

Beszámoló a finnországi GPD2015 nemzetközi üveg konferenciáról

JAKAB András

PhD student at the BME, MSc Civil Engineer.

Fields of interests: glass construction, glass columns, non-destructive testing methods, point-fixed glasses construction technology and management.

NEHME Kinga

MSc Civil Engineer, PhD, Associate Professor at the Department of Civil Engineering, University of Debrecen. Owner of Struktúra Ltd. engineering office (design, quality control). Member of the Technical committee of Glass Working Group (MSZT/MB 112) of Hungarian Standardization Institute; Hungarian Group of fib; Hungarian engineer chamber (MMK: 01-9160). Fields of interests: load bearing glasses, testing of construction materials, design, recycling of building materials.

Salem Georges NEHME

MSc Civil Engineer, PhD, Associate Professor at the Department of Construction Materials and Engineering Geology, Budapest University of Technology and Economics (BME). Member of the Technical committee of Glass Working Group (MSZT/MB 112) of Hungarian Standardization Institute; Hungarian Group of fib; Hungarian engineer chamber (MMK: 01-9159). Fields of interests: concrete technology, mass concrete, self-compacting concrete, fibre reinforced concrete, quality control of building materials, non-destructive testing, reinforced concrete structures, recycling of building materials.

JAKAB ANDRÁS ■ Ph.D. hallgató, BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

■ jakab.andras@epito.bme.hu

NEHME KINGA ■ egyetemi docens, DE MK, Építőmérnöki Tanszék; főmérnök Struktúra Kft

■ kpankhardt@yahoo.com

SALEM GEORGES NEHME ■ egyetemi docens, BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

■ sgnehme@yahoo.com

Érkezett: 2015. 07. 22. ■ Received: 22. 07. 2015. ■ <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2015.17>

Review of the GPD2015 international glass conference in Finland

The conference *Glass Performance Days* is organised every year in *China, South America and India*, however it is organised only in every second year in *Tampere, Finland*. The first *GPD* started in *Tampere, Finland* in 1992. The 15th conference was organised this year. Several foreign participants visited the *GPD* this year to share their knowledge, to make new contacts and participate in business meetings with their acquaintances. The week-long conference has numerous curiosities and programs, thus every researcher, business man, manufacturer, engineer is able to find their own field of interest. This year the authors also visited the conference, where they represented Hungary with their research topics, and the present report was prepared based on their experiences at the conference.

Újabban évente rendezik meg a világ legnagyobb üveges konferenciáját a *Glass Performance Days*-t Kínában, Dél-Amerikában és Indiában, azonban csak minden második évben szervezik a konferenciát Tamperében (Finnországban), ahonnan eredetileg 1992-ben kiindult. Finnország második legnagyobb városa idén 2015-ben, 15. alkalommal várta vissza a konferencia résztvevőit, hogy ismét megosszák tudásukat egymással, ápolják, illetve új virágzó kapcsolatokra tegyenek szert. Az egy hetes konferencia sok érdekességet tartogat kutatók, üzletemberek, gyártók, mérnökök, szakemberek számára és csupán csak az anyag iránt érdeklődő is könnyedén megtalálja számítását. A szerzőknek lehetőségük adódott, hogy idén - csekély számban magyar résztvevőként - ellátogassanak és szerepeljenek előadóként e méltán híres konferencián, amely alapján e beszámoló készült.

1. Bevezetés

Tampere a második legnagyobb város Helsinkit után Finnországban, magyar vonatkozását tekintve, Miskolc testvérvárosa, melyet a központjában elhelyezett irány és égtáj jelző totemoszlop is jelez (távolság 1499 km). A Tammerkoski folyó partján a XVIII. században alapított, egykor iparáról (acélipar és textilipar) híres városban (1. ábra) került megrendezésre a 2015. évi *Glass Performance Days* üvegipari konferencia, 2015. június 24-26 között. A konferencia helyszíne, Tampere egyik híressége az 1990-ben épült Tampere-talo épületegyüttesben volt (építészet: Sakari Aartelo és Esa Piironen, 2. ábra). Tampere ipari jellegét megőrizte, de egyben fiatalos várossá vált, és az egykori vörös-téglás homlokzatú ipari épületekben pl. Tampella, Finlayson, ma már kulturális és szórakoztató központok, éttermek, iroda komplexumok működnek.

A város „északi Velence” hangulatát kelti, mivel a két nagy tó, Näsijärvi és Pyhäjärvi között, a Tammerkoski folyó partján fekvő épületek homlokzatai, közvetlenül a várost átszelő folyóágakra, duzzasztóművekre tekintenek (3., 4. ábrák). A város azonban masszív gránit kőzetlemezen fekszik, amelyre a gránit minden

színárnyalatának esztétikus felhasználása is utal, a közlekedési útvonalak, burkolati-, lábazati anyagok használatát tekintve. Tampere északi elhelyezkedését jelzi, hogy érkezésünkkor (2015. június 21-én), a hosszú északi naplemente és virágzó orgonabokrok árasztotta illat csábítottak esti városnéző sétára, ahol éjjel egy óráig még vakut nélkülözve tudtunk fotózni.

