

Súčasné textilných

■ Ešte stále málo architektov, inžinierov a investorov sa u nás rozhodne pri realizácii významnejších objektov pre textilnú architektúru, ktorá však dokáže pritiahnúť elegantnosťou fascinujúcich tvarov, komplikovanými priestorovými zakriveniami v spojení s náročnou vystužujúcou konštrukciou.

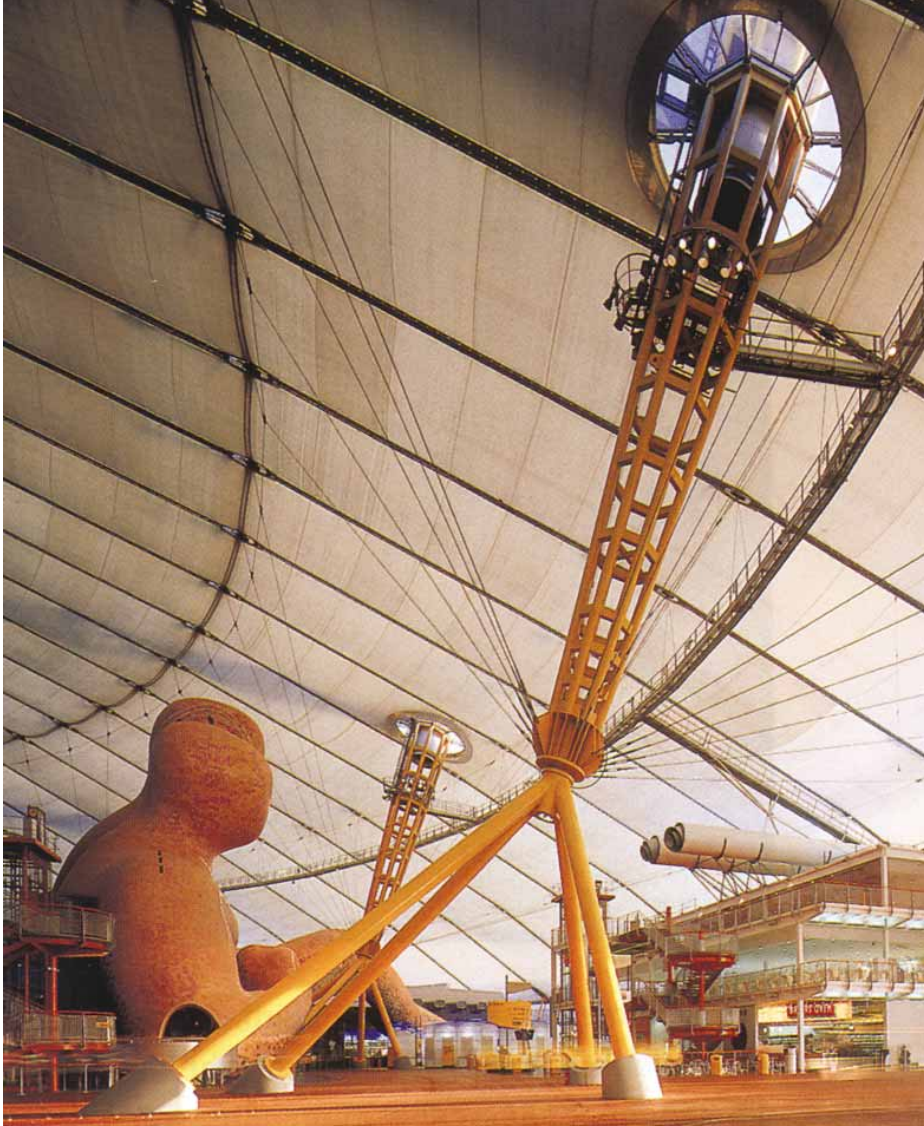
Forma textilných membránových štruktúr je, podobne ako pri visutých lanových konštrukciách a na rozdiel od ostatných konštrukcií, viac určená statickými danosťami.

