelő rendszer:

A melegvizet csúcson kívüli árammal működő fűtött téren belül elhelyezett elektromos bojler, készíti, az alap elosztóvezetékek az épület alatti fűtött térben helyezkednek el. Az épületben nincsen kiépítve cirkulációs hálózat.

Az épület természetes szellőzésű.

27.3.1 A költségoptimális energetikai felújítás meghatározásának lépései

A költségoptimum az alábbi lépések szerint kerül meghatározása.

I, Jogszabályoknak megfelelő felújítási csomagok meghatározása.

II, A felújítási csomagokhoz tartozó primerenergia, valamint a leadott energia fogyasztások meghatározása. A helyben termelt megújuló energiát le kell vonni a primerenergia-szükségletből és a leadott energiából.

III, A nettó jelenértékben kifejezett globális költség kiszámítása.

IV, Költségoptimum meghatározása.

I. Felújítási csomagok meghatározása

A nulla változat kivételével a felújítási csomagok megfelelnek a költségoptimum szintnek.

0. felújítási változat: nincs felújítás, marad az eredeti állapot.

1. felújítási változat: nyílászáró csere, szerkezetek hőszigetelése, kondenzációs kazán, fűtés szabályozás és hővisszanyerős szellőzés beépítése.

2. felújítási változat: nyílászáró csere, szerkezetek hőszigetelése, kondenzációs kazán, fűtés szabályozás és hővisszanyerős szellőzés beépítése, 2,16kWp napelemes rendszer beépítése.

3. felújítási változat: nyílászáró csere, szerkezetek hőszigetelése, kondenzációs kazán és hővisszanyerős szellőzés beépítése.

4. felújítási változat: nyílászáró csere, szerkezetek hőszigetelése, kondenzációs kazán és hővisszanyerős szellőzés beépítése.

27.25. táblázat A felújítási változatok műszaki tartalma

Felújítási változat száma	Műszaki tartalom						
	nyílászárócsere költségoptimum szintre	szerkezetek hőszigetelése költségoptimum szintre	kombi kondenzációs kazán	faelgázosító kazán	hőszivattyús rendszer	hővisszanyerős szellőzés	napelemes rendszer
0							
1	x	x	x			x	
2	x	x	x			x	x
3	x	x		x		x	x
4	x	x			x	x	

II. A különböző felújítások után a primerenergia és a leadott energiafogyasztás az alábbiak szerint alakul.

27.26. táblázat Felújítási változatok fogyasztási értékei

Felújítási változat száma	fajlagos primerenergia fogyasztás (kWh/m ² év)	gázfogyasztás (kWh/év)	villamosenergia fogyasztás (kWh/év)	biomassza fogyasztás (kWh/év)	termelt villamosenergia (kWh/év)
0	437,34	53 464	5 086	0	0
1	81,66	11 181	475	0	0

2	44,97	11 181	475	0	2 203
3	75,53	0	5 436	5 834	2 203
4	40,58	0	2 437	0	0

III. A nettó jelenértékben kifejezett globális költség kiszámítása.

A globális költség a következő összefüggéssel számítható:

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \cdot R_d(i)) - V_{f,t}(j) \right]$$

Ahol,

$C_g(\tau)$ a számítási időszak alatti globális költség (a τ_0 kezdőévre vonatkozóan);

τ a számítási időszak hossza;

C_I a j intézkedés vagy intézkedéssorozat kezdeti beruházási költségei;

$C_{a,i}(j)$ a j intézkedés vagy intézkedéssorozat éves költsége az i. évben;

$V_{f,\tau}(j)$ a j intézkedés vagy intézkedéssorozat maradványértéke a számítási időszak végén (a τ_0 kezdőévre diszkontálva, azaz jelenértéken);

$R_d(i)$ az i évre vonatkozó diszkonttényező, amely az r diszkontrátán alapul és a következőképpen kell számítani:

$$R_d(p) = \left(\frac{1}{1 + r/100} \right)^p$$

Ahol,

p a kezdeti időszak óta eltelt évek száma

r a valós diszkontráta.

A mintapéldában a számítások során, a globális költség következő elemeivel számolunk:

- felújítás kezdeti beruházási költsége,
- működési 30év alatti cserék, pótlások költsége, valamint az éves karbantartási költségek kumulált értéke
- a kumulált leadott energiaköltség,

a költségeket a kezdőévre vonatkoztatott nettó jelenértéken kell figyelembe venni. A számítás során 3%-os diszkontrátát vettünk figyelembe.

a) kezdeti beruházási költség- C_I (Ft) - meghatározása

A homlokzatok, pincefödém, padlásfödém szigetelések összes költsége mind a négy változatban összesen 2 148 952Ft.

A nyílászárócseré szintén mindegyik változatban azonos, 3 924 076Ft.

A kondenzációs kazánnal és hővisszanyerős szellőzéssel felújított gépészeti rendszer kialakítása 1 820 000Ft.

A 2,16kWp napelemes rendszer megvalósítása 864 000Ft.

27.27. táblázat Felújítási változatok kezdeti beruházási költsége

Felújítási változat száma	Műszaki tartalom megvalósítás költsége							
	nyílászárócseré+ redőny(Ft) költségoptimum szintre $C_a(nyz)$	szerkezetek hőszigetelése(Ft) költségoptimum szintre $C_a(hőszig)$	kombi kondenzációs kazán(Ft) $C_a(kkaz)$	faelgázosító kazán+elektromos hősziv. bojler(Ft) $C_a(kfaelg)$	hőszivattyús rendszer+me- nnyezetfűtés $C_a(hősziv)$	hővisszanyerős szellőzés(Ft) $C_a(hővissz)$	napelemes rendszer(Ft) $C_a(PV)$	Kezdeti beruházási költség összesen $C_i(Ft)$
0	0	0	0	0	0	0	-	-
1	2 165 500	3 924 076	1 200 000		0	620 000		7 909 576
2	2 165 500	3 924 076	1 200 000		0	620 000	864 000	8 773 576
3	2 165 500	3 924 076		1 680 000	0	620 000	864 000	9 253 576
4	2 165 500	3 924 076			4 800 000	620 000		11 509 576

b) diszkontált csere és karbantartási költségek meghatározása, $C_a(cs, karb)(Ft)$

A mintapélda esetében az 1. felújítási változatban a gépészeti berendezések cseréjével számoltunk. A fűtési rendszer és tartozékainak cseréjével a 15. évben, a hővisszanyerős szellőzés cseréjével a 10. és a 20. évben számoltunk. A 30 év során évi 50 000Ft jelképes karbantartási költséggel számolunk. A diszkontráta 3%. A csereköltségek meghatározásához segítséget nyújt az MSZ EN 15459 szabvány, további adatok az élettartamról a termékek gyártóitól beszerezhető.

Az 1. felújítási változat kazáncsere diszkontált(jelenérték) költségeinek meghatározása:

$$C_{a,15}(kazcsere) = C_a(kazcsere) \cdot R_d(15),$$

$$C_{a,15}(kazcsere) = 500\,000\text{Ft} \cdot 0,6418$$

$$C_{a,15}(kazcsere) = 320\,931\text{Ft}$$

Ahol,

$C_{a,15}(kazcsere)$ - a kazáncsere intézkedés vagy intézkedéssorozat költsége 500 000Ft, valamint, $R_d(15)$, a 3%-os diszkontráta 15. évre számított értéke 0,6418

Az 1. felújítási változat hővisszanyerős szellőzés csere diszkontált költségeinek számítása, a berendezések árát a kezdőévvvel azonos mértékűnek vesszük.

$$C_{a,10}(hővissz) = C_a(kazcsere) \cdot R_d(10),$$

$$C_{a,10}(hővissz) = 620\,000\text{Ft} \cdot 0,7440$$

$$C_{a,10}(hővissz) = 461\,338\text{Ft}$$

valamint

$$C_{a,20}(hővissz) = C_a(hővissz) \cdot R_d(20),$$

$$C_{a,20}(kazcsere) = 620\,000\text{Ft} \cdot 0,5536$$

$$C_{a,20}(kazcsere) = 343\,279\text{Ft}$$

Ahol,

$C_a(hővissz)$ - a hővisszanyerős szellőzés csere intézkedés költsége 620 000Ft, valamint,

$R_d(10)$, a 3%-os diszkontráta 10. évre számított értéke 0,7440

$R_d(20)$, a 3%-os diszkontráta 20. évre számított értéke 0,5536

Az 1. felújítási változat karbantartás kumulált diszkontált költsége

$$C_{a,1-30}(karb) = C_a(karb) \cdot R_d(1-30),$$

$$C_{a,1-30}(karb) = 50\,000\text{Ft} \cdot 19,60$$

$$C_{a,1-30}(karb) = 980\,022\text{Ft}$$

Ahol,

$C_a(karb)$ - a karantartás éves költsége 50 000Ft, valamint,

$R_d(1-30)$, a 3%-os diszkontráta 30 éves kumulált összege 19,60

Az 1. felújítás változat csere és karbantartási diszkontált költségeinek összege:

$$\begin{aligned} C_a(cs,karb) &= C_{a,15}(kazcsere) + C_{a,10}(hővissz) + C_{a,20}(hővissz) + C_{a,1-30}(karb) = \\ &= 320\,931\text{Ft} + 461\,338\text{Ft} + 343\,279\text{Ft} + 980\,022\text{Ft} = 2\,105\,570\text{Ft} \end{aligned}$$

Mivel a berendezések élettartama a 30. évben lejár, maradványértékkel nem számolunk. Amennyiben a (csere)berendezések élettartama a 30. évnél magasabb, a globális költségből levonandó, az arányosított jelenértékre számított maradványérték.

A vizsgált változatok a fenti számítások alapján meghatározott csere és karbantartási költségeinek jelenértéke az alábbi táblázatban található.

27.28. táblázat Felújítási változatok csere és karbantartási költségeinek jelenértéke

Felújítási változat száma	Változatok csere és karbantartási költségeinek jelenértéke
0	0
1	2 105 570
2	2 664 071
3	3 888 000

4	4 240 944

c, energiaárak meghatározása, $C_{a,1-30}(ener)(Ft)$

A globális költség meghatározásában jelentős szerepe van a felújítási változatok energiaköltségének. Az energiaár prognózis sok esetben bizonytalan, az energiaár támogatások hossza nem ismert. Ezen feltételek mellett érdemes érzékenységi vizsgálatot készíteni az energiaár változásokkal kapcsolatban. Az érzékenységvizsgálat kiterjedhet az áremelkedés mértékére, valamint magára a kezdő energiaárra is.

Ugyanazon felújítási változat magasabb energiaár mellett jóval magasabb globális költséget eredményez. Igaz, hogy az energiaárak csökkentése jóval alacsonyabb globális költséget idéz elő, azonban energiamegtakarítást nem ér el.

A globális költségben szereplő energiaárakat az alábbi táblázat szerinti egységárakkal és energiaár emelkedéssel, valamint 3%-os diszkontrátával számoljuk.

27.29. táblázat Energiaárak és emelkedés scenáriók

	1. scenárió: energia egységár (Ft/kWh)	1. scenárió: energiaár emelkedés (%)	2. scenárió: energia egységár (Ft/kWh)	2. scenárió: energiaár emelkedés (%)
földgáz	7,78	1%	10,82	4%
elektromos áram	52,53	2,7%	39,9	5%
tűzifa	8,23	0%	11,03	5%
H-tarifás áram	23,73	1%	24,71	5%
távhő	6,7	1%	6,97	4%

Az 1. felújítási változat, 2. scenárió szerinti energia árait a következőképp számoljuk:

Éves inflálódó energia egységárak meghatározása 30 évre évenként, gáz egységáron modellezve

$$p_{gáz,n} = p_{gáz} \cdot \left(1 + \frac{i}{100}\right)^n$$

Ahol,

$p_{gáz}$ a földgáz jelenlegi egységára

i = az inflációs ráta

n = az évek száma

A diszkontált éves egységárak meghatározása

$$p_{gáz,n,NPV} = p_{gáz,n} \cdot \left(\frac{1}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)} \right)^n$$

Ahol,

$p_{gáz,n}$ a földgáz inflációval növelt egységára n. évben

r = a diszkont ráta

n= az évek száma

A kumulált diszkontált egységár a 30 éves diszkontált egységárak összege

$$C_{a,1-30}(ener) = \sum_1^n p_{gáz,n,NPV}$$

27.30. táblázat Az 1. számú felújítási változat 2. scenárió energiaár szerint számított kumulált, diszkontált költségei

Energiaár számítások	Földgáz	Elektromos áram
2. scenárió: energia egységár(Ft/kWh)	10,82	39,90
2. scenárió: energiaár emelkedés (%)	4%	5%
1. év egységár (Ft/kWh)	10,82	39,90
2. év egységár (Ft/kWh)	11,25	41,90
30. év egységár (Ft/kWh)	33,73	164,23
1. év diszkontált egységár (Ft/kWh)	10,50	38,74
2. év diszkontált egységár (Ft/kWh)	10,60	39,49
30. év diszkontált egységár (Ft/kWh)	13,90	67,66
30 év kumulált diszkontált ár (Ft/kWh)	363,67	1557,26
Energiafogyasztás (kWh/év)	11 180,87	475,48
Kumulált diszkontált energiafogyasztás költsége- $C_{a,1-30}(ener)$ (Ft)	4 066 189	740 452

A teljes globális költség meghatározása az 1.sz felújítási változat esetén

$$C_{g(t)} = C_I + C_a(cs,karb) + C_{a,1-30}(ener) =$$

$$= 7\,909\,576\text{Ft} + 2\,105\,570\text{Ft} + 4\,066\,189\text{Ft} + 740\,452\text{Ft} = 14\,821\,787\text{Ft}$$

A globális költség fajlagos értéke $14\,821\,787\text{Ft}/150\text{m}^2 = 98\,811,913\text{Ft/m}^2$

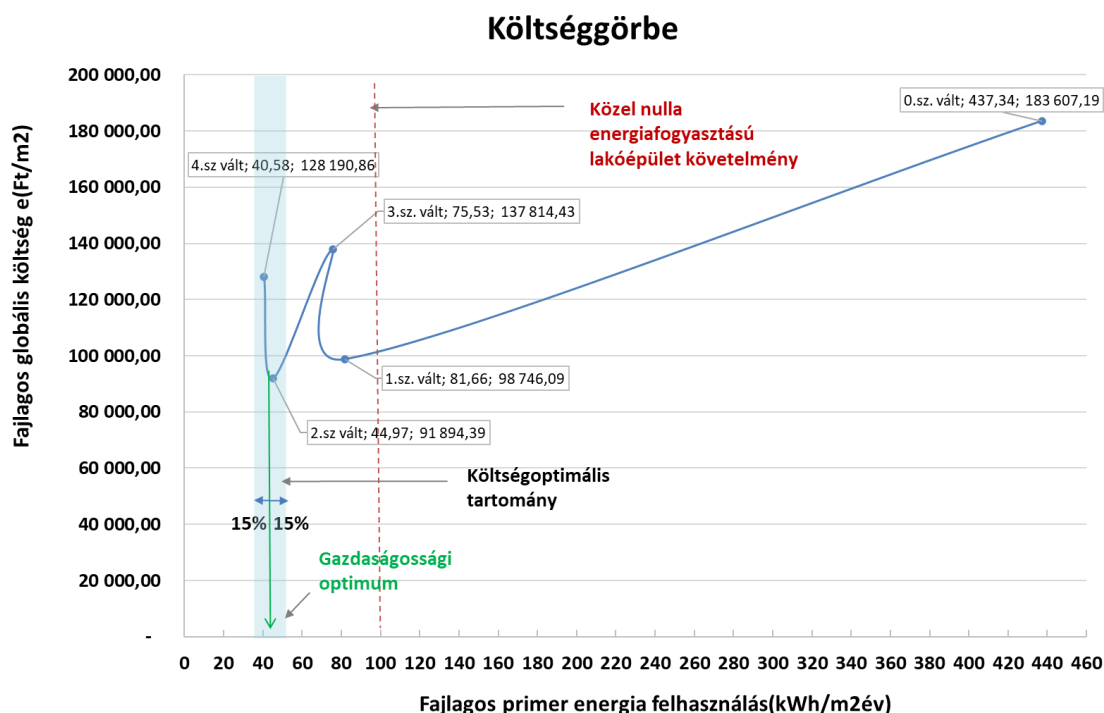
IV. Költségoptimum meghatározása.

A mintapéldában szereplő épület négy felújítási verzióját vizsgálva a fajlagos primer energia, valamint a fajlagos globális költség által meghatározott görbét keressük.

27.31. táblázat A felújítási változatok fajlagos primer energia és fajlagos globális költség értékei

Felújítási változat száma	Fajlagos primer energia fogyasztás(kWh/m ² év) E_p	Fajlagos globális költség (Ft/m ² év) pénzügyi szemlélet, 3% diszkontrára, energiaár2, $C_{g(t)}$
0	437,34	183 607
1	81,66	98 746
2	44,97	91 894
3	75,53	137 814
4	40,58	128 191

Az költséggörbe értékei nem alkotnak egységes görbét. Elmondható, hogy a 3.számú változat nem tartozik a görbéhez. A gazdasági optimum a 2. számú változat. Fajlagos primerenergia fogyasztása 44,97kWh/m²év. A költségoptimális tartomány a 38,22-58,46kWh/m²év értékek közé esik.



