



Nagy Balázs

szerkezet-
építőmérnök MSc,
épületenergetikai
szakmérnök,
doktorandusz (BME
Magasépítési Tanszék)

Az árnyékolásról és az erkélybeépítésről

Panelfelújítás III.

A panelfelújításról szóló cikksorozatunk keretein belül a hazai iparosított technológiával készült épületek komplex (utólagos hőszigetelés, nyílászárók cseréje, fűtési, szellőzési és melegvíz-rendszerek korszerűsítése, megújulókkal történő energiatermelés kialakítása) felújításának lépéseit, tervezésük kritikusabb pontjait tekintjük át. Az előzőekben szó esett a termikus burok hőszigeteléséről, valamint a nyílászárók optimális kiválasztásáról. A harmadik cikk a nyílászárók árnyékolásával és az erkélybeépítések épületenergetikai hatásaival foglalkozik.

Nyílászárók árnyékolása

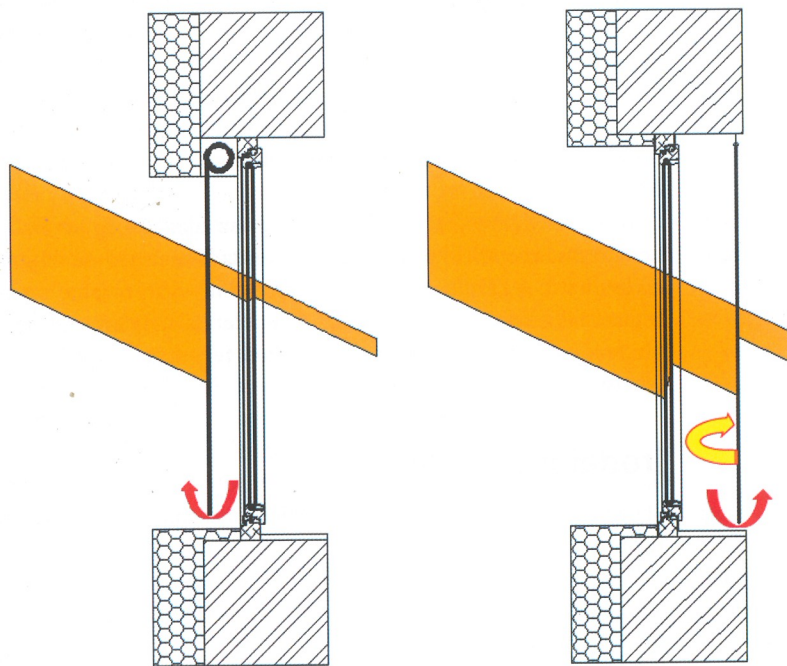
Az előző cikk végén láthattuk, hogy nem minden esetben a „legjobb” nyílászáró kiválasztása a célszerű, mivel az egyre több üveg- és bevonatréteggel rendelkező üvegezéseken keresztül bár kevesebb energia távozik a lakásból, de lényegesen kevesebb szoláris nyereség is tud bejutni a fűtendő helyiségekbe. A nyílászárókhoz társított árnyékoló szerkezetek kiválasztásakor is mérlegelnünk kell, hogy az adott árnyékoló „megéri-e” az árát, tudja-e biztosítani a kívánt

árnyékoló hatást, és ezzel elősegíteni a panelos épületek lakóinak igen nagy gondot jelentő nyári túlmelegedés elleni védekezést. Továbbá minden esetben számításba kell vennünk, hogy a kiválasztott árnyékoló beépítése egyáltalán lehetséges-e az adott homlokzaton, illetve nincsenek-e egyéb mellékhatásai a lakásban élőkre nézve.

