



# ÉPÍTÉSZE TI ÜVEGEK

3

# ÉPÍTÉSZETI ÜVEGEK BIOLÓGIAI HATÁSAI

DR KUBA GELLÉRT

Az épületek üvegezett nyílásai a legfontosabb elemei az építészetnek. Az ablakok és az üvegfalak szolgálják a zárt terekben bonyolódó legtöbb életfontosságú funkciót. Az épület nyílások hangsúlyos szerepét, fontosságát már a korai időkben felismerte az "ösztönös építészet", s megjelentetésüket különös, nyílásokat szegélyező formákkal igyekeztek hangsúlyozni. A nyíláskörüli felületek díszítésének nyomait a természeti népek agyagtapasztású kunyhóinál is megtalálhatjuk. A kertezés plasztikus formálásának fejlődése nyomon követhető minden kor és nép építészeti stílus megnyilvánulásánál. Az épületek homlokzatán képzett nyílások ezért váltak az építészeti jelleg, a stílus megjelenítőjévé. Azonban üvegezett nyílások múltja, különösen általános használata, rövid történelemre tekinthet vissza. Az épület nyílások üvegezése korábban szinte ismeretlen volt. Az építészeti üveg használatában mindazonáltal a közel egy évszázadnyi idő alatt látványos fejlődésnek lehetünk szemtanúi.

## ÜVEGEZETT ÉPÜLETNYÍLÁSOK

Az épületek üvegezett nyílásai a legbonyolultabb épületelemek. Ezek méretei, felületi nagysága és elhelyezkedése, továbbá az üvegezés minősége alapvetően meghatározza a mögötte tartózkodók életminőségét, azaz szervezetük számos életfontosságú biológiai funkcióit, az üvegezésen keresztül lebonyolódó energia forgalmat, azaz az épület belső hő és fény komfortját valamint az épület energia fogyasztását. Mindezen tények indokoltá teszik az üvegezés probléma körének részletes tárgyalását. Az üvegezett nyílások jelentősége felmérhető, ha áttekintjük a funkcióit. A felsorolás rangsorolás nélkül értendő, mert az a rendeltetés szerint változhat.

### FŐ LEHETSÉGES FUNKCIÓK

- 1. Fény bebocsátása** Látási folyamatok teljesülése természetes fény által, a zavarokat okozó mesterséges fény használatának minimumra csökkentése.
- 2. Kitekintés** Tájékozódás a külvilág eseményeiről, időjárásról, történésekről, zártság ( klausztofóbia ) leküzdése, pszichés zavarok meggátlása stb.
- 3. Szellőztetés** Friss levegő utánpótlás, légmozgás megteremtése a jobb hőérzet érdekében
- 4. Megújuló energia hasznosítás:** a Nap energiájának felhasználása, bebocsátása passzív úton, a fosszilis energiahasználat kiváltására, csökkentésére
- 5. Hő kirekesztése** Nyári túlmelegedő forró levegő távoltartása a helyiség túlmelegedéseinek megakadályozására

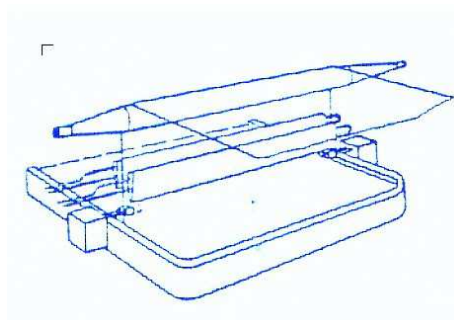
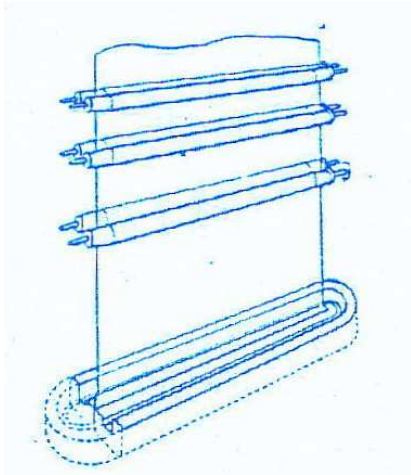
6. **Hővédelem** Fűtési időszakban a belső hő kiáramlásának megakadályozása
7. **Hang bebocsátása** A külső történések (eső, szél, közlekedés, vihar ) közlése hanghatás útján
8. **Zaj kirekesztése** Zajos városi környezetben a zajhatás távoltartása a belső tértől
9. **Életmentés** Katasztrófa, pl. tűz vagy földrengés esetén a menekülés lehetőségeinek megteremtése
10. **Vagyonvédelem** Erőszakos behatolás megakadályozása
11. **Architektúra megjelenítése:** Az építészeti stílusjegyek kifejezése

## AZ ÜVEG RÖVID TÖRTÉNELME

Az üveg keletkezésének története tisztázatlan. Több változata ismert. Plinius leírása szerint az **üveget** véletlenül fedezte fel néhány föníciai kereskedő, időszámításunk előtt kb. 5000-ben, akik Szíriában szálltak partra. Tábor tüzet gyújtottak, és edényeiket a rakományként szállított salétromtömbökre helyezték. A salétrom a tűz melegétől megolvadva és összekeveredve a part homokjával egy új átlátszó, **folyékony** anyagot képezett. Az eddigi kutatások alapján az üveg legkorábbi előfordulása úgy tűnik, hogy egy amulett zománc bevonataként, az egykori Egyiptomból származik, és származási korát i.e 12 000 évek körüli időre becsülik. Feltételezik, hogy az üveg előállítása nem az egyiptomiakhoz, hanem az asszírokhöz, esetleg még előbbi korokhoz kötődik, s Egyiptomba csak kereskedelem útján kerültek a leletek. Bár az Asszíriában talált legkorábbi leletek eddigi előfordulása a feltételezésnek annyiban ellent mond, hogy azok csupán i.e 2700-ból származnak. Távol keleten Kínában, Japánban az eddigi legkorábbi üveg leletek az i.e 2000. évig nyúlnak vissza. Az első üveghuta építéséről, az i.e. 250-körül korból, Alexandriában van tudomásunk. A rómaiak csak Egyiptom meghódítása után ismerték meg az üveg előállításának technológiáját. A légiók Európai állomásozásán keresztül vált ismertté Germániában, Galliábanban és Britániában az üvegekészítés. Írásos tudósítás az üvegekészítésről csak az i.u. 77-ből maradt ránk Pliniusztól. Az üvegipar jobbra a XV. században fejlődött ki Velence mellett Muránóban. A középkor vége felé Németországban már nagy mennyiségben állítottak elő üveget. A kezdeti időkben a fűvott üveghengert szétvágás után kiterítették, és előmelegített vashengerekkel közel egyenletes felületűvé hengerelték, így készült az első ablaküveg.

Később megfigyelték, hogy ha az olvadt üveget fémlapra öntik, a folyékony üveg sima lappá folyik szét. Ezt követően az üveglap egy hidegebb fémlapon hűl ki és szilárdul meg, így készült a táblaüveg. A normál táblaüveg többféle eljárással is előállítható, például húzással. Az olvadt üveget szerszám segítségével húzzák lassan, mert ha pl. egy tárgyat az üveg olvadékba merítenek, arra az úgy tapad, mint a méz és egyenletesen felfelé, vagy oldal irányba húzható. A levegőn lehülve üvegtáblává dermed.

Nagy üvegtáblát először 1688-ban Francia országban öntöttek. Az üveglapok még ebben a korban is ritkaságnak számított. Csak az elmúlt század végén a Siemens-Martin tüzelés és a szóda gyári előállításának feltalálásával vált lehetővé a tömeges öblös-üveggyártás. **Síküveg húzóeljárását** a XX. század végén sikerült kifejleszteni, amely lehetővé tette a folyamatos üvegszalagok előállítását. Legismertebbek a Libbey-Owens( **1.sz. ábra** ), és a Fourcault féle síküveg előállítás, amelyek lehetővé tették az üvegvastagság szabályozását a húzási sebesség változtatásával.



FÜGGŐLEGES TECHNOLÓGIA                      VÍZSZINTES TECHNOLÓGIA  
**1.sz. ábra** A HÚZOTT SÍKÜVEG ELŐÁLLÍTÁSA LIBBEY—OWENS ÉS FOURCAULT ELJÁRÁSSAL

## ALAPANYAGOK

Az üveggyártás fő alapanyaga a szilícium-dioxid, a kvarc és homok, amely szennyeződésektől mentes, rendszerint fehér homok, s nem tartalmazhat számos mennyiségű vasoxidot, az üveg zöld elszíneződését okozó szennyeződést. A homok azonban csak 1700°C-on olvad amely a tiszta kvarcüveget szolgáltatja. Ez az üvegféleség részben a magas olvadáspont folytán, részben mert az ultraviola sugárzás legtöbb hullámhosszán jelentős átbocsátó képességgel rendelkezik, alkalmas az UV lámpák burájának elkészítésére. A magas olvadáspont az üveg olvasztás technológiájában jelentős nehézségeket okoz, s az építészeti üvegnek ilyen tulajdonságára nincsen szükség, ezért az olvadáspont csökkentésére segédanyagokat, általában szódát (  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ) adagolnak, vagy hamuzsirt, amellyel káli üveget állítanak elő. Az így nyert nagyfokú tisztasága révén kristályüveget, optikai és laboratóriumi üvegféleségek állítanak elő. Az adalékok sorában használatos a mészkő, dolomit, alumínium-trioxid, bór-trioxid ólom és cinkoxid stb. Ezek az anyagok az előállított üvegek különféle tulajdonságainak fokozására használatosak.

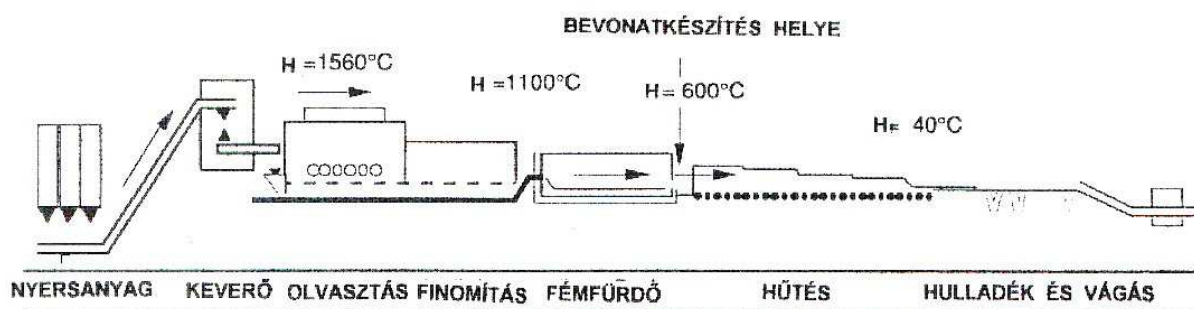
## ÜVEG ELŐÁLLÍTÁSA

Az üveg olvadék előállításához az alapanyagot és az adalékot összekeverik és nagy hőállóságú kádban gázlánggal, vagy elektromos energiával 1100-1200°C-fokra hevítve megolvasztják. Az olvadék hőmérsékletét a technológia követelménye szerint

pontosan beállítják. A kádnak a végpontján a pontján indul az üvegyártás. **Húzott síküveg** előállítás esetében, hengerek között fölfelé, vagy fölfelé és vízszintesen (lásd 1. ábrát) széles üvegszalagot húznak az olvadékból. Az üveg vastagságát a húzási sebességgel szabályozzák. Az eleinte még lágy üveg útja során lassan hűl és megmerevedik. A kellő szilárdság elérése után a szalagot átvágják és az így nyert táblákat először leszélezik majd a kereskedelmi igények szerint méretre vágják. A gyártás során keletkezett, nem szennyeződött üveghulladékot, az üveg cserepet megzúzva visszajuttatják a betáplálás pontjára és újra olvasztják. **A húzott síküveg, másképpen gépüvegnek is nevezett üveg technológiája nem teszi lehetővé optikailag hibátlan üveg előállítását.** A húzással előállított üveg felülete nem tökéletesen sík, hanem csekély, csupán néhány mikron nagyságú mértékben hullámos, s ez optikailag torzulást okoz. **A hullámosság nem az üvegszalagot vezető hengerektől, hanem az üvegolvadék akár csekély mértékű hőmérséklet különbségéből származik,** amely az olvadék viszkozitását megváltoztatva eltérő üvegvastagságot eredményez.

Az optikailag nem tökéletes felületű, hullámos húzott üveg nem használható a járműiparban és nem alkalmas pl. tüköryártásra sem. De használata az építészetben is zavart okoz a kitekintésben, mert a tekintet mozgása következtében a megjelenő táj hullámzik. Különösen zavaró ez a jelenség, ha az üvegtáblát az üveges kereszt irányban vágja, amikor a hullámok függőleges helyzetbe kerülnek. Ilyen elhelyezés mellett, helyváltoztatás nélkül is, csupán a tekintet elmozdulása következtében a külső látványa torzítottan, hullámosan tűnik fel. Ha az üvegezésnél ügyelnek a hullámosság vízszintes elhelyezésére, akkor ez a technológiai hiányosság kevésbé zavaróan jelentkezik, mert a tekintetnek csekélyebb a függőleges, mint a vízszintes elmozdulása.

A technológiai hiányosság kiküszöbölésére, a húzás helyén az üvegolvadék állandó gépi keverésével próbálják a hőmérséklet különbséget kiegyenlíteni. Ezen a módon a hullámosság mintegy 80 %-a megszüntethető, azonban optikailag kifogástalan üveg ezzel a technológiával sem állítható elő.



2.sz. ábra

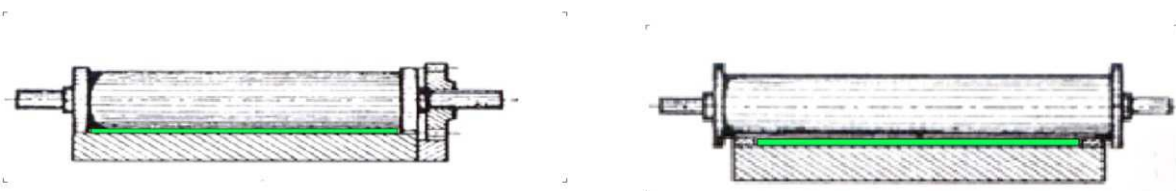
## A FLOAT-ÜVEG GYÁRTÁSI TECHNOLÓGIA

Az „úsztatott” kifejezés arra vonatkozik, hogy a gyártás során az üveget olvasztott ónon úsztatják. Az úsztatott eljárás által rendkívül precíz felszín, sima felület, és a más technikákkal készített húzott és öntött síküvegekhez képest tökéletesebb optikai adottságú üveg jön létre. A körülbelül 1000°C hőmérsékletű olvadt üveget a kazánból egyenesen öntik kémiai ellenőrzött körülmények között egy sekély ónfüldőbe. Az üvegalapanyag úszik az ónon, kiterjed és egyenes felületű lesz. Az üveglap

vastagságát a szilárduló üvegszalag húzásának sebességével változtatják. Hőkezelés (ellenőrzött hűtés) után az üveglap felhasználható

Optikailag tökéletes síküveg gyártását Angliában, a Pilkington and Brothers cégnek csak a 1952-ben a **float-üveg technológia** kifejlesztésével sikerült megteremteni ( **2.sz.ábra** ). Az eljárás **övid idő alatt világszabvánnyá vált** a magas minőségű üvegyártásba, amelynek lényege, hogy az üveget nem húzzák, hanem olvasztott fémre öntik és ezen úszva vízszintesen húzzák. A fémolvadék fölötti zárt térben védőgáz óvja az üveg felületét oxidációtól. Az eljárás többszörös előnyt nyújt: optikailag olyan tökéletes üvegfelület hozható létre, amit a korábbi csiszolási eljárással sem tudtak elérni. Az üveg felülete fényesebbé válik mint amilyen a mechanikus csiszolással előállítható, s végül a termelékenység többszöröse a húzó eljárásnak. Az üvegvastagság gyorsan és csekély veszteséggel változtatható 0,8-24 mm között. A szokványos, s egyben a legnagyobb gyártási táblaméret 3x6 m, de mozgatósi nehézségek miatt, de többnyire használt méret a kereskedelemben a 3x3 m-es táblaméret. Ma már Magyarországon is megszűnt a húzott síküveg gyártása. Húzott üveg csak importból szerezhető be, rendszerint kedvezőbb ára miatt importálják.

Az építészeti alapüveg jelentős csoportját alkotják az **öntött üvegféleségek**. Az öntött üveg optikai tulajdonsága a csökkentettebb fényáteresztő képesség és átlátszóság, az alapanyaga a nyersüveg, amelynek a nagyobb vasszennyezettesség következtében zöldes árnyalatú a színe és felülete egyenetlen, rendszerint mintázott. A kereskedelemben ornamentals, katedral, huzalbetétes üveg néven forgalmazzák a különböző változatokat. Az öntött üveg gyártása a nevére vezethető vissza. Az üveget a kemencéből kiemelve az öntő asztalra öntik. Többnyire az asztal felülete mintázott. A kiöntött üveget az asztal peremmagassága által szabályozva a kívánt vastagságra hengerlik. Ha az üveg mindkét felületén mintázatot akarnak létrehozni, akkor a henger felülete is mintázott ( **lásd 3. sz ábrát** ).

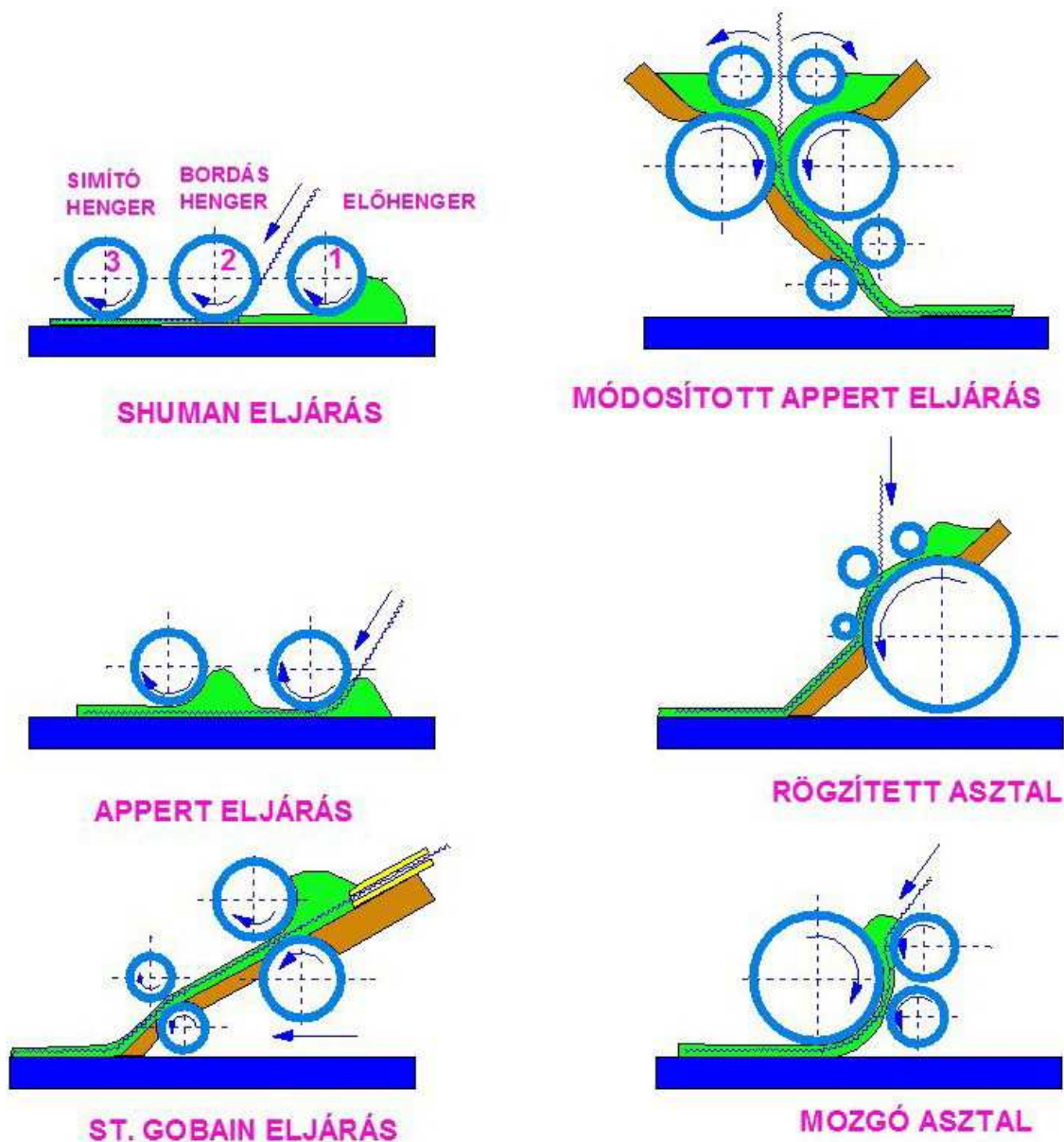


**3.sz. ábra** A HENGERELT ÜVEG GYÁRTÁSÁNAK ESZKÖZEI

**Huzalbetétes üveget** a huzalháló beviteli nehézségei miatt sokáig nem tudtak gyártani, amíg az

Appert féle eljárás meg nem született. Ennek segítségével a huzalhálót henger segítségével behengerlik a kiöntött üvegbe ( **4 sz ábra** ), s így sikerül a háló oxidációjának a megakadályozása is. Az eljárás feltalálása óta számtalan továbbfejlesztett változat született. Tetőfedési célokra hullámos huzalbetétes üveget is gyártanak, de készülhet egyéb szelvényvel, pl. önhordó "U" alakú idomokkal is. A huzalbetétes üveg rendeltetése a biztonság, a törött üveg szilánkjainak helybetartása. Fejfelőtti üvegezés csak helybemaradó szilánkú üvegféleségből

készülhet. A huzalbetétes üveget az alacsonyabb igényű esztétikai megjelenése, az alapanyagul használt nyersüveg következtében csökkent fénytöbcsátó képessége továbbá relatív olcsósága miatt alárendeltebb helyeken szokás használni. Egyéb biztonsági üvegek, magasabb optikai tulajdonsággal is készülnek, melyek tárgyalása alább következik. Gyártanak a húzott síküveg alapanyagából is jó optikai tulajdonságú, teljesen átlátszó, szabályos alakzatú huzalhálós üveget is magasabb igények kielégítésére.



**4.sz.ábra** HUZALBETÉTES ÜVEG GYÁRTÁSI TECHNOLOGIÁK

Az építészeti síküveg körében az alapüveg gyártmányok bemutatása után a következőkben ismertetjük az alapüvegekből előállítható gyártmányféleségeket.

**ÁTLÁTSZÓ SÍKÜVEG**

Kezeletlen normál síküveg

Húzott síküveg  
 Bevonatos, optikailag módosított üveg  
 Float-üveg  
 Hőkezelt, biztonsági, vagy edzett üveg  
 Szájjal fúvott síküveg Réteges-  
 ragasztott biztonsági üveg  
 Egy oldalon utólagosan fóliázott (biztonsági)  
 üveg

Hőszigetelő többrétegű un. termopán üveg  
 Hangszigetelő többrétegű üveg  
 Naphő ellen védő üveg, hőszűrő üveg  
 Golyóálló üveg  
 Fűthető, okos, intelligens, smart,  
 Színét váltóüveg  
 Laminált, rétegesen (gyantával fóliával)  
 ragasztott üveg

**NEM ÁTLÁTSZÓ ÜVEGEK**

Húzott síküveg Maratott (floursavval), mattírozott  
 Float-üveg Homokfúvott mattírozott  
 Szájjal fúvott üveg  
 Öntött, hengerelt üveg Ornamens, vagy katedrál üvegek, színtelen,  
 színezett

Huzalbetétes üveg  
 Idomüveg (profilit)

**FÉLIG FÉNYÁTERESZTŐ ÜVEGEK**

Húzott síküveg Reflexiós üvegek  
 Float-üveg Termo-króm (hőre elszíneződő) üvegek, fotókróm  
 üvegek  
 Anyagában színezett Abszorpciós üvegek  
 Szájjal fúvott üvegek Színezett üvegek  
 Préselt üvegek Üvegtéglák

**ÜVEGGYÁRTMÁNYOK**

Az építészeti alapüvegekből gyártott és általánosan leggyakrabban használt legfontosabb üvegyártmányokat, tulajdonságaikat, rendeltetésüket stb. az alábbiakban ismertetjük.

**HŐSSZŪRŐ – HŐVÉDŐ ÜVEGEK.**

Meg kell különböztetni a **hőszűrő** és a **hővédő** üvegeket, mert feladatuk és tulajdonságaik is eltérőek. A **hőszűrőüvegek** tulajdonképpen a **naphő ellen védő üvegezések**. A belső terek naphő okozta túlmelegedése ellen hivatottak védelmet nyújtani. Ezeknél az üvegeknél a külső térből a belső térbe irányuló sugárzás ellen



várjuk el a kellő védelmet. A belülről-kifelé irányuló hőforgalom, a hőveszteség ellen **hőszigetelő, vagy termopán elnevezésű** üvegekkel kíván az üvegyipar kellő védelmet teremteni. Az összetett fizikai folyamatok, a befelé-kifelé irányuló hőáramok hatékony szabályozását, egy-vagy akár több levegővel, esetleg gázzal töltött kamrák, és egy, egy-vagy több, az üvegre felhordott sajátos fizikai-optikai tulajdonságokkal bíró bevonattal tudják teljesíteni

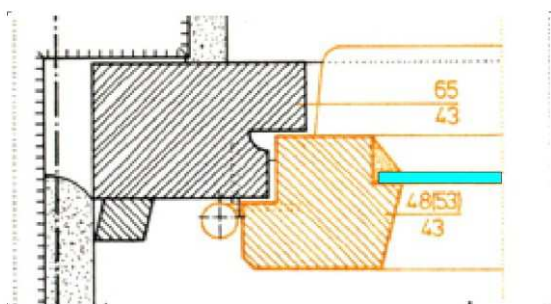
## HŐSZIGETELŐ, TERMOPÁN ÜVEGEK

Az építészet az üvegezést mindenek előtt a homlokzati nyílások lezárására, térelzárásra használja. Újabban egyre kevésbé ablaknyílások üvegezésére kell gondolni, hanem inkább teljes homlokzati felületek üvegezésére, különös tekintettel a rohamosan terjedő buborékalakzatú „épületek” terjedésére.