27.13. ábra: A vizsgált épület 0-4. felújítási változatok költséggörbéje

A költségoptimális tartományon belül, a tartomány bal oldalán, a 4. számú felújítási változat található, fajlagos primerenergia fogyasztása 40,58kWh/m²év. Azonban ennek a változatnak a

fajlagos globális költsége 128e Ft felett található, így jóval meghaladja a gazdasági optimum 91,8eFt értékét, ezért a költségoptimum a 4. számú változat, megegyezik a gazdasági optimummal.

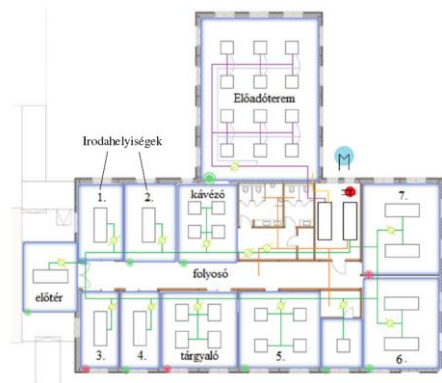
27.4 „Smart Readiness” indikátor, 1. esettanulmány

A vizsgált épület egy klimatechnikai berendezéseket gyártó és forgalmazó cég irodaépülete. Az iroda 2013-ban épült és két részből áll: egy tárgyalót és vizesblokkot tartalmazó fő folyosóból és egy 40 fő befogadóképességű előadóteremből.

Az épületben van mesterséges szellőzés, illetve egy olyan központi automatika hálózat, mely az összes épültgépészeti rendszert szabályozza. A fűtés földgáz alapú, a hűtési energiát egy, a gépház mellett található folyadékhűtő biztosítja. Az alábbi ábrák a vizsgált telephelyet, illetve az épület alaprajzát mutatják.



27.14. ábra: SRI1 - Telephely



27.15. ábra: SRI2 - Alaprajz

Fűtési rendszer

Az irodát radiátorok fűtik, a rendszer hőforrása egy kondenzációs gázkazán. A gázkazán teljesítmény-modulációs adottságai miatt a közeget nem kell tárolni. A fűtési közeggel kiszolgált helyiségek mindegyikében termosztát található, mely lehetővé teszi a mindenkori fűtési igények pontos követését és kiszolgálását. A fűtési közeg hőmérséklete a külső hőmérséklet figyelembevételével definiálható. A közeget keringtető szivattyúk változó térfogatáramúak.

Az alábbi ábrák a fűtési rendszer „Smart Readiness” által definiált pontszámait mutatják, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a fűtési rendszer alrendszerei találhatóak.

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
HŐLEADÁS SZABÁLYOZÁSA	3	0	2	3	0	1	0
FŰTŐKÖZEG HŐMÉRSÉKLET SZABÁLYOZÁSA	2	0	1	2	0	1	0
SZIVATTYÚSZABÁLYOZÁS	3	0	3	0	0	0	0
IDŐSZAKOS FŰTÉSSZABÁLYOZÁS	2	0	2	2	0	0	0

4.16. ábra: SRII – Fűtési rendszer 1

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
FELFŰTÉS	1	0	1	1	0	0	1
HŐFORRÁS SZABÁLYOZÁSA	1	0	1	0	0	0	0
FŰTÉSI RENDSZER SZABÁLYOZÁSA KÜLSŐ JELRE	0	0	0	0	0	0	0
ADATRÖGZÍTÉS ÉS MEGOSZTÁS	1	0	0	1	0	2	3

27.16. ábra: SRII - Fűtési rendszer 2

Hűtési rendszer

Az iroda hűtési energiáját egy 20 kW-os kompakt folyadékűtő biztosítja, a terek hőterhelését klímagerendák semlegesítik. A légkezelők 5/9 °C-os hűtési közeggel üzemelnek, míg a klímagerendák 16 °C-os előremenő közeggel működnek. A hűtési rendszerben két tároló van, egyik 5 °C-os, másik 16 °C-os vizet tárol.

Az alábbi ábrák a hűtési rendszer „Smart Readiness” által definiált pontszámait mutatják, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a hűtési rendszer alrendszerei találhatóak.

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
HŐLEADÁS SZABÁLYOZÁSA	3	0	2	3	0	1	0
HŰTŐKÖZEG HŐMÉRSÉKLET SZABÁLYOZÁSA	2	0	2	2	0	0	0
SZIVATTYÚSZABÁLYOZÁS	3	0	0	0	0	0	0
IDŐSZAKOS FÜTÉSSZABÁLYOZÁS	3	0	1	1	0	0	0

4.18. ábra: SR11 - Hűtési rendszer 1

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
EGYIDEJŰ FÜTÉSI ÉS HŰTÉSI ÜZEM MEGGÁTLÁSA	3	0	0	0	0	0	0
HŐTÁROLÁS	2	0	1	0	0	0	0
HŐFORRÁS	2	0	2	0	0	0	0
ADATRÖGZÍTÉS ÉS MEGOSZTÁS	1	0	0	1	0	2	3

27.17. ábra: SR11 - Hűtési rendszer 2

Használati melegvíz előállítás

A használati melegvíz előállítás energiaforrása a gázkazán. A melegvíz előállítás indirekt használati melegvíz tárolóban történik, a melegvizet 50 °C-on tárolják. A legionellavédelem érdekében termikus fertőtlenítést használnak. A komfort növelése érdekében cirkulációs hálózat üzemel.

Az alábbi ábra a hűtési rendszer „Smart Readiness” által definiált pontszámait mutatja, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a használati melegvíz előállító rendszer alrendszerei találhatóak.

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
TÁROLÓTÖLTÉS	0	0	0	0	0	0	0
ADATRÖGZÍTÉS ÉS MEGOSZTÁS	1	0	0	0	0	1	1

27.18. ábra: SRII - Használati melegvíz előállító rendszer

Szellőzési rendszer

A mesterséges szellőzést biztosító hővisszanyerős szellőző gép forgódobos kialakítású. Ez a berendezés biztosítja a klímagerendák számára az előkezelt frisslevegőt. Az elhasznált levegő elszívása a folyosókon történik, az álmennyezeten keresztül. A mellékhelyiségek levegőjének elszívását is a légkezelő biztosítja.

Az előadóterem levegőjét egy másik légkezelő berendezés biztosítja, mert az előadóteremben üzemelő légtechnikai befűvők működtetéséhez 14 °C-os levegőre van szükség.

Az alábbi ábrák a szellőzési rendszer „Smart Readiness” által definiált pontszámait mutatják, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a szellőzési rendszer alrendszerei találhatók.

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
TÉRFOGATÁRAM SZABÁLYOZÁSA	3	0	3	3	3	0	0
FRISSELEVEGŐ ARÁNY SZABÁLYOZÁSA	2	0	2	2	2	0	0
LÉGKEZELŐ SZABÁLYOZÁSA	3	0	0	0	0	0	0

27.19. ábra: SRII - Szellőzési rendszer 1

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
HŐVISSZANYERŐ SZABÁLYOZÁSA	2	0	2	2	2	0	0
SZABADHŰTÉS	2	0	2	2	1	0	0
BELSŐ LEVEGŐ MINŐSÉG ADATRÖGZÍTÉS ÉS MEGOSZTÁS	0	0	0	1	0	2	3

27.20. ábra: SR11 - Szellőzési rendszer2

Világítási rendszer

A mesterséges világítást LED fényforrások biztosítják. Helyiségenként a klímagerendák frontlapjában található egy beépített jelenlétérzékelő, mely vezérli a mesterséges világítást. A világítási rendszer üzemével kapcsolatos információkat a központi automatika rendszer rögzíti.

Az alábbi ábra a világítási rendszer „Smart Readiness” által definiált pontszámait mutatja, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a világítási rendszer alrendszerei találhatóak.

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
JELENLÉTÉRZÉKELÉS	2	0	2	2	0	0	0
FÉNYERŐSZABÁLYOZÁS	1	0	1	1	0	0	0

27.21. ábra: SR11 - Világítási rendszer

Dinamikus épületszerkezetek

Az épületet külső zsalúzia árnyékolja. Az árnyékolás kézi szabályozású, nem automatizált, nincs összehangolva és összekötve a világítási, hűtési vagy bármilyen más épületgépészeti rendszerrel. Az ablaknyitás nincs hatással más épületgépészeti rendszerek üzemére.

Az alábbi ábra a dinamikus épületszerkezetek „Smart Readiness” által definiált pontszámait mutatja, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a világítási rendszer alrendszerei találhatóak.

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
ÁRNYÉKOLÁSVÉZÉRLÉS	0	0	0	0	0	0	0
ABLAKNYITÁSÉRZÉKELŐ	0	0	0	0	0	0	0
DINAMIKUS ÉPÜLETSZERKEZETEKKE KAPCSOLATOS ADATRÖGZÍTÉS ÉS MEGOSZTÁS	0	0	0	0	0	0	0

27.22. ábra: SRI1 - Dinamikus épületszerkezetek

Helyszíni elektromos energia előállítás

Helyi villamosenergia termelés vagy helyi kogenerációs berendezés nincs a telken, ezért ezt a fejezetet az SRI elemzés során nem kell figyelembe venni.

Elektromosautó töltőés

Elektromosautó töltési lehetőség nem biztosított, az alkalmazottak nem használnak elektromosautó töltőt, vagy amennyiben használnak, nem az iroda környezetében töltik elektromos autóikat, ezért ezt a fejezetet az SRI elemzés során nem kell figyelembe venni.

Monitoring és szabályozás

Az épület központi automatizálási rendszerrel rendelkezik, mely képes üzemidőmérésre, hibajel küldésre. A helyiségenként elhelyezett jelenlétérzékelő segíti az épüلتgépészeti rendszerek szabályozását. Az automatika rendszer képes a belső terhelések és a külső időjárási adatok figyelembevételével optimális komfortot biztosítani megfelelő energetikai fogyasztások mellett. Az automatika rendszer naplózó és optimalizáció funkcióval is rendelkezik, illetve web-es felületen is elérhető.

Az alábbi ábrák a monitoring és szabályozás „Smart Readiness” által definiált pontszámait mutatják, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a monitoring és szabályozó rendszer alrendszerei találhatóak

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
ÜZEMIDÖMÉRÉS	2	1	2	2	1	0	0
HIBAJELKÜLDÉS	0	0	0	2	2	3	2
JELENLÉTÉRZÉKELÉS	1	0	1	1	0	2	0
ENERGIAFOGYASZTÁSI ADATOK KINYERHETŐSÉGE	1	0	0	2	0	1	1

27.23. ábra: SRII-Monitoring és szabályozás 1

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
SMART GRID INTEGRÁCIÓ	0	0	0	0	0	0	0
DEMAND SIDE MANAGEMENT (DSM)	0	0	0	0	0	0	0
DSM FELÜLRHATÓSÁGA	0	0	0	0	0	0	0

27.24. ábra: SRII - Monitoring és szabályozás 2

Súlyozás

Az épület Magyarországon található, ezért a Délkelet-európai súlyozási értékek figyelembevételével kell kiszámolni az SRI index értékét. Az alábbi ábra a súlyozási értékeket mutatja, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a fent ismertetett területek, rendszerek találhatóak.

							
ÖSSZESEN	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.29	0.27	0.13	0.1	0	0.29	0.11
	0.08	0.07	0.13	0.1	0	0.08	0.11
	0.11	0.10	0.13	0.1	0	0.11	0.11
	0.15	0.14	0.13	0.1	0.4	0.15	0.11
	0.09	0.08	0.13	0.1	0	0.09	0
	0.05	0.05	0.13	0.1	0.4	0.05	0.11
	0.03	0.03	0	0.1	0	0.03	0.11
	0	0.05	0	0.1	0	0	0.11
	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

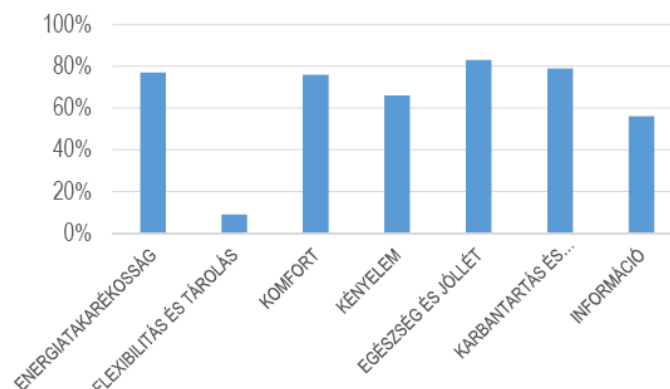
27.25. ábra: SRII - SRI súlyozás

A fenti súlyozás mellett a vizsgált épületre a SRI index 65%. A részletes eredményeket az alábbi ábrák tartalmazzák.

TANÚSÍTÁSI HATÁSOK PONTSZÁMAI:

ENERGIATAKARÉKOSSÁG:	77%
FLEXIBILITÁS & TÁROLÁS:	9%
KOMFORT:	76%
KÉNYELEM:	66%
EGÉSZSÉG & JÓLLÉT:	83%
KARBANTARTÁS ÉS HIBAJELENTÉS:	79%
INFORMÁCIÓ:	56%

HATÁSOK PONTSZÁMAI



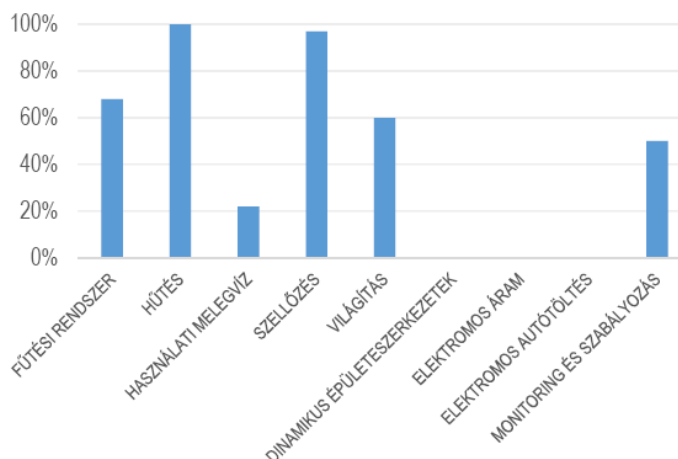
SRI 65%

27.26. ábra: SRI1 - Eredmények, hatások pontszámai

TANÚSÍTÁSI TERÜLETEK PONTSZÁMAI:

FŰTÉSI:	68%
HŰTÉSI:	100%
HASZNÁLATI MELEGVÍZ:	22%
SZELLŐZÉS:	97%
VILÁGÍTÁS:	60%
DINAMIKUS ÉPÜLETSZERKEZETEK:	0%
ELEKTROMOS ÁRAM:	-
ELEKTROMOS AUTÓTÖLTÉS:	-
MONITORING ÉS SZABÁLYOZÁS:	50%

TERÜLETEK PONTSZÁMAI



SRI 65%

27.27. ábra: SRI1 - Eredmények, területek pontszámai

27.5 „Smart Readiness” indikátor, 2. esettanulmány

A vizsgált épület egy automatizálási berendezésekkel foglalkozó cég székesfehérvári iroda- és csarnoképülete. Az épületben van egy 1100 m²-es iroda és egy 680 m²-es csarnok. Az épület fűtési és hűtési energiaigényének fedezésére több hőforrás áll rendelkezésre. A szellőzés mesterséges módon biztosított. Mindenik épületgépészeti rendszert egy központi automatizálási hálózat szabályozza.

Az alábbi ábrák az iroda és csarnoképületet, valamint az irodaépületet mutatják oldalnézetből.



27.28. ábra: SRI2 - Iroda és csarnok



27.29. ábra: SRI2 - Iroda

Fűtés

Az épületben van egy gázkazán, mely ellátja a radiátorokat, a termoventilátorokat, a használati melegvíz igényt és fűtési közeget biztosít a légkezelőknek. Emellett az épületben van egy hőszivattyú, mely a felülettemperálási körök fűtési és hűtési közeget biztosítja. A fűtési közeggel kiszolgált terek mindegyikében termosztát található. A közeget keringtető szivattyúk változó térfogatáramúak.

Az alábbi ábrák a fűtési rendszer „Smart Readiness” által definiált pontszámait mutatják, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a fűtési rendszer alrendszerei találhatóak.

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS	KOMFORT	KÉNYELEM	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS	INFORMÁCIÓ
							
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
HŐLEADÁS SZABÁLYOZÁSA	2	0	2	3	0	1	1
FÜTŐKÖZEG HŐMÉRSÉKLET SZABÁLYOZÁSA	2	0	1	2	0	1	0
SZIVATTYÚSZABÁLYOZÁS	3	0	3	0	0	0	0
IDŐSZAKOS FÜTÉSSZABÁLYOZÁS	3	0	3	3	0	0	0
HŐTÁROLÁS	1	0	1	0	0	0	0

27.30. ábra: SRI2 - Fűtési rendszer1

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
FELFÜTÉS	2	0	2	2	0	0	1
HŐFORRÁS SZABÁLYOZÁSA	2	0	2	0	0	0	0
FÜTÉSI RENDSZER SZABÁLYOZÁSA KÜLSŐ JELRE	0	0	0	0	0	0	0
KÜLÖNBÖZŐ HŐFORRÁSOK BELÉPTETÉSE	3	0	0	0	0	0	0
ADATRÖGZÍTÉS ÉS MEGOSZTÁS	1	0	0	1	0	2	3

27.31. ábra: SRI2 - Fűtési rendszer2

Hűtés

Az iroda hűtési energiáját a hőszivattyú berendezések biztosítják. Szerkezettemperálással hűtenek, a felülettemperálás hűtőközeget tárolni kell. Kiegészítő hűtésekként és biztonsági tartalékként létezik egy VRV rendszer is, melyet a központi automatika rendszer léptet be. A légkezelők hűtési energiáját egy hűtőgép biztosítja.