Az árnyékolókat jellemző értékek és kapcsolataik

Alapvetően három értéket kell megkülönböztetnünk, ha az árnyékolók teljesítményjellemzőit szemléljük. Az árnyékolási együttható (F_g) megmutatja, hogy az árnyékolás nélküli szerkezethez képest az árnyékolóval ellátott szerkezet megegyező körülmények esetén milyen arányban engedi a beltérbe jutni a napenergiát. Értéke tehát 0 és 1 között változhat. A naptényező (N) azt írja le, hogy a 3 mm-es normál float üveghez képest az adott szerkezet megegyező körülmények között milyen arányban engedi a beltérbe bejutni a napenergiát. Érdekes, hogy míg régebben elterjedt nézet volt, hogy a naptényező szintén 0 és 1 közötti értéket vehet fel, a mai üvegipar clear üvegei képesek 1-nél magasabb naptényezőt is produkálni.

Fontos megjegyezni továbbá, hogy mivel ez az érték az említett üveghez viszonyít, ezért a naptényezőt az energetikai számítások során mindig át kell váltanunk sugárzásátbocsátó képességre (g -érték), amely megmutatja, hogy az üvegre vagy az árnyékolóra eső sugárzás hányad része képes átjutni azon. A sugárzási energiahozamot vagy -intenzitást ugyanis csak ezzel a dimenzió nélküli értékkel szabad szoroznunk a sugárzási nyereségek számításakor, mivel a naptényező egy szerkezet sugárzásátbocsátó képességéhez viszonyított érték, nem magát a képességet leíró fizikai paraméter.



1. ábra: A külső és belső árnyékolás sugárzásátbocsátó képességének összehasonlítása

Az átváltás egyszerű: a naptényezőt 0,87-tel szorozva megkapjuk a g-értéket. Az árnyékolási együttható a definíció alapján a teljes sugárzásátbocsátó képesség és az árnyékoló nélküli szerkezet sugárzásátbocsátó képességének hányadosa, amelyből következik, hogy az árnyékolási együttható maga egy sugárzásátbocsátó képességet leíró tényező.

Árnyékolók típusai, árnyékolási együtthatók

Az árnyékoló szerkezeteket elhelyezésük szerint szokás csoportosítani, megkülönböztethetünk külső, közbenső és belső oldali elhelyezést. Ezek közül a közbenső elhelyezés szorulhat magyarázatra, mely azt az egyre elterjedtebb megoldást takarja, amikor az árnyékoló magában az üvegezésben kerül elhelyezésre, azaz az árnyékoló egy külső oldali üveglappal védve van mind a meteorológiai terhektől (széltől, esőtől), mind pedig a porosodástól. Ennek a kialakításnak pozitív hatása van a transzmissziós hőveszteségek csökkentésére, azonban figyelembe kell vennünk, hogy télen a plusz üvegréteg miatt kevesebb sugárzási energia tud bejutni a helyiségekbe.

Az épületenergetikusok alpműveltségének része, hogy a külső oldali árnyékolás kedvezőbb, mivel így hamarabb történik meg a sugárzási energia visszaverése, és kevesebb tud a helyiségekbe jutni, ahogyan az az 1. ábrán is látható. A belső oldalon elhelyezett árnyékoló esetén a sugárzási energia csak a helyiségben kerül visszaverésre, az üvegezés és az árnyékoló közötti belső levegő felmelegszik, valamint a szintén felmelegedő árnyékoló által kisugárzott „hosszúhullámú” sugárzási energia egy része is a helyiséget melegíti, mivel nem tud kijutni az üvegezésen (üvegházhatás).

Az 1. táblázatban a különböző elhelyezésű árnyékoló szerkezetek sugárzásátbocsátó képességét, avagy az árnyékolási együtthatókat találhatjuk azok színének (zárójelben a reflexiós tényezőjük) függvényében. Látható, hogy míg a külső oldalon elhelyezett árnyékolók akár 0,1 alatti értékkel is rendelkezhetnek, addig a közbenső árnyékolók 0,26 és 0,44 közötti vagy a belső oldali szerkezetek 0,34–0,74-ig terjedő értékei lényegesen magasabbak.

