

TÁMOP JEGYZET PÁLYÁZAT

Képzés- és tartalomfejlesztés, képzők képzése, különös tekintettel a matematikai, természettudományi, műszaki és informatikai képzésekre és azok fejlesztésére

(Projektazonosító: TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2010-0075)

ÜVEGTETŐK

A BME Építésztechnológiai Kar hallgatói számára, elsősorban az
Épületszerkezetek 8 tantárgy anyagához

Kizárólag oktatási célra!

készítette: BME Építésztechnológiai Kar
Épületszerkezetek Tanszék
tanszékvezető: Dr. Becker Gábor egyetemi tanár

témafelelős: Dr. Becker Gábor egyetemi tanár
kidolgozó: Dr. Becker Gábor egyetemi tanár
Reisch Richárd egyetemi adjunktus
Bakonyi Dániel doktorandusz

belső lektor: Pataky Rita egyetemi mestertanár
Dr. Takács Lajos Gábor egyetemi docens

külső lektor: Dr. Perényi László egyetemi docens PTE PMMIK

Budapest, 2012. június

TARTALOMJEGYZÉK

1. AZ ÜVEG, MINT ÉPÍTŐANYAG, ÉS SAJÁTOS TULAJDONSÁGAI

- 1.1. Az üveg anyagszerkezete és szilárdsága
- 1.2. Az üveg szilárdságát befolyásoló tényezők
- 1.3. A hőkezelt üvegek fajtái és alkalmazásuk
- 1.4. Az üveg törése, törésképe; laminált üvegek
- 1.5. Az építési üvegek épületfizikai tulajdonságai, jellemzői
- 1.6. Az építési üvegek leggyakoribb fajtái, táblaüveg termékek

2. AZ ÜVEGTETŐKKEL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

- 2.1 A tetőket érő hatások
- 2.2 A tetőkre vonatkozó általános követelmények
- 2.3 Az üvegtetőkre vonatkozó speciális követelmények
 - 2.3.1. A fej fölötti üvegezés szabályai
 - 2.3.2. Öntisztulás
- 2.4 Üvegházhatás, hőtorlódás
- 2.5 Üveg tartószerkezetek, a maradó szilárdság fogalma

3. TERVEZÉS ÉS SZERKESZTÉS

- 3.1 Az üvegtetők osztályozása, felosztása
 - 3.1.1 Méret és alkalmazás szerint
 - 3.1.2 Teljesítményfokok alapján
 - 3.1.3 A tartószerkezet anyaga, kialakítása szerint
 - 3.1.4 Az üveg megfogása alapján
 - 3.1.5. Az üveg közvetlen tartószerkezetének anyaga szerint
- 3.2 Üvegtetők árnyékolása és szellőztetése
- 3.3 Előtetők
- 3.4 Védőtetők, egyrétegű nagy fesztávú tetők
- 3.5 Teljes étékű térelhatárolást nyújtó üvegtetők
- 3.6 Bordás üvegtetők
 - 3.6.1 Bordás üvegtetők csatlakozásai
 - 3.6.2 Bordás üvegtetők vízelvezetése
- 3.7 Rácshéjak
- 3.8. Pontmegfogásos üvegtetők
 - 3.8.1. Az üvegtáblák megfogása
 - 3.8.2. Az üvegtáblák közötti hézagképzés
 - 3.8.3. A tartószerkezet kialakítása

4. JÁRHATÓ ÜVEGSZERKEZETEK

- 4.1 Álpadlók
- 4.2 Födémek
- 4.3 Lépcsők

5. IRODALOMJEGYZÉK

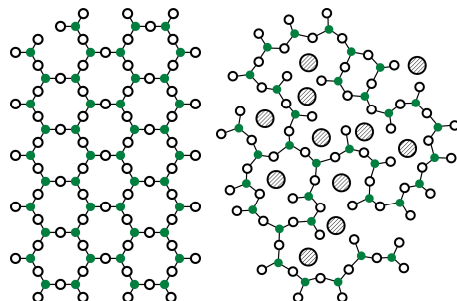
BEVEZETÉS

Az üveg a mai kor építészetének is egyik meghatározó eleme. Egyre nagyobb felületeket, egyre nagyobb fesztávval és változatosabb formával igyekszünk lefedni. A transzparencia miatt még a teherhordó szerkezet is sokszor üvegből készül. Az építészeti formaképzés és a belső terekben a megfelelő klíma kialakítása az anyaggyártókat és a szerkezettervezőket egyre nagyobb kihívás elé állítja.

Ez a jegyzet áttekintést ad az üvegtetőkről, a velük szemben támasztott követelményekről, tervezésük-szerkesztésük elveiről, szabályairól, végül nagyon röviden a járható üvegszerkezetekről. Építésztechnológiai hallgatók számára készült, ezért feltételezi jellemzően korábban tárgyalt szerkezetek ismeretét – tetők, nyílászárók, függönyfalak stb. – és csak az ettől eltérő tudásanyaggal foglalkozik.

1. AZ ÜVEG, MINT ÉPÍTŐANYAG, ÉS SAJÁTOS TULAJDONSÁGAI

1.1. Az üveg anyagszerkezete és szilárdsága



1. ábra A homok (a bal oldalon) és a nátronüveg (jobb oldal) molekuláris felépítése

Az üveg szilárdsága függ az anyag mennyiségétől. Az üveg nano- és makroszilárdsága (törőszilárdság) jelentősen eltérő: nanoszilárdsága 2000-11000 N/mm², a mérhető szilárdsága 33-81 N/mm². Ennek az a magyarázata, hogy az üveg amorf szilikátvegyület, amit megdermedt olvadékként is szoktak modellezni. Az 1. ábra bal oldalán egy tiszta, kristályos szilícium-dioxid SiO₂ (homok), a jobb oldalán egy nátrium beágyazódásokkal teli alkáli-szilikát üveg molekulálánca látható. Jól látható hogy az anyag inhomogén, ami azt is jelenti, hogy nagyobb mennyiségű anyagban nagyobb mennyiségű komolyabb inhomogenitás, „hiba” is felléphet, ami alapvetően lerontja a szilárdságát. Ez a magyarázata annak, hogy a tiszta, ideális, kis mennyiségű üveg húzószilárdsága igen nagy (gondoljunk csak az üvegszál erősítésű műanyag kompozitokra, az üvegszövetre, az üvegszál asztalra), de a nagy tömegű, sok anyagot tartalmazó építési termékek húzószilárdsága kicsi.

Az építésben használt üvegnek nagy a nyomószilárdsága, kicsi a húzó- és hajlítószilárdsága. A gyakorlati alkalmazásban a legfontosabb tulajdonsága, hogy rideg, azaz egy bizonyos feszültségi állapot elérése után hirtelen, lényegében alakváltozás nélkül tör.

rugalmassági modulus (E)		70000-72000 N/mm ²
sűrűség	normál üveg	2,5 g/cm ³ (2500 kg/m ³)
	ólomüveg	6,3 g/cm ³
nano húzószilárdság		2000-11000 N/mm ²
makro nyomószilárdság		700-900 N/mm ²
makro húzószilárdság		33-81 N/mm ²
névleges hajlító- húzószilárdság	normál síküveg	40 N/mm ²
	hőkezelt üveg	85 N/mm ²
	edzett üveg	150 N/mm ²
keménység (Mohs-skála)	alkáli-mész-szilikát üveg	60,0
	bór-szilikát üveg	70,0
	kvarcüveg	80,0
olvadási hőmérséklet		1100 °C
lágyulási hőmérséklet		560-700 °C
lineáris hőtágulási együttható (α)		88 × 10 ⁻⁷ 1/°C
hővezetési tényező (λ)		1 W/mK
fajhő	kvarcüveg (c)	0,75 J/gK
	ablaküveg (c)	0,84 J/gK

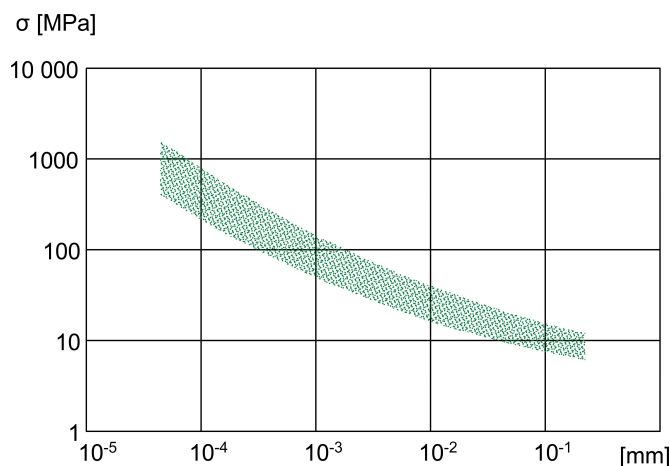
1.1 táblázat: A üveg legfontosabb mechanikai és fizikai tulajdonságai

Megjegyzés az 1.1 táblázathoz: a nano-húzószilárdság függ a szál vastagságától. Az 5-7 µm-es száalak húzószilárdsága 2000 N/mm², az 1 µm alattiaké 11000 N/mm² feletti.

Az üveg rossz elektromos vezető. A legtöbb anyagban nem oldódik, ez alól kivétel a hidrogén-fluorid. A víz, és enyhe lúgok folyamatos hatására lassú korrózió, vakulás alakul ki a felületén.

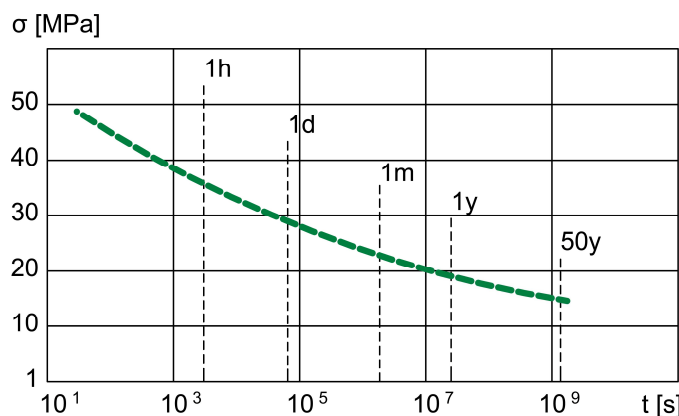
1.2. Az üveg szilárdságát befolyásoló tényezők

Az üveg szilárdsága – az építőanyagok körében egyedülállóan – függ az üveglap felületi hibáitól: a polírozott felületű, 10^{-4} mm-es felületi hibáknál nagyobbakat nem tartalmazó felületű üveg szilárdsága 20-30-szor nagyobb, mint egy 0,1 mm-es hibákat tartalmazó felületű üvegtábláé. (Lásd a 2. ábrát!) Ebből a gyakorlatban az következik, hogy a teherhordó üvegek, ill. nagy megbízhatóság igénye esetén az üveg felületeit (a gyakorlatban a vágott élét) polírozni kell.