Az alábbi ábrák a hűtési rendszer „Smart Readiness” által definiált pontszámait mutatják, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a hűtési rendszer alrendszerei találhatóak.

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
HŐLEADÁS SZABÁLYOZÁSA	2	0	2	2	0	1	1
HÜTŐKÖZEG HŐMÉRSÉKLET SZABÁLYOZÁSA	2	0	2	2	0	0	0
SZIVATTYÚSZABÁLYOZÁS	3	0	0	0	0	0	0
IDŐSZAKOS FÜTÉSSZABÁLYOZÁS	3	0	1	1	0	0	0

27.32. ábra: SRI2 - Hűtési rendszer1

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
EGYIDEJŰ FŰTÉSI ÉS HŰTÉSI ÜZEM MEGGÁTLÁSA	3	0	0	0	0	0	0
HŐTÁROLÁS	1	0	1	0	0	0	0
HŐFORRÁS	1	0	1	0	0	0	0
ADATRÖGZÍTÉS ÉS MEGOSZTÁS	1	0	0	1	0	2	3

27.33. ábra: SRI2 - Hűtési rendszer 2

Használati melegvíz előállítás

A használati melegvíz előállítás energiaforrása a gázkazán. A melegvíz előállítás indirekt használati melegvíz tárolóban történik. A használati melegvizet 50 °C-on tárolják. A legionella védelem érdekében termikus fertőtlenítést használnak, cirkulációs rendszer üzemel.

Az alábbi ábra a hűtési rendszer „Smart Readiness” által definiált pontszámait mutatja, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a használati melegvíz előállító rendszer alrendszerei találhatóak.

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
TÁROLÓTÖLTÉS	2	1	0	2	0	0	0
ADATRÖGZÍTÉS ÉS MEGOSZTÁS	1	0	0	1	0	2	3

27.34. ábra: SRI2 - Használati melegvíz ellátás

Szellőzés

Az épületet egy forgódobos hővisszanyerővel rendelkező légkezelő segítségével szellőztetik. A légkezelő fűtési közegét a gázkazán, hűtési közegét a folyadékhűtő, A zsolumozgatást a központi automatika rendszer biztosítja. A helyiségekben mért belső levegő minőség alapján vezérelhető a rendszer.

Az alábbi ábrák a szellőzési rendszer „Smart Readiness” által definiált pontszámait mutatják, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a használati melegvíz előállító rendszer alrendszerei találhatóak.

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
TÉRFOGATÁRAM SZABÁLYOZÁSA	2	0	3	3	3	0	0
FRISSLEVEGŐ ARÁNY SZABÁLYOZÁSA	2	0	2	2	2	0	0
LÉGKEZELŐ SZABÁLYOZÁSA	3	0	0	0	0	0	0

27.35. ábra: SRI2 - Szellőzési rendszer1

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
HŐVISSZANYERŐ SZABÁLYOZÁSA	2	0	2	2	2	0	0
SZABADHŰTÉS	2	0	2	2	1	0	0
BELSŐLEVEGŐ MINŐSÉG ADATRÖGZÍTÉS ÉS MEGOSZTÁS	0	0	0	1	0	2	3

27.36. ábra: SRI2 - Szellőzési rendszer2

Világítás

A világítás LED fényforrásokkal biztosított, az épület helyiségeiben található jelenlétérzékelők vezérlik a világítást. A dimmelési lehetőség adott, a világítási rendszer üzemével kapcsolatos információkat a központi automatika rendszer rögzíti.

Az alábbi ábra a világítási rendszer „Smart Readiness” által definiált pontszámait mutatja, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a világítás rendszer alrendszerei találhatóak.

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
JELENLÉTÉRZÉKELES	2	0	2	2	0	0	0
FÉNYERŐSZABÁLYOZÁS	3	0	2	2	2	0	0

27.37. ábra: SRI2 - Világítási rendszer

Dinamikus épületszerkezetek

Külső zsalúziák árnyékolják az épületet, ezek mozgása automatizált. A nyitható ablakokon ablaknyitás érzékelő található, mely a többi épületgépészeti rendszerrel együttműködik a központi automatika rendszeren keresztül.

Az alábbi ábra a dinamikus épületszerkezeti rendszer „Smart Readiness” által definiált pontszámait mutatja, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a dinamikus épületszerkezeti rendszer alrendszerei találhatók.

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÖLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
ÁRNYÉKOLÁSZEZÉRLÉS	3	0	3	3	1	0	0
ABLAKNYITÁSERZÉKELO	2	0	2	2	1	0	0
DINAMIKUS ÉÜLETSZERKEZETEKKEK KAPCSOLATOS ADATRÖGZÍTÉS ÉS MEGOSZTÁS	1	0	0	1	0	2	3

27.38. ábra: SRI2 - Dinamikus épületszerkezetek

Helyszíni elektromos energia előállítás

Helyi villamosenergia termelés vagy helyi kogenerációs berendezés nincs a telken, ezért ezt a fejezetet az SRI elemzés során nem kell figyelembe venni.

Elektromosautó töltő

Elektromosautó töltési lehetőség nem biztosított, az alkalmazottak nem használnak elektromosautó töltőt, vagy amennyiben használnak, nem az iroda környezetében töltik elektromos autóikat, ezért ezt a fejezetet az SRI elemzés során nem kell figyelembevenni.

Monitoring és szabályozás

Az épület központi automatika rendszere az összes épületgépészeti rendszert szabályozza. Hibajel küldésére alkalmas, ezzel optimalizálva az épület üzemeltetését. Minden épületgépészeti rendszert a helyiségekben elhelyezett jelenlétérzékelőkről kapott információk figyelembevételével szabályoznak. A központi automatika hálózat képes a különböző épületgépészeti rendszerektől jövő jelek fogadására és az adatok értékelésére. Smart grid adatsere nem üzemel.

Az alábbi ábrák a monitoring és szabályozási rendszerek „Smart Readiness” által definiált pontszámait mutatják, vízszintes tengelyen a hatáskritériumok, függőleges tengelyen a monitoring és szabályozási rendszer alrendszerei találhatók.

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
ÜZEMIDŐMÉRÉS	2	1	2	2	1	0	0
HIBAJELKÜLDÉS	0	0	0	2	2	3	2
JELENLÉTÉRZÉKELES	1	0	1	1	0	2	0
ENERGIAFOGYASZTÁSI ADATOK KINYERHETŐSÉGE	1	0	0	2	0	1	3

27.39. ábra: SRI2 - Monitoring és szabályozás 1

	ENERGIA TAKARÉ KOSSÁG 	FLEXIBILITÁS ÉS TÁROLÁS 	KOMFORT 	KÉNYELEM 	EGÉSZSÉG& JÓLLÉT 	KARBANTARTÁS& HIBAJELENTÉS 	INFORMÁCIÓ 
	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM	PONTSZÁM
SMART GRID INTEGRÁCIÓ	0	0	0	0	0	0	0
DEMAND SIDE MANAGEMENT (DSM)	0	0	0	0	0	0	0
DSM FELÜLRHATÓSÁGA	0	0	0	0	0	0	0

27.40. ábra: SRI2 - Monitoring és szabályozás 2

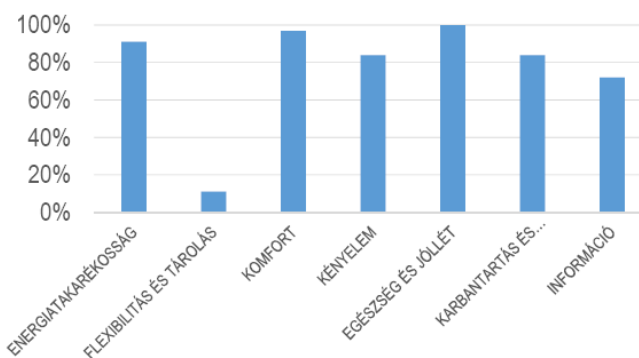
Súlyozás

A súlyozás a 9.5.6. fejezetben bemutatottak szerint történik, az épületre a SRI index 75%. A részletes eredményeket alábbi ábrák tartalmazzák.

TANÚSÍTÁSI HATÁSOK PONTSZÁMAI:

ENERGIATAKARÉKOSSÁG:	91%
FLEXIBILITÁS & TÁROLÁS:	11%
KOMFORT:	97%
KÉNYELEM:	84%
EGÉSZSÉG & JÓLLÉT:	100%
KARBANTARTÁS ÉS HIBAJELENTÉS:	84%
INFORMÁCIÓ:	72%

HATÁSOK PONTSZÁMAI



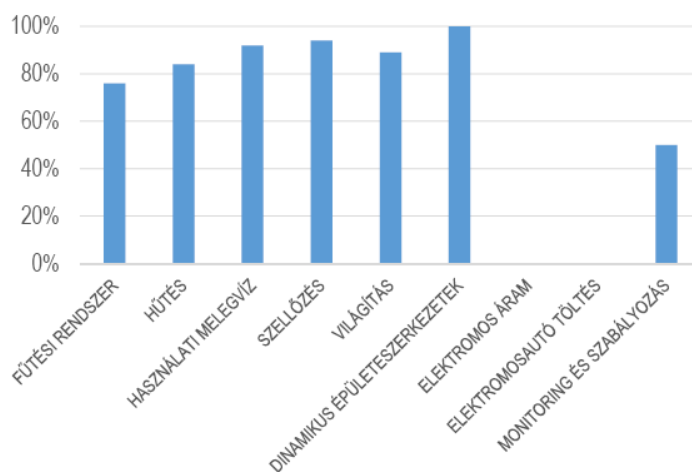
SRI 75%

27.41. ábra: SRI2 - Eredmények, hatások pontszámai

TANÚSÍTÁSI TERÜLETEK PONTSZÁMAI:

FŰTÉSI:	76%
HŰTÉSI :	84%
HASZNÁLATI MELEGVÍZ:	92%
SZELLŐZÉS:	94%
VILÁGÍTÁS:	89%
DINAMIKUS ÉPÜLETSZERKEZETEK:	100%
ELEKTROMOS ÁRAM:	-
ELEKTROMOSAUTÓ TÖLTÉS:	-
MONITORING ÉS SZABÁLYOZÁS:	50%

TERÜLETEK PONTSZÁMAI



SRI 75%

27.42. ábra: SRI2 - Eredmények, területek pontszámai

MELLÉKLETEK

28 Melléklet: Éghajlati adatok

28.1 Részletes módszer és szimuláció

Részletes módszerhez a klíma adatok elektronikus formában, letölthető formátumban állnak rendelkezésre, amit a 9/2023. (V.25.) ÉKM rendelet értelmében az illetékes minisztérium köteles honlapján megjelentetni. A file órai bontásban tartalmaz adatokat a következő paraméterekre:

- külső léghőmérséklet
- külső abszolút és relatív nedvességtartalom, parciális vízgőznyomás, légnomás
- szélsőesség és irány
- sugárzási adatok vízszintes felületre (globál, direkt, diffúz, infravörös) és 8 féle tájolasra

28.2 Egyszerűsített módszer

28.2.1 Külső hőmérséklet

Az éves fűtési hőszükséglet számítása során a hőfokhidat és a fűtési idény hosszát az egyensúlyi hőmérsékletkülönbség függvényében az alábbi értékekkel kell figyelembe venni.

28.1. táblázat: Havi külső hőmérséklet átlagértékek

Hónap	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Éves
Átlagos külső hőmérséklet [°C]	2,1	-0,1	3,5	10,9	16,8	20,8	21,9	21,0	17,8	8,3	7,6	-0,1	10,9

28.2. táblázat: Szezonális külső hőmérséklet átlagértékek

	Fűtési szezon okt. 15. - ápr. 15.	Hűtési szezon máj. 15. - szept. 15.
Átlagos külső hőmérséklet [°C]	3,6	20,6
Szezon hossza [h]	4392	2976

28.2.2 Alapadatok a fagyvédelmi előfűtéshez

28.3. táblázat: Külső átlaghőmérsékletek és időtartamok -4°C külső hőmérsékletekhez

időszak	időtartam, amikor a külső levegő hőmérséklete -4 °C alatt van (h)	átlagos külső hőmérséklet azon időszakban, amikor a külső levegő hőmérséklete -4 °C alatt van (°C)
január	72	-5,82
február	110	-5,75
március	24	-6,00
november	1	-4,08

december	82	-5,51
Teljes év	289	-5,72 °C

28.2.3 Páratartalom

28.4. táblázat: Páratartalom havi adatok:

Hónap	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Éves
RH [%]	84,4	75,3	77,8	69,7	61,0	69,7	62,1	71,9	66,8	79,5	86,1	84,1	74,0
p_{lev} [kPa]	100,1	100,4	99,3	100,1	100,2	99,7	99,7	99,7	100,1	100,2	99,3	100,0	99,9
$p_{v,t}$ [Pa]	736	629	825	1358	2006	2537	2710	2556	2126	1131	1085	622	1531
x [g/kg]	3,91	2,94	4,08	5,61	7,39	10,67	10,11	11,27	8,66	5,53	5,86	3,31	6,63

28.2.4A napsugárzásra vonatkozó adatok

28.5. táblázat: Átlagos havi sugárzásintenzitás adatok ($G_{s,i}$)

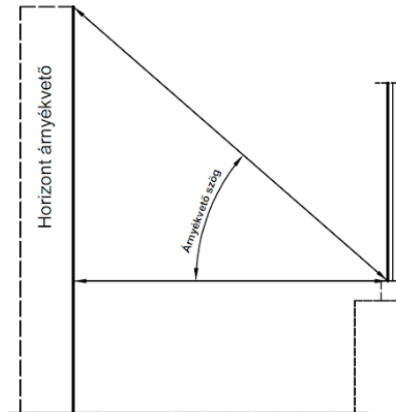
Átlagos sugárzásintenzitás [W/m^2]														
	Hajlásszög	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Éves
	0	44,4	75,4	89,5	189,5	264,9	254,2	232,6	224,2	156,6	108,2	60,6	31,5	144,6
É	30	22,7	36,0	52,9	133,5	205,3	211,8	187,5	161,9	92,8	42,3	25,9	19,5	99,7
	45	21,7	33,8	40,5	95,9	159,0	174,3	150,5	118,2	56,6	35,2	25,3	18,4	77,7
	60	20,4	31,9	37,8	67,4	106,2	129,0	107,2	76,8	48,2	34,4	24,2	17,0	58,5
	90	17,0	26,9	31,5	57,1	76,2	83,3	71,8	63,2	44,3	31,6	21,1	13,6	44,9
ÉK	30	25,8	46,1	64,2	147,1	215,6	213,4	190,4	171,1	110,6	63,0	33,1	20,7	108,7
	45	23,0	39,9	53,7	123,8	180,7	180,9	159,4	141,3	90,4	50,6	28,1	18,7	91,1
	60	21,1	35,8	46,2	105,1	150,5	151,4	131,8	117,7	76,5	44,1	25,6	17,2	77,1
	90	17,1	28,9	35,0	77,4	108,5	107,7	92,9	86,0	58,1	35,9	21,5	13,6	57,0
K	30	42,7	67,3	84,4	178,7	248,0	233,1	211,4	205,4	147,3	100,5	57,2	29,9	134,1
	45	41,2	63,4	79,3	167,7	229,8	215,1	194,0	190,5	138,6	95,1	54,8	28,8	125,2
	60	38,8	59,0	72,4	153,3	207,0	192,9	172,9	172,2	127,1	88,0	50,9	26,8	113,7
	90	31,3	46,9	54,7	116,4	153,0	141,0	124,7	128,4	97,1	68,6	40,3	21,3	85,5
DK	30	62,7	92,6	102,7	203,4	271,5	248,2	229,4	233,8	179,2	138,8	84,6	41,6	157,7
	45	67,3	95,0	102,9	198,4	258,4	232,0	214,9	225,3	178,4	144,1	90,7	44,0	154,5
	60	68,6	92,7	98,4	184,9	234,7	207,7	192,7	207,4	169,9	142,3	91,9	44,3	144,8
	90	60,9	76,5	77,5	137,3	163,7	142,1	132,0	149,8	130,9	117,1	79,7	38,8	109,0
D	30	73,3	109,1	111,3	213,4	278,1	252,9	237,1	247,8	193,7	159,7	100,0	49,0	169,1
	45	82,4	118,0	114,2	208,9	262,9	233,8	221,7	240,0	197,0	172,8	112,0	54,4	168,4
	60	86,9	120,5	111,5	193,8	234,7	203,8	195,3	219,4	189,5	176,0	117,7	57,0	159,0
	90	81,5	106,4	90,1	136,5	147,9	122,8	120,6	148,3	145,2	152,6	108,9	53,2	117,8
DNy	30	65,0	103,6	103,9	205,2	271,1	252,2	235,7	243,2	182,6	146,6	89,9	45,0	162,3
	45	70,7	110,3	104,3	199,4	256,5	235,6	221,5	235,7	182,5	154,6	97,9	48,7	160,0
	60	72,6	111,3	99,8	185,7	232,7	211,1	199,0	218,1	174,1	154,7	100,4	49,9	150,9
	90	65,1	97,0	78,7	138,2	163,5	145,3	137,4	159,8	134,9	130,5	89,1	45,1	115,4
Ny	30	45,0	80,2	85,4	180,9	248,9	241,7	221,6	218,2	151,2	109,1	62,1	32,7	140,0
	45	44,0	79,9	80,4	170,4	230,8	224,5	205,1	206,0	143,4	106,2	61,1	32,3	132,2
	60	42,2	77,0	73,9	157,2	209,7	204,0	185,2	189,7	133,2	100,9	58,2	31,3	122,1
	90	34,6	63,7	57,8	123,0	159,1	154,7	138,8	147,8	104,7	81,4	48,1	26,2	95,1
ÉNy	30	26,5	52,3	64,9	149,4	218,5	222,5	199,8	182,4	113,6	67,7	34,8	21,3	113,1
	45	23,5	45,2	55,2	126,8	183,8	192,3	170,9	154,6	94,4	55,6	30,1	19,4	96,2
	60	21,5	40,2	48,8	110,3	155,3	164,5	144,5	133,0	82,0	49,2	27,6	17,8	83,1
	90	17,6	32,1	38,2	85,7	117,3	123,9	107,5	103,3	65,0	40,6	23,2	14,2	64,2