Elhelyezés	Árnyékoló szerkezet megnevezése	Világos (r>0,5)	Középszín (0,5>r>0,3)	Sötét (0,3<r<0,1)	Fekete (r<0,1)
Külső	Faspaletta nyitott levelekkel	0,148	0,131	0,122	0,113
	Faspaletta félig nyitott levelekkel	0,113	0,122	0,131	0,131
	Fém lamella	0,174	0,174	0,174	0,174
	Fém spaletta nyitott levelekkel	0,139	0,122	0,122	0,122
	Fém spaletta félig nyitott levelekkel	0,122	0,131	0,139	0,139
	Műanyag redőny	0,087	0,087	0,087	0,096
	Ponyvaernyő	0,174	0,218	0,218	0,218
	Reluxa	0,087	0,087	0,104	0,104
Közbenső	Reluxa	0,305	0,348	0,392	0,435
	Vászonredőny (roló)	0,261	0,305	0,348	0,392
Belső	Függöny	0,392	0,522	0,609	0,696
	Reluxa	0,479	0,566	0,653	0,740
	Vászonredőny (roló)	0,348	0,479	0,566	0,653

1. táblázat: Árnyékolási együtthatók (F_c) táblázata

Árnyékolók kiválasztása

Az eddigiek alapján könnyen gondolhatnánk, hogy ha minden esetben választunk egy műanyag redőnyt vagy egy relaxát az üvegezett szerkezetek árnyékolására, akkor minden problémát könnyen megoldottunk. Azonban az épületenergetikusnak gyakran nemcsak az energetikai, hanem az építéstechnológiai, komfort- vagy meteorológiai szempontokat is figyelembe kell vennie.

A redőnyök beépítése paneles épületek felújításakor körülményes, és gyakran csak hőhidasan valósítható meg. A redőnytok hőhidmentes elhelyezése különleges épületszerkezeti kialakítást vagy leggyakrabban a nyílászáró hasznos ablakfelületi méretének csökkenését okozza, mivel a redőnyszekrény belelóg az ablaknyílásba. Az ablaknyílás felső részének takarásával a bukóra nyitott nyílászáró szellőző keresztmetszetét is csökkentjük.

Figyelembe kell vennünk továbbá az árnyékolók kiválasztásakor, hogy az adott paneles épület egyes homlokzatain eltérő sugárzási energiahozam várható, azaz a többnyire északi tájolású nyílászárókat elegendő lehet belső oldalon függönnyel ellátni. A keleti-nyugati tájolású nyílászárók külső vagy közbenső elhelyezésű árnyékolókkal védhetők, míg a déli oldali nyílászáróknál fokozottan ügyelnünk kell a napvédelemre, és a külső oldali árnyékolás javasolt. Hazánkban szinte nincs olyan lakás, ahol ne lenne legalább egy átlátszó (világos színű) függöny a belső oldalon, az energetikai számítások során ennek hatását is figyelembe kell vennünk, ráadásul mivel ezeket a függönyöket télen sem szokta a lakosság elhúzni, befolyással vannak nemcsak a nyári túlmelegedésre, de a fűtési idénybeli sugárzási nyereségekre is.

Figyelnünk kell az árnyékolók szél, illetve csapadék hatására okozott zajterhelésére is. Amennyiben az iparosított épület szeles környezetben áll, nem javasolt külső oldali árnyékolás elhelyezése, mivel annak zörgése a lakók komfortérzetét ronthatja.

Erkélybeépítések épületenergetikája

A beépített erkélyek gyakorlatilag passzív napenergiát indirekt módon hasznosító szerkezetek, melyeket naptereként ismerhetünk.

