

Debreczy Zoltán

# PASSÍVHÁZAK TERVEZÉSÉNEK ALAPJAI



Energetikai-műszaki szemléletű segédlet  
passzívháztervezőknek,  
-építőknek és  
-használóknak



Készült a Nemzeti Fejlesztési és Gazdasági Minisztérium megbízásából és támogatásával,  
a megjelenéssel kapcsolatos feladatokat a VÁTI Nonprofit Kft. koordinálta

**DEBRECZY ZOLTÁN**

# **PASSÍVHÁZAK TERVEZÉSÉNEK ALAPJAI**

**ÉNERGETIKAI-MŰSZAKI SZEMLÉLETŰ SEGÉDLET  
PASSÍVHÁZTERVEZŐKNEK, -ÉPÍTŐKNEK ÉS -HASZNÁLÓKNAK**



**PASSÍVHÁZ AKADEμία  
BUDAPEST, 2010**

**KÉSZÜLT A NEMZETI FEJLESZTÉSI ÉS GAZDASÁGI MINISZTERIUM MEGBÍZÁSÁBÓL ÉS  
TÁMOGATÁSÁVAL, A MEGJELENÉSEL KAPCSOLATOS FELADATOKAT A VÁTI NONPROFIT  
KFT. KOORDINÁLTA**

© 2010 Nemzeti Fejlesztési és Gazdasági Minisztérium és Passzívház Akadémia Kft.  
Minden jog fenntartva! Változtatás nélküli sokszorosítása a forrás megjelölése mellett engedélyezve.

Szerző: © Debreczy Zoltán  
a Passivhaus Institut Darmsadt „Minősített passzívháztervező” vizsgájával  
rendelkező gépészmérnök, passzívház tréner,  
a Magyar Passzívház Szövetség elnöke

Szakmai lektorok: Dr. Csoknyai Tamás okl. épületgépész mérnök  
Farsang Attila okl. építészmérnök  
Kovács Sándor építészmérnök  
Dr. Lányi Erzsébet okl. építészmérnök  
Luchesi Ottó okl. építészmérnök  
Schopf Márton okl. építészmérnök  
Sinóros-Szabó Balázs okl. építészmérnök  
Soltész Ilona okl. építészmérnök  
Dr. Szűcs Miklós okl. építészmérnök  
Tőkés Balázs okl. építészmérnök

Nyelvi lektor: Egyed Zsóka

Borítóterv: Farkas Csilla

Kiadó: © Passzívház Akadémia Kft.  
Felelős kiadó a Passzívház Akadémia Kft. ügyvezető igazgatója  
[www.passzivhaz-akademia.hu](http://www.passzivhaz-akademia.hu)  
[info@passzivhazkonyv.hu](mailto:info@passzivhazkonyv.hu)

Szakmai támogató: Magyar Passzívház Szövetség – [www.mapasz.hu](http://www.mapasz.hu)  
Budapest, 2010. május

Készült a Nemzeti Fejlesztési és Gazdasági Minisztérium megbízásából és támogatásával,  
a megjelenéssel kapcsolatos feladatokat a VÁTI Nonprofit Kft. koordinálta.



# Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék .....	III
Előszó .....	1
Bevezetés .....	2
1 Passzívház koncepció.....	3
1.1 Mi az a passzívház?.....	3
1.2 A gondolatmenet, ami elvezetett a passzívházig .....	4
1.3 A passzívház definíciója .....	8
1.4 Összehasonlítás egyéb épületenergetikai kategóriákkal .....	8
1.4.1 Alacsony energiaszintű ház .....	8
1.4.2 Passzívház .....	9
1.4.3 Nulla energiaigényű és pluszenergia ház .....	10
1.4.4 Aktív ház.....	10
1.5 Minősítés.....	11
1.5.1 Passivhaus Institut Darmstadt minősítése .....	12
1.5.2 KIVÉT-PHA Minőségi Passzívház minősítés.....	12
2 Passzívház-tervezési irányelvek .....	14
2.1 Elhelyezkedés .....	14
2.1.1 Passzívházat építeni mindenhol lehet.....	14
2.1.2 Makroklíma .....	15
2.1.3 Mikroklíma .....	16
2.1.4 Üvegfelületek tájolása .....	17
2.1.5 Üvegfelületek árnyékolása .....	19
2.2 Kompakt forma .....	21
2.2.1 Felület/térfogat-arány .....	21
2.2.2 Árnyékolás .....	24
2.3 Gyakran felmerülő kérdések.....	24
2.3.1 Garázs.....	24
2.3.2 Erkély.....	25
2.3.3 Télikert.....	26
2.3.4 Kerti tároló.....	26
2.3.5 Padlásfeljáró.....	27
2.3.6 Lépcsőház .....	27
2.3.7 Fűtetlen pince.....	28
2.3.8 Gépészeti helyiség.....	28
2.3.9 Passzív-szolár eszközök.....	29
2.3.10 Tűzvédelem .....	30
3 Passzívház térelhatároló szerkezetek .....	32
3.1 Tartószerkezet és hőszigetelés .....	32
3.1.1 Talajjal érintkező épületszerkezetek .....	33
3.1.2 Külső falak és tetőszerkezet.....	34
3.2 Nyílászárók.....	37
3.2.1 Ablak.....	38
3.2.1.1 Üveg.....	39
3.2.1.2 Tokszerkezet.....	39
3.2.1.3 Ablak .....	40
3.2.1.4 Nyílászáró-beépítés.....	40
3.2.1.5 Redőnytok .....	42
3.2.1.6 Tolóablak, tetőablak.....	43
3.2.2 Bejárati ajtó .....	43
3.3 Légtömörség.....	44
3.4 Hőhidmentes kialakítás.....	45
4 Passzívházgépészet.....	48
4.1 Szellőztetés .....	49
4.1.1 Miért szellőztetünk? .....	49
4.1.2 Mennyit szellőztessünk? .....	51
4.1.3 Hogyan szellőztessünk?.....	54
4.1.4 Allergiamentes otthon .....	57
4.1.5 A szellőztetés elve .....	58
4.1.6 A hővisszanyerő .....	59
4.1.7 Levegőszűrés.....	60
4.1.8 Fagymentesítés, előhűtés .....	61

4.1.9	Zajvédelem .....	62
4.1.10	Légcsatorna.....	63
4.1.11	Befúvó és elszívó anemosztátok .....	65
4.1.12	Távirányítás .....	66
4.1.13	Légtechnikai tervrajz .....	67
4.2	Fűtés és melegvíz-előállítás.....	67
4.2.1	Miért van szükség fűtésre? .....	67
4.2.2	A fűtés méretezése.....	68
4.2.3	Közvetlen áram – csak kiegészítő fűtésként!.....	69
4.2.4	Légfűtés – a klasszikus passzívház-technológia .....	70
4.2.5	Felületfűtés – a bővített passzívház-technika .....	73
4.2.6	Fatüzelés – passzívház-technika biomasszával .....	75
4.2.6.1	Elvárások a fakazánnal szemben.....	76
4.2.6.2	Elvárások a kéménnyel szemben.....	76
4.3	Háztartási és egyéb eszközök .....	77
4.3.1	Mosógép és mosogatógép.....	77
4.3.2	Ruhaszárítás.....	77
4.3.3	Standby – készülékek készenléti üzemmódja.....	77
4.3.4	Világítás.....	78
4.3.5	Épületautomatizálás.....	78
4.4	Gyakran felmerülő kérdések.....	79
4.4.1	Gépi szellőztetés: vastüdő vagy mindig nyitott ablak .....	79
4.4.2	Konyhai szagelszívó .....	80
4.4.3	Központi porszívó .....	80
4.4.4	Meleg víz hasznosítása .....	81
4.4.5	Üzemeltetés, karbantartás .....	81
5	Felújítás passzívház-komponensekkel .....	83
5.1	A felújítás időpontja és kihatásai .....	83
5.2	Erkélylemez mint hőhíd .....	84
5.3	Padlószerkezet utólagos hőszigetelése .....	84
5.4	Tető-külső fal csatlakozása .....	85
5.5	Felújítás lépésről lépésre – megoldható? .....	86
6	Magyarországi szabályozás.....	87
6.1	Kell-e kémény minden házra?.....	87
6.2	A lábakon álló erkély beépített területnek számít.....	88
6.3	A hőszigetelés vastagsága és a beépítettség .....	89
	Fogalomtár.....	90
	Irodalomjegyzék .....	93

## Előszó

A „Passzívházak tervezésének alapjai” segédlet elkészítésének alapvető célja az volt, hogy a passzívház-építési módnál használatos – mind építészeti, mind gépészeti – tervezési alapelveket, a nemzetközi szinten felhalmozott tapasztalatot, közérthető módon, gyűjteményes formában és áttekinthető terjedelemben közreadja.

A célközönséget az építész- és épületgépész tervezők, valamint az érdeklődő építtetők képezik. Hagyományos építésnél is, de passzívházak építésekor különösen fontos, hogy az egyes szakági tervezőknek saját szakterületükön túl az épület egészére vonatkozóan is legyen átlátásuk. A tervezés folyamán az épületre mint szerves egészre tekintsenek, beleértve az épület későbbi használatát, üzemeltetését is. A segédlet kidolgozásának célja a passzívház szintű, teljes áttekintés lehetőségének megteremtése.

A segédlet jellemzően a kisebb lakóépületekre fókuszál, mindamellett jól alkalmazható többlakásos lakóépületek és egyéb épületek tervezésénél is.

A célközönség és maga a téma relatív széles spektruma, illetve a korlátozott terjedelem következtében az egyes területek teljes mélységű tárgyalására nem kerülhetett sor.

A segédlet a passzívházakra jellemző, a nemzetközi passzívház szakirodalomban vizsgált kérdésekre összpontosít, nem tér ki külön a nem passzívház specifikus kérdésekre, mint akusztika, fenntarthatóság, zöld építészet stb.

Az ismertetésre kerülő tervezési irányelvek jelentős része eredményesen alkalmazható nem csak passzívházak, hanem más energiatakarékos épületek tervezésénél is.

## Bevezetés

A passzívház nem egy különleges, egyedi, másutt nem használt technológiák és anyagok felhasználásával tervezett és megvalósított épület, hanem „mindössze” a már ismert építési eljárásokkal és anyagokból létrehozható, nagyon jó minőségű ház, amely annyiban tér el bármely más épülettől, hogy megfelel három – a fajlagos fűtési energiaigényre, a légtömorségre és a fajlagos összes primerenergia-szükségletre vonatkozó – peremfeltételnek.

Amennyiben ez tudatosul a tervezőkben, akkor világossá válik számukra, hogy eddigi tapasztalataik és tudásuk felhasználásával maguk is tervezhetnek ilyen épületet.

Ez a segédlet abban segít, hogy összegyűjti és megismerteti a már kipróbált megoldásokat és javaslatot ad a tervezés irányaira.

# 1 Passzívház koncepció

A passzívház fogalma nem egy ködös, széleskörűen és szabadon értelmezhető kifejezés, hanem egzakt, mérhető értékekkel jellemezhető épülettípust, jól körülhatárolható építési módot takar, amely épületfizikusok, mérnökök és építészek elméleti munkáján és gyakorlati tapasztalatain alapul.

## 1.1 Mi az a passzívház?

***A passzívház olyan épület, melyben a kellemes belső klíma – mind nyáron, mind pedig télen – jellemzően külön fűtési és hűtési elosztórendszer nélkül biztosítható.***

***Kiváló hőszigetelés*** Ez annak köszönhető, hogy a passzívház kiváló hőszigeteléssel rendelkezik, a térelhatároló szerkezetek – a falak, padló- és tetőszerkezetek, valamint a külső nyílászárók – tekintetében. Ezáltal a passzívház hővesztése csak töredéke egy hagyományos házénak. A hővesztések minimalizálása érdekében különösen nagy figyelemmel kell lenni a kiváló hőszigetelés alkalmazása mellett a hőhídmentes és légtömör szerkezet kialakítására, valamint már az építészeti tervezés során figyelembe kell venni az épület energiaháztartását.

***Szellőztetés hővisszanyeréssel*** A szellőztetés egy passzívházban mindig kontrollált módon, energiahatékony, hővisszanyerővel ellátott légkomfort szellőztetőberendezéssel történik. Így egyrészt folyamatosan biztosított a kiváló levegőminőség a lakáson belül, másrészt pedig a szellőzési hővesztés is a töredékére csökkenthető.

***Minimális hővesztés*** A hővesztés jelentős részét a házban jelenlévő passzív energiaforrások ellensúlyozzák. Legfőbb passzív energiaforrás az üvegezett felületeken keresztül beérkező napsugárzás, valamint a háztartási gépek és a lakók által leadott hő.

***Fűtés a szellőztetőrendszeren keresztül*** A passzívházban fellépő nettó hővesztés olyan minimális, hogy annak pótlásához sok esetben nincs szükség külön fűtési elosztórendszer kiépítésére. A fennmaradó minimális fűtési energiaigényt jellemzően az egyébként is jelenlévő szellőztetőrendszeren keresztül lehet elosztani a helyiségek között.

***Extrém alacsony fogyasztás*** Egy passzívház fűtési energiaigénye 80–90%-kal kevesebb, mint egy hagyományos házé és 60–75%-kal kevesebb, mint egy alacsony energiaszintű házé. Egyetlen passzívház évente tonnás nagyságrenddel kevesebb szén-dioxid-kibocsátást okoz, mint egy hagyományos ház.



2010 elejéig mintegy 20 000 passzívház épült világszerte; egyre több régió támogatja a passzívházsabvány alkalmazását.

## 1.2 A gondolatmenet, ami elvezetett a passzívházig

A passzívházelmélet megalkotói a következő gondolatmenetet követve jutottak el magáig a konkrét építési módszerig:

**Az épület jól szigetelt** 1) A modern épületek jól hőszigeteltek és kellően légzárók, hogy minél kevesebb energiát veszítsenek.

**A gépi szellőztetés elengedhetetlen** 2) A légtömör épületburokban higiéniai szempontból, biztosítani kell a folyamatos szellőztetést. A szellőztetés során fellépő hőveszteséget azonban minimalizálni kell. A folyamatos, de csak minimális hőveszteséget okozó szellőztetés csak hővisszanyerővel ellátott gépi szellőzés alkalmazása mellett lehetséges.

**Mennyi hőenergiát lehet bevinni a szellőztetéssel?** 3) Felvetődött a kérdés, hogy mennyi hőenergiát lehet bevinni az épületbe, az amúgy is rendelkezésre álló szellőzőrendszeren keresztül?

A számítások azt mutatták, hogy négyzetméterenként kb. 10 W-ot. Ez a fajlagos fűtési hőszükséglet közép-európai klíma mellett 15 kWh/(m<sup>2</sup>év) fajlagos fűtési energiaigénynek felel meg.

**Mennyire kell ekkor hőszigetelni az épületet?** 4) A következő kérdés az volt, hogyan lehet elérni, hogy egy épület fajlagos energiaigénye ilyen alacsony legyen?

A fajlagos energiaigény az épület energetikai nyereségeinek és veszteségeinek összegéből adódik, ezért az egyes összetevőire, a termikus burkot, azaz a fűtött épülettest külső térelhatároló szerkezeteit alkotó egyes épületelemek hőszigetelő-képességére nem lehet egzakt határértéket meghatározni, mert az minden adott esetben függ a többi paramétertől.

Ha egy épületnek kompakt a tömege (azaz relatív kicsi a lehűlő felületének a mérete) és jó a tájolása (azaz relatív nagy a szoláris nyeresége), akkor az épületelemek kevésbé szigorú U-értéke mellett teljesítheti a passzívházakra vonatkozó fajlagos energiaigény-elvárást, a 15 kWh/(m<sup>2</sup>év)-et meg nem haladó értéket.

Ezért a termikus burkot határoló épületelemek hőszigetelő-képességére külön előírás nincs a passzívházszabványban.

- **Opak felületek** Ettől függetlenül a tapasztalat azt mutatja, hogy az opak, azaz átlátszatlan épületszerkezetek esetében (mind a padlószerkezet, a homlokzat, a záró- és közbenső födémelek vagy a tetőszerkezet figyelembevételénél)  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  U-érték fölött meglehetősen nehéz elérni a passzívház szintet. Családi házaknál ez az érték, az általában kedvezőtlenebb felület/térfogat-arány következtében, közelebb áll a  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  értékhez, nem egyszer ennél még alacsonyabb érték elérése is szükséges.

Nem szabad arról sem elfelejtkezni, hogy a sokszor hiányzó hagyományos hőelosztó rendszer miatt, a megfelelően komfortos hőérzetet csak úgy lehet biztosítani, ha a helyiséghatároló felületek kellően melegek maradnak.

- **Külső nyílászáró szerkezetek** Ablakok esetében a passzívházszabvány nem energetikai előírást, hanem egy, a kellemes lakókomfortot biztosító ajánlást tesz (ezt szokták komfortkritériumnak is nevezni), miszerint az ablak U-értéke beépítés után ne haladja meg a  $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  értéket.

Ilyen U-érték mellett ugyanis téli hidegben az ablak belső felületének a hőmérséklete még nem lesz annyival alacsonyabb, hogy ennek hatására a hideg felület mentén, lefelé irányuló légáramlás induljon el, huzatérzet alakuljon ki. (A beépítés módja általában ront a nyílászárók laboratóriumban mért hőátbocsátási tényezőjének értékén, ezért azok az ablakok kapják meg a Passivhaus Institut Darmstadt passzívházépítéshez alkalmas komponensminősítést, amelyek U-értéke, beépítés nélkül, nem haladja meg a  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  értéket).

- **Légtömörtség** A légtömörségre vonatkozó kikötés, hogy az 50 Pa nyomáskülönbségnél mért légcsereszám (jelölése:  $n_{50}$ ) nem lehet magasabb  $0,6 \text{ 1/h}$  értéknél.

E paraméter passzívház-kritériumként való deklarálásának van elméleti és gyakorlati háttere is. A nem elégséges légtömörség az energetikai veszteségeken túl állagmegőrzési-, higiéniai- és komfortproblémákat is felvet.

A réseken át kiáramló meleg vagy beáramló hideg levegő csökkenti a hővisszanyerős szellőztetés hatékonyságát, mivel nem halad át a hővisszanyerőn, súlyos esetben huzatot és kellemetlen hőérzetet is

okozhat.

A légtömorség az építés általános minőségére vonatkozóan is jó indikátornak minősült, ráadásul meghatározása, mérése relatív egyszerűen elvégezhető.

- Mennyi lehet az összehordozó felhasználás?**
- 5) A passzívházelmélet megalkotói úgy gondolták, hogy ha egy épületnek ilyen rendkívül alacsony a fűtési energiaigénye, akkor az egyéb bevitt és felhasznált energia összértéke is maradjon minél alacsonyabb, így előírták, hogy az épület összehordozó-szükséglete primerenergiában számolva ne haladja meg a 120 kWh/(m<sup>2</sup>év) értéket. Ez az érték magába foglalja a gépészet (szellőztetés, fűtés, hűtés, melegvzellátás) energiaigényén felül az összes egyéb energiaigényt is (háztartási- és szórakoztatóelektronika, világítás stb.).

(A különböző energiahordozók összehasonlítására két eljárás áll rendelkezésre: a szén-dioxid-egyenértékre vagy a primerenergiára való átszámítás. A különböző intézetek ugyanazon energiahordozóra vonatkozó CO<sub>2</sub>-egyenértéke túl nagy szórást mutatott, ezért a passzívház követelményrendszere primerenergiában határozta meg az épület összehordozó-felhasználásának felső korlátját.)

Ez a passzívház-kritérium előnyben részesíti a megújuló energiaforrások használatát, mivel azok primerenergia-faktora 1,0 vagy egy alatti érték, míg pl. az elektromos áramé Magyarországon jelenleg 2,5, az Európai Unióban átlagosan 2,6.

Fontos követelmény, hogy az összesített primerenergia-mutató kiszámításánál figyelmen kívül kell hagyni a regeneratív módon, pl. napelemmel vagy szélkerékkel előállított áram kedvező primerenergia-faktorát. Az épületnek regeneratív áramtermelés nélkül is meg kell felelnie a fenti határértéknek.

Földünk energiaellátásának problémáját az emberiség ugyanis csak akkor tudja reális eséllyel megoldani, ha a meglévő műszaki lehetőségeket teljes mértékben kiaknázva törekszik a megújuló energiák hatékony felhasználására. Ennek módja pedig nem lehet az árammal való fűtés, hiszen az áramot lényegesen hatékonyabb módon is fel lehet használni hőtermelésre (ld. pl. hőszivattyú). Ráadásul a Földön jelenleg gazdaságosan előállítható megújuló energia csak erősen korlátozott mennyiségben áll rendelkezésre.

Ezen megtermelt energia csak akkor lesz képes az emberiség energiaigényét kielégíteni, ha a hozzáférhető források felhasználása hatékonyan történik.

- Túlmelegedés elkerülése** 6) További ajánlás, hogy a nyári túlmelegedés gyakorisága ne legyen több 10%-nál.

Ez azt jelenti, hogy a 25 °C-os belső határhőmérsékletnél az év maximum 10%-ban lehet magasabb hőmérséklet a lakáson belül.

- Hűtés** 7) Amennyiben aktív hűtésre lenne szükség, a hűtési energiaigény sem haladhatja meg a 15 kWh/(m<sup>2</sup>év)-et.  
Erre közép-európai klíma mellett általában nincs szükség. A kellemes nyári komfort megoldható kizárólag passzív hűtéssel.

- Fűtési hőszükséglet** 8) A teljesség kedvéért érdemes megemlíteni, hogy a passzívház-kritérium akkor is teljesülhet, ha egy épület fajlagos fűtési energiaigénye ugyan meghaladja a 15 kWh/(m<sup>2</sup>év) értéket, azonban a fajlagos fűtési hőszükséglet-kritérium teljesül, tehát az nem haladja meg a 10 W/m<sup>2</sup>-t. Ez a magyarországi kontinentális klíma mellett, a hideg telek következtében általában nem fordul elő.

**Passzívház-kritériumok** Összegezve ezek alapján egy épület akkor kapja meg a passzívház minősítést, ha

- fajlagos fűtési energiaigénye  $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{év})$  vagy fajlagos fűtési hőszükséglete  $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$
- légtömörsége ( $n_{50}$ )  $\leq 0,6 \text{ 1}/\text{h}$  és
- fajlagos összes primerenergia-szükséglete  $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{év})$ .

A passzívház ugyan azon a feltevésen alapult, hogy a szükséges minimális hő a szellőztetőrendszeren keresztül, légfűtéssel kerül az épületbe, de ez nem szerepel kritériumként. A kritérium pusztán csak az, hogy a fajlagos fűtési energiaigény nem haladhatja meg a 15 kWh/(m<sup>2</sup>év) értéket. Bevitelének módja nem kötött, történhet klasszikusan légfűtéssel, felületfűtéssel, ezek kombinációjával vagy egyéb módon is.

## 1.3 A passzívház definíciója

A passzívház funkcionális definíciója az előbb említettek alapján már valószínűleg mindenki számára világos:

**Definíció** *„A passzívház egy olyan épület, melyben a termikus komfortérzet (ISO 7730) egyedül azon friss levegő-térfogatáram utánfűtésével vagy utánhűtésével biztosítható, mely a kielégítő levegőminőség eléréséhez (DIN 1946) szükséges – további egyéb levegő felhasználása nélkül.”*

**Dr. Wolfgang Feist**

Fontos apróságok a definícióban, hogy higiéniai szempontból csak tiszta, friss levegős rendszert feltételez, az épületből elszívott levegő visszaforgatását pedig nem javasolja, illetve annak hangsúlyozása, hogy a légcseré mennyiségét a higiéniai szükséglet határozza meg, még véletlenül sem az esetleges fűtési igény.

## 1.4 Összehasonlítás egyéb épületenergetikai kategóriákkal

### 1.4.1 Alacsony energiaszintű ház

Miben különbözik egy passzívház egy alacsony energiaszintű háztól?

**Fajlagos fűtési energiaigény = 40 - 70 kWh/(m<sup>2</sup>év)** Alacsony energiaszintű házaknak azokat az épületeket nevezzük, amelyek fajlagos fűtési energiaigénye 40 és 70 kWh/(m<sup>2</sup>év) közé esik. (Összehasonlításképp egy meglévő hagyományos épület fajlagos fűtési energiaigénye durván 150 és 300 kWh/(m<sup>2</sup>év)-re tehető.)

Ezen érték eléréséhez az alacsony energiaszintű házaknak jól hőszigetelt épületburokra, hővédő ablakra és kontrollált szellőztetésre van szükségük, választhatóan hővisszanyerővel vagy anélkül. Egy alacsony energiaszintű házban viszont még továbbra is szükség van egy hagyományos fűtési rendszerre (pl. kazánra vagy távhőre, fűtőtestekkel ellátott hőelosztási rendszerrel).

**Nemzetközi megítélés** Svédországban az 1990-es évek elején minden új építésű háznál előírták az alacsonyenergia-szabvány kötelező betartását. Az „alacsony energiaszintű ház” fogalom egyébiránt nem törvényileg védett márkánév, és az egyes országokban különféleképpen határozzák meg. Németországban 2002-óta a tervezés és a kivitelezés a Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung által bevezetett Alacsony-Energiájú-Építési-Mód (RAL GZ 965) minősítés szerint

történhet. Ausztriában is ezt az eljárást használják.

### 1.4.2 **Passzívház**

**Fajlagos fűtési energiaigény  $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{év})$**  Az alacsony energiaszintű házat Németországban fejlesztették tovább. Ez nem „forradalmian új találmányok” létrehozása volt, hanem a rendelkezésre álló építőanyagoknak és gépészeti eljárásoknak az új szemléletű kombinálása és tudományos fölülvizsgálata. Dr. Wolfgang Feist német épületfizikus elméleti munkáira alapozva 1991-ben Darmstadt-Kranichsteinben épült a világon az első passzívház,  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{év})$  fajlagos fűtési energiaigénnyel.

**Alapelvek** Ennél a háznál a következő három elvet alkalmazták egymással párhuzamosan:

- Az egész épületburoknak kiváló a hőszigetelése, légtömörsege, beleértve a külső nyílászárókat is.
- Passzív-szoláris nyereség optimalizálása nagy, déli tájolású transzparens felületekkel.
- Kontrollált szellőztetés alkalmazása hővisszanyeréssel.

**Passzív nyereségek** Egy passzívházat nem „kályha” fűt, hanem az ablakokon keresztül beérkező napsugárzás és az épületben található készülékek (háztartási eszközök, számítógépek stb.), valamint a bentlakók metabolikus hőleadásából származó hő „passzív” felhasználása. A helyiségekbe áramló frisslevegőt télen a hővisszanyerő előmelegíti, ami azt jelenti, hogy a lakótérből elszívott elhasznált levegő hőjének nagy részét egy hőcserélő átadja a beszívott friss levegőnek. Ezáltal a hagyományos, aktív fűtés feleslegessé válik – a fennmaradó minimális fűtési energiaigényt egy kis teljesítményű kiegészítő fűtés pótolni tudja –, emiatt beszélünk „passzív”-házról. Egy passzívházban nyáron is kellemes a belső hőmérséklet, mivel a hő áramlását kívülről befelé az optimális mértékű hőszigetelés megakadályozza. Az ablakokat és az üvegezett nyílászárókat, mint minden más épületnél – a homlokzat tájolásától és benapozásának mértékétől függően – árnyékoló vagy árnyékvető szerkezettel (például balkonnal vagy redőnnyel) itt is árnyékolni kell.

**Összes primerenergia-szükséglet  $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{év})$**  A passzívházban ezzel egy időben az egyéb energiaszükséglet, különösen a háztartási eszközök áramszükséglete is – hatékony technika alkalmazása által – minimalizálendő. A fajlagos összes primerenergia-szükséglet nem haladhatja meg évente a  $120 \text{ kWh}/\text{m}^2$

értéket (beleértve a fűtést, használati melegvíz-előállítását és a háztartási áramfelhasználást). Így egy passzívház összesen kevesebb energiát fogyaszt, mint amennyit egy átlagos európai, új építésű ház a háztartási áramra és a melegvíz-elkészítésre felhasznál.

A passzívház-fogalom nem védett márkanév és nem védhető. A Passivhaus Institut Darmstadt ettől függetlenül bevezetett egy minősítési rendszert, amely definiálja az építési szabvány részleteit, és a kivitelezés ellenőrzésének módját.

### 1.4.3

#### **Nulla energiaigényű és pluszenergia ház**

**Fajlagos fűtési energiaigény  $\leq 0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{év})$**  Ezen elnevezések olyan házra utalnak, amelynél a fűtési energiaszükségletet – beleértve a fűtés áramszükségletét is – teljes egészében regeneratív energiaforrással fedik le, a pluszenergia ház ráadásul több energiát termel, mint amennyit felhasznál.

**Passzívház + napelem** A fűtési energiaigény minimalizálása érdekében ennél a háztípusnál is a passzívházszabvány előírásait kell alkalmazni, itt azonban a passzívház komponensek jellemzően kiegészülnek még egy napelemrendszerrel is. E házak nagy része nem autark, rá vannak kötve az energiaellátó hálózatra, viszont a napelemrendszerük által termelt áram éves viszonylatban megegyezik, illetve pluszenergia háznál meg is haladja az energiaellátó hálózatból felhasznált villamos energia mennyiségét.

### 1.4.4

#### **Aktív ház**

Az „aktív ház” kifejezés használata sokkal inkább sorolható a marketing eszköztárába, mintsem az épületenergetikáéba, jóllehet azt a képzetet sugallhatja, mintha fogalmilag köze lenne a passzívházhoz, akár annak továbbfejlesztése lenne.

A passzívházat azért nevezték el passzívháznak, mert főként „passzív” – azaz nem fűtési, hűtési célra, hanem egyébként is rendelkezésre álló – energiaforrások (napsugárzás, belső hőnyereség) fűtik.

**Aktív energiaforrások?** Ha az „aktív ház” analóg fogalom lenne, akkor azt logikusan főként „aktív” – azaz kifejezetten a fűtés céljára az épületbe juttatott – többnyire fosszilis forrásokból előállított energia (elektromos áram, gáz, olaj, szén) fűtené. Ez azonban nyilván nem alkalmas a Föld energiaválságának kezelésére.