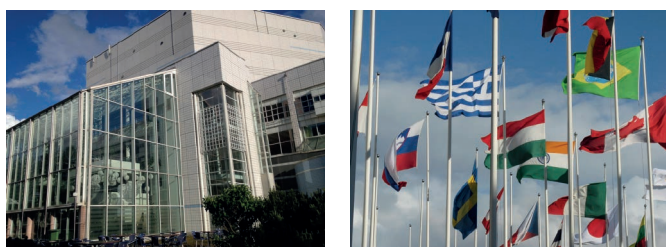
2. A GPD konferencia bemutatása

2.1. A GPD konferencia története

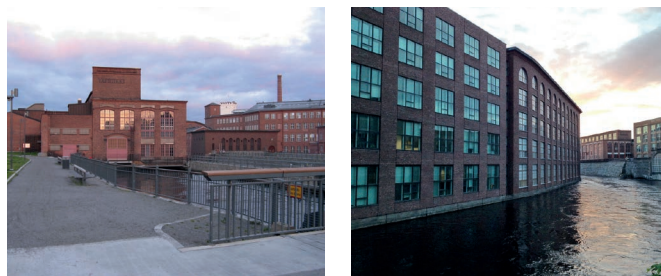
A *GPD* konferenciát először 1992-ben Tamperében, Finnországban rendezték meg *Glass Processing Days* néven. A szervezők szándéka elsősorban az volt, hogy lehetőséget biztosítsanak a világ üveges szakembereinek, gyártóinak, hogy meg tudják osztani egymással az üveg anyagról szerzett tudásukat és tapasztalataikat, valamint a felmerülő problémákra közösen új, hatékony megoldásokat találjanak. Az első konferencián közel 30-an vettek részt, azonban az ezt követő években ez a szám megsokszorozódott. 2007-ben a *GPD* történetében legtöbben látogattak el Tamperébe, ekkor több mint 1000 résztvevő volt jelen. A konferencia megújulását szem előtt tartva 1995-től már csak minden második évben tartották *GPD-t* Tamperében. A szervezőknek azonban nem állt szándékában kizárólag Európára korlátozni ezt a rendezvényt, ezért 1994-ben Kínában is szerveztek konferenciát. 2004-ben ismét megszervezték a konferenciát Kínában, az utóbbi években *Sanghai* adott otthont a rendezvénynek, valamint 2008-tól Indiában, 2010-től pedig Dél-Amerikában (*Sao Paulo*) is részt lehetett venni a *GPD-n*. A rendezvény neve 2005-ben megváltozott és *Glass Processing Days*-ről *Glass Performance Days* lett az új elnevezése. Az idei, 2015. évi *GPD* jelentős volt a konferencia történetében, hiszen 15. alkalommal rendezték meg Tamperében [1].



1. ábra Tampere, Tammerkoski folyó, egykori Tampella nehézipari vállalat épületei
Fig. 1. Tampere, Tammerkoski river, buildings of Tampella former heavy industrial company



2. ábra a) Tampere-talo épületegyüttese és b) a GPD2015 konferencián résztvevő nemzetek zászlói, köztük a magyar zászló; képviselői jelen cikk szerzői voltak
Fig. 2. a) Tampere-talo building complex and b) the flags of the participating nations at the conference GPD2015, including the Hungarian national flag; representatives were the authors of this report



3. ábra a) Tammerkoski folyón épült duzzasztómű és b) az „északi Velence” éjszakai látképe
Fig. 3. a) Dam built on the Tammerkoski river and b) night view of the “Northern Venice”



4. ábra Tampere, Ratinan Suvanto, visszaduzzasztó
Fig. 4. Tampere, Ratinan Suvanto, backwater

2.2. A GPD célkitűzései

A GPD fő célkitűzése, hogy összehozza az üvegipar résztvevőit, pl. a kutatókat, tervezőket, a gyártókat a végfelhasználókkal egyetemben, valamint segítse az üvegipari szereplők együtt dolgozását és új kapcsolatok kialakulását. A konferenciákon mindig fontos az üvegről, mint anyagról szerzett tapasztalatok, információk megosztása, összegyűjtése,

valamint aktuális és jövőbeli felhasználások, alkalmazások konkretizálása, hogy e világszerte alkalmazott anyag továbbra is versenyképes maradjon. E célok mellett a GPD szervezői igyekeznek az üzleti kapcsolatok ápolására is hangsúlyt fektetni, ezért különböző kötetlen közösségi programokban való részvételre is lehetőséget biztosítanak [1].

3. 2015. évi GPD konferencia és programok

3.1. Konferencia programok

A megnyitón végzett interaktív felmérés alapján a résztvevők fele első alkalommal vett részt a konferencián. A szervezők a „first timer”-eket segítve a konferencia honlapján tanácsot adnak, hogyan érdemes utazni, milyen programokon és eseményeken célszerű jelen lenni. A konferencia első napján a megnyitót előtt külön köszöntötték az első alkalommal résztvevőket a konferencia szervezők.

