

"Energiatudatos homlokzati nyílászáró rekonstrukció – épületszerkezeti tanulmány" c. folyóiratcikk,
Magyar Építőipar, 2001/9-10. szám, pp. 269-277.

Hasonló címmel, rövidítve is megjelent:

"Napenergia-tudatos homlokzati nyílászáró rekonstrukció" c. folyóiratcikk,
Energiagazdálkodás, 2003/4. szám, pp. 17-23.

Somfai Attila főiskolai adjunktus (email: somfai@sze.hu homepage: www.somfai.sze.hu)

Molnárka Gergely főiskolai tanársegéd (email: mgergo@sze.hu homepage: www.sze.hu/~mgergo)

ENERGIATUDATOS HOMLOKZATI NYÍLÁSZÁRÓ REKONSTRUKCIÓ

ÉPÜLETSZERKEZETI TANULMÁNY

1. BEVEZETŐ

A győri Széchenyi István Főiskola egyetemmé válása új építészeti feladatok sorát hozza magával. Az új épületek építése és a leendő egyetemi negyed városszerkezetbe illesztése mellett jelentős feladatnak ígérkezik a meglévő épületek rekonstrukciója is. Az 1. ábra a tanulmányi épület déli homlokzatát mutatja be.



1. ábra: A Széchenyi István Főiskola tanulmányi épülete

A cikk a főiskola tanulmányi épületegyüttes homlokzati nyílászáróinak energiatudatos szemléletű szerkezeti megújítását elemző előtanulmány összegzését tárja fel. A javasolt

épületszerkezeti rekonstrukció közel 40%-os fűtési energia-megtakarítást eredményezhet, ezen túlmenően a napenergiát hasznosító árnyékoló szerkezet hatékonyan részt vehet a főiskola (egyetem) villamosenergia-ellátásban.

Az előtanulmány részeként elvégzett költségbecslés adatai szerint a tanulmányi épület nyílászáró cseréje megközelítően tizenegy év alatt megtérülő beruházás (ami a fűtési- és villamos energia megtakarítás mértékének köszönhető); ebből az árnyékolóként használt napkollektor kevesebb, mint másfél év alatt kitermelheti alkalmazásának költségeit.

2. A TERVEZETT HOMLOKZATREKONSTRUKCIÓ FŐ CÉLJAI

A Széchenyi István Főiskola fejlesztése, kibővítése a rendkívüli módon megnövekedett hallgatói létszám miatt elkerülhetetlenné vált. Az egyetemi funkciókkal bővülő létesítmény – a tervek szerint – új épületeket kap. Az intézményfejlesztés hatékonysága azonban akkor megfelelő, ha a bővítés mellett szerepet kap a meglévő épületek korszerűsítése is. Ezt szem előtt tartva a főiskola az Intézményfejlesztési Tervvel megpályázott állami forrás egy részét erre a célra kívánja fordítani. Az előtanulmány feladatának tekinti azt, hogy az épületrekonstrukció döntés-előkészítéséhez szakmai segítséget adjon.

A korszerűsítés legfőbb céljaként a tanulmányi épület meglévő, mára már elavult homlokzati nyílászárók korszerű, fokozott hő- és hangszigetelő képességű nyílászáróra történő cseréje, és ennek kapcsán a déli homlokzat üvegfelületének korábban elmaradt külső árnyékolása nevezhető meg első helyen.

Napjaink legnagyobb globális kérdései között szereplő kimerülő energiakészlet kiváltása, valamint a megnövekedett környezeti terhelés csökkentése szempontjából a beruházás igen kedvező. Az energiatakarékosságot és az alternatív energiaforrások hasznosítását célzó megoldásokkal a főiskola sikeresen pályázhat az állami intézményfejlesztési források értéknövelő felhasználására is.

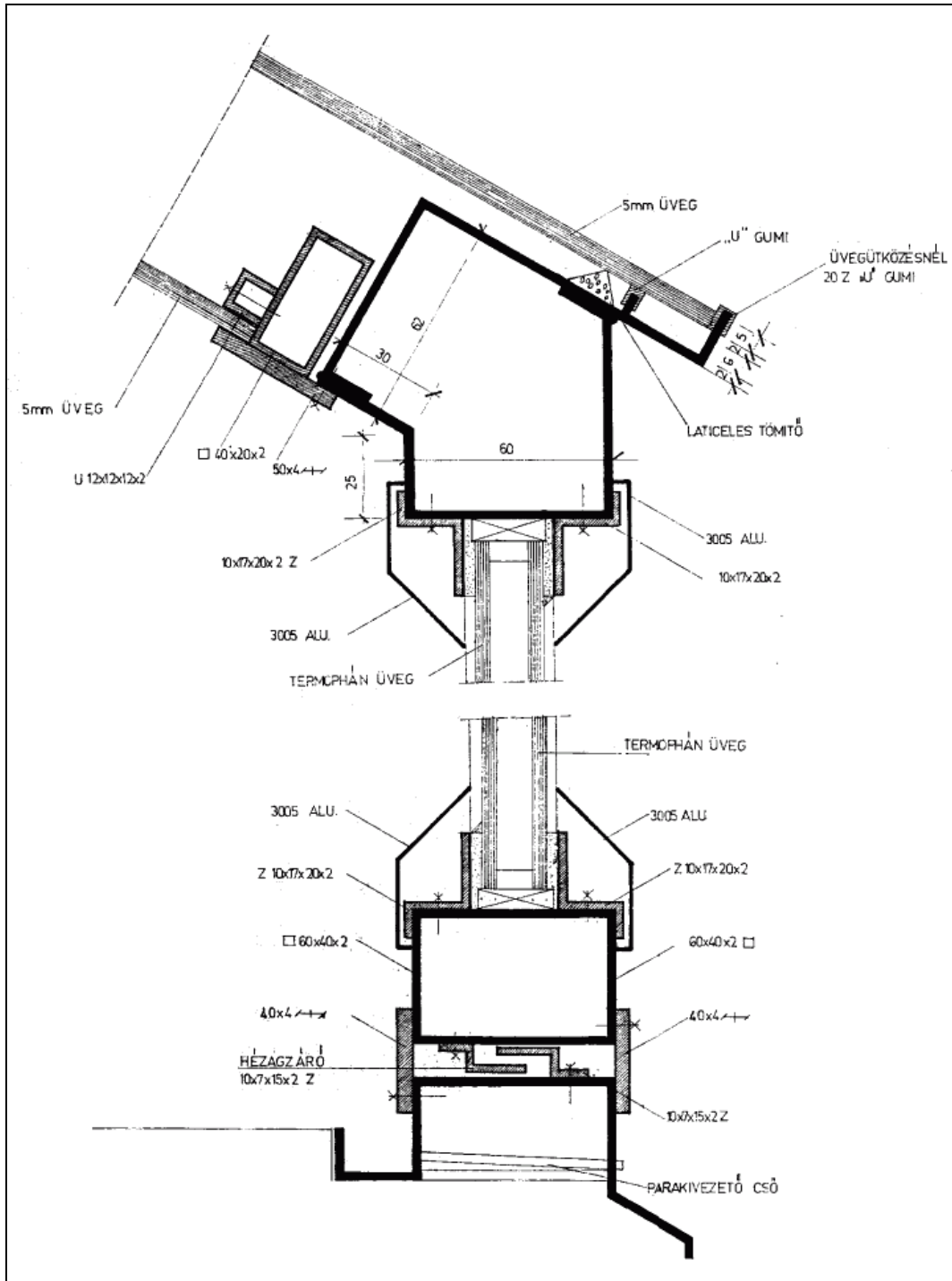
3. A TANULMÁNYI ÉPÜLET SZERKEZETI PROBLÉMÁI ÉS AZOK OKAI

A nyílászárók

A természetes fény nagyfokú hasznosítása a tanulmányi épület jellegzetessége. Az épületen végigfutó sávós ablakosorok, az aula óriási üvegfelületei és a lépcsőházakhoz tartozó folyosók üvegfalai a homlokzat 53%-os üvegezési arányát eredményezik.