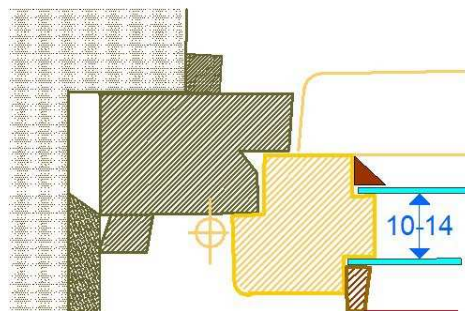
Az épületüvegezésnek meg kell felelni a fentiekben felsorolt, számos esetben egymással akár ellentmondásban is álló követelményeknek. Mindebből már előrelátható, hogy az üvegezés kiválasztásához széleskörű ismeretekre van szüksége a tervezőnek, s nem bízhatja magát az önérdéke által vezérelt üvegkereskedelem tanácsaira. Az alábbi fejezetek az épületüvegezés ismereteiben kíván segítséget nyújtani az eligazodáshoz.

## HŐVÉDŐ-HŐSZIGETELŐ ÜVEGEZÉS FEJLŐDÉSE

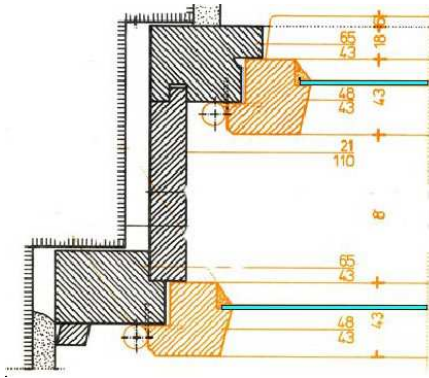
Az épületek nyílásainak, az ablakok beüvegezésének terjedésével, eleinte, már csak a magas költségek okán is, csupán egy réteg üvegezést alkalmaztak (gerébtokos üvegezés 5 sz. ábra). Azonban hamarosan tapasztalták, hogy az egy réteg üveg, nem nyújt kellő védelmet a hőveszteség ellen, s ekkor kezdtek rátérni a megduplázott üvegezésre, amikor egykörös ablaktokra két ablakszárnyat függesztettek (kapcsolt gerébtokos üvegezés 7sz ábra). Az asztalosipar fejlődésével megjelentek az egyesített szárnyú fa (un. tesachauer) ablakok (8.sz. abra), amely egy tokon, közös pánton két szárny volt elhelyezhető, úgy hogy ezeket szétnyithatóan összezsavarozták. Az összes előbbi esetben az üvegfelületek mind elérhetőek voltak tisztítás céljára. A gerébtokos egyrétegű üvegezésű ablak Hőszigetelő értéke  $U=7-8$  W/Km<sup>2</sup>, a kapcsolt gerébtokos ablaké  $U=5-6$  W/Km<sup>2</sup> volt. Az egyesített szárnyú ablak két üvegrétege között a távolság jelentősen lecsökken 30-50 mm-re, de a két üvegtábla közötti légtér nem volt légtömören lezárva. Bár a hőszigetelő képessége némileg javul a kettős gerébtokos ablakhoz képest, mert a szűkebb légtérben belül a konvekciós energiaszállítás, a levegő molekulák megnövekedett sűrűsége miatt csökkent, az ablak négy üvegezett felületét kellett tisztítani, s nem volt mentes a belső párasodástól. Ebben az időszakban a termo pán üvegek még nem voltak ismeretesek. Az egyesített szárnyú ablakok jelentősebb fejlődése akkor következett be, amikor az üvegyipar előállította a a termopán üvegezést, eleinte egy , később már kettős légkamrával.



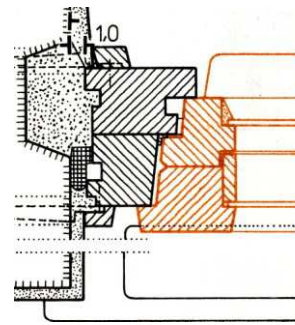
5. sz. ábra EGYRÉTEGŰ GERÉBTOKOS FAABLAK



6.sz.ábra SZORÍTÓLÉCES KETTŐS ÜVEGEZÉSŰ ABLAK



**7.sz.ábra** KAPCSOLT GERÉBTOKOS KETTŐS ÜVEGEZÉSŰ ABLAK



**8.sz.ábra** EGYESÍTETT SZÁRNYÚ TESCHAUER ABLAK

Az egyrétegű üvegezés hátrányait, a magas fűtési költségek következtében, hamar felismerték és kétrétegű üvegezést igyekeztek bevezetni. Eleinte – a két egymásmögötti ablakszárnyat kerülendő, a szárny profiljában, kettős, tehát a külső és belső oldalon is üveghornyot martak, hogy kettős üvegezés elhelyezhető legyen. A külső üvegezést tapasszal (és szöggel) rögzített, míg a belső oldalon, csak szögelt, vagy csavarozott fa üvegszorító lécet alkalmaztak **6 sz.ábra**. Hővédelem szempontjából ennek előnye volt a 10-20 mm-re szűkült légtér a két üvegtábla között, de hátránya volt, hogy az üvegezés tisztításához a belső üvegtáblát ki kellett szerelni. Ugyanis az beszögelt üvegszorító léc nem nyújtott olyan légtömörséget, amely megakadályozhatta volna a légkamra és a belső tér közötti jelentős légáramlást, amely a légnyomás különbség változása és a felmelegedés-lehűlés következtében fizikailag kialakult. A folytonos légmozgás a két légtér között magával vitte a párát és szennyeződések, tehát a páralecsapódás is és az üvegtáblák légtér felőli oldalán a maradandó szennyeződés is kialakult.



**9.sz.ábra** A SCHÖNBRUNNI PALOTA PÁLMAHÁZA

A szorító léccel kialakított kettős üvegezés, érthető okból, hosszú korszakon át használatos volt. Erre bizonyítékul szolgálhat például a Scönbrunni Palota pálmaháza ( 9.sz. ábra ). Az üvegház acélszerkezettel épült, de már akkor kettős üvegezést alkalmaztak. Minthogy az építés idején a termopán üvegezés ismeretlen volt, ezért kettős üvegezést a alkalmaztak, hogy a trópusi növények hőigényét minél alacsonyabb fűtési költséggel teljesíthessék. A pálmaház a második világháború idején bombázásban megsérül, s az üvegezés jelentős rész elpusztult. Háború után újra üvegezték, a mikor még ugyan csak ismeretlen volt a termopán üvegezés, ezért a korábban használt módszert alkalmazták.

Sz ábra



10.sz ábra AZ ELALGÁSODOTT ÜVEGEZÉS



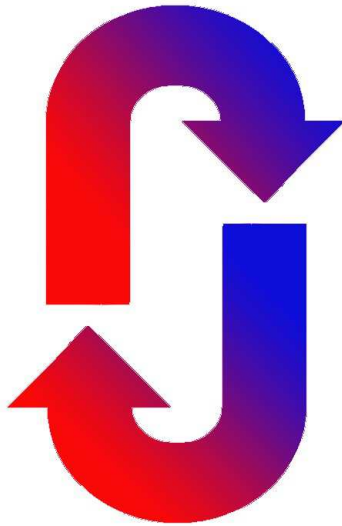
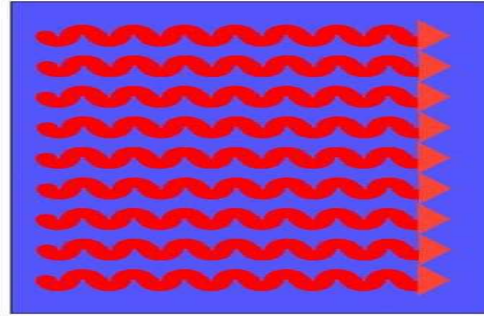
11.sz.ábra FELÚJÍTÁS ALATT HŐSZIGETELŐ ÜVEGGEL

Azonban ekkor olyan üvegesek végezték el a munkát, akiknek már nem sok ismeretük volt a kettős üvegezés fizikai folyamatairól. Az eredeti üvegezés belső üvegének a két alsó sarka le volt vágva úgy, hogy a két üvegréteg között keletkező pára-csapadék mindég ki tudott folyni az üvegek közül. A felújítók ezt nem vették észre, s a belső üvegtáblákat teljes horonyméretben begittelték. Ennek következtében a párányomás hatására a gittelésen át diffundáló pára, hűvös időben a külső rétegen lecsapódott és csapdába került, bent rekedt a légtérben. Fény hatására a felhalmozódó csapadékban megindult az algásodás( 10. sz. ábra ), amely végül megakadályozta a kellő mennyiségű fény behatolását, s a pálmaház funkcionálisan tönkre ment. Hőszigetelő üveggel újra üvegezték (11. Sz.ábra ) A folyamatból már is levonható a következtetés, hogy kettős vagy többrétegű üvegezés esetében a perem légtömörsege eldönti a többrétegű hőszigetelő üvegezés minőségét, élettartamát, mert a hőszigetelő üvegezés élettartam szempontjából a pereme van alávétve a legnagyobb fizikai megterhelésnek.

## A HŐÁTADÁS FIZIKAI FOGALMAI

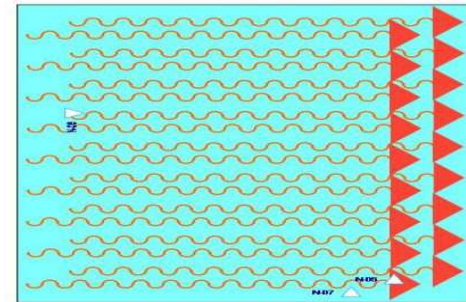
Mielőtt a hőszigetelő üvegeken át **pereme mentén** lebonyolódó fizikai folyamatok tárgyalását elkezdenénk, célszerű a használt fizikai jelenségek értelmezését rögzíteni. A **hővezetésről**, a **konvekcióról** és a **sugárzásról** fogunk beszélni.

A **hővezetés, vagy konduktív hőátadás:** hőáramlás a szilárd, nyugalomban lévő anyagokban, a belső energia részecskéről részecskére adódik át és mindig a nagyobb hőmérsékletű hely felől a kisebb hőmérsékletű hely felé irányul. Az energiamegmaradás törvénye értelmében hő a hővezetés során sem tűnhet el vagy semmisülhet meg.



A **onvekció:** hőszállítás és hőátadás az alacsony viszkozitású anyagokban, folyadékokban, vagy gázokban a molekulák áramlása által jön létre. Az anyag csekély kohéziós erői következtében, a részecskék könnyen elmozdulnak és más közegbe kerülve tulajdonságaikat átadják egymásnak.

A **sugárzás:** az anyag hőmozgása következtében kibocsátott elektromágneses sugárzás, a részecskék, vagy fotonok áramlása két felület között.



## A HŐSZIGETELŐ ÜVEG EREDETE

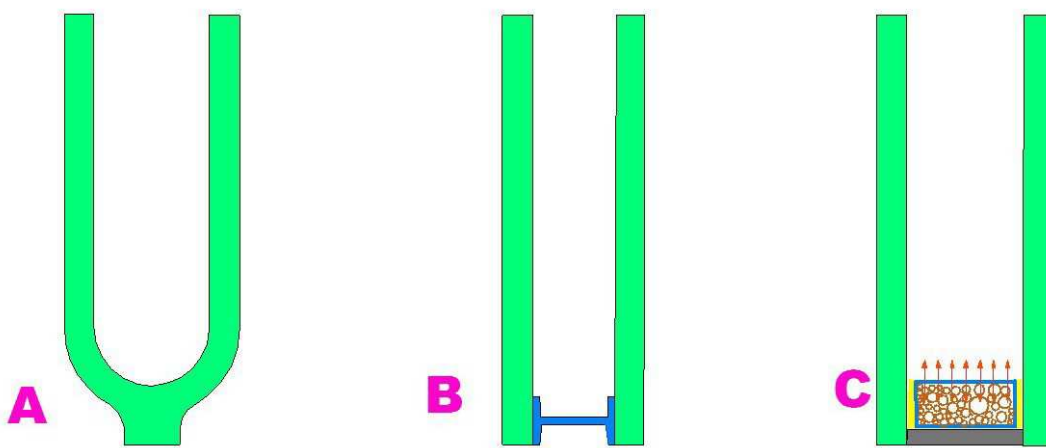
A hőszigetelő üveget C.D.Haen nevű ember fedezte föl az Egyesült Államokban 1930-ban és már 1950-ben széles körben használatossá vált. A megoldás lényege két szilárdan egymáshoz kapcsolt üvegtábla, amelyek egy légteret zárnak közre. Ezt a légteret gyakran inert, lassan, nehézkesen mozgó gázzal, legtöbbször argonnal, vagy kriptonnal töltik meg, amely lecsökkenti a konvekciós áramlás, a molekuláris hőátadás sebességét, azaz megnöveli a hőszigetelő képességet. Mind a levegő, mind a gázok nem akadályozzák a fénysugarak áthatolását.

## A LÉGKAMRA

A hővédő, közismertebb néven a termopán, vagy hőszigetelő üvegek használatának célja a bel és a kültér közötti hőmérséklet különbség hatására létrejövő energia vándorlásnak a csökkentése. Az ilyen célra gyártott üvegszerkezetek rendszerint üvegtáblák által egy, vagy két lég, illetve gázréteget zárnak közre. Az üvegtáblák széléit távtartó lécekkel szerkezettel és ragasztással lezárják. A szokványos kamra lég vagy gázréteg vastagsága 9-16-20 mm között változott, de újabban ez a légkamra legszélesebb használatos mérete 20 mm. Ugyanis a kamra méretcsökkenésével a hőszigetelés romlik, növelésével javul, de az optimumot 20 mm vastagságnál éri el. További kamra méret növelés esetén a hőszigetelő képesség újra csökken, mert jobban lehetővé teszi a gázmolekulák áramlásos hőszállítását, az úgynevezett konvekciós hőátadást. Az egyszerűbb kivitelű hőszigetelő üvegeknél a két üvegréteg között különösebb kezelés nélküli levegő van normális nyomáson, s nem vákuum, mint ahogyan azt sokan feltételezik.

Vákuum ideális lenne, mert általa megszűnne a konvekciós hőátadás, de légritkított kamrával készült üvegek még csak laboratóriumi szinten készültek. Egyenlőre, még megoldatlan a két üvegtábla légnyomás okozta behajlásának kivédése, kitámasztása. A levegő helyett, úgynevezett inert, vagy „lusta” áramlású gázt, argon, vagy kripton gáztöltést is alkalmaznak. Ezek nagyobb fajlsúlyú gázok, melyeknek kisebb a konvekciós tulajdonsága, csökken a konvekciós hőtranszport. ezért használatukkal javul az üveg hőszigetelő képessége. Rendszerint az olcsóbb argont használják. Gáztöltéssel 20-25 % - al lehet csökkenteni az üveg hőátadási tényezőjét. Tájékoztatásul egy szokványos 12 mm vastag légkamrás, levegővel töltött hőszigetelő üveg hőátadási tényezője  $U = 3 \text{ W/K}^\circ\text{m}^2$ . A hőátadási tényező azt jelenti, hogy a két felület között egy fok  $^\circ\text{C}$  hőmérséklet különbséget feltételezve mennyi az óránkénti hőforgalom  $\text{W}$  - ban mérve

## 12 .sz.ábra A HŐSZIGETELŐ ÜVEG PEREMZÁRÁS FEJLŐDÉSE



## HEGESZTÉSSEL FORRASZTÁSSAL RAGASZTÁSSAL LÉGKAMRÁK LEZÁRÁSÁNAK MÓDOZATAI

### AZ ELSŐ HŐSZIGETELŐ ÜVEGEK

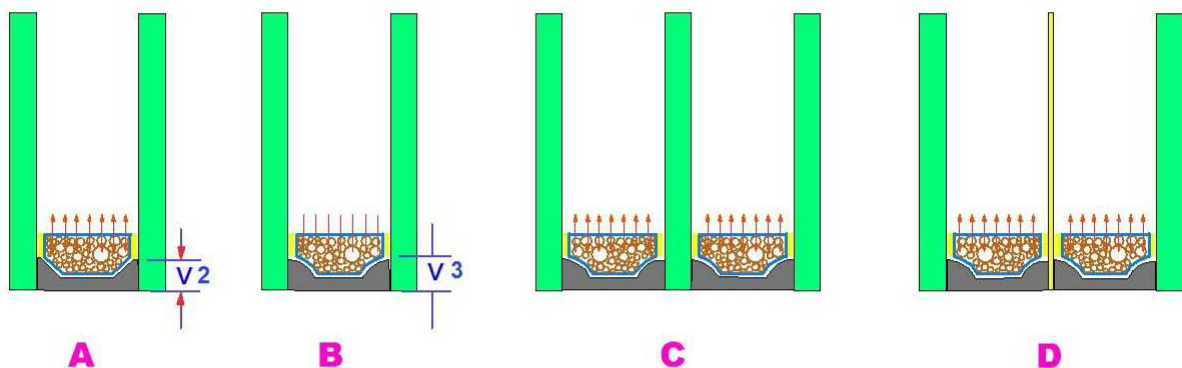
A fizikailag jól teljesítő hőszigetelő üveg gyártásánál, a legnagyobb műszaki problémát a perem „hermetikus”, azaz légtömör, légmentes, a külvilágtól hozzáférhetetlen lezárása okozta, s okozza mind a mai napig. A kezdeti időkben a két üveg között légtér lezárását (12. sz. ábra ) üveghegesztéssel (A) módszerrel próbálták megoldani, amikor a tábla peremén e táblákat összehegesztették. Légtömörség szempontjából ez nem lett volna kedvezőtlen, de számos gyártási, szállítási és beépítési gondot okozott, úgy hogy hamar megjelent egy új gyártási technológia, a forrasztásos eljárás.

A forrasztáshoz alkalmassá kellett tenni az üveg felületet, ezért plazma technológiával vörösréz felületet képeztek ki az üvegek pereme mentén, amelyhez azután forrasztással rögzíteni tudták a fém távtartó (B) léceket. A művelet sok munkafolyamatból állt és hosszadalmas volt. Az üveg légterében a gyártás helyszínén található levegő volt, amely kedvezőtlen esetben, akár túl sok nedvességet is tartalmazhatott, pl. egy nedves időjárásakor, tehát gondoskodni kellett a légtér száraz levegővel való kitöltéséről. Ezt úgy oldották meg, hogy a levegőből

először kicsapatták a nedvességet, vagy abszorbeáló műgyanta szűrőn vezeték át a levegőt, amelyet, a távtartó lécen át, injektáltak a légkamrába, miközben a korábbról benn rekedt levegőt igyekeztek kiszívni.

A hegesztéses módszernél a kötés meglehetősen merevnek bizonyult az ott fellépő mozgásokkal szemben, ezért ez az eljárás nem volt hosszú életű. Hamarosan megjelent a ragasztásos eljárás (C), amely különféle finomításokkal napjainkig használatos.

A technológiában jelentős két előrehaladás keletkezett. Mindenek előtt a páratlanítás tekintetében. A távtartó lécc, az egyszerű szelvényről kamra szelvényre váltott, s ennek üregében abszorpcióra alkalmas műgyantát helyeztek el. Ennek a gyantának a nedvesség felvevő képessége határozza meg a hőszigetelő üveg élettartamát. Ahhoz, hogy ez minél hosszabb lehessen, a műgyanta betöltés előtt a gyantából kicsapatták a nedvesség tartalmát, úgy mondják kisütik. Valóban a gyanta túlhevítése által érik el, hogy a benne lévő nedvesség eltávozzon. Ezután töltik be a szemcsés gyantát az alumínium anyagú szelvénybe, amelynek a légkamra felé néző felületét lézeresen kiperforálják, hogy a légkamrába bekerülő nedvesség felvételére, elnyelésére lehetőség legyen. Ez az újítás jelentős technológiai előnyöket nyújtott a korábbi eljárásokkal szemben és észrevehetően megnövelte a hőszigetelő üveg használati élettartamát és előnyösen lecsökkentette a munkafolyamatokat. De ami még tovább emelte a hőszigetelő üveg használati minőségét, az távtartó lécc rögzítése és a perem lezárása volt. A gyártás menet is leegyszerűsödött és felgyorsult.



## HŐSZIGETELŐ ÜVEGEK SZERKEZETI FEJLŐDÉSE

13.sz. ábra. A PEREM LEZÁRÁS FEJLŐDÉSE

A távtartó lécc rögzítéséhez ragasztó csíkot hordanak fel az üvegtábla szélén ( 13.sz. ábra ). Az ábrákon ez sárga színnel van ábrázolva. Erre ráhelyezik az elkészített, gyantával töltött léckeretet, majd ráfektetik a második, vagy harmadik üvegtáblát. Ennek a ragasztósnak csak a lécek helyben tartása a feladata. Ezután következik a peremek nagy légtömorségű lezárása.

A lezáráshoz egy Thiokol elnevezésű poliszulfid műgumit használnak. A ragasztásos eljárás nagy előnye volt, maga a ragasztó, amelynek igen magas a páradiffúziós ellenállása és viszonylag hamar szilárdul. Ez egy poliszulfid alapú műgumi, amely Tiokol elnevezéssel került a közforgalomba. ( Az elnevezés a görög kén „theo” és a ragasztó „kolla” szavakból tevődik össze ). Egyébként számos helyen nagy

páradiffúziós ellenállású szilikont is alkalmaznak, amelynek tízszerre nagyobb a légzáró tulajdonsága, mint a szokásos szilikon tapasztoknak. Egyes gyártók azért használják a szilikont a thiokol helyett, mert az műszak végeztével nem kell eltávolítani a csőhálózatból és légmentes lezárás esetén akár napokig sem köt meg, mint a thiokol.

A ragasztó páradiffúziós ellenállása annak vastagságától függ. Ennek magas költségei miatt, a gyártók igyekeztek olyan vékony réteget felhordani a lécre, amely még becslések szerint kellő élettartamot biztosít a hőszigetelő üvegezésnek. Azonban hamarosan rájöttek, hogy a 2-3 mm-es rétegvastagság elégtelen, mert a hőszigetelő üvegek hamarabb bepárásodtak, mint az várható volt. Különösen sok meghibásodás a magas párányomású helyiségek esetében volt tapasztalható, mint pl. az uszodák, fürdők esetében.

Ezen úgy akartak javítani, hogy a ragasztó mennyiségét lehetőleg ne kelljen növelni. Ezért a korábban derékszögű távtartó lécc helyett (12.sz.ábra „C”), negyvenöt fokban lesarkított léceket használtak (13.sz.ábra „A”). Ezzel meghosszabbították a páradiffúzió „V2” útját, anélkül, hogy a léccet takaró ragasztó réteget megvastagították volna. A peremzáró ragasztóban a páradiffúzió útját még tovább hosszabbították a távtartó lécc sarkainak (13.sz.ábra „B”) „V3” körívsegmens alakú lesarkításával. Ezt a távtartó léccformát használják a két légkamrás (13.sz.ábra „C”) hőszigetelő üvegek előállítására is, olyankor is, ha súlycsökkentés céljából a közbenső üvegréteget (13.sz.ábra „D”) polikarbon hártával helyettesítik.

## A HŐSZIGETELŐ ÜVEGEK ALAKVÁLTOZÁSA ÉS ÉLETTARTAMA

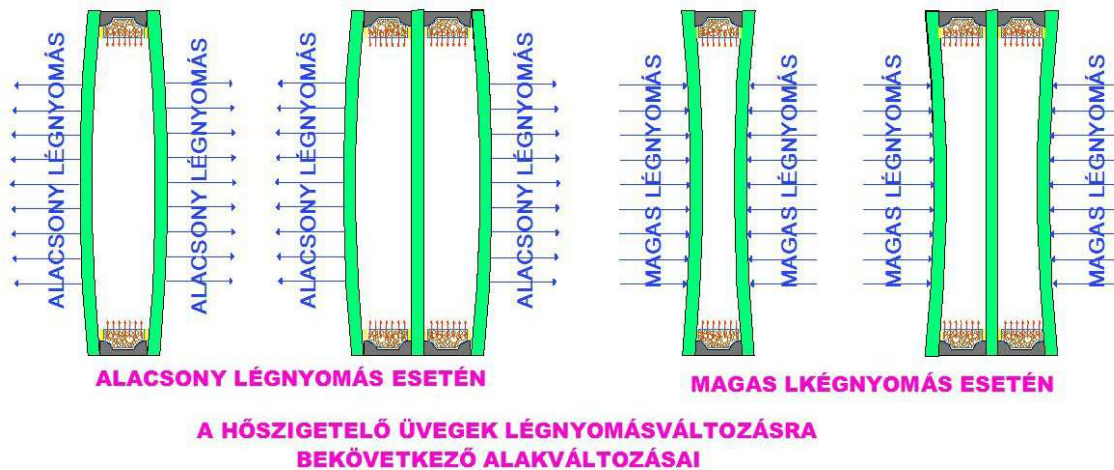
Az lenne feltételezhető, az üvegtáblák peremének a nagy páradiffúziós ellenállású poliszulfid, vagy szilikon ragasztó megvédi a légkamrákat az elnedvesedéstől és ezáltal igen hosszú élettartamúvá válnak a hőszigetelő üvegek. Ez azonban több fizikai tényező miatt nem teljesül.

A hőszigetelő üveg élettartamát – még igen kiváló minőségi gyártás mellett is 25-30 évre becsülik, ha nincsen kitéve rendkívüli körülményeknek. Ez abból következik, hogy lég tömör lezárás egyelőre nem ismert. Következésképpen pára diffúzió folyamatosan fellép. Ennek azért nincsen azonnali következménye látható lecsapódás formájában a külső üvegtábla belső felületén, mert a párákat felveszi, elnyeli és magában tartja az abszorpciós műgyanta töltelék a távtartó léccben. Ezért van a lécc légkamra felőli oldala perforálva. A páralecsapódás mindaddig nem jelenik meg, amíg az abszorpciós gyanta nem telítődik. Ha ez az állapot bekövetkezik, megjelenik a páralecsapódás, s véget ért a hőszigetelő üveg élettartama.