A szervezők azonban nem csak a kezdő konferencia résztvevőkre gondoltak, hanem azokra is, akik már sokadik alkalommal látogatták meg *Tamperét*. Számukra exkluzívabb programokat és lehetőségeket is biztosítottak a kapcsolatok építésére pl: golfozással. A finn szokások, ízek, titkok, jellegzetességek, építészet megismerése céljából változatos programokat kínáltak. Többek között egy építészeti kirándulást *Helsinki*-be, ahol a város új, modern épületeit lehetett megismerni. Kiseb kirándulásokat szerveztek a környéken is a következő címekkel: Mesterszakács az erdőben; Művészet, kézművesség és inycsiklandozó finomságok *Tampere* szívében; Kenutúra a csapatépítésért a *Nasijarvi* tavon; A *Finlayson* története [1].

A GPD konferencia megnyitó ceremóniája előtt már egy nappal ún.: *workshop*-okat szerveztek. A *workshop*-ok több, akár 8 óras oktatást jelentenek, ahol az iparág különböző rész-folyamatait, titkait sajátíthatjuk el. A teljesség igénye nélkül pár példát említünk: Homlokzat tervezés (*Koltay Ágnes, Koltay Facades*), Vágás és csiszolás (*Michael Emonds, Bohle AG*), Kémiai edzés (*Guglielmo Macrelli, Isoclima SpA*), Üveglaminálás és hatékonyság (*Jan Scheers, Kuraray*), Anizotropia (*Saverio Pasetto, Skanska*).

A 15. GPD konferencia hivatalos megnyitója június 24-én délután kezdődött, melyet *Jorma Vitkala*, a konferencia elnöke nyitott meg. A hivatalos megnyitó beszéd után a konferenciát és résztvevőit köszöntötte *Anna-Kaisa Ikonen*, *Tampere* polgármester-asszonya. A megnyitó ünnepségen három előadás is elhangzott, amivel az üveg iparág helyzetét mutatták be. Az előadók *Arto Metsanen* (CEO & President, *Glaston Corporation*), *Kai Uwe Bergmann* (Partner, *BIG Architects*) és *Dale Sands* (SVP, *Environmental Business, AECOM*) voltak. A megnyitó beszédek után négy vezető üveges cég képviselőjének interaktív beszélgetését hallhattuk, bemutatták helyzetüket és szubjektív véleményüket az üveg jövőjéről. Résztvevők: *Jonathan Cohen* (Global Business Director, *Kuraray Glass*), *Jean-Paul Hautekeer* (Global Marketing Director, *Dow Corning Corporation*), *Arto Metsanen* (CEO & President, *Glaston Corporation*), *Johann Sischka* (SVP, *Waagner-Biro Stahlbau AG*) (5. ábra). Az irányított beszélgetés során az ünnepség moderátora *André Noel Chaker* kérdéseket intézett a közönség felé is, majd előre megfogalmazott válaszokra voksolhatott a hallgatóság, ezt követően pedig kivetítésre került a szavazatok eredményének százalékos megoszlása.

A konferencia mindhárom napján esti vacsorákkal, zenés mulatságokkal szolgáltak a szervezők: nyitó vacsora (6. ábra), konferencia díszvacsora és búcsúvacsora. Ahogy a *Glasstec* üvegipari kiállításnál is [2] hagyománnyá vált, minden este nyitva volt az ún. *GPD Pub*, egy a város központjában elhelyezkedő lokálban.



5. ábra A GPD 2015 megnyitója
Fig. 5. Opening ceremony of GPD 2015



6. ábra A nyitó vacsora
Fig. 6. Welcome dinner of GPD 2015

3.2. Szekciók

Több szekció indult párhuzamosan: Üvegek és fenntarthatóság; IGU és ablak technológiák; Bevonati technológiák és alkalmazásuk; Üvegek a szerkezeti alkalmazásban; Laminált üvegek gyártása és tervezése; Építészeti újítások, megoldások és homlokzatok; Hajlított üveg; Üvegragasztás és pontmegfogás; Új termékek és alkalmazásuk; Hőkezelés és előfeldolgozás; Piaci trendek és a jövő lehetőségei; Minőségirányítási rendszerek; Üveg a lakberendezésben; Poszter előadások.

A konferencián egyszerre 6 szekció zajlott párhuzamosan, ezért a résztvevőknek javasolt volt előzetesen átgondolva kiválasztani a meghallgatni kívánt előadásokat. Építőmérnökként a cikk szerzői is érdeklődési körüknek megfelelően válogattak a szekció témakörökben, így főképp három szekciót látogattak: *Üvegek a szerkezeti alkalmazásban; Laminált üvegek, gyártás és tervezés; Hőkezelés és előfeldolgozás*. Jelen cikkben a látogatott szekcióból kiemelten, röviden ismertetünk érdekes előadásokat.