**Többet termel, mint fogyaszt?** Az „aktív ház” kifejezés leggyakrabban arra vonatkozik, hogy a ház több energiát termel, mint amennyit használ. Ezt el lehet érni egy passzívháznál, pl. relatív kevés napelem alkalmazása mellett, de egy hagyományos házzal is, amelyhez azonban már relatív nagy gépészeti ráfordítás szükséges. (Ha úgy tetszik az ország legaktívabb háza a paksi atomerőmű.)

**1. Szükséglet minimalizálása** Egy épület energiaellátásának tervezésekor a helyes megközelítés először magának az energiaigénynek minimális szintre való leszorítása (ld. passzívház), majd ennek a minimális energiaigénynek a kielégítése, lehetőleg megújuló energiaforrásokkal.

**2. Megújuló energiaforrások alkalmazása** Az energiatermelésnél fenntarthatóság szempontjából nem az a meghatározó, hogy maga a ház termeli-e meg közvetlenül az energiát vagy kívülről táplálják be, sokkal inkább az, hogy az energiatermelés forrása megújuló-e avagy sem. További kérdés, hogy az energiatermelő eszközök előállításához mennyi energiát kell felhasználni (ún. szürkeenergia-tartalom). Lehet, hogy pl. egy családi házas lakókönyezet esetében célszerűbb a lakóházak egyedi megújuló energetikai rendszereinek kiépítése helyett a lakóterület egészének energiaellátását biztosító megújuló energetikai rendszer kiépítése.

## 1.5

### Minősítés

A passzívház építési módot a németországi Passivhaus Institut Darmstadt fejlesztette ki és definiálta. Ezen építési mód nemzetközi szinten széleskörben elfogadott és alkalmazott, napjainkban kétségtelenül az energiahatékony építészet csúcsát képviseli.

**Nemzetközi minősítések** A passzívház színvonal elérése az átlagosnál magasabb elvárásokat támaszt a tervezéssel és a kivitelezéssel szemben. A minőségbiztosítás részeként a passzívházak minősítési eljárásán eshetnek keresztül. Ilyen minősítési eljárást dolgozott ki a Passivhaus Institut Darmstadt „Qualitätsgeprüftes Passivhaus” (magyarul: „Minőségbiztosított Passzívház”) elnevezéssel, mely több nemzeti minősítési eljárásnak is alapját képezi, mint például az ausztriai „klima:aktiv passivhaus” vagy a svájci „Minergie-P” minősítéseknek.

**Hazai minősítés** Magyarországon az Építési Termék Minőségvédelmi és Vállalkozásfejlesztési Kft., valamint a Passzívház Akadémia Kft. létrehoztak egy hazai passzívház minősítési rendszert. A „Kiváló Építési Termék – Passzívház Akadémia Minőségi Passzívház” (röviden „KIVÉT-PHA Minőségi Passzívház”) minősítési eljárás célja egy,



a magyarországi viszonyoknak megfelelő, magyarországi támogatással rendelkező minősítési rendszer biztosítása, mely illeszkedik a Magyarországon meglévő minősítési rendszerekhez, kompatibilis a Passivhaus Institut Darmstadt minősítési eljárásával, illetve a Nemzetközi Passzívház Adatbázissal.

### 1.5.1

#### **Passivhaus Institut Darmstadt minősítése**

A minősítést a Passivhaus Institut Darmstadt által akkreditált minősítők végzik (ld. [www.passiv.de](http://www.passiv.de)).

**Kritériumok** A minősítés kritériumai: az éves fajlagos fűtési energiaigény  $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{év})$  vagy a fajlagos fűtési hőszükséglet  $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$ , az éves fajlagos összes primerenergia-szükséglet  $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{év})$  – mindkét érték az aktuális PHPP-szoftverrel igazoltan –, illetve a kész épületen mért légtömörégi vizsgálat eredménye, mérési protokollja  $n_{50} \leq 0,6 \text{ 1/h}$ .

**Benyújtandó dokumentumok** A minősítéskor benyújtandó dokumentumok: PHPP-számítás, építészeti, épületgépészeti tervdokumentáció (helyszínrajz, alaprajzok, metszetek, homlokzatok, részlettervek, a fűtés-szellőzés tervei), műszaki termékinformációk, termékadatlapok, a felelős műszaki vezető igazolása, a légtechnikai rendszer beszabályozási protokollja, a légtömörégi vizsgálat mérési protokollja.

### 1.5.2

#### **KIVÉT-PHA Minőségi Passzívház minősítés**

**Alkalmazási területek** A „KIVÉT-PHA Minőségi Passzívház” minősítési eljárás két alkalmazási területen – új építésnél és felújításnál – összesen három minősítési osztállyal rendelkezik, maga a minősítő eljárás mindhárom esetben azonos, megegyezik a Passivhaus Institut Darmstadt minősítési eljárásrendszerével.

**Általános kritériumok** Közös elvárás, hogy a fajlagos éves összes primerenergia-szükséglet maximum  $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{év})$ , az  $n_{50}$  nyomástereszt értéke maximum  $0,6 \text{ 1/h}$ , valamint a túlmelegedés gyakorisága maximum  $10\%$  lehet. (Ez utóbbi a Passivhaus Institut Darmstadt minősítésénél javaslat, a KIVÉT-PHA Minőségi Passzívház minősítésnél kritérium.)

Különbség a minősítési osztályok között a fajlagos fűtési energiaigény értékében van.

**Új építés** Új építésnél a „KIVÉT-PHA Minőségi Passzívház” minősítés megszerzéséhez vagy a fajlagos fűtési energiaigény nem lehet nagyobb

15 kWh/(m<sup>2</sup>év)-nél vagy a fűtési hőszükséglet nem lépheti túl a 10 W/m<sup>2</sup> értéket. Az ezt meghaladó, de a 25 kWh/(m<sup>2</sup>év)-nél nem rosszabbul teljesítő épületek megszerezhetik a „KIVÉT-PHA Minőségi Passzívház közeli épület” minősítést.

**Felújítás** Felújításnál, a nemzetközi irányelvekhez igazodva a „KIVÉT-PHA Minőségi Felújítás Passzívház Komponensekkel” minősítés elnyeréséhez a fajlagos fűtési energiaigény értéke nem haladhatja meg a 35 kWh/(m<sup>2</sup>év)-et.

A minősítésről részletesebb információ a [www.kivet.hu](http://www.kivet.hu) weboldalon található.

## 2 Passzívház-tervezési irányelvek

**Ön dönt: jól tervez vagy sokat fogyaszt** Egy ház tervezésekor bizonyos paramétereken nem lehet változtatni (pl. előírt épületmagasság, beépíthető alapterület vagy a telekhatártól mért távolság), e paramétereken túl azonban sok döntést maga az építető vagy az építész hozhat meg. Nem árt tisztában lenni azzal, hogy mely döntések befolyásolják az építendő ház energetikai tulajdonságait, ezáltal az építési és később a fenntartási költségeit.

**Építészeti alapkonceptió** Sok ember nem gondol arra, hogy az épület formája, az üvegezett felületek aránya és tájolása is jelentős hatással van a ház későbbi fogyasztására.

**Hőszigetelés** A falak és a nyílászárók hőszigetelésének fontosságát egyre többen hangsúlyozzák. Érdemes megismernedni a passzívháznál használt mértékekkel, amelyek épületfizikai számításra alapulnak, és mára már jól kipróbált és bevált értékeket képviselnek.

**Hőhídmentes és légtömör kialakítás** A megfelelő hőszigetelési tulajdonságokkal rendelkező anyagokat az előírt módon kell összeilleszteni, azaz hőhídmentesen és légtömören. Mindkét paramétert tervezni kell, nem elég a kivitelezőre bízni.

**Gépészet** A passzívház épületgépészete némiképp eltér a hagyományos gépésztől. Központi szerepet kap a – passzívházakban elengedhetetlen – légkomfort szellőztetés tervezése, amely a szellőztetés mellett fűtési és hűtési funkciókat is átvállalhat. Ezt egészítheti ki egy, csak időszakosan rásegítő, alacsony teljesítményű fűtés, valamint a melegvíz-ellátás koncepciója, szem előtt tartva a megújuló energiaforrások előnyben részesítését.

**Összes energiaszükséglet** A passzívház energiahatékony szemléletmódját teljesíti ki, hogy nemcsak az épületgépészet energiaigényét igyekszik minimalizálni, hanem irányértéket ad a ház teljes energiaigényére is. A házban lévő összes fogyasztó energiaigényének megválasztása is része a passzívház integrális tervezési folyamatának.

### 2.1 Elhelyezkedés

#### 2.1.1 Passzívházat építeni mindenhol lehet

**Az Antarktison** Erre jó példa, hogy 2009-ben az Antarktison, a hó és a jég birodalmában átadták az Erzsébet hercegnőről elnevezett Princess Elisabeth Antarctica belga kutatóállomást, mely a passzívházzabvány elveire épült: kompakt forma, tudatos tájolás, vastag hőszigetelés,

többrétegű ablak, hővisszanyerős szellőztetés, külön fűtési rendszer pedig nincs.

„Ha egy ilyen állomást az Antarktiszon fel tudunk építeni, akkor erre képesek vagyunk bárhol a világon.

Megvan a lehetőségünk, a technológiánk és a tudásunk, hogy megváltoztassuk a világot!” – fogalmazott az épület tervezője, a belga kutató és mérnök, Alain Hubert.

Bár passzívházat építeni mindenhol lehet, van olyan helyszín, ahol könnyebb (más szóval olcsóbb) és van olyan, ahol nehezebb.

**Magyarországon** Magyarországon például könnyebb kifűteni egy épületet, mint az etalonnak számító Németországban, mivel nálunk több a napsütéses órák száma. Cserébe viszont nálunk magasabb a nyári túlmelegedés kockázata, több gondot kell fordítanunk tehát az árnyékolásra.

Az első, Németországban megépült passzívház, melynek a fűtési energiaigénye 14 kWh/(m<sup>2</sup>év), ha Budapesten állna, akkor csak 8 kWh/(m<sup>2</sup>év) fűtési energiát igényelne. A túlmelegedés kockázata – további árnyékolók hiányában – azonban felszökne 3%-ról 32%-ra.

## **2.1.2**

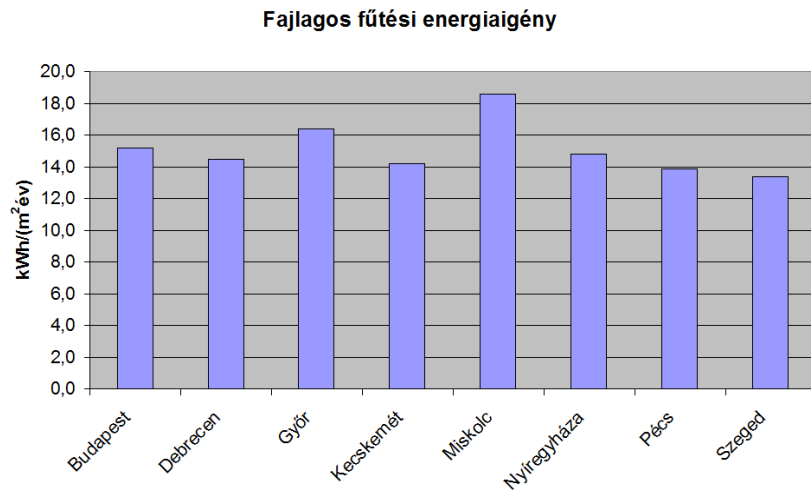
### **Makroklíma**

**Hőmérséklet és napsugárzás** A helyi klímát meghatározó két legfontosabb tényező az adott területen uralkodó hőmérséklet, ami az épület lehűléséhez – nyáron felmelegedéséhez – vezet, illetve a napsugárzás aktuális mértéke, amely az üvegezett felületeken behatolva fűti az épületet.

Az energiatudatos építészet igyekszik tompítani a nem kívánt hatásokat, pl. az épület lehűlő felületének csökkentésével, illetve a nyári napsugárzás – lehetőleg passzív elemekkel való – leárnyékolásával. A kedvező hatásokat pedig megkísérli felerősíteni, pl. az ablakfelületek megfelelő tájolásával, méretezésével.

**Eltérő klíma az országon belül** Bár Magyarországon nincsen jelentős eltérés se a tengerszint feletti magasságban, se a napsütéses órák számában vagy a napsütés intenzitásában, az egyes régiók adottságai mégsem teljesen azonosak.

Például véve egy épületet, melynek minden paramétere ugyanaz, Magyarország különböző területein az alábbi ábrán látható fűtési energiaigény-értékeket lehetett prognosztizálni PHPP-számítással.



1. Ábra - A fajlagos fűtési energiaigény eltérése a különböző klímájú régiókban

Az eltérés nem elhanyagolható, az adott épület esetében Szegeden pl. csupán 13,4 kWh/(m<sup>2</sup>·év), Miskolcon viszont már 18,6 kWh/(m<sup>2</sup>·év) fajlagos fűtési energiaigénnyel lehet számolni.

**PHPP klímaadatok** A Passzívház Tervező Csomag (németül **Passivhaus Projektierungs Paket**, rövidítve PHPP) egyik első bemeneti adatként várja el a helyi klímaadatok megadását.

### 2.1.3

#### **Mikroklíma**

A földrajzi elhelyezkedés által meghatározott makroklímát tovább árnyalják a mikroklíma-adottságok, melyeket a telekválasztásnál érdemes figyelembe venni.

**Domborzat** A sík területhez képest egy völgyteknő vagy hidegzug 25%-kal magasabb fűtési energiaigényt is okozhat.

Egy magasabb fekvésű dombtetőn is 10%-kal több a fűtési energiaigény, míg optimális elhelyezkedésnél, egy napos déli lejtőn 15%-kal kevesebb.

**Beépítettség** Az épület védettebb elhelyezkedése, más épületeknek vagy a vegetációnak a hatására 1/4-ével is csökkentheti az energiafogyasztást. Így pl. hideg időszakban az épület közvetlen környezetében magasabb hőmérséklet is uralkodhat, amely az épület kisebb mértékű lehűléséhez vezethet. Ugyanakkor az épületek túlzott közelsége csökkentheti a benapozás által elérhető hőnyereségét vagy az esetlegesen telepített szoláris rendszerek (napkollektor, napelem)

hatékonyságát.

**Szélkitettség** Zárt, szélvédett beépítés esetén alacsonyabb fűtési energiaigény várható, mint egy szélnek kitett, sík területen egyedül álló épület esetében.

#### 2.1.4 Üvegfelületek tájolása

**Hűt és fűt** Az üvegfelületek az energiamérlegben transzmissziós veszteséget és szoláris nyereséget is okoznak.

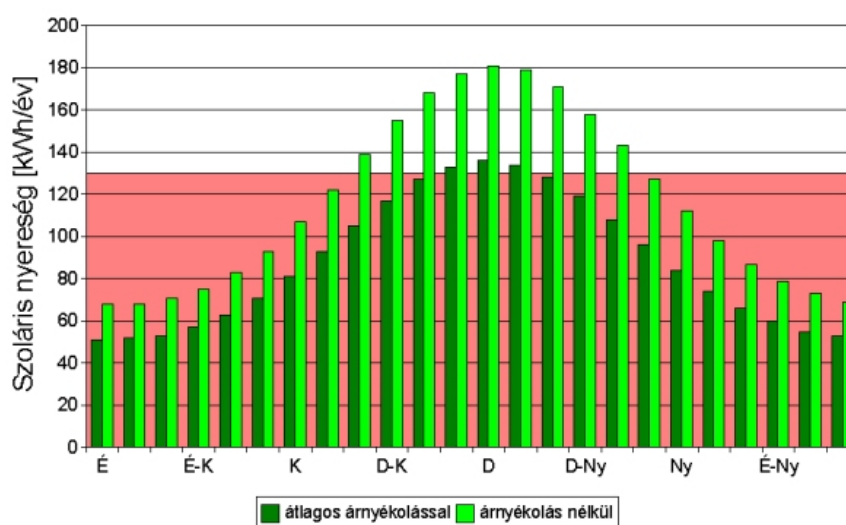
**Transzmissziós veszteség** Transzmissziós veszteségük – az opak felületekhez képest – jelentős, hisz a rájuk vonatkozó ajánlott U-érték beépített állapotban  $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , az opak, átlátszatlan felületeknél ennek kevesebb, mint ötöde, egészen pontosan  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

**Szoláris nyereség** A transzmissziós hőveszteség, a mérsékelt égövi éghajlat mellett, tájolástól függetlenül nagyságrendileg mindig ugyanannyi, míg az üvegfelületek szoláris nyeresége nagymértékben függ tájolásuktól. A következő ábra ezen összefüggés karakterisztikáját mutatja. Az ábrán a rózsaszín mező tünteti fel a transzmissziós veszteséget, a sötétzöld oszlopok az átlagos árnyékoltságú, a világoszöld oszlopok pedig a beárnyékolás nélküli szoláris nyereséget mutatják égtájanként (15 fokonként).

(A számítás egy  $1,23 \text{ m}$  széles és  $1,48 \text{ m}$  magas, a Passivhaus Institut Darmstadt által minősített passzívhablakkal készült.

$U_f=0,73 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,  $U_g=0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,  $g=52\%$ ,  $U_{w,\text{beépítve}}=0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ )

**Nettó nyereség a tájolás függvényében**



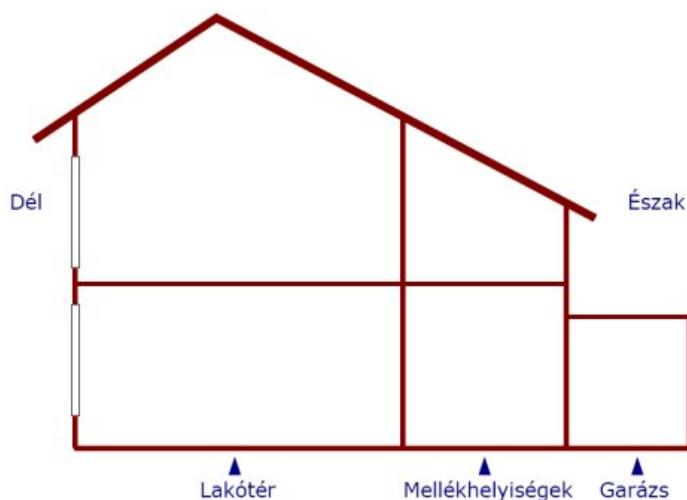
2. Ábra - Nettó nyereség a tájolás függvényében

Az ábrán jól látható, hogy a transzmissziós hőveszteséget átlagos árnyékolttsággal (sötétzöld oszlopok) csak a déli tájolású ablakok egyenlítik ki, sőt árnyékolás mentes helyen nettó hőnyereséggel is szolgálnak. Ez a pozitív energiamérleg a déli iránytól maximum kb. 30°-os eltérésig áll fenn.

**Ökölszabályok** Ezekből az összefüggésekből a következő ökölszabályok kerültek be a gyakorlatba:

- A homlokzat üvegezett felületeinek alapterülethez viszonyított aránya a 30-40%-ot ne haladja meg.  
(Azaz egy 100 m<sup>2</sup> alapterületű házban a homlokzati üvegfelület mérete lehetőleg ne haladja meg a 40 m<sup>2</sup>-t.)
- A transzparens felületek 70%-át érdemes délre tájolni (+/- 30°). Minél nagyobb üvegfelület néz dél felé, annál kedvezőbb lesz az épület energiamérlege télen. Méretezéskor figyelembe kell venni a nyári túlmelegedés gyakoriságát is. Déli tájolású üvegezett nyílászárók esetén feltétlenül szükséges árnyékoló szerkezetek alkalmazása. Ebben az irányban vízszintes helyzetű árnyékolók is hatásosak.
- Keleti és nyugati irányban a veszteség kis mértékben több a nyereségnél. Ezért az ablakok méretét a bevilágítás igénye szerint kell méretezni. Az alacsony dőlésszögű napsugárzás következményeként függőleges helyzetű árnyékolók használata elengedhetetlen.
- Északi irányban a veszteség még passzív ház ablakok esetén is jóval több a nyereségnél. Ezért a nyílászárók méretét szigorúan a bevilágítás igénye dönti el. Érdemes a mellékhelyiségeket és a bevilágítás nélküli helyiségeket északi irányba tervezni. Figyelmet érdemel azonban a szórt fény, mely észak felé is jelentős. Ezért semmi akadálya annak, hogy nagy ablakfelületeket és ezáltal nagy fényigényű helyiségeket helyezzenek itt el. Sok esetben, (pl. iroda funkció) az így nyert kisebb káprázás jobb vizuális komfortot eredményezhet, mint a déli épületrészeket ellátó direkt napfény esetében. A keletkezett veszteséget más módon, pl. kompakt épületformával, vastagabb hőszigeteléssel lehet ellensúlyozni. Meggondolandó északra jobb hőszigetelőértékű (alacsonyabb U<sub>g</sub>-értékű) ablakot tenni, akkor is, ha az ablaknak esetleg rosszabb az össz-sugárzás átbocsátó képessége (g értéke).

**Példa passzívház  
előnyös  
térstruktúrájára**



3. Ábra – Példa passzívház előnyös térstruktúrájára  
forrás: CIPRA International – Energieeffiziente Häuser aus regionalem Holz im Alpenraum

### 2.1.5

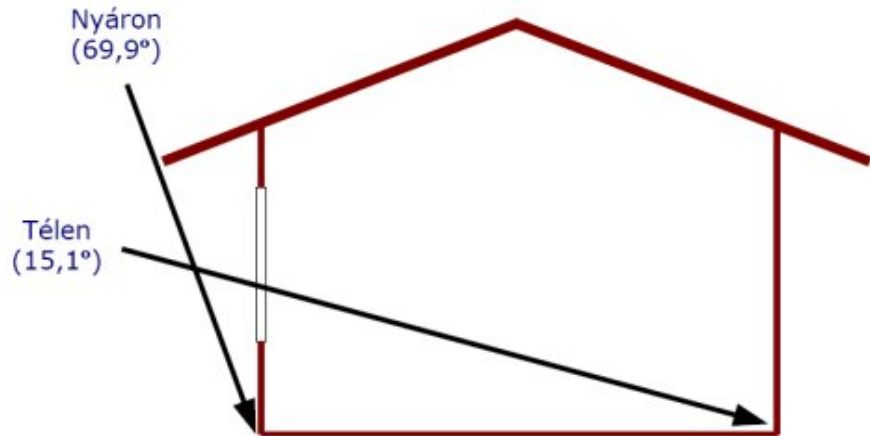
#### Üvegfelületek árnyékolása

**Tél: a napsütés kiaknázása** A passzívház egyik legjelentősebb hőforrása az ablakokon keresztül beérkező napsugárzás. Minden egyes kilowatt szoláris nyereség tovább csökkenti a fűtési hőigényt, ezért a passzívháztervezés tudatosan törekszik a napsugárzás energiájának maximális kiaknázására.

**Nyár: a túlmelegedés elkerülése** A téli benapozás maximalizálását azonban úgy kell megtervezni, hogy közben elkerüljük a nyári túlmelegedést. Passzívházak tervezésénél a túlmelegedés kockázatát egy viszonyszám fejezi ki, amely megadja, hogy a belső hőmérséklet az év napjainak hány százalékában lép túl egy adott küszöbhőmérsékletet (25 °C). Ez az érték nem lehet magasabb, mint 10%. Nem lakáscélú, magasabb belső hőterheléssel járó funkciójú épületek esetén a magasabb belső hő miatt tanácsos ezt az értéket jelentősen alulteljesíteni.

**A napsugár beesési szöge télen/nyáron** A nyári árnyékolásban segíthet, hogy a nap beesési szöge eltérő a különböző évszakokban, így egy tudatosan megszerkesztett tetőtúlnyúlás télen beengedheti a napsugárzást a lakásba, nyáron pedig beárnyékolhatja az ablakot.





4. Ábra – A napsugár eltérő beesési szöge nyáron és télen  
forrás: CIPRA International – Energieeffiziente Häuser aus regionalem Holz im Alpenraum

Ökölszabály: erkély, ereszkinyúlás lehetőleg ne legyen szélesebb 1,5 m-nél.

További árnyékolási lehetőség lehet még a különféle mozgatható árnyékoló szerkezetek, valamint a lombhullató növényzet felhasználása is.

**Az épület önárnyéka** A kompakt épületforma nem csak a hűlő felületek szempontjából előnyös. Ebben az esetben ugyanis a kiugró épületszárnyak nem árnyékolják az üvegfelületeket. (A bonyolult kialakítású épülettömeg a síkjára merőleges elhelyezkedésű nyílászárókat nagymértékben árnyékolhatja.) Déli irányban ez a hatás jelentősebb, mint észak felé. Az önárnyékolás a függőleges, a homlokzatra merőleges védő falak esetén is jelentős. Ezeket ezért tanácsos elkerülni vagy a legszükségesebb méretre csökkenteni.

**A káva árnyékolása** Az ablakokat a függőleges és a vízszintes káva is árnyékolja. Ezért minél kisebb a kávaszélesség, annál kisebb az árnyékolás mértéke.

**Átszellőztetett légrés** Az üvegfelületek árnyékolásán túl a nyári túlmelegedést csökkentő szerkezeti megoldás az átszellőztetett légrések alkalmazása.

A külső falazatokat érő nyári napsugárzás felmelegítő hatása nagy hatásfokkal csökkenthető a tartófal elé légrés közbeiktatásával épített vagy szerelt téglavagy egyéb homlokzatburkolat alkalmazásával.

Ugyanez igaz a tető megfelelő átszellőztetésére is.

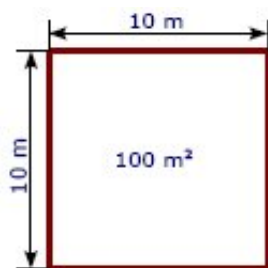
## 2.2 Kompakt forma

### 2.2.1 Felület/térfogat-arány

Egy ház fűtési energiaigényét logikus módon befolyásolja a ház lehűlő felületének (A) a fűtött térfogatához (V) viszonyított aránya (A/V-arány). Akkor kapunk kompakt formát, ha a ház alaprajzának és metszetének minimalizáljuk a kerületét. A külső felület csökkentése nemcsak a fűtési költségeket csökkenti, hanem az építés költségeit is.

**Az alaprajz kontúrjának befolyása** A következő alaprajzpéldák mind  $100 \text{ m}^2$  alapterületet foglalnak magukba. Az összehasonlítás alapjául a  $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ -es négyzet alakú alapterületet vettük, így az 100%-kal szerepel. Hozzá hasonlítottuk a további alaprajzkontúrokat.

#### Téglalap formájú alaprajz területe



5.a) Ábra – Téglalap formájú alaprajz

Ideális négyzetforma:

Kerület:  $40 \text{ m} = 100\%$

Egyre nyújtottabb téglalapoknál a következő kerületértékeket kapjuk:

$9 \text{ m} \times 11,1 \text{ m}$ :  $40,2 \text{ m} = 100,56\%$

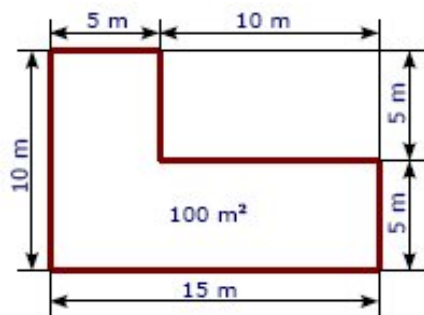
$8 \text{ m} \times 12,5 \text{ m}$ :  $41,0 \text{ m} = 102,50\%$

$7 \text{ m} \times 14,3 \text{ m}$ :  $42,6 \text{ m} = 106,43\%$

$6 \text{ m} \times 16,7 \text{ m}$ :  $45,4 \text{ m} = 113,34\%$

$5 \text{ m} \times 20,0 \text{ m}$ :  $50,0 \text{ m} = 125,00\%$

#### L-alakú alaprajz

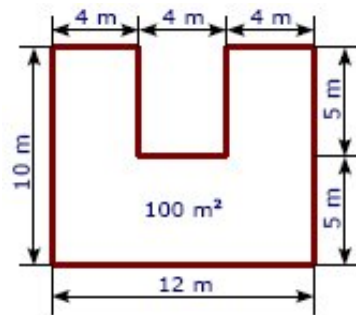


5.b) Ábra – L-alakú alaprajz

Kerület:  $50 \text{ m} = 125\%$

Egy szintnél kb.  $30 \text{ m}^2$ -rel, két szintnél kb.  $60 \text{ m}^2$ -rel több fal-, illetve ablakfelület szükséges.

**U-alakú alaprajz**

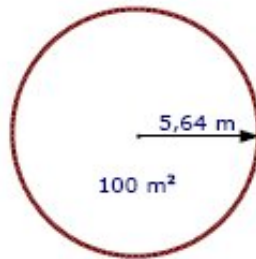


Kerület: 54 m = 135%

Egy szintnél kb. 42 m<sup>2</sup>-rel, két szintnél kb. 84 m<sup>2</sup>-rel több fal-, illetve ablakfelület szükséges.

5.c) Ábra – U-alakú alaprajz

**Extrém példa:  
köralakú alaprajz**



Kerület: 35,44 m = 88,6%

Egy szintnél kb. 14 m<sup>2</sup>-rel, két szintnél kb. 27 m<sup>2</sup>-rel kevesebb fal-, illetve ablakfelület szükséges.

5.d) Ábra – Köralakú alaprajz

**A szintek számának  
(pontosabban a  
metszeteknek) a  
befolyása**

A metszetek kerületének a minimalizálása, praktikusán közelítése a négyzetformához, pontosan olyan hatással van, mint azt az alaprajznál láthattuk. Egy egyszintes családi ház A/V-aránya általában rosszabb, mint egy ugyanakkora hasznos alapterületű kétszintesé. Az alábbi példában ez az arány mintegy 23%-kal rosszabb. Mivel az A/V-arány jól jellemzi a fűtési energiaigény mértékét, az alábbi egyszintes ház fűtési energiaigénye jó közelítéssel 23%-kal több, mint ugyanolyan U-értékek mellett a kétszintesé. Ha egy adott fűtési energiaigény elérése a cél, akkor az alábbi egyszintes házban hatékonyabban kell hőszigetelni, illetőleg egyéb módon kell ellensúlyozni a nagyobb lehűlő felületből adódó hátrányt.