Ha eltekintünk az esztétikai megjelenés megváltozásától, melyet az erkélyek beépítése okoz a paneles épületek esetén is, kizárólag épületenergetikai szempontokat figyelembe véve beláthatjuk, hogy az adott erkélyre nyíló homlokzati rész hőveszteségáramát nagymértékben csökkenteni tudjuk (mivel a napterek egyfajta pufferezónát képeznek a meglévő épület és a külső tér között), illetve az indirekt sugárzási nyereségek kiaknázásával értékes pluszenergiához is juthatunk, növelve ezzel a belső tér hőkomfortját is. Például a külső hőmérsékletnél magasabb hőmérsékletű kondicionálatlan naptér miatt a mögöttes helyiségeket elválasztó falak, üvegfelületek belső felületi hőmérséklete is magasabbra adódik. A beüvegezett erkélyek továbbá csökkenthetik a lakótérre jutó zajterhelés mértékét, megszüntethetik az erkélyek csapadéktól történő ázását, ezáltal az egyes épületszerkezetek további károsodását is.

Az erkélybeépítések jogi szabályozása

Mielőtt azonban rátérnénk az épületenergetikai hatások ismertetésére, fontos, hogy a jogi szabályozással is tisztában legyünk. Az építési engedély nélkül végezhető

tevékenységekről 2013 januárja utána a 312/2012. (XI. 8.) kormányrendelet 1. mellékletében található felsorolást. Jelenleg a jogszabály alapján két kategória maradt: az engedély nélkül végezhető, illetve az engedélyhez kötött tevékenység (értelemszerűen azok, amely tevékenységeket nem sorol fel a jogszabály engedély nélkül végezhetőként).

A rendelet alapján az erkélybeépítéshez legtöbb esetben csak akkor szükséges építési engedélyt kérnünk, ha a beépítés folytán a teherhordó szerkezetet megváltoztatnánk, átalakítanánk, elbontanánk, kicserélnénk, megerősítenénk vagy akár csak változatlan formában újrabeépítenénk. A homlokzati kép megváltoztatását (amennyiben nem műemléki területen vagy amellell áll az épület) a jelenlegi jogszabály nem köti engedélyhez.



2. ábra: Felújított panelépület, néhol beépített erkélyek és kültéri klímaegységek elhelyezésének hatása a homlokzati képre

Az erkélybeépítéshez tehát legtöbb esetben nem szükséges jogerős építési engedély. Viszont bejelentési kötelezettségünk továbbra is fennállhat, amennyiben a helyi önkormányzati rendeletben felsoroltak között szerepel erre vonatkozó előírás.

A bejelentési kötelezettség gyakorlatilag egy egyszerűsített engedélyezési eljárás, amely során kötelesek vagyunk építész (szükség esetén további szakági tervezők) közreműködésével elkészíteni a tervdokumentációt, majd beadni az építésügyi hatósághoz. Nem kell viszont megvárni az engedélyt, a kivitelezést a tervek alapján azonnal megkezdhetjük.

További jogi korlátozás az erkélybeépítések esetén, hogy a társasházi törvény előírja, hogy a lakásunkon belüli bármely tervezett építkezésről, átalakításról (ide tartozik az erkély beépítése is) értesíteni kell a közös képviselőt, és abban az esetben, ha a tervezett építkezés miatt alapító okiratot kell módosítani, az érintett tulajdonosok kétharmadának írásos beleegyezése szükséges. A tulajdonosok előzetes írásos hozzájárulása csak akkor mellőzhető, ha az építkezés nincs hatással az alapító okiratban meghatározott közös tulajdonra (pl. tartófalak, közművek stb.). Ha viszont a lakás hasznos alapterülete növekedik az erkélybeépítés során, a társasház alapító okiratának módosítása elengedhetetlen. Ez esetben ráadásul főszabályként valamennyi tulajdonos hozzájárulása szükséges, és a változást az ingatlanügyi hatóságnak is be kell jelenteni. A lakás tulajdonosa a megnövekedett alapterület után természetesen közösköltség-növekedéssel is számolhat majd.

