

## Mi is az ETFE?

## What is ETFE?

LECZOVICS Péter, mérnök tanár

SZIE-YMÉK, Budapest  
leczovics.peter@ybl.szie.hu

### ABSTRACT

*Glass was already known around 4,500 BC, and was used primarily to make ornaments. It has been widely used since the 19th century and is also used in the design of facades.*

*The exponential development of polymer technology has resulted in the appearance of transparent polymers. These polymers have the same light transmittance as glass and excellent chemical resistance. In contrast to glass, they are less brittle, meaning they are safe to use. In contrast to glass, they are less brittle, meaning they are safe to use. Formability and other advantageous properties have opened up new perspectives in architecture.*

**Keywords:** organic glass, ETFE

### KIVONAT

*Az üveg már az i.e 4.500 körül ismert volt, elsősorban dísz tárgyak készítésére alkalmazták. A XIX. századtól alkalmazása már széleskörű, és megjelennek a homlokzatok kialakításánál is.*

*A polimertechnika ugrásszerű fejlődése eredményezte a transzparens polimerek megjelenését. Ezen a polimerek fényáteresztő képessége a üveggel egyenértékű, vegyszerállóságuk kiváló. Szemben az üveggel kevésbé törékenyek, azaz alkalmazásuk biztonságos. Alakíthatóságuk, és egyéb előnyös tulajdonságai új távlatokat nyitott az építéstudományban, építészetben.*

**Kulcsszavak:** szerves üveg, ETFE

## 1. RÖVIDEN AZ ÜVEGRŐL

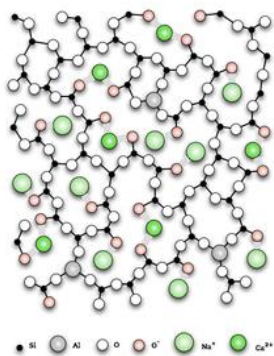
Az üveg általános értelemben amorf, szilárd anyag, amelynek egyes tulajdonságai a folyadékokra jellemzőek (túlhűtött folyadék). Ez azt jelenti, hogy olyan keverék anyagról beszélünk, amely lehülés közben kristályosodás nélkül jut mechanikailag szilárd állapotba.

Alapanyagai a kvarchomok 60 %, a dolomit, szóda 35%, valamint egyéb adalékok 5%. Az alkáli üveg (kevert) szerkezetét az 1. sz. ábra mutatja be [1].

A szeretlen üveg egyik legfontosabb jellemzője a fényáteresztés. A beeső fény mintegy 95%-a jut át az anyagon. Az anorganikus üvegek kiserelése általában táblás, speciális esetben gyártóilag készített hajlított üvegek. A nyílászárók mellett, megjelentek az üveghomlokzatok, illetve a különböző, funkcionális, illetve esztétikai igények, amelyeket szintén elsősorban síküvegekkel oldottak meg. Ezen szerkezeti megoldások szép példája az állatkerti Pálmaház (1. kép).

Természetesen a síküveg gyártástechnológiája az elmúlt időben jelentős mértékben fejlődött (nemcsak az „úsztatott” üvegre gondolva, hanem pl.: a fotokatalitikus üveg megjelenésére.)

Kétségtelen tény, a szerelési technológiák is fejlődtek, különösen a különböző anyagok szerkezetben való összeépítési, egyben vízzárósági problémák megoldása területén



1. ábra  
Kevért alkáli alapüveg szerkezete[1]



1. kép  
A Pálmaház, Budapest [2]

## 2. A SZERVES ÜVEG

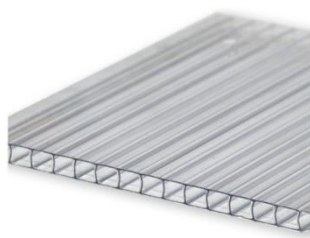
Az üveg pontos megfogalmazása még ma is vita tárgya, akkor a szerves üveg fogalma további bonyodalmakat okoz. Az elnevezés a transzparens polimerek (PMMA, PC) megjelenésével köthető össze, és talán a fényáteresztés mellett a megjelenési, kiserelési forma is hatott az elnevezés - elsősorban szakmai körökben – elterjedésére, elfogadására. Mindenesetre talán az első szerves üveg a poli-metil-metakrilát (PMMA), avagy ismertebb nevén plexi.

