

## PASSÍVHÁZ FŰTÉSI ENERGIAIGÉNYÉNEK FEDEZÉSE SUGÁRZÁSI HŐNYERESÉGGEL

**Kozmáné Szirtesi Krisztina**

*Műszaki oktató*

Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Építészmérnöki Tanszék, 4029 Debrecen, Ótemető u. 2-4.  
[kszk@eng.unideb.hu](mailto:kszk@eng.unideb.hu)

### **Összefoglalás**

*A szoláris hőnyereség mindig hatással van egy épület fűtési energiaigényére. Magyarországon a jelenleg hatályos 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet szerint ez az energiamennyiség egyszerűsítéssel, azaz a biztonság javára tévedve is számítható. Extrém alacsony energiaigényű épületeknél a szoláris nyereség azonban a fűtési energiaigény jelentős hányadát fedezi, ezért fontos ennek pontos kiszámítása. A tervezési folyamat során jó, ha ismerjük az adott üvegezett szerkezet tájolással összefüggő energiagyűjtő képességét. Ennek meghatározására tesz kísérletet ez a cikk, részben egy tervezési példát bemutatva, részben egy adott konkrét nyílászáró energiahozamát elemezve a tájolás függvényében.*

**Kulcsszavak:** *passzívház, szoláris nyereség, PHPP*

### **Abstract**

*The solar heat gain always reduces the space heating demand of a building. In Hungary under the 7/2006. (V. 24.) Ministerial Decree this quantity can be determined by reduction. In case of extreme low energy buildings most of the heating demand is covered by the passive solar gain, therefore the exact calculation of this amount is significant. During the planning processes it is useful to know the energy gathering capacity of the glazed structures depending on the quarters. In this paper the determination of this characteristic is demonstrated. A particular case of a passive house and specific glazed structures are analysed depending on the quarters.*

**Keywords:** *passive house, solar heat gain, PHPP*

## **1. Bevezetés**

Köztudomású, hogy az emberiség energiaigényének mintegy 40%-a fordítódik az épületek létesítésére és fenntartására. Az energiaigény jó részét a fosszilis energiahordozók fedezik. A nehezebb kitermelhetőség és a növekvő igény viszont olyan mértékű áremelkedéshez vezet, mely már most is szinte megfizethetlenné teszi az energiát egyes fogyasztók számára. Ráadásul, figyelembe véve a 2008-ban kirobbant világméretű válság elhúzódó hatásait, az emelkedő energiaárak mellett a társadalom szinte valamennyi szintjén csökkenő bevételekkel kell számolni.

Tehát ha valami módon elérhetjük, hogy az energiaigény és ezzel együtt az energiaköltségek látványos módon mérséklődjenek, azzal nemcsak a környezeti válság megoldásáért teszünk, hanem a saját életminőségünk javításáért is.

Az Európai Unió tagállamainak épületenergetikai szabályozása a 91/2002 EK direktíván alapul, melynek célja az épületek energiahatékonyságának növelése és egyúttal a széndioxid-kibocsátás csökkentése. 2010-ben a direktíva átdolgozásra került, és a tagállamok vállalták, hogy 2020 decembere után minden új lakóépület (2018 decembere után pedig már minden új állami fenntartású épület) „közel nulla energiás” lesz. Ez a követelmény azt jelenti, hogy minimalizálni kell az energiafogyasztást, és ezt a keveset is minél nagyobb arányban kell megújuló energiahordozókkal fedezni. A fenti követelményeket megvalósító épületekre többféle meghatározás, definíció és tanúsítási rendszer létezik. Jelen tanulmányban egy debreceni passzívház (ikerház) példáján keresztül szeretném bemutatni a megvalósítás lehetőségét, és a megújuló energiaforrások legegyszerűbb felhasználási módját.