Ennek előnyeit a jelenlegi szerkezeti kialakítások miatt háttérbe szorítják. Az irodák és a tantermek hőhidmegszakítás nélküli egyedi gyártású acél tokszerkezete (2. ábra), valamint a lifthallok ugyancsak hőhidmegszakítás nélküli SOPRON-H alumínium tokszerkezete zavartalanul vezet ki a fűtésre bevitt hőt a külső környezetbe. Az üvegek közötti nemesgáz térkitöltés, valamint a hőkiáramlás-csillapító bevonatréteg hiánya, a nyíló ablakszárnyak réseinek tömítetlensége jelentős hővesztés forrásai. A kétrétegű üvegezés hőtechnikai előnyei alig érvényesülnek, a köztes tér már rég nem hermetikusan zárt és szennyeződésmentes. Az ablakok az évek során többé-kevésbé homályossá váltak, korlátozva ezáltal az átláthatóságot is.

A fenti okok miatt ajánlja az előtanulmány a tanulmányi épület nyílászáró-rekonstrukcióját (a nyílászáró-csere a tervek szerint nem érinti az aula üvegfelületét, valamint a profilüvegezéseket).



2. ábra: A tanulmányi épület acéltokos nyílászáró szerkezetének részlete

A déli homlokzat napsugárzásból származó problémái

Az oktatási épület hosszanti homlokzati felületei Északra és Délre néznek. A déli tájolás óriási hőterhelést jelent az erre néző helyiségekben: itt, a közérzet szempontjából ideális 22 °C helyett a hőmérséklet a tanév nagyobbik felében elérheti a közel elviselhetetlen 28-30 °C-t is. Ez a belső hőmérséklet semmiféle irodai és tanulmányi munkavégzésre nem alkalmas. Ezt érzékeltethetik a tantermi órák tapasztalata: a déli oldalon a napsütéses március eleji délelőtt is csak nyitott ablak mellett elviselhető.

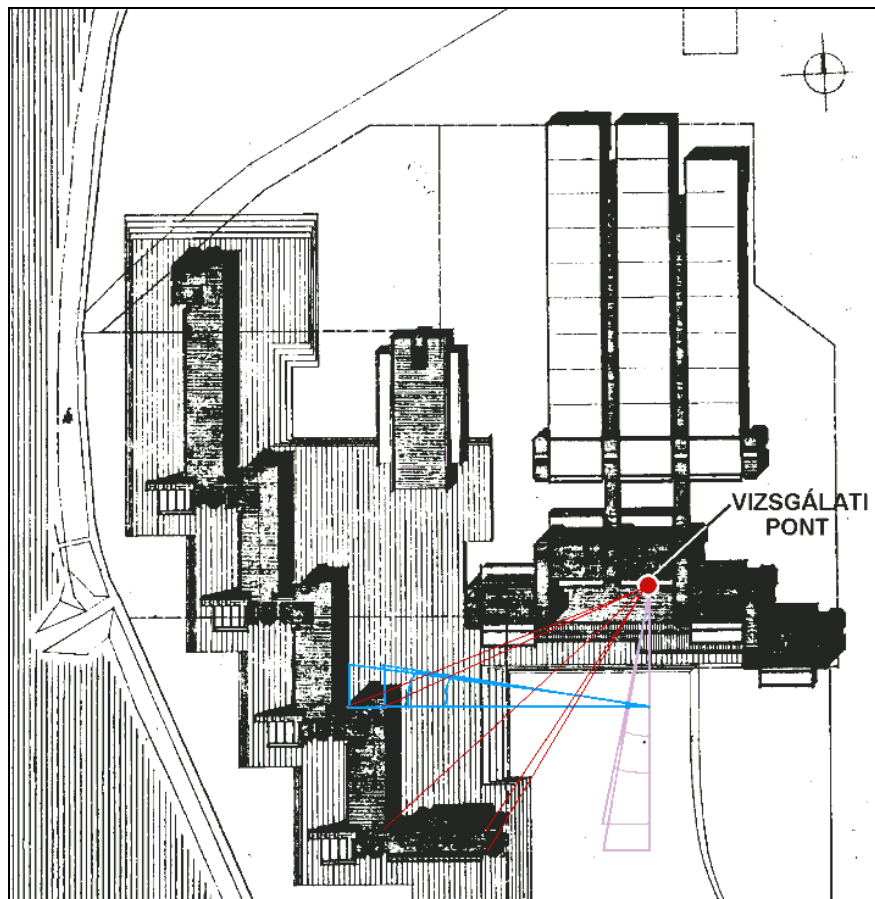
A magas belső hőmérséklet okát az épület tereiben lejátszódó üvegházhatásban kell keresni:

az üvegfelületeken átjutó elektromágneses (nap)sugárzás az ún. nehézszerkezetek felületén elnyelődik, ott hővé alakul. A felmelegedett nagytömegű szerkezetek hosszuhullámú hőszugárzást bocsátanak ki, melyek kijutását az üvegfelületek akadályozzák. Az ideális hőcsapda kialakulását egy üvegfelületen kívüli árnyékoló szerkezet alkalmazásával lehet elkerülni.

A főiskola építéskor elmaradt külső árnyékolás kiváltásaként jelenleg belső oldali relaxát, illetve a tantermekben függőnyt használnak. A belső árnyékolás alacsony hatásfoka mellett a függönyök rongálás miatti hiánya alátámasztja azt a véleményt, amely szerint elengedhetetlen a külső szerkezet alkalmazása. A jelenlegi árnyékolás ellen szól az a gyakorlat, hogy az egész napra besötétített irodákban szükséges a mesterséges fény alkalmazása. Helyesen kialakított külső árnyékoló a szórt fény beengedését megoldhatja.

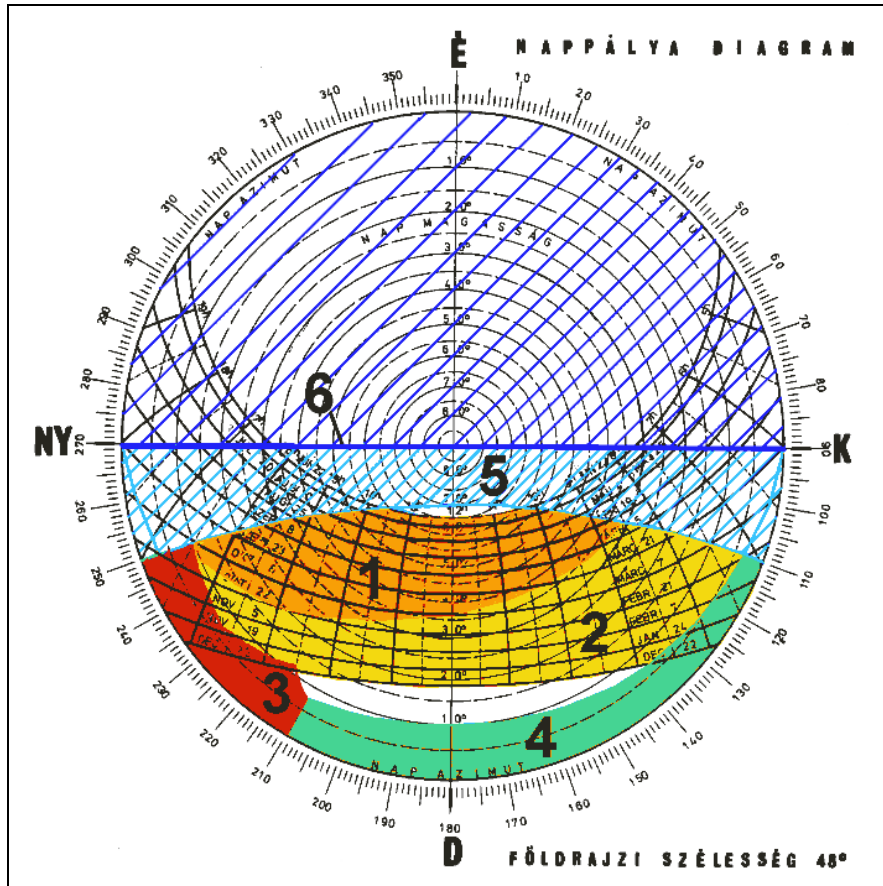
A belső magas léghőmérséklet csökkentését segítő épületklíma-rendszer hiányzik, azonban ennek alkalmazása a magas beépítési és még magasabb üzemeltetési költségek, illetve egészségkárosító tulajdonságai miatt továbbra sem ajánlható.