4. Poszter és termékbemutató kiállítás a GPD-n

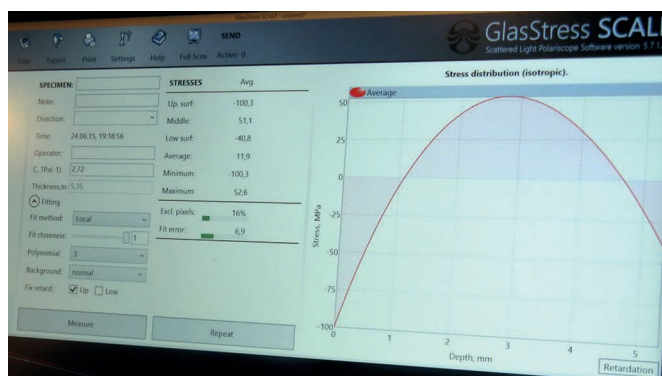
A konferencia helyet biztosított poszter, cég és termék bemutató kiállításoknak is. A poszter kiállítás fő témája a különleges üveg-kompozit anyagok alkalmazása (pl. Üveg és kő kompozit panelek vizsgálata, Y. Misawa és S. Matsunobu; Arup), üveg-hibák és vizsgálataik (pl. Görgő oldali karcolások érzékelése és felbontása, G. Mauer; Window Cleaning Network) valamint lamináló- és ragasztóanyagok tartóssági kérdései voltak.

A kiállító cégek közül főképp az üvegek roncsolásmentes vizsgálatával foglalkozó műszeres bemutatót tartó, fejlesztő cégek számíthatnak a legnagyobb érdeklődésre. Ez nem is csoda, hiszen ahogy egyre merészebb az üvegek felhasználása – gondoljunk itt tartószerkezeti anyagként való elterjedésére –, úgy egyre fontosabb tényező a biztonságos tervezés is, amelyhez elengedhetetlen a végtermék jellemzőinek, minőségegyenletességének pontos ismerete. A gyártás során a számos vizuális vizsgálaton kívül manapság lehetőség nyílik akár műszeres, roncsolásmentes módszerrel történő ellenőrzésekre is pl. hőkezelt, kémiaileg edzett üvegek feszültség mérése, hőszigetelő üvegek rétegröndjének meghatározása (7. ábra).



8. ábra Üvegek vastagság menti feszültség eloszlásának mérésére alkalmas SCALP-04 készülék

Fig. 8. SCALP-04 device is suitable for measuring the stress distribution along the thickness of glasses



9. ábra Software a SCALP-04 készülékhez

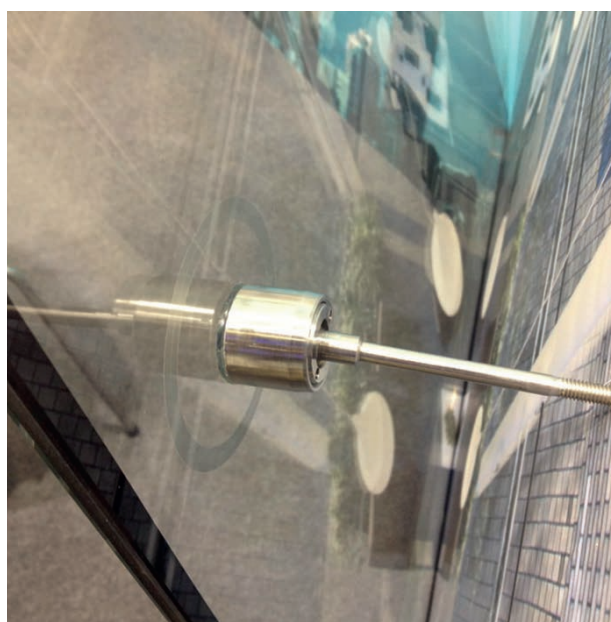
Fig. 9. Software for SCALP-04 device



7. ábra Sparklike cég hőszigetelő üveg rétegröndjének utólagos meghatározására alkalmas készüléke

Fig. 7. Device of Sparklike Company is suitable for posterior determination of order of thermal insulating glass layers

A Softeco finn cég - európai és amerikai szabványok szerinti üveg vizsgálatokra alkalmas eszközöket forgalmaz – az Ayrox nevű belga céggel közösen pl. lézertény segítségével az üveg feszültségi trajektóriáinak kimutatására alkalmas eszközt és



10. ábra Dow Corning cég mechanikai rögzítés nélküli, ragasztós üvegrögzítése

Fig. 10. Adhesive glass fixing of Dow Corning Company which does not use mechanical fastening



11. ábra Laverstoke papíruzem üvegházai
 (forrás: <http://www.hughbonneville.uk/project/laverstoke-mill> 2015.07.29) [3]
 Fig. 11. Laverstoke Mill glasshouses
 (retrieved: <http://www.hughbonneville.uk/project/laverstoke-mill> 07. 29. 2015.) [3]

elemző programot mutattak be. A GlasStress Ltd. észtországi cég Polariscope AP mérőműszerét öblösüvegek feszültségmérésére fejlesztette ki, amely fotoelasztikus elven, transzmissziós módon működik, és jellemzően a gyártásközi minőségellenőrzésben (palack, lámpa, optikai szálak, autóüvegek gyártása) lokális feszültség koncentrációk detektálására alkalmazzák. Az észtországi cég egy másik, üvegek vastagság menti feszültség eloszlásának mérésére alkalmas, SCALP-04 nevű készülékét is bemutatta. A készülék mérési tartománya 3-19 mm üveg vastagságig terjed. A készülékhez fejlesztett software segítségével valós időben könnyen kimutatható az előfeszített üvegekben lévő sajátfeszültségek vastagság menti eloszlása. Az eszközbe mutatón kémiai edzett üvegen is demonstrálták az eszköz működését és az elemző programot, amely az alsó mérési tartomány közelében volt már (8.-9. ábrák).