Jednou z požiadaviek pri hľadaní tvaru musí byť čo najpriaznivejšie statické namáhanie umožňujúce preklenúť čo možno najväčší priestor. Ideálne spolupôsobenie vonkajšieho tvaru a tlaku vnútorných síl dotvára čistotu tvaru. Organické tvary a priestorové krivky odporované z prírody, základné geometrické tvary a telesá, alebo štruktúry vznikajúce aplikáciou modifikovaných kombinácií geometrických telies a geometrických kriviek sú bohatým zdrojom inšpirácií architektov pri hľadaní vhodnej formy (obr. 4).

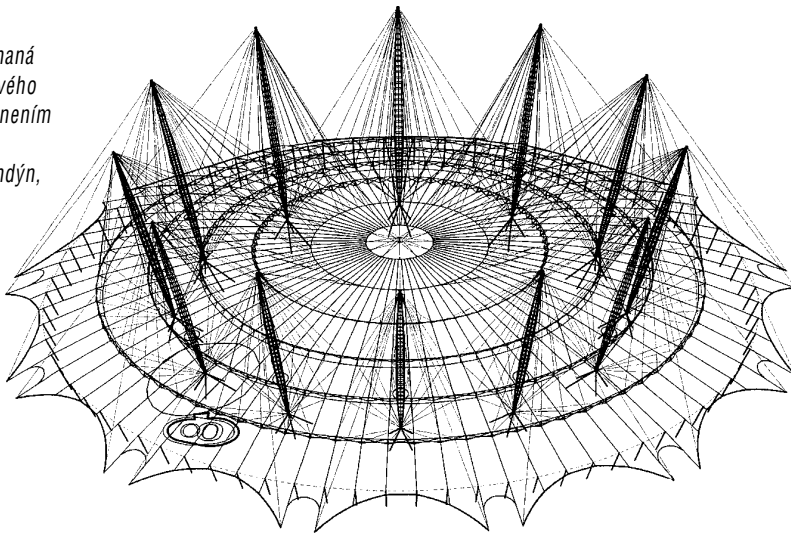
V praxi sa asi najčastejšie stretávame predovšetkým s kruhovými, resp. polguľovými formami, ktoré sú modifikované rôznym spôsobom a ktoré poskytujú ideálnu možnosť uzavretia priestoru kupolami značných rozmerov. Domy takýchto pôdorysov sú rozšírené - vychádzajúc z logiky ústredného priestoru - od najstarších čias. Čistá forma elementárnych geometrických telies umožňuje pri väčšej výpovednej hodnote formy zjednodušiť statiku nosnej konštrukcie lepšie ako nečisté geometrické formy. Je na zvažení tvorca, či sa rozhodne pre organické tvary a neprehľadné úžiny vlastného hľadania alebo uprednostní geometrické tvary overené praxou.

Forma membránových štruktúr musí byť vzhľadom na špecifické vlastnosti materiálu navrhovaná nekonvenčnou cestou. Elasticita materiálu membrány predovšetkým pri mnohostranne predpínaných membránach spôsobuje oproti návrhu vplyvom prirodzeného pnutia zmenu rozmerov, čo má vplyv na rozmery vonkajšieho obvodu, ale i na stanovenie polohy vysokých bodov, resp. rozmiestnenie panelových štruktúr a materiálu. Návrh potrebuje zohľadniť skutočnosť, že materiál môže byť vplyvom ťahového napätia nie celkom stály. Ak sa neudrží konštantné napätie v záhyboch a preloženiach materiálu v rozumných limitoch, môže byť životnosť technických prefabrikátov značne redukovaná.

Pre návrh je obzvlášť dôležité stanoviť minimálny povrch priestoru a obvodovú líniu. Pri



Obr. 1
Membrána napínaná
metódou okrajového
napnutia s uplatnením
lanovej skruže,
Hala Milenia Londýn,
Richard Rogers
Partnership