2. ábra A felületi hibák hatása az üveg szilárdságára

Az üveg szilárdsága – szintén az építőanyagok többségénél nem szokásos módon – függ a terhelési időtől is: 10-15 perces igénybevételre 2-3-szor nagyobb terhelést képes elviselni, mint egy évre. (Lásd a 3. ábrát!)

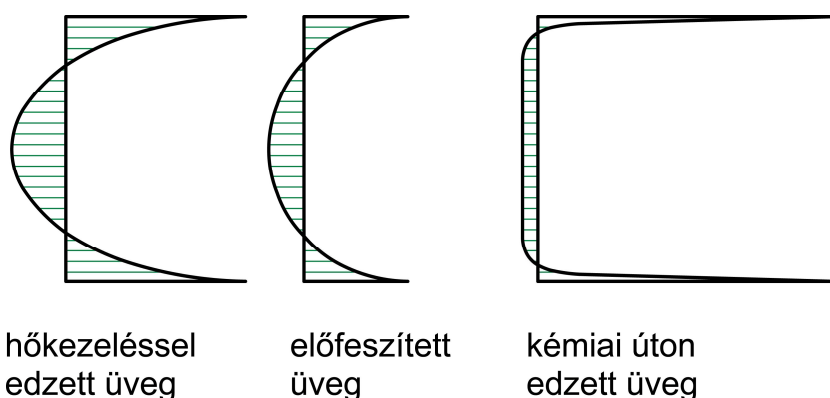


3. ábra Az üveg szilárdságának alakulása a terhelés idejének függvényében

1.3. A hőkezelt üvegek fajtái és alkalmazásuk

1875-ben készítettek először *termikusan edzett* üveget. Az eljárás során az üveget teljes keresztmetszetében 640°C -ra felhevítik, majd hirtelen lehűtik. Az egyenetlen lehűlés következtében az

eljárás során feszültségkülönbség keletkezik a felület és az anyag belseje között: a hirtelen lehűlt felületben gyűrűs húzófeszültség alakul ki, ami előfeszített állapotot eredményez a táblában. (Lásd a 4. ábrát: edzett üvegek keresztmetszeti feszültséggörbéje.) Ez az állapot hasonlít az előfeszített vasbeton szerkezetekéhez. Mivel a teljes felület feszültség alatt van, amennyiben annak bármelyik pontja megsérül, az egyensúlyi állapot felborul, az üveg „felrobban”. A törés során keletkező szilánkok mérete kicsi, morzsás, formájuk lekerekített. Ebből következően az edzett üvegek már nem munkálthatók meg, és nagyobb teherbírásuk ellenére sérülékenyek.



4. ábra Edzett üvegek keresztmetszeti feszültséggörbéje

A normál és az edzett üveg jó tulajdonságainak kompromisszumos közelítésére alkalmazzák a *hőkezelt* (*hőerősített, előfeszített, félig edzett*)¹ üvegeket. Az üveget az edzéshez hasonló eljárásnak vetik alá, de a lehűtés fokozatosabb, nem olyan gyors. Az eredmény köztes tulajdonságú üveg: szilárdsága nagyjából kétszerese a normál üvegének és fele az edzettének, törése esetén közepes méretű szilánkokból álló, laminálás alkalmazásával összefeszülésre alkalmas, tehát maradó szilárdsággal rendelkező tábla.

Az edzett üvegtáblák hajlamosak a spontán törésre, ami a nikkelszulfid zárványok hatására jön létre, amelyek hőmérséklet-változásokra változtatják térfogatukat, ezzel idézve elő az edzett üvegek „felrobbanását”. A spontán törés valószínűsége szakirodalmi adatok szerint 1-3%. Mivel ez igen nagy arány, kidolgozták megelőzésének, ill. jelentős csökkentésének technológiáját. Az üvegtáblákat 2-8 óráig hőfürdőben (290-300 Celsius fokon) tartják, ezalatt a spontán törésre hajlamos üvegek összetörnek. Az eljárást *Heat Soak Test*-nek („hőfürdő teszt”) hívják. A szakirodalom szerint a tesztelt üvegek esetén a spontán törés valószínűsége 0,1 % körül van.

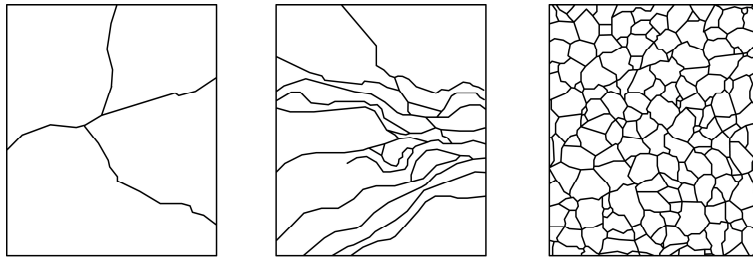
Létezik még az üvegek kémiai úton való edzése is, aminek során az üveget vegyszerekkel teszik ellenállóbbá, de ez lényegében csak a felületére hat, néhány molekula mélységben. Olyan helyeken alkalmazzák, ahol elsősorban a felület nagyobb mechanikai ellenálló-képességére van szükség, pl. műszerek, monitorok; az építőiparban nem használatos.

1.4. Az üveg törése, törésképe; laminált üvegek

Az üvegtáblák minőségére jellemző azok törésképe. A normál építési üveg törésképe kard alakú, nagyobb felületű darabokból áll, ahol a törés kiindulási helye és a formája utal a tönkremenetelhez vezető igénybevételre. Ezek a nagy felületű, éles darabok igen veszélyesek a használókra nézve,

¹ A hatályos magyar szabvány „hőerősített” megnevezése nem túl szerencsés, hiszen a termikus edzés is „hőerősítés”. Jobb híján használjuk a „hőkezelt” megnevezést is, bár az „előfeszített”, de főleg a „félig edzett” sokkal beszédesebb, de egyik sem terjedt el széles körben.

súlyos sérüléseket, sőt akár halálos baleseteket is okozhatnak. (Lásd az 5. ábrát: üvegek törésképe.) Ahol ez fokozott veszélyt jelent (pl. járműveken), ott edzett üveget használnak, aminek apró, lekerekített formájú szilánkjai sokkal kisebb sérülést okoznak. A hőkezelt (félig edzett) üvegek törésképe a kettő között van, de jobban hasonlít a normál üvegéhez.



normál üveg

előfeszített üveg

edzett üveg

5. ábra Különféle üvegek jellemző törésképe

Az edzett üvegek morzsákra való szétesése sok helyzetben, de bármilyen üvegből készített fej fölötti üvegezés (üvegtetőben, ferde üvegekben való alkalmazás) esetén, amikor a szilánkok rázuhanhatnak az alattuk közlekedőkre, igen nagy veszélyt jelentenek. Ilyen alkalmazásra és több üvegtáblából álló szerkezetek összeépítésére dolgozták ki az üvegtáblák laminálását, ragasztását. A laminálás ragasztóanyaga víztiszta, igen erős műanyag fólia (PVB polivinyl butíral, EVA ethyl-vinyl-acetat), vagy az üvegtáblák közé öntött műgyanta.

1.5. Az építési üvegek épületfizikai tulajdonságai, jellemzői

Az építési gyakorlatban a külső térelhatárolásra használatos üvegek legfontosabb tulajdonságait az alábbi táblázatban összefoglaltakkal tudjuk jellemezni.

<i>megnevezés</i>	<i>jel</i>	<i>mértékegység</i>
hőátbocsátás	U	W/m ² K
fényáteresztés	τ vagy L_t	%
összenergia-átbocsátás	g	%
szelektivitás	-	-
fényvisszaverés	R	%
színhűség	R_a	%

1.2 táblázat: az építési üvegek épületfizikai jellemzői.

A hőátbocsátási együtthatót széles körben használjuk, nem szorul magyarázatra. A fényáteresztési együttható (τ vagy L_t , light transmission) az üvegtáblán átjutó látható fény arányát adja meg, az összenergia-átbocsátási együttható (g) pedig az üvegen átjutó összes energia arányát a felületére eső teljes energiamennyiséghez viszonyítva. Általában arra törekszünk, hogy a lehető legtöbb fény jusson be, míg a nagy üvegfelületeken bejutó nyári hőterhelés kedvezőtlen hatása miatt jellemzően az energia távoltartása a cél. Ennek arányára jellemző a szelektivitás, ami annál kedvezőbb, minél magasabb a szám. A fényvisszaverés az üveg tükröződésének mérőszáma, a hagyományos ragasztott üvegé kb. 15%.

1.6. Az építési üvegek leggyakoribb fajtái, táblaüveg termékek

Az építési alapüvegekből készülő termékeket az 1.3-as táblázatban foglaltuk össze.

<i>építési alapüvegek</i>	<i>termékek</i>
<i>átlátszó sík üvegek</i> float (húzott)	• normál • bevonatos (lágy vagy kemény bev.) • hőkezelt (edzett, előfeszített stb.) • rétegelt-ragasztott („biztonsági”) – gyantával – PVB vagy EVA fóliával • utólag (egy oldalán) fóliázott • többrétegű ragasztott hőszigetelő • többrétegű ragasztott hangszigetelő • többrétegű tűzgátló
<i>nem átlátszó sík üvegek</i> float (húzott) öntött, hengerelt huzalbetétes idomüveg	• maratott (fluorsavval) • homokfúvott • ornamens, színtelen – színezett
<i>félíg fényáteresztő üvegek</i> float (húzott) anyagában színezett préselt	• reflexiós • intelligens üvegek • abszorpció • üvegtéglák

1.2 táblázat: Az építési alapüvegek és a belőlük készülő termékek

2. AZ ÜVEGTETŐKKEL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

2.1 A tetőket érő hatások

Az üvegtetőket ugyanazok a hatások érik, mint bármilyen vízszintes felületet, vagy tetőt egy beépített környezetben. Mégis célszerű végigvenni ezeket, hogy könnyebben tájékozódhassunk az üvegtetők tervezése során.

A legfontosabb hatások a *meteorológiai* eredetűek:

- *Csapadék*, ami elsősorban eső, hó, ill. hóolvadék, ritkábban jégeső formájában jelenik meg.
- A *napsugárzás* a fényen kívül mindenekelőtt hősugárzás; a szerkezetek szempontjából lényeges összetevője az ibolyántúli (uv) sugárzás, ami az anyagok (és így a szerkezetek, felületképzések, tömítések) öregedésének elsődleges előidézője.
- A *szélhatás* elsősorban mint dinamikus hatás jelentős (tartószerkezeti méretezés), de a csapadékkal együtt kialakuló csapóeső konstrukciós szempontból is fontos.

A külső hatások közül a legfontosabbak

- A *vegyi*, korróziós hatások, melynek oka elsősorban a légszennyeződés.
- A *por*, *szennyeződés*, mely jelentősen befolyásolja a tervező és a felhasználó által megkívánt transzparenciát.
- A *mechanikai hatások*, amelyek közül meg kell különböztetnünk az üzemi jellegű (állandó) hatásokat, a karbantartási jellegű (alkalmi), végül a rongálás jellegű hatásokat, pl. zuhanó tömeg.
- A *zaj*, ami egyre érzékenyebben érinti a használókat, azaz nagy figyelmet kell fordítani kizárására.
- A *tűz*, amit itt csak megemlítünk. Léteznek tűzszakaszhatárként is szolgáló nagy tűzállóságú üvegtetők erősített, tűzvédelemmel ellátott bordákkal és különleges üvegezéssel, de jegyzetünkben ezekkel nem kívánunk részletesen foglalkozni.