Az összeragasztott üvegtáblák nem mentesek az alakváltozástól. Ugyanis hat rájuk a mindenkori légnyomásváltozás (14.sz.ábra ). A légkamrákban a gyártás napján bennrekedt levegőnek az aznapi légnyomás értéke lesz a belső nyomás. Ha gáztöltésű a kamra, akkor az adott nyomáson betöltött gáz. Amennyiben, akár másnap már a külső nyomás változik, úgy, attól függően, hogy csökken, vagy emelkedik, az üvegtáblák homorodnak, vagy domborodnak. Ez az alakváltozás szemmel nem érzékelhető, azonban, amikor szívó hatás lép fel légnyomás csökkenés esetén, akkor megnövekszik a páradiffúziós mikro erőhatás a nyugalmi állapothoz képest, s külső levegő áramlik a légkamrába, amely magával viszi az adott napi páratartalmat. S ha ez magasabb, mint amilyen a hőszigetelő üveg előállítása napján volt, akkor növekszik a légkamra páratartalma. A légnyomás növekedésével a folyamat megfordul, azonban a kifelé áramló levegő már

páraszegény, mert az abszorpciós gyanta elnyelte a beáramló többlet nedvességet. Ez a szív-pumpáló folyamat állandón ismétlődik, s megrövidíti a hőszigetelő üveg élettartamát, mert a mikro párányomást a meg-megemelkedő légnyomás segíti a páradiffúziós folyamatban.

E sorok írója találkozott olyan üvegfalal, amelyben a nagyméretű táblák üvegei középponton összeértek.



14. sz. ábra A HŐSZIGETELŐ ÜVEGEK LÉGNYOMÁSTÓL FÜGGŐ ALAKVÁLTOZÁSA

Az alakváltozásnak van másik forrása is. A gázzal töltött üvegből idővel elszökik a gáz, mert a perem zárása nem áthatolhatatlan. Ennek következtében is megváltozik a sík üvegfelület optikai állapota. Előfordulhat, hogy kedvezőtlen esetben a napfényt a szemben lévő épületre fókuszálja a konkáv felület.

### A HŐSZIGETELŐ ÜVEG HŐFORGALMA

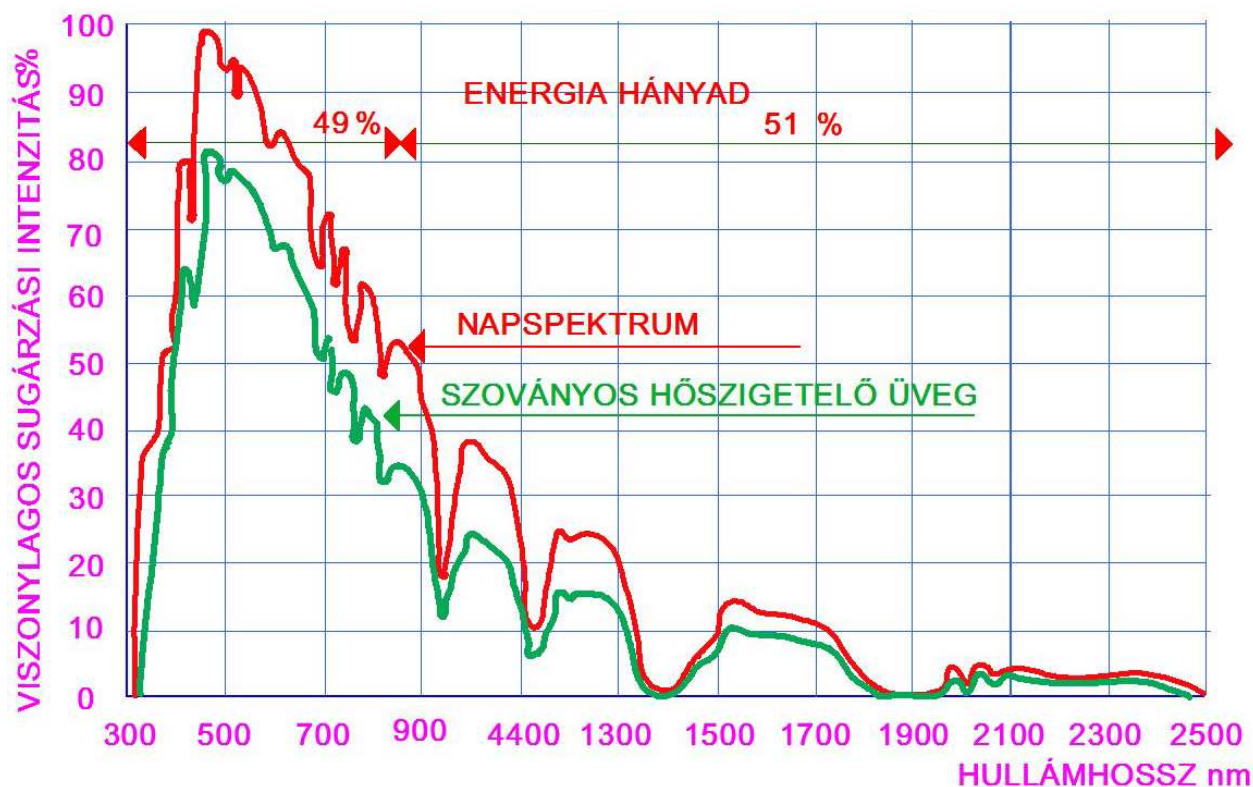
Az üvegezést szelektív tulajdonságai miatt használják az üvegházakhoz. A szelektivitása abban nyilvánul meg, hogy bizonyos hullámhosszúságú sugarakat az üveg átenged, másokat nem. Ennek következtében az üvegen áthaladt és visszatartott, a sugárzás által szállított energiakülönbség bennmarad és fülhalmozódik az üvegházban. Így jön létre az épületek nyári túlmelegedése is a nem kellő hővédelem következtében, avagy ezen az alapon működnek a napkollektorok is.

Az üvegezés fizikai értelemben a tízezer nanométernél nagyobb hullámhosszúságú sugarak számára áthatolhatatlan. A 15.sz.ábrán az International Commission on Illumination Nemzetközi szervezet által közzétett – tehát hitelesnek elfogadott – spektrális diagramban, az ugyancsak nemzetközi üvegipari cég, a Guardian bemutatja egy szokványos float üvegből készített hőszigetelő üveg transzmissziós görbét. Ez a mérési eredmény is azt tanúsítja, hogy az üvegezés gyakorlatilag már 2500 nm-nél hosszabb hullámú sugarakat nem bocsát át. Az ábrán a további nagyobb hullámtartományok csupán azért nincsenek ábrázolva, mert ott ugyan van még némi átbecsátás, de az olyan csekély, hogy a gyakorlat számára az az energia mennyiség már megbízhatóan elhanyagolható.

Mint ahogy az épületek üvegezésén keresztül a hőforgalom 64 %-a sugárzás és 36 %-a a konvekciós hőközlés révén jön létre, felvetődik a gondolat, hogy mi szükség



a kettős, sőt háromrétegű hőszigetelő üvegezések használatára, ha a belső térből sugárzás útján a nagyobb hányadot, a kifelé áradó hőt az üvegezés így is visszatartja? Ez a felvetés annál is inkább jogos, hiszen a fűtés által a belső térben felmelegített tárgyaktól kilépő sugárzás hullámhossza messze a tízezer nanométeres tartományban található, tehát elvileg ezen az úton hőveszteség nem is keletkezhetne, a belső terek aligha hűlhetnének le.



15.sz. ábra AZ ÜVEG ÁTBOCSÁTÁSI TULAJDONSÁGÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA A SZOKVÁNYOS ÜVEGEZÉSSEL

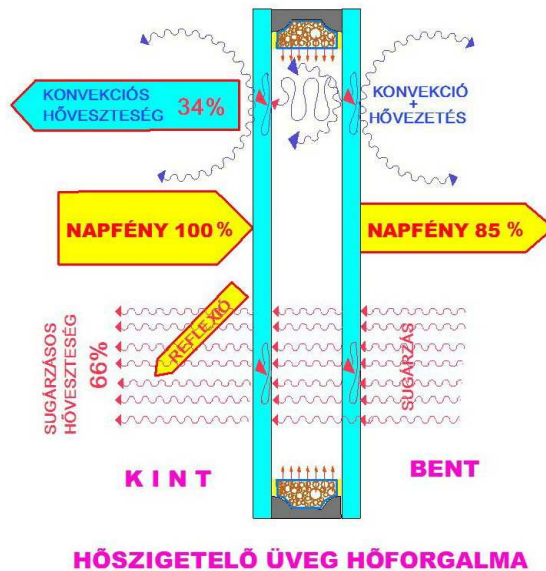
A megoldás kulcsa éppen abban rejlik, hogy **az üveg a tízezer nanométernél hosszabb hullámhosszúságú sugarak számára teljesen vak**. A hőszigetelő üvegezésen át keletkező hőveszteség ezért nem egyszerűen sugárzás által, hanem egy összetett fizikai módon jön létre.

A hővándorlás a hőszigetelő üvegen át különböző fizikai módon bonyolódik le kívülről befelé és belülről kifelé.

A kívülről befelé tartó hőáram lényegében a napsugárzás valamint a környezeti rövid és hosszúhullámú sugárzás hatására jön létre ( 16.sz. ábra ). A sugárzás egy része az üveg felületéről visszaverődik, egy csekély részét az üveg elnyeli. További többszörös visszatükröződések keletkeznek az üvegtáblák minden optikailag tükröző felületéről és bonyolult, többszörös tükröződések keletkeznek. A teljes külső sugárzási energia ezért nem hatol át, hanem szokványos hőszigetelő üvegen áthaladó, befelé tartó sugárzásnak mintegy 85-87 %-a jut be a belső térbe. Az üvegek vastagsága nem játszik számottevő szerepet a hőforgalom csökkentésében, annál inkább a tükröző felületek , illetve az üvegtáblák száma. Az átbocsátást a légkamra megduplázásával egyharmaddal lehet csökkenteni, de a kamraszám növelésének részben az üvegezés súlya, részben a fogadó szerkezet adott horony-

mérete határt szab. A hőszigetelő üvegek megadott "U" hőátbocsátási tényezője nem vonatkozik a befelé irányuló hőáramra.

A befelé irányuló hőszugárzás azért képes áthatolni az üvegeken, mert ennek a sugárzási energiának a hullámhossza messze a rövidebb hullámhossz tartományban fekszik. Látható a 15.sz. ábrán, hogy a napspektrum energia hozamának csúcsa



### 16. sz. ábra A HŐSZIGETELŐ ÜVEGEN ÁT BONYOLÓDÓ HŐVESZTESÉG

valahol ötszáz nanométer körül alakul ki, tehát az üveg átbecsátó képességének jóval a határán innen. A konvekciós hőszállítás természetesen befelé és kifelé irányulóan is akadálytalanul működik.

A belülről kifelé irányuló energia vándorlás jóval összetettebb folyamat. A hőenergia mindég a magasabb hőmérsékleti oldalról az alacsonyabb felé áramlik. Ez az áramlás létrejön konvekcióval, amikor a belső meleg levegő áramló molekulái a hidegebb belső üvegtáblához szállítják a hőenergiát és azt ott áradják az üvegnek. Innen az üvegen át hővezetéssel jut az energia a tábla külső felületére, ahonnan a konvekció a két üvegtábla között légkamrában megismétlődik és így kerül a hőenergia a külső üvegtáblához. Innen újra hővezetéssel jut a külsőtér felőli oldalra, majd megint konvekcióval jut végleg a szabadba. A konvekció lassítására töltik meg a légkamrát az ún. "lusta", inert gázokkal (argon és kripton), melyek molekulái lassúbb mozgásúak, s ezáltal lehet csökkenteni a konvekciós hőszállítást. Ez a konvekciós, hővezetős hőszállítás csak az egyik módja és mintegy harmadát teszi ki a teljes a hőveszteségnek. A másik a belülről kifelé irányuló sugárzás.

A belülről igen hosszú hullámon érkező hőszugarakat az üveg nem engedi át, mert **10.000 nm -nél hosszabb hullámú sugárzás számára az üveg átlátszatlan**. Tehát a hosszú hullámú sugárzás útján érkező fotonok mozgási energiájukat adják át a belső üvegtáblának. Ez az energia megint hővezetéssel jut a belső tábla külső felületére innen a konvekciós hőszállításon felül sugárzással jut a nagyobb energiahányad a külső üvegtábla hidegebb üvegfelületére. A folyamat megismétlődik. Hővezetéssel vándorol az energia a tábla külső oldalára, ahonnan

sugárzással (konvekcióval) kilép a szabad térbe (lásd 16.sz. ábrát). A sugárzással létrejövő hőveszteség jelentősen nagyobb ( 66%-os ) hányadot képez az egész folyamatban, mint a konvekció ( 34% ). Ezért is a gyártók elsősorban arra törekszenek, hogy a sugárzási hőforgalom hányadát csökkentsék.

A konvekciós hőszállításnak csökkentésére már történtek biztató kísérletek, amelynél a két üvegréteg közötti kamra levegő tartalmának csökkentésével, vagy akár teljes megszüntetésével kívánnak kisebb energia transzportot elérni. Ezek a vákuumos üvegek, amelynek ismertetésével az alábbiakban foglalkozunk.

## ALACSONY EMISSZIÓS BEVONAT

Nagy előrelépést hozott a hőszigetelő üvegyártásban, a sugárzás útján bonyolódó energiátanszport csökkentésében egy, évtizedekkel korábban alkalmazott eljárás felélesztése, az alacsony emissziós, vagy másképpen a lágybevonatos eljárás bevezetése.

Mielőtt az alacsony emissziós jelenség tárgyalásába kezdenénk, célszerű a fizikai fogalmat rögzíteni

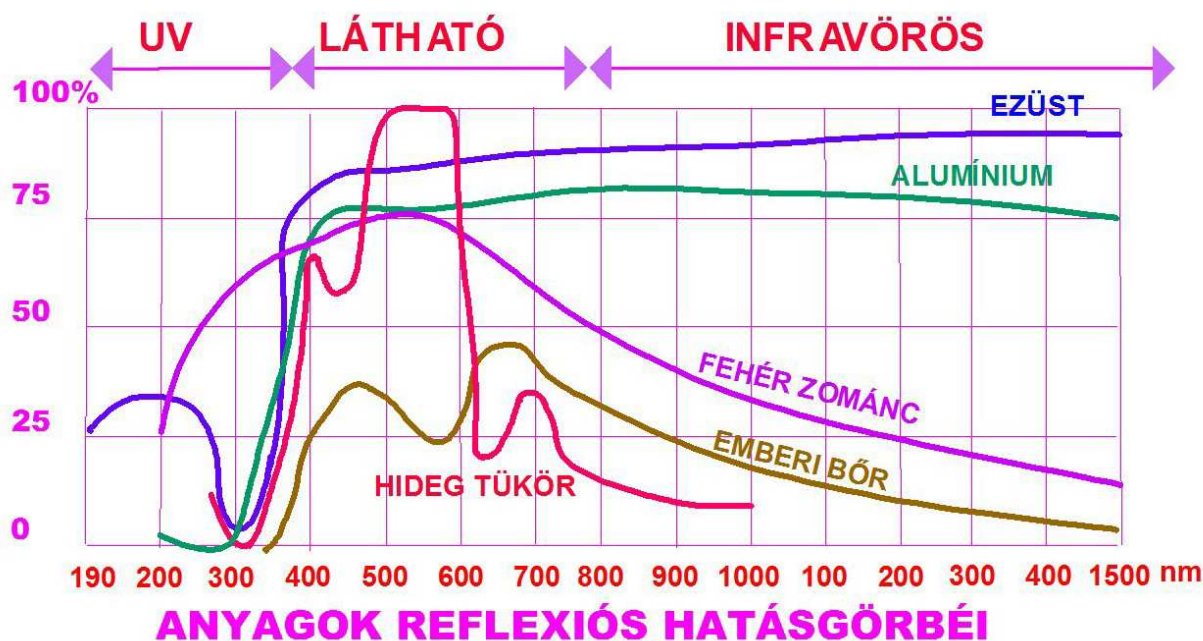
Az **emisszió** magyarul kisugárzást jelent. Minden anyag elnyel és kisugároz sugárenergiát. Az emissziós faktor, a kisugárzott hányad, az abszolút fekete testhez van viszonyítva, egy skálán, amely 0-1 értékig terjed. A tökéletes fekete testnek kisugárzási tényezője 1 (aza minden energiát kisugároz) és a tökéletes tükörnek pedig 0, amely minden sugárzást visszatükröz.

Amikor alacsony emisszióról beszélünk, akkor feltételezzük , hogy a szoba kerülő anyagok hőmérséklete  $-40^{\circ}\text{C}$  és  $60^{\circ}\text{C}$  tartományban helyezkednek el. Az emisszió és reflexio együttes tényezője mindenkor = 1,0. Például az alumínium fólia emissziós tényezője 0,03, következésképpen a reflexiós tényezője 0.97.

ANYAG FELÜLET	EMISSZIÓS TÉNYEZŐ
<b>ALUMINUM FOLIA</b>	<b>0.03</b>
ASZFALT	0.88
TÉGLA	0.90
DURVA BETON	0.91
BEVONAT NÉLKÜLI ÜVEG, MÉSZKŐ	0.91 0.92
POLÍROZOTT, VAGG FEHÉR MÁRVÁNY	0.89 to 0.92
SIMA MÁRVÁNY	0.56
PAPÍR, TETŐ VAGY FEHÉR FELÜLET	0.88 to 0.86
DURVA VAKOLAT	0.89
<b>POLÍROZOTT EZÜST</b>	<b>0.02</b>

17.sz. ábra ÉPÍTŐANYAGOK EMISSZIÓS TÉNYEZŐI

Tájékoztatásul táblázatban bemutatjuk a fontosabb építőanyagok emissziós tényezőit (17.sz. ábra) Kiegészítésül közöljük - mivel nem mellékes a hullámhossz szerinti teljesítmény - az anyagok reflexiós tulajdonságait, mégpedig hullámhosszak függvényében. Mint az ábráról (18.sz. ábra) leolvasható, a rövidhullámú UV tartományban a legtöbb anyag reflexiós képessége alacsony. Viszont olyan anyag, amely minden hullámtartományban egyenletesen képes visszatükrözni, az csak az ezüst és az alumínium. Meglepőnek tűnik, hogy a tükör, feltéve ha hideg, kb. szobahőmérsékleten van, akkor igen jól teljesít, de csa a látható fény tartományában. Tehát téves a fehérre meszelt házakkal kapcsolatos hiedelem, hogy a fehér szín megvédi az épületeket a túlmelegedéstől.



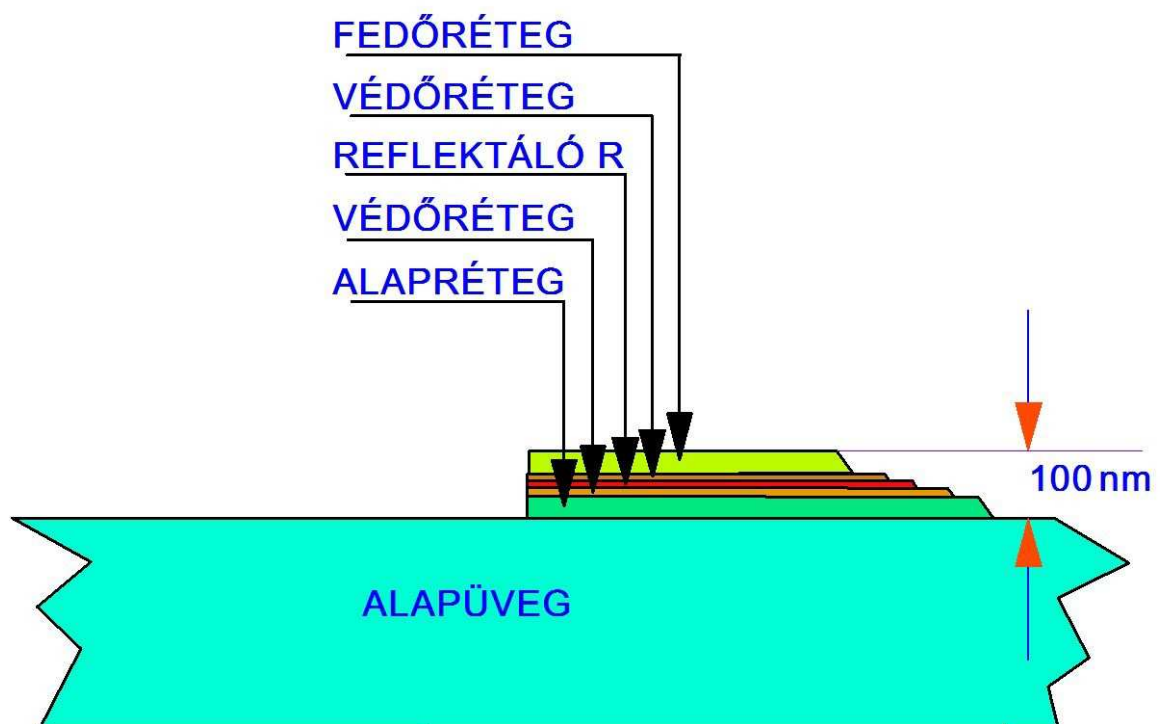
18.sz. ábra ANYAGOK HULLÁMHOSSZ SZERINTI REFLEXIÓJA

Az alacsony emissziós réteget a PPG (a Pitsburgi Síküveg Társaság) fedezte föl, amely a II. világháború idején eredetileg a radarernyők üvegéről az elektrosztatikus töltés hatékony eltávolítását szolgálta. Sok év telt el, amíg valaki rájött, hogy ez a bevonat hatékonyan elősegítheti az üvegezés hővédő tulajdonságát is. A réteg elektromos vezető képességét hamarosan felhasználták a pilótafülkék üvegezésének jégtelenítésére is, azáltal, hogy elektromos áramot vezettek a mikroszkopikus fémszemcsékkel töltött bevonatba.

A védő réteget rápermetezték a forró üvegre, amely azonnal oxidálódott és egy vékony, tartós oxid réteggé alakult. Ezt az eljárást pirolízisnek nevezik. Eleinte ez az eljárás túl költséges és a méreteket illetően kötött is volt, különösen az építőipar számára, amíg meg nem jelent a float technológia, ahol a forró üvegre permetezést egyszerűen a technológiához lehetett illeszteni. Ez történ az 1970-es években. Az eljárás azonban még ekkor sem volt problémáktól mentes.

Jelentős változás a vákuumos rápárolgatás technológia bevezetésével következett be, amely eljárásnál a felhordandó aranyat, ezüstöt, vörösrezt egy vákuumkamrában, ionizált gázsugárral bombázták, s az elpárolgott fémrészecskékből álló, mikroszkopikusan ultra vékony, tartós, láthatatlan (infravörös) hősugarakat visszatükröző fém párákat az üvegre kondenzálják. Ezzel a technológiával jól tudják a bevonat vastagságot, s ezáltal a színt is szabályozni.

A reflektáló réteget több műanyag réteg veszi körbe, mint az alap, védő és fedő rétegek, de mindezeknek az őszvastagsága sem haladja meg a száz nanométert. Lényeges technológiai követelmény, hogy a reflektáló réteg ne érjen ki a távtartó lécz alatt a szabadba, hogy a beágyazott fémrészecskék ne oxidálódhassanak. Ezért az alacsony emissziós bevonatú üvegtábláról a távtartó lécz alatti felületről az alacsony emissziós réteget, az üvegek összeragasztása előtt eltávolítják



19.sz. ábra AZ EMISSZIÓS BEVONAT RÉTEGRENDI FELÉPÍTÉSE

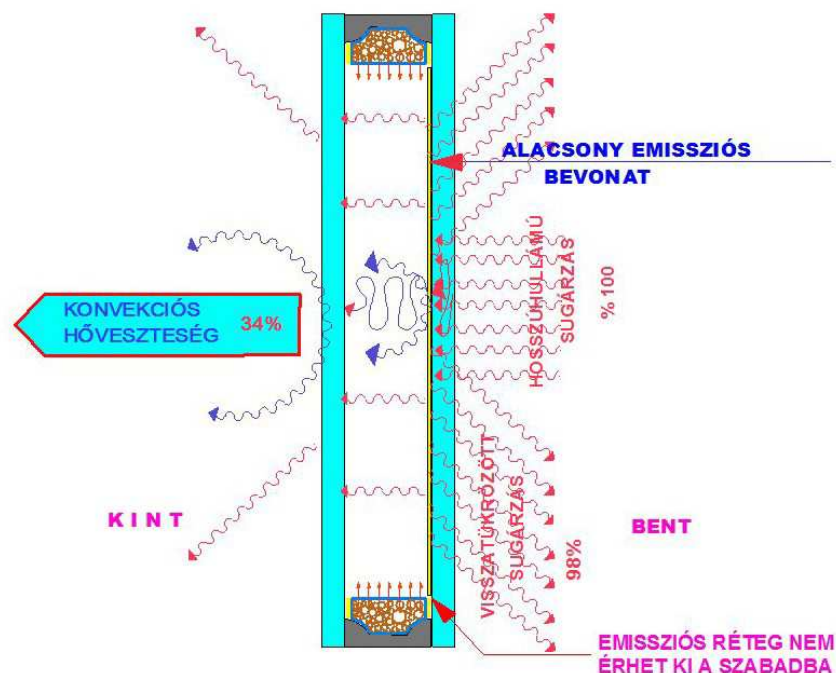
### AZ ALACSONY EMISSZIÓS HŐSZIGETELŐ ÜVEGEK

A hőszigetelő üvegyártásban forradalmi előrelépés történt, amikor a régen már ismert alacsony emissziós technológiát elkezdték újra felhasználni, hogy nagyobb hőszigetelő képességű üvegeket állítsanak elő. Ez a láthatatlan, néhány nanométer vastag bevonat csodát művelt a sugárzás révén végbemenő energia transzport megakadályozásában.

A bevonatot, a hőtükröt a belső üvegtábla kifelé néző felületén kell elhelyezni, amely a belülről kifelé irányuló, az alacsony hőmérséklet következtében nagyon hosszú hullámhosszúságú infravörös hősugarak kilencven százalékát! képes visszaverni. Valójában a belső üvegtábla belső felületén lenne a helye. Azonban minthogy oxidációra hajlamos, s mechanikai behatásokra igen érzékeny, a legideálisabb helye,

mindkét előző szempontból, a belső üvegtábla kifelé tekintő oldalán van. A bevonatban elhelyezkedő ezüst részecskék következtében, a teljes hőforgalomnak, a sugárzásos hőátadás révén lebonyolódó 66%-nak 90 % -át képes visszatükrözni. Ennek köszönhetően jelent meg a piacon az  $U=3 \text{ W/m}^2\text{K}^\circ$  helyett az  $U= 1,1 \text{ U}=3 \text{ W/m}^2\text{K}^\circ$  hőátadási tényezőjű üvegek. A bevonat a kívülről érkező napsugarakat gyakorlatilag csökkentés nélkül bebocsátja, mert azok a látható és az ahhoz közeli tartományban, viszonylag még elég rövid hullámhosszon érkeznek.