## 2. A passzívház fogalma

A passzívház definíciója Wolfgang Feist szerint: „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.” Ennek eléréséhez a következő követelményeknek kell teljesülnie: a fajlagos éves fűtési hőigény nem lehet nagyobb, mint  $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , a fajlagos primer energiaszükséglet pedig nem haladhatja meg a  $120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  értéket. Mindezek teljesíthetősége érdekében a határolószervezetek hőátbocsátási tényezőinek maximális értéke is meg lett határozva, illetve a légcserre fűtési idényben csak ellenőrzött módon, gépi, hővisszanyerővel ellátott szellőzőrendszerrel történhet. Hogy az ellenőrizetlen légcserre minimális legyen, a Blower-door teszttel mért,  $50 \text{ kPa}$  alul- illetve túlnyomáson meghatározott légcsereszám megengedhető értéke  $\text{max.: } n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ . [1] Mivel a fűtési energiaigény igen csekély, és az egyszerűsítésekből és elhanyagolásokból eredő bizonytalanságok ebben a léptékben nagy pontatlanságot okozhatnak, a passzívházak energetikai számításához a PHPP (Passivhaus Projektierungs Paket) programot használjuk. Ez a program a fűtési energiaszükséglet meghatározásához figyelembe veszi az épületszerkezetek hőtechnikai jellemzői mellett az épület pontos tájolását, a nyílászárók geometriából adódó illetve árnyékolószervezetek által biztosított árnyékolását, a szellőzés biztosításának módját valamint a földrajzi helyre vonatkozó átlagos meteorológiai adatokat is.

## 3. A tervezett épület elemzése

### 3.1 Az épület és a szerkezetek leírása

A debreceni Huszti-kert Lakópark beruházói egy Debrecen északkeleti határán lévő területen 86 építési telket alakítottak ki azzal a céllal, hogy ott kizárólag passzívházakból illetve a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet szerinti A+ energetikai besorolású lakóépületekből álló épületegyüttes létesüljön. Több épület van tervezés

alatt, illetve készül egy, már engedéllyel rendelkező mintaház, melyre cél a passzívház minőségtanúsítvány elérése. Ebben a tanulmányban azonban egy ikerház tervezésének tanulságait szeretném bemutatni, mert a benapozással kapcsolatos lehetőségek és problémák itt látványos eltéréseket mutattak a két lakás esetében.

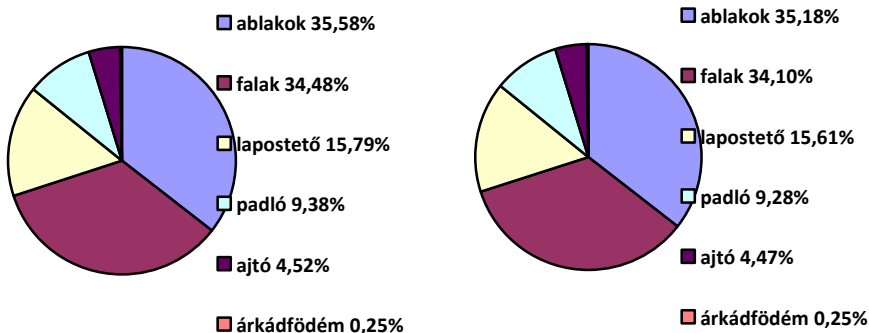
Az épület beruházója a SA-RO Invest Kft., felelős tervezője Majer Attila, én szakmai tanácsadóként és a PHPP számítások elkészítésében működtem közre.

Az épület kétlakásos ikerház, közel azonos alapterülettel és alaprajzzal. Alá-pincézetlen, földszint + egyemeletes, lapostetős. Az emeleti szint alapterülete kisebb, a földszint feletti beépítetlen részekben pihenőteraszok lesznek kialakítva. A gépkocsitárolók a termikus burkon (a fűtött teret határoló, hőhidmentes, felületfolytonos hőszigetelés és a nyílászárók alkotta burok) kívül helyezkednek el.