**Kétszintes ház:**

Alapterület: 8 m x 8 m x 2 szint= 128 m<sup>2</sup>

Épületmagasság: 6 m

Lehűlő felület: 320 m<sup>2</sup> (4 x 8 m x 6 m + 2 x 64 m<sup>2</sup>)

Fűtött térfogat: 384 m<sup>3</sup> (64 m<sup>2</sup> x 6 m)

A/V: 0,83 = 100%

**Egyszintes ház:**

Alapterület:  $10 \text{ m} \times 12,8 \text{ m} \times 1 \text{ szint} = 128 \text{ m}^2$

Épületmagasság: 3 m

Lehűlő felület:  $392,8 \text{ m}^2$  ( $45,6 \text{ m} \times 3 \text{ m} + 2 \times 128 \text{ m}^2$ )

Fűtött térfogat:  $384 \text{ m}^3$  ( $128 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m}$ )

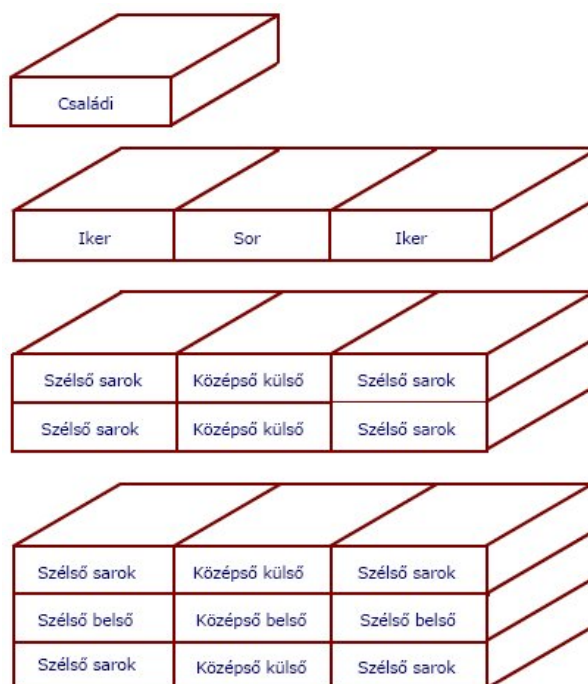
A/V:  $1,02 = 123\%$

**Szintenként eltérő alaprajz befolyása** Az előzőekből logikusan következik, hogy ha az egymás fölött lévő szintek nem fedik le teljesen egymást, akkor a lehűlő felületek aránya a térfogathoz képest nő.

Ha pl. az alsó szint  $100 \text{ m}^2$ , a felső pedig csak ötven, akkor ezen  $150 \text{ m}^2$ -es lakásnak – lapostetővel számolva –  $100 \text{ m}^2$  tetőfelülete lesz. Egy ugyanakkora alapterületű, kétszintes, szintenként  $75 \text{ m}^2$ -es lakásnak a tetőfelülete 25%-kal kevesebb ( $75 \text{ m}^2$ ).

Hasonló a helyzet, fűtött pince esetében, ha a lakás nem teljesen egészben van alápincézve, vagy teljesen alá van pincézve, de a pincének csak egy része fűtött. Fűtetlen pince esetén nincs különbség a két eset között a fűtési hőigény tekintetében.

**Családház, ikerház, sorház, társasház** Egy  $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ -es alapterületű 3 m épületmagasságú lakás A/V-aránya másként alakul, annak függvényében, hogy családi házként, ikerházként, sorházként vagy társasházi lakásként épül:

**Háztípusok**

6. Ábra – Háztípusok A/V-arány szempontjából

**A/V-arány és a méret**

1. Táblázat  
Különböző épülettípusok A/V-arányának összehasonlítása

<b>Típus</b>	<b>Külső fal db</b>	<b>Padló- és tetőfelület db</b>	<b>Lehűlő felület m<sup>2</sup></b>	<b>A/V-arány</b>	<b>Családi házhoz viszonyítva %</b>
<b>Családi</b>	4	2	320	1,07	100
<b>Iker</b>	3	2	290	0,97	91
<b>Sor</b>	2	2	260	0,87	81
<b>Szélső egység</b>	3	1	190	0,63	59
<b>Középső külső egység</b>	2	1	160	0,53	50
<b>Középső belső egység</b>	2	0	60	0,20	19

**2.2.2****Árnyékolás**

**Önleárnyékolás** Az épület kompakt formájának további előnye, hogy az épület saját maga által való leárnyékolása is csekélyebb mértékű. Erre a szempontra sokan nem gondolnak, pedig egy passzív ház esetében a fűtés jó részét maga a szoláris nyereség adja. Egy L, T vagy U alaprajzú épületforma ezért duplán növeli meg a fűtési költségeket: nő a lehűlő felület nagysága, egyszersmind csökkenhet a szoláris nyereség mértéke.

**2.3****Gyakran felmerülő kérdések****2.3.1****Garázs**

**Termikus burkon kívülre!** A garázs ne legyen a termikus burkon belül. A termikus burok a fűtött és átszellőztetett épülettestet határolja.

**Fűteni nem érdemes** Egy garázs lakótérnek megfelelő szintű kifűtése egyrészt fölösleges, másrészt gazdaságtalan. A passzív ház bejárati ajtajának megfelelő minőségű garázsajtó – sem hőszigetelés, sem légtömörség szempontjából – nem található a piacon.

**Nagy a hővesztesége** A garázsajtó kinyitásakor a hőveszteség tetemes, nemcsak a levegő hűl le szinte a külső hőmérsékletre, hanem maga a hő tárolására alkalmas épületszerkezetek (padló szerkezet, falak, földem) hőmérséklete is jelentősen csökken.

**Lakásszellőztetés garázsban?** A garázs légterének bevonása a lakásszellőztetésbe szintén csak problematikus lenne, mivel a hideg levegő beszívása jelentősen csökkentené a hővisszanyerés hatékonyságát. Ez a probléma fűtetlen

pince esetén is fennáll.

**Épülettesten kívülre!** Ezen megfontolás alapján nem célszerű a garázst az épületttestbe integrálni, mert ezzel a termikus burok kompaktsága indokolatlanul csökken, más szóval nő a hűlő felület nagysága. Gyakran alkalmazott, mégis kerülendő példa a földszinten elhelyezett, oldalról és felülről is lakótérrel határolt garázs.

A garázs és a lakótér közötti épületszerkezet (fal, födém) hőszigetelését hasonló minőségben kell elvégezni, mint a külső falét vagy a nem fűtött pincefödémét. A garázs és a lakótér közötti ajtónak pedig célszerű passzív ház bejárati ajtó minőségűnek lennie. Energetikai és költséghatékonysági szempontból még jobb, ha a garázból nem nyílik ajtó a fűtött térre, de ez persze kevésbé praktikus megoldás.

A garázs lehet része az épülettömegnek, de attól termikusan el kell választani. Elhelyezése ideális az északi oldalon, ahol egyébként is kevés nyílászáró található, viszont sok esetben erre az oldalra kerül a lakásbejárati ajtó.

A garázsban a hőmérlegsámítás külső hőmérséklettel számol, miközben egy fűtetlen pincében 10 °C körüli hőmérsékletet feltételez (a külső hőveszteség kb. 50%-át). Nagy, jól hőszigetelt garázs esetén legalább a külső hőveszteség 75%-ával kell számolni.

### 2.3.2

#### **Erkély**

**Hőhíd lehet** Az erkély potenciális hőhíd, ha az erkélylemez megszakítás nélkül egybe van betonozva a födémmel. Az ilyen megoldás az épületfizikai károk bekövetkezésének nagy kockázata miatt még hagyományos épületek esetén sem javallott.

**Termikusan függetleníteni, hőhídmegszakítással beépíteni** Passzív házaknál ezért jellemzően az erkély vagy lábakon áll, vagy a falra, illetve a tetőre van felfüggesztve. Magához a termikus burokhöz csak pontszerűen van hozzáillesztve. Az ilyen jellegű pontszerű hőhidak energetikai hatása ugyan lényegesen kisebb mértékű a vonalmenti kapcsolódásnál, mégsem lehet az energetikai számítás során azokat teljes mértékben elhanyagolni.

**Hőhídat csökkenteni** Másik megoldás lehet a nyomatékíró hőhídmegszakító rendszer, mely teljes mértékű hőhídmentes csatlakozást nem tesz ugyan lehetővé, de a vonalmenti hőhíd értéke lényegesen alacsonyabb a hagyományos megoldásoknál. E vonalmenti hőhidak veszteségeivel természetesen szintén számolni kell.

Az elemek hőveszteségét kétdimenziós hőáramlást elemző számítógépes programmal lehet meghatározni. Az elemek kiválasztása nagy hozzáértést igényel. A piacon lévő termékek hővesztesége hasonló felépítés esetén akár 100%-kal is eltérhet egymástól.

### 2.3.3

#### **Téli kert**

A télikert jellemzően nem része a termikus buroknak.

**Termikus burkon kívül** Bár pufferzónát képez a termikus burok és a külső tér között, ennek pozitív hatása azonban az általános véleménnyel ellenkezően erősen korlátozott. A télikertben ugyan gyakran magasabb hőmérséklet uralkodik, mint a kültérben, viszont annak üvegezése a mögöttes szerkezetek nyílászáróinak szoláris nyereségét nagymértékben csökkenti. A naptérben a hőmérséklet erősen ingadozik, ezért a termikus burok télikerttel érintkező felületének hőszigetelés szempontjából ugyanolyan minőségűnek kell lennie, mintha ez a felület is a külső levegővel érintkezne.

**Termikus burkon belül** Ha az a döntés születik, hogy a télikert a termikus burkon belül helyezkedjen el – ami igazából már nem is télikert, mert a télikert definíció szerint fűtetlen –, akkor a télikert külső térhatároló szerkezeteinek kell a passzív ház minőséget elérniük, illetve a télikertet is be kell vonni a lakásszellőztetési rendszerbe.

### 2.3.4

#### **Kerti tároló**

**Termikus burkon kívülre!** Előfordul hagyományos épületeknél, hogy a kerti tároló, annak ellenére, hogy csak az épületen kívülről közelíthető meg, mégis integrálódik a ház tömegébe. A tároló ez esetben a termikus burkon kívül helyezkedik el, határoló szerkezetei (fal-, padló- és födémszerkezetek) a lakótérrel határosak, ezért úgy kell szigetelni, mintha az a külső levegővel érintkező felület lenne. A tároló szellőztetése logikus módon független az épület szellőztetési rendszerétől. A tartószerkezet lehetőleg legyen független a ház termikus burkától, így a felesleges hőhidak elkerülhetők.

Ez a megoldás passzív háznál lehetőség szerint kerülendő, mivel túlzottan növeli a lehűlő felület méretét. A kerti tárolót és egyéb nem fűtött, kívülről megközelíthető helyiségeket, pl. a garázst is célszerű az alap épülettömegén kívül hozzáilleszteni a termikus burokhoz.

### 2.3.5 **Padlásfeljáró**

**Nem jó, ha a termikus burok része** A padlásfeljáró a termikus burok része, ha a fűtött belső teret választja el a fűtetlen padlástértől, azaz áttöri mind a hőszigetelő réteget, mind pedig a légzáró réteget. A rá vonatkozó minőségi elvárások ezért megegyeznek a bejárati ajtó iránti követelményekkel, a hőszigetelés mellett beleértve a beépítésre vonatkozó szabályokat, illetve a hőhidmentes kivitelezést is.

A piacon általánosságban elérhető padlásfeljáró szerkezetek (lépcső-ajtó) meg sem közelítik az említett elvárásokat, nem egy légtömörségi vizsgálat bukott már el a tömítetlen padlásajtó következtében.

**Padlástér ajánlott megközelítése** Általános ajánlás, hogy – ha ez lehetséges – a fűtetlen padlástér megközelítése ne a termikus burkon keresztül, hanem kívülről történjen. Ha a tető túlnyúlik az épületen, pl. a termikus burok mellett lévő garázs fölé, vagy éppen a teraszt árnyékolja, akkor célszerű itt kialakítani a padlásfeljárót.

**Beépített tetőtér** Sok esetben ajánlatos lehet a padlásteret is bevonni a termikus burokba. Növekszik ugyan a hőleadó felület, azonban a hasznos alapterület is. Egy ilyen helyiségcsoport kiépítése lakás céljára lényegesen könnyebb és olcsóbb is, mint egy hideg padlásé. Az összes hőleadás – a jól szigetelt felületek következtében – abszolút értékben nem növekszik számottevően, viszont a használati értéke egy hideg padláshoz viszonyítva lényegesen nagyobb.

### 2.3.6 **Lépcsőház**

**Része az épülettömegnek, illetve a termikus burkon belül legyen?** Többlakásos épületek esetében mindig felmerül a kérdés, hogy hová kerüljön a lépcsőház. Kerülhet az épülettömegbe belülről vagy kívülről, illetve lehet a termikus burkon belül, vagy azon kívül is. Energetikai szempontból a legkedvezőbb az, hogy amennyiben a lépcsőház része az épülettömegnek, akkor legyen a termikus burkon belül, ha viszont az épülettömegben kívül helyezkedik el, akkor kerüljön a termikus burkon is kívülről. Ezek az ajánlások abból következnek, hogy az épületburok felülete legyen a lehető legkisebb. A kompakt tömeg akár konkáv, akár konvex megbontása (pl. lépcsőház az épülettömegben belül, de a termikus burkon kívül vagy az épülettömegben kívül, de a termikus burkon belül) fölöslegesen növeli a lehűlő felület arányát. További problémákat vet fel a hideg és a meleg zónák közötti termikus elválasztás, a hőhidak jelenléte.



**Egy vagy több passzívházminőségű bejárati ajtó kell?** További – már nem energetikai, hanem gazdaságossági – szempont lehet, hogy a passzívházminőségű bejárati ajtók meglehetősen drágák. Ha a lépcsőház a termikus burkon belül helyezkedik el, akkor csak egy ilyen bejárati ajtót kell elhelyezni a lépcsőház bejárati ajtajaként, de ha a lépcsőház a termikus burkon kívülre esik, akkor a lépcsőházból nyíló minden bejárati ajtó passzívház minőségű kell, hogy legyen.

### 2.3.7

#### **Fűtetlen pince**

Pince megléte esetén el kell dönteni, hogy az belekerüljön-e a fűtött, termikus burokba vagy sem.

**Fűtött pince** A legegyszerűbb eset, ha a pince egésze a termikus burkon belül helyezkedik el, ekkor a pincét is megfelelő módon körbe kell hőszigetelni, a pince külső falának hőszigetelése megszakítás nélkül kapcsolódik a külső fal hőszigeteléséhez.

**Fűtetlen pince** Ha a pince a termikus burkon kívül van, akkor a pincefödém alkotja a termikus burok határát, alulról vagy fölülről hőszigetelve. Ez esetben a hideg pincefal és a fölötte, a termikus burkon belül elhelyezkedő külső fal termikus elválasztásáról külön kell gondoskodni, hiszen ott megszakad a hőszigetelés.

**Megközelíthetőség** Fűtetlen pince esetében további kérdésként merül fel a pince megközelíthetősége. A legegyszerűbb az, ha kívülről, nem a termikus burkon át lehet oda lejutni.

Ha szükséges a pince épületen belülről történő megközelítése, akkor pontosan meg kell határozni, hogy hol található a termikus burok határa. Ha a pincéhez vezető lépcsőház benne van a termikus burokban, akkor egy légteret alkot a fölötte levő épülettel. Ebben az esetben a lépcsőház melegnek számít és az összes határoló felületét a pince felé hőszigetelni kell, beleértve az oda nyíló ajtót is, mely passzívházminőségű kell legyen. Külön figyelmet kell fordítani a lépcsőház falainak és az ajtónak a pincefödémtől való termikus elválasztására.

### 2.3.8

#### **Gépészeti helyiség**

**Alig foglal helyet** A passzívház gépészete – különösen, ha kompaktkészülék – alig foglal helyet, csak miatta általában nem szükséges pincét kialakítani. Sokszor helyezik a háztartási helyiségbe, de társasházi kialakításnál nemegyszer az előszobában, egy beépített szekrényben kap helyet.

**Energetika** Fontos azonban, hogy a szellőztetőberendezés minél közelebb kerüljön a termikus burok határához, mivel a beérkező friss levegő, illetve a távozó levegő hőmérséklete lényegesen alacsonyabb, mint a belső hőmérséklet. Ezért ezt a csővezetékszakaszt gondosan kell hőszigetelni. Minél rövidebb ez a csőszakasz, annál kisebb mértékű a hőveszteség, illetve annál olcsóbb lesz maga a kiépítés.

Ha a háztartási helyiség a szellőztetőberendezéssel az épület közepére kerül, célszerű lehet az előbb említett friss levegő-, illetve kifújó ágat nem az épületen át elvezetni a szellőztetőberendezésig, hanem az épület termikus burka alatt vezetni és a szellőztetőgép közelében áttörni az aljzatot, s ezzel minimalizálni az érintett csőszakasz hosszát.

A PHPP, a passzívház energiamérleg-számítás az ezen a csővezetéken való hőveszteséget a hővisszanyerés hatásfokának csökkentése útján veszi figyelembe.

**Zajvédelem** A gépészeti megoldás típusától függően különböző mértékű zajhatással lehet számolni. Alapjában célszerű a gépészetet akusztikailag leválasztani az épület többi részétől. Elhelyezés szempontjából érdemes úgy kialakítani a belső teret, hogy a gépészeti helyiség lehetőleg más funkcionális helyiségekkel (fürdőszoba, konyha, WC), illetve az előszobával vagy a folyosóval legyen határos, és ne a hálószobával.

**Gazdaságosság** A gépészeti költségek jó részét a csővezetékek kiépítésének a költsége teszi ki, gazdaságossági szempontból is előnyös tehát a minél rövidebb csőhossz. Ezt lényegesen befolyásolja a belső térszervezés, többek között a gépészeti helyiség elhelyezése is. Külön előnnyel járhat, ha az építész tisztában van az irányított átszellőztetés elvével, a szokásos csőméretekkel, helyet hagy a légtechnikai csöveknek, a fel- és leszálló strangot is beleértve, illetve ha a térszervezés egyáltalán nem, vagy csak kis mértékben követel meg csőkereszteződést.

### 2.3.9

#### **Passzív-szolár eszközök**

**Hőveszteségek minimalizálása, napenergia tárolása** A passzív-szoláris építészet és a passzívház-építészet hasonló gondolkodásmódon alapul, de míg a passzív-szoláris építészet a soláris nyereség maximalizálására, addig a passzívház-építészet a hőveszteségek csökkentésére és a soláris nyereség optimalizálására teszi a hangsúlyt.

A passzív-szoláris rendszerek a napenergia begyűjtését, tárolását és leadását próbálják az épület szerkezetei segítségével megoldani.

Egy passzív ház esetében a veszteségek mértéke olyan alacsony, hogy rendszerint nincs értelme a napenergia tárolásának, illetve a tárolt hő leadását szolgáló külön eszközök telepítésének, ezért indirekt rendszereket (Trombe-fal, Black Attic, Barra-Constantini-rendszer stb.) elvétve lehet csak látni.

Indirekt napenergia-hasznosításnak felel meg a talajhőcserélők használata, hisz a föld 2-3 méter mélyen rejlő hője nem a földhő, hanem sokkal inkább a napsugárzás, illetve az eső hatásának tudható be.

**Napenergia direkt hasznosítása** A napenergia direkt hasznosítása a passzív házaknál is központi kérdés. A megfelelő tájolás, a benapozás biztosítása, a megfelelő minőségű, fényt kellőképp átteresztő ablakfelületek a téli fűtésnél segítenek. A nyári túlmelegedés elkerülése érdekében lehetőleg passzív árnyékolás alkalmazása szintén fontos tervezési alapelv.

**Aktív-passzív napenergia-hasznosítás** Aktív és passzív napenergia-hasznosítás elve szerint működnek azok a rendszerek, melyek az aktívan (pl. termikus kollektorral) előállított hőt tárolják szezonálisan a padlószerkezet alatt a talajban és azt télen újra kivonják. Ezen felül a magas talajhőmérséklet csökkenti a talaj felé áramló hőveszteséget, így a padlószerkezetet csak kismértékben kell hőszigetelni. Nagy épületek, pl. irodaházak, iskolák esetén a szigetelés egy része el is hagyható. A szezonális hőtárolás ezen módja egy viszonylag bonyolult dinamikus számítást igényel, és jelenleg ezzel kapcsolatban még kevés tapasztalat áll rendelkezésre.

### 2.3.10

#### **Tűzvédelem**

A tűzvédelem kérdésköre alapvetően nem energetikai kérdés, viszont a passzív házakban alkalmazott intenzív hőszigetelés és a kiépített légcsatorna-hálózat következményeként a tervezéskor nem lehet figyelmen kívül hagyni.

**Hőszigetelés** A hőszigetelő anyagok és a tűzterjedés kérdésköre mind az anyagválasztást, mind a kivitelezést érinti.

A nem éghető szigetelőanyagok használata bizonyos helyzetekben (pl. az épületmagasság függvényében) és bizonyos szerkezeti megoldásoknál (pl. átszellőztetett homlokzat) előírás. Az alacsonyabb tűzvédelmi osztályba sorolt anyagok ára sokszor kedvezőbb, felhasználási területüket a vonatkozó jogszabályok egyértelműen behatárolják.

Kivitelezésnél gyakrabban előforduló hiba, hogy a hőszigetelő táblákat csak pontszerűen ragasztják hozzá a tartószerkezethez, így a levegő tud áramolni a hőszigetelés és az épületszerkezet között. Ami ennél veszélyesebb, az ide esetlegesen bejutó tűz képes terjedni a fal és a hőszigetelő táblák közötti réseken keresztül.

**Légcsatorna** A légcsatorna csővezetéke tűz-továbbterjedési forrás, ezért pl. centrális rendszereknél, ahol a lakóegységeknek van közös légcsatorna szakasza, lakóegységenként meg kell oldani – megfelelő tűzvédelmi csappantyúk segítségével –, hogy a tűz ne tudjon átterjedni.

A tűzszakaszolási megoldások megtervezésén és szakszerű beépítésén túl nem szabad megfeledezni a rendszeres felülvizsgálatokra vonatkozó szabályokról sem.

## 3 Passzívház térelhatároló szerkezetek

A passzívházsabványban csak energetikai előírás szerepel, a felhasznált anyagok szempontjából semmiféle megkötés nincs. Lehet nehéz- vagy könnyűszerkezetes, szintetikus vagy természetes, hagyományos vagy modern.

Leggyakoribb szerkezettípusok:

- kerámia-, pórusbeton-, mészhomok téglá vagy beton (nehéz) falazatok; ásványgyapot, polisztirol vagy cellulóz (újrahasznosított újságpapír) hőszigeteléssel; vakolva vagy különböző homlokzatburkolattal,
- az előbb említett nehéz, szilikát falazatok hőszigeteléssel és átszellőztetett légréteggel; vakolva vagy különböző homlokzati elemmel burkolva,
- favázás szerkezetek; befűjt vagy függesztett hőszigeteléssel; vakolva vagy faburkolattal,
- polisztirol keményhab zsaluelemek beton kitöltéssel.

### 3.1 Tartószerkezet és hőszigetelés

**Két funkció:** A falas teherhordó szerkezet így lehet kerámia, pórusbeton, **teherhordás és** mészhomokkő, vasbeton, fa stb. Kizárólag ezekkel a teherhordó **hőszigetelés** funkciót is ellátó küldő falszerkezetekkel a passzívház szintű hőszigetelést általában csak aránytalanul nagy vastagsággal lehetne elérni (tömör fából pl. durván 1 méter vastag falra lenne szükség a megfelelő U-érték teljesítéséhez), ezért érdemes a teherhordó falszerkezet vastagságát a statikai szükség szerint méretezni és külön hőszigetelő anyaggal kombinálni.

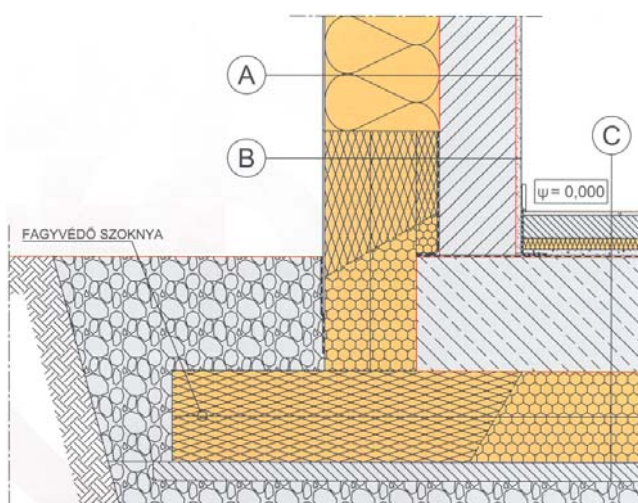
Az égetett kerámia falazóelemekből épülő külső falakra kerülő hőszigetelés vastagsága a falazóelem egyenértékű hővezetési tényezőjének számításba vételével változik. A falazatok átlagos lambda-értéke 0,6 W/(mK)-tól (hanggátló téglafal) 0,08 W/(mK)-ig (perlitkitöltésű falazat) választható. A tartószerkezeti, hanggátlási, tűzállósági követelmények homogén kerámia anyagú téglá falazattal való teljesítése jelenleg  $U=0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  hőszigetelő képességgel lehetséges, ez esetben a vakolat nélküli falvastagság 50 cm.

## 3.1.1

**Talajjal érintkező épületszerkezetek**

**XPS,** A talajjal érintkező épületszerkezetek hőszigetelése leggyakrabban extrudált polisztirollal (XPS) vagy formahabosított polisztirollal (EPS-P) történik, aminek alternatívája a hazánkban még kevésbé elterjedt habüveg, illetve a habüveg granulátum. XPS-ből, EPS-P-ből, habüvegből durván 25 cm, habüveg granulátumból 50–60 cm rétegvastagság szükséges a passívház minőség eléréséhez.

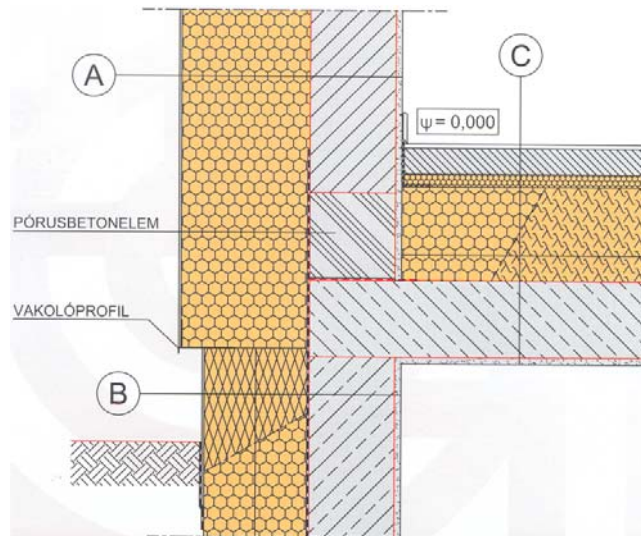
**Lemezalap** Vasbeton lemezalap alkalmazása esetén a hőszigetelés könnyen átvezethető az épület alatt, és hőhídmentesen illeszthető a külső fal lábazati hőszigeteléséhez.



7. Ábra - Lemezalap hőszigetelése

forrás: GDI, Passívház-csomópontok felhasználóknak

**Fűtetlen pince** A hőszigetelés, megszakítás nélkül fűtetlen pince esetében hagyományos hőszigetelő anyaggal nem valósítható meg, a tartófal hőhídmegszakítása azonban pórusbeton, purenit vagy habüveg sáv alkalmazásával a padlószerkezet hőszigetelése síkjában akár teljesen hőhídmentessé teheti a csomópontot.



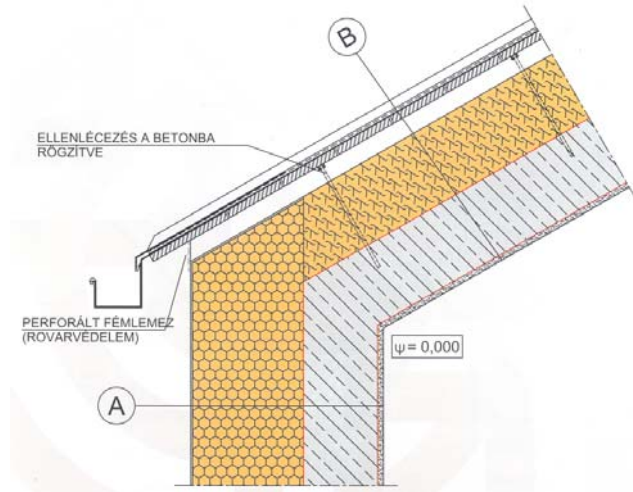
8. Ábra - Hőszigetelés hőhídmegszakítással fűtetlen pince esetén  
forrás: GDI, Passzívház-csomópontok felhasználóknak

### 3.1.2

#### Külső falak és tetőszerkezet

**Hőszigetelőanyagok** A külső falak és a tető hőszigetelések az általános hőszigetelőanyagok esetében, úgy mint polisztirol (fehér EPS), ásványgyapot (kőzet-, vagy üveggyapot), illetve szórt cellulózrost hőszigetelés mintegy 30 cm rétegvastagság szükséges. Relatív új a piacon a grafit tartalmú polisztirol (szürke EPS) hőszigetelőanyag, amelyből már durván 24 cm elegendő lehet. A következő hőszigetelési fokozatot a poliuretán (PUR/PIR) alapú hőszigetelések jelentik, amelyek ca. 20 cm vastagságban már teljesíthetik a passzívház szintű követelményeket. A hőszigetelés csúcsát – a szerkezeti vastagság szempontjából – jelenleg a vákuum-panel hőszigetelés alkotja, amelyből a 6 cm vastag panelek már magukban is  $0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  U-értékkel rendelkeznek. A szükséges hőszigetelés-vastagság méretét minden épületnél egyedileg a PHPP-számítás elvégzésekor lehet pontosan meghatározni.