Az új fejlesztéseket bemutató kiállítók közül a Dow Corning cég mechanikai rögzítést nélkülöző, az üveg felületére ragasztott pontmegfogásos homlokzati üveget mutatott be (10. ábra). A Sedak cég pedig a 2014. évi düsseldorfi kiállításon ismertetett [2] nagyméretű (15 m × 3.2 m) hőszigetelő üvegének poszterét állította ki, továbbá különleges követelményű, ill. rétegrendű laminált üveg termékeit mutatta be, pl. teljesen transzparens biztonsági laminált üveg, amelyben 4 üvegrétegből felépülő kis vasoxid tartalmú Optiwhite biztonsági üvegeket, és új generációs 0.89 mm vastag SentryGlas fóliát alkalmaztak.

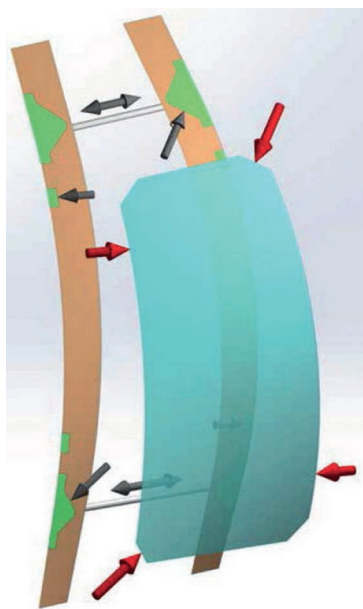
5. Szerkezeti üvegek fejlődési irányai

5.1. Homlokzatok fejlődése

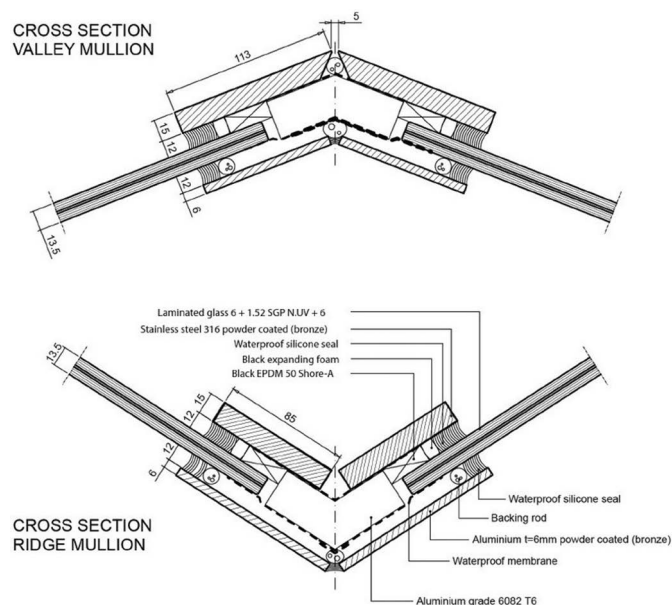
A konferencián több előadás keretében is esettanulmányokat mutattak be üveghomlokzatokról, amelyeket más-más szempontból (különleges alak, forma, volumen, hőtechnikai tulajdonság stb.) közelítettek meg.

Az egyik legkülönlegesebb előadás az angliai Hampshire-ben található Laverstoke papíruzemről hangzott el Carles Teixidor (Bellapart S.A.U.) előadásában [3]. A papíruzemhez hasonló két meglehetősen különleges üvegházat építettek, amelyek méreteikben eltérőek (11. ábra). A Heatherwick Stúdió az Arup céggel közösen tervezte e különleges építményeket. A nagyobb méretű üvegház 15 m magas és 11 m átmérőjű. A fő tartószerkezete karcsú, kétszer görbült rozsdamentes acélborda, amelyekre szintén kétszer görbült üveg héjakat illesztettek. Az üvegek a szerkezeti kialakítás alapján csak nyomófeszültséget tudnak felvenni a 45°-ban lesarkított éleken keresztül (12. ábra). Az acél bordák közé a vízszintes üvegillesztéseknél acél rudakat helyeztek el, amelyek húzó- és további nyomófeszültséget tudnak közvetíteni a bordák között. A bordákra alumínium füleket (papucsokat) helyeztek el az üvegtáblák sarkainál. További 100 × 200 mm-es U-alakú füleket (papucsokat) alkalmaztak az üvegtáblák élénél hosszanti irányban, ezekbe hidegen hajlították az üvegeket a helyszínen. Az üveg és alumínium fülek csatkozásánál lágy alumíniumot alkalmaztak. A két

üvegháznál összesen 785 db eltérő méretű, kétszer hajlított üveghéjat szereltek fel. Egy üvegtábla két 6 mm-es hőkezelt üvegből áll, melyeket 1,52 mm vastag Sentryglas fóliával lamináltak. A vízszintes illesztéseket az üvegtáblák között rugalmas szilikonnal tömítették. A függőleges illesztéseknél (üveg-üveg találkozásánál, tehát a bordáknál) rozsdamentes burkolat alatt, rugalmas kapcsolatot alakítottak ki, hogy a hőmérsékletváltozás okozta mozgásokra ne reagáljon károsan a szerkezet (13. ábra). Az üvegtáblákat hőkezelés és melegen hajlítás után a helyszínen hidegen is hajlították, így nyerték el végső formájukat. Az összes darabszámhoz viszonyítva csak kis mennyiségben (53 db) volt szükség helyszíni hőkezélést (melegítést) alkalmazni, hogy az üvegben lévő nagyobb káros feszültségeket csökkentsék.