Fontos tehát, hogy az önkormányzatok helyi rendeletei, szabályozási tervei további követelményeket írhatnak elő akár az erkélybeépítés követelményeire vonatkozóan is. Figyeljünk tehát arra, hogy a hatályos jogszabályok alapján járjunk el, mivel az erkélybeépítésre előbb vagy utóbb minden bizonnyal fény derül a hatóságok számára, ekkor pedig csak építési bírság megfizetése mellett szerezhető meg a fennmaradási engedély, amivel elkerülhető

a visszabontás. Amennyiben azonban egy teljes paneles tömb felújítására kerül sor, az épületenergetikus tervező bátran elgondolkozhat, hogy egyes erkélyek beépítésével (természetesen szakszerű épületszerkezeti kialakítás és gondos kivitelezés mellett) mind lakótér-növekedést, mind pedig a belső tér hőkomfortjának növekedését is elérheti, a lakások fűtési igényének csökkentése mellett.

Erkélybeépítési módszerek

Bizonyára számtalan beépített erkélyű panelépületet látott már az olvasó, és valószínűleg számtalanszor el is borzadt azok beépítési minőségén, anyaghasználatán, kinézetén. Hazánkban igen elterjedtek a házi barkácsolások, melyeket azonban egy energiatudatos komplex felújítás esetén, amikor is az egész épület felújításra kerül, muszáj elkerülni, valamint a meglévő kialakításokat visszabontani és megfelelően elkészíttetni. A hibásan kivitelezett erkélybeépítések az energiatudatos, naptérként funkcionáló terek illúzióját keltik, de több hátrányt halmoznak fel, mint előnyt.

Alapvetően az erkélybeépítések során a legjobb megoldás, ha az üvegezésen túl társított árnyékolót is elhelyezünk (természetesen, ha szükséges és indokolt napvédelemi szempontból; északi homlokzatra továbbra sem javasolt drága redőnyt felszerelni), mely segít a beépített erkély hőmérsékletének szabályozásában, nyáron nappal leengedve távol tartja a napsugárzást, míg télen éjszaka segít bent tartani a hőt.

Amennyiben az erkélyek beépítésekor csak kis hely áll rendelkezésre, vagy a nyíló ablakszárny helyfoglalását csökkenteni szeretnénk, válasszunk emelőpaneleket (függőlegesen nyíló) vagy tolópaneleket (vízszintesen nyíló) nyílászárókat, melyek szárnyai a tok síkjában futnak, ezért nyitott állapotban sem foglalnak helyet. A beépítendő nyílászárók közül alkalmazhatunk fix nyílászárókat is a költségek csökkentése végett. Azonban figyelve a nyári állapotra, valamint a csatlakozó helyiség szellőztetésére, legalább egy nyitható ablakot is tervezzünk be, amely segítségével kiszellőztethetünk. A tervezés során legyünk figyelemmel továbbá az erkélyszerkezet állapotára, mivel a beépítendő, akár háromrétegű üvegezéssel ellátott, nehéz nyílászárók tehernövekedést okoznak az erkélykonzolon.

A felújítás során az árnyékoló szerkezetek önmagukban történő alkalmazása kerülendő, mivel jelentős hang- és hőszigetelő hatással nem rendelkeznek, a csapadék ellen sem védenek kellőképpen, továbbá önmagukban alkalmazva a szél is jelentős károkat tud okozni nemcsak a helyiségekben tartózkodók hallójáratáira, hanem a szerkezetre nézve is. Az önmagukban felhelyezett redőnyök leengedve a biztonság érzetét kelthetik az első emeleten lakók számára, azonban ezeken a szerkezeteken igen könnyű áthatolni. Árnyékolókat tehát mindig csak társítva, az üvegezést „kiegészítve” helyezzünk el.

Mindig fordítsunk kellő figyelmet az épületszerkezeti kapcsolatok, a rögzítések és a tömítések elhelyezésének megtervezésére, mert ennek hiányában például a szerkezetek rögzítését a kivitelező vállalkozó nem feltétlenül a homlokzati hőszigetelésre való tekintettel fogja elvégezni („ha nem mondják, akkor nem is szükséges figyelni rá” alapon).