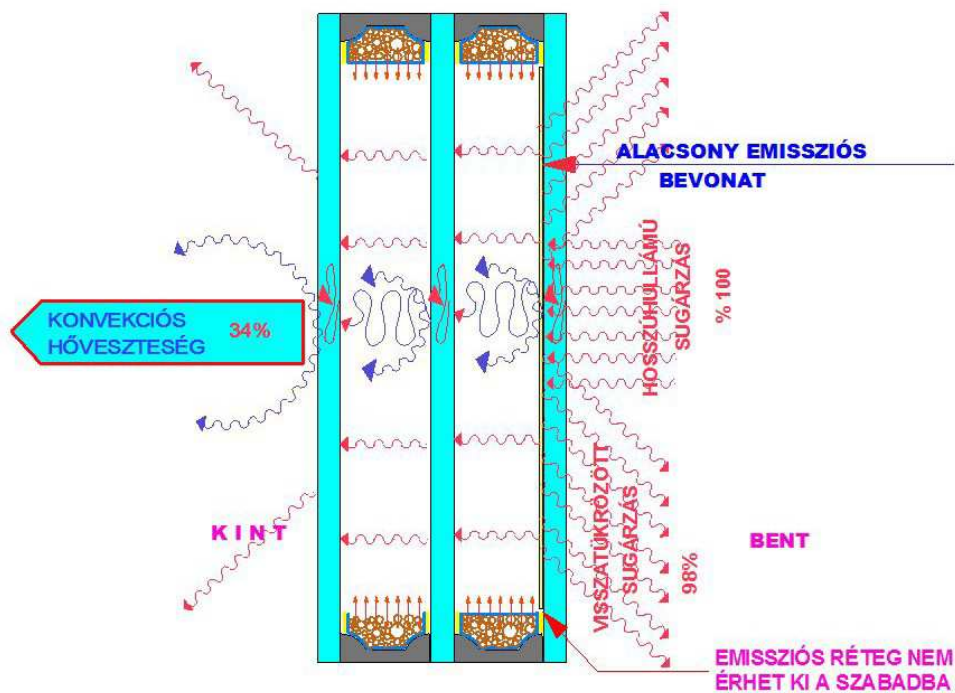
Az ezüstnek itt érvényesül az a sajátos tulajdonsága, hogy szinte minden hullámhosszon képes a sugarak 90%-át visszatükrözni (18.sz. ábra). A hőátadási tényezőt rendszerint argon gáz töltéssel csökkentik, hogy a konvekciós hőátadást fékezzék. A sugárzás révén átjutó energia kívül sugárzással, a konvekciós hőveszteség kívül konvekcióval jut a szabadba.



### ALACSONY EMISSZIÓS ÜVEG MŰKÖDÉSE

20. sz. ábra AZ ALACSONY EMISSZIÓS BEVONAT A BELSŐ TÉRBŐL KIFELEÉ IRÁNYULÓ INFRAVÖRÖS SUGÁRZÁS NAGYOBB HÁNYADÁT VISSZATÜKRÖZI

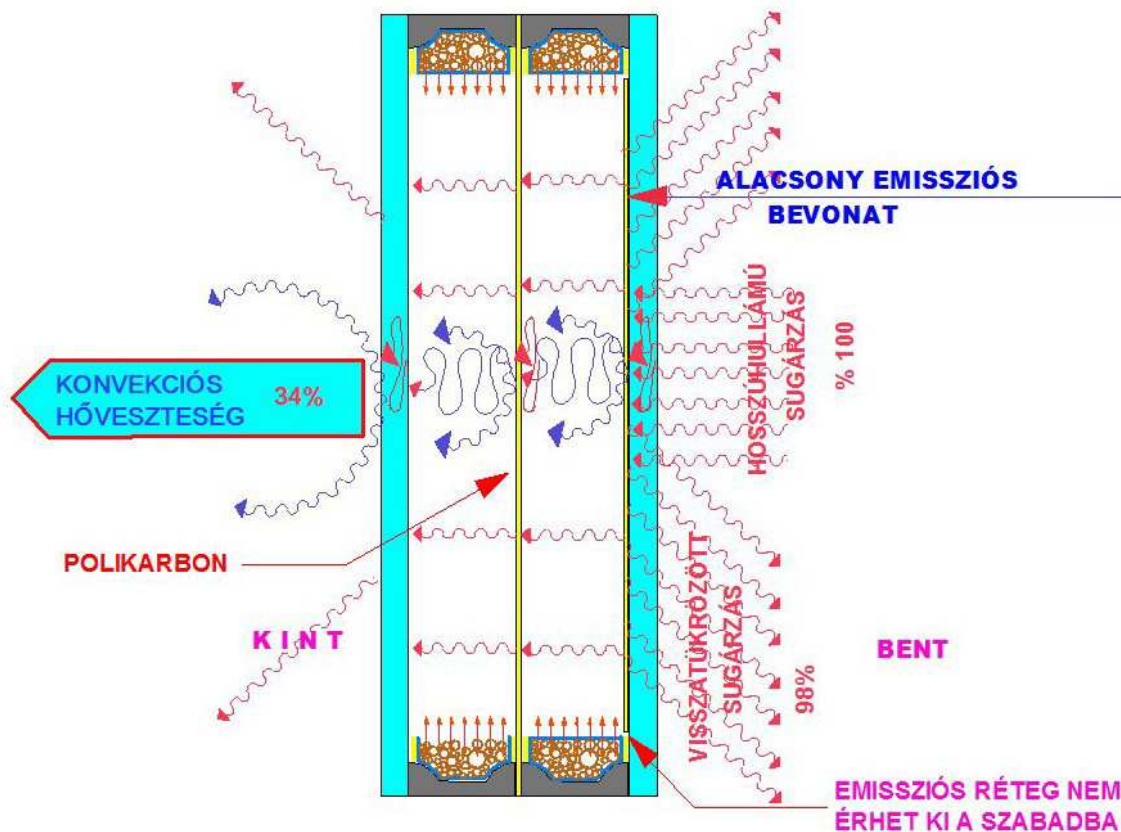
Ha nagyobb hőellenállási érték szükséges, akkor az alacsony emissziós bevonat mellett kettős légkamrát használnak, miáltal a hőátadási érték  $U=0,06 \text{ W/m}^2\text{K}^\circ$  lesz.



### KÉTLÉGMAMRÁS ALACSONY EMISSZIÓS ÜVEG MŰKÖDÉSE

#### 21. sz. ábra KÉTKAMRÁS ALACSONY EMISSZIÓS ÜVEG MŰKÖDÉSE

Nagyméretű nyitható ablakoknál, szerkezeti okokból az üvegezés súlyának csökkentése elengedhetetlen lehet. Erre szolgál az olyan szerkezeti felépítése a hőszigetelő üvegnek, amikor a közbenső üvegtábla helyett polikarbont feszítenek ki, s ezáltal duplázzák meg a légkamrák számát.



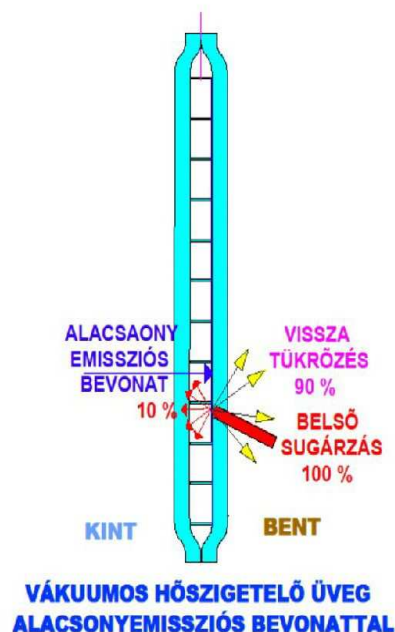
## KÉTLÉGMAMRÁS ALACSONY EMISSZIÓS ÜVEG MŰKÖDÉSE

22. sz. ábra A KÖZBENSŐ ÜVEGEZÉST POLIKARBONNAL HELYETTESÍTIK

### VÁKUUMOS ÜVEGEK

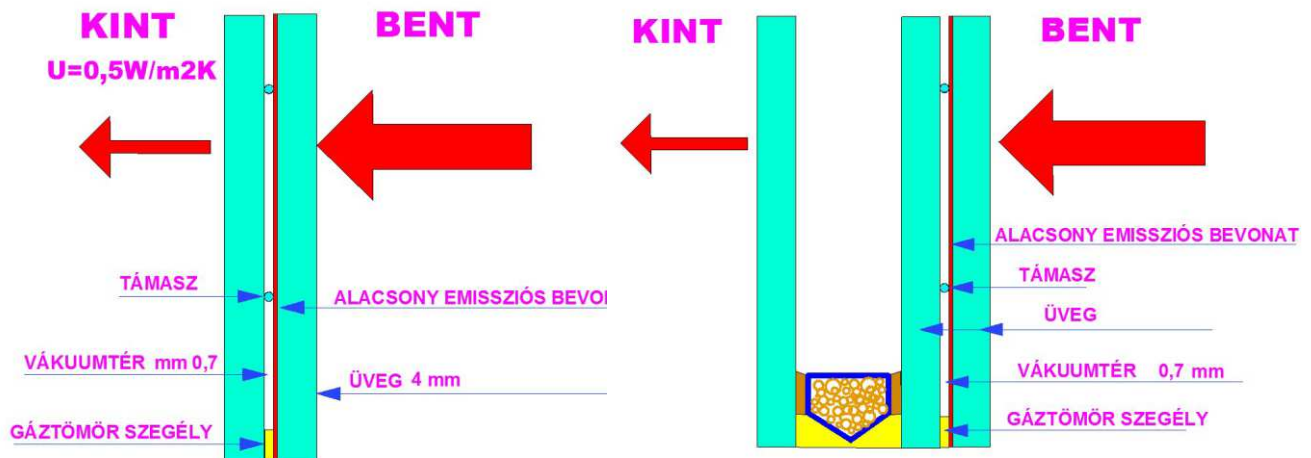
A hőszigetelő üveg hőforgalmának csökkentésére a konvekció hőszállítási tekintetében is folynak kutatások, mégpedig a vákuumos üveg előállítása tekintetében, amely esetben a két üvegréteg között nem is lenne semmilyen gáznemű anyag, amelyek áramlásuk révén hőenergiát továbbíthatnának. Elméletileg biztatónak tűnhet a megoldás, azonban fizikailag jelentős nehézséggel kell megküzdeni a kutatóknak, mert a légnyomás a légkamrát, azaz ebben az esetben a vákuumkamrát közrefogó két üvegtáblát egymásra szorítja. Ausztráliában tettek vákuumüveg előállítására kísérletet, s hogy az üvegek ellenállhassanak a légnyomásnak, a két tábla közé apró kitámasztó oszlopokat helyeztek el. Sajnos optikailag ez a megoldás nem tűnik biztatónak. Túlzottan zavarja a kitekintést.

Nagy nemzetközi hírű üveggyárak tovább kísérleteztek ebben az irányban, s keletkeztek már biztató eredmények. A logikusabb megoldás irányában haladtak, amikor a két üvegtábla között a lehető legcsekélyebb távolságot alkalmazták, hogy a támaszok a legkisebbek lehessenek. Az „egyrétegű” vákuumos hőszigetelő üveggel (vacuum insulating glass:VIG), amely természetesen két tábla közötti





vákuumkamrából áll, már  $U = 0,5$  értéket sikerül elérniük (24.sz. ábra). Optikailag a támaszok nem is mindenki által észlelhető, vagy csak bizonyos szögből vehetők észre. Ilyen üvegek már fölbukkantak a piacon. További kísérletek már gyártási, avagy gyártás előtti állapotba kerültek. További fejlesztés a hagyományos egy, vagy kétkamrás hőszigetelő üveg szerkezet gondolatát használhatja föl, két vagy több vákuumos mikrohézzal és alacsony emissziós bevonattal (25.sz. ábra.).



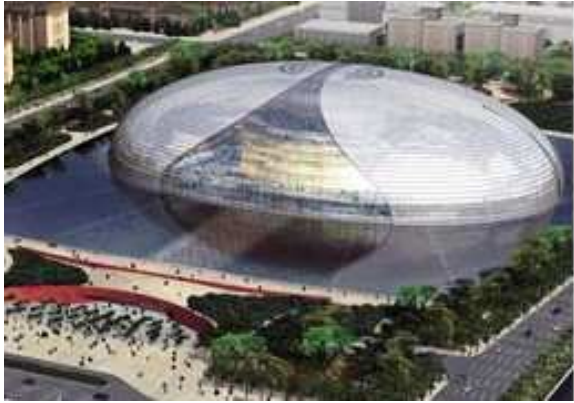
25.sz. ábra „EGYRÉTEGŰ” VÁKUUMÜVEG SZERKEZETI FELÉPÍTÉSE

Úgy tűnik, hogy az üvegipar sikeresen halad hőszigetelési minőség tekintetében a nagyon hatékony üvegszerkezetű térelzárás irányába. Elérhetőnek tűnik az az állapot, amikor már alig keletkezik az épületből kefelé irányuló hőveszteség az üvegezésen át. A vákuumüvegezés sikeres megoldása esetén, amely a konvekciós hőveszteséget a minimumra szorítja, valamint az alacsony emissziós bevonatokkal együtt, akár olyan rétegfelépítést is képes lesz esetleg előállítani, amikor az épületen belül gerjesztett hő, nem csak hogy a fűtésre is elegendő lesz, de fűtési időnyben még a hűtés követelménye is felmerülhet.

26.sz. ábra EGYLÉGKAMRÁS VÁKUUMÜVEG SZERKEZETI FELÉPÍTÉSE

irányzat, a buborék építészet, amely az nagy felületű térzárást nyújtja, s ezáltal a fűtési hőveszteség eleve a minimumra csökken. Viszont a nagy üvegfelület, mint napkollektor működhet, valójában energiát termel, s ez a zöld energia minden egyéb, az épület működését elősegítő célra hasznosítható lesz. Ebből következtethetünk, hogy az építészeti üvegezésnek előreláthatólag kiemelkedő lesz a szerepe a jövő építészetében.





## REFLEXIÓS – HŐSSZŰRŐ - NAPHŐVÉDŐ ÜVEGEK.

Meg kell különböztetni a **hősszűrő** és a **hőszigetelő** üvegeket, mert feladatuk és tulajdonságaik is eltérőek. A **hősszűrő, vagy reflexiós üvegek** tulajdonképpen a **naphő ellen védő üvegezések**. A belső terek naphő okozta túlmelegedése ellen hivatottak védelmet nyújtani. Ezeknél az üvegeknél a külső térből a belső térbe irányuló sugárzás ellen várjuk el a kellő védelmet.

## NAPVÉDŐ ÜVEG

A napvédő üvegek feladata a zárt építészeti terekben a kedvezőtlen hőérzet kialakulásának megakadályozása a túlmelegedő időszakban. Ilyen klimatikus körülmények nálunk nyáron alakulnak ki esetleg késő tavaszi, vagy kora őszi időszakokban is. A jelenség, az épületek helyiségeinek túlmelegedése az építészet által igényelt, egyre nagyobb üvegfelületek megjelenésével tűnt fel. A probléma fokozódott, amikor a hagyományos, nagy tömegű, nagy hőtároló képességű építési technológiát a könnyűszerkezetes építési mód fölváltotta. Az üvegen át belépő energiát - a csekély hőkapacitás következtében - elnyelni nem képes épületek, továbbá a nagyméretűre növekedett üvegezések együttesen elviselhetetlen belső hőérzetet teremtettek nyári időszakokban.

Erre válaszul az üvegyipar, saját eszközeivel megpróbált megoldást találni az építőipar számára és létrehozta a reflexiós, a naphőt visszatükröző üvegeket. Az építészet pedig eufórikusan elfogadta a csillogó megjelenésű, barna, bronz, kék, zöld stb, megjelenésű üvegeket, mert semmilyen fizikai, biológiai ismeretekkel nem rendelkezett ahhoz, hogy akár csak gyanú merülne föl ezekkel szemben, hogy használatuk betegségek, hibák, forrása lehet.

A védő hatást az üvegyipar az üvegezésen áthatolni akaró napsugár valamilyen módon való csökkentésével, optikai eszközökkel kívánta elérni. A cél megvalósítására üvegezés esetében két lehetőség kínálkozik, a **fény szűrése**, vagy **visszatükrözése**. Ennek megfelelően az ipar úgynevezett **abszorpciós** ( szűrő ), vagy **reflexiós** ( tükröző ) üvegeket hozott forgalomba.

Mielőtt a különféle üvegtípusok részletesebb ismertetésére térnénk, célszerű megvizsgálni a kitűzött célt, a követelményt. A belső terek nyári túlmelegedés elleni védelmét akkor lehetne optikai eszközökkel megvalósítani, ha rendelkezésünkre állna olyan üvegezés, amely **ideális szelektivitással rendelkezne**. Ez azt a követelményt támasztaná, hogy az **üvegezés csak annyi fényt bocsásson a helyiségekbe, ami a látás folyamatához szükséges**, s mindazon sugarokat, melyek a látás folyamatát nem segítik, vagyis a láthatatlan tartomány energia hozamát, elsősorban **az infravörös sugárzást tartsa az üvegezésen kívül**. Az ultraviola sugárzás elhanyagolható, mert mint láttuk, egy része nemlátható és energia tartalma is csekély (7%), de a szokványos sikküvegek az UV sugárzás legnagyobb hányadát sem bocsátják át.

A látás folyamatához azonban nem szükséges az egész látható tartomány energiájának bebocsátása, amely a teljes napspektrum energia tartalmának csupán a fele. A hővédelem érdekében elegendő lenne a napfényes időszakban a látható

tartománynak csupán a fele, amely energia hányadot tekintve, kerekítéssel az egész spektrum energia hozamának csupán a 25 %-a .

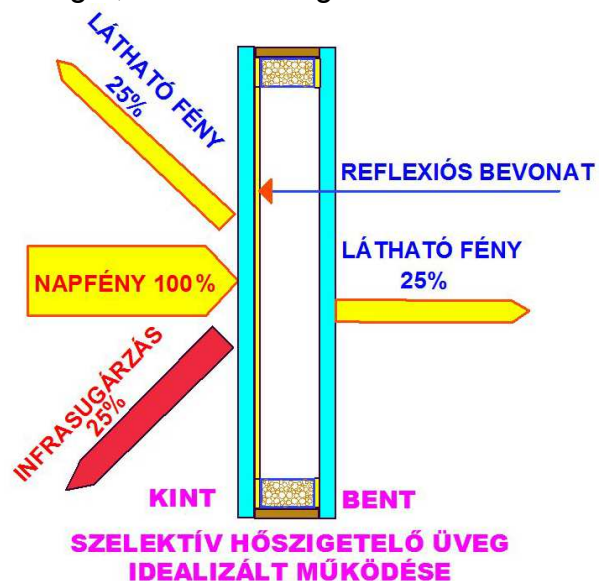
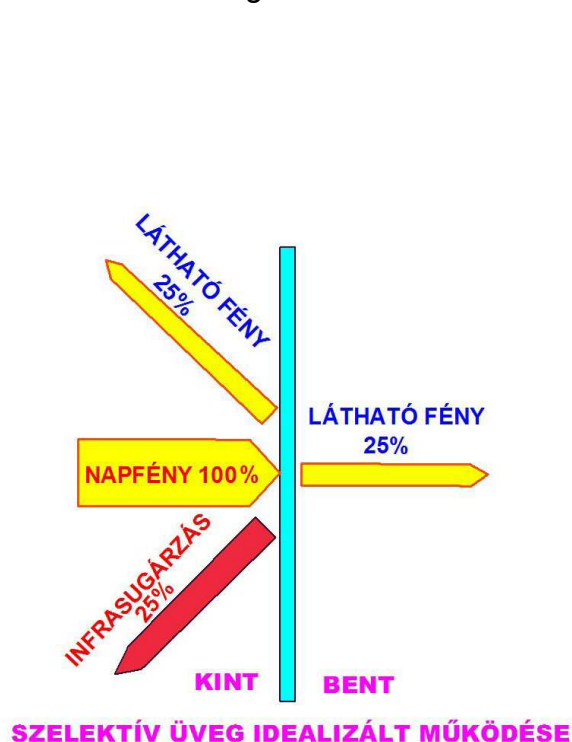
Ha a szelektivitás ideális követelménye megvalósulhatna, akkor a napsugárzás teljes energia hozamának 75 %-a kívül rekeszhető lenne a külső térben, s a naphő elleni védelem üvegezéssel megoldható lenne a látáshoz szükséges folyamatok kellő megvilágítása mellett. A **szelektivitás számszerűen is kifejezhető**, ahol "SZ" a **szelektivitás mérőszáma** ( egynél mindig kisebb érték), "T" az üveg fényáteresztő képessége, "E" az üveg által átbocsátott összes energia □

$$SZ = \frac{T}{E}$$

Mennyisége.

Az ideálisan szelektív üveg tulajdonságait rajzban a 27.sz. ábra szemlélteti. Azonban napjainkig még nem sikerült az iparnak ideálisan szelektív üveget előállítania.

A napsugárzás ellen védő üvegyártmányok valójában lehetnének csupán egyrétegűek, hiszen a sugarak behatolása ellen alkalmazott, az üvegek áteresztő képességét optikailag módosító bevonatok, a napsugárzás szűrését, egy rétegű szerkezettel is meg lehetne oldani. A kettős rétegre, tehát a hőszigetelésre



27.sz.ábra AZ IDEÁLIS SZELEKTÍV  
28.sz.ábra REFLEXIÓS BEVONATOS  
ÜVEG  
HŐSZIGETELŐ ÜVEG MŰKÖDÉSE

nem lenne szükség, mert amikor a napsugárzás túlmelegedést ébreszthet a belső terekben, abban az időszakban viszonylag magas a külső hőmérséklet is, s nem keletkezik nagy hőmérséklet különbség a külső és belső tér között, tehát a kívülről befelé áramló hő ellen nincsen szükség védelemre, hacsak nem klímatiszt a belső tér. Mindennek ellenére, kevés kivétellel a napvédő üvegeket rendszerint kettős üvegréteggel, hőszigetelő üvegeként hozzák forgalomba, mert az üvegezés nem

cserélhető a klimatikus viszonyok változása szerint. Ennek magyarázata az, hogy a hő és naphő ellen védő tulajdonságokat egy szerkezetben egyesítik.

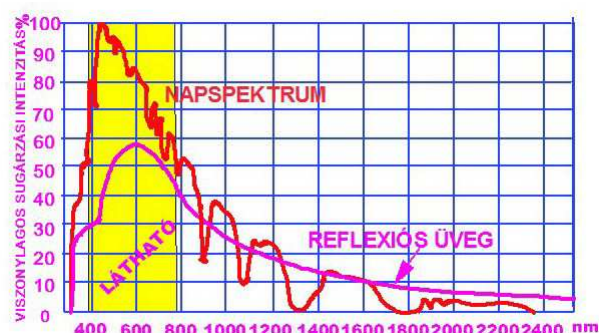
Mint minden öszvér megoldásnak, amelynek több feladatot kell ellátni, tulajdonsága, hogy egyiket sem lesz képes a legmagasabb szinten teljesíteni, így a hőszigetelő üveggel kombinált napvédő üvegezésnek számos hátrányos következménye van. **A hátrányokkal alábbiakban még részletesen foglalkozunk.**

A külső térből a **belsőbe irányuló hőáram által közvetített energia nagyobb hányada sugárzás útján bonyolódik le**, mégpedig **időben késleltetés nélkül**. Nem a meleg levegő okozza az épületek túlmelegedését, ezért a védelem fizikai eszközei ehhez a hőközlési módhoz, a sugárzási energia csökkentésére irányulnak. A napsugárzást azáltal lehet csökkenteni, hogy az **üveg sugárzást szűrő hatását fokozzák**, vagy ha a **sugárzást visszatükrözik a külső térbe**. Ennek megfelelően az üvegipar a szűrés és tükrözés feladatát ellátó üvegyártmányokkal igyekszik a feladatot megoldani.

**Reflexiós üvegek**, mint az elnevezés is mutatja, visszatükrözés révén a napsugarak egy részét nem bocsátják át, hanem visszatükrözik. A gyártók az alkalmazott tükröző bevonat összetételével tudják szabályozni, melyik hullámtartományban legyen hatékony a tükröződés, de ez a tulajdonság nem szabályozható korlátlanul és hullámhosszaktól függetlenül. A reflexiós üvegek azáltal látják el a naphő elleni védelmet, hogy a látható tartományban csökkentett, míg a látást nem segítő infravörös hullámhosszakon jelentősen kevesebb energiát bocsátanak át. Az átbocsátás hullámhossz szerinti arányok, csak bizonyos korlátok között szabályozhatók. Példaként egy korábbi időben használt reflexiós üvegyártmány, az AURESIN transzmissziós ábráit szemléltetik a **29, 30.sz.ábrák**.



**29. sz. ábra** AURESIN 1 REFLEXIÓS ÜVEG ÁTBOCSÁTÁSA



**30. sz. ábra** AURESIN 1 REFLEXIÓS ÜVEG ÁTBOCSÁTÁSA

Az ábrákról leolvasható, hogy az ideális szelektivitás, ezeknél az üvegeknél messze nem teljesül. Az 1 típusú üvegnél a látható tartomány energia hozamát alig csökkenti, az infravörös tartományban pedig alig hatékony a napspektrumhoz viszonyítva. A 2 típusú üveg reflexiós teljesítménye valamivel jobb, de nem elegendő ahhoz, hogy egy adott helyiséget megvédjen a túlmelegedéstől. Minden üvegyár számtalan variációban és színben, rétegrenddel kínálja gyártmányait, ezért itt nincsen lehetőség akár csak további transzmissziós diagramok bemutatására. De alapszabály, hogy **bármilyen üvegezés kiválasztásánál, a döntéshozónak kötelessége az adott üveg paraméterei és főképpen a transzmissziós görbéit beszerezni, megismerni, értékelni, hogy hibás döntést ne hozhasson**. A reflexiós üvegezés széles körben elterjedt a világ építészetben, divatból és hibásan, mert felhasználóknak semmi ismerete nem volt a következményekről.