Az árnyékoló szerkezet szükségességét alátámasztják a tanulmányi épület benapozási vizsgálatából származó következtetések. A benapozást a tanulmányi épület „C” épületrész harmadik emeletének déli ablaksorának centrumpontjából elemezhetjük általánosan (3.ábra).



3. ábra: A benapozás vizsgálat helyszínrajza

A tanulmányi épület déli homlokzatsíkjának (a 4. ábra 6-os számú felülete) és az azt árnyékoló felületeknek (környező épületek:3; növényzet:4) a nappálya diagramra való vetítése, illetve a napjárás tartományának (2) ábrázolásából a homlokzatsíkra érkező 70° -nál nagyobb beesési szögű sugarak fénytörés miatt kieső zónájának (5) levonásából származó felület (1) a min. 10%-os valószínűségű túlmelegedést mutatja.



4. ábra: A tanulmányi épület napdiagramja

4. A KORÁBBAN TETT INTÉZKEDÉSEK

Az oktatási épület egészéről és a homlokzatokról Dr. Tóth Péter főiskolai docens készített energetikai (termovíziós) vizsgálatokat. Javasatainak egy részét a korlátozott anyagiak ellenére már korábban megvalósították. Az északi tájolású helyiség-rendszer és a télen is magas naphő-terhelésű déli helyiségrendszer fűtési hálózatát szabályozástechnikai szempontokat figyelembe véve ketté választották. Így csökkenthető volt az északi helyiségek téli hűvössége és a télen is napmeleg déli helyiségek túlfűtése. Valamennyi nyílászáró rést máig is működő tartósan rugalmas kittel (TR-kitt) zártak le, sajnos azonban a szobánként nyitható egy-egy ablak tömítésének megoldása elmaradt.

Az elmaradt külső árnyékoló szerkezet megvalósítására is történtek korábban kísérletek: Dr. Tallós Elemér, a főiskola korábbi főigazgató-helyettese már a 80-as évek elején szorgalmazta az árnyékolók mielőbbi megépítését.

5. A TERVEZETT NYÍLÁSZÁRÓ-REKONSTRUKCIÓ MŰSZAKI ALTERNATÍVÁI, JAVASOLT MEGOLDÁSOK

A nyílászárók rekonstrukciójának vezérelve a komplex energetikai szemlélet: a beruházás megvalósítása során szem előtt tartani az ez irányú európai elvárásokat és az új hazai energetikai szabványt.

A korábbi pontokban felvázolt problémák figyelembe vétele mellett az előtanulmány javaslatot tesz a leginkább megfelelő szerkezet kiválasztására. Az alternatívák közül az

energetikai számításokkal is igazolt szerkezet alkalmazása javasolt. Az energetikai számítások során figyelembe vettük a téli fűtési energiaigény mellett a téli naphő-nyereséget is. A külső árnyékolás tervezése során a benapozás csökkentése volt a cél, azonban a szoláris energia aktív hasznosítása is javasolt.

Energiatakarékos nyílászáró tokszerkezet-anyagának kiválasztása

A nyílászáró szerkezetek alternatíváinak elemzése során több, összetettebb szempontsor figyelembe vétele volt szükséges. Az ablakcserénél a legfontosabb – tartószerkezeti – szempont, hogy közvetlenül a 150×130 cm méretű nyílászáróhoz felül egy kisebb, 150×84 cm méretű, ferde szögállású ablaktábla kapcsolódik. Azok a tokszerkezetű ablakok tűnnek alkalmasnak a jelenlegi szerkezet kiváltására, amelyek másodlagos tartószerkezet nélkül képesek viselni a ferde síkú ablaktábla terheit (önsúly és hőteher). A műanyag tokszerkezetű ablakok erre nem képesek, ezért ebből a szempontból a fa- és a fémszerkezetek tűnhetnek ideálisnak.

A napsugárzásból származó hőterhelés és napsugárzás sem egyformán hat a különböző anyagú tokszerkezetekre. A műanyag ablakok UV állósága a többi anyaggal összehasonlítva nem kedvező. A faanyagú tokszerkezeteken – az elszíneződésen túl – nem érződik a napsugárzás hatása, kedvező hőszigetelő tulajdonsága miatt hőt sem közvetít. A fém anyagú tokszerkezetek kiválasztásánál a nagyméretű hőtágulást figyelembe kell venni. A szerkezet hőközlésének mértéke nagyban függ a tokszerkezet kamráinak méretétől, a hőhíd megszakítás megoldásától.

Alakhűség alatt azt a követelményt kell a tokszerkezettel szemben támasztani, hogy a változékony időjárás hatása elfogadható határokon belüli elváltozásokat eredményez. E szerint a leginkább kritikus szerkezet a fa tokszerkezetű megoldás, aminek alakváltozásait a nedves-száraz periódusok jelentősen befolyásolják.

A szerkezet költségeinek meghatározásánál meg kellett jelölni annak elemeit. A bontás és beépítés, valamint a bekerülési költségek mellett a fenntartási költségek figyelembe vétele szükségszerű. Ezt a szerkezetek élettartama mellett sok egyéb tényező befolyásolja. Ezek között megemlítendő a szerkezetek érzékenysége a mechanikai sérülésre (nagyforgalmú épület): a műanyag szerkezetek külső behatásból származó deformációja nehezen, sokszor csak cserével javítható. Ez – a profil geometriájának viszonylag gyors piaci cseréje miatt – az épület élettartamának tükrében előre nem látható nehézségeket is okozhat.

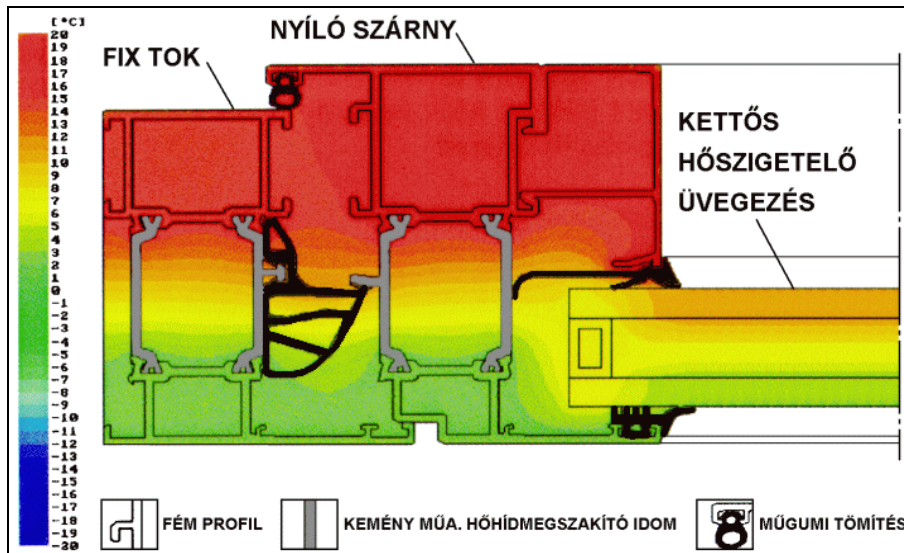
A takaríthatóság és karbantartás különösen a ferde helyzetű ablaktáblák esetén okoz nehézséget. A fa szerkezetű ablakok alkalmazása vet fel ebből a szempontból kérdéseket. Összegzésként megemlíthető, hogy a fenntartási költségek akkor a legkedvezőbbek, ha egy masszív, időjárás hatásain jól ellenálló szerkezetre esik a választás.

A szerkezet anyagának kiválasztásának építészeti-esztétikai aspektusait nem szabad figyelmen kívül hagyni. A főiskola és azon belül a tanulmányi épület alapvetően a modern beton-üveg-acél harmóniájára épül. Egymagában ez a tény kizárja a fa szerkezet alkalmazhatóságát.