Épületenergetikai hatások

Az üvegházak energetikai hatásának becslését a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet alapján az MSZ EN ISO 13790:2008 szabványban szereplő, napterekre vonatkozó számítási eljárással határozhatjuk meg. A rendelet azonban megengedi az ezzel egyenértékű eljárásokat,

ezért az MSZE 24140:2012 előszabvány alapján felírt mérlegegyenletek is szabványosan használhatók az erkélybeépítések hőtechnikai hatásainak leírására. Az előszabvány számítási eljárása lényegesen rövidebb és egyszerűbb, mint a harmonizált EU-szabvány képletei, melyek kevésbé illeszthetők a hazai rendelet számítási eljárásai közé. További különbség a két eljárás között, hogy míg az MSZ EN ISO szabvány a direkt és indirekt sugárzási nyereség- és a transzmissziós veszteségáramokat határozza meg a naptér esetében, addig a magyar előszabvány a naptérben kialakuló hőmérsékletet adja meg, mellyel korrigálhatjuk a napteret és a fűtött helyiséget elválasztó fal hőveszteségeit.

A magyar előszabvány hátránya viszont, hogy jelölésrendszere igen régimódi. Azonban az egyenleteket átírva a jelenleg hatályos rendeletek és szabványok jelölésrendszerére, valamint kijavítva az előszabványban szereplő sajtóhibákat, a következő egyenleteket kaphatjuk:

A mérlegegyenlet:

$$\sum_b AU(t_i - t_{\bar{u}}) + \sum_j I_j F_{s_{k,j}} A_{\bar{u},j} \frac{A_{r,j}}{A_{\bar{u},j}} g_{\bar{u},j} F_{c_{\bar{u},j}} =$$

$$= \left(\sum_k AU + \sum_l I_j \psi_{i,j} \right) (t_{\bar{u}} - t_e)$$

Az üvegházban (beüvegezett erkélyen) kialakuló hőmérséklet:

$$t_{\bar{u}} = \frac{t_i \sum_b AU + t_e \left(\sum_k AU + \sum_l I_j \psi_{i,j} \right)}{\sum_k AU + \sum_b AU + \sum_l I_j \psi_{i,j}} +$$

$$\frac{\sum_j I_j F_{s_{k,j}} A_{\bar{u},j} \frac{A_{r,j}}{A_{\bar{u},j}} g_{\bar{u},j} F_{c_{\bar{u},j}}}{\sum_k AU + \sum_b AU + \sum_l I_j \psi_{i,j}}$$

A képletekben szereplő paraméterek megnevezése:

$t_{\bar{u}}$ = az üvegházban kialakuló (átlagos) belső hőmérséklet (hónapra vagy időnyire),

t_e = átlagos külső hőmérséklet (hónapra vagy időnyire),

t_i = a mögöttes helyiség hőmérséklete,

$\sum_b AU$ = az üvegház és a mögöttes helyiségek közötti (a belső oldali) szerkezetek felületeinek és hőátbocsátási tényezőinek szorzatösszege (ablakokra a transzmissziós hőátbocsátási tényező, mobil hőszigetelés esetén a „nappali” és az „éjszakai” érték átlaga),

$\sum_k AU$ = az üvegház és a környezet közötti (a külső oldali) szerkezetek felületeinek és hőátbocsátási tényezőinek szorzatösszege, az előzőek szerinti értelmezésben,

$\sum_l I_j \psi_{i,j}$ = az üvegház és a környezet közötti szerkezetek hőhídjainak, csatlakozási éleinek hosszából és vonalmenti hőátbocsátási tényezőiből képzett szorzatösszeg,

I_j = a j-edik égtájra vonatkozó sugárzásintenzitás [W/m^2 -ben],

$A_{\bar{u},j}$ = az üvegház névleges méretek szerint számított üvegezett felületei, égtájanként,

$F_{s_{k,j}}$ = az üvegház üvegezett felületeinek benapozott hányada, azaz az üvegház égtájankénti árnyékolási korrekciós tényezője,

$\frac{A_{r,j}}{A_{\bar{u},j}}$ = a transzparens és a névleges méretek szerint számított felületek aránya (energetikai számítások esetén szabványosan az F_{τ} kerettényező elnevezést is használhatjuk),

$g_{\bar{u},j}$ = az üvegezés összesített sugárzásátbocsátó képessége,
 $F_{c_{\bar{u},j}}$ = az üvegház transzparens szerkezetein elhelyezett árnyékoló szerkezetek árnyékolási együtthatója (függönytényezője).