28.6. táblázat: Átlagos havi sugárzásintenzitás adatok ($G_{s,i}$)

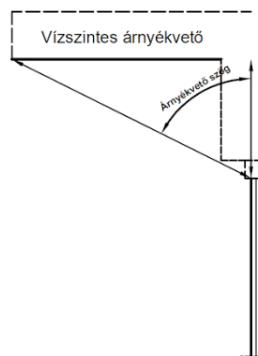
Havi sugárzási energiahozam [kWh/m ²]														
	Hajlásszög	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Éves
	0	33,0	50,6	66,6	136,4	197,1	183,0	173,0	166,8	112,7	80,5	43,7	23,4	1266,9
É	30	16,9	24,2	39,3	96,1	152,7	152,5	139,5	120,5	66,8	31,5	18,6	14,5	873,2
	45	16,2	22,7	30,1	69,0	118,3	125,5	112,0	88,0	40,7	26,2	18,2	13,7	680,6
	60	15,2	21,4	28,1	48,5	79,0	92,9	79,7	57,2	34,7	25,6	17,4	12,7	512,5
	90	12,6	18,1	23,4	41,1	56,7	60,0	53,4	47,0	31,9	23,5	15,2	10,1	393,0
ÉK	30	19,2	31,0	47,8	105,9	160,4	153,7	141,7	127,3	79,6	46,8	23,9	15,4	952,6
	45	17,1	26,8	40,0	89,2	134,4	130,3	118,6	105,2	65,1	37,6	20,3	13,9	798,3
	60	15,7	24,1	34,3	75,7	112,0	109,0	98,1	87,5	55,1	32,8	18,4	12,8	675,4
	90	12,8	19,4	26,1	55,8	80,8	77,5	69,1	64,0	41,8	26,7	15,5	10,1	499,5
K	30	31,7	45,2	62,8	128,7	184,5	167,8	157,3	152,8	106,0	74,8	41,2	22,3	1175,1
	45	30,6	42,6	59,0	120,8	171,0	154,9	144,4	141,7	99,8	70,7	39,4	21,4	1096,4
	60	28,8	39,6	53,9	110,4	154,0	138,9	128,6	128,1	91,5	65,5	36,7	20,0	996,0
	90	23,3	31,5	40,7	83,8	113,8	101,5	92,8	95,6	69,9	51,0	29,0	15,8	748,7
DK	30	46,6	62,2	76,4	146,5	202,0	178,7	170,7	174,0	129,0	103,3	60,9	30,9	1381,2
	45	50,1	63,8	76,6	142,8	192,3	167,1	159,9	167,6	128,5	107,2	65,3	32,7	1353,8
	60	51,1	62,3	73,2	133,1	174,6	149,5	143,4	154,3	122,3	105,9	66,1	33,0	1268,9
	90	45,3	51,4	57,7	98,8	121,8	102,3	98,2	111,5	94,3	87,1	57,4	28,9	954,6
D	30	54,5	73,3	82,8	153,6	206,9	182,1	176,4	184,3	139,5	118,8	72,0	36,5	1480,9
	45	61,3	79,3	85,0	150,4	195,6	168,3	165,0	178,6	141,8	128,6	80,7	40,5	1475,0
	60	64,7	81,0	83,0	139,5	174,6	146,8	145,3	163,3	136,4	130,9	84,7	42,4	1392,6
	90	60,6	71,5	67,0	98,3	110,0	88,4	89,7	110,4	104,5	113,5	78,4	39,6	1032,0
DNy	30	48,4	69,6	77,3	147,8	201,7	181,6	175,3	180,9	131,5	109,1	64,8	33,4	1421,3
	45	52,6	74,1	77,6	143,6	190,8	169,6	164,8	175,3	131,4	115,0	70,5	36,2	1401,6
	60	54,0	74,8	74,2	133,7	173,1	152,0	148,0	162,3	125,4	115,1	72,3	37,2	1322,1
	90	48,5	65,2	58,5	99,5	121,7	104,6	102,2	118,9	97,1	97,1	64,2	33,5	1011,1
Ny	30	33,4	53,9	63,5	130,2	185,2	174,0	164,8	162,4	108,9	81,2	44,7	24,3	1226,6
	45	32,7	53,7	59,8	122,7	171,7	161,6	152,6	153,3	103,2	79,0	44,0	24,1	1158,4
	60	31,4	51,7	55,0	113,2	156,0	146,9	137,8	141,2	95,9	75,0	41,9	23,3	1069,2
	90	25,8	42,8	43,0	88,6	118,3	111,4	103,3	109,9	75,4	60,6	34,6	19,5	833,1
ÉNy	30	19,7	35,2	48,3	107,5	162,6	160,2	148,6	135,7	81,8	50,3	25,1	15,9	990,8
	45	17,5	30,3	41,1	91,3	136,8	138,5	127,1	115,0	68,0	41,4	21,6	14,5	843,1
	60	16,0	27,0	36,3	79,4	115,5	118,4	107,5	99,0	59,0	36,6	19,9	13,2	727,8
	90	13,1	21,6	28,4	61,7	87,3	89,2	79,9	76,8	46,8	30,2	16,7	10,6	562,4

28.3 Melléklet: Segédtablázatok a benapozás vizsgálatához

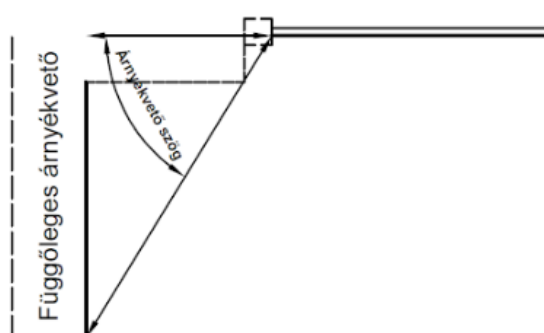
28.1. ábra: A horizont árnyékvető szög értelmezése (függőleges metszet)



28.2. ábra: A vízszintes árnyékvető szög értelmezése (függőleges metszet)



28.3. ábra: A függőleges árnyékvető szög értelmezése (vízszintes metszet)



28.7. táblázat.

Árnyékvető szög: 10 fok					
Horizont árnyékvető, F _h	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,98	0,94	0,93	0,87
február	1,00	0,96	0,95	0,95	0,91
március	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98
április	0,94	0,96	0,96	0,96	1,00
május	0,94	0,97	0,97	0,97	1,00
június	0,95	0,98	0,98	0,98	1,00
július	0,97	0,99	0,99	0,99	1,00
augusztus	0,93	0,96	0,96	0,96	1,00
szeptember	0,96	0,96	0,96	0,96	0,99
október	1,00	0,94	0,94	0,94	0,91
november	1,00	0,96	0,94	0,94	0,89
december	1,00	0,98	0,93	0,92	0,85

28.8. táblázat.

Árnyékvető szög: 10 fok					
Horizont árnyékvető, F _h	30 fokos hajlásszög				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,97	0,94	0,92	0,89
február	1,00	0,97	0,96	0,96	0,93
március	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98
április	0,96	0,97	0,97	0,98	1,00
május	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00
június	0,96	0,98	0,98	0,99	1,00
július	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
augusztus	0,96	0,97	0,97	0,98	1,00
szeptember	0,97	0,97	0,97	0,97	0,99
október	1,00	0,97	0,96	0,96	0,94
november	1,00	0,97	0,96	0,95	0,91
december	1,00	0,97	0,94	0,92	0,88

28.9. táblázat.

Árnyékvető szög: 20 fok					
Horizont árnyékvető, F _h	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,98	0,84	0,75	0,65
február	1,00	0,93	0,88	0,87	0,77
március	1,00	0,95	0,94	0,95	0,93
április	0,91	0,92	0,91	0,92	0,98
május	0,86	0,92	0,92	0,92	1,00
június	0,88	0,93	0,93	0,94	1,00
július	0,91	0,95	0,95	0,96	1,00
augusztus	0,88	0,91	0,91	0,91	1,00
szeptember	0,96	0,91	0,91	0,91	0,92
október	1,00	0,89	0,87	0,87	0,78
november	1,00	0,96	0,85	0,80	0,68
december	1,00	0,98	0,84	0,72	0,61

28.10. táblázat.

Árnyékvető szög: 20 fok					
Horizont árnyékvető, F _h	30 fokos hajlásszög				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,92	0,85	0,74	0,70
február	1,00	0,92	0,90	0,85	0,80
március	0,99	0,96	0,96	0,95	0,94
április	0,90	0,93	0,93	0,93	0,93
május	0,89	0,94	0,94	0,95	0,94
június	0,89	0,94	0,94	0,95	0,98
július	0,92	0,96	0,96	0,97	0,98
augusztus	0,88	0,92	0,92	0,93	0,93
szeptember	0,92	0,93	0,92	0,92	0,92
október	0,99	0,91	0,89	0,85	0,82
november	1,00	0,92	0,86	0,79	0,73
december	1,00	0,94	0,84	0,75	0,69

28.11. táblázat.

Árnyékvető szög: 30 fok					
Horizont árnyékvető, F _h	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,98	0,80	0,61	0,48
február	1,00	0,93	0,80	0,71	0,57
március	1,00	0,94	0,91	0,91	0,87
április	0,91	0,87	0,87	0,87	0,93
május	0,84	0,87	0,87	0,88	0,99
június	0,83	0,89	0,89	0,90	1,00
július	0,88	0,91	0,91	0,93	1,00
augusztus	0,88	0,87	0,86	0,87	0,95
szeptember	0,96	0,87	0,85	0,85	0,83
október	1,00	0,88	0,79	0,75	0,61
november	1,00	0,96	0,77	0,55	0,41
december	1,00	0,98	0,82	0,65	0,53

28.12. táblázat.

Árnyékvető szög: 30 fok					
Horizont árnyékvető, F _h	30 fokos hajlásszög				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,91	0,75	0,61	0,56
február	1,00	0,86	0,77	0,68	0,62
március	0,97	0,93	0,92	0,90	0,87
április	0,83	0,89	0,88	0,88	0,86
május	0,81	0,87	0,89	0,89	0,87
június	0,82	0,88	0,90	0,91	0,92
július	0,87	0,91	0,92	0,93	0,93
augusztus	0,81	0,87	0,87	0,86	0,85
szeptember	0,86	0,88	0,87	0,84	0,82
október	0,96	0,84	0,78	0,70	0,66
november	1,00	0,85	0,68	0,55	0,48
december	1,00	0,94	0,80	0,69	0,63

28.13. táblázat.

Árnyékvető szög: 30 fok					
Vízszintes árnyékvető, F_v	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
február	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00
március	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00
április	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
május	0,98	0,98	0,98	0,98	0,95
június	0,98	0,99	0,98	0,98	0,94
július	0,99	0,99	0,98	0,98	0,95
augusztus	0,96	0,97	0,96	0,97	0,96
szeptember	0,99	0,98	0,98	0,97	1,00
október	1,00	0,98	0,99	0,99	0,99
november	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00
december	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

28.14. táblázat.

Árnyékvető szög: 30 fok					
Függőleges árnyékvető, F_f	Függőleges (90 fokos) pozíció				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,97	0,95	0,94	1,00
február	1,00	0,91	0,96	0,95	0,99
március	1,00	0,97	0,98	0,97	0,98
április	1,00	0,96	0,98	0,98	0,96
május	1,00	0,97	0,98	0,98	0,95
június	1,00	0,98	0,99	0,99	0,97
július	1,00	0,97	0,98	0,99	0,97
augusztus	1,00	0,96	0,97	0,98	0,95
szeptember	1,00	0,94	0,97	0,96	0,93
október	1,00	0,91	0,96	0,96	0,92
november	1,00	0,94	0,95	0,93	1,00
december	1,00	0,96	0,96	0,95	1,00

28.15. táblázat.

Árnyékvető szög: 40 fok					
Horizont árnyékvető, F _h	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,98	0,80	0,61	0,48
február	1,00	0,93	0,77	0,62	0,48
március	1,00	0,94	0,86	0,82	0,75
április	0,91	0,84	0,82	0,82	0,85
május	0,84	0,83	0,82	0,83	0,95
június	0,82	0,85	0,84	0,86	0,99
július	0,88	0,88	0,87	0,89	0,98
augusztus	0,88	0,82	0,81	0,82	0,88
szeptember	0,96	0,84	0,79	0,77	0,71
október	1,00	0,88	0,73	0,57	0,40
november	1,00	0,96	0,77	0,55	0,41
december	1,00	0,98	0,82	0,65	0,53

28.16. táblázat.

Árnyékvető szög: 40 fok					
Horizont árnyékvető, F _h	30 fokos hajlásszög				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,91	0,75	0,61	0,56
február	0,99	0,82	0,71	0,60	0,53
március	0,91	0,87	0,83	0,79	0,76
április	0,76	0,83	0,82	0,79	0,77
május	0,74	0,81	0,83	0,81	0,79
június	0,75	0,81	0,85	0,84	0,85
július	0,81	0,85	0,88	0,87	0,87
augusztus	0,72	0,80	0,80	0,77	0,76
szeptember	0,77	0,80	0,77	0,72	0,70
október	0,88	0,72	0,61	0,50	0,45
november	1,00	0,85	0,67	0,55	0,47
december	1,00	0,94	0,80	0,69	0,63

28.17. táblázat.

Árnyékvető szög: 40 fok					
Vízszintes árnyékvető, F_v	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00
február	1,00	1,00	0,98	0,99	1,00
március	1,00	1,00	0,98	0,99	1,00
április	0,97	0,97	0,97	0,96	0,95
május	0,97	0,98	0,97	0,95	0,89
június	0,97	0,98	0,97	0,96	0,89
július	0,98	0,98	0,97	0,96	0,90
augusztus	0,95	0,96	0,95	0,95	0,91
szeptember	0,99	0,97	0,97	0,96	0,99
október	1,00	0,97	0,98	0,98	0,99
november	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00
december	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

28.18. táblázat.

Árnyékvető szög: 40 fok					
Függőleges árnyékvető, F_f	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,97	0,91	0,91	1,00
február	1,00	0,90	0,93	0,94	0,97
március	1,00	0,95	0,97	0,97	0,96
április	1,00	0,93	0,97	0,98	0,93
május	1,00	0,94	0,97	0,98	0,93
június	1,00	0,96	0,98	0,98	0,95
július	1,00	0,96	0,98	0,98	0,95
augusztus	1,00	0,93	0,97	0,97	0,93
szeptember	1,00	0,91	0,96	0,96	0,91
október	1,00	0,91	0,93	0,92	0,88
november	1,00	0,94	0,91	0,89	0,99
december	1,00	0,96	0,93	0,91	1,00

28.19. táblázat.

Árnyékvető szög: 50 fok					
Horizont árnyékvető, F _h	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,98	0,80	0,61	0,48
február	1,00	0,93	0,77	0,62	0,48
március	1,00	0,94	0,85	0,77	0,71
április	0,91	0,82	0,76	0,74	0,74
május	0,84	0,80	0,77	0,78	0,88
június	0,82	0,81	0,80	0,83	0,94
július	0,88	0,84	0,83	0,85	0,93
augusztus	0,88	0,79	0,75	0,76	0,78
szeptember	0,96	0,84	0,73	0,64	0,55
október	1,00	0,88	0,73	0,56	0,40
november	1,00	0,96	0,77	0,55	0,41
december	1,00	0,98	0,82	0,65	0,53

28.20. táblázat.

Árnyékvető szög: 50 fok					
Horizont árnyékvető, F _h	30 fokos hajlásszög				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,91	0,75	0,61	0,56
február	0,99	0,82	0,71	0,60	0,53
március	0,89	0,84	0,79	0,75	0,71
április	0,67	0,73	0,71	0,67	0,64
május	0,65	0,72	0,74	0,72	0,69
június	0,68	0,74	0,78	0,76	0,77
július	0,73	0,78	0,80	0,79	0,78
augusztus	0,62	0,69	0,69	0,66	0,64
szeptember	0,64	0,66	0,61	0,55	0,52
október	0,87	0,72	0,60	0,49	0,44
november	1,00	0,85	0,67	0,55	0,47
december	1,00	0,94	0,80	0,69	0,63

28.21. táblázat.

Árnyékvető szög: 50 fok					
Vízszintes árnyékvető, F_v	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,99	0,98	0,99	1,00
február	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00
március	1,00	0,99	0,98	0,98	0,99
április	0,97	0,96	0,95	0,94	0,88
május	0,97	0,96	0,95	0,92	0,81
június	0,96	0,96	0,96	0,93	0,83
július	0,97	0,96	0,96	0,93	0,84
augusztus	0,94	0,95	0,94	0,92	0,84
szeptember	0,99	0,96	0,95	0,94	0,94
október	1,00	0,97	0,97	0,95	0,99
november	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00
december	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00

28.22. táblázat.