Az épület Porotherm 30 NF falazattal készül. A külső hőszigetelés 20 cm EPS80 grafitadalékos hőszigetelő lemez ( $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$ ). A teraszteretők és az emelet fölötti tető egyenes rétegrendű melegtető, szintén EPS80 grafitos hőszigeteléssel (33 cm). Az épület alá monolit vasbeton lemezalap kerül, mely alatt 24 cm nagy teherbírású XPS hőszigetelés lesz. Mivel az alapozási sík csupán -0,40 m, az épület körül ún. fagyszoknya lesz kialakítva, azaz a homlokzati hőszigetelés síkjában egy fagyhatár alá levitt 20 cm vastagságú XPS lemez fut körbe.

### 3.2 Hővesztések

Az előírtnál jóval hatékonyabb hőszigetelő képességű határolószerkezetekkel dolgoztunk, de ez szükséges is, mivel az épület eléggé tagolt, azaz a felület/térfogat arány az elvártnál kissé nagyobb. A passzívházak esetén ennek a 0,7-et nem szerencsés meghaladnia, azaz a kompakt épülettömegre kell törekedni. Ez a hányados itt 0,744 lett, ezért jobb hőátbocsátási képességű szerkezeteket kellett alkalmazni.



1. ábra. A sugárzási hővesztések aránya az északi és a déli lakás esetén

Az 1. ábrán a két épület egyes határoló szerkezetein kijutó hőmennyiség szerkezettípusonkénti arányát hasonlíthatjuk össze; az egyszerűbb áttekinthetőség kedvéért a különböző falszerkezet- és tetőfödém típusokat összevonva, az üvegezett

nyílászárókat (erkélyajtó) is ablakként, bejárati ajtót pedig mint üvegezés nélküli nyílászárót külön kezelve. A teljes sugárzási hőveszteség a két épületrésznél nagyjából megegyezik: az északonál 5392 kWh/a, a délinél 5443 kWh/a. A déli épületrésznél ez az eltérés a kicsit nagyobb ablakfelület rovására írható.

Láthatjuk, hogy a két épületrész ebből a szempontból gyakorlatilag azonosnak tekinthető. Mivel az ablakfelületek és a falfelületek megoszlása mindkét esetben kb. 20% - 80%, miközben a hőveszteségük közel azonos, logikusnak tűnhet, hogy az ablakfelületek csökkentésével és egyúttal a falszerkezetek növelésével mérsékelni lehetne a sugárzási hőveszteséget, azaz csökkenthető lenne a fűtési energiaigény. A szoláris sugárzásból adódó hőnyereség elemzése azonban ezt meg fogja cáfolni. Már a tervezés során feltűnt ugyanis, hogy az északi ablakfelületek csökkentése nem eredményezett kisebb fűtési hőigényt.

Hőveszteség nemcsak a határoló épületszerkezeteken, hanem a fűtési idényben végbemenő légcserével is keletkezik. Mivel ennek mennyisége jelentős lehet, csak hővisszanyerővel ellátott mesterséges szellőzéssel lehet ezt a veszteséget minimalizálni. A hővisszanyerő hatásfoka jelentősen befolyásolja a hőveszteséget. 92%-os hatásfokú hőcserélőt és 160 m<sup>3</sup>/h légcserét feltételezve a szellőzési hőveszteség mindkét épületrészben 930 kWh/a.

### 3.3 A hőnyereségek és a tájolás kapcsolata

A telkek jó részének tájolása sajnos nem lett igazán ideális. Ez nem jelenti azt, hogy a feladat nem oldható meg, azonban jóval gondosabb tervezést igényel. Az ikerház érintkező falainak tengelye az érintett telken ÉK-DNy irányú. Tehát az északi fekvésű lakásnak egy DNy-i (kedvező), valamint egy ÉNy-i és egy ÉK-i (kedvezőtlen) homlokzata van, míg a déli egy DNy-i és egy DK-i (kedvező) illetve egy ÉK-i (kedvezőtlen) homlokzattal rendelkezik. A kedvező (DK-i és DNy-i) homlokzati felületek aránya az épületrész összes homlokzatfelületéhez képest az északi egység esetén 28,17 %, míg a déli lakás esetében 66,89 %. A kedvező illetve a kedvezőtlen tájolás a beeső napsugárzás mennyiségében nyilvánul meg.