A polimert 1933-ban állították elő, transzparenciája, esztétikuma, karcállósága miatt az anorganikus üveg alternatívájává vált, kezdetben akril-üvegnek is nevezték. [3] Sűrűsége  $1,19 \text{ g/cm}^3$  (kb. fele az üvegének). Főbb előnyös tulajdonságai a kiváló optikai jellemző, átlátszóság, fényes felület(esztétika), méretstabilitás, merevség, kedvező időjárás-állósági (UV sugárzás). Az ütésállósága nem túl jó, de ezen tulajdonsága is javítható.

Széleskörűen alkalmazzák, de úgy is fogalmazhatunk, hogy minden olyan transzparens felületek kialakítására, ahol az üveg a törékenysége miatt nem alkalmazható.

A plexi alternatívaként is tekinthetünk a Poli-karbonátra (PC), amelynek általános tulajdonságai kedvezőek, felhasználási, alkalmazási területei is hasonlóak, mint a PMMA-é, de kiemelkedő az ütésállósága. Színezett változatai is ismertek, gyártják tömör és üregek kamrás kivitelben.

Az építőiparban alkalmazott polikarbonát lapok – jellemzően légkamrás (2.kép) kialakításban – a hőszigetelő, és hangszigetelő képességek mellett hajlíthatósága miatt íves felületek kialakítására, - pl. felülvilágítók (3.kép) – ahol a kültéri, mechanikai hatásoknak - pl. jégeső – is ellenáll.[4]



2. kép  
A légkamrás PC kialakítás[5]

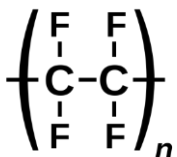
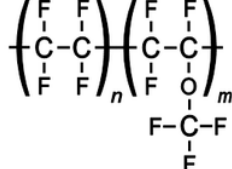
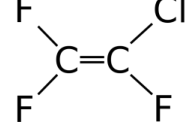
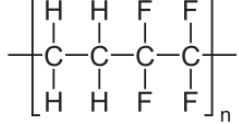


3. kép  
A PC jellemző felhasználása[6]

A fluoropolimerek azon polimerek csoportja, amelyek kémiai szerkezetükben fluoratomokat tartalmaznak. Talán kevesen tudják a, hogy a kutatások során az 1930-as években véletlenül találta ki a poli-tetrafluotetilént (PTFE), közismertebb nevén a TEFLON-t. A PTFE átlátszatlan, csontfehér, kristályos polimer, amely magasabb hőmérsékleten elvileg termoplaszt[8].,A feldolgozási nehézségek,

és egyéb speciális tulajdonságok érdekében a további kutatások során számos fluorpolimer – PTFE, PFA, CTFE, PCTFE, FEP, PVDF, ECTFE (1.táblázat) – sikeres kifejlesztése után 1973-ban jelent meg az ETFE, azaz az etilén és tetrafluor-etilén kopolimerje elsősorban újtechnológiai igények kielégítése érdekében.

1. táblázat

PTFE (teflon)	PFA	CTFE	ETFE
			
Poli-(tetrafluoretilén)	perfluoro-alkoxi-polimer	Kloro-trifluoro-etilén	Etilén-tetrafluor-etilén

Néhány fluorpolimer jelölése, szerkezeti képlete (forrás: Wikipédia)