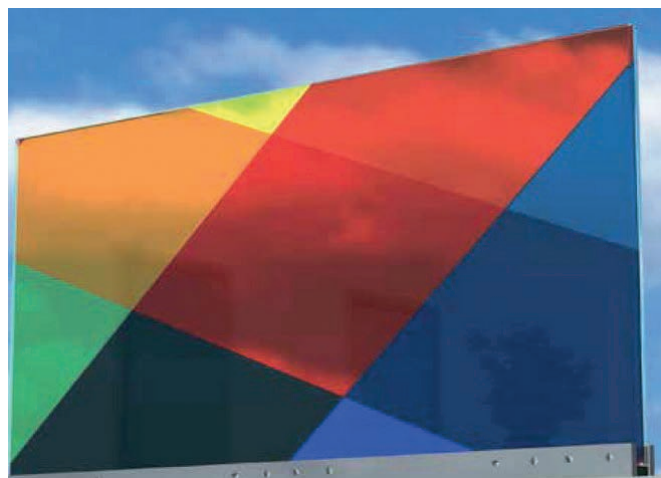
12. ábra Laverstoke papírium üveghéjazatának megtámasztása [3]
Fig. 12. Supporting structure for glass shell of Laverstoke Mill glasshouses [3]



13. ábra Laverstoke papírium csomópontja [3].
Fig. 13. Detail of glass shell of Laverstoke Mill glasshouses [3].

5.2. Laminált üvegek fejlesztései

A látogatott szekciók mindegyikében közös volt, hogy bármely aspektusból is közelítették meg az előadók az üvegek teherhordó szerkezetekben történő alkalmazhatóságát, számos megoldandó feladat elé néz az üveges szakma, melyek a gyártók részéről további fejlesztéseket igényelnek. Az üveg anyagának összetétele alapján az alumino-szilikát üvegek mechanikai igénybevételekkel szembeni kedvezőbb ellenállására, már a 2014. évi Glasstec kiállítás is rámutatott [2]. A laminált üvegek szívósságának kérdését több előadás is érintette, amelyek közül a Kuraray Europe részéről Björn Sandén ismertette a lamináló anyagok sokoldalú funkcióját. A lamináló anyagok fejlesztésekor igyekeznek szem előtt tartani a fóliák termomechanikai viselkedését, hogy a gazdaságos tervezés érdekében az üveg rétegek közötti együttműködést figyelembe lehessen venni. A látogatott előadások alapján megállapítható, hogy a lamináló fólia anyagok közül az EVA jelenleg „fénykorát éli”, a gazdaságos és sokoldalú laminált üveg előállításnak köszönhetően. A laminált üvegek maradó teherbírása (tönkremenetelt követő viselkedése) fontos szempont az üvegek tartószerkezetekben történő alkalmazásakor, így az új generációs fóliák pl. SentryGlas® Ionoplast lamináló anyagok felhasználása növekvő tendenciát mutat. Különleges megoldást mutatott be a Glaslabor.de GmbH, ahol pl. nagyméretű, ill. dekorációs célú színes üvegeknél szükségessé váló lamináló fóliák hegesztési technológiáját szemléltették előadásukban (14. ábra).



14. ábra Lamináló fóliák hegesztése [4]
Fig. 14. Welding of interlayer foils [4]

5.3. Rendkívüli terhek és hatások

A konferencia bővelkedett a különleges hatásoknak kitétt üvegszerkezetek laboratóriumi, illetve 1:1 léptékű kísérletek bemutatásában is. A *Kuraray America* cég részéről az üveges szakma neves képviselője *Valerie L. Block* tornádónak ellenálló homlokzati hőszigetelő üvegek kísérleti eredményeiről számolt be. Ilyen rendkívüli terhek esetén nem ritka a minimum 4 üveg rétegből felépülő, Ionoplast lamináló fóliát tartalmazó üveg sem. Rendkívüli, robbantásnak ellenálló üvegszerkezet 1:1 léptékű kísérletét mutatta be *Thomas Henriksen* a *Wagner Biro* cégtől.

A szerzők két előadással szerepeltek a konferencián, üveg oszlopok [5] és üveg mellvédek témakörökben [6]. A téma-választások aktualitását jelezte, hogy a konferencián számos előadó képviselte egyetemét, cégét e témakörökben. Mind a mellvédek, mind pedig az oszlopok esetében számítani kell nagy kinetikus energiával becsapódó testek hatására pl. ütközésből, elesésből származó terhekre, amely hatások szabványosítása még a jövőbeni feladatok közé tartozik, így kísérlettel segített tervezés válhat szükségessé. Az előadók igyekeztek közös konszenzusra jutni bizonyos kérdésekben, így pl. a maradó teherbírás érdekében, biztonsági okokból az üveg mellvédek esetében, az üveg éle mentén végigvezetett fogódzó a nagy igénybevételű mellvédek (lelátók, tömeggyülekezésre alkalmas létesítmények, magas épületek erkélyei stb. esetén) várhatóan kötelező érvénnyel bevezetésre kerül. Üveg oszlopok témakörben szintén fontos kérdésre sikerült rávilágítanunk, melyre a konferencián többen is reflektáltak: a stabilitási kérdéseknél a kritikus kihajlási erő meghatározása jelenleg problémát jelent, amelyre *Jakab András* laboratóriumi kísérleti eredményei alapján javaslatot tett [5] és ismertette a hallgatóságának.