**31.sz. ábra** A REFLEXIÓS ÜVEG SZÍNE A TÜKRÖZÉSRE HASZNÁLT FÉMOXID FAJTÁJÁTÓL FÜGG

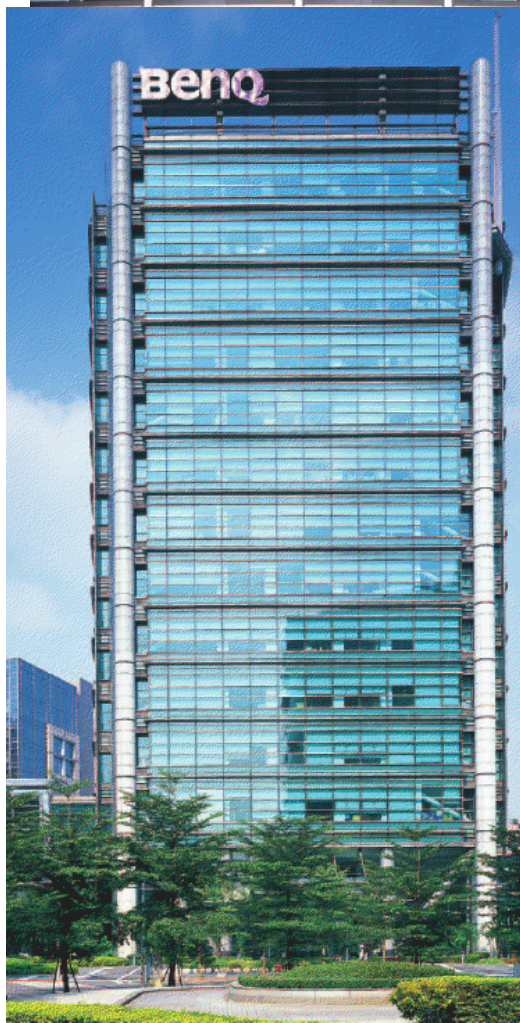
A tükröző üvegeket hatékonyságát csak azáltal lehet növelni - feltéve a jó szelektívási tulajdonságokat, vagyis, ha az infra tartományban igen csekély az áteresztő képességük - hogy a látható tartomány átbocsátó képességét is tovább csökkentik. Ezzel azonban olyan állapot teremődik, hogy - a változó külső időjárási viszonyok miatt - akár **nappal is mesterséges világítást kell használni nyári napokon is** ! Az üvegek szelektívását számszerűen megadják a gyártók pl. a **29.sz.ábrán** bemutatott "Auresin 1" elnevezésű üveg spektrális átbocsátásának számszerűsített adata 66/44 és a **30. sz.ábrához** tartozó „AURESIN 2,„ szelektívási szám 55/42. Ezek a számok a fény és az összenergia átbocsátás viszonyszámait, tehát a szelektívást fejezik ki. A számlálóban a látást segítő hullámhosszakon, tehát a látható tartományhoz tartozó fény, a nevezőben az összes hullámtartományban bebocsátott összes energia tartalom jut kifejezésre. A gyártók által közölt szelektívási számon felül, célszerű a spektrális átbocsátás görbét is ellenőrizni, mert a hullámhossz szerinti megoszlás ismerete nélkül helytelen döntés születhet..

A tükröző hatást fémek – mint ezüst, réz, bronz, nikkel stb. - oxidjaiból készített, félig fényáteresztő réteg felhordásával érik el. A felhasznált fémtől függően az üveg színe és reflexiós tulajdonságai is széles skálán megválasztható (**31.sz. ábra**) A réteget előállíthatják vegyi úton pl. mártásos felhordással, beégetéssel (pirolízissel), de újabban többnyire csak vákuumos rágőzölögtetést alkalmaznak. Maga a fényt visszatükröző optikai réteg csak 0,01 $\mu$  vastagságú, de az egész bevonatrendszer,

amely egy tapadó, tükröző, majd záró-védő rétegből áll, összesen az is csak 0.1 $\mu$  "vastag".

Minthogy a rétegszerkezet nagyon vékony, ezért sérülékeny is. Ezért a **tükröző-napvédő üvegek önmagukban nem használhatóak**, hanem csak hőszigetelő üveggént, két üvegtáblát összeépítve. Ilyenkor a tükröző bevonat a légkamra felé fordítva befelé nézve a **külső üvegtábla belső felületére kerül** ( **28.sz. ábra** ), hogy a napsugár a legrövidebb utat tegye meg az üvegben s ezáltal elkerülhető legyen az üveg felmelegedése. Ideálisan a tükröző rétegnek a külső üvegtábla külső felületén lenne a helye, hogy a tükröződés minél tökéletesebb legyen. Cél az lenne, hogy a fénysugár egyáltalán ne hatoljon be az üvegbe. Annak ne okozhasson még némi felmelegedést sem, valamint az üvegtábla külső (szabadtéri) tükröződő felülete, ne okozhasson másodlagos visszatükrözést a kifelé haladó fénysugárnak, amely a belső reflexiós rétegről indult el. De az elmondottak miatt, védelem szempontjából a **tükröző felületnek belülré kell kerülnie**.

Árnyékolás technika szempontjából, a **reflexiós üvegezésnek nagy hátránya**, hogy a **tükröző rétegre a mi klímánkon csak pár hónapon át lenne szükség**, de akkor sem a nap egész időszakában, hanem rendszerint néhány órán át, amikor az adott homlokzatot napfény éri.



32.sz. ábra HELYESEN ÜVEG ELŐTT 33.sz. ábra HIBÁSAN AZ ÜVEGEZÉS ELHELYEZETT ÁRNYÉKOLÓK MÖGÉ HELYEZETT ÁRNYÉKOLÓK

A téli napfény csökkenett bebocsátása mellett **további nagy hátránya a reflexiós üvegezések**, hogy önmagában, egy vagy két kiegészítő megoldás nélkül képtelen teljesíteni a naphő elleni védelmet. Hogy hőkényelmet lehessen elérni a benapozott reflexiós üvegezés mögött, legalább tízszeres légcserére, klímatiszításra, vagy árnyékolás is szükség van. A hőszűrő üvegezés elégtelen teljesítményét igazolja szerző által Brüsszelben egy hétfői napon készített, számtalan felvétel, amelyekből itt két képet mutatunk be. A motorikusan működtetett árnyékolók szakszerűen üvegezés előtt vannak elhelyezve egy keskeny karbantartó galériával **32.sz. ábra**. A totonyházban (**33.sz. ábra**) az árnyékolókat az üvegezés mögé szerelték föl. Ez azért hibás

megoldás, mert a napfénynek az az energia hányada, amely rövid hullámhosszon képes áthatolni a reflexiós üvegen, többé onnan nem távolítható el. Fűti a belső teret. Ellensúlyozásához hűtésre van szükség!

Mindkét ábrából érdekes tanulság vonható le. Mindkét épületnél az árnyékoló rendszer nem motorikus hanem kézi kezelésű. volt, A hétvégére készülő dolgozók gondoltai már a szűnnapon és nem az árnyékolók kezelésén járt.

### 34.sz. ábra REFLEXIÓS ÜVEGEZÉS ÜVEGEZÉS MÖGÖTTI ÁRNYÉKOLÁSSAL

Időben, még ennél is kevesebb a reflexiós üvegezés” jószolgálat”, mert amikor a napsugár beesési szöge eléri a hatvan fokot, attól kezdve a transzmisszió rohamosan csökken és a reflexiós rétegnek már alig, vagy nincs is szerepe.

**A naphő elleni védelem reflexiós üveggel azért is hibás elgondolás, mert a napfény bejutását akkor is akadályozza, amikor a fény és hősugarakra biológiailag és energiatakarékossági okokból szükség lenne.** Megakadályozza a napenergi passzív hasznosítását.

A tükröző bevonatos üvegek, amelyek több elnevezés alatt kerültek forgalomba, színtorzulást okoznak. Az ilyen üvegen kitekintve a színeket másképp látjuk. Például az ég kékje szürke, barna stb. színű is lehet. Az ég kékje megváltozik, kicsit a fedett, borult ég benyomását kelthetik. Az ilyen hatások hosszas tartózkodás esetén **pszichés zavarokat kelthetnek, különösen a nőkben.**

A megváltozott spektrális összetétel **az ember hormontermelését is hátrányosan megzavarja.** A tudomány álláspontja szerint, az ember hormontermelése olyan



mértékben válik megzavarttá, amilyen mértékben a fény spektrális összetevői különböznek a természetes fény spektrumától. Könnyen belátható az állítás igazsága, hiszen az ember sokszázezer éves evolúciós fejlődése minden nap a természetes fény alatt ment végbe. Biológiai következmények nélkül nem lehet hirtelen a megvilágítás huzamos időre megváltoztatni

A fény hormontermelést szabályozó biológiai szerepéről a Fény Biológia Hatásai, című fejezetben részletesen szoltunk. **A reflexiós üveg további jelentős hátránya, hogy általa önmagában nem lehet megoldani a hatékony naphő elleni védelmet**, hanem egyéb kiegészítő módszerekhez is kell folyamodni a beltéri nyári hőkényelem eléréséhez. Ilyen eszközök lehetnek a magas légcserre számú szellőztetés, vagy a levegő hűtése és - mint ezt tömeges példa igazolja - a külső árnyékolók használata. Felvetődik a kérdés, hogy ha a célnak az ilyen üvegezés valójában nem felel meg, akkor **miért alkalmazzák** olyan széles körben? Magyarázat abban kereshető, hogy a reflexiós üvegek, bronz, arany kékes stb. színű **csillogó megjelenése vonzó** és a **döntéshozó ismeret deficit következtében nem ismeri az ilyen üvegezés biológiai, pszichológiai, energia takarékosági stb. hátrányait.**

A reflexiós, tükröző, optikailag módosított üvegek igen sok hátránya ellenére, ezek használata a világban szélesesen elterjedt (.....sz. ábra ). Mind ez annak köszönhető, hogy a tervezők nem vizsgálták meg sem épület fizikai, sem biológiai szempontból használatuk következményeit, eufórikus elragadtatásukban csillogó színes látvány vezérelte döntésüket. Újabban már lecsengőben van alkalmazásuk, de az üvegyárak kínálatában ma is bőséges választék található, s számos helyen megjelenik az új létesítményeken is.



...sz. ábra REFLEXIÓS ÜVEG VILÁGSZEMLE

## NAPHŐVÉDŐ REFLEXIÓS ÜVEGEK HASZNÁLATÁNAK HÁTRÁNYAI RANGSOROLÁS NÉLKÜL

### 1. A NAPPÉNYT SZŰRŐ ÜVEGEK NEGATÍV PSZICHÉS ÉS BIOLÓGIAI HATÁST KELTENEK

A látható tartományban bekövetkező ( a kültérbe visszatükrözött 25-50 %-os )  
fényvesztés, a belépő fény hullámhosszainak módosulása, a spektrum torzulása,

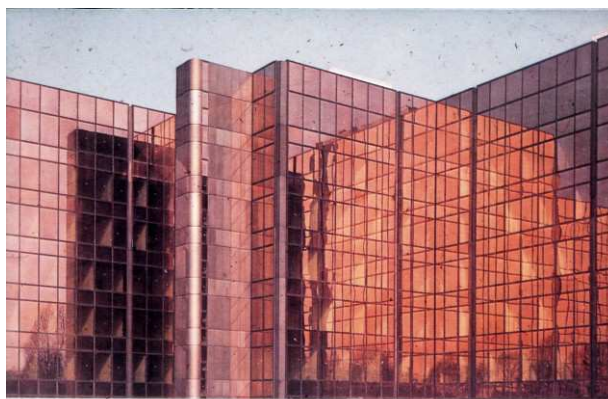


.....sz. ábra AZ REFLEXIÓS ÜVEGEZÉS MEGZAVARJA A HORMONTERMELÉST

kedvezőtlenül befolyásolja a természetes fény hatására termelődő hormonokat (adrenalin, kortizon ), s ezért a huzamos tartózkodásra szolgáló helyiségeket használók, elsősorban a nők, biológiai egyensúlya megbomolhat. A hatékony naphő szűrő üvegeken keresztül a kék égbolt is szürkének-barnásnak látszik, s ez a látvány pszichésen negatív, depressziós hatást kelthet. Ezért a huzamos emberi tartózkodásra szolgáló helyiségekben az optikailag módosított üvegek használata biológiai kockázatos és ártalmas.

### 2. A NAPHŐ ELLEN VÉDŐ ÜVEG FÉNYIGÉNYES IDŐSZAKBAN IS CSÖKKENTI A FÉNYT

A naphő ellen hatékonyan védő üveggel üvegezett ablakokon át a természetes fény csak jelentős mértékben csökkentet hányada léphet be a helyiségekbe. Ez, a fényt erősen szűrő üvegezés abban a fényszegény időszakban sem távolítható el, amikor a fény már nem okoz túlmelegedést, azaz kellemetlen hőérzetet az épületben. Következésképpen a fényszegény napszakban és évszakban is megakadályozza az amúgy is alacsony intenzitású fény nagyobb részének a bejutását a helyiségekbe. A



## **...sz. ábra A REFLEXIÓS ÜVEGEZÉS EGÉSZ ÉVBEN INDOKOLATLANUL GÁTOLJA A NAPFÉNY BEJUTÁSÁT TÉLEN IS**

hazai égövön és általában a temperált égövön az úgynevezett túlmelegedő időszak rövid, s ezen belül sem fordul elő folyamatosan olyan meteorológiai helyzet ( egy-egy nyári napon is csak rövid időre alakul ki hőkényelmetlenség), amely állandó fényvédelmet-hővédelmet követelne. Ilyen klimatológiai állapot csak a forró trópuson ismeretes. A fényt erősen szűrő, csökkentő üvegezés alkalmazásának az a következménye, hogy mesterséges fényrel - indokoltan energiafogyasztással- kell pótolni a fényhiányt. A hibás döntés, a fénycsökkentő üveg használata nyomán kényszerből alkalmazott mesterséges fény minden biológiai, pszichológiai hátrányát kényszerülnek elviselni a napszűrő üveg mögött tartózkodók az év háromnegyed részében. Mindezen fölül a fényszűrő üvegek használata ellentétes az energia takarékoság gondolatával is.

### **3. A NAPHŐ ELLEN VÉDŐ ÜVEG GÁTOLJA A NAPENERGIA PASSZÍV HASZNOSÍTÁSÁT**

A naphőtől védő üvegezés rendeltetése, hogy minél több láthatatlan sugárzást, amely nem segíti a látás folyamatát ( tehát az infravörös hullámtartományban érkező sugárzást ), minél nagyobb mértékben kirekeszse, továbbá a látható tartománynak - amelynek ugyancsak jelentős az energia hozama - legalább a felét kiszűrje, hogy végül is csökkentse a helyiségek napsugár okozta túlmelegedésének veszélyét. Ha tehát a célt jól szolgáló üvegezés készül, akkor az évnek legalább fele idejében,



amikor már a napsugár okozta többlet hő segíthetne a fűtési energia egy részének megtakarításában, azaz az épület passzívan hasznosíthatná a naphőt, az üvegezés szűrő hatása ezt a folyamatot megakadályozza. Tehát akadályozza a megújuló energia hasznosítást, ezáltal a fosszilis eredetű energia fogyasztás csökkentését, amely a legfőbb célkitűzései közé tartozik az ökológikus építészetnek a környezeti ártalmak csökkentése érdekében.

### **4. A NAPHŐ ELLEN VÉDŐ ÜVEG ÖNMAGÁBAN KÉPTELEN KELLŐ HŐVÉDELMEET NYÚJTANI**



A naphő ellen még jó hatásfokkal védő reflexiós üveg sem képes önmagában olyan fokú hővédelmet nyújtani az üvegezés mögötti helyiségeknek, amely kielégítené a temperált égöv alatt a nyári

kánikula idején a hőkényelem követelményét. A



naphővédő üveg alkalmazása - a kellő hőkényelem elérése érdekében - megköveteli a másodlagos eszközök együttes használatát. Ezek lehetnek vagy igen magas ( 10-15-szörös ) légcsereszámú működő mesterséges szellőzés, vagy kisegítő hűtés, klimatizálás, illetve árnyékoló szerkezetek. Azonban csak légcserével nem lehet a mindenkori külső léghőmérséklet szintet elérni, a belső

léghőmérséklet a légcsereszámúól függően mindenkori 2-4 fokkal mindenkori magasabb lesz.

## **5. NAPVÉDŐ ÜVEGEZÉSŰ HELYISÉGEK A SZOKÁSOS MÓDON NEM SZELLŐZTETHETŐEK**

A napvédő üvegezésű ablakok - ha azok egyébként felnyitható szárnyakkal rendelkeznek - rendszerint épen azokban az órákban nem nyithatók ki, amikor a napsugár az ablakfelületet éri, azaz a helyiség a legnagyobb naphőterhelésnek van kitéve, mert felnyitásával megszűnik az üvegezés szűrő hatása, tehát a reflexiós üveg legfőbb célkitűzése hiúsul meg. A vízszintes tengelyű billenő, vagy a jól tájol függőleges forgó ablakok esetében a felnyitás nem akadályozná a napvédelem teljesülését. Azonban megoldatlan légtömörsegi okok miatt napjainkban ilyen ablakok forgalmazását szabványok tiltják.

## **6. A TÜKRÖZŐ, SZÍNES HATÁSÚ ÜVEGEZÉSEK IDŐVEL ESZTÉTIKAILAG TÖNKREMENNEK**

A naphőt szűrő üvegezés technológiája folyamatos fejlesztés alatt áll. Bizonyos idő elteltével az adott üvegezés azonos megjelenésű, színű, tónusú üveggel már nem helyettesíthető, mert a gyártási technológiát többé már nem alkalmazzák. Az üveg törékeny anyag, s elkerülhetetlen a törés kár. A szokás szerinti ötven éves épület-élettartam alatt számos ablak újraüvegezése töréskár miatt szükségessé válik. A



hőszigetelő ( termopán ) üvegezés élettartama 25-30 év. A tönkremenetel nem egyidejű, hanem a fizikai terhelés körülményeitől függően változó. Tehát ebből a folyamatból is keletkezik újraüvegezési kényszer. Ezeknek a következménye, hogy az épület üvegezése előbb vagy utóbb foltossá, tarkává, esztétikailag kellemetlen megjelenésűvé válik. Ennek következtében elvész az a legfőbb ( vonzó, látványos ) tulajdonsága, amiért az építészek rendszerint használatuk mellett döntenek. A tájékozottak körében ugyanis ismert, hogy az tény, hogy reflexiók üvegekkel a naphővédelem nem oldható meg hatékonyan.

## **7. A NAPVÉDŐ, TÜKRÖZŐ ÜVEGEK HASZNÁLATA JELENTŐS TÖBBLET KÖLTSÉGET OKOZ**

A naphőt szűrő üvegek önmagukban is jóval magasabb költségűek, mint a szokványos átlátszó üvegek. A hatékony naphő védelem csak akkor jön létre, ha a napsugárzásnak, a látható tartományban is számottevő hányadát az üveg képes kívül rekeszteni az épületen. Ebből következik, hogy a megvilágítási szint a fényáram csökkentésével arányosan változik. Ezt elkerülendő, a hátrány egyensúlyozására nagyobb üvegfelületek készülnek. A nagyobb üvegfelületeknek nagyobb a költsége, de minthogy hőszűrő az üvegezés, azért az üvegminőség is növeli a költséget. Továbbá az épületek ablakai azok amelyek a legnagyobb hőforgalmat bonyolítják le, azaz télen az üvegezett felületen keresztül a legnagyobb a fajlagos hőveszteség. A megnövelt fűtési energia költség további növelő tényező. Végül említést érdemel az a tény, hogy az üvegezett felület csak akkor felel meg rendeltetésének, ha azt rendszeres karban tartják, tisztítják. A nagyobb üvegfelület karbantartása is nagyobb.

## **8. A NAPSUGARAT SZŰRŐ ÜVEG KIZÁRJA AZ ULTRAVIOLA SUGÁRZÁST**

Az üvegezés elnyeli a teljes UV-B tartományt és az UV-A jelentős részét, de utóbbinak bizonyos hányada még bejut az optikailag nem módosított, szokványos átbocsátású üvegen keresztül. A tükröző, vagy egyéb optikailag módosított üvegek a maradék csekély ultraviola sugárzás bejutását is megakadályozzák.

## **9. A TÜKRÖZŐ ÜVEGEZÉS KEDVEZŐTLEN KÖRNYEZETI HATÁST OKOZ**

A tükröző üvegek a visszavert fény és hősugarakkal megterhelik a környezetet. Az



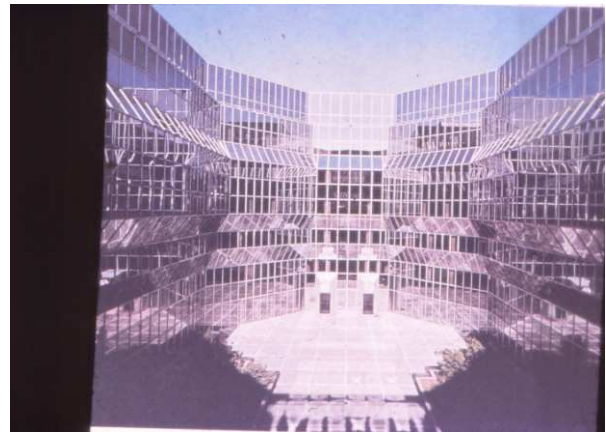
elhárított, kellemetlenséget okozó sugárzást a környezetnek kell elviselnie, adott esetben a szemben fekvő házaknak. Vakítást, káprázást okoz, akár több kilométeres távolságra is. Fókuszáló sugarak a környezet, közlekedés biztonságát veszélyeztetik, mint ahogyan ezt számos kereszteződésnél történt karambol bizonyítja.

## 10. A TÜKRÖZŐ ÜVEGEZÉS TERMÉSZETVÉDELMILEG KÁROS HATÁST FEJT KI

A tükröző üvegek tömeges madárelhullást okoznak a migráció idején, különösen a magasházak esetében. A madarak rendszerint éjjel kelnek útra, részben, mert a csillagok szerint tájékozódnak, részben mert így védekeznek a ragadozó madarak ellen. A tükröző üvegezésű magasházak megtévesztik a madár rajokat és pusztulásukat okozza. A reflexiós üvegezett magasházak környékéről reggelenként tömegesen kell eltakarítani a madár tetemeket

## 11. A TÜKRÖZŐ ÜVEGEZÉSŰ ÉPÜLET TERMÉSZETELLENES MEGJELENÉSŰÉ VÁLIK

A túlzottan tükröződő üvegezésű épületek megjelenése gyakran indokolatlan, meg nem érdemelt hangsúlyt nyernek funkciójukhoz képest, versenyre kelve más fontos



feladatú, történelmi múltú épületekkel. A fokozódó versenyben elszaporodásuk városrészek esztétikai sematizálódó tönkremeneteléhez vezethet. Megjelenésük rideg, emberidegen, szélső esetben pöffeszkedő hatású is lehet. Több szomszédos reflexiós üvegezésű épület együttese kellemetlen arculatúvá, élettelené válhat, a visszatükrözött napenergiát egymásra sugározzák.

## 12. A TÜKRÖZŐ, SZÍNES ÜVEGEK ALKALMAZÁSI KÉNYSZERT GYAKOROL

A napvédő üveget azon a homlokzaton is kényszerülnek alkalmazni, amelyet valójában nem éri túlmelegedést okozó napsugárzás, mert a kétfajta üvegezés egy épület szomszédos homlokzatain esztétikailag nem megengedhető megjelenéshez vezet.

### ÖSSZEFOGLALÁS VÉGE

**A reflexiós üvegek használata nem ajánlatos a huzamos emberi tartózkodásra szolgáló helyiségek megvilágítására! A naphő elleni védelem egyedüli korszerű megoldása az olyan üvegezésen kívül működő árnyékoló szerkezetek, melyek mozgathatóak és eltávolíthatóak az üvegezés elől, továbbá az általuk bebocsátott fény mennyisége és minősége széles határok között változtatható, kizárja a nagy**

intenzitású közvetlen napfényt és csak a kisintenzitású szórt fényt bocsátja be, amely nem okozhatja a helyiség túlmelegedését, de ugyanakkor jó kitekintési viszonyokat is teremt. Ezek az árnyékoló rendszerek vagy a zsaluziák, vagy bizonyos rendszerű, anyagú és szövésű rollok. Utóbbinál a szabad kitekintés követelménye csak korlátozottan teljesül, mert rendszerint csak korlátozottan áttekinthetőek. Az árnyékolóknak nyitható üvegezés esetében lehetővé kell tennie az ablakok akadálytalan feltárását, a hőkényelmet elősegítő légmozgás megteremtését és fokozását a belső térben, továbbá az energiaigényes klíma, vagy hűtőberendezések használatának kiküszöbölését. Az árnyékolás technika témája – terjedelme okán - egy teljeseen új fejezetet igényel, ezért tárgyalásától el kell tekintenünk.

## **NAPVÉDŐ ÜVEGEK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI**

A reflexió, napvédő üvegek alkalmazására az elmondott számos negatív tulajdonságuk ellenére mégis sor kerülhet bizonyos esetekben. Ezek az alábbiak lehetnek.

### **1. SZÉLJÁRÁSNAK KITETT KÜLÖNÖSEN MAGAS ÉPÍTMÉNYEKEN**

A napvédelem ezeken az épületeken is megoldható árnyékoló szerkezettel, pl. egy harmadik külső, védő üvegtábla mögötti elhelyezéssel, ahol viharbiztos a használata.