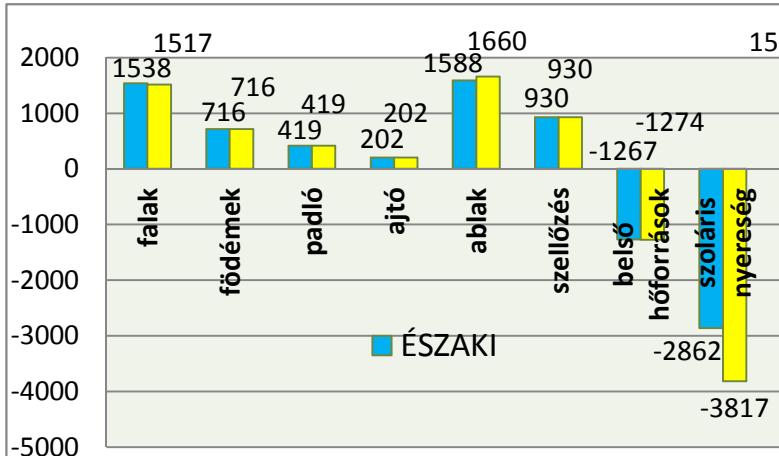
Az épületszerkezetek sugárzási hőveszteségét nemcsak a fűtéssel fedezzük. A PHPP program (a valósággal összhangban) lehetőséget ad a hőnyereségek becsapítására. Ezek két részből tevődnek össze:

- Belső hőforrások, azaz a személyek és a készülékek által leadott hő. Ez egy épületfunkciótól függő átlagérték, standard használati feltételek esetén meghatározva. Lakóépület esetén ez 2,1 W/m<sup>2</sup>, amely egy viszonylag alacsony mennyiség, összehasonlítva a 7/2006. (V. 24.) TNM rendeletben meghatározott tervezési adattal, mely 5 W/m<sup>2</sup>-ben lett meghatározva lakóépületekre. [2]

- Szoláris hőnyereség, mely függ az üvegezett szerkezet tájolásától, keret/üvegezés arányától, az árnyékolási helyzettől és az üvegezés összenergia-átbocsátási tényezőjétől (g). Az üvegrétegek számának emelkedése és a lágyfémbevonat alkalmazása azonban rontja ezt a tényezőt, tehát általánosságban minél jobb hőszigetelésű az ablakunk, annál kevesebb lesz a hőnyereség. Mindkét

nyereség egy ún. hasznosítási fokkal, a program által számított szorzótényezővel csökkentve kerül beszámításra.

A sugárzási hővesztéseket tehát részben ellensúlyozzák a belső hőforrások és a szoláris nyereség, a fennmaradó veszteséget kell csupán fűtéssel fedezni. A következő diagramon (4. ábra) láthatjuk a két épületrész hővesztéseinek és hőnyereségének összehasonlítását (az adatok a PHPP számításból véve, kWh/a):



2. ábra. A hővesztések, hőnyereségek és a fűtési hőigény összehasonlítása

Látható, hogy a fűtési energiaigény a belső hőforrásokkal azonos nagyságrendű, nagyon csekély! Ehhez képest a szoláris nyereség 2-3-szoros mennyiségű.