A műanyag szerkezet hátrányaként megemlítendő, hogy egy esetleges tűzvész során a műanyagból felszabaduló klorid-gáz intenzív, nehezen javítható vasbeton korróziót idéz elő.

A tokszerkezet csomóponti kérdései

A részletes elemzés a leginkább kedvező megoldásnak a fém (az acél, illetve az alumínium) tokszerkezetű nyílászárót jelöli meg. Mindkettő hőszigetelő képessége igen jó – a speciális tok- és szárnyhíd megszakító betétidomoknak. Az 5. ábra szerint mutatott korszerű alumínium ablak hőtérfépe jól érzékelteti a hőhíd megszakító elemek hatását.



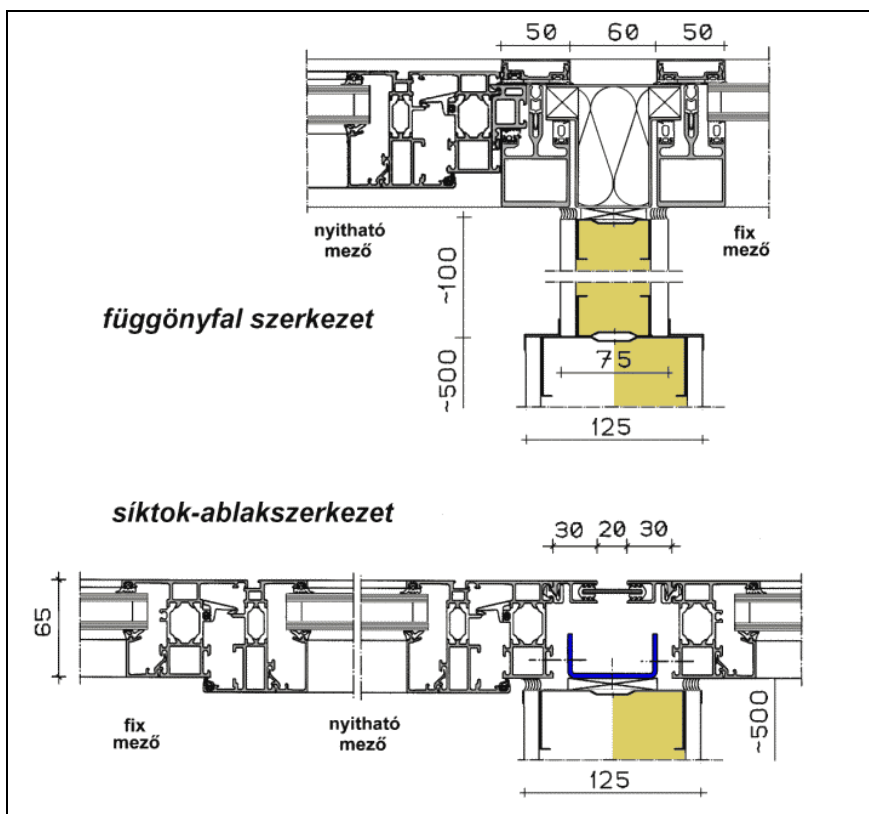
5. ábra: Korszerű tok- és szárnyhőhid megszakítású alumínium ablak metszeti hőtérképe, kettős hőszigetelő üvegezéssel

A tanulmányi épület nyílászáró-rekonstrukciójánál a hőhidmegszakított acél profilokkal szemben összességében a hőhidmegszakított alumínium profilok alkalmazása gazdaságosabb annak ellenére, hogy a két fém közül az alumínium költségei magasabbak. Az acél profilok árában benne foglaltatik a jóval nagyobb szilárdság, ami igazán csak növelt belmagasságú (két-háromemeletnyi) terek óriási üvegfelületeinél térül meg. A tanulmányi épületben a legfeljebb egy emelet méretű üvegfelületek hőhidmegszakított alumínium profilból 15%-kal olcsóbban realizálhatók, mint hőhidmegszakított acél profilból.

A szerkezeti kialakításnál figyelembe kell venni a csomóponti kialakíthatóságot is. Az ablakegységek sorolásakor a függőleges függönyfalprofilokat kettőzve szükséges elhelyezni és közéjük hőszigetelt távtartó tagot beépíteni, amely alkalmas a becsatlakozó szerelt gipszkarton válaszfalak fogadására. A függőleges profilok kettőzése minden ablakegység határán indokolt, hiszen két- és három- és négyablakos szobák a funkció szabta követelmények szerint sorakoznak egymás mellett és esetenként szobák összevonására vagy szétválasztására is szükség van. Jelenleg a 12,5 cm vastag szerelt válaszfal szélessége az ablak közelébe érve a könnyebb csatlakozás érdekében 7,5 cm-re csökken le. A távtartó tag szélességét úgy célszerű meghatározni, hogy az később akár fokozott hangszigetelő képességű (pl. kétoldalt dupla gipszkarton-fegyverzetű) szerelt válaszfal fogadására is alkalmas legyen.

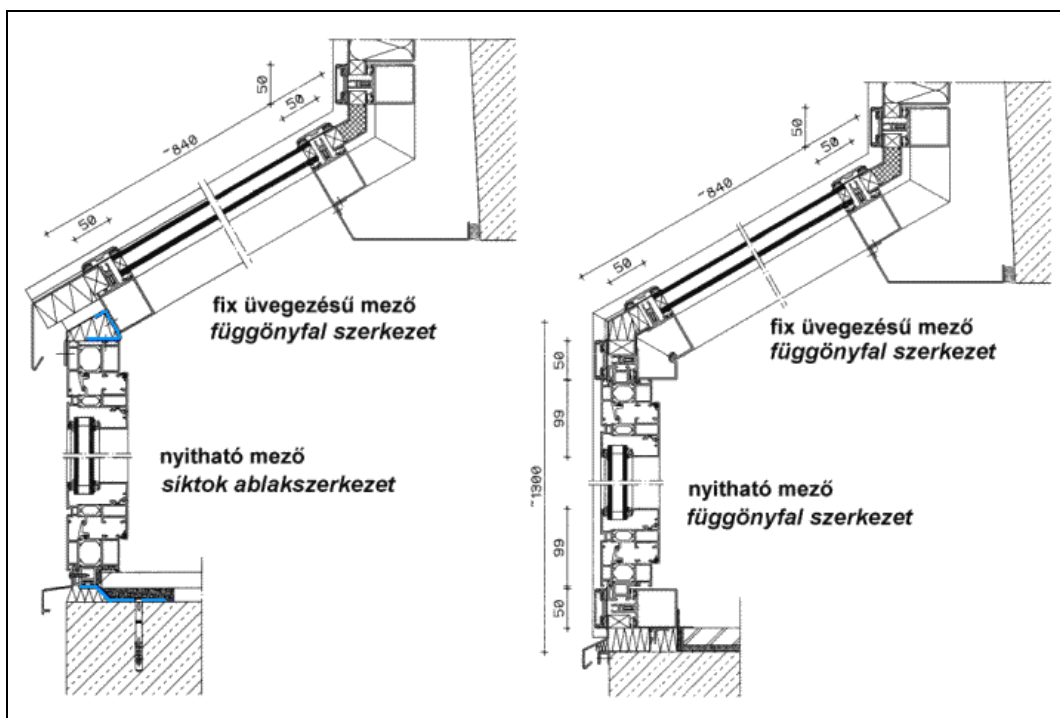
Az irodák és tantermek nyílászáró-egysége egy függőleges ablaktáblából, hozzá csatlakozó ferde ablaktáblából és a ferde ablaktáblához csatlakozó kisebb méretű függőleges alumíniumlemez-betétes „vak” táblából áll. A sorolódó függőleges nyílászáró-egységek előnyös építészeti megjelenése érdekében és konstrukciós okokból is ablakprofilzat helyett előnyösebb függönyfalprofilzatot alkalmazni. Az ún. ablakprofilzatok ugyanis függőleges helyzetű ablakoknál használatosak, a ferde ablaktáblánál a fokozott vízvezetési igény miatt függönyfalszerkezet alkalmazása indokolt.