6. Előfeszített üvegek jellemzői

Az üvegerősítési eljárások közül a kémiai edzéssel előállított termékek jellemzőinek vizsgálatával több előadó is foglalkozott, hiszen növekvő tendenciát mutat a vékony üvegek felhasználása az építészetben. Az előfeszítési eljárások közül jelenleg a hőkezelés

edzés kivitelezhető gazdaságosan. A hővel történő erősítés azonban az üvegekben az anizotrópia jelenségét eredményezi, amelynek kimutatásáról és vizsgálatáról számos előadást hallhattunk. Így, e két aktuális témakörből emeltünk ki és ismertetünk néhány gondolatot.

6.1. Üvegek és anizotrópia

Az anizotrópia jelensége elsősorban vizuális problémát okoz az edzett üvegek homlokzatokban történő alkalmazásakor. Az üvegfelületek méretének növekedésével e vizuális hibára egyre többen fordítanak figyelmet. Maga a hőkezelési eljárás, az edzőkemence hőáramlási viszonyai, a lehűtési fázisban a fűvókák kiosztása és az eltérő lehűlési gradiensű lokális pontok stb. ún. leopárd foltokat, színes sávokat okoznak a készterméken, amelyek bizonyos fénytörési viszonyoknál, ill. polarizált fényben optikailag megjelennek (15. ábra).

Saverio Pasetto a *Skanska* cégtől az anizotrópia kérdéskörét oly módon közelítette meg, hogy felmérést végzett építészek, üveg beszállítók, homlokzat szakkonzulensek és vállalkozók körében. Kérdés volt, hogy egyáltalán hibának tekinthető-e az anizotrópia és ez alapján elutasítható-e az üvegek átvétele? A válaszadók 83%-a egyetértett abban, hogy a jelenséghez nincsenek megfelelő módon szabályozva az elfogadási vagy visszautasítási kritériumok, ezért így nem nevezhető hibának jelenleg az anizotrópia, azonban sok vitás kérdés tárgyát képezheti. Az anizotrópiára megoldás lehet a távlatiakban az edzőkemencék hő áramoltatási viszonyainak továbbfejlesztése, valamint hatékony gyártásközi vizsgáló műszerek fejlesztése, amelyek az anizotrópia gyors és egyszerű kimutatását lehetővé teszik. Amíg e feltételek nem állnak rendelkezésre és nem kezdődnek meg az üveg feldolgozás ilyen irányú fejlesztései, addig nem lehet visszautasítási alapot találni e jelenség alapján.

6.2. Kémiai edzés előretörése

A *GPD* konferencián több előadás is elhangzott a kémiai edzés háttéréről, tulajdonságairól. Ezek közül *Ennio Mognato* előadását emeljük ki, aki a felületi feszültséget és a mechanikai

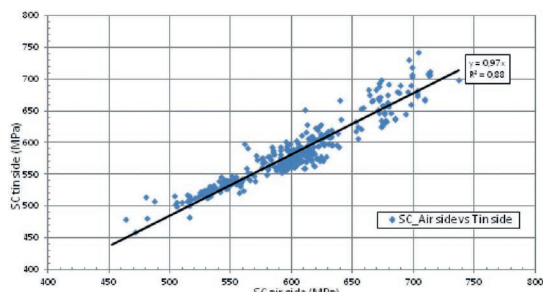


15. ábra Anizotrópia megjelenése, Zenei központ üveg homlokzata, Helsinki
Fig. 15. Appearance of anisotropy in glass facade of Music Centre in Helsinki

szilárdságot befolyásoló paraméterek kapcsolatait tanulmányozta kémiai edzett üvegeknél [8].

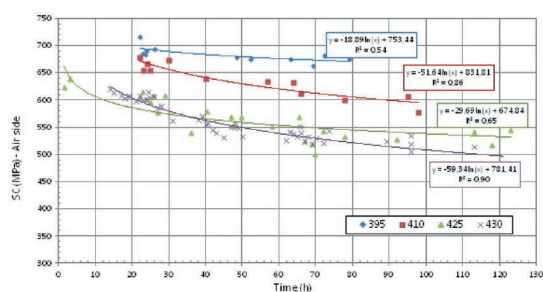
A kémiai edzés lényege, hogy kálium-nitrát fürdőben (KNO_3) ioncserét hajtanak végre és ezáltal nyomófeszültséget indukálnak az üveg felülethez közeli tartományában (többszörösét, a hővel erősített üvegekéhez képest). A kémiai edzés hatékonysága nagyban függ a fürdetés időtartamától, a közeg hőmérsékletétől és a behatolási mélységtől. A nagyszámú kísérletben – szám szerint 391 db – 2001-től 2014-ig vizsgálták egy észak-olaszországi üvegyár termékeit, ahol kémiai edzett 4 mm vastagságú, 100×100 mm-es felületű tiszta float üveg tulajdonságait mérték. Vizsgálták a felület közeli nyomófeszültséget és a behatolási mélységet az üveg levegővel érintkező (szabad) és ónfürdős oldalán, valamint az idő és hőmérséklet hatását. A kísérletben négy fürdő hőmérsékletet alkalmaztak 395°C -tól 430°C -ig, illetve 1,5 órától 128 óráig tartották sófürdőben a próbatesteket.