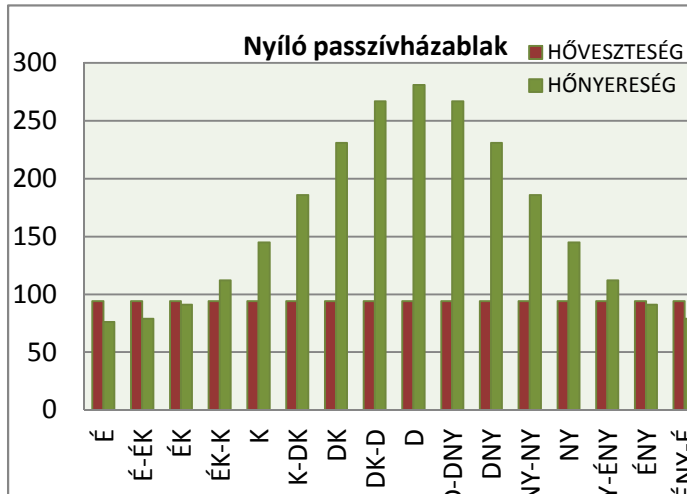
Az éves eljárással számított fűtési energiaigény a két épületrész esetén a PHPP számítással a következőképpen alakul: É-i: 12,9 kWh/m<sup>2</sup>a, D-i: 8,6 kWh/m<sup>2</sup>a, azaz a jobb tájolás a fűtési energiaigény szempontjából ennek az épületnek az esetében pontosan 1/3 arányú energiamegtakarítást eredményez.

#### 4. Ablakok hőnyereségének összevetése különböző tájolásnál

Felmerült a kérdés, hogy mely tájolás esetén nyereséges, és melynél veszteséges az ablak energetikai mérlege. Ennek meghatározásához a PHPP programot használtam, a debreceni éghajlati átlagadatokkal. [1] Felvettem egy „egységnyi” ablakot, melynek névleges mérete 150/150 cm. A homlokzatokat árnyékolásmentesnek tételeztem fel, egyedül az ablakkáva árnyékolását adtam meg, egységesen minden ablakra. Első esetben egy nyíló (vagy bukó) passzívházablakkal számoltam, mely gyártmánytípus a tervezett épületbe kerül beépítésre, a következő adatokkal:

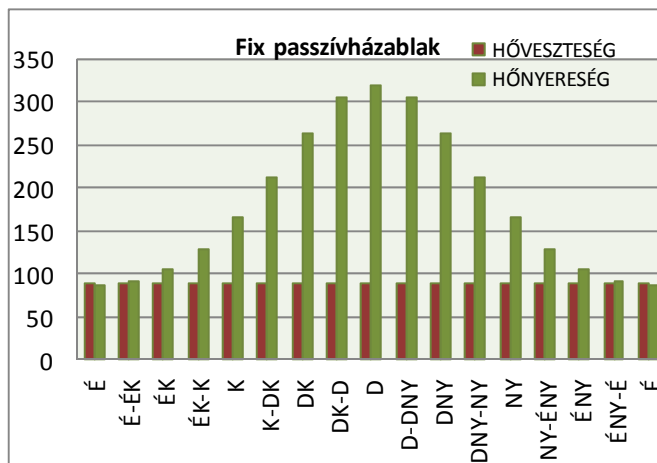
- keretszerkezet: REHAU GENEÓ szerkezet, ahol a keret hőátbocsátási tényezője  $U_f = 0,780 \text{ W/m}^2\text{K}$ , a keret (tok+szárny együttes) szélessége: 11,1 cm
- üvegezés: 3 rétegű, low-E bevonat, nemesgáztöltés, hőátbocsátási tényező:  $U_g = 0,390 \text{ W/m}^2\text{K}$ , összesített sugárzásátbocsátó képesség:  $g = 0,490$ , hőhíd-

- veszteség az üvegezés távtartójánál (műanyag):  $\Psi_{\text{üveg}} = 0,030 \text{ W/mK}$
- beépítés: hőhidmentes (ablak falsikon kívül, a hőszigetelés rátakar), ahol a vonalmenti hőhidveszteség a beépítésnél:  $\Psi_{\text{beép}} = 0,000 \text{ W/mK}$ .