### 3. AZ ETFE-POLIMER ÁLTALÁNOS TULAJDONSÁGAI[8]:

Az ETFE valójában a másik három termék (PTFE, FEP, PFA) nagy szilárdságú verziója. Szélsőséges hőmérsékleti ingadozásoknak, vegyszereknek kiválóan ellenáll, ami párosul a jó mechanikai szilárdsággal, szakadási nyúlással. Ütésállósága, kopásállósága, valamint hasadási ellenállása is kiváló. Alacsony füst- és lángjellemzők alapján a ETFE 94V-0 besorolást kapott (UL-minősítés). Szagtalan, nem toxikus anyag, időjárás-, valamint öregedésállósági, valamint a dielektromos tulajdonságai kiválóak. Az ETFE működési alkalmazási hőmérsékleti tartománya  $-200^{\circ}\text{C}$  és  $150^{\circ}\text{C}$  között van. A fontosabb műszaki jellemzőket – összevetve az egyéb fluor tartalmú polimerekkel a 2. táblázat - mutatja be.

Az ETFE égése ugyanolyan módon történik, mint számos más fluorpolimer esetében a hidrogén-fluorid (HF) felszabadulása szempontjából.[9] Mivel az ETFE fényáteresztő anyag, jól alkalmazható az üveg és műanyagok pótlására, és fóliái újszerű építészeti megoldások kidolgozására, megvalósítására ad lehetőséget, mind beltérben, mindpedig kültéri alkalmazásoknál.

2. táblázat

Fluor-polimer	Első megjelenés	Olvadás pont $^{\circ}\text{C}$	Szak. szil. MPa	Szakadási nyúlás %	Dielektromos szilárdság kV/mm
PTFE	1947	317-337	550	300-550	19.7
PCTFE	1953	210-215	60-100	100-250	19.7
FEP	1960	260-282	345	~300	19.7
PVF	1961	190-200	2000	90-250	12-14
PVDF	1961	155-192	1040-2070	50-250	63-67
ECTFE	1970	235-245	240	250-300	80
ETFE	1973	254-279	827	150-300	14.6
THV	1996	145-155	82-207	500-600	48-62

Fluor-polimerek műszaki jellemzői[8]

#### 3.1. Beépítések, példák

Az ETFE laminátból két vagy többkamrás paplanokat készítenek az előzetesen megtervezett, kialakított fogadó acélszerkezet méreteinek megfelelően, A kialakított pneumatikus paplanok ezután kerülnek végleges helyükre, a szükséges és az üzemeltetéshez szükséges kiegészítő egységekkel együtt. A pneumatikus paplanokban általában 200-300 Pa nyomást kell biztosítani.[10]

A fényforrások (egyedi, vagy LED-fűzér) lehetnek a műanyag burkolat mindkét oldalán.

Az ETFE fólia A természetes fényt a teljes látható tartományban (380-780 nm) átengedi (85%), bár több réteg esetén a hatásfok csökken. Az átvitel az UV tartományban (320-380 nm) is nagyon jó -83-88%), és ez lehetővé teszi a növények életfeltételeinek biztosítását.[11]

Megjegyzendő, hogy az infravörös fény nagy részét elnyeli, amely tulajdonság az épület energia fogyasztását javíthatja, azaz napkollektorként is felhasználható.

A kialakított felületek - elsősorban a homlokzatok esetében - nappalai fényben is izgalmas látványt nyújtanak, azonban az esti, éjszakai megvilágításban különleges élményt biztosítanak. Ennek egyik szép példája a pekingi olimpiára megépült vízi komplexum, a WaterCube, vagy a müncheni Allianz stadion, de szinte bármely beépítést említhetnénk. A megvilágítások esetében külön funkcióról is beszélhetünk, például a pekingi úszókomplexum (4-5.fotók) – WaterCube, 2008 – a vízre jellemzően kék színben pompázik.[12]



4. kép

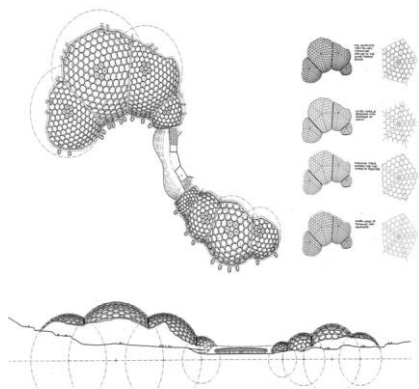
*A WaterCube nappalai fényben is utal az épület funkciójára*