**Koporsó vagy vasbeton trapézfödém** A hőhídmentes kialakítás koporsófödém esetében problémamentes, a külső fal és a tető csatlakozásánál a hőszigetelés kívülről egyszerűen folytonossá tehető. A magas légtömörséget itt maga a koporsófödém vasbeton szerkezete biztosítja.



9. Ábra - Koporsófödém hőszigetelése

forrás: GDI, Passzívház-csomópontok felhasználóknak

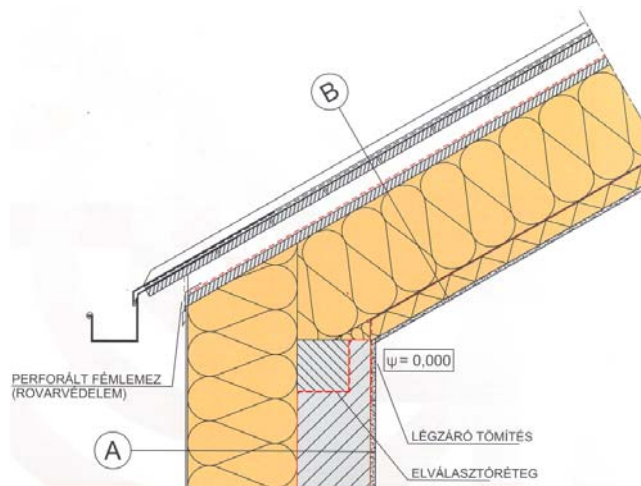
**Könnyszerkezetes tetőtér-beépítés** A szarufák közötti hőszigetelésnél a szarufák miatt inhomogén réteg alakul ki, amelyet az U-érték kiszámításánál megfelelőképpen figyelembe kell venni.

Előfordulhat, hogy a szarufa mérete nem teszi lehetővé kellő vastagságú hőszigetelés elhelyezését, ilyenkor vagy kiegészítő szarufa fölötti hőszigetelést lehet alkalmazni, mely – pozitív hatásként – jótékonyan csökkenti a szarufák hőhíthatását, vagy a belső tér felől szarufatoldás alkalmazható.

Célszerű a belső tér felől egy installációs réteg kialakítása, mely fölött vezethető a légtömörséget adó réteg (pl. megfelelő fólia). Így az installációs rétegben vezetett gépészeti vezetékek és kábelek kialakítása nem igényel külön törődést, tömítést, kisebb lesz a hibalehetőség.



A külső fal és a szarufák csatlakozása a hőhidasság és a légtömörség szempontjából is átgondolást igényel. Ideális esetben a szarufák nem törnek át a külső hőszigetelést, így a csomópont hőhídmentes szigetelése megoldható. Ellenkező esetben a talpszelemt célszerű nem közvetlenül a külső falra ráültetni, hanem attól elemelni, így a talpszelemen és a külső fal között is átvezethető a szigetelés.

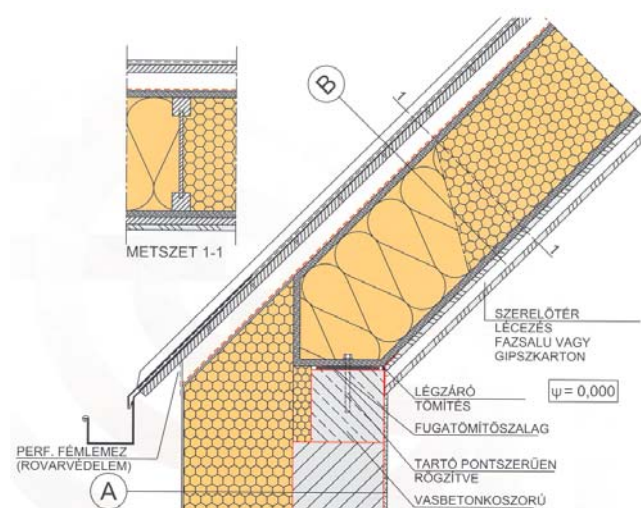


10. Ábra - Szarufák közötti hőszigetelés

forrás: GDI, Passívház-csomópontok felhasználóknak

**Faanyagú I-tartókból készült fedélszék**

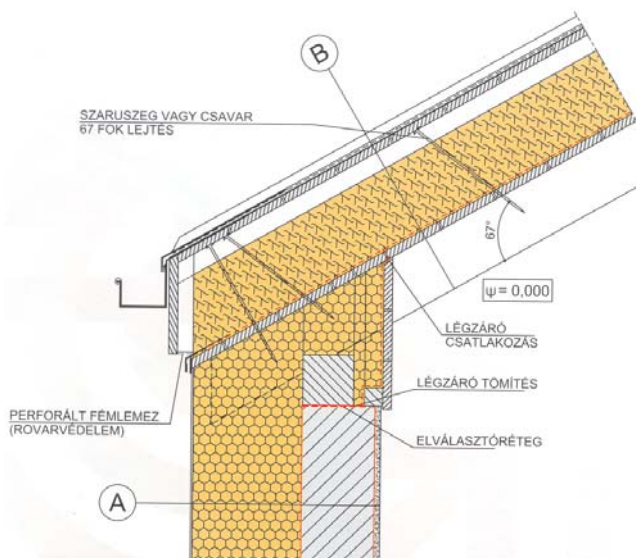
Az I-tartó hőhidhatása lényegesen kisebb mértékű, mint a hagyományos szarufáé, ideális megoldás passívházak könnyűszerkezetes tetőszerkezetének, de akár oldalfalának kialakítására is. A faanyagú I-tartót nevezik dupla T-tartónak vagy TJI-tartónak is.



11. Ábra - Hőszigetelés I-tartó alkalmazásakor

forrás: GDI, Passívház-csomópontok felhasználóknak

**Hőszigetelés a szarufák külső síkján** Látszószarufás tetőknél, azaz a „szarufák fölötti” hőszigetelésnél a hőhidmentes megoldás problémamentesen kialakítható, a légzárást azonban át kell gondolni. A légzárás síkja magastetőben, a hőszigetelés alatt, a belső burkolat fölött vezet. A belső kéreg sok esetben nem marad abba a térdfalnál, hanem tovább vezet. A belső burkolat azonban nem légtömör, nem lehet része a légzáró rétegnek. Azaz gondoskodni kell a térdfal és a tető légzárási síkjának a folytonosságáról, ezért ezen a helyen szükség van a burkolat megszakítására.



12. Ábra - Szarufák fölötti hőszigetelés

forrás: GDI, Passívház-csomópontok felhasználóknak

## 3.2 Nyílászárók

### **Passívházminőségű nyílászárók előnye**

Az energiahatékony, főként a passívházminőségű nyílászárók legnagyobb előnye a komfortszint érezhető megemelésében rejlik, mindamelllett szép lassan még vissza is fizetik az árukat. A beépítés után  $U_w, \text{beépítve} \leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ -t elérő ablak alá fűtőtestet sem szükséges beépíteni, mert felületi hőmérséklete a legnagyobb hideg esetén is csak mintegy 4,2 °C-kal lesz alacsonyabb a helyiség levegőjének átlaghőmérsékleténél, így nincs érezhető hidegsugárzása, és légmozgás sem indul el e csekély hőmérsékletkülönbség hatására. Szintén pozitív mellékhatás, hogy a 3-rétegű ablakok léghanggátlása is jobb a 2-rétegűeknél.

Az árkülönbözlet – a gyártási darabszámok emelkedésével – ugyan évről évre csökken, de akár 50%-os többletköltség is előfordulhat. Ez részint azzal kompenzálható, ha az ablakok egy része nem nyitható

kivitelű, ugyanis a fix ablakok ára lényegesen kedvezőbb.

### 3.2.1

#### **Ablak**

**$U_w$ -érték és  $g$ -érték** Egy ablak energiahatékonyágát két tényező kombinációja határozza meg: a transzmissziós hővesztesége és az általa elért szoláris nyereség. Az előbbit az  $U_w$ -értéke, az utóbbit pedig a  $g$ -értéke számszerűsíti. A korszerű nyílászárók legmagasabb műszaki színvonalát a passzívházablakok alkotják, ahol az  $U_w$ -érték  $\leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , a  $g$ -érték pedig  $\geq 50\%$  kell legyen.

Ilyen ablakokat 3-rétegű üvegezéssel, nemesgáztöltéssel és hőszigetelt szárnykeretekkel és tokkal lehet elérni.

**$U$ -értékek** Ma már egyre több fogyasztó keres 3-rétegű ablakot, meg kell jegyezni azonban, hogy megfelelő ablakot találni nem is olyan egyszerű. A reklámok sokszor nem az ablak pontos fizikai paramétereiről szólnak, hanem pl. arról, hogy a keret- és a tokszerkezet hány kamrás, illetve ha az  $U$ -értéket mégis megemlítik, abból sokszor nem derül ki egyértelműen, hogy az üveg ( $U_g$ ), a tok ( $U_f$ ) vagy a valóban fontos összesített  $U$ -értékről ( $U_w$ ) van-e szó. A ma talán legnagyobb számban eladott „1,1-es” hőátbocsátási tényezőjű ablaknál ez az érték általában az üvegre vonatkozik, a tok általában definiálatlan, de tendenciájában ennél sokkal rosszabb, így lehet, hogy az ablak összesített  $U_w$ -értéke csak 1,4 vagy akár 1,6  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$  lesz.

**$g$ -érték** Arról nem is beszélve, hogy az üveg  $g$ -értékét (mely azt határozza meg, hogy az üveg a rá eső fény hány százalékát engedi át) csak elvétve említik. Ezt különösen az extrém jó  $U$ -értéket kínáló ablakoknál érdemes megnézni, melyek a kisebb hőveszteségükből adódó látszólagos előnyüket egy esetlegesen rossz – azaz jóval 50% alatti –  $g$ -értékkel könnyen elveszíthetik. Így kedvezőtlen esetben az is előfordulhat, hogy a télen oly fontos szoláris nyereség csökkenése folytán az energiamérleg összességében kedvezőtlenebb végértékhez vezet.

### 3.2.1.1 Üveg

**$U_g$ -érték** Az üveg hőátbocsátási tényezője, az  $U_g$ -érték az összetevőinek minőségéből adódik.

Megfelelő minőségű ablakot 3-rétegű üvegezéssel, nemesgáz-töltéssel lehet előállítani. A nemesgáz típusától függően 0,7-0,6 W/(m<sup>2</sup>K) (argontöltéssel) vagy annál jobb érték is elérhető (kripton-, esetleg xenontöltéssel).

**Szelektív bevonat** Az ablakok szelektív infravörös bevonata (low E-coated) is fontos szerepet játszik: a rövidebb hullámhosszú napsugárzást beengedi, a szerkezetek által visszasugárzott hosszabb hullámhosszú, infra tartománybeli sugárzást, illetve annak hőtartalmát pedig bent tartja.

**Üvegtávtartó** A távtartó anyaga szintén sokat számít, hisz az alumínium anyagú távtartó lényegesen nagyobb hőhidat képez, mint egy műanyagból készült. A hosszú távú formatartósság és az alacsony hővezetési érték szempontjából jó kompromisszumnak bizonyultak a nemesacélból készült távtartók is.

**$g$ -érték** A hőátbocsátási tényező ( $U_g$ -érték) csökkenésével az összenergia-átbocsátási tényező ( $g$ -érték) is csökken. Tehát az üvegfelület hőveszteségének a csökkenésével párhuzamosan csökken a rajta keresztül elérhető szoláris nyereség is. Durva megközelítésként azt szokták ajánlani, hogy a nettó szoláris nyereség elérése érdekében a  $g$ -érték ne legyen 50%-nál alacsonyabb. A pontos képlet a következő:

$$g \times 1,6 \text{ W/(m}^2\text{K)} \geq U_g$$

Ebből látható, hogy  $U_g = 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  értékű ablaknál kell a  $g$ -értéknek minimum 50%-nak lennie.

### 3.2.1.2 Tokszerkezet

**$U_f$ -érték** A tok hőátbocsátási tényezőjére, az  $U_f$ -értékre nincs pontos ajánlás, értékét azonban ismerni kell.

**Méretek** Ismerni kell továbbá a tok vastagságát is, az üvegezés peremétől a tok külső széléig, mind a négy oldalon. Ezek az adatok szükségesek a PHPP-számítás elvégzéséhez.

A fatokokkal kapcsolatban érdemes még azzal is tisztában lenni, hogy a fa hővezető képessége legalább háromszor rosszabb, mint az átlagos

hőszigetelő anyagoké.

### 3.2.1.3

#### **Ablak**

**$U_w$ -érték** Az ablak összesített hőátbocsátási tényezőjére ( $U_w$ ) a tok  $U_f$ -értéke, az üvegezés  $U_g$ -értéke, valamint az üvegbeépítés hőhídhatalma ( $\Psi_{\text{üvegbeépítés}}$ ) befolyásolja.

**$\Psi_{\text{üvegbeépítés}}$**  Az üvegbeépítés vonalmenti hőhídhatalmát csökkenteni lehet egy relatív nagy beépítési mélységgel, illetve jellemzően a beépítés körüli hőszigeteléssel.

**$U_w$  méretfüggő** Ugyanazon tok-, üveg- és üvegbeépítési szituáció mellett a méret függvényében más és más  $U_w$ -érték jön ki, hisz változik a tok és az üveg felületaránya. Általában az üvegezés  $U$ -értéke kedvezőbb, ezért a nagyobb méretű ablakoknak jobb az  $U_w$ -értékük. Ablaktokok minőségi összehasonlításánál ugyanazon méretet (1,23 m széles és 1,48 m magas) és ugyanolyan üvegezést ( $U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ) vesznek figyelembe.

### 3.2.1.4

#### **Nyílászáró-beépítés**

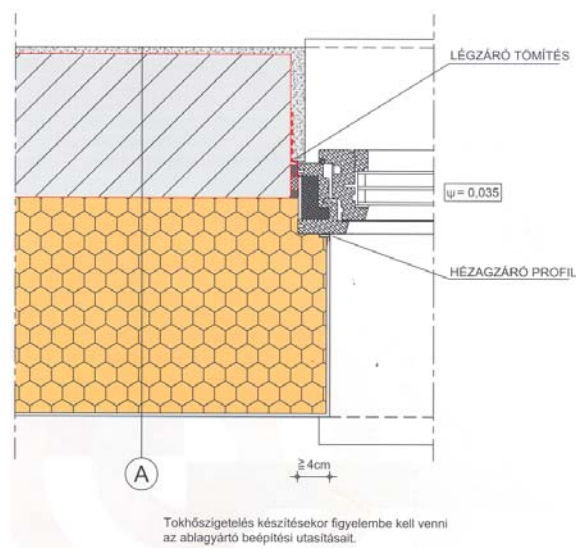
**Légtömören és hőhídmentesen** A nyílászárók beépítése legalább olyan fontos, mint a megfelelő nyílászáró kiválasztása. Amire különösen oda kell figyelni: a légtömörség biztosítása és a hőhídmentes beépítés. Tipikus légtömör beépítésnél légtömörséget biztosító „szalag” kerül a tok külső részére, majd behelyezés és pur-habbal való esetleges réskitöltés után a szalagot a falhoz ragasztják, majd bevakolják. A pur-hab használata önmagában nem elégséges. A hőhídhatalmát elkerülése érdekében az ablakot a hőszigetelés síkjában, a falsíkon kívül kell elhelyezni, és a hőszigetelést a tokszerkezetre ráfordítani. Egy passzív ház tervezésben jártas építésmérnök nemcsak a nyílászárók helyét, hanem beépítési részleteit is megtervezi, összhangban a hőszigetelés és légzárás síkjával. Ezt a munkát érdemes megfizetni.

**A homlokzati hőszigetelés rátakar a nyílászárók tokszerkezetére** Egy nyílászáró tokszerkezetének esetlegesen rossz  $U_f$ -értékét azzal lehet ellensúlyozni, hogy a homlokzati hőszigetelés beborítja. Ezt először kényszermegoldásként alkalmazták. Az olyan ablakok esetében, ahol a tok külső burkolata alumínium, ez a megoldás nem is éri el feltétlenül a megfelelő hatást. Kifejezetten ehhez a beépítési módhoz újonnan készültek olyan nyílászárók, amelyek  $U_f$ -értéke ugyan csak  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  körüli, viszont felkészültek a hőszigetelés fogadására,  $U_w$ -értékük rosszabb, mint  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , de beépítés után mégiscsak elérik

az  $U_{w, \text{beépítve}} \leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ -es komfortkritériumot. Ez vékonyabb tokszerkezetű, ezáltal olcsóbb nyílászárókhoz vezetett.

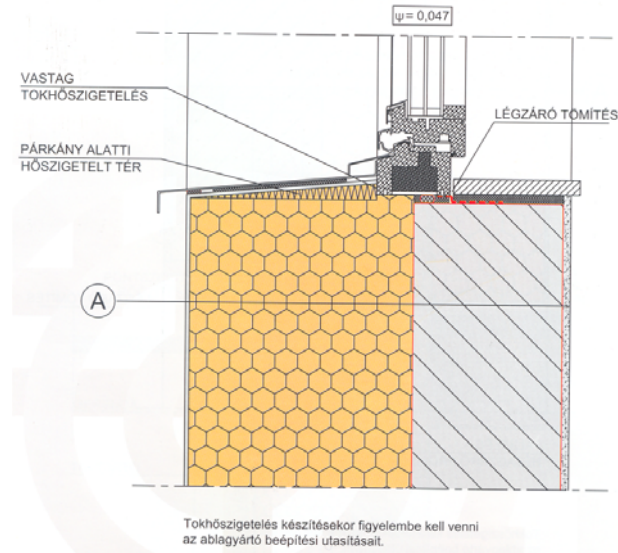
Az ablakbeépítés hőhidhatása ( $\psi_{\text{ablakbeépítés}}$ ) az egyedi beépítési szituációtól függ, értéke csak annak ismeretében határozható meg.

**Ablaktok és falszerkezet függőleges csatlakozása** Kompromisszumos megoldás lehet, ha a tok kismértékben még a külső falsíkon belül helyezkedik el, így a beépítése egyszerűbben elvégezhető. A beépítés hőhidhatása viszont ezekben az esetekben általában már nem elhanyagolható, így a nagyobb tévedések elkerülése végett kiszámításuk javasolt. A PHPP-számítás alapértékként  $0,04 \text{ W}/(\text{mK})$  ablakbeépítési  $\psi$ -értéket feltételez.



13. Ábra - Ablaktok és falszerkezet függőleges csatlakozása  
forrás: GDI, Passívház-csomópontok felhasználóknak

**Ablaktok és falszerkezetet alsó, vízszintes csatlakozása** Az ablak-fal alsó, vízszintes csatlakozása (az ablakpárkány kialakítása) a legkedvezőtlenebb, az esővíz-elvezetés érdekében itt csak csekély mértékben van mód ráterakarni a hőszigeteléssel a tokra.



14. Ábra - Ablaktok és falszerkezet alsó, vízszintes csatlakozása  
forrás: GDI, Passzívház-csomópontok felhasználóknak

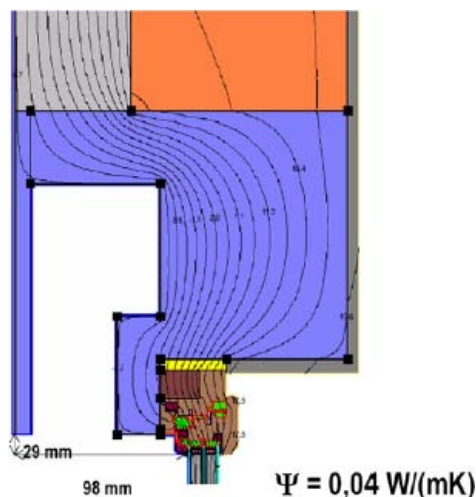
### 3.2.1.5 Redőnytok

**Látszó redőnytok** A külső falon kívül elhelyezett, látszó redőnytok energetikailag nem problematikus.

**Rejtett redőnytok** A rejtett tokos megoldások viszont nagyobb körültekintést igényelnek, mivel csökkentik a hőszigetelés vastagságát. Ezt a redőnytok és a fal között jobb minőségű hőszigeteléssel (pl. poliuretán- vagy vákuum-hőszigeteléssel) lehet ellensúlyozni.

További javítási lehetőség a redőnytok mögött a falvastagság csökkentése a hőszigetelés javára.

A hőszigetelés ráfuttatása az ablaktokra – az ablaktok minőségétől függően – sokszor redőnytok alkalmazása mellett is szükséges.



15. Ábra - Redőnytokbeépítés

forrás: Passivhaus Consulting Franz Freundorfer

### 3.2.1.6 Tolóablak, tetőablak

**Tolóablak és légtömörség** Az oldalra nyíló tolóablakoknak légtömörség szempontjából, valamint a tetőablakoknak a beépítés szempontjából jelenleg még rosszabb paraméterei vannak, mint a homlokzati bukó-nyíló vagy fix ablakoknak.

**Tetőablak beépítési hőhídhátása** Tetőablakoknál a fő problémát az jelenti, hogy nem lehet a hőszigetelés síkjába beépíteni, csak fölé, különben nő a beázás veszélye, ezért a tetőablak beépítésének hőhídhátása nagyobb mértékű lesz, mint egy homlokzati beépítési szituáció esetén. A legjobb tetőablakok  $U_w$ -értéke jelenleg  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  érték körüli. Hőtani szempontból megfelelő érték érhető el egy átlagos, felfelé nyíló tetőablak és alá egy – a nyithatóság szempontjából jól átgondolt – passívházablak beépítése által.

### 3.2.2 Bejárati ajtó

**Elvárások** Passívház bejárati ajtókkal szemben az elvárás, hogy a beépítés utáni  $U$ -értéke,  $U_{D, \text{beépítve}} \leq 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , illetve légtömörsége  $Q_{100} \leq 2,25 \text{ m}^3/\text{hm}$  legyen. A magas hőszigetelési elvárás az ablakokhoz hasonlóan a belső tér termikus komfortját szolgálja, a hidegsugárzás és az emiatt létrejövő huzathatás elkerülése érdekében. A bejárati ajtó mint hűlő felület ugyan nem tűnik nagynak, egy  $3,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   $U_D$ -értékű ajtó azonban közel akkora hőveszteséget okoz, mint  $50 \text{ m}^2$  passívház szintű külső falfelület.

**Bejárati ajtó helyett erkélyajtó?** Logikusnak tűnhet erkélyajtó alkalmazása bejárati ajtóként a passívház minőségű bejárati ajtó helyett, és valamilyen hőszigetelt betéttel az üvegezés helyett, mivel ez lényegesen olcsóbb megoldást



eredményez, hasonlóan jó hőszigetelési érték mellett.

Itt azonban nem szabad számításon kívül hagyni, hogy az erkélyajtót vajon ugyanolyan igénybevételre méretezték-e, mint egy bejárati ajtót? Ugyanúgy bírja-e majd a terhelést a tok, a szigetelés, de főleg a vasalat, mint egy kifejezetten bejárati ajtó céljára gyártott nyílászáró? Ezt a kérdéskört érdemes adott esetben részletesebben körüljárni.

### 3.3

## Légtömörség

A passzívház elvárt légtömörsége ötször jobb, mint a hagyományos házé. Ez is mutatja, hogy az energiahatékonyságot szem előtt tartó, és a megbízók számára magas komfortszintet kitűző tervező nagy jelentőséget kell tulajdonítson ennek a területnek.

**Állagmegőrzés** Talán meglepően hangzik, de a légtömörség kérdése elsősorban nem energetikai, hanem állagmegőrzési kérdés. Nem megfelelő légtömörségi érték esetén, télen, a külső környezethez képest a relatív sok nedvességet tartalmazó meleg levegő egy része a réseken keresztül lassan eltávozik a fűtött épületből. Útja során, amely a falszerkezeten és a hőszigetelőanyag résein keresztül vezet, hőmérséklete egyre csökken és egyre kevesebb nedvességet képes megtartani. Egy része kikondenzálódik, nedvesítve magát a határoló szerkezetet.

A stuttgarti Institut für Bauphysik mérése alapján +20 °C-os beltéri, -10 °C-os kültéri hőmérséklet és 20 Pa nyomáskülönbség esetén – ami kettős, hármas szélérősségnek felel meg – 1 mm-es rés méterenként 800 g kondenzvíz kiválását okozta az épületszerkezet belsejében. Összehasonlításképp egy 2,3 m sd-értékű párafékező fólia 5 g nedvesség diffúzióját engedi csak át. Ez 160-szoros különbség. Ezen adatok alapján minden épülettípusnál – nem csak a passzívházak esetében – törekedni kell a minél jobb rés-légtömörségi érték elérésére.

**Hővesztesség** A réseken keresztül távozó levegő következtében két módon is kialakulhat hővesztesség. Egyrészt meleg levegő formájában közvetlenül hő hagyja el a fűtött épületburkot, másrészt az előbb említett, az épületszerkezeten belül történő kondenzvíz-keletkezés rontja az egyes hőszigetelőanyagok hőszigetelési képességét. A fent említett intézet a nedvességkiválás mértéke mellett a hőszigetelési képesség romlásának mértékét is megvizsgálta. A vizsgálat során az 1x1 méteres szálás hőszigetelőanyagot tartalmazó résmentes épületszerkezetet vettek

figyelembe és ugyanezt egy 1 méter hosszú, 1 milliméter széles réssel a belső oldalon. A szerkezet U-értéke egyik esetben  $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , a másikban pedig  $1,44 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  volt, azaz a hőszigetelő képesség majd az ötödére csökkent.

**Légmozgás** Energetikailag kevésbé légtömör épületnek – mivel egy passzívházban a szellőztetés mindig hővisszanyeréssel együtt történik – nagyobb a szellőzési hővesztesége, hiszen a hővisszanyerő csak azt a levegőt képes hasznosítani, amely rajta keresztül áramlik. A nem megfelelő légtömörség emellett a szellőztetés elvi stratégiáját is alááshatja. A modern megoldásokra ugyanis az irányított átszellőztetési rendszer a jellemző. Azaz bizonyos helyiségekbe (például nagyszoba) csak befúvás, más helyiségekből (például WC) pedig csak elszívás történik, az előszoba meg úgynevezett átáramlási tartomány, közvetlen légmozgatás nélkül. Nem elégséges légtömörség esetén – kontrollálatlan légáramok következményeként – áramlási rövidzárak keletkezhetnek, amelyek meggátolhatják a lakás légátöblítésének tervezett lefolyását.

**Bizonyítási eljárás** Az épület légtömörségének mérését egzakt módon, az úgynevezett Blower-Door teszt segítségével lehet elvégezni. A külső nyílászáróba légtömör keretet helyeznek ventilátorral, amit összekötnek egy nyomáskülönbség-mérővel és egy számítógéppel. A rendszer méri, hogy 50 Pa nyomáskülönbség mellett, az épület légtérfogatához viszonyítva mennyi levegő „szökik meg”.

A légcsereszám ( $n_{50}$ ) hagyományos háznál  $3,0 \text{ 1/h}$ , szellőztetőrendszer mellett  $1,5 \text{ 1/h}$ , passzívházban pedig  $0,6 \text{ 1/h}$  értéket nem haladhatja meg. Ezek Magyarországon ma még csak irányértékek, a törvényi szabályozás még nem írja elő követelményként. Minden építetőnek javasolt, hogy az elvárt légtömörségi értéket a kivitelezővel szerződésben rögzítse, majd méréssel bizonyítsa.

Légtömörséget újonnan épülő ház esetében legalább kétszer érdemes mérni. Egyszer szerkezetkész állapotban, amikor még nagyobb költségek nélkül lehet javítani az esetleges hibákat, egyszer pedig az átadás előtt.

## 3.4

### Hőhídmentes kialakítás

A passzívházban alapvető fontosságú a hőveszteségek minimalizálása. Erről elsődlegesen a ház fűtött épületrészének külvilággal érintkező felülete, az ún. termikus burok hőszigetelő rétege gondoskodik. A

hőszigetelő réteg megfelelő vastagsággal, megfelelő hőszigetelő értékkel kell rendelkezzen, összefüggőnek kell lennie, és nem tartalmazhat számottevő hőhidat.

**Milyen problémát okoz a hőhíd?** A hőhidak helyén, az épületszerkezet belső felületén a felületi hőmérséklet megváltozik. Ez jellemzően a hideg évszakban okoz problémát, amikor a belső felületi hőmérséklet a harmatpont alá kerülhet, ami párakicsapódást, és ezáltal penészképződést vonhat maga után.

A hőhidak az épületkárosodás mellett jelentős hőveszteséget is okozhatnak. Több tanulmány is beszámolt már arról, hogy a hőhidak okozta hőveszteség nemegyszer eléri a 14 kWh/(m<sup>2</sup>év) értéket is. A hőhíddátás minimalizálása ezért döntő fontosságú egy passzívház építésénél.

**A hőhidak figyelembevétele** Passzívházak energetikai tervezésekor elterjedt eljárás mód a „hőhídmentes tervezés” elvének a követése. Ez az elv akkor alkalmazható, ha a külső térelhatároló felületek hővesztesége – külső méretekkel számolva – nem több, mint a szerkezet összes hővesztesége. Ez esetben nem kell külön figyelembe venni a hőhidak hatását.

Ez persze nem azt jelenti, hogy semmiféle hőhíd ne lenne jelen az épületben. Ezen elv figyelembe veszi az ismert, tervezhető hőhidakat, és enged némi ráhagyást a minimális mértékű, vonalmenti hőhidak számára is.

A tervezhető hőhíddátást az egyes szerkezeti elemek U-értékénél kell figyelembe venni. Ez történik például a vákuumpanel hőszigetelésnél, ahol a beépítéskor óhatatlanul keletkező vonalmenti hőhíd miatt, a laborban mért 0,005 W/(mK)  $\lambda$ -érték helyett 0,008 W/(mK)-nel kell tervezni.

A termikus burok felületének megadása hőhídmentes tervezésnél a külső méretek alapján történik. Ez az eljárás mód az épület éleinél a biztonság javára téved, azaz negatív hőhidakat (ún. geometria hőhidakat, negatív  $\psi$ -értékkel) eredményez. Az így képzett tartalék, bizonyos szintig képes ellensúlyozni az esetleg jelenlévő vonalmenti hőhidak hatását. A tapasztalatok azt mutatták, hogy egy átlagos geometriájú épületnél a hőhídmentesség kritériuma még elégségesen teljesül, ha egy vonalmenti hőhíd  $\psi$ -értéke sem haladja meg a 0,01 W/(mK) értéket.