Napriek tisícročnej tradícii vo využívaní a rozvíjaní foriem stanových stavieb podstatný prelom vo formovaní architektúry tohto typu vo svete znamenajú až práce Freia Otta z r. 1954 (obr. 6, 7). Najdôležitejšie prvky jej smerovania boli síce známe už v 70-tych rokoch 20. stor., no významný pokrok možno zaznamenať až vývojom nových materiálov. Prakticky žiaden iný spôsob stavania dnes nevychádza v ústrety čoraz silnejšej požiadavke flexibilitnosti tak ako textilná architektúra, ktorá môže mať čoraz širší rozsah typologických druhov stavieb. Ich možnosť prispôbiť sa primerane aktuálnym potrebám a meniť alebo premiestňovať sa na celkom iné miesto sú jednými z ich najdôležitejších prínosov. Prax ukazuje, že nároky na flexibilitu stavby stále narastajú, stavby dnes už nemusia pretrvávajúť stáročia. Táto zmena koncepčného poňatia vyplývajúca z neustále sa meniacich potrieb je ďalším argumentom pre textilné membránové štruktúry.

trendy membránových stavieb

membránach nerešpektujúcich tento spôsob môže prípadná zmena zafazenia spôsobiť zmenšenie povrchovej plochy, čím vzniknú záhyby alebo zvlnenia. Dôvodom je izotropná povaha materiálu, t.j. vystavenie rovnakým silovým vplyvom všetkými smermi ako mydlová bublina. Pri navrhovaní formy membránových štruktúr sa využívajú dva spôsoby:

- v minulosti častejšie používaná experimentálna metóda - bola založená predovšetkým na konštruovaní modelov,
- analytická metóda návrhu, ktorá je v princípe založená na počiatočnom určení geometrie obvodu, do ktorého sa potom generuje sieť s určujúcimi pevnými bodmi membrány. Táto matematicko-numerická metóda je založená na spoločnom spôsobe vývoja návrhu formy lanovej sieťovej, resp. konštrukčnej štruktúry a je dnes aplikovaná v mnohých programoch. Tie sú síce schopné v podstate nahradiť model, no model je aj tak potrebný v počiatočnej fáze návrhu, zvlášť pri objektoch a halách využívajúcich princíp mnohostranne predpínaných membrán.

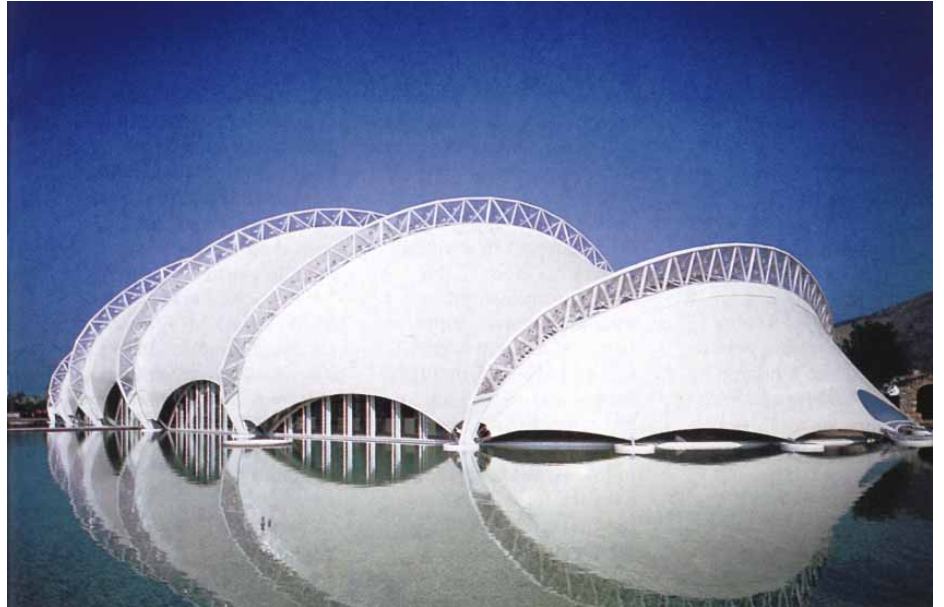
Malá mierka modelu a veľká plasticita materiálu sú často dôvodom, že estetické a štruktúrne vzťahy navrhovaného objektu je skôr potrebné odhadnúť.