Árnyékvető szög: 50 fok					
Függőleges árnyékvető, F_f	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,97	0,87	0,88	0,97
február	1,00	0,90	0,89	0,91	0,93
március	1,00	0,92	0,96	0,94	0,94
április	1,00	0,89	0,95	0,95	0,91
május	1,00	0,91	0,96	0,95	0,91
június	1,00	0,92	0,98	0,96	0,94
július	1,00	0,93	0,97	0,96	0,94
augusztus	1,00	0,89	0,95	0,94	0,90
szeptember	1,00	0,88	0,93	0,93	0,88
október	1,00	0,91	0,90	0,90	0,84
november	1,00	0,94	0,87	0,86	0,96
december	1,00	0,96	0,89	0,89	0,99

28.23. táblázat.

Árnyékvető szög: 60 fok					
Horizont árnyékvető, F_h	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,98	0,80	0,61	0,48
február	1,00	0,93	0,77	0,62	0,48
március	1,00	0,94	0,85	0,77	0,71
április	0,91	0,82	0,73	0,66	0,63
május	0,84	0,78	0,72	0,71	0,76
június	0,82	0,79	0,76	0,78	0,88
július	0,88	0,82	0,78	0,80	0,85
augusztus	0,88	0,79	0,70	0,65	0,64
szeptember	0,96	0,84	0,72	0,62	0,52
október	1,00	0,88	0,73	0,56	0,40
november	1,00	0,96	0,77	0,55	0,41
december	1,00	0,98	0,82	0,65	0,53

28.24. táblázat.

Árnyékvető szög: 60 fok					
Horizont árnyékvető, F_h	30 fokos hajlásszög				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,91	0,75	0,61	0,56
február	0,99	0,82	0,71	0,60	0,53
március	0,89	0,84	0,79	0,75	0,71
április	0,57	0,63	0,60	0,55	0,52
május	0,52	0,59	0,60	0,57	0,54
június	0,59	0,65	0,68	0,67	0,67
július	0,64	0,69	0,71	0,69	0,68
augusztus	0,48	0,55	0,54	0,49	0,47
szeptember	0,62	0,64	0,58	0,52	0,49
október	0,87	0,72	0,60	0,49	0,44
november	1,00	0,85	0,67	0,55	0,47
december	1,00	0,94	0,80	0,69	0,63

28.25. táblázat.

Árnyékvető szög: 60 fok					
Vízszintes árnyékvető, F_v	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,99	0,97	0,97	1,00
február	1,00	0,98	0,97	0,95	1,00
március	1,00	0,99	0,97	0,96	0,96
április	0,96	0,95	0,93	0,90	0,79
május	0,95	0,94	0,92	0,87	0,72
június	0,94	0,94	0,93	0,88	0,77
július	0,96	0,95	0,93	0,89	0,77
augusztus	0,93	0,93	0,91	0,88	0,74
szeptember	0,99	0,95	0,93	0,90	0,85
október	1,00	0,97	0,94	0,92	0,98
november	1,00	1,00	0,97	0,96	1,00
december	1,00	1,00	0,98	0,98	1,00

28.26. táblázat.

Árnyékvető szög: 60 fok					
Függőleges árnyékvető, F_f	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,97	0,81	0,84	0,91
február	1,00	0,90	0,84	0,89	0,88
március	1,00	0,91	0,94	0,94	0,92
április	1,00	0,86	0,93	0,94	0,89
május	1,00	0,86	0,93	0,94	0,90
június	1,00	0,88	0,96	0,96	0,92
július	1,00	0,89	0,95	0,96	0,92
augusztus	1,00	0,83	0,93	0,94	0,89
szeptember	1,00	0,88	0,91	0,91	0,84
október	1,00	0,91	0,85	0,86	0,80
november	1,00	0,94	0,80	0,82	0,90
december	1,00	0,96	0,82	0,86	0,94

28.27. táblázat.

Árnyékvető szög: 70 fok					
Horizont árnyékvető, F _h	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,98	0,80	0,61	0,48
február	1,00	0,93	0,77	0,62	0,48
március	1,00	0,94	0,85	0,77	0,71
április	0,91	0,82	0,73	0,66	0,63
május	0,84	0,78	0,69	0,63	0,67
június	0,82	0,79	0,72	0,70	0,77
július	0,88	0,82	0,76	0,72	0,76
augusztus	0,88	0,79	0,69	0,63	0,62
szeptember	0,96	0,84	0,72	0,62	0,52
október	1,00	0,88	0,73	0,56	0,40
november	1,00	0,96	0,77	0,55	0,41
december	1,00	0,98	0,82	0,65	0,53

28.28. táblázat.

Árnyékvető szög: 70 fok					
Horizont árnyékvető, F _h	30 fokos hajlásszög				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,91	0,75	0,61	0,56
február	0,99	0,82	0,71	0,60	0,53
március	0,89	0,84	0,79	0,75	0,71
április	0,57	0,63	0,59	0,55	0,51
május	0,42	0,49	0,50	0,46	0,43
június	0,46	0,52	0,55	0,53	0,53
július	0,53	0,57	0,59	0,56	0,55
augusztus	0,46	0,53	0,52	0,47	0,45
szeptember	0,62	0,64	0,58	0,52	0,49
október	0,87	0,72	0,60	0,49	0,44
november	1,00	0,85	0,67	0,55	0,47
december	1,00	0,94	0,80	0,69	0,63

28.29. táblázat.

Árnyékvető szög: 70 fok					
Vízszintes árnyékvető, F_v	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,99	0,95	0,93	1,00
február	1,00	0,97	0,94	0,90	0,94
március	1,00	0,98	0,95	0,92	0,89
április	0,95	0,93	0,89	0,84	0,66
május	0,92	0,91	0,87	0,79	0,67
június	0,92	0,92	0,89	0,81	0,77
július	0,94	0,92	0,90	0,82	0,76
augusztus	0,92	0,90	0,87	0,80	0,63
szeptember	0,99	0,93	0,90	0,84	0,68
október	1,00	0,95	0,91	0,85	0,88
november	1,00	1,00	0,93	0,90	0,98
december	1,00	1,00	0,97	0,95	1,00

28.30. táblázat.

Árnyékvető szög: 70 fok					
Függőleges árnyékvető, F_f	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,97	0,79	0,80	0,86
február	1,00	0,90	0,78	0,86	0,85
március	1,00	0,91	0,91	0,91	0,90
április	1,00	0,85	0,89	0,92	0,86
május	1,00	0,82	0,91	0,94	0,86
június	1,00	0,83	0,94	0,96	0,91
július	1,00	0,85	0,93	0,95	0,90
augusztus	1,00	0,81	0,89	0,92	0,86
szeptember	1,00	0,88	0,87	0,88	0,82
október	1,00	0,91	0,79	0,81	0,76
november	1,00	0,94	0,74	0,76	0,83
december	1,00	0,96	0,79	0,82	0,88

28.31. táblázat.

Árnyékvető szög: 80 fok					
Vízszintes árnyékvető, F_v	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,98	0,90	0,81	0,87
február	1,00	0,96	0,88	0,79	0,72
március	1,00	0,96	0,91	0,85	0,73
április	0,93	0,89	0,83	0,74	0,63
május	0,90	0,86	0,80	0,69	0,67
június	0,88	0,87	0,82	0,72	0,77
július	0,91	0,89	0,83	0,75	0,76
augusztus	0,90	0,86	0,79	0,69	0,62
szeptember	0,98	0,90	0,83	0,72	0,52
október	1,00	0,92	0,85	0,72	0,57
november	1,00	0,98	0,88	0,76	0,79
december	1,00	0,99	0,93	0,86	0,92

28.32. táblázat.

Árnyékvető szög: 80 fok					
Függőleges árnyékvető, F_f	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,97	0,79	0,74	0,81
február	1,00	0,90	0,73	0,80	0,82
március	1,00	0,91	0,88	0,89	0,88
április	1,00	0,85	0,84	0,91	0,85
május	1,00	0,82	0,87	0,90	0,86
június	1,00	0,79	0,91	0,93	0,91
július	1,00	0,83	0,91	0,93	0,90
augusztus	1,00	0,81	0,84	0,90	0,85
szeptember	1,00	0,88	0,82	0,87	0,79
október	1,00	0,91	0,77	0,79	0,69
november	1,00	0,94	0,74	0,70	0,76
december	1,00	0,96	0,79	0,77	0,83

28.33. táblázat.

Árnyékvető szög: 90 fok					
Vízszintes árnyékvető, F_v	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,98	0,80	0,61	0,48
február	1,00	0,93	0,77	0,62	0,48
március	1,00	0,94	0,85	0,77	0,71
április	0,91	0,82	0,73	0,66	0,63
május	0,84	0,78	0,69	0,63	0,67
június	0,82	0,79	0,72	0,70	0,77
július	0,88	0,82	0,76	0,72	0,76
augusztus	0,88	0,79	0,69	0,63	0,62
szeptember	0,96	0,84	0,72	0,62	0,52
október	1,00	0,88	0,73	0,56	0,40
november	1,00	0,96	0,77	0,55	0,41
december	1,00	0,98	0,82	0,65	0,53

28.34. táblázat.

Árnyékvető szög: 90 fok					
Függőleges árnyékvető, F_f	90 fokos hajlásszög (függőleges)				
	É	ÉNy/ÉK	Ny/K	DNy/DK	D
január	1,00	0,97	0,79	0,67	0,74
február	1,00	0,90	0,73	0,74	0,77
március	1,00	0,91	0,83	0,88	0,85
április	1,00	0,85	0,79	0,86	0,81
május	1,00	0,82	0,82	0,89	0,82
június	1,00	0,79	0,87	0,93	0,87
július	1,00	0,83	0,86	0,92	0,87
augusztus	1,00	0,81	0,78	0,86	0,81
szeptember	1,00	0,88	0,77	0,82	0,74
október	1,00	0,91	0,77	0,74	0,67
november	1,00	0,94	0,74	0,63	0,74
december	1,00	0,96	0,79	0,70	0,78

29 Melléklet: Épületekre vonatkozó számítási profiladatok

Lakó és szállásjellegű épületekre (a továbbiakban együtt: lakóépületekre) a megadott értékek használata kötelező. A lakóépületre vonatkozó adatok használhatók az egyéb szállásjellegű épület esetén is (pl. szanatórium, idősek otthona, diákszálló). Ha a használati idő havi megoszlása markáns eltéréseket mutat, akkor havi használati időket kell meghatározni a napi használati idő figyelembe vételével (ahogy az oktatási funkcióknál látható).

29.1. táblázat: Különböző funkciójú épületekre vonatkozó ajánlott számítási alapadatok

	Napi használati idő	Éves használati idő	Éves használati idő	Hőmérséklet fűtési idény	Hőmérséklet hűtési idény	Szükséges szellőzési térfogatáram üzemidőben	Megvilágítás **	Hőnyereség napi átlag
	h/nap	nap/év	h/év	°C	°C	$\dot{V}_{LT}/A_k$ $m^3/(m^2h)$	MV lx	q_b W/m ²
Lakóépület egésze*	24	365	8760	20	26	$n_{szüks}=0,5/h$	-	5
Kis iroda (1-5 fő)	11	250	2750	20	26	4	500	7
Nagy iroda (>5 fő)	11	250	2750	20	26	6	500	8
Tárgyaló	11	250	2750	20	26	15	500	8
Osztályterem, óvoda, bölcsőde csoportszoba	10	szept.-jún.: 22 nap/hó júl.- aug.: 0 nap/hó	szept.-jún.: 220 h/hó, júl.- aug.: 0 h/hó	20	26	10	300	9
Előadó	7	szept.-jún.: 22 nap/hó júl.- aug.: 0 nap/hó	szept.-jún.: 154 h/hó, júl.- aug.: 0 h/hó	20	26	30	500	19
WC és mosdó középületben	fő funkció szerint			20	26	15	200	0
Alárendelt helyiség	fő funkció szerint			20	26	0	100	0
Közlekedő	fő funkció szerint			20	26	0	100	0

	Napi használati idő	Éves használati idő	Éves használati idő	Hőmérséklet fűtési időny	Hőmérséklet hűtési időny	Szükséges szellőzőési térfogatáram üzemidőben	Megvilágítás **	Hőnyereség napi átlag
	h/nap	nap/év	h/év	°C	°C	$\dot{V}_{LT}/A_N$ $m^3/(m^2h)$	MV lx	q_b W/m ²
Kereskedelmi egység / áruház	12	300	3600	20	26	4	300	9
Kereskedelmi egység hűtőpultokkal	12	300	3600	20	26	4	300	-2
Hotelszoba	11	365	4015	20	26	3	200	5
Menza	7	250	1750	20	26	18	200	12
Étterem	14	300	4200	20	26	18	200	14
Főzőkonyha	13	300	3900	20	26	90	500	77
Konyhai előkészítő	13	300	3900	20	26	15	300	10
Raktár, logisztikai tér	24	365	8760	12	28	1	150	2
Szerverszoba	24	365	8760	20	26	1,3	500	76
Színház/mozi nézőtér	4	250	1000	20	26	40	200	12
Színház/mozi előtér	4	250	1000	20	26	25	300	6
Színház színpad	10	250	2500	20	26	0,3	1000	0
Kongresszusi központ, kiállítócsarnok	9	150	1350	20	26	7	300	8
Múzeumi kiállítótér	8	250	2000	20	26	2	200	3
Könyvtár olvasóterem	12	300	3600	20	26	8	500	9
Könyvtár szabadpolcos	12	300	3600	20	26	2	200	4

	Napi használati idő	Éves használati idő	Éves használati idő	Hőmérséklet fűtési idény	Hőmérséklet hűtési idény	Szükséges szellőzési térfogatáram üzemidőben	Megvilágítás **	Hőnyereség napi átlag
	h/nap	nap/év	h/év	°C	°C	$\dot{V}_{LT}/A_N$ $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$	MV lx	q_b W/m^2
Tornaterem, sportcsarnok (nézőtér nélkül)	15	250	3750	20	26	3	300	3
Fitness terem	15	365	5475	18	26	12	300	16
Parkolóház (irodai, magán)	11	250	2750	20	26	8	75	0
Parkolóház (nyilvános)	15	365	5475	20	26	8	75	0
Folyosók (egészségügyi)	24	365	8760	20	26	10	125	4
Orvosi helyiség, terápia helyiség	10	250	2500	20	26	10	500	7

*Lakóépületekre a megadott értékek alkalmazása kötelező

** A megvilágítás értékek új épületekre és korszerűsített rendszerekre vonatkoznak

29.2. táblázat: Különböző funkciójú épületekre vonatkozó ajánlott alapadatok a HMV hőigény meghatározásához

	HMV hőigény	vonatkoztatási egység
Családi ház*	25	kWh/m ² év
Egyéb lakóépület*	30	kWh/m ² év
Irodaház	0,4	kWh fejenként, naponta
Kórházi hálóterem	6	kWh ágyanként, naponta
Iskola, óvoda, bölcsőde	0,4	kWh fejenként, naponta
Kereskedelmi	1	kWh dolgozónként, naponta
Ipari épület (zuhanyzással)	1,8	kWh dolgozónként, naponta
Hotel	2 (egyszerű) 5 (luxus)	kWh ágyanként, naponta
Étterem	1,1	kWh székenként, naponta
Nyugdíjasotthon	2,3	kWh fejenként, naponta
Laktanya	1,8	kWh fejenként, naponta
Sportlétesítmény	1,8	kWh fejenként, naponta
Menza	0,4	kWh adagonként
Szaunatér	2,8	kWh fejenként, naponta
Labor	0,4	kWh fejenként, naponta
Fitnesszter	1,5	kWh fejenként, naponta

*Lakóépületekre a megadott érték alkalmazása kötelező. A nettó igény 20%-a konyhai fogyasztás, 80%-a fürdőszobai fogyasztás (a megosztás eltérő típusú rendszer esetén releváns).

A melegvíz teljes hőigény meghatározása után a q_{HMV} értékét nettó kondicionált alapterületre kell fajlagosítani.

29.3. táblázat: Légcsereszám számítási adatok természetes szellőztetés esetén a nyári félévben (májustól szeptemberig)

A légcsereszám számítási értékei a nyári félévben, természetes szellőztetéssel	Nyitható nyílások	
	egy homlokzaton	több homlokzaton
éjszakai szellőztetés miatti légcsereszám növekmény ($n_{éj}$)	3	6

29.4. táblázat: Tömítetlenségből származó légcsera növekedés¹⁾

Nyílászáró légáteresztése	Nyílások elhelyezkedése	Szintek száma	Tömítetlenségből származó légcsera ¹⁾ n_{filt} [1/h]	
			szélvédett	szélnek kitett ²⁾
Gyenge légzárású: vetemedett, rosszul illesztett; vagy falhézagnál hőszigeteltetlen, tömítetlen nyílászárók	Egy homlokzaton	1-2	0,20	0,35
		3-6		0,40
		7-		0,60
	Több homlokzaton vagy szellőzőkürtő	1-2	0,40	0,65
		3-6		0,75
		7-		1,00
Közepes légzárású: kettős jól illeszkedő, de tömítetlen, vagy egyszeres jól illeszkedő öntapadó tok-szárnýtömítéssel ellátott; vagy falhézagban csak hőszigeteléssel tömített nyílászárók	Egy homlokzaton	1-2	0,05	0,10
		3-6		0,15
		7-		0,25
	Több homlokzaton vagy szellőzőkürtő	1-2	0,10	0,20
		3-6		0,25
		7-		0,40
Jó légzárású: körbemenő, gyárilag beépített, alakos-tok-szárnýtömítéssel; oldalanként legalább egy ponton záródó; vagy minősítő iratban MSZ EN 12207 szerint 4-es légáteresztési osztályú; és minden esetben falhézagnál légzáróan is tömített nyílászárók	Egy homlokzaton		0,03	
	Több homlokzaton vagy szellőzőkürtő		0,06	
Kiváló légzárású ³⁾	$V \leq 1500 \text{ m}^3$	nincs gépi szellőzés $n_{50} \leq 2,0 \text{ h}^{-1}$	0,00	
		van gépi szellőzés $n_{50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$		
	$V > 1500 \text{ m}^3$	nincs gépi szellőzés $q_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$		
		van gépi szellőzés $q_{50} \leq 2,0 \text{ h}^{-1}$		

1) Amennyiben a nyílászárók minősége vegyes, akkor a nyílászárók bruttó felületeivel súlyozott átlagérték alkalmazható a légcsera növekedés meghatározásához.