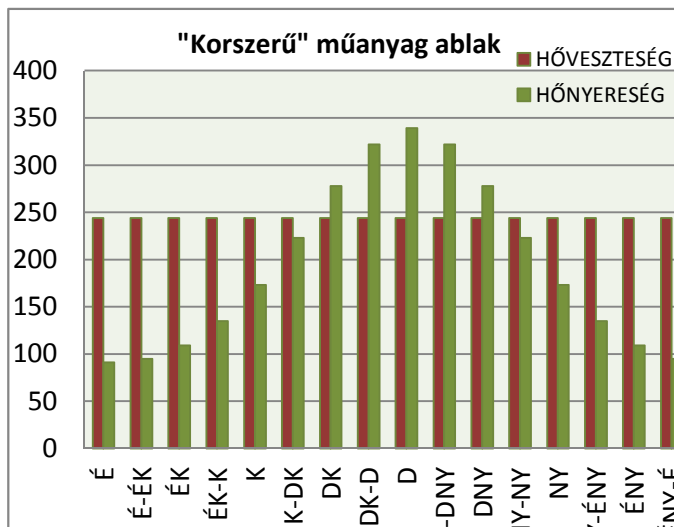
3. ábra: Nyíló passzív házablak éves hőveszteségének és hőnyereségének összehasonlítása a tájolás függvényében

Az egyes egységnyi ablakok energiamérlege a 3. ábra szerint alakult. Látható, hogy az ÉK és ÉNy tájolások között (azaz mintegy 270 fokok szögtartományban) tekinthetők nyereségesnek az ablakok.



4. ábra: Fix passzív házablak éves hőveszteségének és hőnyereségének összehasonlítása a tájolás függvényében

Mivel az energiamérleg jobb a fix ablakokra (nagyobb üvegfelület több beeső fényt jelent, illetve a keret U értéke a passzívház-ablakoknál jellemzően rosszabb, mint az üvegezésé), a számítást elvégeztem ugyanerre a szerkezetre fix ablakok esetén is. Az adatok ugyanazok, az eltérés a keretszélességben van, amely csupán 7,0 cm. A 4. ábrán látható, hogy a hővesztesség jelentéktelen mértékben lett kisebb, a nagyobb üvegfelület miatt azonban a hőnyereség javult, tehát az egyensúlyi állapot olyannyira eltolódott a kedvezőtlenebb égtáj felé, hogy az ablakok gyakorlatilag szinte 360°-os szögterületben energiagyűjtőnek tekinthetők, de legalábbis nem veszteségesek É-ÉK és ÉNy-É égtájak között sem. Tehát bizonyos paraméterek és feltételek (árnyékolás!) esetén akár É-i irányban sem lesz veszteséges az ablak. Mindazonáltal láthatjuk, hogy az ÉK-ÉNy irányú nyílászárókat itt is csökkentenünk érdemes a jobb tájolásuk javára, ha az épület geometriája engedi.



5. ábra: „Korszerű” nyíló műanyag ablak éves hővesztésének és hőnyereségének összehasonlítása a tájolás függvényében

Azért, hogy az eredmények összevethetők legyenek a mai átlagos szerkezetekkel, kiválasztottam egy szokványos ablaktípust, és elvégeztem a számításokat arra is. Az ablak átlagos hőátbocsátási tényezője  $1,46 \text{ W/m}^2\text{K}$  lett, ami a Magyarországon érvényes jelenlegi követelményértéknek ( $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) megfelel.