A külső és a belső tér légállapotának különbségéből adódóan létrejövő hatások

- A *hőmérsékletkülönbség*, ami többek között feszültséget és alakváltozást okoz a szerkezetekben, és
- a *párányomás különbség*, aminek szerkezeten belüli fékezése-zárása, ill. kiegyenlítése szerkesztési feladat.

Az üvegtetőket érő hatásokat az áttekinthetőség érdekében egy táblázatban is összefoglaljuk.

AZ ÜVEGTETŐT ÉRŐ HATÁSOK	
meteorológiai hatások	csapadék (eső, hó)
	napsugárzás (hőhatás, UV-sugárzás, fény)
	szélhatás
hőmérsékletkülönbség	
párányomáskülönbség	
por, szennyeződés	
vegyi hatások (korrózió)	
mechanikai hatások	üzemi jellegű (állandó)
	karbantartási jellegű (alkalmi)
	rongálás, zuhanó tömeg
zajhatások	
tűz	

2.1 táblázat Az üvegtetőket érő hatások

2.2 A tetőkre vonatkozó általános követelmények

A fenti hatásokból egyértelműen következnek a követelmények, ezeknek az megbízhatóan és meghatározott teljesítménnyel ellen kell tudni állniuk az üvegtetőknek. Ezeket a tetőket is a más szerkezeteknél megszokott módon méretezni kell csapadékvíz-elvezetésre, hőátbocsátásra, szerkezeten belüli és felületi páralecsapódásra, napvédelemre, szélhatásra, állékonyságra és a különféle terhekre, igénybevételekre, bizonyos esetekben ezen felül hanggátlásra és tűzgátlásra is.

2.3 Az üvegtetőkre vonatkozó speciális követelmények

Bár a tetőket érő hatások azonosak, az üvegszerkezeteknek azokra való érzékenysége már nem azonos. Két alapvetően érzékeny hatás van, amire az üvegtetők tervezésénél oda kell figyelni: a *mechanikai hatások* és a *szennyeződés*, ezek vonatkozásában speciális követelményeket támasztunk az üvegtetőkkel szemben.

2.3.1 A fej fölötti üvegezés szabálya

Az üvegtetőre zuhanó nehéz tárgy a vékony üvegszerkezetet összetöri, azon átzuhanva az üveg szilánkjeival együtt az alatta lévő térbe zuhan, igen súlyos balesetet, akár halálesetet is okozhat. Mivel ez megengedhetetlen, *meg kell akadályozni az üvegtetők tábláinak lezuhanását*. Az üvegtáblák lezuhanást akadályozó kialakítását alacsony igény szint és kis üvegtáblák esetén huzalbetétes üveggel, normál igény szint esetén jellemzően (általában fóliával) laminált üvegtáblák beépítésével oldják meg. A helyzet logikájából adódóan mindig a legalsó üvegtáblának kell laminálnak lennie.

Tágabb értelemben minden a függőlegestől 10 foknál jobban eltérő üvegezést fej fölöttinek tekintünk, hiszen ezeknél fennáll a lezuhanás lehetősége.

2.3.2 Öntisztulás

A *szennyeződésre* az üvegtető rendkívül érzékeny, hiszen a transzparens táblák elpiszkolódása igen csúnya. Ennek elkerülésére a felületét *öntisztulóra* kell kialakítani. Ezt úgy lehet elérni, hogy a rá jutó csapadék mindig kellő energiával rendelkezzen ahhoz, hogy a felületre lerakódó port, szennyeződést magával sodorja, ami a felület lejtésének függvénye. A szakirodalom sokféle adatot használ, de abban elég nagy az egyetértés, hogy 5% alatti lejtés esetén az öntisztulás már biztosan nem jön létre. A tervezés során lehetőleg kerülni kell, hogy az üveg felületekre más felületekről víz folyhasson, mert a víz által szállított szennyeződés csúnya nyomot hagyhat az üveg felületén.

2.4 Üvegházhatás, hőtorlódás

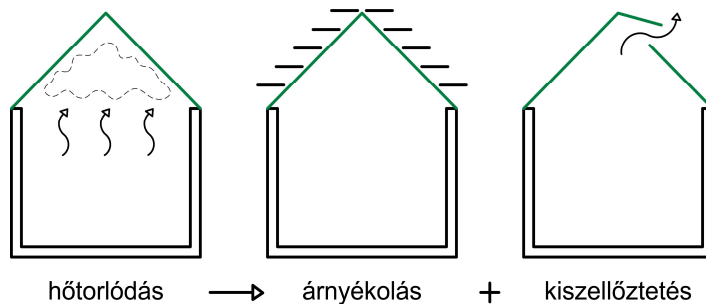
Az üvegházhatás jelensége közismert: az üveg átbocsátóképessége hosszú hullámon kisebb, mint a napsugárzás rövidhullámú energiaspektrumában. Amikor az üvegtábla mögé bejutó napsugárzás energiájával az ott lévő felületeket felmelegíti, azt hosszúhullámú sugárzássá alakítja át, ami megreked az üveg mögött, ez az üvegházhatás. Az üvegtetők esetében az üvegházhatás szinte mindig megjelenik, és komoly gondot okoz a nagy besugárzású (nyári) időszakokban.

A meleg levegő felfelé száll. Az üvegtetők jellemzően nagyobb, reprezentatív terek fölött vannak, ezekben a terekben az épületben keletkező meleg levegő összegyűlik, és felszáll a tető alá. Ez a jelenség tovább fokozza az üvegházhatás miatt amúgy is felmelegedett levegő feltorlódását.

A jelenség ellen csak több eszköz egyidejű alkalmazásával tudunk hatásosan fellépni. (6. ábra) A leghatékonyabb az üvegtetőket leárnyékolni. Az árnyékolás lehet külső, ez az igazán hatékony megoldás; lehet belső, ami lényegesen kevésbé hatékony, bár átszellőztetéssel sokat lehet rajta javítani, végül alkalmazhatunk napvédő üvegeket is. Mivel az üvegtetők légies megjelenése rendkívül fontos, és az árnyékolók ezt sokszor le tudják rontani, gyakran kompromisszumra kényszerülünk.

A szellőzés lehet gépi vagy gravitációs. A gépi szellőzés előnye, hogy tetszőleges helyen, zónában alkalmazhatjuk és jól szabályozható, ugyanakkor hátránya, hogy a jelentős keresztmetszetű légvezetékek nehezen rejthetők el az üvegtetők környezetében, ezért jellemzően alájuk építik be őket, aminek következtében az alattuk lévő teret többé-kevésbé jól kiszellőztetik, de közvetlenül az üveg alatt

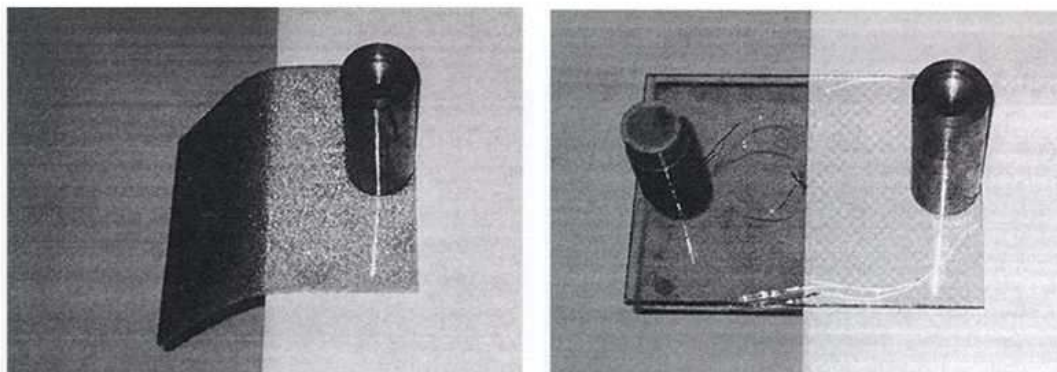
megrekedt meleg ezzel a megoldással nem távolítható el. A gravitációs szellőzés előnye, hogy nem igényel sem gépészeti berendezést, sem energiát a működtetéséhez.



6. ábra Az üvegtetők alatti hőtorlódás, és az ellenük való védekezés eszközei.

2.5 Üveg tartószerkezetek, a maradó szilárdság fogalma

Az üveg bordák laminált szerkezetek, legalább három, többnyire négy táblából összeragasztva. Az 1.4 fejezetben tárgyaltuk, hogy a legnagyobb szilárdsággal az edzett üveg rendelkezik, de tönkremenetele esetén morzsákra törik szét, emiatt egy edzett üveglapokból álló tartószerkezet igen nagy kockázatú. A tartószerkezetnek rendelkeznie kell *maradó szilárdsággal*, azaz egy esetleges törés után is a helyén maradván, csökkent értékűen, de teljesítenie kell teherhordó szerepét. A 7. ábrán látható egy kísérlet: a két edzett üveglapból ragasztott tábla törés után úgy viselkedik, mint egy nemez: saját súlyától is lehajlik, míg a két hőkezelt (félig edzett) üveglapból PVB fóliával laminált tábla nemcsak a helyén marad, hanem rendelkezik valamekkora teherbíró képességgel is. Ennek alapján belátható, hogy a laminált üveg tartószerkezeteket általában olyan felépítéssel készítik, hogy a külső táblák normál, vagy félig edzett üvegek, amik törés után is a helyükön maradnak, míg az edzett üvegek alkalmazását kerüljük, vagy a belső – védett – zónába helyezik őket.



7. ábra A maradó szilárdság szemléltetése. A bal oldali üvegtábla két edzett üvegből, a jobb oldali két hőerősített üvegből van összeragasztva, az előbbinek nincs, az utóbbinak van törés utáni maradó szilárdsága

3. TERVEZÉS ÉS SZERKESZTÉS

3.1 Az üvegtetők osztályozása, felosztása

Az alábbiakban röviden ismertetjük az üvegtetők egy lehetséges felosztását, osztályozását, a téma lehetőség szerinti legteljesebb lefedésével.

3.1.1 Méret és alkalmazás szerint

Ebben a pontban az alkalmazási területek gyakorisága és mérete szerint vesszük számba a lehetséges szerkezeteket.