**Gyakorlati példa** Legideálisabb az a helyzet, amikor a hőszigetelés megszakítás nélkül, anyagfolytonosan körbeveszi az épületet. Vannak azonban olyan körülmények, amikor ez nem biztosítható. Jellemző példa erre az esetre egy hagyományos szerkezetű családi ház, nem fűtött pincével. A termikus burok alsó határa a külső tartófalon halad át. Ezen a helyen hagyományos hőszigetelőanyag nem használható, a pince hideg falát azonban termikusan el kell választani a fűtött épületburok fölötté elhelyezkedő külső falától. A megoldás a kérdéses helyen egy sor pórusbeton alkalmazása. A 20 cm magas pórusbeton U-értéke  $0,58 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , ami nem vetekszik a termikus burok mellette fekvő  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  alatti értékével, az általa okozott hőhid  $\psi$ -értéke azonban megfelelő csomóponti kiképzés mellett kisebb, mint  $0,01 \text{ W}/(\text{mK})$ , ezért összességében elhanyagolható.

**Egyéb hőhidveszélyes épületrészek** Energetikailag mindig veszélyes a konzolos kialakítású vasbeton födém, például erkély kialakításakor. Passzívházaknál az erkély legtöbbször lábakon áll és csak pontszerűen illesztik a házhoz. Célszerű lenne felülvizsgálni azt a sok helyütt alkalmazott építésjogi előírást, miszerint a lábakon álló erkély beépített területnek számít. Biztosan lehetne olyan módon változtatni ezen az előíráson, hogy a kívánt cél megmaradjon, de ne ösztönözze az embereket energiafaló hőhidak építésére.

A nyílászáró-beépítést körültekintően kell elvégezni. Az ablakot jellemzően nem a falsíkon belül, hanem konzolosan, a hőszigetelés síkjában kell elhelyezni. Típustól függően szükség lehet a tok egy részének kiegészítő hőszigetelésére, a hőszigetelés tokra történő részleges ráfuttatásával.

A redőnytok beépítése szintén kritikus pont. A kívülről hőszigetelt redőnytok sok hőt veszít a tok nyílásán át; ennél jobb megoldás a belülről hőszigetelt tok.

## 4

## Passzívházgépészet

A passzívház központi gépészeti egysége egy légkomfort szellőztetőberendezésen alapul. Ez logikusan következik definíciójából, miszerint egy passzívház fűtése – és hűtése – alapvetően a szellőztetésen keresztül történik. E rendszerek evolúciója a következő lépcsőfokokon haladt keresztül.

**Hővisszanyerős szellőztetőberendezés** A kiindulás a hővisszanyerős szellőztetőberendezés volt. A szellőztetés egyaránt szolgál komfort és energetikai célokat. A légkomfort szellőztetőrendszer folyamatosan cseréli a levegőt a lakótérben. Azokban a helyiségekben, ahol tiszta levegőre van szükség (hálószoba, gyerekszoba, nappali, dolgozószoba) légbefúvást, a szennyezett levegőjű helyiségekből (konyha, fürdőszoba, WC) pedig légszívást végez. A beérkező levegő egy finomszűrőn keresztül jut a lakásba, mely a por és a pollenek nagy részét kiszűri, ily módon tisztább levegőt enged be, mintha az ember kinyitná az ablakot. A folyamatos légcsere szabályozza a relatív nedvességtartalom szintjét, csökkenti a párakicsapódás, a penészedés rizikóját. A rendszer emellett közel hússzor annyi energiát takarít meg, mint amennyi az üzemeltetéséhez szükséges! A kifújt levegőben lévő hőenergia nagy részét (akár 90%-át!) – egy keresztáramú, kereszt-ellenáramú, ellenáramú vagy rotációs hőcserélő segítségével – átadja a beszívott friss levegőnek. A 0 °C-os friss levegőt például a lakótérből elszívott 20 °C-os levegő 18 °C-osra előmelegíti, miközben a kifújt levegő hőmérséklete lecsökken 12 °C körülire. Ez a rendkívül hatékony hővisszanyerés jelentősen csökkenti a szellőztetési hőveszteséget, teljes egészében azonban még nem fedi le egy passzívház szükséges fűtési energiaigényét. A befújt levegőt ezért a hővisszanyerés után kezdetben kevésbé energiahatékony módon, elektromos utánfűtéssel vagy vizes kaloriferrel melegítették tovább.

**Szellőztetés integrált légfűtéssel** Következő lépés az volt, hogy a gyártók a hőcserélő után beépítettek egy levegő-hőszivattyút is, amely a távozó levegőtől további hőenergiát vont el, mely energiával tovább fűtötték a befújandó levegőt. A hőcserélőből távozó 12 °C-os levegő hőmérsékletét a hőszivattyú 0 °C alá csökkenti, s az így nyert hőenergiával 40–50 °C-ra felfűti a befúvó ágon az előbbi példában 18 °C-ra előmelegített friss levegőt.

**Passzívház kompaktkészülék** Harmadik lépésként sikerült elérni, hogy a már említett levegő-hőszivattyú annyi energiát nyerjen a távozó levegőből, amivel még a használati meleg vizet is fel lehet fűteni. A kompaktkészülékeknek ez a családja egy 200–300 literes bojlerrel tart melegen csak a levegőből

kinyert hőenergiával. Ez a berendezés egymaga megoldja egy passzívház szellőztetését, fűtését és használati melegvíz-előállítását is. A rendszer éves energiafelhasználása e funkciókra – 4 személyt és 120 m<sup>2</sup> lakóteret alapul véve – nem éri el a 2000 kWh-t. Az első piacképes passzívház kompaktkészüléket Christof Drexel fejlesztette ki 1996–97-ben.

**Kompaktkészülék felületfűtéssel** Negyedik lépésben a gyártók lehetővé tették ennek a technológiának felhasználását a passzívháznál magasabb energiaszükségletű épületek számára is. Ezt úgy érték el, hogy nemcsak a távozó levegő hőenergiáját használták fel, hanem további külső levegőt is vezettek a levegő-hőszivattyúba vagy pedig a levegő-hőszivattyú helyett folyadék-hőszivattyút alkalmaztak és a földhő bevonása szolgáltatta a szükséges többletenergiát, amivel felületfűtést (padló-, fal- vagy mennyezetfűtést) lehet kiegészítő fűtésként üzemeltetni.

Passzívházaknál akkor használják ezt a megoldást, mikor a fűtést függetleníteni akarják a légcseré mértékétől, pl. amikor kevés személy lakik egy relatív nagy házban. Ekkor a személyek alapján indokolt légcsereszám nem mindig elegendő a ház levegő által való kifűtéséhez. (Ez már előfordulhat egy 200 m<sup>2</sup>-es lakásban is, ahol csak két fő tartózkodik.)

A passzívház kompaktkészülékek térnyerése arra vezethető vissza, hogy minimális a helyigényük, kiépítési- és szervizköltségük, s emellett akár 80%-kal alacsonyabb a fogyasztásuk, mint a több komponensből felépített megoldásoknak.

## 4.1 Szellőztetés

### 4.1.1 Miért szellőztetünk?

A levegő a legfontosabb élelmünk. Levegő nélkül pár percig tudunk csak élni. Az ember naponta 26 000-szer vesz lélegzetet, miközben minden lélegzetvétellel 4–7 liter levegőt szűr meg.

A szellőztetés elsősorban nem energetikai, hanem higiéniai probléma.

A lakótér-szellőztetésnek a következő fő feladatokat kell ellátnia:

- A szagok és káros anyagok eltávolítása
- A beltéri levegő CO<sub>2</sub>-tartalmának korlátozása
- A relatív nedvességtartalom szabályozása

**Szagok és károsanyag-tartalom** Beltereinkben a jó levegőminőség –mely káros anyagoktól mentes és csak csekély mértékben tartalmaz kellemetlen szagokat– minden ember alapigénye.

Erős károsanyag-koncentráció különböző anyagok emissziója által keletkezik. Ehhez társul az emberek okozta emisszió, mely folytonos forrása a vízpárának, a szén-dioxidnak és a különböző szagoknak.

Káros anyagok elképesztő sokasága szennyezheti be a belélegzendő levegőt, úgy mint mesterséges szerves anyagok (benzol és formaldehid stb.), porszemcsék, radon, biológiai aeroszolok (baktériumok, vírusok, penészspóra stb.) és vegyszerek (tisztítószeres kipárolgása, kozmetikumok stb.).

A szellőztetés mértékét a felsorolt káros anyagok koncentrációjához kötni nemigen lehetséges, mivel érzékszerveink e szennyeződésekkel csak túl későn, vagy pedig egyáltalán nem érzékelik. Egy egyszerű és folyamatos mérés és felügyelet a káros anyagok sokasága következtében gyakorlatilag lehetetlen (e vegyületek száma meghaladja a 10 000-et.) Az egészségügyi kockázatok ellen hatásos védelmet csak az emisszió forrásának megszüntetése, illetve visszaszorítása ad, azaz a káros anyagok bevitelét már azok forrásánál csökkenteni kell.

Mindemellett, ha valaki a házat messzemenően biológiai szempontok figyelembevételével építi, tisztítja és renoválja, ezáltal megakadályozza, hogy káros anyagok kerüljenek a levegőbe, szellőztetnie akkor is szükséges. A mértékadó két anyag, mely ott, ahol az emberek tartózkodnak, mindig keletkezik, a szén-dioxid és a vízgőz.

**Szén-dioxid-tartalom** „Szellőztessünk, mert elfogyott az oxigén!” Ez a mondat sokszor elhangzik, azonban egyszer sem igaz. Egy háztartásban szokásos tevékenység végzésekor egy felnőttnek óránként 15 és 50 liter közötti oxigénre (O<sub>2</sub>) van szüksége. Ennek ellentételezésére egy 20 m<sup>2</sup>-es szobában mintegy 10 000 liter oxigén (O<sub>2</sub>) áll a levegőben rendelkezésre. Óránkénti egyszeres légcserét feltételezve ennek alapján elméletileg a szobában kb. 200 ember tartózkodhat enyhe fizikai munkát végezve anélkül, hogy oxigénhiánya keletkezne.

Ami a friss levegő utáni jogos igényt ténylegesen kiváltja, az a test kipárolgásából adódó szagok, illetve a kilégzéssel a levegőbe juttatott szén-dioxid (CO<sub>2</sub>) jelenléte. A szén-dioxid szerencsére nem olyan gáz, amely akut mérgezési tünetekhez vezethet, azonban a belső tér túl magas szén-dioxid-koncentrációja fáradékonyságot, a koncentrációs

képesség gyengülését és az „állott, elhasznált” levegő érzetét kelti.

Sokunkkal előfordult már, hogy időben lefeküdtünk, elméletileg eleget is aludtunk, mégis leverten, fáradtan ébredtünk. Ennek nagy valószínűséggel az éjszaka alatt egyre jobban felhalmozódott CO<sub>2</sub>-koncentráció volt az oka.

**Relatív nedvességtartalom**

Vízgőz az emberek által használt épületekben mindig nagy mennyiségben képződik, mindazonáltal az emberek a relatív nedvességtartalmat elég széles sávban érzik kellemesnek vagy elviselhetőnek. A 18 °C és 23 °C közötti hőmérséklettartományban a 35–65%-ig terjedő relatív nedvességtartalom nem befolyásolja döntően a kényelemérzetet.

A légnedvességnek azonban fontos közvetett hatása van a levegőminőségre és a bentlakók egészségére:

Ha a levegő túl száraz, azaz a relatív nedvességtartalom 40% alá süllyed, a légúti megbetegedésekért felelős baktériumoknak és vírusoknak megnő az élettartamuk. Könnyebben jön létre elektrosztatikus feltöltődés, a nyálkahártya kiszáradása, és különösen konvektív fűtési rendszerek mellett a por felkavarodása („kapar a torok”).

Ha a relatív nedvességtartalom 60% fölötti, először is a poratkák életkörülményei javulnak. (A poratka a nedvességet a bőrén keresztül veszi fel. Ha a relatív nedvességtartalom 55% alá csökken, a poratka életkilátása drasztikusan csökken.)

A még magasabb nedvességtartalom penészesedéshez vezethet, ha a hideg külső falakon páracondenzáció jön létre. Ez nemcsak az épület állagára jelent veszélyt, hanem – főleg legyengült immunrendszerű embereknél – betegségek közvetlen kórokozója is lehet.

#### 4.1.2

#### **Mennyit szellőztessünk?**

Feltételezve, hogy a kültéri levegő minősége megfelelő, és a belső térben az egészségügyileg problematikus anyagok emissziója csekély, a lakások számára szükséges légtérfogat-áramlás

- a CO<sub>2</sub>-tartalom,
- a légcsereszám és
- a levegő nedvességtartalma

alapján határozható meg.



**CO<sub>2</sub>-mérték** Már Pettenkoffer (1819–1901) megmondta:  
 „A leglényegesebb, amit a tüdőnk és a bőrünk kiválaszt, az a szén-dioxid és a vízgőz. Ezzel egyidejűleg csekély mennyiségű illékony organikus anyag is távozik a levegőbe, mely a szaga által észrevehető és melynek mennyisége a kiválasztott CO<sub>2</sub> mennyiségével arányos.”

Ezért szolgálhat a CO<sub>2</sub>-tartalom a légszennyeződés mértékeként. Ez a megállapítás érvényes a mai, aktuális szabályrendszerekben is, miszerint egy belső térben tartózkodó személy 0,1 és 0,15% közötti CO<sub>2</sub>-koncentrációnál kényelmesen, míg 0,2% fölött kényelmetlenül érzi magát.

2. Táblázat

*Szén-dioxid-kibocsátás és szükséges friss levegő felnőtteknek, különböző tevékenységekhez*

<b>Tevékenység</b>	<b>Kilélegzett szén-dioxid l/h</b>	<b>Szükséges friss levegő m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Alvás/pihenés</b>	10–13	17–21
<b>Olvasás/TV-nézés</b>	12–16	20–26
<b>Asztali munka</b>	19–26	32–42
<b>Házimunka</b>	32–43	55–72
<b>Szerelés/barkácsolás</b>	55–75	90–130

A kültéri levegő 0,036%-os CO<sub>2</sub>-koncentrációját feltételezve személyenként 30 m<sup>3</sup>/h légcserre elégséges a lakótér CO<sub>2</sub>-koncentrációjának 0,1%-on való tartásához.

**Légcseremérték** Mivel a CO<sub>2</sub>-mérték alapján kiszámolt légcsereszám az épület méretét nem veszi figyelembe, a tervezési kritériumok során azonban a szükséges légcsereszám több tényezőtől függhet, érdemes ezt az aspektust is felülvizsgálni.

Tervezési útmutatók 0,3 és 0,8 1/h közötti légcsereszámot javasolnak irányértékként. Mindehhez hozzá kell tenni, hogy minden szakember egyetért abban, hogy az energiamérleg szempontjából csak legfelső határértékként engedhető meg a 0,8-szoros légcserre. Erre vonatkozó vizsgálatok igazolták, hogy ilyen magas légcsereszámnál – különösen a hideg évszak alatt – a belső levegő gyakran túl száraz lesz (25%-nál alacsonyabb relatív nedvességtartalom). Légkényelem szellőztetőrendszerek tervezésekor 0,3 és 0,5 közötti légcsereszámot érdemes megcélozni.

**Nedvességtartalom-  
mérték** A 18 °C és 23 °C közötti hőmérséklettartományban 30% és 70% közötti relatív nedvességtartalom az emberek számára közvetlenül nem érzékelhető és ezáltal a kényelemérzetre sincs közvetlen hatással. A relatív nedvességtartalmat légkormány szellőztetés esetén a 40%-tól 60%-ig terjedő tartományban érdemes tartani.

A lakótérben felgyülemelő nedvesség mértéke leginkább az ott tartózkodó személyek, illetve az általuk kifejtett tevékenység függvénye. Egy négyfős háztartás naponta kb. 8-15 kg vizet porlaszt el a levegőben, azaz kb. egy felmosóvödörnyi mennyiséget.

### 3. Táblázat

#### Nedvességkibocsátás a lakásban

<b>Nedvességtermelés</b>	<b>g</b>	<b>időegység</b>
<b>Cserepes növény</b>	7-15	óránként
<b>Közepes fikusz</b>	12-20	óránként
<b>Száradó ruha 4,5 kg (centrifugálás után)</b>	50-200	óránként
<b>Fürdés kádban</b>	kb. 1100	alkalmanként
<b>Zuhanyzás</b>	kb. 1700	alkalmanként
<b>Rövid főzés</b>	400-500	óránként
<b>Hosszú főzés</b>	450-900	óránként
<b>Sütés</b>	kb. 600	óránként
<b>Mosogatógép</b>	kb. 200	alkalmanként
<b>Mosógép</b>	200-350	alkalmanként
<b>Alvás</b>	40-50	óránként
<b>Házimunka</b>	kb. 90	óránként
<b>Megerőltető tevékenység</b>	kb. 175	óránként

Légkormány szellőztetéssel a lakótérben állandóan keletkező fölösleges nedvességet folyamatosan el lehet távolítani. Ennek mértéke függ a külső levegő hőmérsékletétől és nedvességtartalmától, illetve a belső hőmérséklettől, amelyre a külső levegő felmelegszik.

Ha például a külső levegő 0 °C-os és 100% a relatív nedvességtartalma, akkor ez a levegő köbméterenként 5 g vízpárát tartalmaz. Ha ez a levegő bekerül a lakótérbe és 20 °C-ra felmelegszik, akkor relatív nedvességtartalma lecsökken 30%-ra, s ezáltal képes lesz további 12,5 g víz felvételére, míg 20 °C-on ismét el nem éri a 100%-os relatív nedvességtartalmát.

A levegő nedvességtartalmának szellőztetéssel való csökkentése tehát

azon alapul, hogy a hideg, kevés nedvességet tartalmazó kültéri levegő a lakótérben felmelegszik, eközben nedvességet vesz fel, és a lakótérből elvont nedvességgel együtt távozik.

Ebből következik, hogy a hideg évszakban a szellőztetés nedvességelvonó hatása lényegesen erősebben jelentkezik, mint a melegebb átmeneti időszakban, ahol már a 10 °C-os, telítettnek tekinthető kültéri levegő nedvesebb, mint a 20 °C-os beltéri levegő 50% relatív nedvességtartalom mellett.

A személyenkénti 30 m<sup>3</sup>/h-ás légcserre 20 °C-os beltéri hőmérsékleten az átmeneti időszakot alapul véve személyenként és óránként 140 g nedvességelvonást eredményez.

#### 4. Táblázat

*A levegő maximális párafelvévő képessége (100% relatív nedvességtartalom) különböző hőmérsékleten*

<b>Hőmérséklet °C</b>	<b>Maximális páratartalom g/m<sup>3</sup></b>
<b>30</b>	30,3
<b>25</b>	23,1
<b>20</b>	17,3
<b>15</b>	12,8
<b>10</b>	9,4
<b>5</b>	6,8
<b>0</b>	4,4
<b>-5</b>	3,3
<b>-10</b>	2,2
<b>-15</b>	1,4
<b>-20</b>	0,9

Egy további aspektus, hogy a nedvességcsúcsokat – ellentétben a CO<sub>2</sub>-csúcsokkal – a használati térben lévő nyíltpórusú felületek (gipsz, mészkő stb.) – bizonyos szintig ellensúlyozni, tompítani tudják. E felületek a nedvesség egy részét időlegesen fel tudják venni, majd a nedvességtartalom csökkenésével ismét le tudják adni.

### 4.1.3

#### **Hogyan szellőztessünk?**

**A régi épületek légáteresztők** Az elmúlt évtizedek általános építési gyakorlatában a megfelelő levegőminőség elérése általában nem okozott problémát. A 90-es évek elejéig az épületburok légtömörségével kapcsolatban nem voltak

különösebb elvárások. Az épületeknek mai szemmel nézve alacsonyszintű hőszigetelésük és gyakran magas légáteresztésük, nagy filtrációs veszteségük volt. Sok, az 1970-es években készült épületben közepes széljárás esetén az óránkénti 8–10-szeres légcsereszám is előfordult. A minimális számú, eseti szellőztetésen kívül különösebb odafigyelésre nem volt szükség.

Az energiahordozók árának emelkedése, illetve a technika fejlődése folytán ma már fokozottan figyelünk a lakások hőszigetelésére, illetve légtömorségére. 1990-óta szabványosított mérési eljárás is létezik (ISO 9972, valamint az MSZ EN 13829 – Épületek hőtechnikai viselkedése. Épületek légáteresztő képességének meghatározása. Túlnyomásos eljárás.) az épületek légtömorségének vizsgálatára, az ún. Blower–Door-teszt.

**Energetikai ajánlás** Energetikai szempontból a külső és a belső tér 50 Pa-os nyomáskülönbségénél óránként 3-szoros, légkomfort szellőztetőberendezéssel felszerelt lakás esetén 1,2–1,5-szörös kontrollálatlan légcserre engedhető meg. Az ajánlás a jól mérhető 50 Pa nyomáskülönbségre vonatkozik. Ha ezt átszámoljuk a gyakorlatra jellemző 4 Pa értékre, akkor 0,2–0,3-szoros, illetve szellőztetőberendezéssel felszerelt lakás esetén 0,1–0,15-szörös maximálisan megengedhető kontrollálatlan légcsereszámot kapunk.

**Higiéniai ajánlás** Higiéniai szempontból, illetve a nedvességterhelés csökkentése érdekében 0,3–0,8-szoros légcserre az ajánlott.

**Szellőztetni kell** A fentiekből látszik, hogy ha a házunk energetikai szempontból megfelelő, akkor automatikusan, magától nem fog kiszellőzni, rá kell segítenünk.

**Ablakszellőztetés** Nyílászárókkal való szellőztetésnél három paramétert befolyásolhatunk: a szellőztetés gyakoriságát, időtartamát és intenzitását.

Tudományos kísérletek kimutatták, hogy a helyes szellőztetés kétóránként 5 perc kereszthuzat. A leghelytelenebb pedig az ablakot hosszú ideig résnyire nyitva hagyni.

Elteltekintve a kisebb-nagyobb kényelmetlenségektől – ki fog éjjel 2-kor, 4-kor stb. felkelni, hogy 5-percet szellőztessen? – a „kétóránként 5 perc kereszthuzat” – eljárás mód gyakorlatilag betarthatatlan – ha napközben senki sincs otthon, akkor ki fog szellőztetni?.

Tehát ablakszellőztetés mellett vagy állott levegőben élünk és elfogadjuk a bepenészedés veszélyét, vagy résnyire nyitva hagyjuk az

ablakot és fűtjük az utcát.

**Gépi szellőztetés** A gépi szellőztetésnek csak egy hátránya van: meg kell hozzá venni a készüléket. Ez is csak átmeneti hátrány, mert ahogy megvan, szép lassan elkezdi visszafizetni az árát.

A gépi szellőztetésnél a levegő egy szűrőn keresztül jut be a házba, ezáltal tisztább levegőt engedünk be rajta, mintha kinyitnánk az ablakot.

A szellőztetés folyamatos, napi 24 órán biztosítja a kiváló levegőminőséget.

A légkormányozott szellőztetőberendezés a kiszellőztetett levegő hőenergiájának akár 90%-át visszanyeri, bent tarja a lakásban, ezáltal csökkenti a fűtési költségeket. A hővisszanyerés energiahatékonysága a mai modern készülékeknél kb. 1:20, azaz egy egység befektetett elektromos energia 20 egység hőenergiát takarít meg.

**Szellőzési hőveszteség** Az épületek egyre energiatudatosabb építésével a szellőztetésből adódó energiaveszteség egyre nagyobb arányt képez az össz-energiaveszteségből. Ez a hagyományos építkezésnél még csak a második legnagyobb részt kitevő, kevéssé figyelemre méltított érték azonban a kiválóan hőszigetelt épületeknél átveszi a legnagyobb energiaveszteség pozícióját.

#### 5. Táblázat

A szellőzési hőenergia-veszteség aránya az össz-energiaveszteséghez képest különböző építési előírásoknál

<b>Építészeti szabvány</b>	<b>Szellőztetési hőveszteség %</b>
<b>WschV 82 (Német építési előírás 1982-től)</b>	20
<b>WschV 95 (Német építési előírás 1995-től)</b>	29
<b>Alacsony energiaszintű ház</b>	40
<b>Passzívház</b>	70

**4.1.4****Allergiamentes otthon**

Egy allergiamentes otthon megteremtésének a központi eleme egy légkormányozott szellőztetőberendezés, amely a legfontosabb allergének közül egyszerre hármat is távol tart lakásunktól.

**Pollen** Légkormányozott szellőztetés esetén a friss levegő egy szűrőn áthaladva kerül be a lakás légterébe. Az F6-os finomszűrők a por és pollen 60–80%-át kiszűrik, az F8-as finomszűrők – allergiás személyeknek ajánlott a használata – pedig a por és pollen 90–95%-át, még bizonyos baktériumokat is. A levegő légkormányozott szellőztetés esetén ezért sokkal tisztább, mintha az ablakon engedték volna be.

**Poratka** A porszívóügynökök által sokszor felemlített adat, hogy egy ágyban akár kétmillió poratka is élhet. A poratka egy mikroszkopikus méretű élőlény, mely lehullott hámsejtjeinkkel táplálkozik. Az ürülékében található egyik fehérje az erre érzékeny emberekben allergiás reakciót válthat ki. A poratka a nedvességet a bőrén keresztül veszi fel, emiatt ha a levegő relatív nedvességtartalma 55% alá esik, a poratka életkilátásai drasztikusan romlanak. Mivel a légkormányozott szellőztetés a keletkező felesleges nedvességet folyamatosan eltávolítja, ezáltal közvetve a poratkák számát is csökkenti.

**Penész** A levegő nedvességfelvívó képessége a hőmérséklet csökkenésével arányosan csökken. A harmatpont elérésekor a pára nedvességként kicsapódik. Ez jellemzően télen fordul elő a hideg ablak vagy falfelületeken, jelezve az esetlegesen meglévő hőhidakat a házban. Mivel penészgombaspóra –kisebb vagy nagyobb mértékben – mindenhol megtalálható a levegőben, azért ha egy felület huzamosabb ideig nedves, akkor csak idő kérdése, hogy mikor jelenik meg rajta az első penészfolt. A jól dimenzionált légkormányozott szellőztetés egy megfelelő épületben, a folyamatos, megfelelő arányú légcserével megakadályozza, megszünteti a pára kicsapódást, s ezáltal elejét veszi a penészedésnek. Egy passzív ház ilyen szempontból duplán védett a penészképződéssel szemben, egyrészt nincs benne hideg fal vagy ablakfelület, a hőhídokról nem is beszélve, másrészt a légkormányozott szellőztetés folyamatosan átszellőzteti.

#### 4.1.5

### A szellőztetés elve

A légkényelmű lakásszellőztetés megoldja egy ház teljes szellőztetését, az összes szobában gondoskodik a kiváló levegőminőségről.

**A légkényelmű lakásszellőztetés elvi felépítése** A rendszer központi eleme egy hővisszanyerős szellőztetőberendezés. A berendezésen 4 légcsatorna-csatlakozás található (jellemző átmérő: 160 mm).

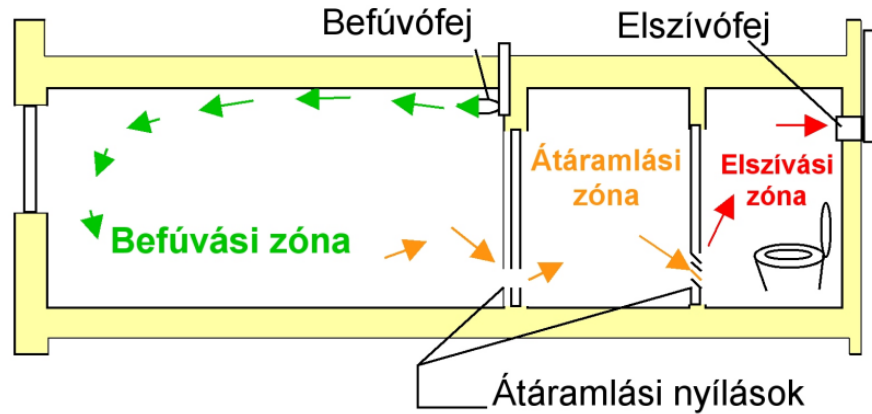


16. Ábra - Hővisszanyerős szellőztetőberendezés  
forrás: drexel und weiss

Az egyikén érkezik a szabadból a friss levegő, áthalad a gép belsejében a hővisszanyerő egységen, ahol felmelegszik – az elszívott, elhasznált levegő melegíti fel –, majd a gépből a befúvó ágon át távozik a belső helyiségek felé. A befúvó ágnak azon helyiségek felé vannak leágazásai, ahol friss levegőre van szükség: a nappali, a hálószoba és a gyerekszoba felé.

A befúvó ágon kívül van egy elszívó ág is, s annak azon helyiségek felé van leágazása, ahol szennyezett levegő keletkezik, azaz a konyha, a fürdőszoba és a WC felé. Az elszívó ágon át jut az elhasznált levegő a szellőztetőberendezésbe, áthalad a hővisszanyerőn, s ott hőenergiájának nagy részét (akár 90%-át) átadja a beszívott friss levegőnek, majd a negyedik csatlakozáson át elhagyja a szellőztetőberendezést, kikerül a szabadba.

**Irányított átöblítés** A mai modern rendszerek az átöblítés elvén működnek, az egyik szobába befújnak, a másikkól elszívják, a levegő az ajtó alatt, vagy egy erre a célra kialakított résen áramlik közöttük. Az előszoba, lépcsőház és folyosó általában átáramlási tartomány, nem rendelkezik se külön befúvással, se külön elszívással.



17. Ábra - Az átszellőztetés elve

forrás: Passivhaus Institut Darmstadt

#### 4.1.6

#### A hővisszanyerő

**A hővisszanyerő működési elve** A hővisszanyerő egységben természetesen nem érintkezik egymással a friss és az elhasznált levegő. Az egységben rengeteg, milliméter vékonyságú légrés van jelen – megannyi kis cső. Az egyik kis csövecskében az egyik irányban távozik az elhasznált levegő, a mellette levőben másik irányból érkezik a friss levegő. A hő a cső falán keresztül kerül átadásra.