**2. ÉPÜLET REKONSTRUKCIÓK, PÉLDÁUL MŰEMLÉKEK ESETÉBEN,** ha az nem szolgál huzamos emberi tartózkodásra

**3. JÁRMŰVEKEN, MUNKAGÉPEKEN**

**4. NEM HUZAMOS EMBERI TARTÓZKODÁST SZOLGÁLÓ ÉPÍTMÉNYEKEN, PL. SZÁLLODA, KIÁLLÍTÁSI CSARNOK, ÁRUHÁZ**

**5. AHOL A BETEKINTÉS KÖVETELMÉNY, DE A SZÍNTORZULÁS NEM JÁTSZIK SZEREPET**

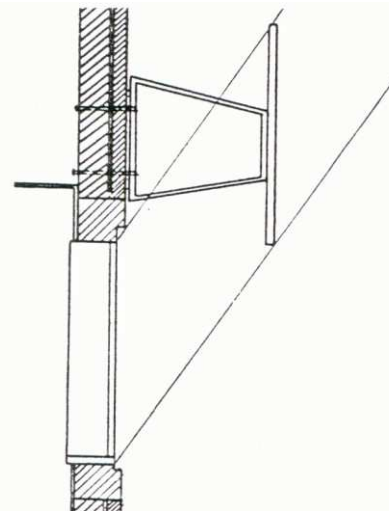
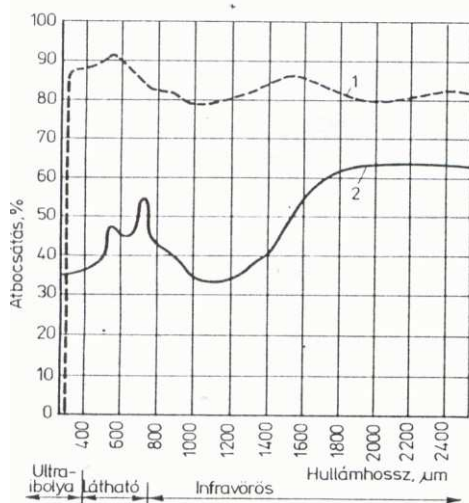
**6. MŰTÁRGYAKON**

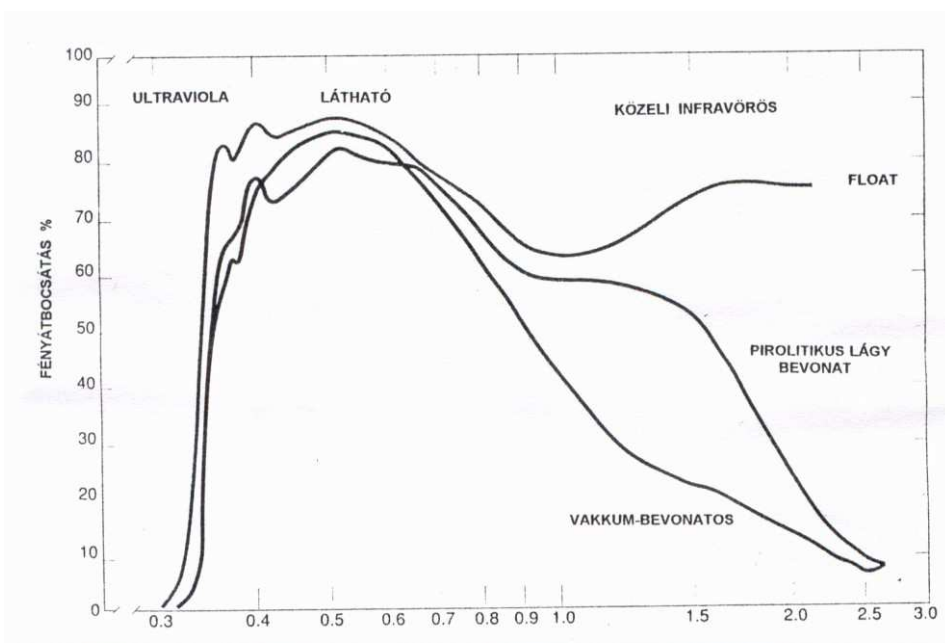


**7. KÜLÖNÖS HANGSÚLYT KÍVÁNÓ, EMBERI TARTÓZKODÁSRA NEM HASZNÁLATOS ÉPÍTMÉNYEKEN**



**Abszorpciós üvegek** az üveg felületére érkező hősugarakat elnyelik (ezért hőelnyelő üvegek is szokás nevezni), s ezáltal az üveg átocsátó képességét csökkentik. Abszorpciós üveget az üveg anyagának szennyezésével állítják elő. Erre a célra egyes **fémek oxidjait** használják fel, **rendszerint vasvegyületeket**, de nikkelt, kobalt, réz oxidokat is szoktak használni. A hőelnyelő üveg könnyen felismerhető, mert anyagukban színezettek. Ilyen hőelnyelő üvegek a zöld, barna sötét, vagy vörösbarna üvegek is, bár ezeknél az üveg színezése nem a hőelnyelés, hanem a tartalom fényvédelme célját szolgálja. Az abszorpciós üvegek fizikai tulajdonsága - a sugárzott energia elnyelése következtében - a nemkívánatos fölmelegedés, valamint ennek hatására bekövetkező hőtágulás. A legnagyobb hátrányuk a kedvezőtlen optikai tulajdonságban, a nem kielégítő szelektivitásban nyilvánul meg. Az abszorpciós üvegek rendszerint a láthatatlan, nevezetesen a látást elő nem segítő infravörös hullámhossz tartományban csekélyebb elnyeléssel rendelkeznek, mint a láthatóban (10. sz. ábra). Ezért kissé ellentétesen működnek, mint amit a szelektív üvegektől elvárunk. A fölmelegedésnek az üvegek hőtágulásán felül - mely jelenség, különösen a nem táguló falkeretknél üvegtöréshez is vezethet - hátránya az üvegtábla nem, kívánatos fölmelegedése, megnövekedett konvekciós hőszállítása és **másodlagos hőszugárzása** a belső tér felé. Ezért feladatukat csak korlátozott mértékben képesek ellátni. Ezért manapság ablakok, üvegfalak üvegezésére ritkán használják. Célját jobban képes ellátni, ha árnyékoló szerkezetként teljesen a külső térbe kerül (11. sz. ábra), ahol másodlagos hőszugárzása kevésbé érvényesül és konvekciós hőleadása a belső teret nem terheli.





15.sz. ábra

légkamra felőli oldalára hordják fel a bevonatot ( 16 sz. ábra). A 8.sz ábra szemléltette azt a tényt, hogy a sugárzás révén az energia veszteségnek jelentősen nagyobb hányada, 66%-a bonyolódik

le ilyen úton, szemben a konvekciós hőátadással, ezért a bevonatos üveg esetében a hatékonyság abban rejlik, hogy éppen a nagyobb energia forgalom csökkentése terén fejt ki a hatását a beltérből hosszú hullámtartományban az üveg felületére ékező hősugarak visszatükrözésében. Ennek eredményeként, pl. argon gáztöltéssel a konvekciót is ( mintegy 25%-al )csökkentő, 12 mm-es légkamrájú hőszigetelő üveg esetében  $k= 1,2-1,0 \text{ W/}^\circ\text{Km}^2$  értéket lehet elérni a szokványos hőszigetelő üveg  $k=3 \text{ W/}^\circ\text{Km}^2$  értékével szemben. A hőszigetelő értéket tovább lehet fokozni a

lég, illetve gázkamrák számának megnövelésével. a közbelső elválasztó réteg, vagy rétegekre további alacsony emissziós rétegeket hordanak fel, s ezáltal akár  $k=0,4$   $W/^\circ K m^2$  értéket is el tudnak érni. Az ilyen hőszigetelő képességű üveget **szuper üvegnek** keresztelték. Az üveg nagy fajlagos súlyának csökkentésére a közbelső réteget gyakran nem üvegből, hanem polikarbonból, vagy akril fóliából készítik.

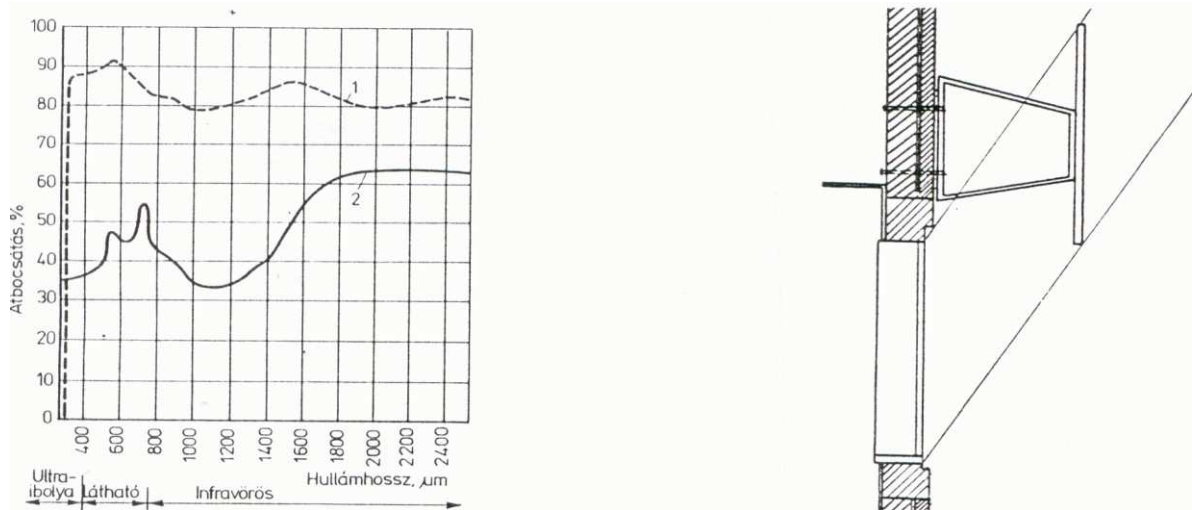
Egyéb napvédő üvegeket is készítenek a belső terek nyári túlmelegedésének megóvása ellen. Ezek közül a gyantával ragasztott, hő hatására elszíneződő **termokróm üveg** -ről az előzőekben már tettünk említést. Egyéb bevonatos rendszerű **termo és fotókróm**, hőre és fényre színt és átbocsátást változtató üvegek is ismertek, de ezek nagy költségeik miatt egyelőre nem kerültek építőipari felhasználásra.

**Naphő ellen védő fóliákat** is forgalmaznak. Ezek a fóliák fényt félig áttersztő fénoxidokból készült bevonattal vannak ellátva. Az ilyen fóliákat utólagosan ragasztással helyezik föl a külső üvegtábla belső felületére, mert sérülékenyek. Legújabban már készítenek időjárásnak ellenálló fólia féleségeket is, melyek az üvegezés külső felületére is elhelyezhetőek. Hibájuk, hogy tartósságuk elmarad a bevonatos üvegektől, valamint legnagyobb hibájuk, hogy a szelektivitásuk csekély, vagy éppen a látható tartományban nagyobb mint az infravörös hullámhosszakon. Használati hátrányaik azonosak a reflexiós bevonatú üvegekről elmondottakkal

**Naphő ellen védő bevonatok** tulajdonságaik lényegében hasonlóak az utólagosan felragasztott naphővédő fóliákhoz, csak ezeknél a hordozó anyag nem a fólia, hanem egy utólagosan szilárduló folyadék. A folyékony, fénoxidokat tartalmazó bevonatot a külső üvegtábla belső felületére viszik fel, ecseteléssel, hengerléssel, vagy öntéssel.

**Abszorpciós üvegek** az üveg felületére érkező hő sugarakat elnyelik (ezért hőelnyelő üvegnek is szokás nevezni ), s ezáltal az üveg átbocsátó képességét csökkentik. Abszorpciós üveget az üveg anyagának szennyezésével állítják elő. Erre a célra egyes **fémek oxidjait** használják fel, **rendszerint vasvegyületeket**, de nikkel, kobalt, réz oxidokat is szoktak használni. A hőelnyelő üveg könnyen felismerhető, mert anyagukban színezettek. Ilyen hőelnyelő üvegek a zöld, barna sörös, vagy vörösboros üvegek is, bár ezeknél az üveg színezése nem a hőelnyelés, hanem a tartalom fényvédelme célját szolgálja. Az abszorpciós üvegek fizikai tulajdonsága - a sugárzott energia elnyelése következtében - a nemkívánatos fölmelegedés, valamint ennek hatására bekövetkező hőtágulás. A legnagyobb hátrányuk a nem kedvező optikai tulajdonságban, a nem kielégítő szelektivitásban nyilvánul meg. Az abszorpciós üvegek rendszerint a láthatatlan, nevezetesen a látást elő nem segítő infravörös hullámhossz tartományban csekélyebb elnyeléssel rendelkeznek, mint a láthatóban ( 10.sz. ábra ). Ezért kissé ellentétesen működnek, mint amit a szelektív üvegektől elvárnánk. A fölmelegedésnek az üvegek hőtágulásán felül- mely jelenség , különösen a nem táguló fagereteknél üvegtöréshez is vezethet - hátránya az üvegtábla nem, kívánatos fölmelegedése, megnövekedett konvekciós hőszállítása és **másodlagos hősugárzása** a belső tér

felé. Ezért feladatukat csak korlátozott mértékben képesek ellátni. Ezért manapság ablakok, üvegfalak üvegezésére ritkán használják. Célját jobban képes ellátni, ha árnyékoló szerkezetként teljesen a külső térbe kerül ( 11. sz. ábra ), ahol másodlagos hőszigetelés kevéssé érvényesül és konvekciós hőleadása a belső teret nem terheli.



## **BIZTONSÁGI ÜVEGEK EDZETT ÜVEGEK**

A leggyakoribb biztonsági üveg a float vagy síküvegből hőkezeléssel előállított, nem szilánkosan törő üvegféleség. Elterjedésének oka a biztonsági üvegek körében a viszonylagos olcsósága. Az előállítás lényege abban áll, hogy belső feszültséget teremtenek az üvegben hőkezeléssel. Az üveget előre méretre vágják és minden alakítást, furatot, csiszolást előzőleg elvégeznek, mert utólagosan az üveg szétrobbanás nélkül már nem formázható. A méretre szabott üvegtáblát függőleges helyzetben, csipeszelve, vagy vízszintes helyzetben görgőkön vezetve, gázlánggal, vagy elektromosan fűtött kemencében kb. 600 °C-ra, meggyvörösre hevítik, majd sűrűn elhelyezett fúvókákkal hideg levegőt sajtolnak az üveg mindkét oldalára. A hirtelen hőváltozásra az üveg felületén gyűrűfeszültségek keletkeznek és jelentősen megszilárdítják az üvegtáblát. Ha egy ilyen feszültségi gyűrűt karcolással átvágnak, akkor a tábla szétrobban és apró gyöngyszerű darabokra hullik. Az ilyen módon gyártott üvegek SZEKURIT márkanéven kerültek forgalomba, s biztonsági tulajdonságuk abban nyilvánul meg, hogy nem szilánkos az üveg törése. A biztonsági elnevezés félrevezető, s gyakran lehet találkozni helytelen alkalmazásával, pl. fejfölötti üvegezésként. Az edzett üveg fejfölötti használata azért veszélyes, mert bár szilánkos jellegű testi sérülést nem okoz, de törése alkalmával elrepedezik ugyan, de nagy táblafelületekben zuhanhat le. Nagyobb magasság esetén az ütés és nem a felületi testsérülés következtében halálos balesetet is okozhat. Fejfölötti biztonsági üvegeként csak a huzalbetétes, vagy a ragasztott rétegelt üveg alkalmazható.

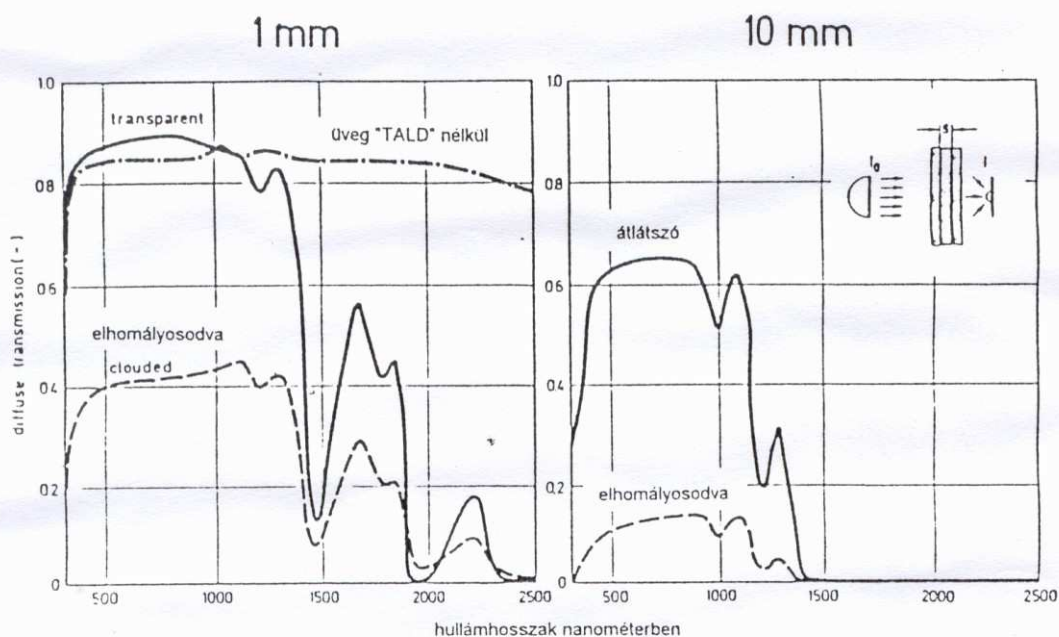
EDZETT üvegből nem csak "biztonsági" üvegezés készül. Ez az üvegféleség elsősorban szerkezeti üvegeként használható előnyösen. Az edzés során, a létrehozott belső feszültségek, az üveg előfeszítése következtében szilárdsági tulajdonságai jelentősen megjavulnak, a normál síküveg tulajdonságait többszörösen túlszárnyalják. Ez teszi lehetővé a keret nélküli üvegajtók, asztalok, polcok stb. gyártását és a nagy üvegfalak, kirakatok használatát. Az edzett üvegek nem csak sík felülettel, hanem formázott idomokkal, egyszeresen, vagy kétszeresen hajlítva is előállítható. Valamikor gépkocsik szélvédői edzett üvegből készültek, ma már csak olcsóbb gyártmányoknál használatos ez az üvegféleség.

## **RAGASZTOTT-RÉTEGELT BIZTONSÁGI ÜVEGEK HŐVÉDŐ, GOLYÓÁLLÓ HANGSZIGETELŐ**

A **ragasztott rétegelt** üvegyártmány a biztonsági követelményeket valójában maradéktalanul teljesíteni képes üvegféleség. Előállításához ma már többnyire csak float üveget használnak. Két üvegréteget ragasztanak össze egy milliméternél vékonyabb olyan műanyag, rendszerint polivinilbutil **fóliával**, amely a nasugárzás hatására nem sárgul meg hosszabb használat után sem. A fólia lehet színezett is, ilyenkor abszorpciós üveghez hasonlóan működik, sok energiát elnyel és felmelegszik. Használhatnak mintázatos, vagy tükröződő, úgynevezett reflexiós tulajdonságú fóliákat is. Az üvegrétegek vastagsága igény szerint változtatható a célnak megfelelően. A fólia szilárdan tapad az üveghez, onnan nem választható le.

Az üveg törése esetén a szilánkok helyben maradnak. A rétegelt-ragasztott üveg szilárdsági tulajdonsága megváltoznak, pl. hajlítás esetén a teherbírása valamivel csekélyebb lesz, mint azonos vastagságú osztatlan üvegtábláé. Lőfegyverek elleni védelem biztonsággal megteremthető a kellő számú réteg és üvegvastagság megválasztásával. A fóliával ragasztott üvegek idomra formázhatók. Így készülnek a gépkocsik szélvédő üvegei is.

A rétegelt ragasztott üveg előállítható **műgyanta ragasztó réteggel** is. A gyanta anyaga víztiszta, áttetsző és fényre nem változik el a színe. A gyantával ragasztott üvegek több célra szolgálhatnak. A tulajdonságaik célnak megfelelően a gyantaféleség változtatásával módosítható. **Tűzálló üveg** állítható elő, ha hőre habosodó gyantát használnak. Az üvegrétegek számának megválasztásával a tűzállóság ideje nagy határok között szabályozható. A gyantával ragasztott tűzálló üveg rétegei elrepedezés után a habosodó gyantáról lassan leválnak. A gyanta nehezen éghető anyag. Az átégési folyamat többszörösen megismételhető az átégés lassítására. Gyantával ragasztott üveget használnak golyó-álló üvegek előállítására is. A rétegek vastagságával és számával a lőfegyver kalibere és lőtávolság szerint kellő biztonságú üvegek állíthatók elő. **Naphő ellen** védő üveget **termo-krom tulajdonságú gyantával** ragasztják össze ( 7.sz. ábra ). Ilyen esetben az egyébként víztiszta, áttetsző gyanta a hő hatására elszíneződik. A TALD néven forgalmazott naphő védő gyanta tejszínűvé válik és jelentősen lecsökkenti a napsugárzás áthatolását. Az elszíneződés kezdete



"TALD" HŐRE- LÁGYULÓ GYANTÁVAL RAGSZTOTT ÜVEG FÉNYÁTBOCSÁTÁSA 33°C-OS ELHOMÁLYOSODÁSI HŐMÉRSÉKLET ESETÉBEN, HA A GYANTAVASTAGSÁG A KÉT ÜVEG KÖZÖTT 1 ILLETVE 10 MM

7.sz. ábra

7.sz. ábra

hőmérséklet függő és a változást kezdeményező hőmérséklet beállítható. A gyanta vastagság növelésével az átbocsátott fény és hőenergia változtatható. Naphő ellen hatásosan védő üvegféleségekkel szemben az a követelmény, hogy az átbocsátás hullámhossz szerint legyen szabályozható, vagyis az üveg szelektíven működjön. Ez azt jelenti - ideális szelektív átbocsátás esetében - hogy a látást elő nem segítő, a napsugárzás láthatatlan hullámhosszain, pl. a hőszugárzás (infra sugárzás) tartományában érkező sugarakat ne bocsátsa át, míg a látható tartományban legalább 50%-os átbocsátással rendelkezzen. Ilyen szelektivitással rendelkező üveg egyelőre nincsen, de mint látható a Tald gyantával ragasztott üveg ezt a feltételt képes jól megközelíteni. Munkahelyen, ahol a klasztrófóbia megakadályozása érdekében a kitekintés fontos pszichológiai tényező a tejszerűvé váló üvegezés sajnálatosan nem tekinthető megoldásnak. A naphő ellen védő egyéb módon előállított üvegekről az alábbiakban még részletesen szólnunk.

A biztonsági üvegek csoportjába tartoznak a **huzalbetétes üvegek** is, amelyek a huzalháló segítségével tartják helyben a szilánkokat. Ezt az üvegféleséget és gyártását az előzőekben már bemutattuk.

**Fóliázott üvegeket** is kínál a kereskedelem biztonsági célokra, de ezt a fóliát utólagosan ragasztják föl az üvegekre. A fólia tulajdonságától függően használatának kétféle célja lehet. A különböző színű, vagy reflexiós polivinil-butil fóliákat többnyire azért használják mert az üveg mögött tartózkodók elégedetlenek a belső hőkomforttal. Ezzel kapcsolatban meg kell megemlíteni, hogy fóliázással a naphő védelem nem oldható meg, azaz nem hárítható el a túlmelegedés következménye a hőkényelmetlenség. Az utólagosan ragasztott fóliák másik célja a betörés és üvegtörésből származó sérülések megakadályozása. Ezt az utóbbi célt az utólagosan ragasztott fólia képes jól ellátni. A betörésvédelem feladatát csak annyiban teljesíti, hogy meghosszabbítja az áthatolást az üvegen, de azt nem akadályozza meg.

## **HŐVÉDŐ, HŐSZIGETELŐ, TERMOPÁN ÜVEGEK**

A hővédő, közismertebb néven a termopán, vagy hőszigetelő üvegek használatának célja a bel és a kültér közötti hőmérséklet különbség hatására létrejövő energia vándorlásnak a csökkentése. Az ilyen célra gyártott üvegszerkezetek rendszerint üvegtáblák által egy, vagy két lég, illetve gázréteget zárnak közre. Az üvegtáblák széleit távtartó szerkezettel és ragasztással lezárják. A szokványos kamra lég vagy gázréteg vastagsága 9-16 mm között változik. A kamra méret csökkenésével a hőszigetelés romlik, növelésével javul, de az optimumot 16-20 mm vastagságnál éri el. További kamra méret növelés esetén a hőszigetelő képesség csökken, mert jobban lehetővé teszi a gázmolekulák áramlásos hőszállítását, az úgynevezett konvekciós hőátadást. Az egyszerűbb kivitelű hőszigetelő üvegeknél a két üvegréteg között különösebb kezelés nélküli levegő van normális nyomáson, s nem vakum, mint ahogyan azt sokan feltételezik. Vakum ideális lenne, mert általa megszűnne a konvekciós hőátadás, de légritkított kamrával készült üvegek még csak laboratóriumi szinten készültek. Egyelőre még megoldatlan a két üvegtábla légnyomás okozta behajlásának kivédése, kitámasztása. A levegő helyett argon, vagy kripton gáztöltést is alkalmaznak. Ezek nagyobb faj súlyú, úgynevezett "lusta" gázok, melyeknek kisebb a konvekciós tulajdonsága, ezért használatukkal javul az üveg hőszigetelő képessége. Rendszerint az olcsóbb argont használják. Gáztöltéssel 20-25 %-al lehet csökkenteni az üveg hőátadási tényezőjét. Tájékoztatásul egy szokványos 12 mm vastag légkamrás, levegővel töltött hőszigetelő üveg hőátadási

tényezője  $k = 3 \text{ W/K}^\circ\text{m}^2$ . A hőátadási tényező azt jelenti, hogy a két felület között egy fok  $^\circ\text{C}$  hőmérséklet különbséget feltételezve mennyi az óránkénti hőforgalom W-ban mérve

A hővándorlás a hőszigetelő üvegen át különböző fizikai módon megy végbe kívülről befelé és belülről kifelé. Kívülről befelé tartó hőáram lényegében a napsugárzás valamint a környezeti rövid és hosszúhullámú sugárzás hatására jön létre (lásd a 8.sz. ábrát). A sugárzás egy része az üveg felületéről visszaverődik, egy csekély részét az üveg elnyeli. További többszörös visszatükröződések keletkeznek az üvegtáblák mindkét tükröző felületeiről. Szokványos hőszigetelő üvegen áthaladó, befelé tartó sugárzásnak mintegy 85-87 %-a jut be a belső térbe. Az üvegek vastagsága nem játszik számottevő szerepet a hőforgalom csökkentésében, annál inkább a tükröző felületek, illetve az üvegtáblák száma. A hátbocsátást a légkamra megduplázásával egyharmaddal lehet csökkenteni, de a kamraszám növelésének részben az üvegezés súlya, részben a fogadó szerkezet adott horony- mérete határt szab. A hőszigetelő üvegek megadott "k" hőátbocsátási tényezője nem vonatkozik a befelé irányuló hőáramra.