Ezekbe a mérlegegyenletekbe egy-egy hónap vagy a teljes fűtési időny átlagos időjárás adatait helyettesítve tehát nemcsak az energiaáramokról, hanem az üvegházban várható belső hőmérsékletekről (pl. lakótérként való használhatóságáról) is tájékozódhatunk. Az előbbi összefüggésekben elhanyagoljuk az üvegházba bejutó külső levegő hatását, mely az üvegház hőmérsékletét némileg csökkenti. Ez a hatás a házibarkács-jelleggel beépített üvegezések esetén akár jelentős is lehet. Ugyanakkor, ha a szélirány és a nyomásviszonyok olyanok, hogy a levegő az üvegházon át jut az épületbe, akkor az utóbbi előmelegedett szellőző levegőt kap, vagyis a két hatás egymással ellentétes, így kiegyenlítik egymást.

Ha az üvegház mélysége nagy, vagy az üvegháznak opaque külső határoló szerkezetei is vannak, vagy az üvegház berendezési tárgyakkal, növényzettel zsúfolt, jó közelítéssel feltételezhetjük, hogy az üvegház mögötti helyiségbe direkt sugárzás már nem jut, a nap-sugárzás teljes egészében a beépített erkélyben nyelődik el.

A mögöttes helyiség és az üvegház közötti szerkezetekre a hőveszteséget az MSZE 24140:2012 előszabvány szerint a következő egyszerű összefüggéssel számíthatjuk:

$$Q = \sum_b AU(t_i - t_{\bar{u}})$$

Az üvegház hőmérsékletét lakótérként való használat szempontjából vizsgálva vegyük figyelembe, hogy abban a napi hőmérséklet-ingadozás mintegy plusz-mínusz 6 °C.

Ha a geometriai viszonyok lehetővé teszik, hogy a direkt sugárzás egy része a mögöttes helyiségbe jusson, akkor a mérlegegyenlet számlálóját az alábbi összefüggés értékével csökkenthetjük, ahol a „b” index az üvegház és a mögöttes helyiség közötti („belső oldali”) transzparens szerkezetekre utal.

$$I_j F_{s_{k,j}} F_{s_{b,j}} A_{\bar{u},b,j} \frac{A_{r,b,j}}{A_{\bar{u},b,j}} g_{\bar{u},j} g_{b,j} F_{c_{\bar{u},j}} F_{c_{b,j}}$$

A benapozott felülethányadot benapozásvizsgálattal, azaz árnyékmászkszerkesztéssel kell meghatározni. Ezzel az üvegház hőmérsékletére alacsonyabb érték adódik, viszont az előbbi összefüggés szerint számított értéket mint a mögöttes helyiség hőnyereségét vehetjük figyelembe.

A cikksorozat negyedik, befejező részében a paneles épületek gépészeti rendszereiről, energiatudatos felújításáról és a megújuló alkalmazásáról lesz szó.

Irodalomjegyzék

- [1] 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról. Magyar Közlöny, 2006. évi 62. szám, I. kötet
- [2] Dr. Stefanits Péter: *Beépített erkélyek*, Lakáskultúra, paragrafus rovat, 2011. május
- [3] MSZE 24140:2012 szabvány
- [4] Szende Árpád, Tóth Elek, Gáts Andrea, Nagy Balázs: *Kötelező Energetikai Tanúsítvány*, Fórum Média Kiadó, Budapest, 2014.
- [5] Szikra Csaba: *Szoláris épületek*, egyetemi jegyzet, BME Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék, Budapest, 2010.