- *Előtető*: méretük általában nem jelentős, bár vannak nagyméretű előtető-szerkezetek is. Szerkesztésük-kialakításuk igen sokféle lehet, alapvető funkciójuk csupán a csapadék elleni védelemre szorítkozik.
- *Felülvilágítók*: lehetnek pont-, vagy vonalszerű kialakításúak; a pontszerűek különféle magassági és formai kialakítással. A vonalszerűek lehetnek féloldalasak (pl. sód-tetők), és lehetnek kétoldalasak különféle hajlásszöggel, továbbá szegmens hernyók, konoidok, hiperbolikus paraboloidok.
- *Téli kertek*. Nem önálló szerkezeti csoport, gyakoriságuk miatt mégis célszerű külön is tárgyalni őket. Általában helyiségméretű, viszonylag kis (2-5 m) mélységű, jellemzően épület falához illesztett, leggyakrabban félnyeregvető fedésű, esésirányban toldás nélküli üvegtáblából kialakított üvegezett falú szerkezetek. Készíthetők kizárólag bordás, ill. vázas-bordás kialakításban, ez utóbbi esetben az üvegtartó profilokat egy teherhordó vázszerkezet (keret) támasztja alá. A kereskedelembe kaphatók kifejezetten télikertek céljára gyártott magasztott (műanyag, alumínium) profilok, amelyekből „konfekcionált” télikertek és egyedi szerkezetek egyaránt kialakíthatók.
- *Önálló üvegtetők*, melyek a későbbiekben részletezendő szerkezeti kialakítási lehetőségek alapján nagyobb terek lefedésére készülő üvegszerkezetek.
- *Komplex üvegszerkezetek*: olyan épületek-épületrészek, ami nem csak üvegtető, hanem ahhoz más üvegezett, ill. üveg szerkezetű térelhatároló szerkezetek (falak, esetleg földemek) is csatlakoznak.

3.1.2 Teljesítményfokok alapján

A szerkezetek teljesítményfokozata alapján a következő fő üvegtető-szerkezeteket különböztethetjük meg:

- *előtető*
- *védőtető* - mindkét szerkezet csupán csapadék elleni védelemül szolgál, gyakorlatilag „esernyő” funkciót tölt be.
- *Átmeneti légállapotú tereket határoló szerkezetek*: olyan üvegtetők, amelyek nem állandó emberi tartózkodás céljára szolgáló, fűtetlen, vagy csak temperált terek határolására készül. (Pl. fűtetlen csarnokok, váróterek stb.)
- *Teljes értékű térelhatárolást nyújtó szerkezetek*: ezek állandó emberi tartózkodásra szolgáló, fűtött légállapotú terek fedésére szolgálnak, velük szemben a teljes komfortérzet követelményével lépünk fel.

3.1.3 A tartószerkezet anyaga, kialakítása szerint

- *Teherhordó + üvegbefogadó szerkezetű tető*: Ezeknél a szerkezeteknél a tető tartószerkezete és az üvegbefogadó szerkezet kettéválk. Nagyobb üvegtetők leggyakoribb szerkezeti megoldása, az általában bordás üvegtartó profilokat külön tartószerkezet támasztja meg. A tartószerkezet lehet hajlított (gerenda), vagy íves (pl. donga) kialakítású, vegyes (pl. aláfeszített) szerkezet, kötélszál arra alkalmas üvegrögzítő kiegészítéssel; helyzete szerint belső, vagy külső.
- *Csak üvegtartó bordákkal kialakított tetők*: jellemzően a kisebb méretű üvegtetők szerkesztési módja, amikor az üveget befogadó (általában bordás) szerkezet egyben a teherhordó szerkezet is, külön teherhordó szerkezet nem jelenik meg.

- Nagyobb terek lefedésére alkalmas az a tartószerkezeti szempontból különleges szerkezet, amelynek a (jellemzően legalább egyszer, de inkább kétszer görbült felületű) bordarendszert a rácspontokban feszítő huzalrendszer egészíti ki, amelynek révén egy héjszerű szerkezet, u.n. *rácshéj* alakul ki. Vizuális értelemben gyakorlatilag csak a bordarács jelenik meg, de a feszítópálmák biztosítják az alaktartást, a merevséget és esetenként a teherhordásban is közrejátsszanak.
- Az *üveg is tartószerkezet*: ebben az esetben maga a felületalkotó üvegtábla is részt vesz az erőjátékban, és ez teszi lehetővé a tartószerkezet minimalizálását. Ilyenek pl. az aláfeszített üvegtáblákból kialakított sík, ill. a térbeli kialakítású üvegtáblákból kialakított donga-, ill. kupola szerkezetek.

3.1.4 Az üveg megfogása alapján

- A leggyakoribb megoldás a *négy/két oldalán leszorított* üvegtáblák alkalmazása, amelyeknél függőfal-jellegű tartóbordák szorítóprofiljai rögzítik az üvegtáblákat.
- A felső sík felület elérése érdekében a felső leszorítók elmaradnak, és az üvegtáblák *négy (két) oldalukon* csupán *alá vannak támasztva*. Ebben az esetben a szélszívás ellen ragasztás, pontonkénti mechanikai rögzítés egészíti ki az üveg rögzítését, különösen a szélszívásnak kitett sarkokon, éleken.
- A tetők üvegtábláit *pontonként* is lehet rögzíteni. Ennek több lehetősége van: élek mentén kiválasztott pontokon, sarkokon, súrlódásos kapcsolattal; végül furatokon keresztül, erre a célra gyártott különleges szerelvények alkalmazásával. A pontonkénti megfogás a tartószerkezethez való viszonya szerint lehet *megtámasztás* vagy *függesztés*.

3.1.5 Az üveg közvetlen tartószerkezetének anyaga szerint

- *Fa anyagú* bordákat ritkán, és általában kis léptékű üvegtetőknél alkalmaznak, ekkor szükség van a borda külső takarására, csapadéktól és az UV-sugárzástól, hőhatástól való védelmére. Külső ferde felületen a fa takarásra-rögzítésre önmagában alkalmatlan. A rendszerint rétegesen ragasztott fa bordákra alumínium, esetleg műanyag üvegszorító profilokat szerelnek, így a szerkezet belülről fa, kívülről alumínium, ill. műanyag.
- Az üveg közvetlen tartószerkezeteként leggyakrabban *fém* (alumínium, ill. acél) borda*profilokat* alkalmaznak. Ez többnyire függőfal-jellegű profil, de lehet egyedi borda, függesztősin stb. is. Ide tartozik még a korábban már említett, u.n. *rácshéj*, aminek bordája a nagy igénybevétel miatt vastag falú acél szelvény, de nagyméretű szerkezet esetén akár tömör szelvény is lehet.
- A pontmegfogásos üvegtetők közvetlen rögzítő eleme a pontmegfogó szerelvény; tartószerkezete lehet merev tartó, leggyakrabban acélsodronyból készült *feszített kábelrendszer*, amelyet integrált nyomott rudak egészítenek ki. A szerelvény segítségével *aláfeszített üvegtáblák* is kialakíthatók, amivel jelentősen lehet növelni az üvegtáblák teherbírását, ezáltal alkalmazható méretét.
- Ritka, de szerkezetileg érdekes megoldás a kétszer görbült felületű *kötélhálók felületének üvegezése*. Ennek üvegezése a mezők eltérő alakja és formája révén célszerűen a hálóra applikált egyedi üvegrögzítő (befogadó) szerkezettel történik.
- Az üveg közvetlen tartószerkezete lehet üvegből is: egyre gyakrabban alkalmaznak általában egyenes vonalú, ritkábban íves kialakítású *üveg gerendákat* az üvegmezők megtámasztására.

A jobb áttekinthetőség érdekében a fentiek egy táblázatban is összefoglaljuk.

ÜVEGTETŐK FELOSZTÁSA, OSZTÁLYOZÁSA		
méret- és alkalmazási terület szerint	előtetők	
	felülvilágítók	pontszerű
		vonalszerű
		tetőszik ablakok
	téli kertek	
	önálló üvegtetők	
teljesítményfokokozatok szerint	komplex üvegszerkezetek	
	előtető	
	védőtető	
	átmeneti tér	
szerkesztés-tartószerkezet viszonya szerint	teljes értékű térelhatárolás	
	csak üvegtartó bordák	
	teherhordó + üvegfogadó szerkezet	hajlított szerkezetek (gerenda)
		vegyes szerkezetek (donga, aláfeszítés)
		héjak, membránok, kötélhálók
	csak üvegtartó bordák + pászmarendszerek	
az üveg megfogása alapján	maga a felületi üveg (is) tartószerkezet	
	két/négy oldalán leszorított	
	oldalak mentén alátámasztott	
	pontonként	alátámasztott felfüggesztett
tartószerkezet (borda) anyaga szerint	fa (ritka, fém takarással)	
	műanyag (ált. kisebb szerk.)	
	fém (alu, acél)	
	rácshéj (héjrács)	
	huzal feszítőrendszer, aláfeszítés	
	kötélháló acélsodronyból	
	üveg gerendák	

3.1 táblázat: Üvegtetők felosztása, osztályozása

3.2. Üvegtetők árnyékolása és szellőztetése

Ahogy azt az elméleti részben megállapítottuk, az üvegtetők alatti terek túlzott felmelegedésének elkerülésére az év nagy részében a mi éghajlatunkon árnyékolásra van szükség.

A külső árnyékolás a leghatékonyabb, de az üvegtetők funkciójával gyakran összeütközésbe kerül, hiszen az átláthatóságot jelentősen lerontja; akkor jöhetnek szóba, ha az üvegtetőnek csak bevilágító szerepe van. Nagyon szépek a különféle felületi kezeléssel, struktúrákkal áttetszővé tett üveg lamellákból összeállított árnyékolók (pl. a berlini Potsdamer Platz épületegyüttes Daimler AG aulája üvegtetőjén – Renzo Piano) és a perforált rozsdamentes acélból készített árnyékolók. A külső árnyékolók nem csak bonyolult, hanem drága szerkezetek is, ezért anyagi megfontolásból is inkább a belső árnyékolást részesítik előnyben.

A belső árnyékolások anyaga általában világos ponyvaszerkezet, amit a tető geometriájától függően kiválasztott vonalak mentén gyűjtenek össze (tekernek fel). Első látásra lehetetlennek tűnő geometriájú tetőket is egész jól le lehet árnyékolni ezzel a módszerrel, pl. Mario Botta ellipszis alakú hengerszeletből formázott üvegtetőjét, vagy egy átlagos gúlát – lásd a 8. sz. ábrát! A belső árnyékolás hatékonysága jelentősen függ az árnyékoló és az üvegfelület között feltorlódnak meleg levegő kiszellőztetésétől, annak hiányában a hatékonysága 10-15%-os, míg kellő kiszellőztetéssel elérheti akár a 65-70%-ot is.



8. ábra Gúla alakú üvegtető belső árnyékolása textil árnyékolóval. A belső árnyékolást átszellőztetés egészíti ki

Gyakran esztétikai vagy anyagi megfontolásból a belső árnyékolás sem jöhet szóba, ekkor bizonyos védelmet jelenthet napvédő üvegek alkalmazása. Ezek azonban önmagukban sohasem jelentenek teljes értékű megoldást, ezért ezt mindenképpen jól méretezett szellőztetéssel kell kiegészíteni.