5. kép

*A WaterCube megvilágítva*

#### 4. AZ ÉDEN PROJEKT



6. kép

*Az Éden projekt alaprajzai, szakaszai[13]*

2001. márciusában nyílt meg az angliai Cornwallban az Éden projekt, egy volt agyagbánya területén. A komplexumot két hatalmas buborékszerű építmény uralja, amelyek a szomszédos kupolák (2-3 db) összemetszésével jöttek létre. Mindkét egység egy-egy biómát ölel fel. (6.kép)

Az egyes biogeográfiai területeket lefedő kupolák főleg hatszögletű, pneumatikus paplanokkal készültek ETFE alkalmazásával.

(7.kép) A teljesen önhordó szerkezet a geodéziai kúp modern megfelelője.

A nagyobbik bióma, a trópusi, 3,9 hektárnyi területen került kialakításra, a legmagasabb pontja 55 méter. A belső klíma a **trópusi** hőmérsékletnek és páratartalomnak felel meg,

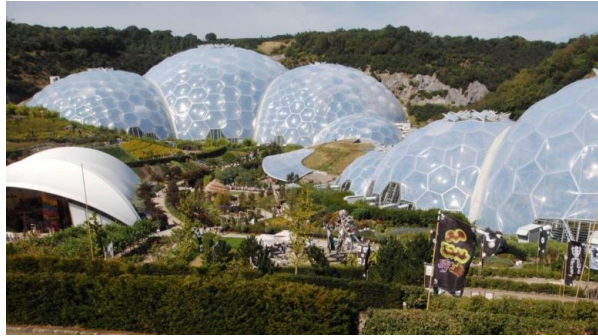
amely az ökoszisztémának megfelelő növényeknek életteret biztosít. A **mediterrán** bióma kisebb, 1,6 hektáron terül el, magassága 35 méter

A biómákat körülvevő szabadtéri kertek a **mérsékelt** égövi térséget képviselik, ahol olyan növényeket, mint a levendula, komló, kender, valamint a helyi fajokat lehet megismerni.(8.kép)



7. kép

*A hatszögletű szerkezet belülről nézve[14]*



8. kép

*Az Éden projekt madártávlatból[15]*

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] <https://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%9Cveg>
- [2] <https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:P%C3%A1lmah%C3%A1z.jpg>
- [3] <https://www.resinex.hu/poiimertipusok/pmma.html>
- [4] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Polikarbon%C3%A1t>
- [5] <https://www.webba.hu/polikarbonat-lap-3000-x-2100-x-4-mm-26514>
- [6] <https://net-roller.hu/polikarbonat-teto-felulvilagitok-kecskemet/>
- [7] [http://glink.hu/hallgatoi\\_segedletek/files/bde4423321fe07d2333eeb116272c9a2.pdf](http://glink.hu/hallgatoi_segedletek/files/bde4423321fe07d2333eeb116272c9a2.pdf)
- [8] <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/ethylene-tetrafluoroethylene-etfe-plastic>
- [9] <https://en.wikipedia.org/wiki/ETFE>
- [10] <https://www.thoughtco.com/what-is-etfe-new-bubble-buildings-177662>
- [11] <http://www.architen.com/articles/etfe-foil-a-guide-to-design/>
- [12] <https://aeworldmap.com/2009/08/28/watercube-beijing/>
- [13] Gruber, P.: Biomimetics in Architecture, Springer Wien/New York, 2011
- [14] <https://ecowarriorprincess.net/2017/10/the-eden-project-showcasing-humankinds-spirit-natures-beauty-2/>
- [15] <https://home.bt.com/news/science-news/eden-project-secures-funding-for-geothermal-power-plant-11364402640865>