A 6. ábra két alternatíva válaszfal-csatlakozásának alaprajzát mutatja be. A felső csomópont-kialakítás – amely szerint a függőleges és a ferde nyílászáró egyaránt függönyfal-szerkezetből épül fel – a javasolt, mert egyszerűbb és egységesebb szerelést biztosít, ezen kívül az esetleges válaszfal kivétel sem okoz komolyabb gondot. Az alsó alaprajzi részlet pedig az előnytelenebb síktok-ablakszerkezet válaszfal-csatlakozását ábrázolja.



6. ábra: A nyílászáró szerkezetek alaprajzi csomópontja a válaszfal csatlakozásnál - alternatívák

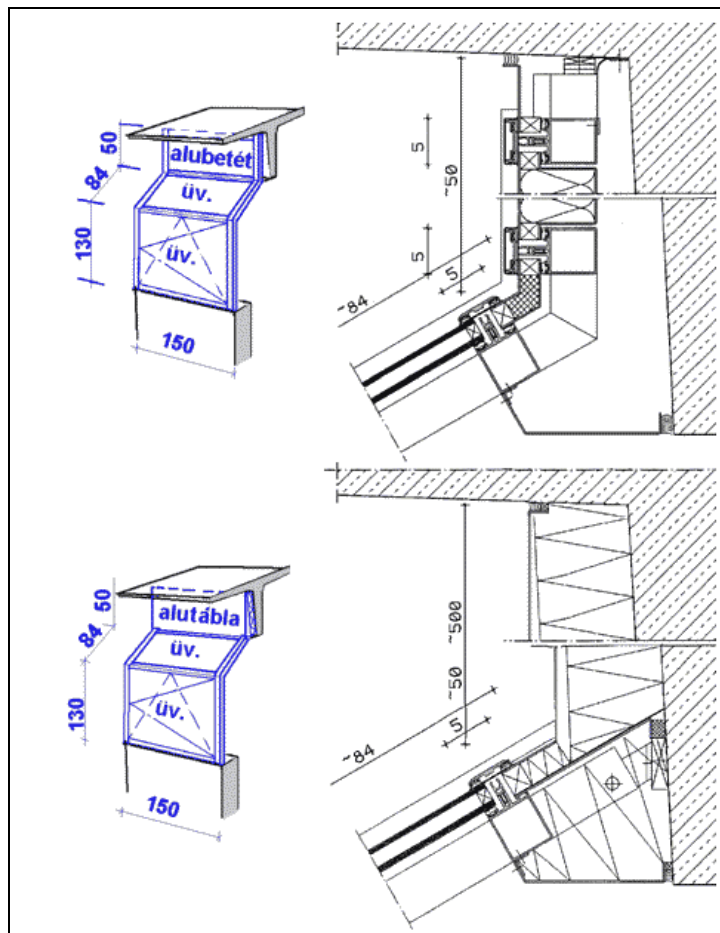
Mivel a függőleges és a ferde ablaktábla egy konstrukciós egységet alkot, a teljes ablakegységet függönyfalprofilból célszerű elkészíteni. A 7. ábra bal oldalán a függőleges sítkok-ablakszerkezet és a ferde függönyfal metszetét, a jobb oldalán a tisztán függönyfalból készülő szerkezeti kialakítást mutatja be.



7. ábra: A tokszerkezet alternatívái

Külön elemzés szükséges a ferde üvegtábla feletti, a vasbeton födém „T” panel száránál elhelyezkedő, jelenleg alumínium betétes „vak” mező megoldására. Az előtanulmány szerint a homlokzatnak ezen a mélyen ülő szakaszán a függönyfalat váltsa fel egy egyszerűbb, költségkímélőbb megoldású, hőszigetelt alumínium lemezburkolat.

A kérdéses homlokzati mező elhelyezkedése folytán nincs előtérben, így nem szembetűnő az eltérés, ellenben az így jelentkező megtakarítás az egész beruházásnak egy hatodát jelentheti (a 8. ábra a két lehetséges megoldást mutatja).



8. ábra: A nyílászáró szerkezet lehetséges kialakításai a „T”-födémpanel csatlakozásánál

Az elemzés kiértékelése a hőhíd megszakított alumínium függönyfalprofilzatú nyílászáró rendszer választását tartja az optimális megoldásnak, mérlegelve a hőhíd megszakított acél függönyfalszerkezet szilárdsági tartalékát, valamint a két alternatíva költség-különbségét is.

A tanulmányi épület másik jellegzetes üvegfelülete a liftelőtér-lépcsőház épületrész üvegfala. A lifthallok hőhíd megszakítatlan alumínium sík szakipari üvegfelületeinek cseréjekor a jelenlegi keretes konstrukciós elv megtartása javasolt. Végigfutó függőleges főbordázatú függönyfal szerkezet létesítése esztétikailag valószínűleg előnyösebb lenne, ekkor azonban egy ablakegység ára akár a harmadával is megnőhet. A külső állványozás, amely függönyfal-szerelésnél elengedhetetlen (azonban keretes szakipari üvegfelület szereléséhez nem feltétlenül szükséges), jelentős mértékben emelné a beépítés költségeit. Az ablakegységek egymás mellé sorolódása szempontjából a függönyfalszerkezet a legelőnyösebb megoldás, azonban a keretes szerkezet sorolása sem jelenti a függőleges profilok kettőzött, „pazarló” alkalmazását. Két keret összeillesztésekor ugyanis a félméretű tokprofilok együttesen adnak

ki egy egész méretű profilt.

A lifthallok üvegfelületeinek rekonstrukciójakor a hőhíd megszakított alumínium profilzatú keretes szakipari üvegfal létesítése javasolt.

Az üvegszerkezetek változatai

A tanulmányi épület déli fekvésű helyiségeinek üvegfelületét javasolt a kettős hőszigetelő üvegezés, a belső üvegréteg belső oldalán hőkiáramlás-csillapító bevonattal (a szerkezet hőátbocsátási tényezője, $k=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$).

A ferde üvegfelületnél – az alatta tartózkodók védelme érdekében – a hatályos biztonsági előírásoknak megfelelően a belső üvegréteg esetén biztonsági üveg alkalmazása szükséges (2x3mm-es rétegelt-ragasztott, közte speciális fóliával).

A közeljövőben épül ki a tanulmányi épülettől 150 méterre délre a Sziget és Révfallu városrészeket összekötő városi főút. A déli homlokzatra javasolt új nyílászáró szerkezetek a fokozott zajgátlási igénynek is megfelelnek – többek között a kétrétegű üvegezésnek és a gyári tömítéseknek köszönhetően.

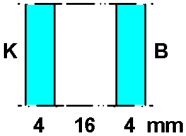
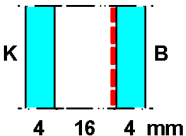
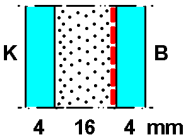
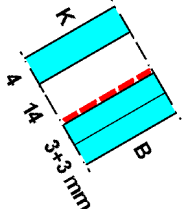
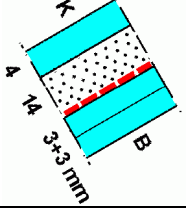
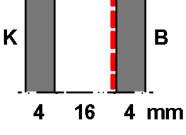
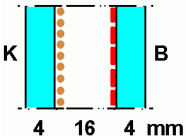
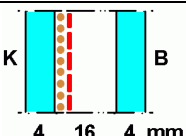
A déli homlokzaton télen is nagy naphő-nyereség jelentkezik, az északi oldali helyiségek ellenben kifejezetten hűvösek. A déli és az északi oldal közötti nagymérvű eltérést a korszerű nyílászárók beépítésekor is figyelembe kell venni. Erre több lehetőség kínálkozik. Két réteg helyett három rétegű hőszigetelő üvegezés alkalmazásával a hőszigetelő képesség javul, de ez a költséges választás csak akkor logikus, ha egyúttal jelentős hangszigetelés-javulást is el akarunk érni. Igen jelentős hőszigetelés-javító hatású a már javasolt hőkiáramlás-csillapító bevonat (az üvegezés „k” értéke 2,5 helyett 1,3 $\text{W/m}^2\text{K}$ -re csökken le). A hőszigetelő képesség tovább fokozható üvegeközi nemesgáz-kitöltéssel is, ekkor az üvegezés „k”-értéke 1,3-ról 1,1 $\text{W/m}^2\text{K}$ -re csökken le. Szóba jöhet még a ferde ablaktáblánál az üvegrétegek közé helyezett transzparens hőszigetelés, amely átlátszótsága folytán a fény nagyobb részét átengedi (szórt fény formájában).