A gépi szellőztetéssel ezen a helyen nem foglalkozunk. A gravitációs szellőztetésnek több módja is van, de egyszerű üvegtetők esetén célszerű motoros távnyitóval felszerelt ablakokat alkalmazni, amikre jellemzően a füstelvezetés szempontjából is szükség van. Az így kialakított szellőzést általában az épületfelületei rendszerbe integrálják, és azzal együtt automatikus üzemben működik.

3.3 Előtetők

Üvegezett előtetőket már jó száz éve készítettek. A leggyakoribb megoldás a konzolosan kinyújtott T acélok közé helyezett huzalbetétes üvegtábla volt, ilyenből sok maradt fenn Budapesten is bejáratok és függőfolyosók, erkélyek felett.

Ezeknél a szerkezeteknél fellép egy olyan igénybevétel is, amire feltétlenül gondolni kell: a szél megemelheti őket, tehát a szerkezetet nem csak a gravitációból származó erőkre kell méretezni. Az előtetők üvegtábláit lezuhanás ellen meg kell védeni, ezért azok laminált üvegből készülnek. A rögzítésnek is szorító jellegű kapcsolatnak kell lennie, hogy egyrészt ne engedje a megfogásból kicsúszni és lezuhanni az összetört üvegtáblát, másrészt a szél ne tudja a táblát a rögzítésből kiemelni. Vízelvezetésről átlagos méretű tető esetén külön nem szoktunk gondoskodni, nagyobb méretű szerkezetek esetén a mély vonalon célszerű ereszt készíteni. A falcsatlakozás kényes rész, hiszen a többnyire szilikát anyagú fal és az üveg találkozásának műszakilag korrekt megoldása szegélybádog lenne, de ez nagyon lerontaná az üveg légies hatását; ezért megfelelő minőségű burkolt fal esetén ettől eltekinthetünk, bízva a burkolóanyag időjárás-állóságában. Vakolt falnál kompromisszumos megoldás lehet az üvegtábla faltól való pár cm-es eltartása, ami ugyan valamelyest rontja az előtető védő hatását, viszont lényegesen csökkenti az előtetőről visszaverődő felrobbant esőcseppek vakolatot romboló hatását.



9. ábra Konzolos acél zárt szelvényre pontmegfogással rögzített laminált edzett üvegtáblából készített előtető

- 1 - konzolos pontmegfogó szerelvény
- 2 - edzett laminált üveg
- 3 - rozsdamentes acél zárt szelvény konzol
- 4 - az acél konzol talplemeze a vakolat alá rejtve

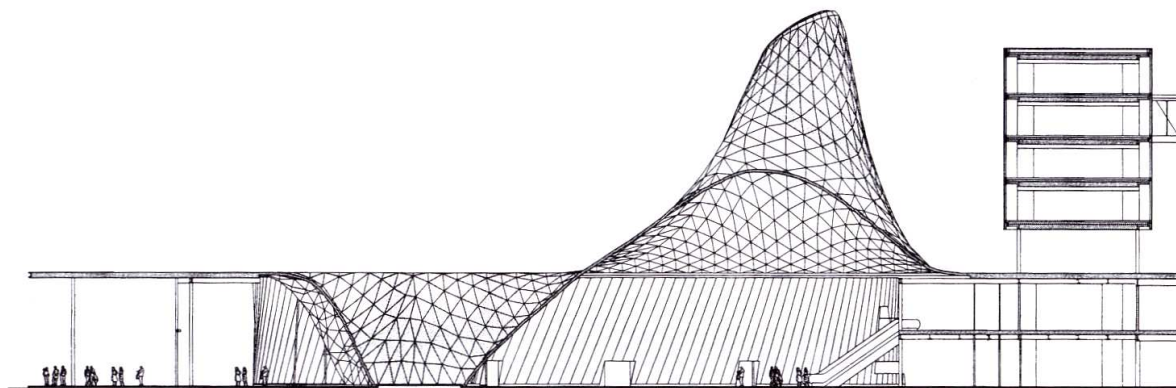
A 9. ábrán egy nagyon egyszerű előtetőt látunk, aminek konzolos tartószerkezete falra felcsavarozott, megfelelő lejtésű két acél zárt szelvény, az edzett táblából laminált üveget négy pontján furaton átvezetett pontmegfogó szerelvény fogja meg. Az edzett üvegre a pontmegfogó szerelvények körül a furat palástján fellépő csúcspontfeszültségek miatt van szükség. Több cég is forgalmaz két rúdra függesztett egyszerű előtetőt, ahol az üvegtábla megfogása pontmegfogó szerelvénytől történik. A függesztő elem

azért rúd, hogy nyomást is fel tudjon venni, így nincs szükség kiegészítő szerkezeti elemre a szél emelő hatása ellen.

3.4 Védőtetők, egyrétegű nagy fesztávú tetők

Ezeket nehéz egy szerkezeti családként kezelni, hiszen méretük és kialakításuk sokféle lehet, csak a velük szemben támasztott általános követelmények révén alkotnak egy kategóriát. Héjalásuk egyrétegű, a lezuhanás megakadályozása érdekében laminált üveg, aminek mérete, megfogása, alátámasztó szerkezete igen sokféle lehet.

A felület geometriája alapján a tető lehet sík, egyszer görbült, vagy kétszer görbült. A sík felületeket hagyományos tartószerkezet + bordás kialakítással, az egyszer görbült felületeket a bordák hajlított kialakításával téglalap alakú üvegtáblákkal, a kétszer görbült felületeket bordás kialakítás esetén háromszög alakú táblákból kirakva lehet elkészíteni. Ez utóbbira híres példa a milánói vásár látványos üvegtetője (Massimiliano Fuksas) aminek egy részletét a 10. ábrán látjuk. A bordás üvegtetők különleges geometriai kialakítási lehetőségeivel és a rácshéjakkal a következő fejezetben foglalkozunk.



10. ábra Háromszög szerkesztésű kétszer görbült bordás üvegtető részlete (A milánói vásár üvegtetőjének részlete. Építész Massimiliano Fuksas)

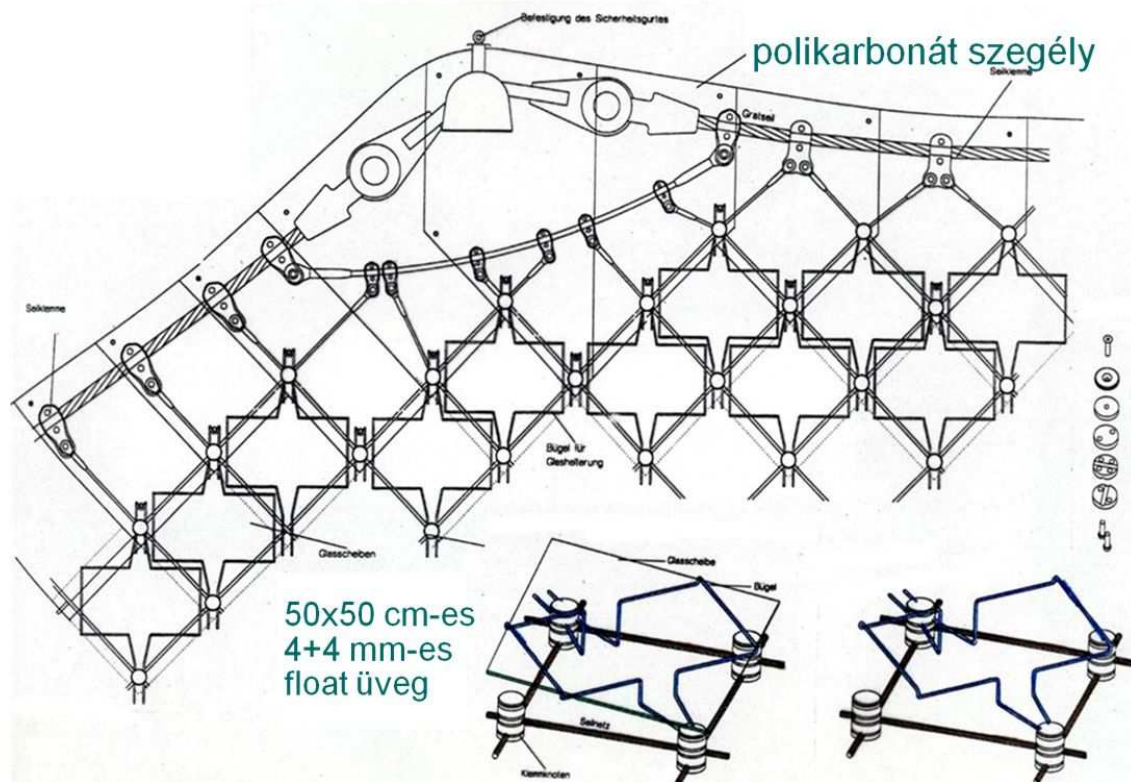
Szellemes szerkesztési elve miatt mutatjuk be az „aláfeszített” üvegtáblát, amit feltalálója szabadalommal védett le, tehát szabadon ebben a formában nem alkalmazható. Közismert, hogy a



hajlított sík lemezek teherviselő képessége sokkal kisebb, mint a térbeli dongáké, boltozatoké. Ebből kiindulva laminált edzett üvegtábla alsó éleit befogva feszítő rudakkal az üvegtáblából kis magasságú dongát hajlított, aminek teherbírása sokszorosa a sík lemezének: 11. ábra.

11. ábra Aláfeszített üveg donga – szabadalommal védett német szerkezeti megoldás

Egyedi megoldás nagy terek üveggel való lefedésére a kábelszerkezetek pikkelyes fedése is. A nagyméretű kábelszerkezetet úgy alakították ki, hogy a kábelek csomópontjaiban elhelyezett, a kábelek találkozásának rögzítésére szolgáló szerelvényre vékony rozsdamentes acélból hajlított „táskát” rögzítettek: 12. ábra. A 2 db 4 mm vastag float üvegből PVB fóliával ragasztott 40x40 cm-es üveglapokból kialakított héjalás a szabványos palafedés rendjét követi. Az átforduló és szabálytalan formájú szakaszokra polikarbonát táblákat szabtak be, hajlítottak.