**A hővisszanyerés hatásfoka** A hővisszanyerés hatásfoka a mai modern készülékeknél 90% körüli. Ez a 90%-os termikus hatásfok igen-igen jó érték, azt jelenti ugyanis, hogy ha a kintről beszívott levegő 0 °C-os, a lakásból kifűjt elhasznált levegő pedig 20 °C-os, akkor a 20 °C-os levegő a 0 °C-osat 18 °C-ra előmelegíti. Tehát a szellőztetés folyamán a hőmérséklet-különbség 10%-a vész csak el, 90%-kal kevesebb, mintha ablakon át szellőztettünk volna. Viszont látható, hogy hővisszanyerős szellőztetőberendezés mellett még szükség van valamilyen fűtésre, mert kis mértékben ugyan, de a lakás hőmérséklete mégiscsak folyamatosan csökken.

**Nyári üzemmód** A hővisszanyerő a meleg nagy részét bent tartja az épületben. Télen ez kedvező, nyáron viszont ez nem kívánatos hatás. Gondoljunk arra, hogy nyáron, ha például este hidegebb a külső levegő, mint a belső,



hasznosan lehetne vele hűteni az épületet, a hővisszanyerő azonban felmelegítené azt. Késő tavasztól kora őszig érdemes ezért a hővisszanyerést kiiktatni, hatástalanítani.

A különböző gyártók általában a következő két hatástalanítási mód valamelyikét szokták alkalmazni. Az egyiknél a beérkező friss levegő, egy ún. bypass átállítása után a szellőztetőberendezésen belül nem a hővisszanyerőn keresztül, hanem azt megkerülve áramlik a befűvő ághoz. A másik megoldásban a hővisszanyerő helyére egy azonos méretű, ún. nyári áteresztő doboz kerül (németül Sommerbox). A nyári áteresztő doboz csak annyit tesz, hogy felületi érintkezés nélkül átereszt a friss levegőt a befűvő ághoz, az elhasznált levegőt pedig a kifűvő ághoz, nincs tehát hővisszanyerés. Karbantartás szempontjából érdemes egy nyári és egy téli átállást betervezni. Március környékén a hővisszanyerő helyére be kell tenni a nyári áteresztő dobozt, illetve átállítani a bypassst, október felé pedig visszacserélni. Az áteresztő doboz kb. 5 perc alatt kicserélhető.

#### 4.1.7

#### **Levegőszűrés**

**A kiváló levegőminőség egyik záloga** Léghygieién szellőztetésnél a levegő mindig egy szűrőn halad át, mielőtt bekerülne a lakásba. A szűrő a rendszer legelső pontján van elhelyezve, egy ún. légbeszívó dobozban, hogy a csőrendszer egészében minél tisztább maradjon. Az F6-os finomszűrők a por és pollen 60-80%-át kiszűrik, az F8-as finomszűrők – allergiás személyeknek ajánlott a használatuk – pedig a por és pollen 90-95%-át, s még bizonyos baktériumokat is. A levegő léghygieién szellőztetés esetén ezért sokkal tisztább, mintha a külső nyílászárókon át jutott volna a belső térbe. Kevesebb por és egyéb szennyező anyag kerül be az pl. utcáról a lakásba.

**A gép védelme** A teljesség kedvéért megjegyzendő, hogy a rendszerben van még két szűrő, azok azonban nem az egészségmegőrzést, hanem a szellőztetőberendezés hosszabb élettartamát szolgálják. A gépben mindkét ventilátor előtt található egy-egy G4-es durva védőszűrő, mind a friss levegő beszívó ágon, mind a helyiségek felől elszívott használt levegő elszívó ágon.

**A szűrők csereintervalluma** A két G4-es védőszűrőt háromhavonta, a finomszűrőt félévente/évente kell cserélni. A léghygieién szellőztetőberendezések szobai távirányító egysége – az eltelt üzemórák függvényében – általában jelzi, hogy a G4-es védőszűrőket már cserélni kell. A finomszűrők cseréje környezetfüggő, a szűrő jellegéből adódóan mérni sem lehet a

telítettségét, ezért ezt a szellőztetőberendezés tulajdonosának, üzemeltetőjének kell felügyelnie. Érdeemes a nyári áteresztő doboz téli/nyári átállásakor a finomszűrőket is ellenőrizni. Van, aki olyan stratégiát választ például, hogy télen F6-os szűrőt használ, nyáron a pollenterhelt időszakban pedig F8-ast.

Figyelem! A készüléket semmilyenképpen ne üzemeltesse G4-es védőszűrők nélkül! Ha eljön a védőszűrő cseréjének az ideje, és nincs új, tiszta védőszűrője, inkább üzemeltesse készülékét tovább a régi védőszűrőkkel, míg be nem szerez újakat!

#### 4.1.8 **Fagymentesítés, előhűtés**

**Az előmelegítés kényszer, a hűtés lehetőség** A légkormányozott szellőztetőberendezésbe nem juthat be  $-3\text{ °C}$ -nál hidegebb levegő, mert az esetlegesen keletkező kondenzvíz megfagyhatna és tönkretelhetné a berendezést. Az előmelegítésre három különböző lehetőség is van:

- elektromos fagymentesítés,
- levegő–talaj hőcserélő vagy
- folyadék–talaj hőcserélő

használata.

Az utóbbi két megoldást nyáron a beszívott friss levegő előzetes lehűtésére is felhasználhatjuk.

**Az alternatív megoldások összehasonlítása**

6. Táblázat  
Levegőt előmelegítő és hűtő rendszerek összehasonlítása

<b>Szempont</b>	<b>Elektromos fagymentesítő</b>	<b>Levegő–talaj hőcserélő</b>	<b>Folyadék–talaj hőcserélő</b>
<b>Levegő előmelegítése</b>	igen	igen	Igen
<b>Levegő hűtése</b>	nem	igen	Igen
<b>Telepítés előfeltétele</b>	nincs	megfelelő földterület igényel	Megfelelő földterület igényel
<b>Telepítés többletköltsége</b>	nincs	van	Van
<b>Üzemeltetési költség</b>	van (kb. 150 kWh/év)	nincs	van (kb. 50 kWh/év)

#### 4.1.9

### Zajvédelem

Akusztikai perfekció nélkül nem lehet tökéletes légkomfort rendszert készíteni.

A jó levegőminőség mit sem ér, ha állandó zümmögést hallani a háttérben. Ehhez egy extrém halk gép, és egy átgondoltan kialakított vezetékrendszer szükséges.

Érdemes figyelembe venni, hogy a zajszint 6 dB-enként duplázódik. Egy 41 db-es készülék ezért nem egyszerűen 6 dB-lel hangosabb egy 35 dB-esnél, hanem kétszer (!) olyan hangos.

Lakóhelyiségekben 25 dB(A), a kiegészítő funkciójú helyiségekben – konyha, fürdőszoba, WC, háztartási helyiség stb. – 35 dB(A) a megengedhető legnagyobb zajszint. A tökéletes akusztikai viszonyok elérésére a lakó- és irodahelyiségekben a légtechnika okozta zajszintet azonban ajánlott 20 dB(A) alá vinni. Ez kisebb zajhatás, mint amit a legtöbb óra ketyegése okoz. Ehhez célszerű a légkomfort készülék befúvó és elszívó ágába, közvetlenül a gép után egy egyméteres hangcsillapítót szerelni, s minden befúvó- és elszívó nyílás elé egy-egy félméterest. Így a gép és minden helyiség közé „másfél méternyi hangcsillapítás” kerül.

#### **Helyiségek közötti áthallás**

A fentebb említett hangcsillapító elhelyezési stratégiával – vagyis minden befúvó- és elszívó nyílás elé egy-egy félméteres hangcsillapító kerül – azt is elérjük, hogy az ugyanazon ághoz tartozó helyiségek között ne legyen áthallás, hisz minden két helyiség-pár között egyméternyi hangcsillapítást iktatunk. Fontos megjegyezni, hogy a hangtompítót mindig a főágról való leágazás után kell elhelyezni. Ha nincs elegendő hely a főágról való leágazás után, akkor a főágba vagyunk kénytelenek beépíteni a hangcsillapítót, de ekkor is ügyelnünk kell arra, hogy minden két szobapár között meglegyen az egyméternyi hangcsillapítás, azaz lehet, hogy a főágba egy egyméteres hangcsillapítót kell beépíteni.

#### **Levegősúrlódás**

A levegősúrlódás zajhatásának elkerülésére alapvető cél, hogy minél kisebb turbulencia alakuljon ki a cső belsejében, minél egyenletesebben, süvítés nélkül haladhasson benne a levegő.

A legfontosabb, hogy a cső belső fala sima legyen, ne használjunk gégecsövet. A flexibilis gégecső a szerelést végző szakembernek ad könnyebbséget, de sok problémát okoz a rendszerben: magasabb zajszint (néha kifejezett süvítés), nagyobb nyomásvesztés, ezáltal nagyobb fogyasztás, illetve problematikus tisztíthatóság. A leginkább

bevált csőtípus a spirálkorcolt alumíniumcső.

A leágazás minél kisebb szöget zárjon be a fővezetékkel (ha lehet, legyen inkább 45 fokos 90 fok helyett) és inkább legyen húzott ív, mint sokszög alakú.

Ha a befúvásnak vagy az elszívásnak a vezetékre merőlegesen kell végbemennie, akkor használjunk légtágulási illesztőegységet.

A legkedvezőbb csőkeresztmetszet a kör alakú; csak akkor használjunk ellipszis vagy négyszög alakú csövet, ha a helyszükséglet máshogy nem engedi, s akkor is csak a lehető legrövidebb szakaszon.

A csöveket lehetőleg húzószegecs kapcsolja össze, ne csavarok. Kapható kettős gumikarimájú csőtoldó, illetve csőidom, ez esetben a cső belső oldalán semmilyen kiszögellés nem marad az összeszerelés után.

**Födém és a falak zajvezetése** Az épület rezgésének a csőrendszerre való áttérjedése sem kívánatos, ezért minden, az épületszerkezettel való kapcsolódást rezgéscsillapítással kell ellátni.

Fal- és födémáttörésnél a cső nem érintkezhet közvetlenül a falszerkezettel; azt kívülről hangszigetelni kell.

#### 4.1.10

#### Légcsatorna

**A cső keresztmetszete** A kör keresztmetszetű csőnek a legkisebb légellenállása, ezért – ha csak lehetséges – ennek a használata ajánlott. Csak akkor szükséges ellipszis vagy négyszög alakú cső használata, ha a helyszükséglet máshogy nem engedi, s akkor is csak a lehető legrövidebb szakaszon. Általános átmérő lakásszellőztetés esetében a 160-as, 125-ös és 100-as (mm). Ennél kisebb méret általában túl nagy nyomásvesztéshez vezet.

**A cső anyaga** A leginkább bevált csőtípus a kör keresztmetszetű spirálkorcolt alumíniumcső. Műanyagból is készítenek csöveket, főleg lapos keresztmetszetűeket; ezek manapság higiéniai szempontból általában már nem kifogásolhatók.

**A cső belső fala** A legfontosabb, hogy a cső belső fala sima legyen, ne használjunk gégecsövet. A flexibilis gégecsővel a szerelést végző szakembernek könnyebb a dolga, de az ilyen cső sok problémát okoz a rendszerben: magasabb zajszint (néha kifejezett süvítés), nagyobb nyomásvesztés, ezáltal nagyobb fogyasztás, illetve problematikus tisztíthatóság.

**A cső rögzítése a falhoz, mennyezethez** Az épület rezgésének a csőrendszerre való áttérjedése sem kívánatos, ezért minden, az épületszerkezettel való kapcsolódást rezgéscsillapítással kell ellátni.

Fal- és födémáttörésnél a cső nem érintkezhet közvetlenül a falszerkezettel, azt kívülről szigetelni kell.

A csővezetéket gumi rezgésgátlóval ellátott, ún. pillangópántokkal a legcélszerűbb a falhoz rögzíteni. Acéllemezszalaggal való rögzítés esetén a cső acéllemezhez és falhoz közvetlenül hozzáérő szakaszát szintén csak szigetelni kell.

**Méretezés** Ahhoz, hogy a maximális nyomásvesztésedet 0,7 Pa/fm alatt tartsuk, figyelembe kell vennünk a következő maximális sebességeket:

7. Táblázat

A különböző csőátmérőkhöz ajánlott maximális térfogatáram

DN	v_max (m/s)	V_max (m <sup>3</sup> /h)
100	2,1	60
125	2,5	110
160	2,9	210
200	3,4	385

**Hőszigetelés** A vezetékek hőszigetelésének követelményei az anyag és a környezet közti hőmérséklet-különbségből adódnak. Alapvetően ahol nagy a hőmérséklet-különbség, ott a szakaszoknak különösen rövidnek kell lenniük.

8. Táblázat

Csőszakaszok ajánlott hőszigetelés-vastagsága

forrás: drexel und weiss

Levegő fajtája	Hideg helyiség (-10 – +25 °C)	Fűtetlen pince (+8 – +18 °C)	Fűtött helyiség (+18 – +26 °C)
<b>Vezeték hossz</b>	-	<5m / >5m	<5m / >5m
<b>Friss levegő</b>	-	20	50 / 80
<b>Friss levegő talaj-hőcserélő után</b>	20	20	50 / 80
<b>Befúvás</b>	50	20 / 50	-
<b>Befúvás fűtés után</b>	80	50 / 80	20
<b>Kifúvás</b>	-	20	50 / 80
<b>Kifúvás hőszivattyú után</b>	20	20	50 / 80

Egyes esetekben szükséges lehet az értékek kisebb módosítása. Ha a vízkicsapódás veszélye fennáll, hőszigetelésként páradiffúzióknak ellenálló anyag használata ajánlott (például kaucsuk).

**Tisztíthatóság** A tapasztalatok azt mutatják, hogy a helyesen kivitelezett, helyesen méretezett légtechnikai rendszereket nemigen kell tisztítani.

A belépő friss levegő megszűrése már a belépési ponton, de legkésőbb a szellőztetőberendezésen belül megtörténik, érzékelhető szennyeződés a légszűrőn keresztül így már nem is juthat be a lakásba.

Kondenzvíz-kicsapódás legfeljebb a levegő–talaj hőcserélőben, illetve a szellőztetőgépen belül fordulhat elő; megfelelő elvezetés mellett ez nem okoz problémát. A befűjt levegő közel szobahőmérsékletű, a befűvő ágon nedvesség nem keletkezik, így higiéniai probléma itt nem alakul ki.

A helyiségekből elszívott levegő szennyezettsége nem releváns, hiszen nem keveredik a beszívott friss levegővel, nem jut újra be a lakásba. A szellőztetőgépben azonban, csupán a ventilátor védelmére, az elszívó ágon is van egy durvaszűrő a ventilátor előtt.

A következő táblázat összefoglalja a tisztíthatósági szempontból előnyös, illetve hátrányos megoldásokat.

#### 9. Táblázat

##### Légszűrő tisztíthatósága

<b>Paraméter</b>	<b>Jól tisztítható</b>	<b>Rosszul tisztítható</b>
<b>Csőkeresztmetszet</b>	Kör	Ellipszis vagy négyzet
<b>Belső felület</b>	Sima	Bordázott, pl. gégecső
<b>Elágazás</b>	45°	90°
<b>Összeillesztés</b>	Kettős gumiperem	Húzószegecs, csavar

#### 4.1.11

#### **Befűvő és elszívó anemosztátok**

Befűvő és elszívás lehetséges a mennyezeten, az oldalfalon vagy a padlón keresztül.

**Oldalfalon keresztül** Praktikus okokból az egyik legjobb választás a közlekedő helyiségekben (előszoba, folyosó stb.) a födém alatt vezetni a csöveket, majd közvetlenül az ajtó fölött elhelyezni a befűvő, illetve elszívó anemosztátokat. Az ajtó elé ugyanis sosem kerül szekrény, függöny vagy egyéb tárgy, ami eltakarná a nyílást. A befűvő anemosztátokat érdemes közel a mennyezethez – maximum 20 cm-rel a mennyezet alatt – elhelyezni, így a Coanda-hatás következtében a befűjt légáram

hosszan, mintegy a mennyezethez tapadva hatol be a helyiségbe, és csak később bukik le.

**Mennyezetén keresztül** Ha a légcsatorna vezetése a födém fölött történik, akkor alkalmazhatók a mennyezeti befúvók. Ha a födém egyben a légzárás síkja is, akkor fokozottan figyelni kell a födémáttörések légtömör kivitelezésére.

**Padlón keresztül** Álpadló meglétekor, illetve ha a légcsatorna vezetése pl. a pince mennyezetén célszerű, akkor vetődhet fel padlóbefúvó alkalmazása. Ezt a lehetőséget azonban érdemes körültekintően átgondolni, mivel a különféle – különösen a folyékony – szennyeződés eltávolítása nehézségekkel járhat.

**Irányválttatás befúvás, illetve elszívás előtt** Ha a befúvásnak vagy az elszívásnak merőlegesnek kell lennie a vezetékre, akkor az akusztikai problémák elkerülésére használjunk légtágulási illesztőegységet.

**Légáteresztés** A befúvó- és elszívó anemosztátok műszaki adatai között szerepel a maximális térfogatáram ( $m^3/h$ ); annak összhangban kell lennie az adott helyiségbe tervezett légcserével. Ha egy helyiséghez 100 mm átmérőjű légcsatorna vezet, az előírt légcseré 35  $m^3/h$ , de a 100-as befúvó anemosztát azonban maximálisan csak 30  $m^3/h$  térfogatáramra képes, a 125-ös – ugyanabból a típusból – viszont 40  $m^3/h$ -t, akkor a 125-ös átmérőjűt kell választani, és a befúvás előtt a 100-as csőre egy 100-ról 125-re bővítő idomot kell beépíteni, s abba bele kell illeszteni a 125-ös befúvó anemosztátot.

#### 4.1.12

#### Távirányítás

Egy szellőztetőberendezésnek általában három állása van: maximális (3-as fokozat), névleges (2-es fokozat) és minimális (1-es fokozat).

**Névleges fokozat** A légcsereszám méretezésekor a névleges légcsereszámot határozzák meg, a szellőztetőgép általános körülmények között ezzel a légcsereszámmal működik.

**Maximális fokozat** A maximális állás, melyet sokszor parti-állásnak is neveznek, mintegy 30%-kal több légcserét ad. Ezt akkor érdemes alkalmazni, ha hosszabb ideig – órákig – több személy tartózkodik a lakásban, mint ahányra méretezték, vagy ha erősen megnő a nedvességkibocsátás, pl. több adag mosás egyidejű kitergetése után.

Erre az állásra általában csak átmenetileg van szükség, ezért a szellőztetőberendezéseknek rendszerint van egy ún. parti-kapcsolójuk: annak a megnyomása adott időre (60–120 percre) a maximális

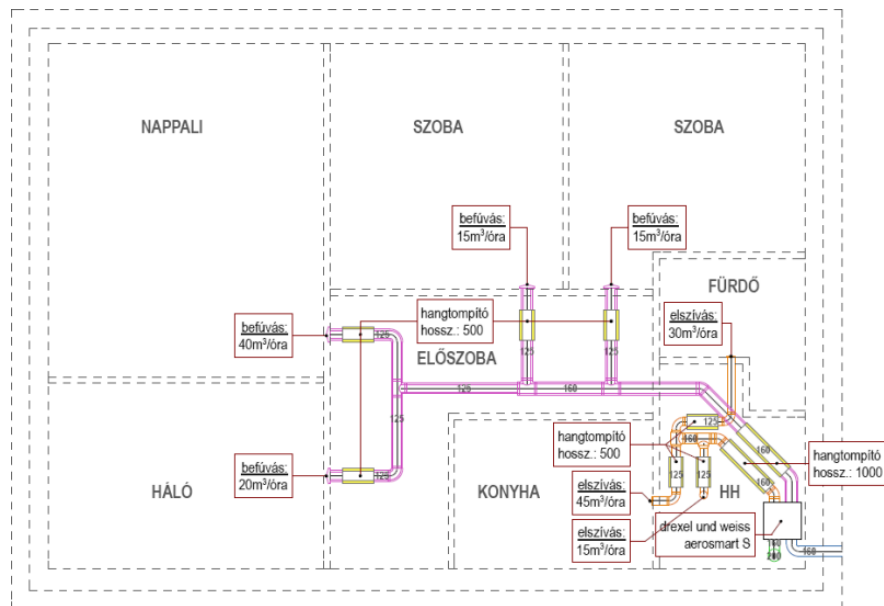
fokozatra állítja a szellőztetőt, majd visszaáll a névleges légcserére.

**Minimális fokozat** A minimális álláshoz a névleges légcserénél nagyjából 30%-kal alacsonyabb légcserere tartozik. Ezt az üzemmódot akkor érdemes beállítani, ha pl. egy utazás miatt a lakás napokon át üresen áll, mert akkor az ember okozta emisszió (CO<sub>2</sub>, vízgőz, dezodorok stb.) teljesen megszűnik. Ennek az energiamegtakarításon túl télen van nagyobb jelentősége, mert különben fennállhat a lakás kiszáradásának a veszélye.

#### 4.1.13

### Légtechnikai tervrajz

Egy jó légtechnikai tervrajzon szerepel a rendszer összeszereléséhez és besabályozásához szükséges valamennyi információ. A szerelést és besabályozást végző szakembernek másra nincs is tehát szüksége, csak erre az egyetlen dokumentumra.



18. Ábra - Légtechnikai tervrajz

## 4.2

## Fűtés és melegvíz-előállítás

### 4.2.1

### Miért van szükség fűtésre?

**Szellőztetés hővisszanyeréssel** Higiéniiai okokból – a szag-, károsanyag-, CO<sub>2</sub>- és nedvességterhelés semlegesítése céljából – minden modern lakásban szükség lenne gépi szellőztetésre, passzív ház nem is létezik légkomfort szellőztetőberendezés nélkül. A szellőztetési hőveszteségek csökkentését szolgálja a szellőztetőberendezésekben elhelyezett



hővisszanyerő egység.

**Minimális lehűlés még történik** A hővisszanyerő, a szellőztetés által beszívott friss, hideg levegőt melegíti elő a kidobott levegőben lévő hő egy részének átadásával. A jobb készülékek a két levegőáram hőmérsékletkülönbségéből eredő hőmennyiség mintegy 90%-át képesek bent tartani a lakásban. Egy hővisszanyerős légkomfort szellőztetőberendezés drasztikusan csökkenti a szellőztetési veszteségeket, de plusz hőt nem termel. Abban segít, hogy a fajlagos fűtési energiaigényt egyáltalán le lehessen vinni a jól ismert 15 kWh/(m<sup>2</sup>év) határra.

Ilyen rendkívül alacsony fűtési energiaigény esetén lerövidül persze a fűtési szezon is, de nem szűnik meg teljesen.

#### 4.2.2

#### A fűtés méretezése

**Fűtési hőszükséglet** A PHPP-számítás megadja, hogy az aktuális épületnek mekkora a fűtési hőszükséglete: mennyi hőenergiát kell bevinni az épületbe a legnagyobb mértékű lehűlés alatt ahhoz, hogy az méretezési hőmérsékleten maradjon. (A passzívházakat alapvetően 20 °C-ra méretezik, a fűtési hőszükséglet kiszámításakor a tapasztalatok alapján azonban érdemes ezt az értéket 21,5 °C-ra megemelni.)

**A légfűtés potenciálja** A számítás azt is megmutatja, hogy a tervezett légcserezszám mellett mennyi hőt lehet közölni az épülettel, a levegő, mint transzportmedium segítségével. Ha ez az érték eléri a fűtési hőszükséglet értékét, akkor az épületet csak légfűtéssel is ki lehet fűteni úgy, hogy a szállított térfogatáram nem haladja meg a higiéniailag szükséges légcserét. Ez általában akkor szokott teljesülni, ha a fajlagos fűtési hőszükséglet 10 W/m<sup>2</sup> körüli érték.

**Kiegészítő fűtés** Tapasztalati tény, hogy a névleges fűtési hőteljesítmény (fűtési hőszükséglet) mintegy 70%-ánál kisebb teljesítmény elegendő a fűtési időszaknak nagyjából a 95%-ában. Vagyis ha légfűtéssel a fűtési hőszükséglet kb. 70%-a lefedhető, akkor még mindig csak minimális kiegészítő fűtésre van szükség. A légfűtés ilyen szituációkban például közvetlen elektromos vagy biomassza alapú fűtéssel egészülhet ki.

A légfűtés mellett kiegészítő fűtésnek akkor van létjogosultsága, ha az a csúcsterhelés lefedésére szolgál, a fűtési időszaknak csak kis hányadában üzemel.

**Légfűtésen túl** Ha a fűtési hőszükséglet értéke és a légfűtés hőteljesítménye között nagy a különbség, akkor más fűtési rendszert célszerű alkalmazni.

Van olyan nagyobb teljesítményű kompaktkészülék, amely a légfűtés mellett párhuzamosan felületfűtést is kiszolgál. A teljesítmény növekedésével a légfűtés szerepe egyre kisebb lesz, a nagyobb teljesítményű kompaktkészülékek jó része ezért csak felületfűtést támogat, légfűtést már nem.

Egy másik lehetőség a biomassza alapú, napkollektorral kombinált rendszer; ez a megoldás szintén képes lehet mind légfűtés, mind felületfűtés támogatására.

### 4.2.3

#### ***Közvetlen áram – csak kiegészítő fűtésként!***

Elvileg a passzívházra jellemző extrém alacsony fűtési energiaigényt, valamint a melegvíz-készítést közvetlenül elektromos úton is meg lehet oldani, magas fenntartási költsége miatt azonban ez a megoldás nem kínál igazi alternatívát, arról már nem is beszélve, hogy szemléletében homlokegyenest ellenkezik a passzívház filozófiájával.

Érdeemes ezt részletesebben, számokban kifejezve is megvizsgálni. Példaként szolgáljon egy négytagú család, aki egy 120 m<sup>2</sup>-es passzívházban lakik, melyben a fajlagos fűtési energiaigény 15 kWh/(m<sup>2</sup>év), a fajlagos fűtési hőszükséglet 10 W/m<sup>2</sup>, a melegvíz-igény fejenként 50 l/nap, a szellőztetés légcserezsáma pedig 140 m<sup>3</sup>/h.

Ez esetben a fűtés éves energiaigénye 1800 kWh, a meleg víz elkészítésének éves energiaigénye pedig 3400 kWh, ez összesen 5200 kWh.

Ha ezt az energiaigényt közvetlenül elektromos áram fedezi, akkor az épületgépészet primerenergia-igénye ennek 2,5-szöröse (az áram primerenergia-faktora 2,5), azaz 13 000 kWh, ami fajlagosan megfelel 108 kWh/(m<sup>2</sup>év)-nek.

Egy passzívházban az épület összes primerenergia-szükséglete 120 kWh/(m<sup>2</sup>év)-nél nem lehet magasabb, ami azt jelenti, hogy összesen 12 kWh/(m<sup>2</sup>év) primerenergia, azaz 4,8 kWh/(m<sup>2</sup>év) elektromos úton bevitt végenergia lenne csak megengedhető a ház egyéb, épületgépészetén kívüli igényének kielégítésére. Ez az áramfogyasztás még a világítást sem fedezné, a háztartási eszközök, szórakoztatóelektronika és egyéb műszaki berendezések szükségletéről már nem is beszélve. Ennek a megoldásnak a tévút jellegét jól jellemzi, hogy hasonló primer energiaigényt érnének el egy ugyanilyen hőszigetelésű, hővisszanyerős szellőzés nélküli, gázfűtéses épülettel, kisebb beruházási költség mellett. A fenntarthatóság szempontjából

természetesen mindkét megoldás zsákutca.

A közvetlenül elektromos úton végzett hőleadásnak csak csúcsterhelés idején, mint kiegészítő fűtés van létjogosultsága.

#### 4.2.4

#### **Légfűtés – a klasszikus passzívház-technológia**

A passzívház-kompaktkészülék elvét először Dr. Wolfgang Feist fogalmazta meg, 1995-ben, majd Christof Drexel 1996-97-ben megépítette az első piaci forgalomra alkalmas készüléket; ez a technológiai megoldás a mai napra már teljesen kiforrott.

A kompaktkészülék a hővisszanyerős szellőztetőberendezés továbbfejlesztése, mely a hővisszanyerés után a szabadba távozó elhasznált levegőből egy levegős minihőszivattyú segítségével további hőt nyer ki. A pluszként kinyert hő egy részét átadja az épületbe befűjandó friss levegőnek, azt nagyjából 45 °C-ra felmelegítve, valamint melegen tart egy, a kompaktkészülék részét alkotó melegváltót.

A kompaktkészülék működési elve bizonyos peremfeltételeket indikál.

Mivel a készülék elvében a légkormányozás szellőztetési funkcióra épül rá, ezért a higiéniai szükséglet – nem pedig a fűtési hőszükséglet – határozza meg azon levegő-térfogatáram nagyságát, mely a hőszivattyú számára a hőkinyerés céljára rendelkezésre áll. (Bizonyos készüléktípusok a nagyobb teljesítmény elérése érdekében további kültéri levegőt is igénybe vesznek.)

A légfűtésre felhasználható levegő-térfogatáram mértéke szintén csak a higiéniai szükséglettől függ, ezért csak egy bizonyos mértékű fűtési hőszükséglet fedhető le általa.

A kompaktkészülékben alkalmazott levegős hőszivattyú számára rendelkezésre álló levegő hőmérséklete sosem kerül kedvezőtlen tartományba, mivel a beltérből származó levegőt hasznosítja, nem a kültéret. (Amely készülékek további kültéri levegőt is alkalmaznak, azok ezt nem közvetlenül, hanem fagymentesítő, pl. levegő-talaj hőcserélő közbeiktatása után teszik.) COP-értéke a legkedvezőtlenebb – a hideg – időszakban sem esik kritikus szint alá.

Itt érdemes megjegyezni, hogy a beltérből elszívott meleg levegő először a hővisszanyerőben adja le hőenergiájának jó részét, utána lehűlve kerül a levegős hőszivattyúba, ami még több hőt von el tőle. A rendszer összehatásfoka szempontjából fontos, hogy a hővisszanyerő

elegendő hőenergiát hagyjon a hőszivattyú számára, hogy az még hatékonyan legyen képes üzemelni. A kompaktkészülékben alkalmazott hővisszanyerők hatásfoka épp ezért 10–15%-kal alacsonyabb szokott lenni, viszont így a rendszer összhatéfoka 20–25%-kal magasabb is lehet.