A déli homlokzaton télen is jelentős hőnyereség miatt, a keleti és nyugati homlokzatokon a részleges naphő-nyereség és a liftelőtér-funkció miatt nem indokolt az üvegeközi nemesgáz-kitöltés. Ha a leghatékonyabb külső árnyékolás megvalósul, akkor nem feltétlenül indokolt ún. napvédő réteg létesítése sem (a külső üvegréteg belső oldalán).

A megoldási lehetőségeket figyelembe véve javasoljuk, hogy az északi oldali nyílászáróknál – a déli ablakoktól eltérően – nemesgáz üvegeközi térkitöltés is létesüljön a hőkiáramlás-csillapító bevonattal ellátott kétrétegű hőszigetelő üvegezésnél ($k=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$). Az 1,3 $\text{W/m}^2\text{K}$ érték a 2,5-ös „k” értékű hőhíd megszakított alumínium függönyfalprofilzat és az 1,1-es „k” értékű üvegezés együtteseként alakul ki. A javasolt gázkitöltés az üvegezés négyzetméterárát a gázfajtától függően 4-7%-al emeli (ez az egész beruházásra vetítve megközelítően 2% többletet jelent).

A liftelőtéri szakipari fal üvegszerkezetének megoldása megfelelő lehet kettős hőszigetelő üvegezéssel, a belső üvegréteg belső oldalán hőkiáramlás-csillapító bevonattal (a szerkezet hőátbocsátási tényezője $k=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$). Az 1,5 $\text{W/m}^2\text{K}$ érték a 2,5-ös „k” értékű hőhíd megszakított profilzat és az 1,3-as „k” értékű üvegezés együtteseként alakul ki.

Itt megjegyzendő, hogy a szakipari keret rekonstrukciója során a jóval előnyösebb látványi megjelenés érdekében javasolt, hogy a keret legalsó, alumíniumlemmez-burkolatú 120×60 cm-es táblája helyére belső felületen homokfúvott üvegtábla kerüljön. Az alsó táblásor belső oldala mechanikailag védett, mivel alumínium rácsozattal borított csőfűtőtest kíséri végig.

NÉHÁNY LEHETSÉGES HŐSZIGETELŐ ÜVEGEZÉSI MEGOLDÁS ÉS ALKALMAZHATÓSÁGUK A SZIF TANULMÁNYI ÉPÜLETÉN (csak az ablaküvegezés a tok- ill. szárnyprofilzat nélkül)			
Megnevezés	Séma*	Az üvegezés „k” értéke	Alkalmazhatóság a tanulmányi épületen
2 rtg. hőszig. üveg, (levegő térkiöltés)		2,8	Alacsony hőszig. képesség, NEM javasolt alkalmazni
2 rtg. hőszig. üveg, +hőkiáramlás-csillapító bevonat		1,3	Jó hőszigetelő képesség, <u>javasolt</u> : tanulm.épület déli, keleti és nyugati homlokzata
2 rtg. hőszig. üveg, +hőkiáramlás-csillapító bevonat +Argongáz térkitöltés		1,1	Kiváló hőszig. képesség, <u>javasolt</u> : tanulm. épület, északi homlokzata
2 rtg. hőszig. üveg, a belső üvegréteg rétegelt-ragasztott biztonsági üveg**, +hőkiáramlás-csillapító bevonat		1,3	Jó hőszigetelő képesség, fokozott életvédelem, <u>javasolt</u> : tanulm.épület déli homlokzat, ferde üvegmező
2 rtg. hőszig. üveg, a belső üvegréteg rétegelt- ragasztott biztonsági üveg**, +hőkiáramlás- csillapító bevonat +Argongáz kitöltés		1,1	Kiváló hőszigetelő képesség, fokozott életvédelem. <u>javasolt</u> : tanulmányi épület északi homlokzat, ferde üvegmező
2 rtg. átlátszatlan hőszigetelő parapet- üvegezés (ha a belső oldala a fűtőtest miatt mechanikailag védett)+ hőkiáramlás-csillapító bevonat		1,3	Jó hőszigetelő képesség, az alumíniumburkolathoz képest jóval előnyösebb megjelenés, <u>javasolt</u> : tanulm.épület keleti és nyugati homlokzat, szakipari fal parapetrésze
2 rtg. Hőszig. üveg, +hőkiáramlás-csillapító bevonat +napvédő lágybevonat		1,3	Jó hőszigetelő és napvédő képesség. A tanulmányi épület déli homlokzatán csak akkor indokolt alkalmazni, ha nem valósulna meg a jóval hatékonyabb külső előtetőszerű árnyékolás
2 rtg. hőszig. üveg, +hőkiáramlás-csillapító és egyben napvédő multifunkcionális bevonat		1,3	Jó hőszigetelő, napvédő és fokozott fényáteresztő képesség (bár némileg alacsonyabb belső felületi hőmérséklet). A tanulmányi épület déli homlokzatán csak akkor indokolt alkalmazni, ha nem valósulna meg a jóval hatékonyabb külső előtetőszerű árnyékolás

*valamennyi üvegezésnél építészeti szempontból kedvezőbb lenne, ha a külső 4mm vastag üvegréteg helyett (a térkitöltő közeg hőtágulásakor) a kívülre kevésbé kihasasodó 6mm-es üvegréteg létesülne – ami természetesen egyszerű síküveg és nem pedig rétegelt-ragasztott biztonsági üveg.

** előírás, hogy a fej feletti üvegezésnél a belső üvegréteg rétegelt-ragasztott biztonsági üveg legyen

További javaslatok a nyílászárókkal kapcsolatban

A rekonstrukció során gazdaságossági szempontból racionális lépés a jelenleginél kevesebb ablaktábla nyithatóságának biztosítása. Az irodáknál és a tantermeknél a mai állapotukban minden ablakegységben forgóablak van, amelyek az utólagos TR-kitt zárótömítés miatt a két és három ablakegységnyi szélességű helyiségekben gyakorlatilag csupán egy-egy ablakegységben működnek (vagy – meghibásodás miatt - nem működnek). A rekonstrukció során is elegendő csupán minden második ablakegységben nyíló ablakot létesíteni, amely a természetes szellőztetési igényeknek is megfelel.

Javasoljuk az irodák és tantermek ablakain ablaknyitás elvének megváltoztatását is. A függőleges tengely körül forgó ablak helyett befele bukó-nyíló ablak alkalmazása energetikailag előnyös, mert a peremtömítések hatásfoka a megszakítatlanság folytán nagyobb lenne. A nyíló ablak tüzeseti mentéskor kétszeres mentési keresztmetszetet jelent a forgóablakkal szemben. Az ablak bebuktatásával végzett szellőztetés az ablak mellett ülők számára kíméletesebb (a hideg levegő nem éri azonnal el az ott ülőket). Az ablak bebuktatásakor nem kell áthelyezni a belső párkányfelületre helyezett tárgyakat és nyitva felejtéskor a viharfelnyílás veszélye sem áll fenn.