12. ábra Kábelszerkezetre szerkesztett „pikkelyes fedésű” üvegtető. A ragasztott üvegtáblákat rozsdamentes acélból készült (Bad Neustadt an der Saale-i kórház, Németország)

3.5 Teljes étékű térelhatárolást nyújtó üvegtetők

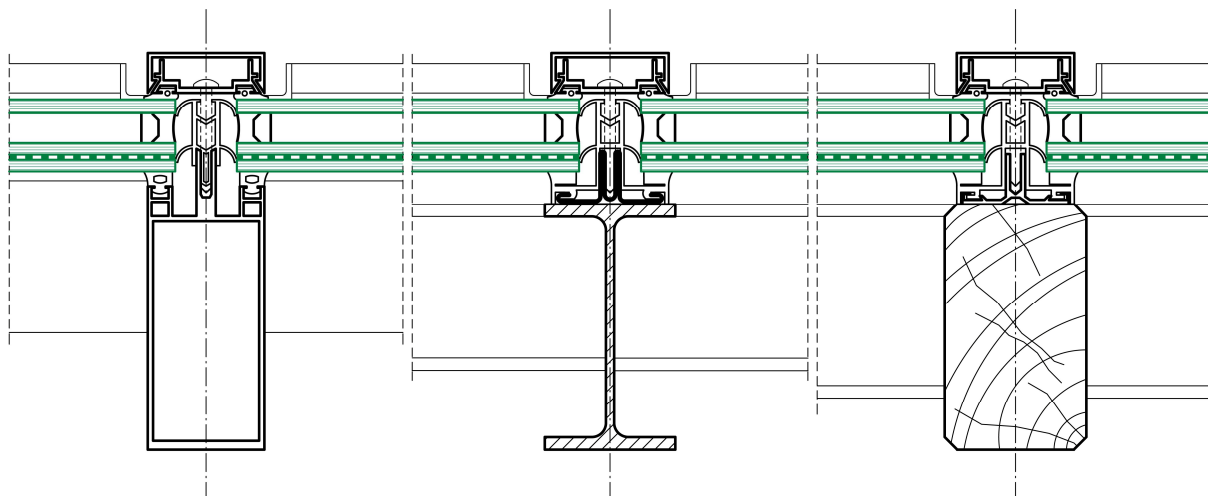
Az állandó emberi tartózkodásra szolgáló terek lefedésére készített üvegtetők ragasztott hőszigetelő üveggel készülnek, amelyeknek mindig az alsó rétege laminált üveg. A felső tábla vastagsága és minősége (edzett/hőkezelt/normál) az igénybevételtől, elsősorban az üveg fesztávjától függ. A gyakorlatban két fő csoportja van ezeknek a tetőknek: a bordás és a pontmegfogásos üvegtetők.

3.6 Bordás üvegtetők

A bordás üvegtetők jellemzően függönyfal-szerű bordákból, tipikusan alumíniumból, ritkábban acélból, esetleg műanyagból készülnek. Tartószerkezeti értelemben lehetnek önálló, csak bordákból kialakított – jellemzően kisebb méretű – tetők, tartószerkezet fölé applikált szerkezetek és rácshéjak.

A leggyakrabban alkalmazott bordatípusokat a 13. ábrán mutatjuk be. Az alumínium és acél bordák, valamint a „rátett” (aufsatz) profilok nem vízhatlanok, hanem vízzáró szerkezetek. Kizárólag a bordarendszerben lévő másodlagos vízelvezető csatornák megfelelő összekötésével és kivezetésével

töltik be funkciójukat. Ebből következik, hogy ha a tető geometriája nem teszi lehetővé a víz kivezetését (mélypontok, inflexiók), akkor ezek nem alkalmazhatók.



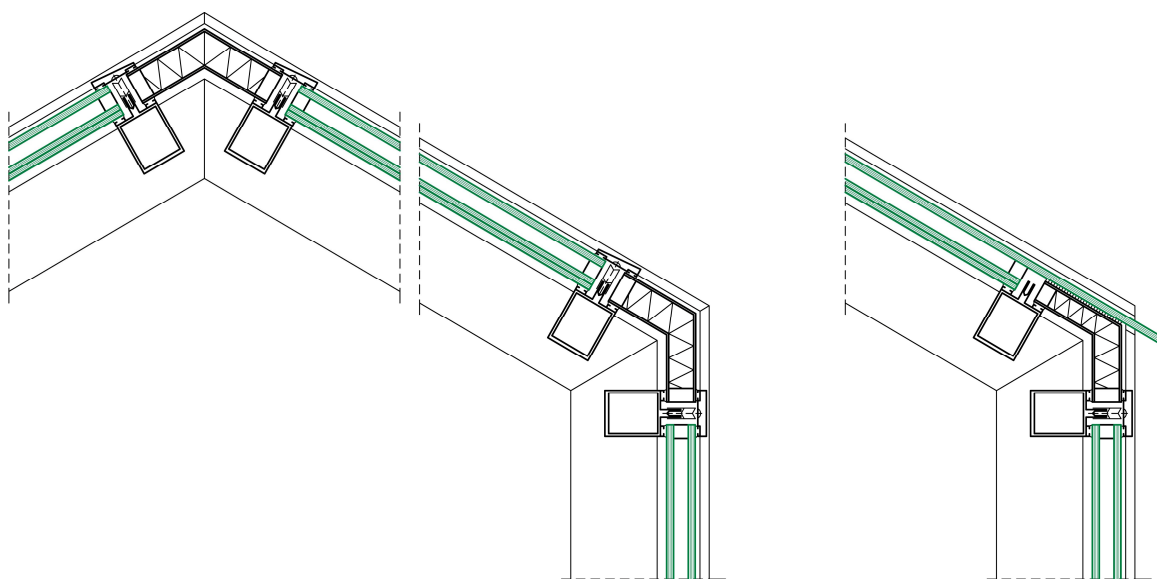
13. ábra Bordatípusok: alumínium, acél és rátett („aufsatz”) profil.

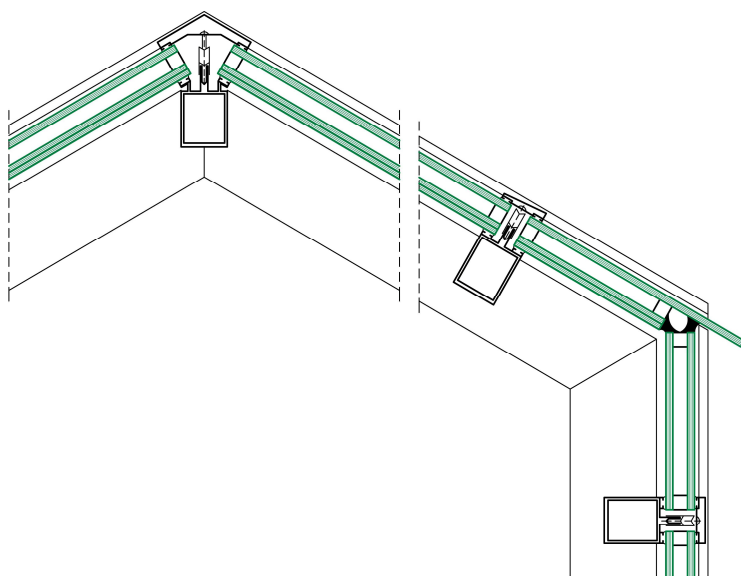
3.6.1 Bordás üvegtetők átfordulásai és csatlakozásai

A rendszeren belüli *átfordulásokat* általában a rendszerkatalógusok felajánlják. Alapvetően háromféle lehetőség van:

- kiegészítő elemmel, jellemzően alumínium fegyverzetű hőszigetelt pannellel,
- speciális bordaprofilokkal,
- szögben ragasztott üvegtáblákkal.

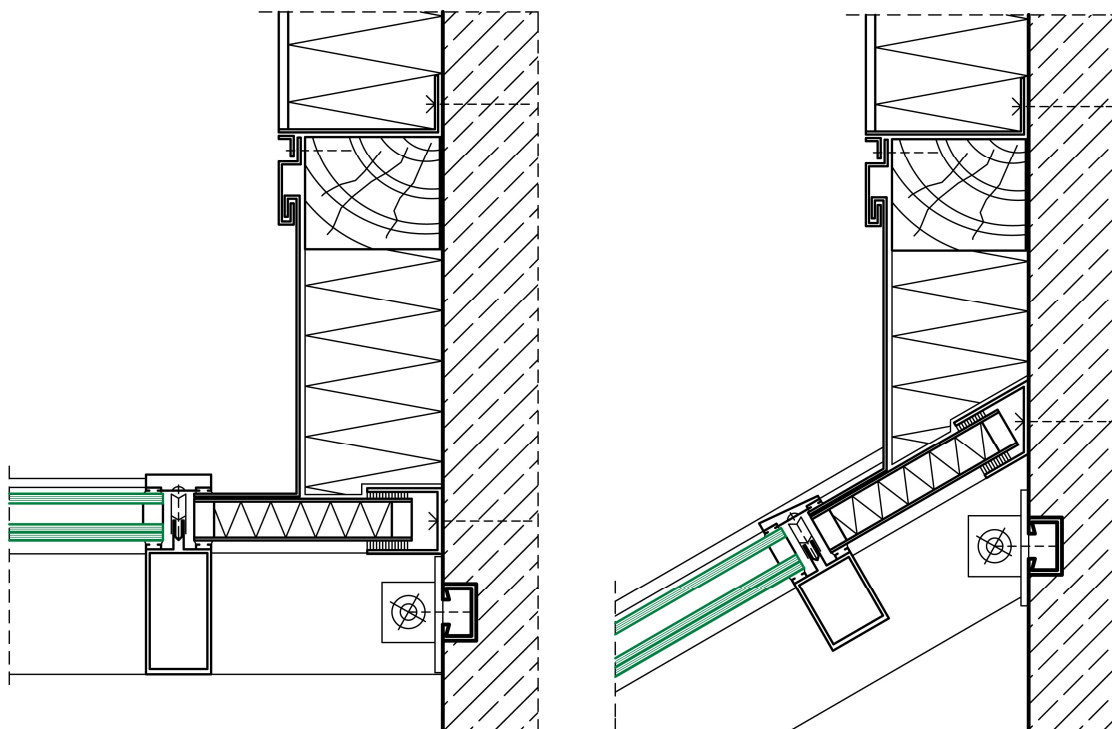
Az első megoldás lényegében mindenhol alkalmazható, de kétségtelenül csökkenti a transzparenciát, a másodikhoz gyártmányokra van szükség, ami nem mindig és minden geometriához áll rendelkezésre, a harmadik megoldás csak az alapszerkezet alakváltozásának korlátozásával, jelenlegi tudásunk szerint korlátozott méretű üvegtáblák esetén alkalmazható.





14. ábra Bordás üvegtetők átfordulásainak jellemző részletrajzai: a gerinc és az „eresz” (tető és fal csatlakozás) megoldási változatai [9]

Az üvegtetőkön előforduló tipikus átfordulási részleteket és megoldás lehetőségeiket a 14. ábrán [6] mutatjuk be. A gerincet kialakíthatjuk speciális bordával, vagy az átfordulást áthidaló panellel. Ez utóbbi a teljes értékű csatlakozások miatt biztonságosabb, viszont külső nézete valamivel kedvezőtlenebb – belülről a gerincet megtámasztó tartó jellemzően kitakarja ezt a sávot, ezért belülről korántsem olyan érzékeny, mint elsőre gondolnánk. Emiatt nincs értelme az üvegtáblák közvetlen csatlakoztatásának sem.