#### 8. sz. ábra

A belülről kifelé irányuló energia vándorlás jóval összetettebb folyamat. A hőenergia mindég a magasabb hőmérsékleti oldalról az alacsonyabb felé áramlik. Ez az áramlás létrejön konvekcióval, amikor a belső meleg levegő áramló molekulái a hidegebb belső üvegtáblához szállítják a hőenergiát és azt ott áradják az üvegnek. Innen az üvegen át hővezetéssel jut az energia a tábla külső felületére, ahonnan a konvekció a két üvegtábla között légkamrában megismétlődik és így kerül a hőenergia a külső üvegtáblához. Innen újra hővezetéssel jut a külső térfelöli oldalra, majd megint konvekcióval jut végleg a szabadba. A konvekció lassítására töltik meg a légkamrát az ún. "lusta" gázokkal, melyek molekulái lassúbb mozgásúak, s ezáltal lehet csökkenteni a konvekciós hőszállítást. Ez a konvekciós, hővezetős hőszállítás csak az egyik módja a hővesztésnek. A másik a sugárzás. A belülről hosszúhullámon érkező hősugarakat az üveg nem engedi át, mert 10.000 nm -nél hosszabb hullámú sugárzás számára az üveg átlátszatlan. Tehát a hosszú hullámú sugárzás útján érkező fotonok mozgási energiájukat adják át a belső üvegtáblának. Ez az energia megint hővezetéssel jut a belső tábla külső felületére innen a konvekciós hőszállításon felül sugárzással jut a nagyobb energiahányad a külső hidegebb üvegfelületre. A folyamat megismétlődik. hővezetéssel vándorol az energia a tábla külső oldalára, ahonnan sugárzással kilép a szabad térbe (lásd 8.sz. ábrát). A sugárzással létrejövő hővesztés jelentősen nagyobb ( 66%-os ) hányadot képez az egész folyamatban, mint a konvekciós ( 34% ). Ezért is a gyártók arra töreksenek, hogy a sugárzási hányadot csökkentsék. A legújabb sugárzási hányadot csökkentő megoldásokat a bevonatos üvegeknél tárgyaljuk. A konvekciós hőszállításnak majd akkor jut nagyobb szerep, ha létre hozzák a légüres teret a két tábla között. Ilyen irányú biztató kísérletek folynak.



## **NAPVÉDŐ ÜVEG**

kedvezőtlen hőérzetének kialakulását a túlmelegedő időszakban. Ilyen klimatikus körülmények nálunk nyáron alakulnak ki esetleg késő tavaszi, vagy kora őszi időszakokban. A védő hatást az üvegyipar az üvegezésen áthatolni akaró napsugár valamilyen módon való csökkentésével, optikai eszközökkel kívánják elérni. A cél megvalósítására üvegezés esetében két lehetőség kínálkozik, a fény szűrése, vagy visszatükrözése. Ennek megfelelően az ipar úgynevezett abszorpciós ( szűrő ), vagy reflexiós ( tükröző ) üvegeket forgalmaz.

Mielőtt a különféle üvegtípusok részletesebb ismertetésére térnénk, célszerű megvizsgálni a kitűzhető célt, a követelményt. A belső terek hővédelmét akkor

lehetne optikai eszközökkel megvalósítani, ha rendelkezésünkre állna olyan üvegezés, amely ideális szelektivitással rendelkezne. Ez azt a követelményt támasztaná, hogy az üvegezés csak annyi fényt bocsásson a helyiségekbe, ami a látás folyamatához szükséges, s mindazon sugarakat, melyek a látás folyamatát nem segítik, vagyis a láthatatlan tartomány energia hozamát, elsősorban az infravörös sugárzást tartsa távol. Az ultraviola sugárzás elhanyagolható, mert mint láttuk energia tartalma csekély, de a szokványos sikküvegeket ezt sem bocsátják át. A látás folyamatához azonban nem szükséges az egész látható tartomány energiájának bebocsátása, a hővédelem érdekében elegendő lenne a napfényes időszakban ennek csupán a fele, amely energia hányadot tekintve, kerekítéssel az egész energia hozamnak a 25 %-a. Ha a szelektivitás ideális követelménye megvalósulhatna, akkor a napsugárzás teljes energia hozamának 75 %-a kívül rekeszhető lenne a külső térben, s a naphő elleni védelem üvegezéssel megoldható lenne a látáshoz szükséges folyamatok kellő megvilágítása mellett. A szelektivitás számszerűen is kifejezhető, ahol "SZ" a szelektivitás mérőszáma (egynél mindig kisebb érték), "T" az üveg fényáteresztő képessége, "E" az üveg által át bocsátott összes energia □

$$SZ = \frac{T}{E}$$

□ mennyisége. Az ideálisan szelektív üveg tulajdonságait rajzban a 9.sz. ábra szemlélteti, azonban napjainkig még nem sikerült az iparnak ideálisan szelektív üveget előállítania.

□□□□□□□□□□

### 9.sz. á

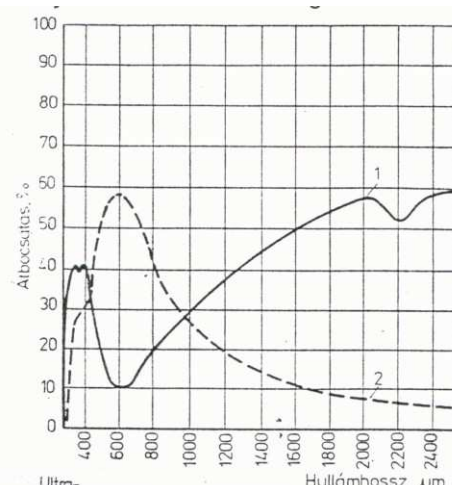
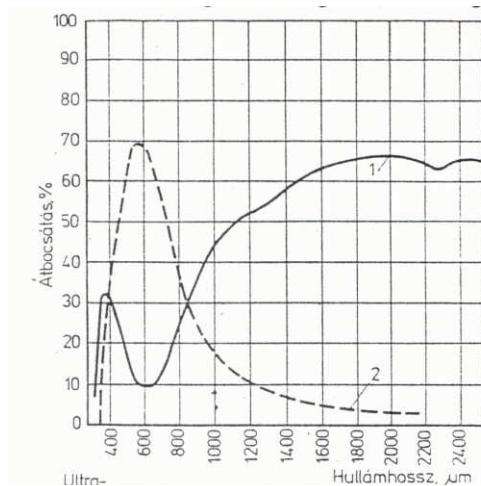
A napsugárzás ellen védő üvegyártmányok valójában lehetnének csupán egyrétegűek, hiszen a sugarak behatolása ellen alkalmazott, az üvegek áteresztő képességét optikailag módosító bevonatok a feladatot, a napsugárzás szűrését, bizonyos hullámhosszakon a fotonáramlás csökkentését, egy rétegű szerkezettel is meg lehetne oldani. A kettős rétegre, tehát a hőszigetelésre nem lenne szükség, mert amikor a napsugárzás túlmelegedést ébreszthet a belső terekben, abban az időszakban magas a külső hőmérséklet is, s nem keletkezik nagy hőmérséklet különbség a kül és beltér között, tehát a kívülről befelé áramló hő ellen nincsen szükség védelemre, hacsak nem klímatiszt a belső tér. Mindennek ellenére, kevés kivétellel a napvédő üvegeket rendszerint kettős üvegréteggel, hőszigetelő üvegekként hozzák forgalomba. Ennek az a magyarázata, hogy a hővédő és naphő ellen védő tulajdonságokat egy szerkezetben egyesítik, hiszen az idő rosszabbra fordulásával nem lehet az üvegezést kicserélni. Mint minden öszvér megoldásnak, amelynek több feladatot kell ellátni, egyiket sem lesz képes a legmagasabb szinten teljesíteni, így a hőszigetelő üveggel kombinált napvédő üvegezésnek számos hátrányos következménye van. A hátrányok olyan széleskörűek lehetnek, hogy a

jelenleg tárgyalt témakör végén külön fejezet foglalkozik a kártékony naphő ellen védő üvegezések kérdésével.

A külső térből a belsőbe irányuló energia forgalom mindenképp előtt sugárzás útján jön létre, ezért a védelem fizikai eszközei ehhez a hőközlési módhoz igazodnak. A napsugárzást azáltal lehet csökkenteni, hogy az üveg sugárzást szűrő hatását fokozzák, vagy ha a sugárzást visszatükrözik a külső térbe. Ennek megfelelően az üvegipar a szűrés és tükrözés feladatát ellátó üvegyártmányokkal igyekszik a feladatot megoldani.

#### 4.11

**Reflexiós üvegek** jobban ellátják a naphő elleni védelem feladatát azon tulajdonságuk által, hogy a látható hullámhossz tartományban többet, míg a látást nem segítő infravörös hullámhosszakon jelentősen kevesebbet bocsátanak át. Az átocsátás hullámhossz szerinti arányok bizonyos korlátok között jól szabályozhatók (12, 13.sz.ábrák). A tükröző hatást fénoxidokból készített félig fényáteresztő réteg felhordásával érik el. A réteget előállíthatják vegyi úton pl. mártásos felhordással, beégetéssel (pirolízissel), de újabban többnyire csak vákuumos rágőzölögtetést alkalmaznak. Maga a fényt visszatükröző optikai réteg csak  $0,01\mu$  vastag, de az egész bevonatrendszer, amely egy tapadó, tükröző, majd záró-védő rétegből áll, összesen az is csak  $0,1\mu$  "vastag". Minthogy a rétegrendszer nagyon vékony, ezért sérülékeny is. Ezért a tükröző- napvédő üvegek önmagukban nem használhatóak, hanem csak hőszigetelő üveggént, két üvegtáblát összeépítve. Ilyenkor a



#### AURESIN ÜVEG ÁTBOCSÁTÁSA 66/44 ÁTBOCSÁTÁSA 55/42

1=fényvisszaverés,  
13.sz. ábra

2

átocsátás

#### AURESIN ÜVEG

12.sz. ábra

bevonat a légkamra felé fordítva befelé nézve a **külső üvegtábla belső felületére kerül** ( 14.sz. ábra ), hogy minél kevesebb utat tehessen meg a napsugár az üvegben. Ideálisan a tükröző rétegnek a külső üvegtábla külső felületén lenne a helye, hogy a tükröződés minél tökéletesebb legyen. Céllenne, hogy a fénysugár egyáltalán ne hatoljon be az üvegbe. Annak ne okozhasson még némi felmelegedést sem, valamint az üvegtábla külső (szabadtéri) tükröződő felülete, ne okozhasson másodlagos visszatükrözést a kifelé haladó fénysugárnak, amely a

belső reflexiós rétegről indult el. De az elmondottak miatt, védelem szempontjából a tükröző felületnek belülré kell kerülnie.

## PHŐ ELLEN VÉDŐ REFLEXIÓS ÜVEG EGYESÍTÉSE HŐSZIGETELŐ ÜVEGGEL

14 sz. ábra

### 4.12

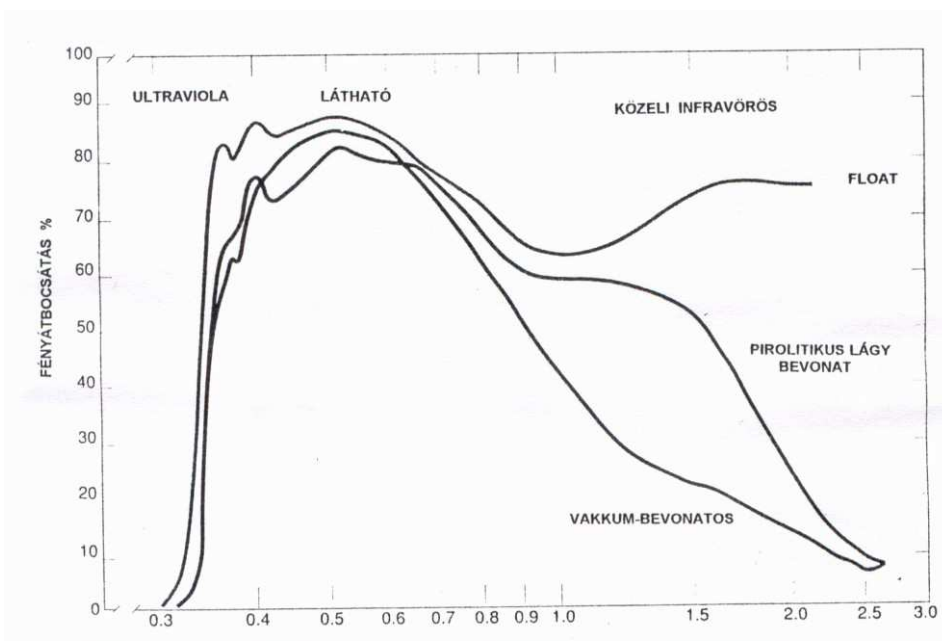
Minthogy a reflektáló bevonattal ellátott üvegek önmagukban a mechanikai sérülés miatt nem használhatók, ezért műszaki kényszerűségből összeépítik egy másik üveg táblával, miáltal az eredetileg naphő ellen védő üveg hőszigetelő üveggé válik, tehát két feladatot is elláthat: a hőszigetelését és a napvédelemét. Ez nagyon ésszerűnek tűnhet, azonban ebből a kettősségből származik nem elhanyagolható hátránya is. Ugyanis a **tükröző rétegre a mi klímánkon csak pár hónapon át lenne szükség**, de akkor sem a nap egész időszakában. Következésképpen a teljes napspektrum bejutását akkor is akadályozza, amikor a fény és hősugarakra biológiailag és energia takarékosági okokból szükség lenne. A tükröző bevonatos üvegek több kevesebb színtorzulást okoznak. Az ilyen üvegen át kitekintve a színeket másképp látjuk. Például az ég kékje szürkére, barnára stb. változik, kicsit a fedett, borult ég benyomását kelthetik. Az ilyen hatások hosszas tartózkodás esetén **pszichés zavarokat kelhetnek** azon felül, hogy a megváltozott spektrális összetétel miatt **az ember hormontermelését is nemkívánatosan befolyásolja**. A napsugárzás fontos, hormontermelést szabályozó biológiai szerepéről előző fejezetben részletesen szövegtünk. Könnyen belátható, hogy a **sugárzás összetételét optikailag megváltoztató üvegezés biológiailag hátrányos az emberi szervezetre. A reflexiós üveg további jelentős hátránya, hogy általa önmagában nem lehet megoldani a hatékony naphő elleni védelmet**, hanem egyéb kiegészítő módszerekhez is kell folyamodni a beltéri nyári hőkényelem eléréséhez. Ilyen eszközök lehetnek a magas légcsere számú szellőztetés, vagy a levegő hűtése és - mint ezt tömeges példa igazolja - a külső árnyékolók használata. Felvetődik a kérdés, hogy ha a célnak az ilyen üvegezés valójában nem felel meg, akkor **miért alkalmazzák** olyan széles körben? Magyarázat abban kereshető, hogy a reflexiós üvegek, bronz, arany kékes stb. színű **csillogó megjelenése vonzó** és a **döntéshozó nem ismeri az ilyen üvegezés biológiai, pszichológiai, energia takarékosági stb. hátrányait**. Az összes lehetséges negatív következményeket egy külön fejezet összefoglalva, részletesen tárgyalja a továbbiakban.

A tükröző üvegeket hatékonyságát csak azáltal lehet növelni - feltéve a jó szelektívítási tulajdonságokat, vagyis, ha az infra tartományban igen csekély az átteresztő képességük - hogy a látható tartomány átbocsátó képességét is tovább csökkentik. Ezzel azonban olyan állapot teremődik, hogy - a változó külső időjárási viszonyok miatt - akár **nappal is mesterséges világítást kell használni nyári napokon is** ! Az üvegek szelektívítását számszerűen megadják a gyártók pl. a 12.sz.ábrán bemutatott "Auresin" elnevezésű üveg spektrális átbocsátásának számszerűsített adata 66/44 és a 13. sz.ábrához tartozó szelektívítási szám 55/42. Ezek a számok a fény és az összenergia átbocsátás viszonyszámait, tehát a szelektívítást fejezik ki. A számlálóban a látást segítő hullámhosszakon, tehát a látható tartományhoz tartozó fény, a nevezőben az összes hullámtartományban bebocsátott összes energia tartalom jut kifejezésre. A gyártók által közölt szelektívítási számon felül, célszerű a spektrális átbocsátás görbét is ellenőrizni, mert a hullámhossz szerinti megoszlás ismerete nélkül helytelen döntés születhet..

**A reflexiós üvegek használata nem ajánlatos** a huzamos emberi tartózkodásra szolgáló helyiségek megvilágítására! **A naphő elleni védelem egyedüli korszerű megoldása az olyan árnyékoló szerkezetek, melyek mozgathatók és eltávolíthatók az üvegezés előtt**, továbbá az általuk bebocsátott fény mennyisége és minősége széles határok között változtatható, kizárja a nagy intenzitású közvetlen napfényt és csak a kisintenzitású szórt fényt bocsátja be, amely nem okozhatja a helyiség túlmelegedését, de ugyanakkor jó látási viszonyokat is teremt. Ezek az árnyékoló rendszerek vagy a zsaluziák, vagy bizonyos rendszerű és szövésű rollok. Az ilyen árnyékolók lehetővé teszik az ablakok feltárását, a hőkényelmet elősegítő légmozgás megteremtését és fokozását a belső térben, az energiaigényes klímaberendezések használatának kiküszöbölését.

**a bevonat alkalmas az egyéb sugarak visszaverésére is, nevezetesen a hosszú hullám tartomány infravörös sugarainak tükrözésére.** Ezért szokás lágy bevonatos üvegnek

#### 4.13



15.sz. ábra

légkamra felüli oldalára hordják fel a bevonatot ( 16 sz. ábra). A 8.sz ábra szemléltette azt a tényt, hogy a sugárzás révén az energia veszteségnek jelentősen nagyobb hányada, 66%-a bonyolódik

le ilyen úton, szemben a konvekciós hőátadással, ezért a bevonatos üveg esetében a hatékonyság abban rejlik, hogy éppen a nagyobb energia forgalom csökkentése terén fejti ki a hatását a beltérből hosszú hullámtartományban az üveg felületére ékező hő sugarak visszatükrözésében. Ennek eredményeként, pl. argon gáztöltéssel a konvekciót is ( mintegy 25%-al )csökkentő, 12 mm-es légkamrájú hőszigetelő üveg esetében  $k = 1,2-1,0 \text{ W/}^\circ\text{Km}^2$  értéket lehet elérni a szokványos hőszigetelő üveg  $k = 3 \text{ W/}^\circ\text{Km}^2$  értékével szemben. A hőszigetelő értéket tovább lehet fokozni a lég, illetve gázkamrák számának megnövelésével. a közbenső elválasztó réteg, vagy

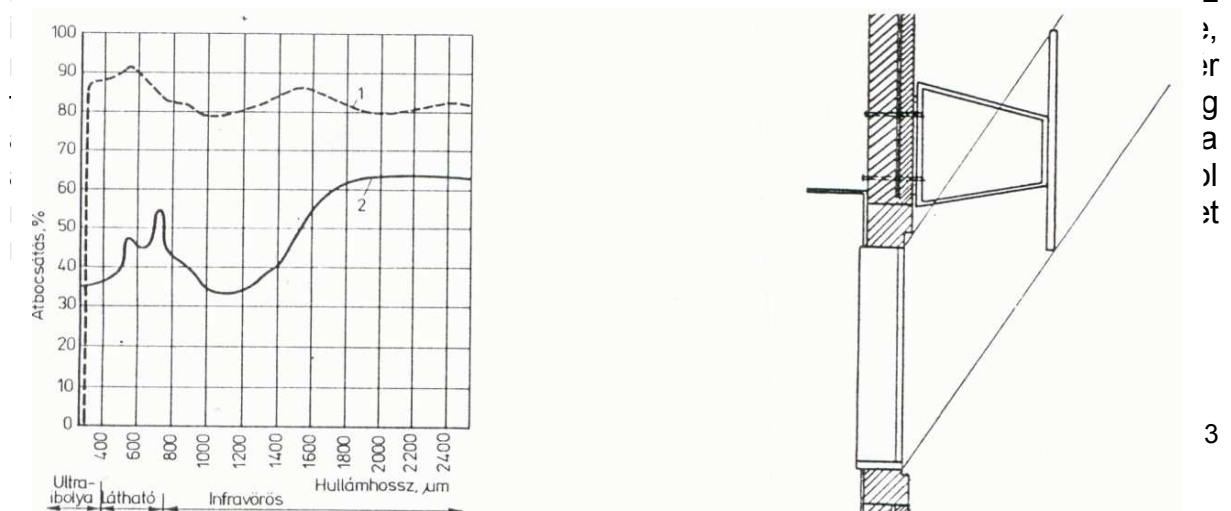
rétegekre további alacsony emissziós rétegeket hordanak fel, s ezáltal akár  $k=0,4$   $W/^\circ K m^2$  értéket is el tudnak érni. Az ilyen hőszigetelő képességű üveget **szuper üvegnek** keresztelték. Az üveg nagy fajlagos súlyának csökkentésére a közbelső réteget gyakran nem üvegből, hanem polikarbonból, vagy akril fóliából készítik

Egyéb napvédő üvegeket is készítenek a belső terek nyári túlmelegedésének megóvása ellen. Ezek közül a gyantával ragasztott, hő hatására elszíneződő **termokróm üveg** -ről az előzőekben már tettünk említést. Egyéb bevonatos rendszerű **termo és fotókróm**, hőre és fényre színt és átbocsátást változtató üvegek is ismertek, de ezek nagy költségeik miatt egyelőre nem kerültek építőipari felhasználásra.

**Naphő ellen védő fóliákat** is forgalmaznak. Ezek a fóliák fényt félig áttersztő fénoxidokból készült bevonattal vannak ellátva. Az ilyen fóliákat utólagosan ragasztással helyezik föl a külső üvegtábla belső felületére, mert sérülékenyek. Legújabban már készítenek időjárásnak ellenálló fólia féleségeket is, melyek az üvegezés külső felületére is elhelyezhetőek. Hibájuk, hogy tartósságuk elmarad a bevonatos üvegektől, valamint legnagyobb hibájuk, hogy a szelektivitásuk csekély, vagy éppen a látható tartományban nagyobb mint az infravörös hullámhosszakon. Használati hátrányaik azonosak a reflexiós bevonatú üvegekről elmondottakkal

**Naphő ellen védő bevonatok** tulajdonságaik lényegében hasonlóak az utólagosan felragasztott naphővédő fóliákhoz, csak ezeknél a hordozó anyag nem a fólia, hanem egy utólagosan szilárduló folyadék. A folyékony, fénoxidokat tartalmazó bevonatot a külső üvegtábla belső felületére viszik fel, ecseteléssel, hengerléssel, vagy öntéssel

**Abszorpciós üvegek** az üveg felületére érkező hősugarakat elnyelik (ezért hőelnyelő üvegnek is szokás nevezni ), s ezáltal az üveg átbocsátó képességét csökkentik. Abszorpciós üveget az üveg anyagának szennyezésével állítják elő. Erre a célra egyes **fémek oxidjait** használják fel, **rendszerint vasvegyületeket**, de nikkel, kobalt, réz oxidokat is szoktak használni. A hőelnyelő üveg könnyen felismerhető, mert anyagukban színezettek. Ilyen hőelnyelő üvegek a zöld, barna sörös, vagy vörösboros üvegek is, bár ezeknél az üveg színezése nem a hőelnyelés, hanem a tartalom fényvédelme célját szolgálja. Az abszorpciós üvegek fizikai tulajdonsága - a sugárzott energia elnyelése következtében - a nemkívánatos fölmelegedés, valamint ennek hatására bekövetkező hőtágulás. A legnagyobb hátrányuk a nem kedvező optikai tulajdonságban, a nem kielégítő szelektivitásban nyilvánul meg. Az abszorpciós üvegek rendszerint a láthatatlan, nevezetesen a látást elő nem segítő infravörös hullámhossz tartományban csekélyebb elnyeléssel rendelkeznek, mint a láthatóban ( 10.sz. ábra ). Ezért kissé ellentétesen működnek, mint amit a szelektív üvegektől elvárnánk. A fölmelegedésnek az üvegek hőtágulásán felül - mely jelenség különösen a nem támasztó falkereteknél üvegtöréshez



## ABSZORPCIÓS ÜVEG ÁTBOCSÁTÁSA MINT ÁRNYÉKOLÓ

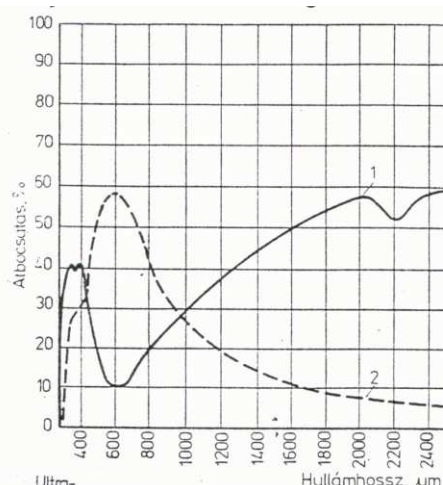
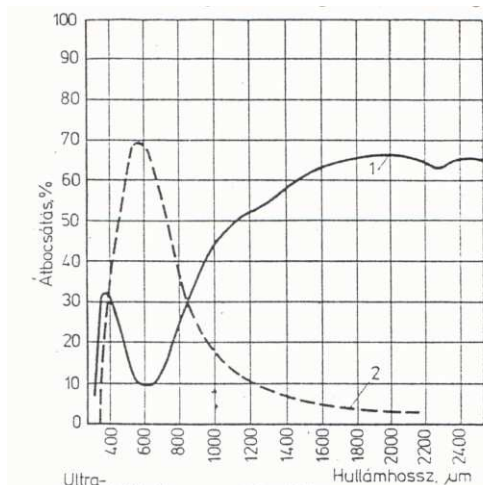
10.sz.  
11.sz. ábra

## ABSZORPCIÓS ÜVEG

ábra

### 4.11

**Reflexiós üvegek** jobban ellátják a naphő elleni védelem feladatát azon tulajdonságuk által, hogy a látható hullámhossz tartományban többet, míg a látást nem segítő infravörös hullámhosszakon jelentősen kevesebbet bocsátanak át. Az átbocsátás hullámhossz szerinti arányok bizonyos korlátok között jól szabályozhatók (12, 13.sz.ábrák). A tükröző hatást fénoxidokból készített félig fényáteresztő réteg felhordásával érik el. A réteget előállíthatják vegyi úton pl. mártásos felhordással, beégetéssel (pirolízissel), de újabban többnyire csak vákuumos rágőzölögtetést alkalmaznak. Maga a fényt visszatükröző optikai réteg csak  $0,01\mu$  vastag, de az egész bevonatrendszer, amely egy tapadó, tükröző, majd záró-védő rétegből áll, összesen az is csak  $0,1\mu$  "vastag". Minthogy a rétegrendszer nagyon vékony, ezért sérülékeny is. Ezért a tükröző- napvédő üvegek önmagukban nem használhatóak, hanem csak hőszigetelő üveggént, két üvegtáblát összeépítve. Ilyenkor a



## AURESIN ÜVEG ÁTBOCSÁTÁSA 66/44 ÁTBOCSÁTÁSA 55/42

1=fényvisszaverés, 2  
13.sz. ábra

## AURESIN ÜVEG

átbocsátás 12.sz.ábra

bevonat a légkamra felé fordítva befelé nézve a **külső üvegtábla belső felületére kerül** ( 14.sz. ábra ), hogy minél kevesebb utat tehessen meg a napsugár az üvegben. Ideálisan a tükröző rétegnek a külső üvegtábla külső felületén lenne a helye, hogy a tükröződés minél tökéletesebb legyen. Céllenne, hogy a fénysugár egyáltalán ne hatoljon be az üvegbe. Annak ne okozhasson még némi felmelegedést sem, valamint az üvegtábla külső (szabadtéri ) tükröződő felülete, ne okozhasson másodlagos visszatükrözést a kifelé haladó fénysugárnak, amely a belső reflexiós rétegről indult el. De az elmondottak miatt, védelem szempontjából a tükröző felületnek belülrre kell kerülnie.