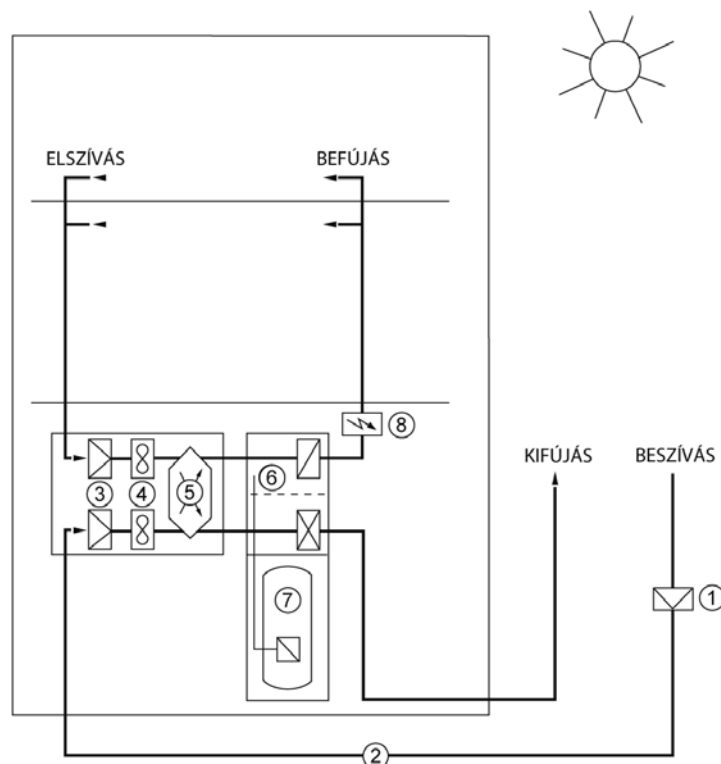
Más rendszerekhez képest a kompaktkészülékeknek igen kicsi a fűtés és melegvíz-készítésre egy év alatt általa felhasznált energiamennyisége.

Az előbb említett példánál maradva és egy minősített kompaktkészüléket feltételezve a fűtés energiaigénye – szellőztetéssel együtt – kb. 900 kWh/év, a melegvíz-készítés energiaigénye pedig kb. 1100 kWh/év, azaz a rendszer összes energiaigénye nagyjából évi 2000 kWh (a közvetlen elektromos megoldás 5200 kWh-jával szemben).

Az épületgépészet energiaigénye primerenergiában ezek alapján évi 5000 kWh-ának, azaz fajlagosan 42 kWh/(m<sup>2</sup>év) értéknek felel meg (a közvetlen elektromos megoldás 108 kWh/(m<sup>2</sup>év) értékével szemben).

### Magyarázat

- 1 Finomszűrő F6-F8
- 2 Levegő-talaj hőcserélő
- 3 Durvaszűrők G4
- 4 Ventilátorok
- 5 Hővisszanyerő
- 6 Levegő-hőszivattyú
- 7 Melegvíz-tároló
- 8 Elektromos utómelegítő (opcionális)



19. Ábra - Klasszikus passzívház-technika  
drexel und weiss alapján

**Kiegészítő fűtés** Pusztán légfűtéssel akkor lehet nagy valószínűséggel kifűteni egy épületet, ha fajlagos fűtési hőszükséglete nem nagyobb 10 W/m<sup>2</sup>-nél. Ez az ökölszabály útmutatásként szolgál csupán, a pontos tervezéshez

a PHPP-számítás adja meg a szükséges információkat. Abból pontosan kiolvasható, hogy hány watt a fűtési hőszükséglet, és hány wattot lehet légfűtéssel bevinni a szellőztetőrendszeren át.

Ha a légfűtés önmagában nem lenne elegendő a fűtési hőszükséglet lefedéséhez, viszont nem hiányzik túl sok, akkor a megfelelő kiegészítő fűtés megválasztása a feladat.

Relatív kis különbség esetén elegendő lehet egy fűtő kalorifer alkalmazása a befűvő ágon. Figyelembe kell venni, hogy a kompaktkészülék hány fokra melegíti fel a levegőt, s nem szabad elhanyagolni azt a tényt sem, hogy a készüléknek a meleg vizet is elő kell állítania, és ezért időlegesen meg kell osztania a teljesítményét. A fűtő kalorifer, mely lehet elektromos vagy meleg vizes is, a levegőt tovább melegítheti, egészen 52 °C-ig.

Nagyobb különbségnél érdemes lehet pl. a nappaliba egy, a csúcsterhelés idején bekapcsoló elektromos fűtőtestet elhelyezni. Az elektromos kiegészítő fűtés csak akkor gazdaságos, ha csak a csúcshőtermelés funkcióját látja el.

Kiegészítő fűtésnek tökéletesen megfelel egy pellet- vagy fakazán is a lakótérben – ha a tulajdonos vállalja az üzemeltetését.

**Van-e szükség napkollektorra?**

Ha a kompaktkészülék melegvíz-tartálya (általában 200–300 liter) elegendő a család számára, nem szükségszerű külön napkollektort felállítani.

Megjegyzendő, hogy napkollektor alkalmazásával az összenergia-szükséglet tovább csökkenthető. Egyrészt a kompaktkészülék minihőszivattyújának illetően tehermentesítésével olcsóbbá tehető maga a melegvíz-előállítás; a minihőszivattyú jobban kiszolgálhatja a fűtésigényt, s ezáltal esetleg kevesebbet kell üzemeltetnie a drágább, elektromos kiegészítő fűtésnek, a tehermentesítés áttételesen tehát csökkentheti a fűtés energiaigényét is, valamint az összes primerenergia-felhasználást.

A fenti példában a melegvíz-előállítás kompaktkészülékkel évi 1100 kWh energiaigényt indukált. 50%-os napkollektoros lefedettség esetén ez az érték kb. 600 kWh, 100%-os lefedettségénél pedig mindössze nagyjából 140 kWh lehetne.

## 4.2.5

**Felületfűtés – a bővített passzívház-technika**

A friss levegős légfűtésnek vannak határai: az épület fűtési hőszükséglete és a légcseré térfogatárama megfelelő kell, hogy legyen. Nagy passzívházban, ha kevesen laknak benne, illetve egy, a passzívháznál valamivel rosszabb épületben egy klasszikus kompaktkészülék mellett már olyan mérvű kiegészítő fűtésre van szükség, amely elektromos úton már nem gazdaságos.

**Légfűtés + felületfűtés** Ezt a problémakört célozta meg a kompaktkészülékek egy új kategóriája, mely nem a szellőztetőrendszer által kifűjt levegőből von el hőt egy levegős minihőszivattyúval, hanem a földhőt hasznosítja, egy folyadékos minihőszivattyú segítségével. Az ilyen rendszerek kb. 3 kW fűtési hőszükségletű házakban alkalmazhatók.

A földhő talajkollektorral, energiakosárral vagy talajszondával hasznosítható. Mindhárom esetben egy SOLE-folyadékkal töltött, kb. 3 cm átmérőjű, műanyag cső kerül a földbe. A folyadékos minihőszivattyú a kinyert hővel a hővisszanyerés után felmelegíti a helyiségekbe befűjandó levegőt. Ugyanaz a hőszivattyú, felmelegíti a melegvíz tartályt – a levegős rendszerhez hasonlóan –, továbbá kiszolgál még egy alacsony hőmérsékletű fűtőkört is. Egy ilyen rendszer légfűtéssel kb. 1 kW-ot, alacsony hőmérsékletű fűtéssel pedig további 2 kW-ot adhat le.

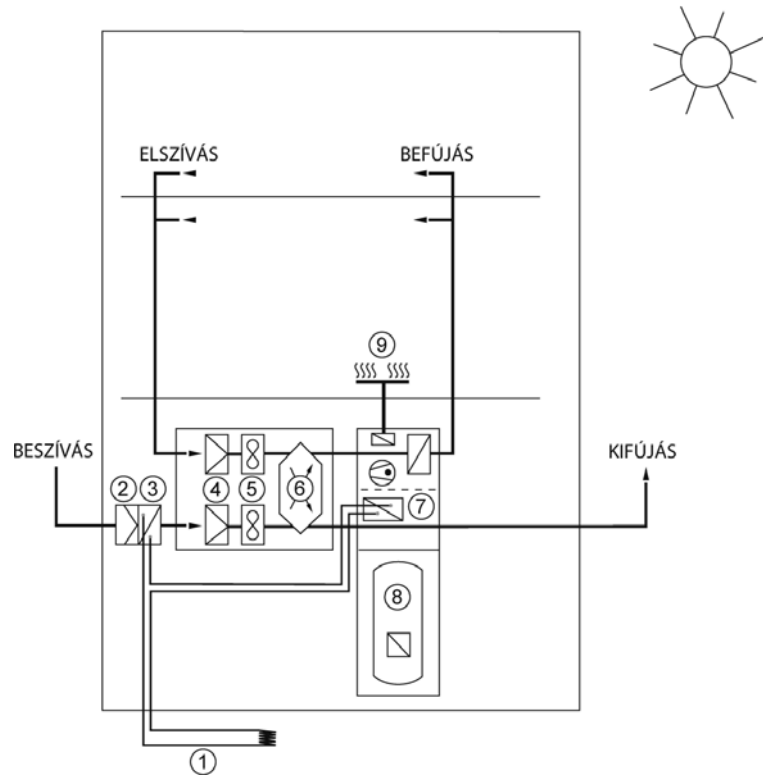
Ha a fenti példában az épület energetikai szintje alacsonyabb, a fajlagos fűtési energiaigénye 15 kWh/(m<sup>2</sup>év) helyett 30 kWh/(m<sup>2</sup>év), a fajlagos fűtési hőszükséglete pedig 10 W/m<sup>2</sup> helyett 17 W/m<sup>2</sup>, akkor egy klasszikus kompaktkészüléknek elektromos kiegészítő fűtéssel együtt már évi 2200 kWh energiaszükséglete lenne, s annak jó részét már a közvetlen elektromos kiegészítő fűtés adná (több mint 1100 kWh-t).

Ugyanebben a konstellációban a folyadékos hőszivattyúval ellátott kompaktkészülékes rendszernek 1400 kWh volna az éves energiaszükséglete, a kiegészítő fűtés részesedése pedig szinte minimális lenne, összesen 16 kWh.

A meleg víz előállításának az energiaigénye megegyezik a klasszikus, levegős hőszivattyúval dolgozó kompaktkészülékével: nagyjából 1100 kWh/év, így a rendszer össz-energiaigénye kb. 2500 kWh/év, s ez ebben a kategóriában szintén kiemelkedő érték.

**Magyarázat**

- 1 Folyadék-talaj hőcserélő
- 2 Finomszűrő F6-F8
- 3 Hőcserélő
- 4 Durvaszűrők G4
- 5 Ventilátorok
- 6 Hővisszanyerő
- 7 Folyadék-hőszivattyú
- 8 Melegvíz-tároló
- 9 Felületfűtés, felülettemperálás



20. Ábra - Bővített passzívház-technika  
drexel und weiss alapján

**Csak felületfűtés** Már az előzőekben említett technológia is feszegette a passzívház határait. Jól látható, hogy minél kevésbé passzívház az épület, annál kisebb a légfűtés szerepe. Minél több hőt visz be az ember pl. folyadékkal az épületbe, annál kevésbé van értelme mellette párhuzamosan légfűtést is alkalmazni.

Kifejezetten a jó alacsony energiaszintű házakhoz kifejlesztettek olyan kompaktkészüléket, amely a hővisszanyerésen túl nem melegíti elő a levegőt, viszont egy nagyobb teljesítményű minihőszivattyú segítségével a fűtésen kívül (fűtési teljesítmény általában  $\geq 4$  kW) hűteni is képes (hűtési teljesítmény általában  $\geq 2$  kW).

Az ilyen rendszer reagál az épület energetikai szintjének változására: a fűtési energiaigény emelkedésével nő a hűtési energiaigény is, egy idő után megjelenik egy további hűtéselosztó rendszer üzemeltetésének a szükségessége, a levegőn keresztül történő hűtés már nem lesz elegendő.

## 4.2.6

**Fatüzelés – passzívház-technika biomasszával**

Az elsődlegesen hőszivattyún alapuló rendszerek mellett a fatüzelés alapú rendszerek is elterjedtek. Ebben az esetben a zárt égésterű kandalló vagy kazán egyrészt a hőleadó rendszer szerepét is ellátja, másrészt meleg vizet is előállít, s azt egy puffertartályban tárolja.

Kandalló meglétekor célszerű minél összefüggőbb térszervezést választani, hogy a hő zavartalanul eljuthasson az épület minél nagyobb részébe.

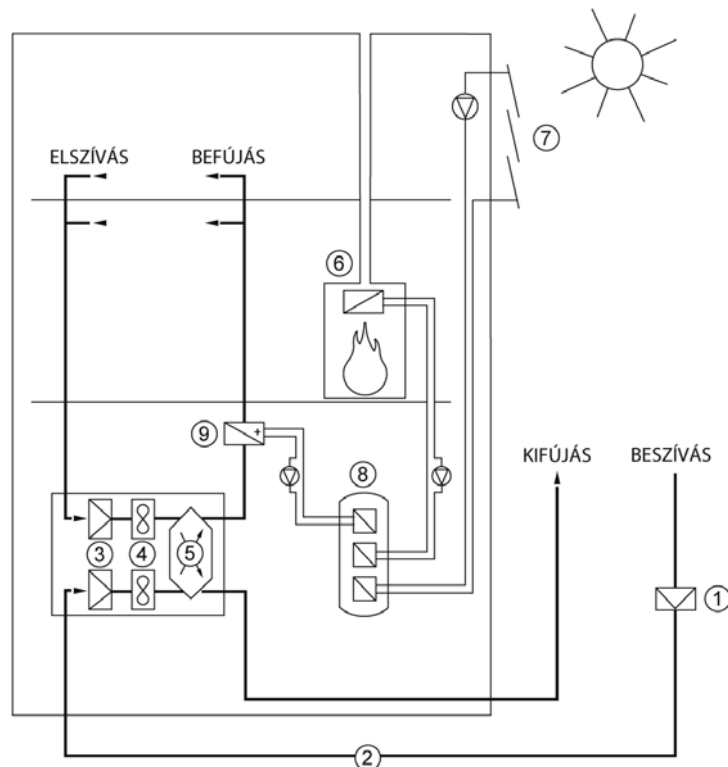
A puffertartály természetesen kiszolgálhat felületfűtő rendszert is.

A kandalló puffertartálya táplálhat egy meleg vizes kalorifert is, mely a szellőztetőberendezés utánfűtőjeként szolgálhat, és így fatüzelés alapú rendszer alkalmazásánál is lehetséges a légfűtés.

Ezt a rendszert azonban egy napkollektorral is kombinálni kell, különben nyáron is üzemeltetni kellene a kandallót, hogy legyen meleg víz. A napkollektor ugyanazzal a puffertartállyal dolgozhat, mint a kandalló.

**Magyarázat**

- 1 Finomszűrő F6-F8
- 2 Levegő-talaj hőcserélő
- 3 Durvaszűrők G4
- 4 Ventilátorok
- 5 Hővisszanyerő
- 6 Vízteres fakazán
- 7 Napkollektor
- 8 Melegvíz-tároló
- 9 Folyadékot utómelegítő (opcionális)



21. Ábra - Passzívház-technika biomasszával  
drexel und weiss alapján



#### 4.2.6.1 **Elvárások a fakazánnal szemben**

**Légtömörség** A kazánnak önmagában megfelelően légtömörnek kell lennie. Ebből következik, hogy csak zárt égésterű berendezések jöhetnek számításba, melyeknél semmilyen formában nincs összeköttetés a kazán és a helyiség légtere között.

A zárt égésterű berendezések között is nagy különbségek lehetnek légtömörség szempontjából. Csak maga a zárt égésterű kialakítás még nem garancia arra, hogy a kazán ki fogja állni a Blower-Door teszt próbáját. Érdemes konzultálni a gyártóval, hogy az adott berendezés alkalmazható-e passzívházban.

**Hőhidmentesség** A külső levegő betáplálásánál a bevezető csőszakasszal szemben ugyanazok az elvárások, mint a szellőztetőberendezéshez vezető csőszakasszal szemben. A termikus burkon belül vezetett csőszakasz hosszát érdemes minimalizálni, – ebből következik, hogy a kazánt is érdemes a termikus burok határához minél közelebb elhelyezni – valamint hasonló mértékben és minőségben szükséges hőszigeteléssel ellátni.

**Automatizált üzemelés** Az automatizált üzemeléshez jól alkalmazhatók a pellet-kazánok, melyek a pellet-tároló kapacitásától függően több napig is képesek beavatkozás nélkül üzemelni.

#### 4.2.6.2 **Elvárások a kéménnyel szemben**

**Hőhidmentesség** Az átmelegedett kéményttest, jellemzően a tető síkjában, áthatol a termikus burkon, így kivezeti a meleget az épületből a szabadba. Ezt a hatást lehet csökkenteni pl. habüveg téгла termikus megszakítóként való alkalmazásával. A habüveg téгла az épített kémény azon szakaszán kerül felhasználásra, mely érintkezik a termikus burok hőszigetelésével.

**Légtömörség** A kéménynek önmagában légtömörnek kell lennie. Az épített kéményeknél ez a feltétel vakolás nélkül nem mindig teljesül, a folytonos vakolat azonban légtömörnek tekinthető.

A tisztítónyílásnak, mely a légtömörségi szint áttörését jelenti, szintén légtömörnek kell lennie. Az átlagos, gumiperem nélküli tisztítónyílás-fedelek általában nem tekinthetők légtömörnek,

## 4.3 Háztartási és egyéb eszközök

**Energiaosztály  $\geq A+$**  Az energiahatékonyság konzekvens megvalósítása, valamint a belső hőterhelés csökkentése érdekében célszerű az épületgépészettől független energiafelvevő berendezések területén is a leghatékonyabb, A+ vagy jobb energiaosztályba tartozó készülékeket használni. Ez a fejezet az ezen a területen bevált, a passzívházakba általánosan javasolt megoldásokra tér ki.

### 4.3.1 Mosógép és mosogatógép

**Melegvíz-csatlakozás** Érdemes olyan mosógépet és mosogatógépet használni, amelynek van külön melegvíz-csatlakozása is, különben a gép közvetlen elektromos úton fogja a hideg vizet felmelegíteni, vagyis minden alkalommal háromszor-négyszer annyi energiát vesz ehhez majd igénybe, mint ha, mondjuk, a kompaktkészülék által előállított meleg vizet használná.

### 4.3.2 Ruhaszárítás

Ruhát szárítani szárítógéppel a leggyorsabb, de a leggazdaságatlanabb is. (A szárítógépek Ausztriában több energiát használnak el, mint amennyit az ország összes szélerőműve termel!)

**Passzív szárítószekrény** A zsinóron való szárítás egy, a passzívházaknál jól bevált formája a passzív szárítószekrény alkalmazása. A fürdőszobában lévő szárítószekrénybe kerül fel zsinórokra vagy rudakra a ruha. A szárítószekrény alján lyukak találhatóak, illetve a szekrényt úgy helyezik el a fürdőszobában, hogy az ottani légelszívó anemosztát a szekrény belsejébe kerüljön. Így nem szükséges további energia, a lakás légkényelmét szellőztetése a fürdőszobában a szárítószekrényen át szívja el a levegőt, s közben megszáritja a ruhát.

### 4.3.3 Standby – készülékek készenléti üzemmódja

Sok elektromos szórakoztatóelektronikai készüléknek (TV-nek, DVD-lejátszónak, monitornak stb.) van készenléti üzemmódja, mely csekély áramfogyasztásért cserébe kényelemmel szolgál. Ebből a sok csekély áramfogyasztásból az adódott, hogy pl. Németországban egy atomerőmű csak azért dolgozik, hogy az ország készenléti üzemmód fogyasztását megtermelje!

**Áramtalanítás helyiségenként** Készenléti üzemmódra csak akkor van szükségünk, ha otthon vagyunk, és nem alszunk. Ha nem akarunk teljes körű épületautomatizálást megvalósítani, akkor jól bevált módszer helyiségenként felszerelni egy-egy kapcsolót, pl. a világításkapcsoló mellé, s máris egy kattintással áramtalanítható a helyiség. Ennek a kiépítési költsége minimális, használata rövid idő után automatikussá válik.

#### 4.3.4

#### **Világítás**

Az összfogyasztás minimalizálása érdekében minden fogyasztót érdemes a lehető legenergiatakarékosabbnak választani, tehát a világítást is.

**Természetes fény** A legenergiatakarékosabb világítás a természetes napfény. A passzívházak már eleve optimálisan használják ki a napfényt – legalábbis a déli homlokzaton –, mert hőnyereség szempontjából optimalizáltak.

Tervezéskor azonban az északi homlokzaton is meg kell találni az arany középutat a hővesztések csökkentése és a természetes megvilágítás között. Sokat segíthet egy fénykút vagy fényakna is, de csak akkor, ha passzívház színvonalú a hőszigetelése, illetve a légtömörsége.

**Mesterséges megvilágítás** Mivel európai szintű törvényi szabályozás a hagyományos világítótesteket rövidesen kivonja a forgalomból, már nem pusztán tanács, hogy aki energiatudatosan szeretne élni, az egyáltalán ne használjon hagyományos izzót – hamarosan senkinek nem lesz már rá lehetősége.

A mesterséges megvilágítással kapcsolatban ma már nem az a kérdés, hogy hagyományos vagy energiatakarékos világítást használjon-e az ember, hanem hogy energiatakarékos világítást-e vagy LED-világítást?

#### 4.3.5

#### **Épületautomatizálás**

Az épületautomatizálási rendszerek a magasabb lakókomfort biztosítása mellett az energiafelhasználást is jelentősen csökkenthetik. Az épületautomatizálási rendszerek létjogosultsága különösen középületeknél nagy.

Alapfeladatuk, hogy bizonyos szolgáltatásokat szükség esetén automatikusan bekapcsoljanak, ez szolgálja lakókomfortunkat, a nem szükséges szolgáltatásokat pedig kikapcsolják, s ezáltal energiát

takarítsanak meg.

A következő felsorolás a leggyakrabban használt funkciókat írja le:

**Világítás** Csak akkor van szükség világításra, ha nincs elég természetes fény, és akkor is csak abban a helyiségben, amelyikben ténylegesen tartózkodik valaki. A szürkületérzékelő és a mozgásérzékelő megfelelő szabályozással sok energiát képes megtakarítani.

**Árnyékolás** A napsugárzás mértéke, a belső hőmérséklet és a fűtési, illetve hűtési rendszer állapota együtt dönti el, hogy milyen mértékű árnyékolásra van szükség. Megfelelő szabályozás minimalizálhatja a fűtési, illetve az esetleges hűtési rendszer működési idejét, illetve csökkentheti a túlmelegedés veszélyét.

**Szellőzés** Szellőztetni a magas CO<sub>2</sub>-tartalom és a magas relatív nedvességtartalom következtében kell. Az átlagosan bevált szellőztetési értékeken túl ezek a paraméterek megfelelő szenzorokkal mérhetők, és ezáltal a szellőztetés mértéke még inkább az aktuális levegőminőséghez szabható. Az így elérhető szellőztetési mérték bizonyos napszakokban – amikor éppen senki nem tartózkodik a lakásban – jóval alacsonyabb lehet az általánosnál. Ezáltal csökkenthető a szellőztetőrendszer áramfelhasználása, illetve a szellőztetési hőveszteség.

**Készenléti üzemmód** Számos háztartási készülék nem kapcsolódik ki teljesen, hanem ún. készenléti állapotban várakozik arra, hogy valaki majd valamikor bekapcsolja. A készenléti üzemmód darabonként nem fogyaszt sokat, összességében és hosszú távon azonban igen. Egy épületautomatizálási rendszer képes az összes készenléti állapotban lévő fogyasztó áramellátását megszüntetni – például akkor, ha az épületet beriasztják – majd kiriasztáskor újraaktiválni.

## 4.4

### Gyakran felmerülő kérdések

Ez a fejezet a passzívházakkal kapcsolatban gyakrabban felmerülő kételyekre, kérdésekre, esetleges félreértésekre igyekszik választ adni.

#### 4.4.1

#### **Gépi szellőztetés: vastüdő vagy mindig nyitott ablak**

**Kiváló minőségű levegő** A gépi szellőztetés nem azonos a gépi lélegeztetéssel; lélegezni továbbra is mi fogunk, csak a beltéri levegő minősége lesz folyamatosan kiváló – a por- és pollenzűrés következtében tisztább,

mintha állandóan nyitva tartanánk az ablakot.

**Fenntartható megoldás** A gépi szellőztetés fogyaszt ugyan energiát, de a légkormány lakásszellőztetés a hővisszanyerés által összességében sokkal fenntarthatóbb megoldás, mint maga az ablakszellőztetés, mivel a modern rendszerek jósági foka megközelíti az 1:20-as arányt: 1 egység elektromos energiával közel 20 egység hőenergiát takarítanak meg.

**Áramszünet** Áramszünet esetén semmi különös nem történik egy passzívházban, csupán bizonyos szempontból lecsúszik egy szellőztetőrendszer nélküli épület szintjére: nagy átlagban rosszabb lesz a levegő minősége, mint az áramszünet előtt, illetve időnként itt is szükség lesz az ablakokon keresztüli szellőztetésre.

#### 4.4.2 **Konyhai szagelszívó**

A konyhai szagelszívót nem ajánlatos közvetlenül a légelszívó rendszerre kötni, mert a szagelszívás helyi intenzitása jóval nagyobb, mint a légtechnikai elszívásé – lehet 500–600 m<sup>3</sup>/h is, holott adott esetben az egész lakásban összesen sincs 200 m<sup>3</sup>/h légcseréigény –, illetve a légcsatornába zsíros, szennyezett lerakódás alakulhatna ki.

**Belső keringtetésű szagelszívó** Az általános javaslat az, hogy a főzőegység fölé egy belső keringtetésű, aktív szénműveléssel ellátott konyhai szagelszívó kerüljön, amely felfogja a zsírt és az egyéb szennyezőanyagokat, és a konyha légterébe juttatja a meleg levegőt.

A konyhában maradó meleg levegőt az egyébként is jelen lévő elszívó vezeti el, majd a légkormány szellőztetőrendszer hővisszanyerőjén át a meleg visszajut a lakás többi részébe.

#### 4.4.3 **Központi porszívó**

Központi porszívórendszer alkalmazható passzívházban, csak még jobban kell ügyelni a légtömörség fenntartására és a porszívó csövének megfelelő helyen való és megfelelő mértékű hőszigetelésére.

**Légtömör** A központi porszívó csatlakozóinak eleve légtömörnek kell lenniük, már csak amiatt is, hogy a rendszer ne szívjon fals levegőt. A légtömörégi teszt (Blower–Door teszt) pontosan el fogja árulni, hogy megfelelőek-e az illesztőidomok, illetve azok beépítése.

**Hőszigetelt** A porszívó csőrendszere részint az épületen belül, részint az épületen kívül is futhat, maga a központi porszívó készülék is lehet az épületen

belül és rajta kívül is. A fűtött épületburkon kívül futó vezetékszakaszt megfelelő hőszigeteléssel kell ellátni, a kondenzvíz lecsapódásának elkerülése érdekében.

**Elenyésző hőveszteség** Azok a központi porszívórendszerek, amelyek a kültérbe vetik ki az elszívott – télen meleg – levegőt, higiéniaileg kedvezőbbek, energetikailag viszont valamivel kedvezőtlenebbek, mert nem nyelik vissza a porszívórendszeren át távozó levegő hőtartamát. Mivel a porszívót csak rövid időszakokban használják, azért az így elvesztett energia nem számottevő.

#### 4.4.4 **Meleg víz hasznosítása**

**Nem jellemző** A passzívházak alapfelszereléséhez tartozik a hővisszanyerős szellőztetés, ezért felmerülhet a kérdés, hogy az elfolyó meleg vízből szintén vissza kellene nyerni a hőenergiát. Bármilyen logikus is ez a gondolat, az ennek a problémának a megoldására vonatkozó műszaki megoldások eddig mégsem terjedtek el.

#### 4.4.5 **Üzemeltetés, karbantartás**

A passzívházak üzemeltetési igénye – a műszaki berendezések szokásos időszakos felülvizsgálata mellett – a levegőszűrők cseréjére és adott esetben a hővisszanyerő aktiválására, deaktiválására korlátozódik.

**Szűrőcsere** Lakásszellőztetésnél a szellőztetőberendezés két ventilátorát védő G4-es durvaszűrőket kb. 3 havonta, a friss levegő ágon elhelyezett finomszűrőt, a helyi viszonyoktól függően félévente, évente kell kicserélni. A szűrőcsere nem bonyolultabb, mint egy porszívó esetében, percek alatt elvégezhető.

**Hővisszanyerő aktiválása, deaktiválása** A hővisszanyerés nem kívánatos az egész évben, általában tavasszal deaktiválni, ősszel pedig újra aktiválni szükséges. Az aktiválás, deaktiválás az adott szellőztetőberendezésben alkalmazott megoldásnak megfelelően, vagy az ún. bypass átkapcsolásával történhet, vagy a hővisszanyerő kicserélésével egy ún. nyári áteresztő dobozra. (Részletesebben lásd a hővisszanyerőről szóló fejezetben.) A bypass átkapcsolása történhet akár automatikusan is vagy egy távvezérlő segítségével, a nyári áteresztő doboz cseréje mintegy 5 perc alatt elvégezhető.

Érdeemes a fűtési szezon kezdetén és végén a hővisszanyerő

aktiválásával, deaktiválásával egyidejűleg a finomszűrő cseréjét is elvégezni.