15. ábra Bordás üvegtetők falcsatlakozásai [9]

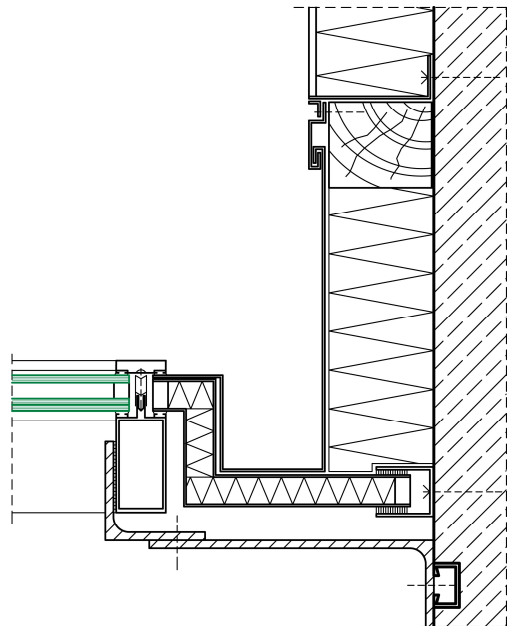
Az üvegtető és üvegfal találkozásánál a speciális profilok nem jönnek számításba, mert azok a megnövelt leszorító profilméret miatt kisebb szorítóerőre képesek, mint a normál profilok, és a tető teljes felületén összegyűlt víznek nem képesek kellőképpen ellenállni. Emiatt itt csak a kiegészítő elemes és az üveg-üveg átfordulós megoldás reális. Van arra is mód, hogy a panel fölött a felső üvegtáblát túlfuttassuk, ezáltal kívülről kedvezőbb megjelenést érhetünk el, és a hézag csapadék felől takartá válik.

A csatlakozások kialakítása az épület tervezőjének feladata. A szerkesztés lényegében a magastetők falcsatlakozásának elvét követi, a falszegély szerepét a borda leszorító profilja alá befogott alumínium lemez tölti be: 15. ábra. [6]

A hőszigetelést az épület hőszigetelésének síkjához illesztjük, a belső párazárást az alumínium fegyverzetű panel alsó lemezének tömített csatlakozásával lehet a legegyszerűbben megoldani.

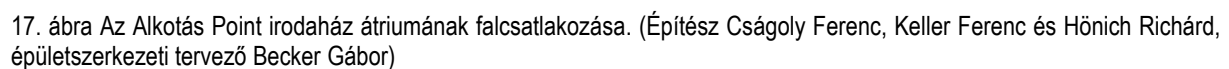
3.6.2 Bordás üvegtetők vízvezetése

A tervezés során a feladat nehézségét az jelenti, hogy az üvegtető rendkívül vékony szerkezetében integrálódik minden funkció: a 28-40 mm vastag üvegtábla a felület tartószerkezete (lemez), a vízszigetelés, a hőszigetelés, a párazárás stb. és ez alatt van a karcsú borda, így amikor be akarjuk sülyeszteni a felületbe a vízvezetés céljára szolgáló elemet, akkor nem csak az üveget, de a bordát is át kell metszenünk. Ennek tudatában tudjuk értékelni igazán az 16. ábrán [6] látható megoldást: a csatornának helyet biztosító geometriát egy kicsit anyagpazarló szerkezettel biztosítja, ami viszont lehetővé teszi a bordák arra való kiváltását, és az alsó burkolás elhagyását, ezáltal egy kompakt kialakítás jön létre.



16. ábra Példa bordás üvegtető vízvezetésére. [9]

Esztétikai értelemben az a kedvező, ha a vízvezető csatorna nincs hangsúlyos helyen, nem rontja le a felület transzparenciáját. A fal mellé való helyezés lehet egy reális kompromisszum, bár ezzel a külső és a belső homlokzati felület elszakad egymástól, és a tetőnek kerete, optikai pereme lesz. Gyakran kedvezőbb a belső vízvezetés – ha sikerül arra alkalmas geometriát kitalálni – mert ekkor a falcsatlakozás sokkal szebb lesz. Jó példa erre az Alkotáspoint irodaház átriumainak üvegteteje: lásd a 17. és 18. ábrákat! (Építész: Cságoly Ferenc, Keller Ferenc és Hönich Richárd, szerkesztőtervező Becker Gábor)



3.7 Rácshéjak

Ezek a héjszerkezetek szerkesztési elve alapján készülnek, többnyire kétszer görbült felületűek, amelyeknek a geometriáját úgy alakítják ki, hogy rúdjaikban csak normálerők lépjenek fel. A jelentős nyomóerők következtében vastag falú acélszelvényből, nem ritkán tömör szelvényű rudakból készülő bordarendszert általában a rácsponthoz feszítő huzalrendszer egészíti ki, ami a merevséget biztosítja. Az üvegtáblákat ritkábban a rudak találkozásánál pontszerűen, gyakrabban a rudak felülete mentén vonalszerűen támasztják alá. Jellemzően zárt hézagú, szilikon kittel tömített üvegcsatlakozásokat alkalmaznak. Egyik legszebb példája a British Múzeum udvarának Normann Foster által tervezett lefedése.

3.8 Pontmegfogásos üvegtetők

A pontmegfogásos szerkezetekben az üvegtáblák nem vonal mentén fekszenek fel, hanem peremük mentén vagy furatokon keresztül pontmegfogó szerelvénytől vannak rögzítve. Pontmegfogásos szerkezetek alkalmazása esetén a következő lényeges pontokat kell vizsgálni:

- az üvegtáblák anyaga, kialakítása
- az üvegtáblák megfogása
- üvegek közötti hézagképzés
- a tartószerkezet kialakítása

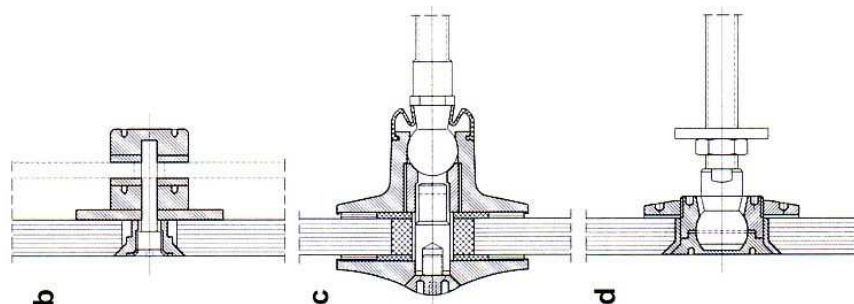
3.8.1 Az üvegtáblák megfogása

A pontmegfogó szerelvények feladata az üvegtáblák felületére ható erők felvétele és a tartószerkezetre való továbbítása. A pontmegfogás nagyon kis felületen veszi fel a terheket, így a megfogások környezetében feszültségcsúcsok alakulnak ki az üvegben, ezért minden esetben rugalmas betétanyag alkalmazására van szükség.

A pontmegfogás készülhet az üveg megfúrása nélkül és az üveg megfúrásával. Az előbbi esetben az üvegtáblák sarkain, vagy az üvegperemek mentén EPDM gumialátétes szorítólemezekkel fogják meg az üvegeket. Az üvegperemek mentén rögzített üvegezés a beltéri üvegfalakra jellemző, üvegtetők esetén ritkán alkalmazzák.

A pontmegfogók kialakítását statikai szempontból a 19. ábra mutatja be:

- merev
- külső csuklós
- belső csuklós



19. ábra A pontmegfogó szerelvények erőtanai szempontból különböző kialakítása: b.) merev, c.) külső csuklós, d.) belső csuklós

Merev megfogás csak kis hajlító igénybevételnek kitett üvegek esetén alkalmazható, mint például függesztett üvegtáblák esetén. Az üvegfelületre merőlegesen ható terhek (pl.: hőtehernek kitett üvegtető) esetén jelentős hajlítónyomaték terheli az üveget. Ebben az esetben a felület alakváltozását követni képes csuklós szerelvényekkel kell megfogni a táblákat. A csukló ideális helye az üveg középfelületében van, minden más esetben a megfogások környezetében lokális nyomaték keletkezik.

A pontmegfogó szerelvényeket megjelenésük szerint is lehet csoportosítani, melyet a 20. ábra mutat be:

- rátakaró (a pontmegfogás szerelvénye az üvegsíkra rátakar)
- színelő (a pontmegfogás szerelvénye az üvegsíkba süllyesztett, azzal színel)



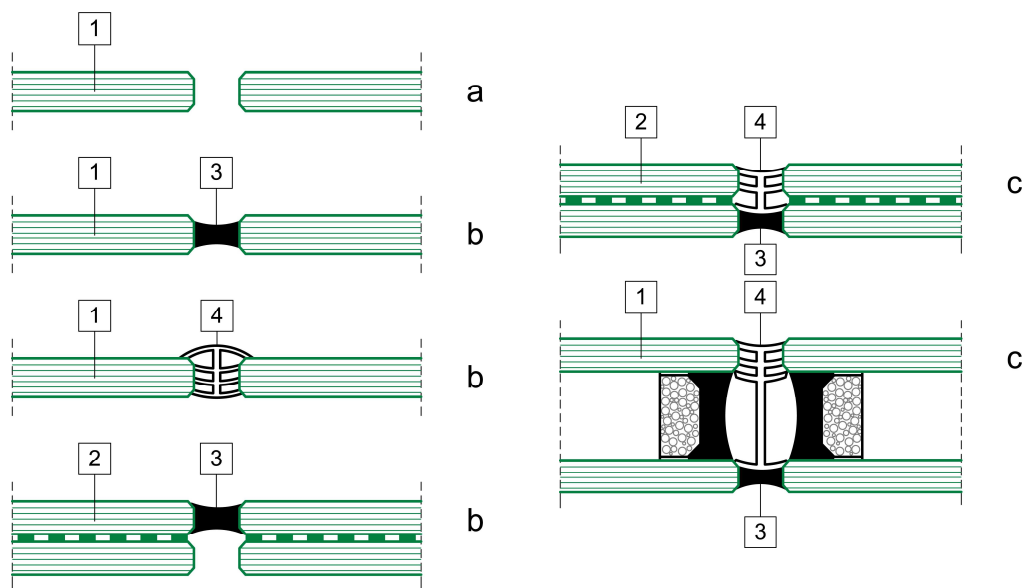
20. ábra A pontmegfogó szerelvények megjelenési/síktartási szempontból különböző kialakítása: rátakaró - a pontmegfogó szerelvény az üvegsíkra rátakar, színelő - a pontmegfogó szerelvény az üvegsíkba van süllyesztve, azzal színel

Hőszigetelő üvegezés esetén a külső és belső üvegezést is megfogó pontszerű rögzítés hőhidmentes kivitelben készül, vagy csak a belső oldali üvegezést fogja meg, ebben az esetben a külső oldali üvegezést méretezett peremkapcsolattal kell a belső oldali üvegezéshez fogni. Az üvegtáblát mindig statikailag határozottan kell megfogni egy fix, egy egyirányú mozgást biztosító, a többi helyen az üvegtábla síkjában szabad mozgást biztosító szerelvényekkel.

3.8.3 Az üvegtáblák közötti hézagképzés

Az üvegek közötti csatlakozási hézag legalább 10 mm legyen, de alapvetően a várható mozgások és ezzel együtt a hátszerkezet típusa befolyásolja a hézag méretét. A hézagképzések típusait a 21. ábra mutatja be.