Pojem membrána je odvodený z latinského slova, ktoré znamená pergamen alebo kožu. Charakteristickou vlastnosťou týchto materiálov je predovšetkým ich subtilnosť. Tá je aj vlastnosťou moderných membrán. Ak ich použijeme ako plochy prenášajúce zafazenie, musia byť schopné predpätia a tvoriť v priestore viacnásobne zakrivenú plochu.

Špecifické vlastnosti umožňujú ich široké využitie v exteriéri, interiéri, pri novostavbách, ale aj sanáciách vnútorných priestorov jestvujúcich objektov. Prekrytia vstupov, či baldachýny vytvárajúce otvorené vstupné haly výstavných pavilónov, vložené membránové štruktúry v tele domov pevných konštrukcií, zastrešenia dvorán administratívnych budov, obchodných domov, hotelov alebo ako objektov kultúrnych, športových arén, leteckých hangárov či stavieb vložených do membrán od zeme po strechu sú len časťou pestrej škály ich súčasného uplatnenia (obr. 2, 8). Špičkové svetové spoločnosti dnes počítajú s ich využitím i v kozmickom programe (obr. 5).

Podľa uplatnených princípov napnutia membrány rozdeľujeme textilné membránové štruktúry do niekoľkých skupín. Medzi najznámejšie patria:

- mnohostranne predpínané membrány,



Obr. 2

Pohľad na membránovú štruktúru priemyselnej haly s administratívou, Venafro Research Centre, Venafro, architekti Studio H, dodávateľ Canobbio SpA, Milano

- membrány predpínané metódou okrajového pnutia,
- membrány napínané metódou rozdielneho tlaku,
- rotačné membrány.

Prvé tri typy nachádzajú najčastejšie uplatnenie aj pri realizácii veľkých halových objektov.

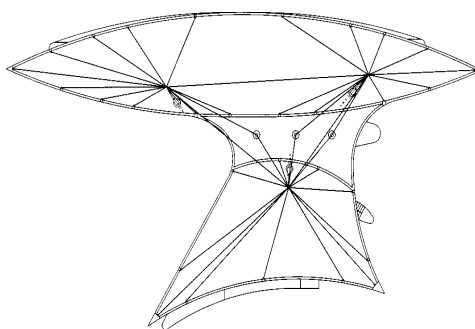
Mnohostranne predpínané membrány - princíp využíva na napínanie membrány viaceré metódy, pričom vzniká bežné mechanické napätie spôsobené vplyvom napínania „kože membrány“ medzi vysokými a nízkymi bodmi definujúcimi obvodovú líniu. Ako nosné prvky sa uplatňujú predovšetkým stožiar a nosné lano. Konštrukčne najjednoduchšie riešenie je priame ukotvenie do zeme, prípadne odvedenie obvodových síl cez podpory, ktoré sú lanami uchytené do zeme. Toto riešenie má však zvýšené nároky na priestor. Tuhosť a stabilita týchto štruktúr môže byť prípadne docielená vytvorením plôch dvojitej krivosti pomocou doplnujúcich vystužujúcich prvkov.

Predpínanie spôsobom okrajového napnutia je jednou z ďalších známych metód uplatňovaných pri realizovaní membránových štruktúr. Týmto spôsobom - ich vlastnou váhou alebo postupným zafazovaním - môžu byť napínané alebo stabilizované membrány, ktoré majú rovnaké zakrivenie. Ako nosná konštrukcia sa využívajú lanové (obr. 1), drevené alebo



Obr. 3

Membrána napínaná metódou okrajového napnutia s nosnou konštrukciou oceľovou štruktúrou rozponu 210 m, hangár pre vzducholode firmy Cargolifter, Anglicko



Obr. 4
Prestrešenie trojpodlažnej budovy priestorovým baldachýnom (klimaticky odolná štruktúra), Guthrieho pavilón, Kuala Lumpur, Malajzia,



Obr. 5
Vzduchom nesená konštrukcia, Vývojový projekt NASA, lunárny predsunutý modul



Obr. 6
Berberský stan, Expo '92, Sevilla, Španielsko

oceľové mrežové štruktúry (obr. 3) uzatvoreného statického princípu. Výhodou sú nižšie alebo žiadne nároky na priestor v okolí stavby. Dostatočná tuhosť konštrukcie zaručuje ich odolnosť voči nepriaznivým dôsledkom počasia a voči možnému účinku sania vplyvom vetra a umožňuje realizovať stavby s väčším rozpätím.