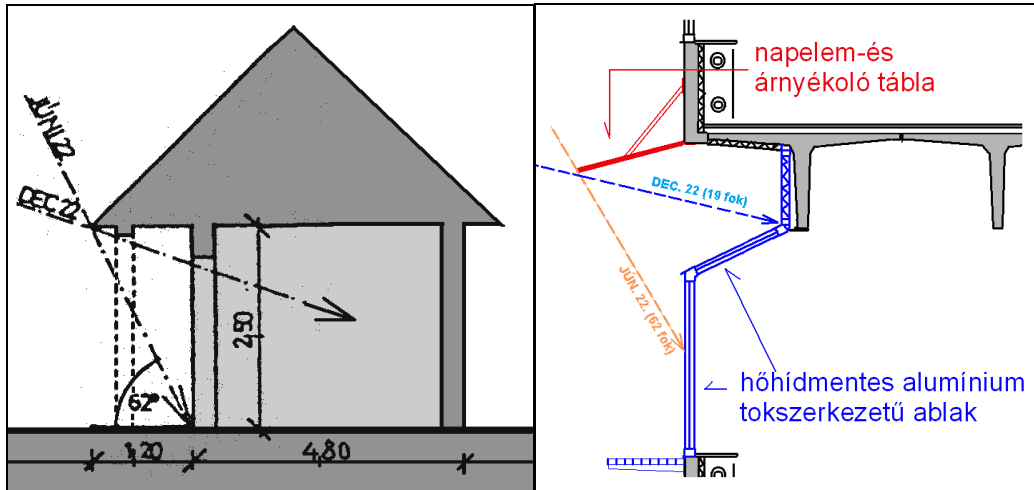
A liftelőterekben jelenleg minden második üvegfal-egységben van nyitható ablak, amit életmentési-takarítási szempontból a rekonstrukció során sem indokolt elhagyni. Itt a jelenlegi nyíló ablaktáblákat (szintén a változókéony időjárás miatt) bukó-nyíló ablaktáblákra javasoljuk cserélni.

6. A KORSZERŰ, SZOLÁRIS ENERGIÁT HASZNOSÍTÓ ÁRNYÉKOLÓ RENDSZER

A főiskola homlokzatát meghatározó üvegszerkezeti kialakítás, az ablakokhoz csatlakozó ferde üvegtábla a belső tér komfortérzetét több szempontból is csökkenti. A ferde szerkezet kívülről nehezen hozzáférhető, takarítani nehéz, emellett a déli homlokzaton a benapozás túlzott mértéke miatt is előnytelen. A nyílászáró rekonstrukció során – az épület használati értékét növelve – ezeket a hátrányokat figyelembe kell venni.

Ismert, hogy az árnyékoló szerkezetek közül a külső árnyékolás a leghatékonyabb, közepes értékűnek számít a két üvegréteg közti relaxa; alacsony hatásfokú a – jelenleg alkalmazott – belső árnyékolás. Hosszabbtávú megoldásként az előtanulmány a külső árnyékolást javasolja. A szerkezeti kialakítások sokfélesége közötti választás szempontjai a takaríthatóság, a hatékonyság és a kilátás biztosítása mellett a napenergia-hasznosítás is szerepet játszott. A mérlegelés során a több elemből álló (lamellás) külső árnyékoló helyett – annak szerelési nehézségei és a kilátás lehetőségét csökkentő volta miatt – az egy elemből álló photovoltaik (szoláris energia-átalakító) külső árnyékoló táblát javasoljuk.

A kinyúló lemezes külső árnyékolás ősi elve megfigyelhető a természeti népek építészetében és a magyar népi építészet egyszerű között is. A közös vonás: a kinyúló lemez nyáron megvédi a nagy beesési szögű tűző napsugaraktól, ugyanakkor télen beengedi az alacsony beesési szögű napsugárzást (9. ábra).



9. ábra: Hagyományos népi építészet és a javasolt árnyékoló összehasonlítása

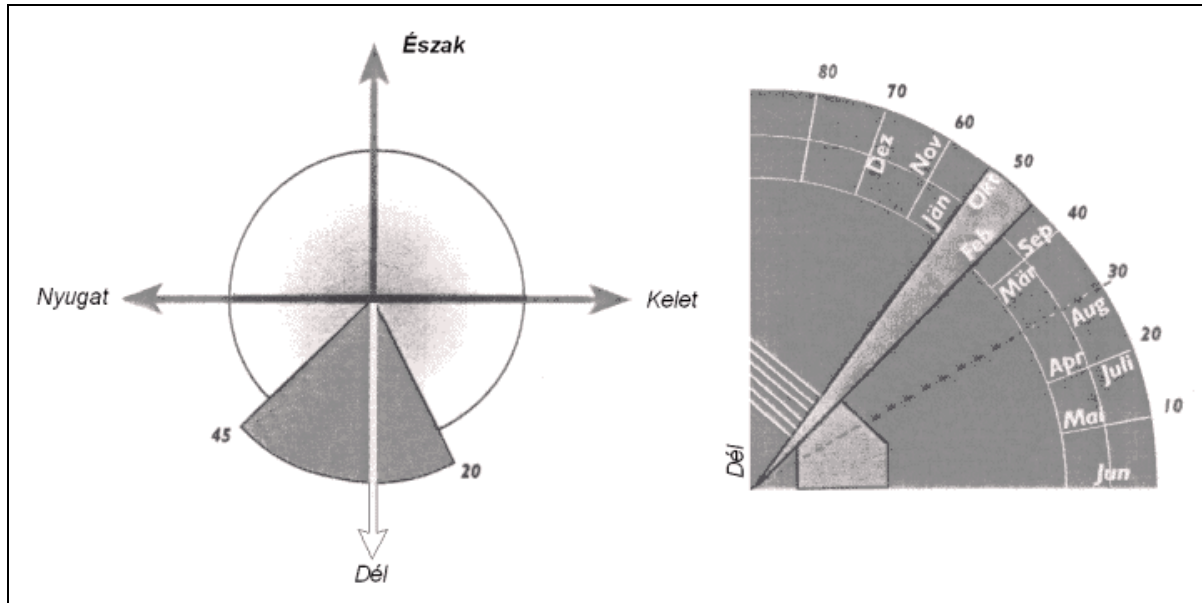
A javasolt napelem-árnyékoló fontosabb műszaki adatai:

Modul méretek:	1245×635 mm
Felület:	0,8 m ²
Teljesítmény:	40 W/modul
Becsült villamos energia termelés:	32 kWh/modul, év

A tervezett napelem-árnyékoló szerkezet épület homlokzata elé kinyúló táblájának elhelyezését a változó beesési szögű napsugár határozza meg. A nyári meredeken érkező napsugarak ellen védő tábla akkor van a megfelelő helyén, ha az a téli napok gyenge sugarait beengedi az üvegfelületen.

A napelem hajlásszögét a SOLARPLAN napelem-optimalizáló program határozta meg. A szolárcellás energia-átalakító szerkezet hatékonyságának maximumát optimális esetben a magas direkt-napsütéses júniusi-júliusi hónapokban éri el (ellentétben azzal a feltevéssel, hogy talán az egész évben való alkalmazása jelenti az elérhető legnagyobb eredményt). Ebben az esetben a napelem-tábla hajlásszöge a vízszintessel bezárt 10°. Ezt a szögérték nem a június 22-e délidejéhez tartozó 62°-os napsugár-beesési szög kiegészítő szöge: a napi napsugárzás-intenzitást sok tényezőtől (pl. a várható időjárástól) függő karakterisztikai görbe írja le, amely szerint a június-július hónapokban 14 óra körül lesz az átalakításhoz legkedvezőbb a napsugárzás mértéke. Az ehhez tartozó kiegészítő szögben elhelyezett tábla jelentheti az optimális alkalmazást.

A 10. ábra a napelemek ideális tájolási zónáját (bal oldalon) és hatékonyságát befolyásoló hajlásszögét (jobb oldalon) mutatja be.