2) Szélnek kitett szabadon álló vagy az épített környezetből kiemelkedő magasabb épületek esetében alkalmazandó.

3) MSZ EN ISO 9972 szabvány szerinti légtömörség mérési eredmény rendelkezésre állása esetén alkalmazható.

29.5. táblázat: A szakaszos üzemvitel hatását kifejező korrekciós tényező (fűtési üzem)

	Lakóépületek	Egyéb rendeltetés (hétköznapi éjjel és hétvégi csökkentett hőmérséklet esetén)
	σ_F [-]	σ_F [-]
nincs automatikával programozható fűtés	1,0	1,0
fűtés automatikával programozható, időálló nagyobb mint 24 óra	1,0	0,95
fűtés automatikával programozható, időálló kisebb mint 24 óra	0,95	0,9

29.6. táblázat: A szakaszos üzemvitel hatását kifejező korrekciós tényező (hűtési üzem)

	σ_H [-]
a szabályozás/kikapcsolás időtartama rövidebb, mint 2 nap/hét	1,0
a szabályozás/kikapcsolás időtartama min. 2 nap/hét (pl. egész hétvégre kikapcsolt üzem)	0,8

30 Melléklet: Energiahordozókra vonatkozó adatok

30.1. táblázat: Fűtőérték és égéshő hányadosa különböző energiahordozók esetén

Energiahordozó	$F_{f\acute{e}/\acute{e}h}$
földgáz	0,90
fa, biomassza	0,93
szén	0,96
olaj	0,94
nem éghető energiahordozók (áram, távhő, egyéb megújulók)	1,0

31 Melléklet: Tájékoztató műszaki adatok

31.1 Nyílászárók elemeinek hőtechnikai jellemzői

31.1. táblázat: Néhány üvegezés hőátbocsátási tényezője

Az üvegezés típusa	$U_{\tilde{U}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$	$g_n [-]$
Egyrétegű üvegezés (4 mm float)	5,8	0,85
Kétrétegű üvegezés (4-12-4 mm) bevonat nélkül	2,9	0,75
Kétrétegű üvegezés (4-12-4 mm) egy szelektív low-e bevonattal a belső üveg külső oldalán ($\varepsilon=0,15$)	1,6	0,7
Kétrétegű üvegezés (4-16-4 mm) egy szelektív low-e bevonattal a belső üveg külső oldalán ($\varepsilon<0,05$), argon nemesgáz töltéssel (>90%)	1,2	0,59
Reflektív kétrétegű hővédő ($g=0,32$) üvegezés (4-16-4 mm) egy low-e bevonattal a külső üveg belső oldalán, argon nemesgáz töltéssel (>90%)	1,1	0,32
Háromrétegű üvegezés (4-12-4-12-4 mm) két szelektív low-e bevonattal ($\varepsilon<0,05$), argon nemesgáz töltéssel (>90%)	0,8	0,55

31.2. táblázat: Néhány keret hőátbocsátási tényezője

A keret típusa	$U_K \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$
Műanyag (kétkamrás)	2,2
Műanyag (háromkamrás)	2,0
Műanyag (négykamrás)	1,6
Műanyag (ötkamrás)	1,3
Műanyag (többkamrás)	1,0
Fa (50 mm)	2,2
Fa (70 mm)	2,0
Fa (80 mm)	1,8
Fa (100 mm)	1,6
Fa (150 mm)	1,2
Fém (termikus elválasztás nélkül)	5,8
Fém (gyenge termikus elválasztás)	3,3
Fém (közepes termikus elválasztás)	2,6
Fém (erős termikus elválasztás)	2,0

31.3. táblázat: Néhány keret és üvegezés csatlakozásának összesített vonalmenti hőátbocsátási tényezője

A keret, üvegezés és távtartó típusa	$\psi_{K,U} \left[\frac{W}{mK} \right]$
Fa vagy műanyag nyílászáró, low-e bevonatos kétrétegű vagy két low-e bevonatos háromrétegű rétegű üvegezéssel, fém távtartóval	0,08
Fa vagy műanyag nyílászáró, low-e bevonatos kétrétegű vagy két low-e bevonatos háromrétegű rétegű üvegezéssel, fejlett (műanyag) távtartóval	0,06
Fa vagy műanyag nyílászáró, bevonat nélküli üvegezéssel, fém távtartóval	0,06
Fa vagy műanyag nyílászáró, bevonat nélküli üvegezéssel, fejlett (műanyag) távtartóval	0,05
Fém nyílászáró termikus elválasztással, low-e bevonatos kétrétegű vagy két low-e bevonatos háromrétegű rétegű üvegezéssel, fém távtartóval	0,11
Fém nyílászáró termikus elválasztással, low-e bevonatos kétrétegű vagy két low-e bevonatos háromrétegű rétegű üvegezéssel, fejlett (műanyag) távtartóval	0,08
Fém nyílászáró termikus elválasztással, bevonat nélküli üvegezéssel, fém távtartóval	0,08
Fém nyílászáró termikus elválasztással, bevonat nélküli üvegezéssel, fejlett (műanyag) távtartóval	0,06
Fém nyílászáró termikus elválasztás nélkül, low-e bevonatos kétrétegű vagy két low-e bevonatos háromrétegű rétegű üvegezéssel, fém távtartóval	0,05
Fém nyílászáró termikus elválasztás nélkül, low-e bevonatos kétrétegű vagy két low-e bevonatos háromrétegű rétegű üvegezéssel, fejlett (műanyag) távtartóval	0,04
Fém nyílászáró termikus elválasztás nélkül, bevonat nélküli üvegezéssel, fém távtartóval	0,02
Fém nyílászáró termikus elválasztás nélkül, bevonat nélküli üvegezéssel, fejlett (műanyag) távtartóval	0,01

31.4. táblázat: Néhány merevítőprofil és üvegezés csatlakozásának összesített vonalmenti hőátbocsátási tényezője

Az üvegezés és merevítő típusa	$\psi_{M,U} \left[\frac{W}{mK} \right]$
Low-e bevonatos kétrétegű üvegezés, fém belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 2 mm	0,07
Low-e bevonatos kétrétegű üvegezés, fém belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 4 mm	0,04
Bevonat nélküli kétrétegű üvegezés, fém belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 2 mm	0,03
Bevonat nélküli kétrétegű üvegezés, fém belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 4 mm	0,01
Low-e bevonatos háromrétegű üvegezés, fém belső merevítőprofil az egyik lég- vagy gágrétegben, fém belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 2 mm	0,03
Low-e bevonatos háromrétegű üvegezés, fém belső merevítőprofil az egyik lég- vagy gágrétegben, fém belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 4 mm	0,01
Low-e bevonatos háromrétegű üvegezés, fém belső merevítőprofil mindkét lég- vagy gágrétegben, fém belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 2 mm	0,05
Low-e bevonatos háromrétegű üvegezés, fém belső merevítőprofil mindkét lég- vagy gágrétegben, fém belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 4 mm	0,02
Low-e bevonatos kétrétegű üvegezés, műanyag belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 2 mm	0,04
Low-e bevonatos kétrétegű üvegezés, műanyag belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 4 mm	0,02
Bevonat nélküli kétrétegű üvegezés, műanyag belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 2 mm	0,00
Low-e bevonatos háromrétegű üvegezés, műanyag belső merevítőprofil az egyik lég- vagy gágrétegben, műanyag belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 2 mm	0,02
Low-e bevonatos háromrétegű üvegezés, műanyag belső merevítőprofil az egyik lég- vagy gágrétegben, műanyag belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 4 mm	0,01
Low-e bevonatos háromrétegű üvegezés, műanyag belső merevítőprofil mindkét lég- vagy gágrétegben, műanyag belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 2 mm	0,03
Low-e bevonatos háromrétegű üvegezés, műanyag belső merevítőprofil mindkét lég- vagy gágrétegben, műanyag belső merevítőprofil távolsága az üvegtől > 4 mm	0,02

31.2 Mobil árnyékolók árnyékolási tényezői

31.5. táblázat: Néhány mobil árnyékoló árnyékolási tényezője

Árnyékoló típus	Árnyékolási tényező (g _{árny})	
	belül elhelyezve	kívül elhelyezve
Spaletta	-	0,15
Redőny	-	0,1
Reluxa, világos	0,45	0,15
Reluxa, sötét	0,80	0,35
Textil roló, világos	0,55	0,35
Textil roló, sötét	0,85	0,6
Roló reflexív (alu) bevonattal	0,2	0,1
Függöny, világos	0,8	-
Függöny, sötét	0,95	-

31.3 Panelek épületek homlokzati falszerkezeteinek átlagos hőátbocsátási tényezője

A panelek rendszerek átlagos U-tényezőjét az utólagos hőszigetelés függvényében a táblázat mutatja. Az értékek nem tartalmazzák a csatlakozási hőhidak hatását. Utóbbit egyszerűsített módszerrel lehet számolni. *A táblázatot Zorkóczy Zoltán állította össze és egy korábbi minisztériumi segédletben jelent meg.*

31.6 Lakásépítésben használt vasbeton-szendvicspanelek korszakonkénti jellemző, mérés alapján kifejezett, átlagos hőátbocsátási tényezők értéke

házgyár, poligon üzem	készült lakótelepek példák	gyártási idő	hőszigetelés	Eredeti rétegek vastagsága (mm)				Átlagos hőátbocsátási tényező (W/m ² K) kiegészítő hőszigetelés vastagságanként					
				teljes	külső kéreg	hőszigetelés	belső szerk.	0	4	8	12	16	20
Dunaújváros	Dunaújváros: Dózsa városrész, Belváros, Technikum városrész, felső Duna part, Kertváros, Római városrész; Szeged Tarján; Szekszárd Kőlcsey lakótelep; Százhalombatta	1967-1979	salakgyapot	300	70	100	130	1,786	0,680	0,424	0,310	0,244	0,201
		1977-1982	EPS	300	70	60	170	1,796	0,672	0,405	0,294	0,234	0,199
		1982-	EPS	300	70	80	150	1,393	0,591	0,392	0,295	0,235	0,191
Pécs	Pécs, Siklós	1971-1983	EPS	250	50	50	150	1,591	0,662	0,419	0,306	0,241	0,199
		1983-1987	EPS	270	50	70	150	1,323	0,602	0,393	0,292	0,232	0,193
Budapest I.	Kelenföld	1965-1967	salakgyapot	250	50	110	90	1,725	0,663	0,417	0,306	0,241	0,199
	Kelenföld, Óbuda, Csorba úti, Zugló	1967-1974	EPS	250	55	80	115	1,551	0,639	0,408	0,300	0,237	0,194
	Óbuda, Békásmegyer, Andor utca, Kelenföld, Újpalota, Rákoskeresztúr, Kőbánya Városcsúszponton, Kaszásdűlő, Dunyov utcai, Budakeszi	1975-1983	EPS	300	70	80	150	1,612	0,659	0,418	0,305	0,240	0,199
		1982-1990	EPS	300	70	80	150	1,041	0,542	0,367	0,277	0,222	0,186
Budapest II.	Árpádhídfői, Csepel Városcsúszponton, Újpest Városcsúszponton, Zugló, Szentkorona utcai, Újpalota	1968-1974	EPS	265 (210)	65	50	150 (95)	1,495	0,643	0,410	0,301	0,237	0,196
	Zugló, Kőbánya-Újhegyi, Újlipótváros, Gogol utca, Csepel-Királymajor, Józsefváros, Kőbánya-Városcsúszponton, Valéria, Mihálykócsics utca, Váci-Gyöngyösi utca, Csengettyű utca, Valéria, Szegedi-Országbíró utca, Rákoskeresztúr, Csepellakótelep, Gyakorló utca, Viráforogó, Pesterzsébert	1974-1987	EPS	265	65	50	150	1,387	0,622	0,402	0,297	0,235	0,194
		1982-	EPS	300	70	80	150	1,041	0,542	0,367	0,277	0,222	0,186
Győr	Győr Ady	1968-1971	salakgyapot	250	50	100 (75)	100 (125)	1,796	0,696	0,431	0,314	0,246	0,202
	Győr: Ady város, József Attila, Marcal, Győr 2, Győr 5; Sopron; Szombathely: KISZ, Joskar-Cla, Cladl, Derkovits; Sárvár; Kőrmend; Celldömök; Tapolca; Balatonfüred; Székesfehérvár; Várpalota; Oroszlány; Tatabánya: Sárberék, Bánhida, Dózsakert, Gál István, Újváros; Budapest: Örmező, Gazdagrét, Rózsakert; Tata, Komárom	1971-1974	EPS	250	50	50	150	1,981	0,713	0,432	0,312	0,243	0,203
		1974-1985	EPS	265	65	50	150	1,591	0,662	0,419	0,306	0,241	0,199
		1984-1990	EPS	300	70	80	150	1,323	0,602	0,393	0,292	0,232	0,193

Miskolc	Miskolc: Belváros, Győrikapu, Gyula utca, Kazincbarcika, Salgótarján	1969-1971	salak-gyapot	250	50	100 (75)	100 (125)	1,796	0,696	0,431	0,314	0,246	0,202
	Miskolc: Ávas, Belváros, Bereka, Bodótető, Bolgárföld, Diósgyőr, Győrikapu, Gyula utca, Jókai utca, Majláth utca, Martin telep, Mátyás király út, Összekötő városrész, Szinvan népkert, Szentpéteri kapu; Ózd; Kazincbarcika; Salgótarján; Eger	1971-1975	EPS	250	50	50	150	1,981	0,713	0,432	0,312	0,243	0,203
		1975-1987	EPS	265	65	50	150	1,591	0,662	0,419	0,306	0,241	0,199
		1985-1989	EPS	300	70	80	150	1,323	0,602	0,393	0,292	0,232	0,193
Szolnok	Szolnok; Karcag; Törökszentmiklós	1989-1991	EPS	260 (220)	60	60	160 (100)	1,553	0,655	0,416	0,304	0,240	0,198
Budapest III.	Újpalota, Kelenföld, Csepel Városcsúszpont, Csángó utca, Zuglói, Óbuda, Drégelyvár utca, Kerepesi út, Tüzér utca, Kőbánya-Újhegy, Eperfasor utca, Havanna lakótelep, Vát utca, Kispeszt, Békásmegyer, Gyakorló utca, Szobor-Faludi utca	1971-1987	EPS	250	60	55-75	120-140	1,457	0,611	0,406	0,299	0,237	0,196
		1984-1994	EPS	300	70	80	150	1,067	0,546	0,369	0,276	0,223	0,186
Debrecen	Debrecen: Újkert, Vénkert, Mester utca, Hüvelyes út, Csapó utca, Doboz út, Burgundia utca, Kandia-Szt Anna utcai, Tócsövölgy, Tócsókert; Budapest: Columbus; Nyíregyháza: Értkert, Örösföld, Józsváros, egyéb	1970-1989	EPS	250	60	55-75	120-140	1,457	0,611	0,406	0,299	0,237	0,196
		1987-1994	EPS	300	70	80	150	1,067	0,546	0,369	0,278	0,223	0,186
Szeged	Szeged: Tarján, Felsőváros, Északváros, Makkosháza, Újrókus, Odessza, Marostói; Kecskemét: Széchenyi város; Budapest: Kaszálórét; Csongrád; Szentes; Hódmezővásárhely; Orosháza; Békéscsaba; Tótkomlós	1971-1987	EPS	250	60	55-75	120-140	1,457	0,611	0,406	0,299	0,237	0,196
		1982-1987	EPS	300	70	80	150	1,067	0,546	0,369	0,278	0,223	0,186
Budapest IV.	Fehérvári út, Gogol utca, Pesterzsébet, Kispeszt, Csepel, Rákosszentúti, Ada utca, Rátz László-Bigszádi út, Adony utca	1974-1983	EPS	300	70	80	150	1,612	0,659	0,418	0,305	0,240	0,199
		1981-1990	EPS	300	70	80	150	1,041	0,542	0,367	0,277	0,222	0,186
Veszprém	Veszprém: Jutasi út, Cholnoky Solyi-Vilonyai utca, Egri út; Ajkán: Alkotmány utca, Béke út, Fő utca mellett, Ifjúsági utca, Petőfi S. utca; Siófokon; Várpalotán; Székesfehérváron; Érden; Budapest: Békásmegyer	1975-1981	EPS	300	70	80	150	1,612	0,659	0,418	0,305	0,240	0,199
		1981-1986	EPS	300	70	80	150	1,041	0,542	0,367	0,277	0,222	0,186
Kecskemét	Kecskemét: Széchenyi város, Árpád város; Budapest: Pesterzsébet, Csepel, Mézesfővár utca, Rakéta utca; Dunaújváros: Béke városrész; Baja; Nagykőrös; Cegléd; Gödöllő; Kiskunfélegyháza; Kistarcsa; Nagytarcsa; Pécs; Kiskunhalas; Kiskunfélegyháza	1976-1987	EPS	300	70	80	150	1,612	0,659	0,418	0,305	0,240	0,199
		1985-1987	EPS	300	70	80	150	1,041	0,542	0,367	0,277	0,222	0,186