Merev hátszerkezet (pl.: acél szelvényekből épített tartószerkezetre szerelt pontmegfogók) esetén csekély mozgás várható, így a hézagképzésnek csak tömítő funkciót kell ellátnia. Ebben az esetben általában kétoldali szilikonos hézagképzés készül. Lágy hátszerkezet (pl.: acél huzalhálóra szerelt pontmegfogók) esetén nagyobb mozgás várható az üvegek közötti hézagokban, így ott a tömítés egyben dilatáció is. Ebben az esetben többlépcsős hézagzárást kell készíteni szilikon gumi profilból helyszíni szilikon fugaképzéssel.



21. ábra A hézagképzések típusai: a.) nyílt hézag, b.) egyfázisú hézagképzés. c.) kétfázisú hézagképzés
1 egyrétegű üvegtábla, 2 laminált üvegtábla, 3 szilikon kitt tömítés, 4 szilikon gumi profil

3.8.4 A tartószerkezet kialakítása

A pontmegfogásos szerkezetek tartószerkezetileg méretezett tartóvázra épülnek. Minden üvegtetőnél, de itt különösen fontos a tartószerkezet érzékeny, légies megformálása. Karcsú profilokból készített rácsostartók, aláfeszített szerkezetek, kábelszerkezetek adják a legkedvezőbb megjelenést.

4. JÁRHATÓ ÜVEGSZERKEZETEK

Az utóbbi 15-20 évben egyre nagyobb szerepet kapnak – elsősorban presztízs jellegű épületekben – a járható üvegfödémek, hidak, lépcsők. Segítségükkel mód van a járófelületek alatti területek bemutatására, ami egy régészeti feltárás (pl. pécsi Cella Septichora, Köztársasági Elnöki palota a budai várban, Lánchíd hotel), vagy a kilátás (Grand Canyon Skywalk, a chicagói Willis – korábban Sears – Tower üvegdoboza és számos kilátótorony) esetén nagyon hatásos.

A járható üvegszerkezetek a járható tetőkhöz hasonlóan lehetnek

- korlátozottan – karbantartás céljából – járható,
- tervezetten járható, emberi használat céljára készülő és
- gépjárművel járható szerkezetek.

Funkciójuk szempontjából lehetnek

- járólapok, álpadló lapok,
- födémek, hidak,
- lépcsők.

A járható üvegszerkezetek szerkesztésének alapszabályai tömören összefoglalva:

- a járható üvegtábla legalább 3 rétegű, fóliával ragasztott legyen, amiből a felső réteg kopó a teherbírásba nem számítható be,
- az üvegtáblát legalább 6 mm vastag félkemény ágyazó anyagra (célszerűen neoprén) kell fektetni,
- a táblák oldalirányú megcsúszását meg kell akadályozni,
- az üveg tábla csúszásmentesítését meg kell oldani,

- a táblák közötti hézagot úgy kell kialakítani, hogy abba lehetőleg a tűsarkú cipő se szoruljon bele, a hézagméret: 6-8 mm legyen. A hézagot háttámaszra felhordott nagy kopásállóságú tartósan rugalmas kittel kell kitölteni.

A csúszásmentesítést elvileg három módon lehet elérni:

- homokfúvással,
- savmaratással,
- kerámia bevonattal.

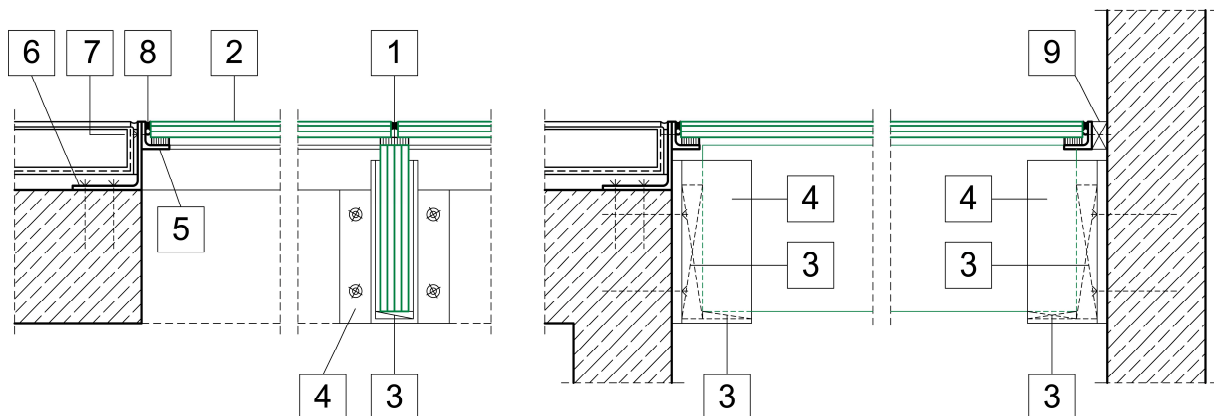
A homokfúvott üveg felülete könnyen és takaríthatatlanul elkoszolódik, ezért járható felületre alkalmatlan, a savmart felület alkalmas, de megszünteti az üveg átláthatóságát. A kerámia bevonatból készített raszter az átláthatóságot alig befolyásolja, a láb csúszását jól megakadályozza, a felület mintája szabadon tervezhető.

4.1 Álpadlók

Üveg álpadlókat elsősorban különleges fényhatások, megvilágítási effektusok elérése érdekében alkalmaznak. Általában erre a célra készített acél vázra négy oldalán felfektetett savmart lapokból készítik

4.2 Üvegfödémek

Az üvegfödémek leggyakrabban acél vázszerkezetre, elegáns kivitelben üveg gerendasorra készülnek, ami fokozza az átláthatóságot. Az üvegtábla felépítését a fesztáv és az igénybevétel alapján számítással kell meghatározni. Az üveg gerendáét is hasonlóképp, annak figyelembe vételével, hogy a külső táblák feltétlenül, de lehetőleg a belsők is rendelkezzenek maradé szilárdsággal. A 22. ábrán a Bbraun nephrológiai épület (Szent Imre Kórház, építész: Varga Tamás, szerkezettervező Becker Gábor) üvegfödémének néhány részlete látható.

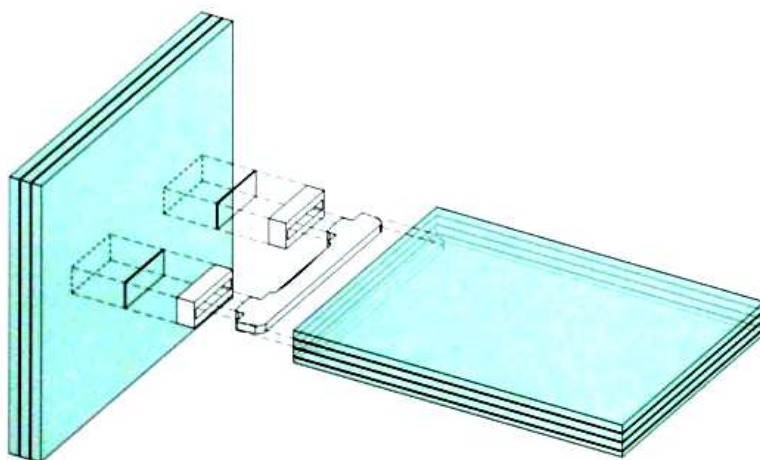


22. ábra Bbraun nephrológiai épület, Szent Imre Kórház – járható üvegfödém (Építész: Varga Tamás, szerkezettervező Becker Gábor)

- 1 – üveggerenda $h=275$ mm 4×12 mm hőerősített üveg 3×2 rtg PVB fóliával ragasztva
- 2 – $6+12+12$ edzett üveg 2×3 -rtg PVB fóliával laminálva
- 3 – keménygumi alátét
- 4 – rozsdamentes acél saru 5mm-es falvastagsággal
- 5 – L 40x40x5 rozsdamentes acél
- 6 – L 100x100x5 rozsdamentes acél „vendégfal”
- 7 – SF M8 rozsdamentes acél csavar 20 cm-ként
- 8 – nagy kopásállóságú szilikon kitt
- 9 – merevítő-távolságtartó elem

4.3 Lépcsők

Az üveglépcsők elvileg alig különböznek az üveg födémektől, de geometriájuk miatt mégis sokkal érdekesebbek. Készítenek lépcsőket acél vázra applikált üveg járólapokból, de vannak különleges szerkezetek is, amikor a lépcső fő tartószerkezete is üvegből készül. Ilyen volt a 2006-os Glasstec kiállításon a Sedak-Seele cég által kiállított, korlátként funkcionáló két pofafal közé szerkesztett fokokból álló, az üveghez ragasztott rozsdamentes acél kapcsolóelemekkel összeépített, kizárólag üvegből készült emeletmagas lépcsőkar: a 23. ábrán a lépcsőfokok kapcsolata, a 24. fotón a rendkívül légies lépcső megjelenése látható. A különösen színvonalas designjáról ismert számítástechnikai cég számos pavilonjában, szaktoltjában alkalmaz ilyen, és ehhez hasonló igényes megjelenésű szerkezeteket.



23. ábra Tiszta üveg szerkezetű lépcső fokainak rögzítése. Sedak-Seele, Glasstec 2006.



24. ábra Tiszta üveg szerkezetű lépcső

5. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Becker Gábor: Üvegszerkezetek, egyetemi segédlet
- [2] Alumínium függönyfalak, üvegtetők, TERC Kft, 2010, ISBN 978963 9535 73 2
- [3] Dr. Széll Mária: Transzparens épületszerkezetek, Szerényi és Gazsó Bt, 2001, ISBN 963 00 7645 4
- [4] Technische Richtlinie Nr. 19 - Linien- und punktförmig gelagerte Verglasungen, Bundesinnungsverband des Glaserhandwerks, 2012
- [5] Technische Regeln für die Bemessung und Ausführung punktförmig gelagerter Verglasungen (TRPV), Schlussfassung, 2006
- [6] Christian Schittich, Gerald Staib, Dieter Balkow: Glasbau Atlas, Birkhäuser Verlag, 1998-2008, ISBN-13: 978-3-7643-5944-7
- [7] Dirk U. Hindrichs, Winfried Heusler, Schüco: Fassaden – Gebäudehüllen für das 21. Jahrhundert, Birkhäuser Verlag, 2004-2006, ISBN-13: 978-3-7643-7239-2
- [8] Jan Wurm: Glas als Tragwerk; Entwurf und Konstruktion Selbsttragender Hüllen
- [9] Schittich Staib, Balkow, Schuler, Sobek: Glass Construction Manual Edition DETAIL 1999, 2008
- [10] Verena Marschall: Wohnen mit Glas – Verlag Georg D.W. Callwey GmbH & Co. KG 2003 ISBN 3-7667-1571-2
- [11] Gábor Becker: „The Morphology of the Glass Roofs” Periodica Polytechnica Architectura Series, Budapest, 2007/2. pp. 73-77.
- [12] 9/2008 (II.2.) OTM rendelet