Predpínanie metódou rozdielného tlaku - príkladom sú pneumatické štruktúry, najbežnejším príkladom je nafukovacia hala s vnútorným pretlakom. Nosný konštrukčný faktor pneumatických štruktúr - rozdielny tlak - môže byť okrem vzduchu dosiahnutý tiež pomocou vody alebo inej náplne. Zaujímavejšia povrchová rozmanitosť sa môže doceliť tým, že sa štruktúra rozdelí na väčšie množstvo samostatných komôr. Použité princípy uplatňované pri nesení konštrukcie rozdeľujú tieto objekty na stavby nesené vzduchom - pretlakové, skeletové čiže rebrové, vankúšové a kombinované pneumatické štruktúry. Z nich najrozšírenejšiu skupinu tvoria pretlakové a skeletové. Po statickej stránke vykazujú pneumatické konštrukcie oproti klasickým objektom odlišnosti. Zvyčajný tlak konštrukcie na podklad je nahradený ťahom, v dôsledku čoho je konštrukciu potrebné po obvode kotviť, alebo opatriť oproti dvíhaniu dodatočnou záťažou. Typickým znakom menších pneumatických objektov je ich sezónne využívanie. Ich častou demontážou však môže dôjsť k poškodeniu a narušeniu nepriedušnosti plášťa a skráteniu ich životnosti.

Architektúra pneumatických konštrukcií nie je obmedzená iba na základné geometrické tvary. Realizáciu rozmanitých tvarov umožňujú kombinácie rôznych pneumatických princípov, prípadne ich spojenie s vystužujúcimi konštrukciami na báze dreva, ocele alebo betónu. Tvarovú nepravidlosť a geometrickú neurčitost týchto objektov treba však zaistiť pri ich výrobe úpravou plôch jednotlivých dielov. Na princípe pneumatických konštrukcií alebo v ich spomenutých kombináciách sa teoreticky dajú zhotoviť priestorovo neobmedzené objekty.

Vzhľadom na rovinný charakter jednotlivých panelov si proces postavenia membránovej štruktúry vyžaduje svoju postupnosť. Napnutý povrch membrány vytvára v skutočnosti trojrozmerné zakrivenie, čo spôsobuje, že membrány väčších plôch musia byť rozdelené na menšie segmentové časti - membránové prefabrikáty. Po vztýčení konštrukcie je strecha

vystavená napínaniu, ktoré prebieha spolu s postupným procesom vyvažovania. Materiál membránových štruktúr je v bodoch zaťaženia veľmi citlivý. Všetky spájacie techniky musia preto zabezpečiť, aby rozdelenie zaťaženia bolo čím viac vyrovnané. Jednotlivé segmenty membrány sa v zásade spájajú vo väčších priestoroch alebo na väčších priestranstvách pomocou zošívania švíkov, zvárania švíkov alebo použitím ich kombinácie. Nevýhodou zošívania membrány je jej perforácia, čo môže vyvolať problémy s vodonepriepustnosťou membrány alebo sklolaminátových prefabrikátov. Zošité miesta sa preto prekrývajú poistnými pásmi. Polyesterové PVC prefabrikáty sú najčastejšie spájané spôsobom vysokofrekvenčného spájania švov. Tieto spoje bývajú z vonkajšej strany chránené pomocou uzatváracích pásov. Okraje membrán sa fixujú pripojením panelov - prefabrikátov k pevnému obvodu membrány pomocou lana umiestneného v priebežnom púzde lemujúcom obvod prefabrikátu. Značné namáhanie týchto detailov trením a vlnnutie vplyvom kolísania teploty si vyžadujú špeciálnu materiálovú úpravu - laná a pevné spojenia membrán by preto mali byť z nerezovej ocele alebo v *galvanizovanej* opláštení.