10. ábra: A napelemek ideális tájolása a Győrhöz közeli Bécsben (bal oldalon), illetve a hajlásszög kiválasztása attól függően, hogy egész évben vagy csak nyáron működtetjük

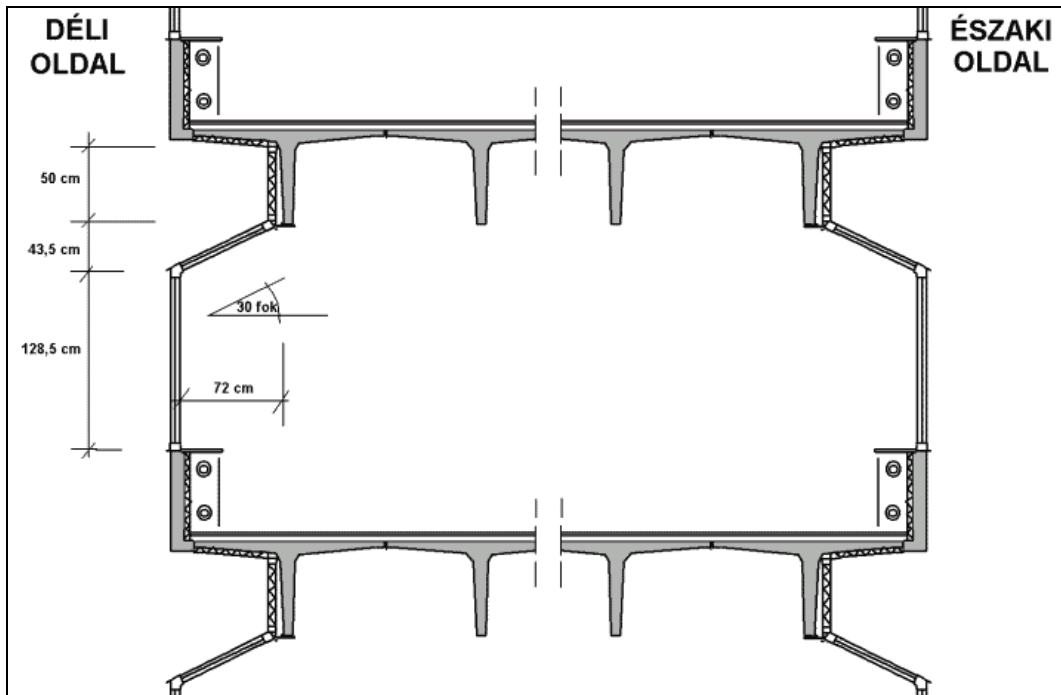
További javaslatok a homlokzattal kapcsolatban

Az építészeti kialakításkor gondolni kell a ferde és fix üvegfelületek takaríthatóságára is. Ez jelenleg megoldatlan. Az egyik járatos megoldás az attikafal előtt végigfutó sín létesítése, amely a drótkötéllal leereszthető homlokzati takarítókosarat tartaná. A legfelső szinten azonban a lapostetőt szegélyező attikafal már ugrik ki a ferde üvegfelület fölé, ezért a szokásosnál jóval nagyobb konzolkinyúlású attikasín létesítése nem reális. Hasonló okokból nem indokolt alpinistákat sem megbízni a ferde üvegfelületek takarításával, ami egyébként elég költséges is lenne.

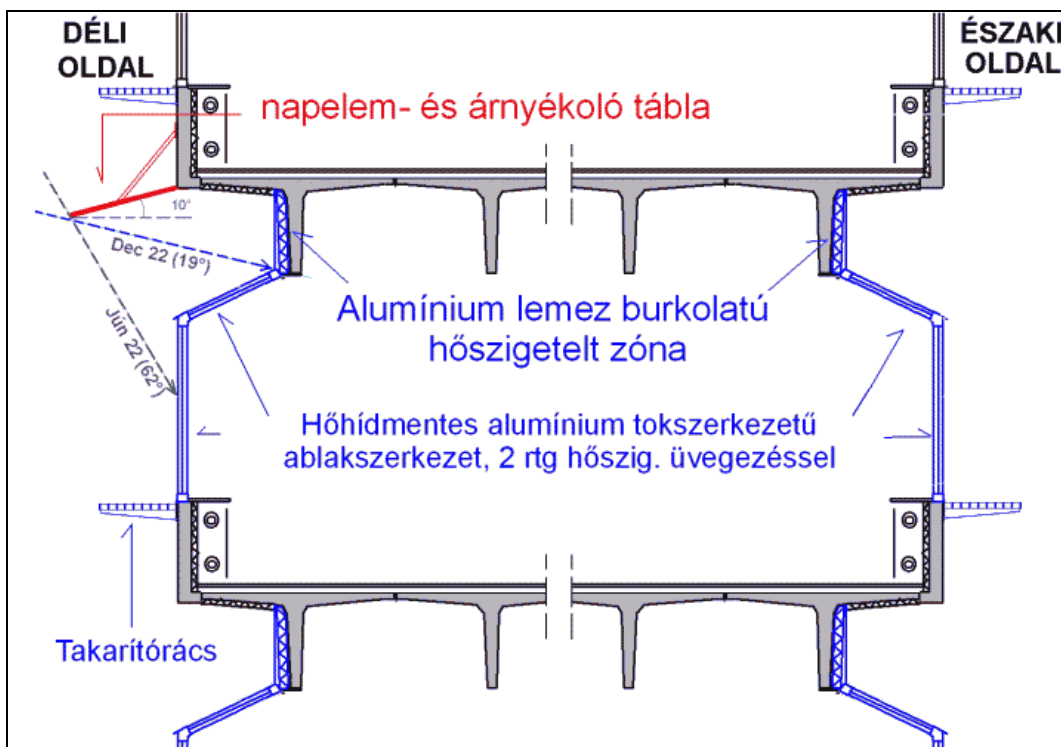
Optimális megoldást jelenthetne egy 40 cm széles járható, (esetleg kivehető) takarítórács alkalmazása a déli és északi tájolású ablakosorok parapetfalának külső oldalán. A konzolosan felerősített vázba illeszthető takarítórácsot az ablakkönyöklő magasságában szükséges elhelyezni, hogy a takarítószemélyzet biztonságosan elérhesse a 130 cm-rel feljebb kezdődő ferde üvegfelületet legbelsőbb részeit is (emiatt a takarítórács és a külső árnyékolás funkció nem lenne egyesíthető egy szerkezetté akkor sem, ha az árnyékoló szerkezet nem a javasolt napelem-tábla lenne). További – a költségeket jelentősen befolyásoló – megoldásként javasolható a ferde nyílászáró szerkezetek befelé nyithatóvá tétele, amivel a takarító járda felszerelése feleslegessé válhat.

A liftelőterek keleti és nyugati tájolású szakipari felületeinek takarítása jóval egyszerűbb. A sík üvegfelület minden második keretegységében nagyméretű nyíló ablak van, ahonnan a köztes fix üvegtáblák külső felülete is jól elérhető.

A 11. ábra a jelenlegi állapotot mutatja be, a 12. ábra a javasolt kialakítást érzékelteti.



11. ábra: A meglévő szerkezet vázlatos metszete



12. ábra: A javasolt szerkezeti kialakítás vázlatos metszete

7. AZ ELŐTANULMÁNY FŐBB TANULSÁGAI

A tanulmányi épület homlokzat-rekonstrukciója komplex szemléletet, körültekintő tervezést kíván. Csak így orvosolhatók a harminc éve „beépített” hibák, melyek okai elsősorban a kényszerű takarékoság és a még jórészt hiányzó energiatudatos szemlélet voltak.

A vázolt projekt várható eredményességét az EU-csatlakozás utáni igen kedvező megtérülési mutatók jelzik előre.

Elgondolkodtató, hogy a napelemek egyszerűsített megtérülése EU-árakon csupán 1,25 év. Ennek a rendkívül kedvező értéknek köszönhető a projekt egészének 11 éves egyszerűsített megtérülési ideje is. A nyílászáró-rekonstrukció a napelemek nélkül EU-árakon is csupán 18 éves egyszerűsített megtérülési idejű lenne.

Továbbiakban mérlegelésre érdemes, hogy a tervezett beruházás kiegészítéseként a tanulmányi épület nagy kiterjedésű lapos tetejére további napelemek telepítése után a beruházás egészének egyszerűsített megtérülése az üzletileg már igen kedvező 7 éves megtérülési idő alá csökkenne.

IRODALOM

- [1] Dr. Tóth Péter: *Megújuló energiaforrásokon alapuló komplex energiaellátó rendszerek alkalmazási lehetőségei*
Budapest, 1997
- [2] Zöld András szerk.: *Épületfizika* (egyetemi jegyzet)
Budapest, 1991.
- [3] Kuba Gellért: *Benapozás árnyékolás tervezése* (egyetemi jegyzet)
Budapest, 1998.
- [3] Szűcs Miklós: *Passzív napenergia-hasznosítás*
In: Falu Város Régió 2000/4., pp.17-19.
- [4] DUNASOLAR termékismertető, 2000.