32 Melléklet: Jelölések és mértékegységek

Jelölés	A mennyiség megnevezése	Mértékegység
A	<i>felület, a belméretek alapján számolva</i>	m^2
A_b	<i>a borda felülete</i>	m^2
$A_{FF,elem}$	<i>a függönyfalat alkotó elemek felülete</i>	m^2
A_j	<i>a zóna nettó alapterülete (világítás)</i>	m^2
A_k	<i>a k szellőzési mód által ellátott alapterület a zónában</i>	m^2
A_k	<i>a keret felülete</i>	m^2
A_l	<i>a lizéna felülete</i>	m^2
A_N	<i>az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló kormányrendelet szerinti hasznos alapterület</i>	m^2
A_{nyz}	<i>nyílászáró területe</i>	m^2
A_p	<i>az átlátszatlan panel felülete</i>	m^2
$A_{rögz}$	<i>egy rögzítőelem keresztmetszeti területe</i>	m^2
A_{rszr}	<i>hőellátó rendszerhez tartozó alapterület</i>	m^2
A_{szell}	<i>a nyílások területe légréteg hővezetési ellenállásának számításához</i>	m^2
$A_{üi}$	<i>az üvegezés felülete, az üvegezés mérete alapján számolva</i>	m^2
B	<i>talajon fekvő padló karakterisztikus mérete</i>	m
C_h	<i>a hűtőgép teljesítménytényezője</i>	
$C_{m,eff}$	<i>effektív hőtároló képesség</i>	kJ/K
$CTRL$	<i>szellőztetés szabályozási tényező</i>	-
D	<i>a lábazati hőszigetelés szélessége vagy mélysége a terepszint alatt</i>	m
EEI	<i>keringetőszivattyúk energiahatékonysági mutatója</i>	-
$E_{súlyozott}$	<i>az épület súlyozott energetikai teljesítménye</i>	$kWh/év$ $CO_2/év$

$E_{\text{súlyozott,fajl}}$	az épület súlyozott energetikai teljesítményének fajlagos értéke	$\text{kWh/m}^2\text{év}$ $\text{CO}_2/\text{m}^2\text{év}$
$E_{\text{F/H/HMV/LT/vil,nren}}$	a fűtés/hűtés/melegvzellátás/szellőzés/világítás éves nem megújuló primerenergia igénye	kWh/év
$E_{\text{F/H/HMV/LT/vil,nren,fajl}}$	a fűtés/hűtés/melegvzellátás/szellőzés/világítás fajlagos éves nem megújuló primerenergiaigénye	$\text{kWh/m}^2\text{ év}$
$E_{\text{F/H/HMV/LT/vil,CO2}}$	a fűtés/hűtés/melegvzellátás/szellőzés/világítás éves szén-dioxid kibocsátása	kg/ év
$E_{\text{F/H/HMV/LT/vil,CO2,fajl}}$	a fűtés/hűtés/melegvzellátás/szellőzés/világítás fajlagos éves szén-dioxid kibocsátása	$\text{kg/m}^2\text{év}$
$E_{\text{exp,súlyozott}}$	a helyben megtermelt és más helyi, az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló rendelet által nem szabályozott fogyasztóknak átadott vagy a hálózatra exportált, súlyozott energia	kWh/ év $\text{CO}_2/\text{ év}$
$E_{\text{exp,súlyozott,fajl}}$	a helyben megtermelt és más helyi, az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló rendelet által nem szabályozott fogyasztóknak átadott vagy a hálózatra exportált, súlyozott energia fajlagos értéke	$\text{kWh/m}^2\text{év}$ $\text{CO}_2/\text{m}^2\text{év}$
E_{nren}	az épület(rész) éves nem megújuló primerenergia igénye	kWh/év
$E_{\text{nren,fajl}}$	összesített energetikai jellemző (az épület(rész) éves nem megújuló primerenergia igénye)	$\text{kWh/m}^2\text{ év}$
E_{ren}	az épület(rész) éves megújuló primerenergia igénye	kWh/év
$E_{\text{ren,fajl}}$	az épület(rész) éves megújuló primerenergia igénye	$\text{kWh/m}^2\text{ év}$
E_{tot}	az épület(rész) éves teljes primerenergia igénye	kWh/év
$E_{\text{tot,fajl}}$	az épület(rész) éves teljes primerenergia igénye	$\text{kWh/m}^2\text{ év}$
E_{CO2}	az épület(rész) éves szén-dioxid kibocsátása	kg/év
$E_{\text{CO2,fajl}}$	az épület(rész) éves fajlagos szén-dioxid kibocsátása	$\text{kg/ m}^2\text{év}$
$F_{\text{áry,i}}$	a külső akadályok miatti összesített árnyékolási tényező adott i tájolás és hajlásszög esetén	-
F_{f}	nyílászáró melletti függőleges árnyékvető szerkezet miatti árnyékolási tényező	-
F_{fe}	a fényerő szabályozhatóságát kifejező tényező	-

F_h	<i>a horizont miatti árnyékoltsági tényező</i>	-
F_H	<i>fényforrások fényhasznosítása</i>	lm/W
F_{keret}	<i>a nyílászáró keretaránya</i>	-
$F_{kihaszn}$	<i>kihasználtsági mutató</i>	-
F_{nappal}	<i>természetes megvilágítás szerepét kifejező tényező</i>	-
F_{szab}	<i>szabályozás típusát kifejező tényező</i>	-
$F_{ü}$	<i>az üvegezés beesési szögtől függő korrekciós tényezője</i>	-
F_v	<i>nyílászáró feletti vízszintes árnyékvető szerkezet miatti árnyékoltsági tényező</i>	-
H	<i>hőátviteli tényező</i>	W/K
H_d	<i>a deresedés szempontjából kritikus órákban az éves fűtési hőfokhíd ezredrésze</i>	khK/év
$H_{LT,1/2,F}$	<i>szellőzési hőátviteli tényező, gépi szellőzés, 1./2. fokozat esetén (fűtési idényben)</i>	W/K
$H_{LT,filt,F}$	<i>szellőzési hőátviteli tényező, filtráció (fűtési idényben)</i>	W/K
$H_{szell,F/H}$	<i>szellőzési hőátviteli tényező fűtés/hűtés esetén</i>	W/K
$H_{term,F}$	<i>szellőzési hőátviteli tényező, természetes szellőzés (fűtési idényben)</i>	W/K
H_{tr}	<i>transzmissziós hőátviteli tényező</i>	W/K
$H_{tr, D,F/H}$	<i>külső környezettel határos szerkezetek direkt transzmissziós hőátviteli tényezője fűtés/hűtés esetén</i>	W/K
$H_{tr, F/H}$	<i>transzmissziós hőátviteli tényező a fűtés/hűtés esetén</i>	W/K
$H_{tr,ix}$	<i>transzmissziós hőátviteli tényező a belső tér és a nem kondicionált tér között</i>	W/K
$H_{tr,T}$	<i>talajjal érintkező szerkezetek transzmissziós hőátviteli tényezője</i>	W/K
$H_{tr,T,p}$	<i>fűtött pince transzmissziós hőátviteli tényezője</i>	W/K
$H_{tr,T,tp}$	<i>a terepszint közelében vagy felett fekvő padló transzmissziós hőátviteli tényezője</i>	W/K
$H_{tr,x,F/H}$	<i>nem kondicionált térrel határos szerkezetek transzmissziós hőátviteli tényezője fűtés/hűtés esetén</i>	W/K

$G_{s,i}$	az adott i tájolású és Hajlásszögű felületre érkező napsugárzási energiahozam az adott időszakra	kWh/m ²
MISC	a szellőztetés hatékonyságát, a légcsatornák szivárgását és a járulékos infiltrációt kifejező összesített általános típustényező	-
MV	a helyiségre / zónára előírt megvilágítás	lx
P	talajon fekvő padló kitett kerülete	m
P_{psz}	a perem hőszigetelés hossza a kerület mentén	m
P_j	a beépített világítás fajlagos névleges elektromos teljesítménye a j zónában	W/m ²
$P_{koll,sziv}$	szolárköri szivattyú névleges teljesítménye	W
$P_{PV,össz}$	a napelem mező beépített teljesítménye	W
Q	hőenergia	kWh/év
$Q_{b,F/H}$	belső hőnyereség fűtés vagy hűtés esetén	kWh/év
$Q_{F,o}$	a méretezési fűtési hőszükséglet becsült értéke a lefedési arányok meghatározásához	W
$Q_{F,EF,n,net}$	gépi szellőzés előfűtésének nettó hőenergia igénye (n . fokozatban)	kWh/év
$Q_{F,LT,lcs,n}$	a levegő elosztás éves hővesztesége (n .fokozatban)	kWh/év
$Q_{F,LT,n,friss,net}$	friss levegőre vonatkoztatott nettó hőigény	kWh/év
$Q_{F,LT,n,net}$	nettó fűtési hőigény leghevítő által fedezett része (n . fokozatban)	kWh/év
$Q_{F,LT,recirk,n,net}$	a recirkuláció nettó hőenergia igénye (n . fokozatban)	kWh/év
$Q_{F,net, folyt}$	nettó fűtési energiaigény, folytonos üzem esetén	kWh/év
$Q_{F,net,FR}$	a nettó fűtési energiaigényének nem léghevítés által fedezett hányada	kWh/év
$Q_{LT,EF,n,vég}$	gépi szellőzés előfűtőjének éves bruttó hőenergiafelhasználása	kWh/év
$Q_{LT,UF,n,vég}$	gépi szellőzés utófűtőjének éves bruttó hőenergiafelhasználása	kWh/év
$Q_{F,szab}$	a teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti éves veszteségek	kWh/év
$Q_{F,szakaszos}$	nettó fűtési energiaigény szakaszos üzem esetén	kWh/év

$Q_{F,sz\acute{a}ll}$	az elosztóvezeték éves vesztesége	kWh/év
$Q_{F,t\acute{a}r}$	a hőtárolás éves vesztesége	kWh/év
$Q_{F,thcs,,net}$	a talajhőcserélős levegőelőmelegítés által fedezett nettó hőenergiaigény (n. fokozatban)	kWh/év
$Q_{F,vég,j}$	a j. energiahordozóhoz tartozó éves bruttó fűtési hőenergiafelhasználás	kWh/év
$Q_{GM,\acute{a}t}$	a gázmotor által termelt, de az épületben fel nem használt, más fogyasztóknak átadott éves hőmennyiség	kWh/év
$Q_{H,net}$	a gépi hűtés éves nettó energiaigénye	kWh/év
$Q_{H,net,folyt}$	a gépi hűtés éves nettó energiaigénye folytonos üzem esetén	kWh/év
$Q_{H,net,szakaszos}$	a gépi hűtés éves nettó energiaigénye szakaszos üzem esetén	kWh/év
$Q_{H MV,vég,j}$	a j. energiahordozóhoz tartozó fajlagos éves bruttó HMV hőenergiaigény	kWh/év
$Q_{H MV,net}$	a melegvíz készítés nettó éves energiaigénye	kWh/év
$Q_{H MV,sz\acute{a}ll}$	a melegvíz elosztás éves vesztesége	kWh/év
$Q_{H MV,t\acute{a}r}$	a melegvíz tárolás éves vesztesége	kWh/év
Q_{koll}	napkollektoros rendszer általt termelt és hasznosított hő éves mennyisége (a más fogyasztóknak átadott hő nélkül)	kWh/év
$Q_{koll,\acute{a}t}$	napkollektoros rendszer általt termelt, az épületben fel nem használt de más fogyasztóknak átadott hő éves mennyisége	kWh/év
Q_{lead}	teljes hőleadás hűtés esetén	kWh/év
$Q_{lead,26}$	a teljes transzmissziós és szellőzési hőleadás hűtési módban 26 °C-os belső hőmérsékletre	kWh/év
$Q_{net,norm,F/H}$	fűtés/ hűtés energiaigénye a számítási időszak alatt végig normál nyitvatartást feltételezve	kWh/év
$Q_{net,szün,F/H}$	a fűtés/ hűtés energiaigénye a számítási időszak alatt végig szünetet feltételezve	kWh/év
Q_{nyer}	teljes hőnyereség fűtés esetén	kWh/év
Q_{terh}	teljes hőterhelés hűtés esetén	kWh/év

$Q_{s,F/H}$	teljes sugárzási hőnyereség fűtés vagy hűtés esetén	kWh/év
$Q_{sd,F/H}$	a direkt sugárzási hőnyereség fűtés vagy hűtés esetén	kWh/év
$Q_{sid,F/H}$	az indirekt sugárzási hőnyereség fűtés vagy hűtés esetén	kWh/év
$Q_{szell,F/H}$	szellőzési hőátvitel érezhető hányada fűtés/ hűtés esetén	kWh/év
$Q_{tr,F/H}$	transzmissziós hőátvitel fűtés vagy hűtés esetén	kWh/év
Q_{veszt}	teljes hővesztesség fűtés esetén	kWh/év
$Q_{vég}$	az i energiahordozóval kiszolgált együttes végsőenergia igény energiahordozónként (fűtés, hűtés, HMV, szellőzés, stb.)	kWh/év
R	hővezetési ellenállás	m^2K/W
R'	a lábazati hőszigetelés miatti többlet hővezetési ellenállás	m^2K/W
$R_{árny}$	árnyékoló szerkezet hővezetési ellenállása	m^2K/W
R_l	légréteg egyenértékű hővezetési ellenállása	m^2K/W
R_{psz}	a lábazati hőszigetelés hővezetési ellenállása	m^2K/W
R_p	a padló szerkezet hővezetési ellenállása, figyelembe véve a padlón, padló alatt vagy a padlóban elhelyezett teljes felületű hőszigetelést	m^2K/W
R_{pf}	a pince falszerkezet hővezetési ellenállása	m^2K/W
R_{si} és R_{se}	belső és külső felületi hőátadási ellenállás	m^2K/W
R_{tot}	eredő hővezetési ellenállás	m^2K/W
$R_{tot,alsó}$	az eredő hővezetési ellenállás alsó határértéke	m^2K/W
$R_{tot,felső}$	az eredő hővezetési ellenállás felső határértéke	m^2K/W
$R_{tot,zárt}$	a zárt légréteg eredő hővezetési ellenállása	m^2K/W
$R_{tot,szell}$	az intenzíven kiszellőztetett légréteg eredő hővezetési ellenállása	m^2K/W
RER	megújuló energia részarány	%
$SCOP, SPF$	hőszivattyú szezonális jósági foka	-
$SEER$	hűtőgép szezonális teljesítménytényezője	-
SPI	ventilátoroknál: fajlagos felvett villamos teljesítmény, a gyártói	$kW/(m^3/h)$

	<i>információs adatlapon feltüntetett érték</i>	
$T_{\text{túl}}$	<i>a túlmelegedés mértéke 26 °C belső hőmérséklet fölött (túlmelegedési belső hőfokhíd)</i>	Kh
U	<i>hőátbocsátási tényező</i>	W/m ² K
U_0	<i>a korrekciók nélküli hőátbocsátási tényező</i>	W/m ² K
U_b	<i>a borda hőátbocsátási tényezője</i>	W/m ² K
U_{FF}	<i>a függönyfal hőátbocsátási tényezője</i>	W/m ² K
$U_{\text{FF, elem}}$	<i>a függönyfalat alkotó elemek hőátbocsátási tényezője</i>	W/m ² K
$U_{\text{T,pf}}$	<i>fűtött pince falának egyenértékű hőátbocsátási tényezője</i>	W/m ² K
U_k	<i>a keret hőátbocsátási tényezője</i>	W/m ² K
$U_{\text{kör}}$	<i>körkeresztmetszetű légszatorna hosszegységre vonatkozó hőátbocsátási tényezője</i>	W/mK
U_l	<i>a lizéna hőátbocsátási tényezője</i>	W/m ² K
U_{lf}	<i>a lábazati fal hőátbocsátási tényezője (felületi ellenállásokkal)</i>	W/m ² K
U_{nsz}	<i>négyszög keresztmetszetű légszatorna hőátbocsátási tényezője</i>	W/m ² K
U_{ny}	<i>nyílászáró hőátbocsátási tényezője</i>	W/m ² K
$U_{\text{ny,e}}$	<i>egyszárnyú nyílászáró hőátbocsátási tényezője</i>	W/m ² K
$U_{\text{ny,k}}$	<i>kapcsolt nyílászáró hőátbocsátási tényezője</i>	W/m ² K
$U_{\text{ny,t}}$	<i>társított árnyékoló szerkezettel ellátott nyílászáró hőátbocsátási tényezője</i>	W/m ² K
U_p	<i>az átlátszatlan panel hőátbocsátási tényezője</i>	W/m ² K
U_p	<i>a padlószerkezet hőátbocsátási tényezője (felületi ellenállásokkal)</i>	W/m ² K
U_R	<i>csatlakozási hőhidak hatását is figyelembe vevő szorzóval korrigált („eredő”) hőátbocsátási tényező</i>	W/m ² K
$U_{\text{T,p}}$	<i>a talajon fekvő padló a talaj hatását is tartalmazó egyenértékű hőátbocsátási tényezője</i>	W/m ² K
$U_{\text{T,pf}}$	<i>fűtött pince talajjal érintkező falának egyenértékű hőátbocsátási tényezője, mely tartalmazza a talaj hatását is</i>	W/m ² K