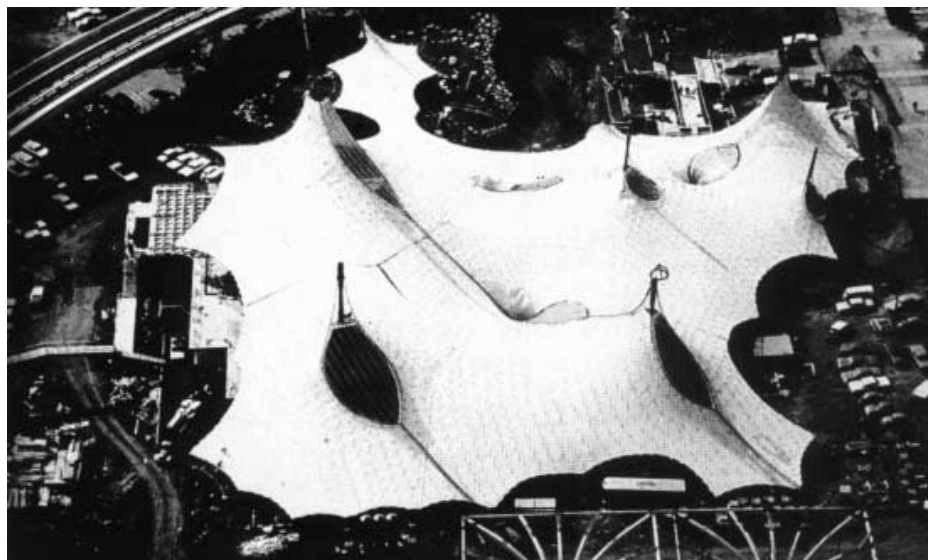
Pre prípady väčších zaťažení sa na spájanie v švoch používajú spojovacie remene a pri obzvlášť veľkých namáhaniach sa spájajú ukončenia membrán pomocou prítlačných platní. Miestom, kde sa sústreďuje najväčšie napätie, sú najvyššie a najnižšie body uchytenia. Pre tieto detaily platia v princípe také isté pravidlá ako pri švoch a zošitiach. V najvyšších bodoch ukončenia býva membrána spravidla podopretá lanovou skružou, ktorá prenáša zaťaženie z prefabrikátov do závesných častí. Jej celkový stabilizačný systém môže byť doplnený podopretím stužujúcimi klenutými priehradovými nosníkmi.

Veľkou výhodou pneumatických membrán je ich pomerne jednoduchá montáž a demontáž. Po spojení povrchového plášťa do jednotného celku sa objekt starostlivo ukotví a napojením dýchadiel sa môže celá konštrukcia vztýčiť. Zvyčajne veľké rozmery pretlakových hál spôsobujú ich dosť veľkú celkovú váhu. Preto sa plášť z konštrukčných dôvodov postavenia objektu ako i manipulácie s ním delí zvyčajne na niekoľko dielov, ktoré umožňujú jednoduchšiu manipuláciu. Na spájanie jednotlivých častí sa používa viacero spôsobov, spoje však nie vždy dostatočne zaručujú vzduchotesnosť.

Textilné membrány dnes využívajú na opláštenie širokú škálu materiálov. Tieto predstavujú od zlepšených bavlnených tkanín, textilných membrán zo syntetických a prírodných vlákien (PVC, polyester, sklolaminát, sklo) i metalické pófahy skladané z tenkých oceľových alebo hliníkových plachiet, fóliové povlaky, resp. sendvičové viacvrstvové panely. Popri spomenutých materiáloch sú dnes asi najčastejšie využívané materiály na báze polyesteru (obr. 9). Veľkou výhodou je ich svetelná priepustnosť, ktorá sa môže pri rôznej skladbe materiálu pohybovať v rozmedzí 15 - 65 %. Mimoriadne vhodné na tento účel sú flontexové sklené sieťové membrány z tkaniny PTFE. Špeciálnou vložkou môžu nadobnúť tieto tkaniny vyšší tepelnoizolačný štandard. Sklená tkanina z PTFE nie je horľavá, odpudzuje nečistotu a má obzvlášť dlhú životnosť a trvanlivosť voči agresívnym vplyvom životného prostredia a ultrafialovému žiareniu (obr. 10). Výber materiálu zo zreteľom na zaťaženie vetrom a snehom musí byť volený tak, aby poskytoval dostatočnú statickú istotu. Doteraz nedoriešeným problémom membránových textílií je ich obmedzená životnosť, ktorá pri sklolaminátových tkaninách PTFE dosahuje vo vonkajšom prostredí minimálne 20 rokov.