- az ablak nyíló, a keretszerkezet szokványos műanyag szerkezet, ahol a keret hőátbocsátási tényezője  $U_f = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ , a keret szélessége: 14,0 cm,
- üvegezés: 2 rétegű, low-E bevonat, nemesgáztöltés,  $U_g = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g = 0,650$ , hőhídvesztesség az üvegezés távtartójánál (alumínium):  $\Psi_{\text{üveg}} = 0,040 \text{ W/mK}$
- beépítés: nem hőhídmentes (a hőszigetelés a tokra nem takar rá), ahol a vonalmenti hőhídvesztesség a beépítésnél:  $\Psi_{\text{beép}} = 0,030 \text{ W/mK}$ .

A kapott eredmény (5. ábra) jelentősen eltér az eddigiektől: csupán egy kb.

115°-os szögtartományban nyereséges az ablak, a veszteségek mértéke pedig igen jelentős, hiába a kissé nagyobb beeső energia.

## 5. Eredmények, összefoglalás

A fenti esettanulmány példáján láthatjuk, hogy akár 1/3-ával is csökkenthető a fűtési energiaköltség a kedvezőbb tájolás esetén. Természetesen minden épület külön vizsgálendő, és az energiaszükségletet nagyon sok tényező befolyásolja - az épület geometriája, a határoló szerkezetek hőátbocsátási képessége, a hőhidasság, a szellőz(tet)és módja, a nyílászárók és a környezet (árnyékolás, kitettség, klíma stb.). Egy passzívház esetén azonban minden apró részletnek jelentős befolyása van a végeredményre. A PHPP számítás lehetőséget ad mindennek a beszámítására és arra, hogy az adatok többszöri átfuttatásával optimalizáljuk az épületünket.

Nagyon fontos, hogy egy passzívház esetén a nyílászárók méretét, helyzetét, szerkezetét, beépítését olyan módon határozzuk meg, hogy az energiaszükséglet minél nagyobb hányadát fedezni tudjuk szoláris energiával. Ez ugyanis a megújuló energiaforrások (jelen esetben napenergia) legolcsóbb hasznosítási módja - hiszen a nyílászárókat mindenképpen beépítenénk, de egyáltalán nem mindegy, hogyan. Megfelelő szerkezetválasztással kedvezőtlen tájolás esetén is nyereséges lehet az ablakok energiamérlege, és kedvező épülettömeggel valamint megfelelő határoló szerkezetekkel ilyen esetben is építhető passzívház, bár kétségkívül törekedni kell arra, hogy minél nagyobb legyen a kedvező helyzetű üvegezett felületek aránya.

Könnyebb a dolgunk, ha az általunk alkalmazni kívánt nyílászáróknak ismerjük azokat a tulajdonságait, hogy mely tájolás esetén számíthatunk nyereségre, és mennyire. Ezek az értékek erősen függenek a nyílászáró adataitól (névleges méret, keretszélesség,  $U_f$ ,  $U_g$ ,  $g$ ,  $\Psi_{\text{üveg}}$ ,  $\Psi_{\text{beép}}$ ). A nyereség kiszámolása a PHPP segítségével lehetséges, de a fenti diagramok megalkotása, hogy az értékek egyszerűen átláthatók legyenek, hosszadalmas kézi munkát igényel. Szerencsés lenne, ha egy-egy ablakszerkezet kiválasztásakor a PHPP program meg tudná adni azt a grafikonot, amely könnyen átláthatóan ábrázolja az adott nyílászáró tájolással összefüggő energiamérlegét, vagy esetleg a gyártói adatlapokon, prospektusokon szerepelne az ezt bemutató ábra, mely a tervezés segítése mellett a különböző nyílászárók összehasonlítását is biztosítaná - esetleg a jövőben valamiféle kategóriába sorolást is lehetővé téve.

## 6. Irodalomjegyzék

- [1] Feist, W. et al.: *Passzívház tervezési csomag 2007*, Passzívház Mérnöki Tanácsadó Osztrák-Magyar Kft., Gödöllő, 2008. pp. 14-15, pp. 61-76.
- [2] Baumann, M. et al.: *Az új épületenergetikai szabályozás*, Bausoft, Pécs-várad, 2003. pp. 61-63.