## **PHŐ ELLEN VÉDŐ REFLEXIÓS ÜVEG EGYESÍTÉSE HŐSZIGETELŐ ÜVEGGEL**

14 sz. ábra

### 4.12

Minthogy a reflektáló bevonattal ellátott üvegek önmagukban a mechanikai sérülés miatt nem használhatók, ezért műszaki kényszerűségből összeépítik egy másik üveg táblával, miáltal az eredetileg naphő ellen védő üveg hőszigetelő üveggé válik , tehát két feladatot is elláthat: a hőszigetelését és a napvédelemét. Ez nagyon ésszerűnek tűnhet, azonban ebből a kettősségből származik nem elhanyagolható hátránya is. Ugyanis a **tükröző rétegre a mi klímánkon csak pár hónapon át lenne szükség**, de akkor sem a nap egész időszakában. Következésképpen a teljes napspektrum bejutását akkor is akadályozza, amikor a fény és hősugarakra biológiailag és energia takarékosági okokból szükség lenne. A tükröző bevonatos üvegek több kevesebb színtorzulást okoznak. Az ilyen üvegen át kitekintve a színeket másképp látjuk. Például az ég kékje szürkére, barnára stb. változik, kicsit a fedett, borult ég benyomását kelthetik. Az ilyen hatások hosszas tartózkodás esetén **pszichés zavarokat kelthetnek** azon felül, hogy a megváltozott spektrális összetétel miatt **az ember hormontermelését is nemkívánatosan befolyásolja**. A napsugárzás fontos, hormontermelést szabályozó biológiai szerepéről előző fejezetben részletesen szóltunk. Könnyen belátható, hogy a **sugárzás összetételét optikailag megváltoztató üvegezés biológiailag hátrányos az emberi szervezetre. A reflexiós üveg további jelentős hátránya, hogy általa önmagában nem lehet megoldani a hatékony naphő elleni védelmet**, hanem egyéb kisegítő módszerekhez is kell folyamodni a beltéri nyári hőkényelem eléréséhez. Ilyen eszközök lehetnek a magas légcsere számú szellőztetés, vagy a levegő hűtése és -mint ezt tömeges példa igazolja - a külső árnyékolók használata. Felvetődik a kérdés, hogy ha a célnak az ilyen üvegezés valójában nem felel meg, akkor **miért alkalmazzák** olyan széles körben? Magyarázat abban kereshető, hogy a reflexiós üvegek, bronz, arany kékes stb. színű **csillogó megjelenése vonzó** és a **döntéshozó nem ismeri az ilyen üvegezés biológiai, pszichológiai, energia takarékosági stb. hátrányait**. Az összes lehetséges negatív következményeket egy külön fejezet összefoglalva, részletesen tárgyalja a továbbiakban.

A tükröző üvegeket hatékonyságát csak azáltal lehet növelni - feltéve a jó szelektivitási tulajdonságokat, vagyis, ha az infra tartományban igen csekély az áteresztő képességük - hogy a látható tartomány átbocsátó képességét is tovább csökkentik. Ezzel azonban olyan állapot teremődik, hogy - a változó külső időjárási viszonyok miatt - akár **nappal is mesterséges világítást kell használni nyári napokon is** ! Az üvegek szelektivitását számszerűen megadják a gyártók pl. a 12.sz.ábrán bemutatott "Auresin" elnevezésű üveg spektrális átbocsátásának számszerűsített adata 66/44 és a 13. sz.ábrához tartozó szelektivitási szám 55/42.

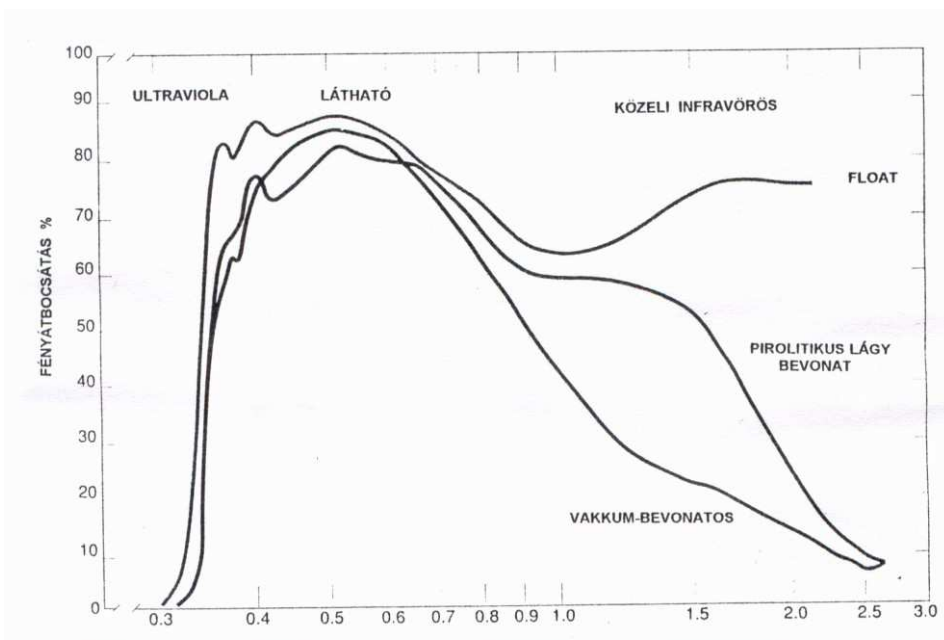


Ezek a számok a fény és az összenergia átbecsítés viszonyait, tehát a szelektivitást fejezik ki. A számlálóban a látást segítő hullámhosszakon, tehát a látható tartományhoz tartozó fény, a nevezőben az összes hullámhosszakban becsátott összes energia tartalom jut kifejezésre. A gyártók által közölt szelektivitási számon felül, célszerű a spektrális átbecsítés görbét is ellenőrizni, mert a hullámhossz szerinti megoszlás ismerete nélkül helytelen döntés születne.

**A reflexió üvegek használata nem ajánlatos** a huzamos emberi tartózkodásra szolgáló helyiségek megvilágítására! **A naphő elleni védelem egyedüli korszerű megoldása az olyan árnyékoló szerkezetek, melyek mozgathatók és eltávolíthatók az üvegezés elől**, továbbá az általuk becsátott fény mennyisége és minősége széles határok között változtatható, kizárja a nagy intenzitású közvetlen napfényt és csak a kisintenzitású szórt fényt bocsátja be, amely nem okozhatja a helyiség túlmelegedését, de ugyanakkor jó látási viszonyokat is teremt. Ezek az árnyékoló rendszerek vagy a zsaluziák, vagy bizonyos rendszerű és szövésű rollok. Az ilyen árnyékolók lehetővé teszik az ablakok feltárását, a hőkényelmet elősegítő légmozgás megteremtését és fokozását a belső térben, az energiaigényes klímaberendezések használatának kiküszöbölését.

**a bevonat alkalmas az egyéb sugarak visszaverésére is, nevezetesen a hosszú hullám tartomány infravörös sugarainak tükrözésére.** Ezért szokás lágy bevonatos üvegeknek

#### 4.13



15.sz. ábra

légekamra felőli oldalára hordják fel a bevonatot ( 16 sz. ábra). A 8.sz ábra szemléltette azt a tényt, hogy a sugárzás révén az energia veszteségnek jelentősen nagyobb hányada, 66%-a bonyolódik

le ilyen úton, szemben a konvekciós hőátadással, ezért a bevonatos üveg esetében a hatékonyság abban rejlik, hogy éppen a nagyobb energia forgalom csökkentése terén fejt ki a hatását a beltérből hosszú hullámtartományban az üveg felületére ékező hősugarak visszatükrözésében. Ennek eredményeként, pl. argon gáztöltéssel a konvekciót is ( mintegy 25%-al )csökkentő, 12 mm-es légekamrájú hőszigetelő üveg esetében  $k=1,2-1,0 \text{ W/}^\circ\text{Km}^2$  értéket lehet elérni a szokványos hőszigetelő üveg  $k=3 \text{ W/}^\circ\text{Km}^2$  értékével szemben. A hőszigetelő értéket tovább lehet fokozni a lég, illetve gázkamrák számának megnövelésével. a közbenső elválasztó réteg, vagy rétegekre további alacsony emissziós rétegeket hordanak fel, s ezáltal akár  $k=0,4 \text{ W/}^\circ\text{Km}^2$  értéket is el tudnak érni. Az ilyen hőszigetelő képességű üveget **szuper üvegek** keresztelték. Az üveg nagy fajlagos súlyának csökkentésére a közbenső réteget gyakran nem üvegből, hanem polikarbonból, vagy akril fóliából készítik.

Egyéb napvédő üvegeket is készítenek a belső terek nyári túlmelegedésének megóvása ellen. Ezek közül a gyantával ragasztott, hő hatására elszíneződő **termokróm üveg** -ről az előzőekben már tettünk említést. Egyéb bevonatos rendszerű **termo és fotókróm**, hőre és fényre színt és átbocsátást változtató üvegek is ismertek, de ezek nagy költségeik miatt egyelőre nem kerültek építőipari felhasználásra.

**Naphő ellen védő fóliákat** is forgalmaznak. Ezek a fóliák fényt félig áttersztő fénoxidokból készült bevonattal vannak ellátva. Az ilyen fóliákat utólagosan ragasztással helyezik föl a külső üvegtábla belső felületére, mert sérülékenyek. Legújabban már készítenek időjárásnak ellenálló fólia féleségeket is, melyek az üvegezés külső felületére is elhelyezhetőek. Hibájuk, hogy tartósságuk elmarad a bevonatos üvegekétől, valamint legnagyobb hibájuk, hogy a szelektivitásuk csekély, vagy éppen a látható tartományban nagyobb mint az infravörös hullámhosszakon. Használati hátrányaik azonosak a reflexiós bevonatú üvegekről elmondottakkal

**Naphő ellen védő bevonatok** tulajdonságaik lényegében hasonlóak az utólagosan felragasztott naphővédő fóliákhoz, csak ezeknél a hordozó anyag nem a fólia, hanem egy utólagosan szilárduló folyadék. A folyékony, fénoxidokat tartalmazó bevonatot a külső üvegtábla belső felületére viszik fel, ecseteléssel, hengreléssel, vagy öntéssel.

## HANGSZIGETELŐ ÜVEGEK

A városi közlekedés zaja szükségessé teszi a munka vagy lakóterek hatékony zajvédelmét. A nehéz, nagy tömegű külső térelhatároló falak rendszerint olyan magas léghang csillapítással rendelkeznek, hogy ezeken keresztül nem jön létre zajterhelés. Ezzel szemben az üvegezés a kültérből érkező hanghullámokat nagyrészt csekély csökkentéssel bebocsátja, hacsak annak nincsen olyan rétegrendje, mellyel a hanghatást jelentősen nem lehet csökkenteni.

A hangok áthatolását a többrétegű üvegen hatékonyan lehet csökkenteni, ha az egymás utáni üvegtáblák rezonáló tulajdonságát elhangolják egymástól. Ez legegyszerűbben a szembelevő üvegtáblák vastagságának minél nagyobb eltéréssel lehet elérni. Ilyen szempontból jó hangcsillapítással rendelkeznek az olyan hőszigetelő üvegek, amelyeknél a külső üvegtábla rétegelt-ragasztott üvegből készül. Az eltérő üveg vastagsággal összeragasztott rétegelt-ragasztott üvegekkel az együtt-rezgés jól elhangolható. A többkamrás hőszigetelő üvegek, különösen ha a kamra szélességek és üvegvastagságok is eltérőek a hangcsillapítás tovább fokozható. A hangcsillapítás eszköztárába tartozik a nehéz töltőgázok, mint argon és kripton használata. A maximális hangcsillapítás két és háromrétegű szokványos üvegszerkezetekkel 45 dB-A körül alakul ki. A hangszigetelő üvegek esetében célszerű az ágyazó-tömítő kittet is a célnak megfelelő tulajdonságú anyagból megválasztani, valamint az üveget hordó szerkezet és falazat közötti hézagot is gondosan szigetelni, nyitható szerkezeteknél a jól zárhatóságot megteremteni annak érdekében, hogy a hangszigetelő üveg által elvárt hangvédelem megvalósulhasson.

## **BEHATOLÁST GÁTLÓ ÜVEGEK**

Az üvegezett nyílások az épületek gyenge pontjai az erőszakos behatolás szempontjából. Az üvegi parnak meg kellett oldani a kellő behatolás elleni védelmet. A leghatékonyabb üvegszerkezeti megoldás az olyan hőszigetelő üveg, amelynek a külső üvegtáblája ragasztott -rétegelt üvegből készül. A táblavastagság és az egymásra ragasztott réteg számának növelésével a biztonság fokozható. Kellő rétegrenddel golyóálló üvegezés is előállítható a várható kaliber és lőtávolságnak megfelelően.

## **NAPHŐVÉDŐ REFLEXIÓS ÜVEGEK HASZNÁLATÁNAK HÁTRÁNYAI RANGSOROLÁS NÉLKÜL**

### **1. A NAPHÉNYT SZŰRŐ ÜVEGEK NEGATÍV PSZICHÉS ÉS BIOLÓGIAI HATÁST KELTENEK**

A látható tartományban bekövetkező ( a kültérbe visszatükrözött 25-50 %-os ) fényvesztés, a belépő fény hullámhosszainak módosulása, a spektrum torzulása, kedvezőtlenül befolyásolja a természetes fény hatására termelődő hormonokat (adrenalin, kortizon ), s ezért a huzamos tartózkodásra szolgáló helyiségeket használók, elsősorban a nők, biológiai egyensúlya megbomolhat. A hatékony naphő szűrő üvegeken keresztül a kék égbolt is szürkének-barnásnak látszik, s ez a látvány pszichésen negatív, depressziós hatást kelthet. Ezért a huzamos emberi tartózkodásra szolgáló helyiségekben az optikailag módosított üvegek használata biológiailag kockázatos és ártalmas.

### **2. A NAPHŐ ELLEN VÉDŐ ÜVEG FÉNYIGÉNYES IDŐSZAKBAN IS CSÖKKENTI A FÉNYT**

A naphő ellen hatékonyan védő üveggel üvegezett ablakokon át a természetes fény csak jelentős mértékben csökkentet hányada léphet be a helyiségekbe. Ez, a fényt erősen szűrő üvegezés abban a fényszegény időszakban sem távolítható el, amikor a fény már nem okoz túlmelegedést, azaz kellemetlen hőérzetet az épületben. Következésképpen a fényszegény napszakban és évszakban is megakadályozza az amúgy is alacsony intenzitású fény nagyobb részének a bejutását a helyiségekbe. A

hazai égövön és általában a temperált égövön az úgynevezett túlmelegedő időszak rövid, s ezen belül sem fordul elő folyamatosan olyan meteorológiai helyzet ( egy-egy nyári napon is csak rövid időre alakul ki hőkényelmetlenség), amely állandó fényvédelmet-hővédelmet követelne. Ilyen klimatológiai állapot csak a forró trópusokon ismeretes. A fényt erősen szűrő, csökkentő üvegezés alkalmazásának az a következménye, hogy mesterséges fényvel - indokolatlan energiafogyasztással - kell pótolni a fényhiányt. A hibás döntés, a fénycsökkentő üveg használata nyomán kényszerből alkalmazott mesterséges fény minden biológiai, pszichológiai hátrányát kényszerülnek elviselni a napszűrő üveg mögött tartózkodók az év háromnegyed részében. Mindezen fölül a fényszűrő üvegek használata ellentétes az energia takarékoság gondolatával is.

### **3. A NAPHŐ ELLEN VÉDŐ ÜVEG GÁTOLJA A NAPENERGIA PASSZÍV HASZNOSÍTÁSÁT**

A naphőtől védő üvegezés rendeltetése, hogy minél több láthatatlan sugárzást, amely nem segíti a látás folyamatát ( tehát az infravörös hullámtartományban érkező sugárzást ), minél nagyobb mértékben kirekeszse, továbbá a látható tartománynak - amelynek ugyancsak jelentős az energia hozama - legalább a felét kiszűrje, hogy végül is csökkentse a helyiségek napsugár okozta túlmelegedésének veszélyét. Ha tehát a célt jól szolgáló üvegezés készül, akkor az évnek legalább fele idejében, amikor már a napsugár okozta többlet hő segíthetne a fűtési energia egy részének megtakarításában, azaz az épület passzívan hasznosíthatná a naphőt, az üvegezés szűrő hatása ezt a folyamatot megakadályozza. Tehát akadályozza a megújuló energia hasznosítást, ezáltal a fosszilis eredetű energia fogyasztás csökkentését, amely a legfőbb célkitűzése közé tartozik az ökológikus építészetnek a környezeti ártalmak csökkentése érdekében.

### **4. A NAPHŐ ELLEN VÉDŐ ÜVEG ÖNMAGÁBAN KÉPTELEN KELLŐ HŐVÉDELMEET NYÚJTANI**

A naphő ellen még jó hatásfokkal védő reflexiós üveg sem képes önmagában olyan fokú hővédelmet nyújtani az üvegezés mögötti helyiségeknek, amely kielégítené a temperált égöv alatt a nyári kánikula idején a hőkényelem követelményét. A naphővédő üveg alkalmazása - a kellő hőkényelem elérése érdekében - megköveteli a másodlagos eszközök együttes használatát. Ezek lehetnek vagy igen magas ( 10-15-szörös ) légcsereszámú működő mesterséges szellőzés, vagy kiegészítő hűtés, klimatizálás, illetve árnyékoló szerkezetek. Azonban csak légcserével nem lehet a mindenkori külső léghőmérséklet szintet elérni, a belső léghőmérséklet a légcsereszámútól függően mindenkor 2-4 fokkal mindenkor magasabb lesz.

### **5. NAPVÉDŐ ÜVEGEZÉSŰ HELYSÉGEK A SZOKÁSOS MÓDON NEM SZELLŐZTETHETŐEK**

A napvédő üvegezésű ablakok - ha azok egyébként felnyitható szárnyakkal rendelkeznek - rendszerint éppen azokban az órákban nem nyithatók ki, amikor a napsugár az ablakfelületet éri, azaz a helyiség a legnagyobb naphőterhelésnek van kitéve, mert felnyitásával megszűnik az üvegezés szűrő hatása, tehát a reflexiós üveg legfőbb célkitűzése hiúsul meg. A vízszintes tengelyű billenő, vagy a jól tájol függőleges forgó ablakok esetében a felnyitás nem akadályozná a napvédelem teljesülését. Azonban megoldatlan légtömörségi okok miatt napjainkban ilyen ablakok forgalmazását szabványok tiltják.

## **6. A TÜKRÖZŐ, SZÍNES HATÁSÚ ÜVEGEZÉSEK IDŐVEL ESZTÉTIKAILAG TÖNKREMENNEK**

A naphőt szűrő üvegezés technológiája folyamatos fejlesztés alatt áll. Bizonyos idő elteltével az adott üvegezés azonos megjelenésű, színű, tónusú üveggel már nem helyettesíthető, mert a gyártási technológiát többé már nem alkalmazzák. Az üveg törékeny anyag, s elkerülhetetlen a törés kár. A

4.16

szokás szerinti ötven éves épület-élettartam alatt számos ablak újraüvegezése töréskár miatt szükségessé válik. A hőszigetelő ( termopán ) üvegezés élettartama 15-25 év. A tönkremenetel nem egyidejű, hanem a fizikai terhelés körülményeitől függően változó. Tehát ebből a folyamatból is keletkezik újraüvegezési kényszer. Ezeknek a következménye, hogy az épület üvegezése előbb vagy utóbb foltossá, tarkává, esztétikailag kellemetlen megjelenésűvé válik. Ennek következtében elvesz az a legfőbb ( vonzó, látványos ) tulajdonsága, amiért az építészek rendszerint használatuk mellett döntenek. A tájékozottak körében ugyanis ismert, hogy az ilyen üvegekkel a naphővédelem nem oldható meg hatékonyan.

## **7. A NAPVÉDŐ, TÜKRÖZŐ ÜVEGEK HASZNÁLATA JELENTŐS TÖBBLET KÖLTSÉGET OKOZ**

A naphőt szűrő üvegek önmagukban is jóval magasabb költségűek, mint a szokványos átlátszó üvegek. A hatékony naphő védelem csak akkor jön létre, ha a napsugárzásnak, a látható tartományban is számottevő hányadát az üveg képes kívül rekeszteni az épületen. Ebből következik, hogy a megvilágítási szint a fényáram csökkentésével arányosan változik. Ezt elkerülendő, a hátrány egyensúlyozására nagyobb üvegfelületek készülnek. A nagyobb üvegfelületeknek nagyobb a költsége, de minthogy hőszűrő az üvegezés, azért az üvegminőség is növeli a költséget. Továbbá az épületek ablakai azok amelyek a legnagyobb hőforgalmat bonyolítják le, azaz télen az üvegezett felületen keresztül a legnagyobb a fajlagos hőveszteség. A megnövelt fűtési energia költség további növelő tényező. Végül említést érdemel az a tény, hogy az üvegezett felület csak akkor felel meg rendeltetésének, ha azt rendszeres karban tartják, tisztítják. A nagyobb üvegfelület karbantartása is nagyobb.

## **8. A NAPSUGARAT SZŪRŐ ÜVEG KIZÁRJA AZ ULTRAVIOLETA SUGÁRZÁST**

Az üvegezés elnyeli a teljes UV-B tartományt és az UV-A jelentős részét, de utóbbinak bizonyos hányada még bejut az optikailag nem módosított, szokványos átbocsátású üvegen keresztül. A tükröző, vagy egyéb optikailag módosított üvegek a maradék csekély ultraviola sugárzás bejutását is megakadályozzák.

## **9. A TÜKRÖZŐ ÜVEGEZÉS KEDVEZŐTLEN KÖRNYEZETI HATÁST OKOZ**

A tükröző üvegek a visszavert fény és hősugarakkal megterhelik a környezetet. Az elhárított, kellemetlenséget okozó sugárzást a környezetnek kell elviselnie, adott esetben a szemben fekvő házaknak. Vakítást, káprázást okoz, akár több kilométeres távolságra is. Fókuszáló sugarak a környezet, közlekedés biztonságát veszélyeztetik, mint ahogyan ezt számos kereszteződésnél történt karambol bizonyítja.

## **10. A TÜKRÖZŐ ÜVEGEZÉS TERMÉSZETVÉDELMILEG KÁROS HATÁST FEJT KI**

A tükröző üvegek tömeges madárelhullást okoznak a migráció idején, különösen a magasházak esetében. A madarak rendszerint éjjel kelnek útra, részben, mert a csillagok szerint tájékozódnak, részben mert így védekeznek a ragadozó madarak ellen. A tükröző üvegezésű magasházak megtévesztik a madár rajokat és pusztulásukat okozza. A reflexiós üvegezett magasházak környékéről reggelenként tömegesen kell eltakarítani a madár tetemeiket

## **11. A TÜKRÖZŐ ÜVEGEZÉSŰ ÉPÜLET TERMÉSZETELLENES MEGJELENÉSŰVÉ VÁLIK**

A túlzottan tükröződő üvegezésű épületek megjelenése gyakran indokolatlan, meg nem érdemelt hangsúlyt nyernek funkciójukhoz képest, versenyre kelve más fontos feladatú, történelmi múltú épületekkel. A fokozódó versenyben elszaporodásuk városrészek esztétikai sematizálódó tönkremeneteléhez vezethet. Megjelenésük rideg, emberidegen, szélső esetben pöffeszkedő hatású is lehet. Több szomszédos reflexiós üvegezésű épület együttese kellemetlen arculatúvá válhat.

## **12. A TÜKRÖZŐ, SZÍNES ÜVEGEK ALKALMAZÁSI KÉNYSZERT GYAKOROL**

A napvédő üveget azon a homlokzaton is kényszerülnek alkalmazni, amelyet valójában nem éri túlmelegedést okozó napsugárzás, mert a kétfajta üvegezés egy épület szomszédos homlokzatain esztétikailag nem megengedhető megjelenéshez vezet.

4.17

## **NAPVÉDŐ ÜVEGEK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI**

A reflexiós, napvédő üvegek alkalmazására az elmondott számos negatív tulajdonságuk ellenére mégis sor kerülhet bizonyos esetekben. Ezek az alábbiak.

### **1. SZÉLJÁRÁSNAK KITETT KÜLÖNÖSEN MAGAS ÉPÍTMÉNYEKEN**

A napvédelem ezeken az épületeken is megoldható árnyékoló szerkezettel, pl. egy harmadik külső, védő üvegtábla mögötti elhelyezéssel, ahol viharbiztos a használata.

### **2. ÉPÜLET REKONSTRUKCIÓK, PÉLDÁUL MŰEMLÉKEK ESETÉBEN**

### **3. JÁRMŰVEKEN, MUNKAGÉPEKEN**

### **4. NEM HUZAMOS EMBERI TARTÓZKODÁST SZOLGÁLÓ ÉPÍTMÉNYEKEN, PL. SZÁLLODA,**

KIÁLLÍTÁSI CSARNOK, ÁRUHÁZ

### **5. AHOL A BETEKINTÉS KÖVETELMÉNY, DE A SZÍNTORZULÁS NEM JÁTSZIK SZEREPET**

### **6. MŰTÁRGYAKON**

### **7. KÜLÖNÖS HANGSÚLYT KÍVÁNÓ ÉPÍTMÉNYEKEN**

Knapp Oszkár 1981 Műszaki Könyvkiadó, Budapest  
ÉPÍTÉSZET ÉS ÜVEG

Interpane-Gruppe 1960 Műszaki Könyvkiadó, Budapest  
GESTALTEN MIT GLASS

Timothy E. Johnson 1990 Interpane- Gruppe  
Low-E Glazing Design Guide  
Butterworth Architecture  
Boston, London, Oxford, Singapore, Sydney