U_{talaj}	<i>a padló szerkezet alatti talaj hőátbocsátási tényezője</i>	W/m^2K
$U_{T,lf}$	<i>a lábazati fal hőátbocsátási tényezője, mely tartalmazza a talaj hatását is</i>	W/m^2K
$U_{ü}$	<i>az üvegezés hőátbocsátási tényezője</i>	W/m^2K
V	<i>a kondicionált térfogat, belméretek szerint számolva</i>	m^3
$\dot{V}_{LT,1/2}$	<i>a levegő térfogatárama recirkuláció nélkül (1. vagy 2. fokozaton)</i>	m^3/h
$\dot{V}_{LT,recirk,1/2}$	<i>a recirkuláltatott levegő térfogatárama (1. vagy 2. fokozaton)</i>	m^3/h
W_{exp}	<i>a helyben megtermelt és más fogyasztóknak vagy a hálózathoz átadott energiaigény</i>	$kWh/év$
$W_{F,vég}$	<i>fűtés villamos segédenergia igénye (végsőenergia)</i>	$kWh/év$
$W_{F,sziv}$	<i>a fűtési keringtetés éves energiaigénye</i>	$kWh/év$
$W_{F,sziv,talaj}$	<i>talajköri szivattyú éves segédenergiaigénye (fűtésre eső hányad)</i>	$kWh/év$
$W_{F,tár}$	<i>a fűtési hőtárolás éves segédenergia igénye</i>	$kWh/év$
$W_{F,term}$	<i>a fűtési hőtermelés éves segédenergia igénye</i>	$kWh/év$
W_{GM}	<i>a gázmotor által termelt éves villamos energia</i>	$kWh/év$
$W_{GM,át}$	<i>a gázmotor által termelt, de az épületben fel nem használt, más fogyasztóknak átadott éves villamos energia</i>	$kWh/év$
$W_{H,seg}$	<i>hűtés villamos segédenergia igénye</i>	$kWh/év$
$W_{H,vég}$	<i>hűtés villamos segédenergia igénye (végsőenergia)</i>	$kWh/év$
$W_{H MV,tár}$	<i>HMV tároló éves villamos segédenergia igénye</i>	$kWh/év$
$W_{H MV,term}$	<i>hőtermelő éves villamos segédenergia igénye</i>	$kWh/év$
$W_{H MV,sziv}$	<i>a HMV szivattyú(k) éves villamos segédenergiaigénye</i>	$kWh/év$
$W_{H MV,sziv_cirk}$	<i>a HMV cirkuláció éves villamos segédenergiaigénye</i>	$kWh/év$
$W_{H MV,sziv_szol}$	<i>a szolárköri szivattyú éves segédenergiaigénye</i>	$kWh/év$
$W_{H MV,sziv_talaj}$	<i>talajköri szivattyú éves segédenergiaigénye (H MV-re eső hányad)</i>	$kWh/év$
$W_{H MV,vég}$	<i>a melegvíztermelés éves végső energia igénye</i>	$kWh/év$

W_i	<i>a nem hőtermelési célú villamos energia igények</i>	<i>kWh/ év</i>
$W_{LT,s}$	<i>a szellőző rendszer éves villamos segédenergia igénye</i>	<i>kWh/ év</i>
$W_{LT,vég}$	<i>a szellőző rendszer éves végső villamos energiaigénye</i>	<i>kWh/ év</i>
W_{PV}	<i>napelemek által termelt éves villamos energia</i>	<i>kWh/ év</i>
$W_{PV,át}$	<i>napelemek által termelt, de az épületben fel nem használt, más fogyasztóknak átadott éves villamos energia</i>	<i>kWh/ év</i>
$W_{vent,n}$	<i>a szellőző rendszerbe épített ventilátorok éves villamos energiaigénye (n. fokozatban)</i>	<i>kWh/ év</i>
$W_{vil,vég}$	<i>a beépített világítás éves végső villamosenergia felhasználása</i>	<i>kWh/ év</i>
<i>a és b</i>	<i>a négyszög keresztmetszetű légszűrő belső méretei</i>	<i>m</i>
a_F és a_H	<i>fűtési/ hűtési numerikus tényező</i>	<i>-</i>
<i>b</i>	<i>a nem kondicionált terek miatti módosító tényező</i>	<i>-</i>
$b_{éjjel}$	<i>az alacsonyabb hőmérsékletű éjszakai szellőző levegő miatti módosító tényező</i>	
$b_{nyár}$	<i>a nem kondicionált terek miatti módosító tényező a nyári hónapokban</i>	<i>-</i>
$b_{szell,k}$	<i>hőmérséklet korrekciós tényező a k szellőzési mód esetén</i>	
b_{eth}	<i>effektív teljes hézagosság</i>	<i>mm</i>
b_{ha}	<i>átlagos hézag mérete alul</i>	<i>mm</i>
b_{ho}	<i>átlagos hézag mérete oldalt</i>	<i>mm</i>
b_{hf}	<i>átlagos hézag mérete felül</i>	<i>mm</i>
<i>c</i>	<i>fajhő</i>	<i>J/kgK</i>
$C_{hű}$	<i>hűtési célú berendezés teljes és érezhető hűtőtéljesítményének aránya</i>	<i>-</i>
<i>d</i>	<i>rétgvastagság</i>	<i>m</i>
d'	<i>a lábazati hőszigetelés miatti többlet egyenértékű vastagság</i>	<i>m</i>
d_0	<i>a rögzítőelemet tartalmazó hőszigetelés vastagsága</i>	<i>m</i>
d_1	<i>a hőszigetelő réteget átszűrő rögzítőelem hosszúsága a hőszigetelő rétegben</i>	<i>m</i>
d_f	<i>a talajon fekvő padlóhoz csatlakozó fal teljes vastagsága</i>	<i>m</i>

d_{lf}	lábazati fal teljes vastagsága	m
d_n	lábazati hőszigetelés vastagsága	m
d_p	talajon fekvő padló egyenértékű vastagsága	m
d_{pf}	talajjal érintkező pincefal egyenértékű vastagsága	m
$f_a, f_b, \dots, f_q$	a különböző anyagokhoz tartozó felületek részaránya a homlokfelülethez képest	-
f	tényező	-
f_{CO_2}	szén-dioxid kibocsátás egyenérték	-
$f_{éjjel}$	az éjszakai szellőztetés időaránya nyáron	-
f_{LT}	a teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlanságából származó veszteség	-
f_{nren}	nem megújuló primerenergia átalakítási tényező	-
f_{ren}	megújuló primerenergia átalakítási tényező	-
f_{tot}	teljes primerenergia átalakítási tényező	-
$f_{súly}$	az energiahordozó súlyozó tényezője	-
$f_{súly,exp}$	az átadott (exportált) energia súlyozó tényezője	-
$f_{szün}$	a szünet időaránya a számítási időszakhoz képest	-
f_v	a légcsatorna hőveszteségi tényezője	-
$g_{ármv,i}$	az i tájolású és dőlésszögű nyílászáró társított (napvédő) szerkezetének sugárzásátbocsátási képessége	-
g_n	az üveg sugárzásátbocsátási képessége merőlegesen beeső napsugárzás esetén	-
k	napkollektor teljesítménycsökkentő tényező	-
l	a csatlakozási hőhid hossza	m
$l_{b,k}$	A borda-keret csatlakozási hőhid hossza	m
$l_{b,p}$	A borda-átlátszatlan panel csatlakozási hőhid hossza	m
$l_{b,ü}$	A borda-üvegezés csatlakozási hőhid hossza	m
$l_{k,p}$	A keret-átlátszatlan panel csatlakozási hőhid hossza	m
$l_{k,ü}$	A keret-üvegezés csatlakozási hőhid hossza	m

$l_{l,k}$	<i>A lizéna-keret csatlakozási hőhid hossza</i>	m
$l_{l,p}$	<i>A lizéna-átlátszatlan panel csatlakozási hőhid hossza</i>	m
$l_{l,ü}$	<i>A lizéna-üvegezés csatlakozási hőhid hossza</i>	m
$l_{m,ü}$	<i>A merevítőprofil-üvegezés csatlakozási hőhid hossza</i>	m
$l_{p,f}$	<i>a padló-fal csatlakozási hőhid hossza</i>	m
l_{psz}	<i>a perem hőszigetelés hossza</i>	m
l_v	<i>a légcsatorna hossza</i>	m
m	<i>a padló szerkezet felső szintjének magassága a külső terepszint felett</i>	m
n	<i>légcsereszám</i>	1/h
$n_{éjjel}$	<i>az éjszakai többlet-légcsereszám</i>	1/h
n_{filt}	<i>tömítetlenségből származó légcsere növekedés</i>	1/h
n_{LT}	<i>légcsereszám a szellőző rendszer üzemidejében, a recirkuláltatott légmennyiség nélkül</i>	1/h
$n_{rögz}$	<i>a rögzítőelemek száma négyzetméterenként</i>	db/m ²
$n_{szüks}$	<i>átlagos szükséges légcsereszám a használati idő figyelembevételével (ha nincs gépi szellőztetés)</i>	1/h
n_{term}	<i>légcsereszám természetes szellőzés esetén</i>	1/h
$n_{term,nyár}$	<i>a természetes szellőztetés légcsereszáma a nyári hónapokban</i>	1/h
$n_{üsz}$	<i>légcsereszám a légtechnikai rendszer üzemszünete alatt</i>	1/h
q	<i>fajlagos hőveszteség tényező</i>	W/m ³ K
q_b	<i>a belső hőterhelés fajlagos értéke</i>	W/m ²
$q_{F,net}$	<i>a fűtés fajlagos nettó hőenergia igénye</i>	kWh/m ²
$q_{F,vég,j}$	<i>a j. energiahordozóhoz tartozó fajlagos éves bruttó fűtési hőenergiaigény</i>	kWh/m ² év
$q_{H,net}$	<i>a hűtés fajlagos nettó hőenergia igénye</i>	kWh/m ²
t	<i>idő</i>	h
$t_{l,átl}$	<i>a légcsatorna körüli átlagos környezeti hőmérséklet</i>	°C
$t_{éjjel}$	<i>éjszakai órák száma</i>	h

$t_{l,köz}$	a légszűrőben áramló levegő közepes hőmérséklete	°C
t_{nappal}	nappali órák száma	h
w_{lev}	a levegő áramlási sebessége légszűrőben	m/s
w_{PV}	fajlagos napelem termelés	kWh/év, kWp
$w_{standby}$	világítás vezérlésének készenléti energiaigénye	kWh/m², év
$w_{vész}$	vészvilágítás energiaigénye	kWh/m², év
z	a padlószervezet felső szintjének mélysége a külső terepszint alatt	m
z_t	árnyékolási tényező	-
x	gépi szellőzésnél: a hőenergia és az elektromos áram-megtakarítás közötti nem lineáris viszony figyelembevételére szolgáló kitevő (a motor és a meghajtó szerkezet jellemzőitől függően)	-
Δp_{LT}	a rendszer áramlási ellenállása	Pa
ΔR	többlet hővezetési ellenállás	m²K/W
Δt_{term}	a szellőzés üzemszüneti ideje a fűtési idejében	h
$\Delta t_{LT,a,1/2}$	a szellőző rendszer egész évi működési ideje	h
$\Delta t_{LT,1/2}$	a szellőző rendszer működési ideje 1. vagy 2. fokozatban a fűtési idejében	h
$\Delta t_{LT,1/2,e<-4C}$	a szellőző rendszer működési ideje 1. vagy 2. fokozatban a fűtési idején azon részében, amikor a külső hőmérséklet -4 C alatt van	h
$\Delta t_{EF,1/2,e<-4C}$	a szellőző rendszer működési ideje 1. vagy 2. fokozatban a fűtési idején azon részében, amikor a külső hőmérséklet -4 C alatt van és fagyvédelmi előfűtés működik,	h
Δt	számítási időszak hossza	h
ΔU	a hőátbocsátás korrekciós tényezője	W/m²K
$\Delta U''$	a légüreg típusától függő korrekciós tényező	W/m²K
ΔU_{ford}	a fordított tetőkre vonatkozó korrekciós tényező	W/m²K
$\Delta U_{légüreg}$	a légüregekre vonatkozó korrekciós tényező	W/m²K
$\Delta U_{rögz}$	a mechanikus rögzítőelemekre vonatkozó korrekciós tényező	W/m²K

α	<i>a hőszigetelés mechanikai rögzítésétől függő tényező</i>	-
ε_F	<i>a fűtési hőtermelő teljesítménytényezője</i>	-
$\varepsilon_{F,szab}$	<i>fűtési szabályozási hőátviteli veszteségtényező</i>	-
ε_H	<i>a hűtési hőtermelő teljesítménytényezője</i>	-
$\varepsilon_{H,szab}$	<i>hűtési szabályozási hőátviteli veszteségtényező</i>	-
$\varepsilon_{H MV}$	<i>a HMV hőtermelő teljesítménytényezője</i>	-
$\varepsilon_{LT,EF}$	<i>a légtechnika (gépi szellőzés) előfűtés teljesítménytényezője</i>	-
$\varepsilon_{LT,UF}$	<i>a légtechnika (gépi szellőzés) utófűtés teljesítménytényezője</i>	-
$\gamma_{F/H}$	<i>nyereség-veszteség arány fűtés/hűtés esetén</i>	-
η_F	<i>nyereség hasznosítási tényező fűtés esetén</i>	-
η_H	<i>hőátviteli hasznosítási tényező hűtés esetén</i>	-
η_r	<i>a szellőző rendszerbe épített hővisszanyerő működési hatásfoka</i>	-
η_{ra}	<i>a szellőző rendszerbe épített hővisszanyerő közölt hatásfoka</i>	-
η_S	<i>hőtermelő szezonális hatásfoka</i>	-
η_{thcs}	<i>a szellőző rendszerbe épített talajhőcserélő hőkinyerési foka</i>	-
$\eta_{vent,1/2}$	<i>a ventilátor összhatásfoka (1. és 2. fokozaton)</i>	-
η_{vil}	<i>fényforrások hatásfoka</i>	-
$\theta_{bef,F/H}$	<i>a szellőző levegő átlagos befűvási hőmérséklete fűtés/hűtés esetén</i>	°C
θ_e	<i>külső hőmérséklet</i>	°C
$\theta_{e<-4C}$	<i>átlagos külső hőmérséklet azon időszakban, amikor a külső hőmérséklet -4 C alatt van</i>	°C
$\theta_{e,o}$	<i>méretezési külső hőmérséklet a lefedési arányok meghatározásához</i>	°C
$\theta_{e,átlag}$	<i>a külső hőmérséklet átlagértéke</i>	°C
$\theta_{e,év}$	<i>a külső tér éves átlaghőmérséklete</i>	°C
θ_i	<i>belső hőmérséklet</i>	°C
$\theta_{i,F/H}$	<i>a belső parancsolt hőmérséklet fűtés/hűtés esetén</i>	°C

θ_{lev}	szállított levegő hőmérséklete	°C
$\theta_{thcs,F}$	a talajhőcserélőből kilépő levegő átlaghőmérséklete	°C
θ_x	a szomszédos tér hőmérséklete	°C
$\vartheta_{e,o}$	méretezési külső hőmérséklet	-
λ	hővezetési tényező	W/mK
λ_{eq}	egyenértékű hővezetési tényező	W/mK
$\lambda_{rögz}$	a rögzítőelem hővezetési tényezője	W/mK
λ_{talaj}	talaj hővezetési tényezője	W/mK
ρ	sűrűség	kg/m ³
$\sigma_{F/H}$	a szakaszos üzemvitel hatását kifejező korrekciós tényező a fűtési/ hűtési üzemmódban	-
$\tau_{F/H}$	az épület/ zóna időállandója	h
v	a szabályozás hatását kifejező korrekciós tényező	-
ζ	a csatlakozási hőhidak hatását kifejező korrekciós tényező	-
χ	pontszerű hőhid hőátbocsátási tényezője	W/K
ψ	a csatlakozási hőhid vonalmenti hőátbocsátási tényezője	W/mK
$\psi_{b,p}$	A borda-átlátszatlan panel csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője	W/mK
$\psi_{b,k}$	A borda-keret csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője	W/mK
$\psi_{b,\ddot{u}}$	A borda-üvegezés csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője	W/mK
$\psi_{k,p}$	A keret-átlátszatlan panel csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője	W/mK
$\psi_{k,\ddot{u}}$	A keret-üvegezés csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője	W/mK
$\psi_{l,k}$	A lizéna-keret csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője	W/mK
$\psi_{l,p}$	A lizéna-átlátszatlan panel csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője	W/mK
$\psi_{l,\ddot{u}}$	A lizéna-üvegezés csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője	W/mK

$\psi_{m,u}$	<i>A merevítőprofil-üvegezés csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője</i>	W/mK
$\psi_{p,f}$	<i>a padló-fal csatlakozás vonalmonti hőátbocsátási tényezője</i>	W/mK
ψ_{psz}	<i>a perem hőszigetelés vonalmenti hőátbocsátási tényezője</i>	W/mK