„Ďerická pominuteľnosť“ textilnej architektúry v porovnaní s dĺžkou existencie architektonických diel zrealizovaných tradičnými konštrukčnými metódami vyvoláva určité pochybnosti o jej postavení v architektonickom dianí. Meritko realizovaných stavieb a ich tvarová kreativita si pre zachovanie konkurencieschopnosti vyžadujú nutnosť aplikácie prefabrikovaných systémov.

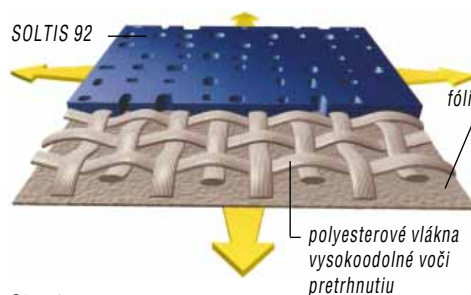
Cena realizovaných konštrukcií je oproti stavbám postaveným klasickým spôsobom na báze tradičných materiálov približne o 30 až 70 % nižšia a pri pneumatikých štruktúrach tvorí približne len 20 až 30 % nákladov. Spolu s ľahkosťou a subtilnosťou, možnou recyklovateľnosťou použitého materiálu je tento typ stavieb predurčený k širokému využitiu. Tento „otvorený systém“ dnes nachádza stále nové uplatnenia v ďalších oblastiach. Množstvo zaujímavých architektonických a stavebných typov realizovaných vo svete ukazuje, ako architekti môžu s relatívne jednoduchou materiálovou bazou a dostatočnou bezpečnosťou realizovať veľkoplošné tvary a objekty, ktoré môžu byť výzvou pre našich architektov, projektantov a investorov k tvorbe architektonických diel, ktoré svojou výnimočnosťou prelomia bariéry doterajších pochybností. ●



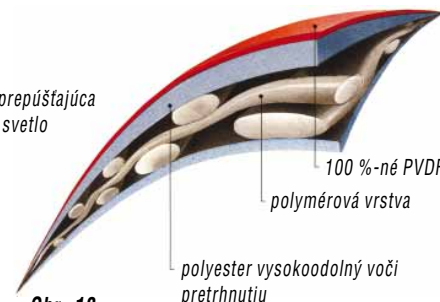
Obr. 7
Nemecký pavilón Expo '67, Montreal, Kanada, Otto Frei



Obr. 8
Membránové striešky v tvare pagody nesené sústavou oceľových stožiarov, autobusová depo, Strassburg



Obr. 9.
Detail skladby štruktúry membrány SOLTIS 92 so svetlopropustnou membránou, výroba Ferrari SA (patent Ferrari Précontraint)



Obr. 10.
Ochrana budovy pred znečistením a starnutím fluor-polymerovou ochrannou vrstvou uplatnenou na budove Hong-Kong Bank

Literatúra:

- (1) Alfréd Rein, Viktor Wilhelm : Membrane construction, Detail 2000/6 s použitím citovanej literatúry
- (2) Karel Doležel: Geometrické krivky v architektúre, ARCHITEKT 9/2000
- (3) Beuen mit Glasgewerbe - Membranen, Detail 1998/6
- (4) František Kalesný: Textilná architektúra, príspevok na medzinárodné sympóziu "Globalization and us" apríl 2001, Dunajská Streda, Slovensko
- (5) Prof. Dr. Peter Schreimbayer: Architektur aus der Fabrik, vorwort zur Tagungsmappe, TU Graz, 06. 2001

Ing. Arch. František Kalesný, Fakulta architektúry STU, Bratislava

Foto: archív autora, DBZ 7/2000, Francisco Asensio Cerver - The World of Contemporary Architecture, Könnemann