Nagyszámú próbatest alapján kimutatták, hogy a felület közeli nyomófeszültség értéke, valamint a behatolási mélység is nagyobb a levegővel érintkező oldalon az ónfürdős oldalhoz képest. A 16. ábrán látható mérési eredményekre lineáris trendvonalat fektettek, amelynek a szórásnégyzete a felületi nyomás esetében 12 %, míg a behatolási mélységnél 3 % volt. A behatolási mélységgel lineárisan csökkent a felületi nyomófeszültség, amely összefüggést azonban csak meglehetősen szűk tartományban vizsgáltak kb. $45 \mu\text{m}$ -ig. A vizsgált hőmérsékletek alapján, alacsonyabb hőmérsékleten nagyobb nyomófeszültséget lehet elérni, azonban hosszabb fürdetés során ezek a feszültségek csökkennek, ezért célszerű rövidebb ideig fürdőben tartani az üvegeket. A behatolási mélység ezzel fordítottan arányos, mivel mélyebben edződik az üveg, ha nagyobb hőmérsékleten hosszabb ideig tartják fürdőben (17. ábra).



16. ábra Felület közeli feszültség (SC) összehasonlítása a levegővel érintkező (air side) és ónfürdős (tinside) üveg oldalon [8]

Fig. 16. Comparison of surface stresses (SC) in air side and tin bath side of the glass [8]



17. ábra Felület közeli feszültség csökkenése a hőmérséklet és az idő (Time) függvényében (SC – Air side: levegővel érintkező oldal) [8]

Fig. 17. Decrease of surface stresses (SC) related to the temperature and time (in air side of the glass) [8]

7. Kitekintés

A szerzők (18. ábra) számára nagyon tanulságos volt a GPD 2015 konferencia. Nagyon színvonalas, témákban gazdag és tartalmas előadásokat hallhattunk. 2014-ben a Glasstec kiállítást és az Engineered Transparency konferenciát látogattuk meg [2]. E két nagy nemzetközi rendezvény alapján kijelenthető, hogy az üveg, mint építőanyag előtt nagy jövő áll. Évente jelentősen növekszik azok száma, akik újabb aspektusokból közelítik meg ezt az anyagot. Remélhetőleg hazánkban is egyre több üveges szakember kap kedvet, hogy e két meghatározó eseményen részt vegyen.



18. ábra A szerzők a GPD 2015 konferencia elnökével, Jorma Vitkalával.

Fig. 18. The authors with Mr. Jorma Vitkala, President of GDP 2015 conference

Hivatkozások

- [1] <https://mobile.gpd.fi/>
- [2] Jakab, A. – Nehme, K. – Molnár, P. – Nehme, S. G. (2014): Beszámoló a 2014. évi düsseldorfi Glasstec kiállításról. *Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials*, Vol. 66, No. 4 (2014), pp. 131–135. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2014.24>
- [3] Teixidor, C. (2015): Free form glass braced structures, Laverstoke Mill glasshouses. *Glass Performance Days 2015 Conference Proceedings* ISBN: 978-9525836-03-5 pp.101-103.
- [4] Sastré, H. (2015): Welding of thermoplastic interlayer - wider and combined interlayer. *Glass Performance Days 2015 Conference Proceedings* ISBN: 978-9525836-03-5 pp.156-162.
- [5] Jakab, A. – Nehme, K. – Nehme, S. G. (2015): Laboratory Experiments of Centrally Loaded Glass Columns. *Glass Performance Days 2015 Conference Proceedings* ISBN: 978-9525836-03-5 pp. 117-121.
- [6] Nehme, K. – Jakab, A. – Nehme, S. G. (2015): Impact behaviour of glass balustrades. *Glass Performance Days 2015 Conference Proceedings* ISBN: 978-9525836-03-5 pp. 350-355.
- [7] Pasetto, S. (2015): Anisotropy as a defect in U.K. architectural float heat-treated glass. *Glass Performance Days 2015 Conference Proceedings* ISBN: 978-9525836-03-5 pp. 402-405.
- [8] Mognato, E. – Schiavonato, M. – Pittoni, M. (2015): Chemically Strengthened Glass: correlation between Surface Compression, Potassium Profile, Mechanical Strength and production parameters. *Glass Performance Days 2015 Conference Proceedings* ISBN: 978-9525836-03-5 pp. 411-415.

Ref.:

Jakab, András – Nehme, Kinga – Nehme, Salem Georges: *Beszámoló a finnországi GPD2015 nemzetközi üveg konferenciáról* *Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials*, Vol. 67, No. 3 (2015), 102–109. p. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2015.17>