## 5 Felújítás passzívház-komponensekkel

**Magasabb komfortszint** A passzívházsabvány alapján felújított épületekben kellemesebb lesz élni: a komfortszint és a levegő minősége is javul. Az ablakok és a külső falak felületi hőmérséklete a felújítás után a sarkoknál is olyan meleg marad, hogy nem alakul ki páralecsapódás. A szellőztetőberendezés folyamatosan gondoskodik a friss levegőről. A penészképződés veszélye így szinte kizárt. A már jól bevált passzívház-komponensek beépítésével a meglévő épületek fajlagos fűtési energiaigénye 10–30 kWh/(m<sup>2</sup>év) értékre szorítható vissza, s ez akár 90%-os megtakarítást is jelenthet.

**Felújításnál 30 kWh/(m<sup>2</sup>év)** Felújítással szinte soha nem lehet olyan jó energetikai eredményt elérni, mint az új építéssel, mert bizonyos meglévő adottságokon nem, vagy csak aránytalanul nagy ráfordítással lehet változtatni. Az épületet például nem lehet megemelni, hogy alatta el lehessen helyezni hőszigetelést, és az épülettest kompaktságán és benapozottságán is csak kisebb mértékben lehet változtatni.

Felújítások esetében ezért a cél a 30 kWh/(m<sup>2</sup>év) fajlagos fűtési energiaigény elérése. Egy felújítást, amely eléri ezt a szintet, egyenértékűnek szokták tekinteni a 15 kWh/(m<sup>2</sup>év)-et elért új építéssel.

### 5.1 A felújítás időpontja és kihatásai

**Mikor érdemes felújítani?** Energetikai felújítást akkor a leggazdaságosabb elvégezni, ha egyébként is szükség van felújításra. Ha a homlokzatról jön le a vakolat, ha a nyílászáró cseréjére van szükség, ha vízszigetelni kell a lábazatot vagy meg kell újítani a tetőt, akkor célszerű ezt egy energetikai felújítással is egybekötni. Így az energetikai felújítás nem társul „felesleges” járulékos költségekkel, hiszen azokat egyébként is el kellene végezni. Egy relatív új, felújításra egyébként nem szoruló épület energetikai korszerűsítése a leggazdaságosabb.

**Egy felújítás kihatása** Egy épületfelújítás után nagyjából 30 évig nem érdemes hozzányúlani az épülethez, ez azonban azt is jelenti, hogy egy felújítás 30 évre konzerválja az épület energetikai szintjét. Ez nagy felelősség, mivel egy elhibázott, nem megfelelő mértékű energetikai felújítás után évtizedeken át magas marad a fenntartási költség.



Éppen ezért minden szükséges felújítás alkalmával egyben a lehető legjobb energetikai szintet, azaz a passzívház szintet kellene megcélozni.

## 5.2 Erkélylemez mint hőhíd

A födémmel egybebetonozott erkélylemez vagy külső lépcső energiafaló hőhíd; semlegesítésére több módszer is alkalmas.

**Levágás** Bármilyen brutálisan hangzik is, az erkélylemez levésése nem tabu, sok helyen alkalmazták már sikerrel. Az épület hőszigetelése így problémamentesen elvégezhető; egy, a termikus burkon kívüli, saját lábakon álló erkély pontszerűen az épülethez rögzítve pedig közel hőhídmentes megoldásnak tekinthető.

**Beépítés** Egy másik megoldás a kiugró hűtőfelület körbeszigetelése, bevonása a termikus burkokba. A ráfordítás szempontjából ez még gazdaságosabb megoldás is lehet, mint az erkélylemez helyettesítése, mivel a hasznos alapterület bővülése, az ingatlan érték növekedése ellensúlyozhatja a kiadásokat.

**Megmaradó szerkezet** Ha az előző két megoldás nem jöhet szóba, és az erkélylemez megmarad a külső térben, akkor ki kell számolni az erkélylemeznek a hőszigetelés után fennmaradó hőhidhatását. A hőhidszámítás elvégzésekor nemcsak az fontos adat, hogy mekkora a vonal menti hőhid értéke – vagyis hogy mekkora a lehűlés mértéke –, hanem az is, hogy a külső fal belső oldalán mekkora lesz a felületi hőmérséklet a külső fal és az erkélylemez találkozási pontjában. Ezt a számítást általában külső  $-10\text{ °C}$  és belső  $+20\text{ °C}$  mellett szokták elvégezni. Az így kapott hőmérsékleti érték jelzi, hogy az adott szerkezet, adott hőszigetelés-vastagsága mellett várható-e kapilláris kondenzáció és annak következményeképpen penészképződés.

Durván 30 cm-es külső hőszigetelés-vastagság esetén általában nem fenyeget a penészképződés veszélye.

Az erkélylemez körbehőszigetelését se gazdaságossági, se használati szempontból nem szokták elvégezni.

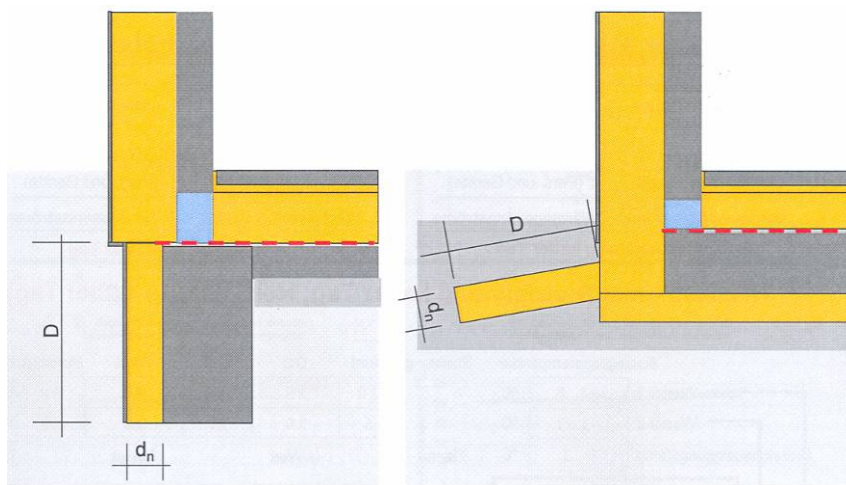
## 5.3 Padló szerkezet utólagos hőszigetelése

Felújításkor bizonyos intézkedéseket nem lehet már megtenni, például nem lehet az épületet felemelni, hogy alatta megszakításmentesen le

lehesen fektetni a hőszigetelést. Sokszor az aljzat belülről való hőszigetelése se végezhető el a kívánt minőségben.

**Fagyvédő  
„szoknyaszigetelés”**

Az épület alatti talajréteg túlzott lehűlésének elkerülésére hasznos megoldás az ún. szoknyaszigetelés, ami történhet a föld alatt függőlegesen vagy vízszintesen, enyhén az épülettől lefelé lejtetve. Ez a megoldás erősen csökkentheti a felszín felőli fagyhatást, illetve nem engedi elszökni az alulról kevésbé jól hőszigetelt épület lefelé sugárzott hőjét sem. Így az épület kezdetben felfűti ugyan az alatta elhelyezkedő földréteget is, de ez a hatás nagyban mérséklődik, mivel a meleg nem távozhat el olyan könnyen.



22. Ábra Fagyvédő szoknyaszigetelés

forrás: Passivhaus Dienstleistung GmbH

## 5.4

### Tető–külső fal csatlakozása

A magastető utólagos hőszigetelésekor kritikus hely lehet a külső fal és a tetőszerkezet csatlakozása. Ideális megoldás volna a talpszemeleket körbehőszigetelni, de a rajtuk nyugvó szarufák geometriailag ezt sokszor nem engedik meg: egyszerűen nincs elegendő hely.

**Vízcsendesítő**

Erre megoldást adhat a szarufák helyi megmagasítása, ún. vízcsendesítő alkalmazásával. A tető a külső síkja így a külső fal elérése előtt egy kicsit megtörik, lejtése kisebb lesz, s azzal elegendő hely alakítható ki a megfelelő vastagságú hőszigetelés elhelyezéséhez.

## 5.5

### Felújítás lépésről lépésre – megoldható?

Természetesen az egy lépésben való komplex energetikai felújítás lenne mindig a legegyszerűbb megoldás, de ezt a gazdasági racionalitás vagy a gazdasági lehetőségek esetleg nem teszik lehetővé.

Átgondolt tervezéssel a fokozatos, szakaszos energetikai felújítás is megoldható, de a különféle részfelújítási fázisoknak önmagukban is meg kell állniuk a helyüket.

**Gazdasági racionalitás** Egy életciklusa végét még meg sem közelítő épületszerkezet cseréje gazdaságtalan. Ennél már csak az gazdaságtalanabb, ha egy olyan épületszerkezetet építünk be, amely energetikailag nem lesz megfelelő a tervezett életciklusa lejártáig.

A szakaszos, lépésről lépésre való felújítás nem azt jelenti, hogy az ember pl. ötévente újabb és újabb 10 cm hőszigetelést tesz fel a háza falára. Ha egy épületelemet újabbra cserélünk, akkor érdemes az energetikailag legjobb megoldásra törekedni.

Legdrágább a felújítás felújítása.

**Összefüggő kérdések** Gyakran elkövetett hiba, hogy az épület légzárását és szellőzését nem kezelik párhuzamosan. A nyílászárók cseréje és a hőszigetelési rendszer felújítása is javítja az épület légtömörségi állapotát. Mindkét fajta beavatkozáskor meg kell tervezni, hogy milyen lesz a megfelelő szellőzés a felújítás után.

A résszellőzők alkalmazása – főleg az ablakokba beépíthető megoldások - higiéniai szempontból kétségesek, energetikailag pedig zsákutcába vezetnek; továbblépni csak a megszüntetésük után lehet. Így válik a rövid távon látszólag legolcsóbb megoldásból középtávon a legköltségesebb megoldás.

Végleges megoldást a hővisszanyerővel ellátott légkormányozott lakásszellőztető rendszerek kínálnak.

## 6 Magyarország szabályozás

**OTÉK** A magyarországi építési szabályozás alappillére a **253/1997. (XII. 20.) Korm. Rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről**

*„A Kormány ... meghatározza az országos településrendezési és építési követelményeket (a továbbiakban: OTÉK), és elrendeli azok kötelező alkalmazását.”*

Az OTÉK rendelkezik az országos szabályozásról, ezt részletezi, esetenként szigorítja a helyi szabályozás.

Energiahatékony épületek építésének elősegítése még nem volt elsődleges szempont az OTÉK megalkotásánál – a hőszigetelés szó, például mindössze egyszer szerepel benne –, ezért az egyéb kívánt célok elérése nem jutott harmóniába az energiahatékonysági megfontolásokkal; erre mutat majd néhány példát ez a fejezet.

### 6.1 Kell-e kémény minden házra?

Nem kell!

Az OTÉK rendelkezik a tartalékfűtés szükségességéről:

**Tartalékfűtés** *„94. § (1) A tartalékfűtés lehetőségéről gondoskodni kell*

*a) minden lakás legalább egy lakószobájában,*

*b) minden olyan helyiségben, ahol folyamatos tartózkodás szükséges (pl. kényelmi, ügyleti helyiségekben).”,*

annak megvalósítására azonban több alternatívát is megenged:

*„94. § (2) A tartalékfűtés lehetőségéről szilárd tüzelőanyaggal üzemeltethető tüzelőberendezés céljára alkalmas, gravitációs üzemű kémény vagy egyidejűleg és folyamatosan igénybe vehető többlet villamos energia biztosításával kell gondoskodni.”*

**Elektromos tartalékfűtés** Egy passzív családi ház fűtési hőszükséglete összességében nagyjából 1–4 kW, ezt tartalékmegoldásként kis teljesítményű mobil elektromos melegítővel is problémamentesen fedezni lehet. A gyakorlatban emiatt nemigen van szükség külön hálózatbővítésre, az egyidejű és folyamatos igénybevétel sem okoz gondot: elegendő néhány amúgy is

meglevő konnektor.

**Mi történik áramszünet esetén?** Fenntartás lehet esetleg amiatt, hogy elektromos tartalékfűtés esetén, ha a fő fűtési rendszer egy szintén csak elektromos árammal üzemelő hőszivattyú – mondjuk, egy passzívház kompaktkészülék –, akkor áramkimaradáskor nem üzemel sem a fő fűtési rendszer, sem a tartalékfűtés. Ez így van a mai gázkazánokkal is: elektromos áram nélkül azok is üzemképtelenek. Passzívházak esetén a nagy időálló miatt napokig tartó áramszünetre lenne szükség ahhoz, hogy számottevő lehűlés alakulhasson ki.

## 6.2

### A lábakon álló erkély beépített területnek számít

A födémmel egybebetonozott erkélylemez energiafaló hőhíd, ezért passzívházaknál sokszor külön tartólábakon áll, csak pontszerűen illeszkedik az épülettetthez.

Így azonban az OTÉK szerint beépített területnek számít. A beépíthető terület, főleg a nagyvárosokban, rendszerint kevés és ezért drága is, ami sokszor vezet ezen energetikailag kedvezőtlen megoldás elkészítéséhez.

Az OTÉK **1. számú melléklete** tartalmazza a beépített terület meghatározását:

*„93. Telek beépített területe: a telken álló, a terepcsatlakozáshoz képest 1,0 m-nél magasabbra emelkedő építmények vízszintes síkban mért vetületi területeinek összege. A 35. § (9) bekezdésének a) pontja szerinti épületkiugrás vízszintesen mért vetületi területét a telek beépítettségének számítása során figyelembe kell venni. ...”*

Illetve definiálja azokat az épületrészeket, melyeket a beépített terület számításánál figyelmen kívül kell hagyni:

*„... A vetületi területek számítása során figyelmen kívül kell hagyni:*

*...*

*c) az építményhez tartozó előlépcső, valamint a terepcsatlakozástól legalább 2,0 m-rel magasabban lévő erkély, függőfolyosó, ereszpárkány, előtető – az építmény tömegétől kiálló részeinek – az építménytől számított 1,50 m-es sávba eső vízszintes vetületét.”*

## 6.3 A hőszigetelés vastagsága és a beépítettség

Meglévő épületeink nagy részét energetikai szempontból fel kell újítani. A felújításban rejlő energiamegtakarítási potenciált pedig a lehető legmesszebbmenőig ki kell aknázni, klímavédelmi és energiaellátási okokból is.

A felújításokkal a passzívház szintjéhez közeli épületeket kell kapnunk, azaz a ma általánosan használt hőszigetelésekből 30 centiméteres vagy még nagyobb rétegvastagságot kellene alkalmazni.

**Utólagos hőszigetelés** Az OTÉK **Az elő-, oldal- és hátsókert előírásai** között a következőket lehet olvasni:

*„35. § (8) A 2002. március 15. előtt épült építmény utólagos hőszigetelése és homlokzatburkolása együttesen – az oldalhatáron álló falat kivéve – az elő-, oldal- és hátsókert méretét, illetőleg utcafrontra kiépített építmény esetében a közterületet legfeljebb 10 cm-rel csökkentheti. A telek beépítettsége ennek megfelelően módosulhat.”*

**10 cm rugalmasság** Ez a pont egyrészt egyértelműen leszögezi, hogy a beépíthetőség határa 10 cm-rel kitolható – az oldalhatáron álló falat kivéve –, másrészt azt sejteti, hogy a maximális beépíthetőség az épület körüli 10 cm-es sávval növelhető utólagos hőszigetelés esetében.

**Hogyan lehet 30 cm hőszigetelést alkalmazni?** Tehát vélhetően 30 cm vastagságú utólagos hőszigetelés például csak akkor alkalmazható, ha az épület legalább 20 cm-rel az építési hely határán belül áll, és a hőszigetelés után a beépítettség csak maximum a külső 10 cm-es sávjával lépi túl a megengedettet.

Egyébként nem marad más, csak a hatékonyabb – és ezáltal sajnos drágább – hőszigetelés alkalmazása vagy az egyedi engedélykérés.

## Fogalomtár

**EPS** Az **expandált polisztirol** rövidítése. Vízfelvételi képessége nem elhanyagolható, ezért talajjal érintkező épületrészek (aljzat, illetve lábazat) hőszigetelésére csak formahabosított változata (EPS-P) alkalmas.

**EPS-P** Formahabosított **expandált polisztirol**, vízfelvételi képessége elhanyagolható, így alkalmazható felcsapódó víznek kitett felületeknél, pl. lábazati hőszigetelésként, illetve talajjal érintkező felületek hőszigetelésként (talajjal érintkező felületek szigetelése németül: **Perimeterdämmung**).

**EPS-F** Az **expandált polisztirol** homlokzati hőszigetelés rövidítése (homlokzat németül: **Fassade**).

**EPS-T** Az **expandált polisztirol** lépéshanggátló hőszigetelés rövidítése (lépéshanggátlás németül: **Trittschalldämmung**).

**Fűtési energiaigény** Az éves fűtési energiaigény, mértékegysége a kWh/év, azt fejezi ki, hogy egy év alatt összességében hány kWh hőenergiát kell pótolni az épületben a kívánt hőmérséklet (a passzívházakat 20 °C-ra méretezik) fenntartása érdekében.

**Fűtési hőszükséglet** A fűtési hőszükséglet, mértékegysége a W, azt fejezi ki, hogy az épület legnagyobb lehűlése alatt, azaz méretezési állapotban hány W hőteljesítményt kell közölni az épülettel, hogy a kívánt hőmérséklet (a passzívházakat 20 °C-ra méretezik) fenn lehessen tartani.

**g-érték** Össz-sugárzás átbocsátási tényező, százalékos érték, azt fejezi ki, hogy az üvegfelületre érkező fénysugárzás hány százaléka jut át az üvegen. Passzívházaknál ajánlott érték  $g \geq 50\%$ .

**k-érték** Az U-érték korábbi jelölése, ld. ott!

**Opak felület** A fényt át nem eresztő felületek (aljzat, fal, tető) együttes megnevezése.

**PHI** A darmstadti Passzívház Intézet, németül **Passivhaus Institut** Darmstadt közkeletű rövidítése. A Prof. Dr. Wolfgang Feist által vezetett privát vállalatnak köszönhető elsősorban a passzívház-technológia kifejlesztése, rendszerbe foglalása. A Passivhaus Institut Darmstadt számos tudományos kiadványt jelentet meg a passzívházak témakörében, évente megrendezi a Nemzetközi Passzívház Konferenciát, minősít passzívház komponenseket, elkészült

passzívházakat, illetve passzívház szakembereket.

**PHPP** A Passzívház Tervező Csomag, németül **Passivhaus Projektierungs Paket** közkeletű rövidítése, mely egy energiamérleg számító, Excel-alapú programból és mintegy 200-oldal dokumentációból áll. A programmal kiszámítható többek között az épületek fűtési és hűtési energiaigénye, fűtési és hűtési hőszükséglete, összes primerenergia-szükséglete, a nyári túlmelegedés gyakorisága.

**PIR** A poliizocianurát rövidítése, egy a poliuretánnal rokon anyag, nagyobb kémiai és termikus stabilitással.

**Primerenergia** A primerenergia az adott energiahordozó által biztosított felhasználható, azaz végenergia mellett tartalmazza az energia előállításánál és elosztásánál elvesző, nem hasznosítható energiamennyiséget is.

**PU vagy PUR** A poliuretán rövidítése.

**Termikus burok** A fűtött épülettömeg határoló felülete.

**TJI** Az ún. „TrusJoist“-I-tartó rövidítése, védett márkanev. A hőszigetelést meg-megszakító I-tartók hőtechnikailag kedvezőbbek a tömör szarufáknál vagy gerendáknál, lényegesen kisebb mértékű hőhidat képeznek.

**U-érték** Hőátbocsátási tényező, mértékegysége a  $W/(m^2K)$ . Régebbi jelölése a  $k$ -érték volt. Azt mutatja meg, hogy 1 K hőmérsékletkülönbség mellett  $1 m^2$  felületen hány  $W$  hőveszteség keletkezik. Minél kisebb az érték, annál jobb a hőszigetelő képesség.  
Passzívházaknál ajánlott értéke opak felületekre  $U \leq 0,15 W/(m^2K)$ .

**$U_D$**  A bejárati ajtó hőátbocsátási tényezője ( $D=door$ ), mértékegysége a  $W/(m^2K)$ .

**$U_{D, beépítve}$**  A bejárati ajtó hőátbocsátási tényezője beépítés után, mértékegysége a  $W/(m^2K)$ . Ez az érték az esetek többségében rosszabb szokott lenni, mint magának a bejárati ajtónak a hőátbocsátási tényezője ( $U_D$ ).  
Passzívházaknál ajánlott érték  $U_{D, beépítve} \leq 0,80 W/(m^2K)$ .

**$U_f$**  Az ablaktok és szárnykeret hőátbocsátási tényezője ( $f=frame$ ), mértékegysége a  $W/(m^2K)$ .



- $U_g$**  Az ablaküveg hőátbocsátási tényezője (g=glass), mértékegysége a  $W/(m^2K)$ .  
Passzívházaknál ajánlott érték  $U_g \leq 0,80 W/(m^2K)$ .
- $U_w$**  Az ablak (a tok-keret és az üveg) összesített hőátbocsátási tényezője (w=window), mértékegysége a  $W/(m^2K)$ .  
Passzívházaknál ajánlott érték  $U_w \leq 0,80 W/(m^2K)$ .
- $U_{w,beépítve}$**  Az ablak összesített hőátbocsátási tényezője beépítés után, mértékegysége a  $W/(m^2K)$ . Ez az érték az esetek többségében rosszabb szokott lenni, mint magának az ablaknak az összesített hőátbocsátási tényezője ( $U_w$ ).  
Passzívházaknál ajánlott érték  $U_{w, beépítve} \leq 0,85 W/(m^2K)$ .
- XPS** Az extrudált polisztirool rövidítése. Vízfelvételi képessége elhanyagolható, ezért alkalmazható talajjal érintkező épületrészek (aljzat, illetve lábazat) hőszigetelésére.
- XPS-G** Extrudált polisztirool sík felülettel (sík felület németül: glatte Oberfläche).
- XPS-R** Extrudált polisztirool érdes felülettel (érdes felület németül: rauhe Oberfläche).

---

# Irodalomjegyzék

Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser

Hrsg. Prof. Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut Darmstadt

Fachinformationen:

- [1] 1997/2: **Der Einfluß der Speichermasse von Außenwänden auf den Jahresheizwärmebedarf von Passivhäusern**
- [2] 1997/3: **Effiziente Warmwasserbereitung beim Passivhaus**
- [3] 1997/6: **Solare Warmwasserbereitung in Passivhäusern**
- [4] 1998/7: **Elektrische Geräte für Passivhäuser und Projektierung des Stromverbrauches**
- [5] 1998/11: **Sparsames Wäschetrocknen**
- [6] 1992/2: **Heizlastauslegung im Niedrigenergie- und Passivhaus**
- [7] 1999/5: **Wärmebrückenfreies Konstruieren**
- [8] 1999/6: **Luftdichte Projektierung von Passivhäuser – Eine Planungshilfe**
- [9] 1999/7: **Luftführung in Passivhäusern – Planungsrichtlinien und Erfahrungen bei Ausführungsplanung und Betrieb**
- [10] 2000/3: **Wäschetrocknen im Trockenschrank: Meßergebnisse und –nutzererfahrungen in einem Passivhaus**
- [11] 2000/4: **Ist Wärmespeichern wichtiger als Wärmedämmen?**

Protokollbände:

- [12] 2007/1: **Passivhaus Projektierungs Paket 2007 – Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser**
- [13] Nr. 5: **Energiebilanz und Temperaturverfahren, 1997**
- [14] Nr. 6: **Haustechnik im Passivhaus, 1997**
- [15] Nr. 7: **Stromsparen in Passivhaus, 1997**
- [16] Nr. 8: **Materialwahl, Ökologie und Raumlufthygiene, 1997**
- [17] Nr. 9: **Nutzerverhalten, 1997**

- [18] Nr. 10: **Meßtechnik und Meßergebnisse**, 1997
- [19] Nr. 11: **Kostengünstige Passivhäuser**, 1997
- [20] Nr. 12: **Das Passivhaus – Baustandard der Zukunft?**, 1998
- [21] Nr. 13: **Energiebilanzen mit dem Passivhaus Projektierungs Paket**, 1998
- [22] Nr. 14: **Passivhaus-Fenster**, 1998
- [23] Nr. 15: **Passivhaus-Sommerfall**, 1999
- [24] Nr. 16: **Wärmebrückenfreies Konstruieren**, 1999
- [25] Nr. 17: **Dimensionierung von Lüftungsanlagen in Passivhäuser**, 1999
- [26] Nr. 18: **Qualitätsicherung beim Bau von Passivhäuser**, 1999
- [27] Nr. 19: **Stadtplanerische Instrumente zur Umsetzung von Passivhäuser**, 2000
- [28] Nr. 20: **Passivhaus-Versorgungstechnik**, 2000
- [29] Nr. 21: **Architekturbeispiele: Wohngebäude**, 2002
- [30] Nr. 22: **Lüftungsstrategien für den Sommer**, 2003
- [31] Nr. 23: **Einfluss der Lüftungsstrategie auf die Schadstoffkonzentration und –  
ausbreitung im Raum**, 2003
- [32] Nr. 24: **Einsatz von Passivhaustechnologien bei der Altbaumodernisierung**,  
2003
- [33] Nr. 25: **Temperaturdifferenzierung in der Wohnung**, 2004
- [34] Nr. 26: **Neue Passivhaus-Gebäudetechnik mit Wärmepumpen**, 2004
- [35] Nr. 27: **Wärmeverluste durch das Erdreich**, 2004
- [36] Nr. 28: **Wärmeübergabe- und Verteilverluste im Passivhaus**, 2004
- [37] Nr. 29: **Hochwärmedämmte Konstruktionen**, 2005
- [38] Nr. 30: **Lüftung bei Bestandsanierung: Lösungsvarianten**, 2004
- [39] Nr. 31: **Energieeffiziente Raumkühlung**, 2005
- [40] Nr. 32: **Faktor 4 auch bei sensiblen Altbauten: Passivhauskomponenten +  
Innendämmung**, 2005

- [41] Nr. 33: **Passivhaus-Schulen**, 2006
- [42] Nr. 34: **Schallschutz beim Einsatz von Wärmepumpen und Wärmepumpen-Kompaktgeräten im Passivhaus**, 2007
- [43] Nr. 35: **Wärmebrücken und Tragwerksplanung – die Grenzen des wärmebrückenfreien Konstruierens**, 2007
- [44] Nr. 36: **Heizung mit Biobrennstoffen für Passivhäuser**, 2007
- [45] Nr. 37: **Optimierungsstrategien für Fensterbauart und Solarapertur**, 2008
- [46] Nr. 38: **Heizsysteme im Passivhaus – Statistische Auswertung und Systemvergleich**, 2008
- [47] Nr. 39: **Schrittweise Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten**, 2009
- Hrsg. Prof. Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut Darmstadt  
Tagungsbände:
- [48] **10. International Passivhaustagung 2006 – Hannover**
- [49] **11. International Passivhaustagung 2007 – Bregenz am Bodensee**
- [50] **12. International Passivhaustagung 2008 – Nürnberg**
- [51] **13. International Passivhaustagung 2009 – Frankfurt am Main**
- [52] **CEPHEUS Wohnkomfort ohne Heizung**  
Hrsg. Helmut Krapmeier, Eckart Drössler; Springer-Verlag, Wien 2001
- [53] **Das Passivhaus bei Neubau und Sanierung: Bauen für die Zukunft**  
Martin Endhart, Thomas Ludwig Farion, Reinhard Zimmermann; Neu-Ulm 2008
- [54] **Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser**  
Dr. Wolfgang Feist; Verlag Das Beispiel; 2001
- [55] **Neue Passivhäuser: 24 Beispiele für den Energiestandard der Zukunft Deutschland – Österreich – Schweiz**  
Anton Graf; Callwey Verlag; München 2003
- [56] **NiedrigEnergie- und PassivHäuser Konzepte, Planung, Konstruktionen, Beispiele**  
Othmar Humm Hrsg.; Ökobuch Verlag; Staufen bei Freiburg 2000

- [57] **Passivhaus – Das Bauen der Zukunft**  
Dietmar Siegele; Books on Demand Verlag; Norderstedt 2007
- [58] **Passivhaus-Bauteilkatalog: Ökologisch bewertete Konstruktionen**  
Walter Pokorny, Thomas Zelger, Karl Thorgele; Springer Verlag
- [59] **Passivhäuser**  
**Planung - Konstruktion – Details – Beispiele**  
Adolf-W. Sommer; Rudolf Müller Verlag; Köln 2009
- [60] **Vom Altbau zum Niedrigenergie- und Passivhäuser**  
**Gebäudesanierung, neue Energiestandards, Planung und Baupraxis**  
Ingo Gabriel, Heinz Ladener Hrsg.; Ökobuch Verlag; Staufen bei Freiburg 2008

Irodalom magyar nyelven:

- [59m] **Passzívházak**  
**Tervezés – szerkezet – csomópontok – példák**  
Adolf-W. Sommer; Passzívházak Mindenkinek; Budapest 2010
- [61] **Passzívház-csomópontok felhasználóknak**  
GDI Wien; Passzívház Akadémia; Budapest 2009
- [62] **II. Magyar Passzívház Konferencia**  
Magyar Passzívház Szövetség; Budapest 2009
- [63] **Építsünk passzívházat**  
Farsang Attila, Nagy Mihály, Nógrádi Péter; Cser Kiadó; Budapest 2010



A passzívház nem egy különleges, egyedi, másutt nem használt technológiák és anyagok felhasználásával tervezett és megvalósított épület, hanem „mindössze” a már ismert építési eljárásokkal és anyagokból létrehozható, nagyon jó minőségű ház, amely annyiban tér el bármely más épülettől, hogy megfelel három – a fajlagos fűtési energiaigényre, a légtömörségre és a fajlagos összes primerenergia-szükségletre vonatkozó – peremfeltételnek.

Amennyiben ez tudatosul a tervezőkben, akkor világossá válik számukra, hogy eddigi tapasztalataik és tudásuk felhasználásával maguk is tervezhetnek ilyen épületet. Ez a segédlet abban segít, hogy összegyűjti és megismerteti a már kipróbált megoldásokat és javaslatot ad a tervezés irányaira.

### **Debreczy Zoltán**

a **PASSIVHAUS INSTITUT DARMSTADT**  
„Minősített passzívháztervező” vizsgájával rendelkező  
gépészmérnök, passzívház tréner,  
a Magyar Passzívház Szövetség elnöke