

Ing. arch. Eva Kollárová

SKLO V PRESTREŠENÍ - KONŠTRUKČNÝ DETAIL

Kľúčové slová

Prestrešenie, sklo, nosná konštrukcia, sklený plášť, laminátové sklo, izolačné dvojsklo, transparentnosť

Použitie skla v prestrešení a vznik nových typologických druhov

S rozvojom výrobných technológií skla a ocele v 1. polovici 19. storočia prichádza k používaniu skla v strešnej rovine. Ocel' ako materiál bola využívaná pre subtilnosť konštrukčných oceľových prvkov. Kombinácia ocele ako konštrukčného materiálu a skla ako oplášťovacieho materiálu poskytovala nové podmienky pre výstavbu objektov s inou, dovtedy nepoužívanou funkciou. Hlavnými predstaviteľmi nových typologických druhov stavieb, ktoré vznikli na základe možnosti využitia ocele a skla v tomto období sú :

- presklenné pasáže
- skleníky a oranžérie
- železničné terminály
- výstavné pavilóny [1, 3, 4]

Použitie skla v prestrešeniach v týchto typologických druhoch stavieb je aktuálne dodnes. Počas 20. storočia sa k týmto štyrom typologickým druhom stavieb pričlenilo presklenné átrium - nie však ako typologický druh stavby, ale ako typ priestoru, ktorý vzniká zastrešením úplne, alebo čiastočne ohraničeného priestoru sklenou strechou. Presklenné átrium môžeme nachádzať pri rôznych druhoch stavieb, najčastejšie v administratívnych objektoch, hoteloch, poštách, nemocniciach, školských stavbách, obytných objektoch, ale aj ako dodatočne zasklené vnútorné dvory pri historických objektoch a ruinách s rôznym funkčným využitím.

Súčasný trendy v sklených prestrešeniach

Za obdobie dvoch storočí došlo k veľkému posunu jednak vo výrobe a požiadavkách kladených na samotné sklo v prestrešení a taktiež k rozmanitosti nosných strešných konštrukcií.

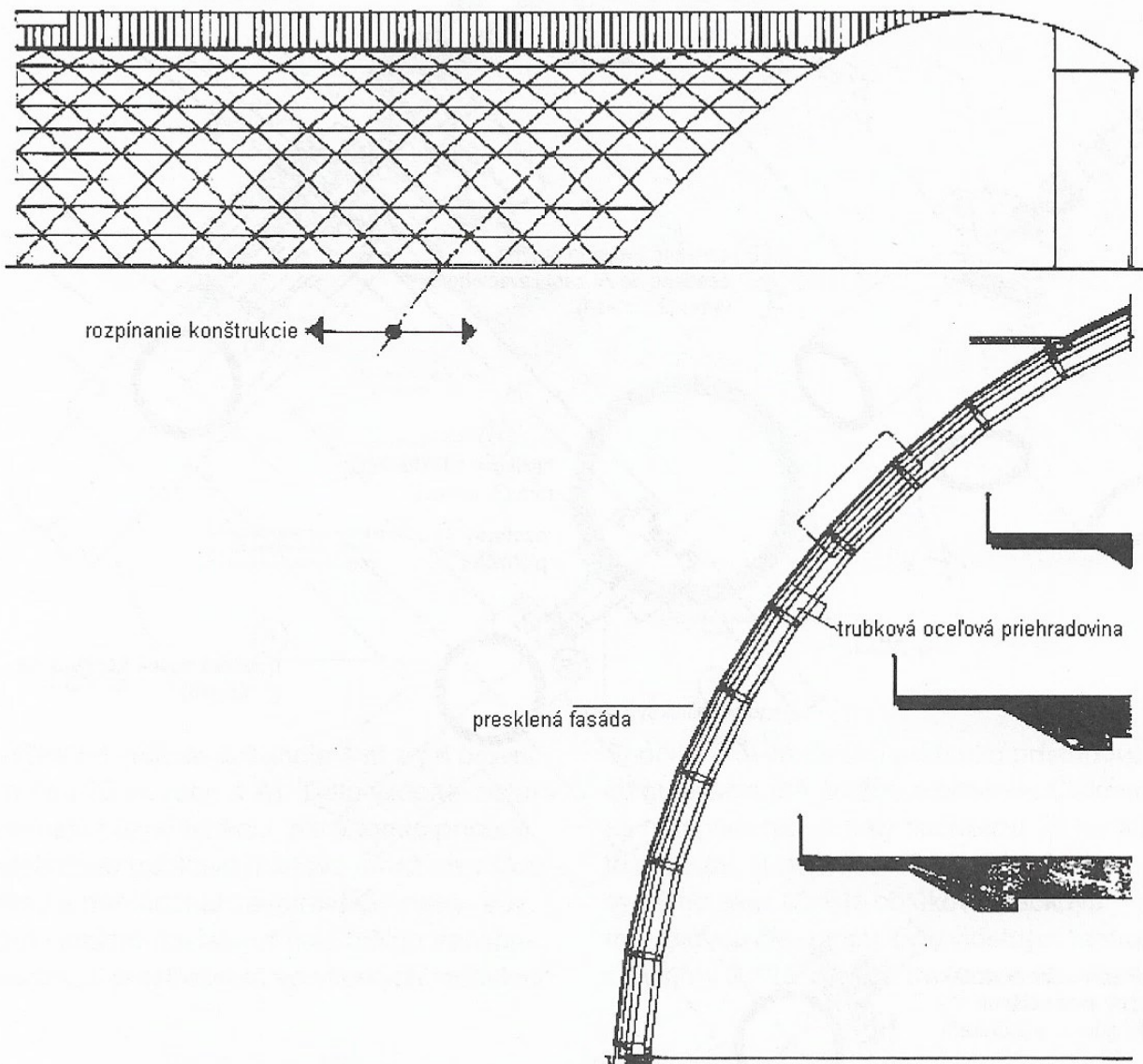
Nosná konštrukcia prestrešenia môže byť vzhľadom k preskleniu v rôznych polohách. Najčastejšie sa nachádza na vnútornej strane, teda pod presklením. V niektorých prípadoch je nosná konštrukcia na vonkajšej strane, teda nad presklením. Na objekte Waterloo International Rail Terminal v Londýne od Nicholasa Grimshawa je použitá kombinácia oboch spomínaných spôsobov, nosná konštrukcia je v časti rozponu pod presklením a v časti rozponu nad presklením.

Požiadavky na nosnú konštrukciu

Pri presklenných prestrešeniach, či už sa jedná o polohu nosnej konštrukcie zvnútra alebo zvonka, musí byť táto navrhnutá tak, že vplyvom tepelnej rozťažnosti resp. skrakovania nebudú deformácie vznikajúce v nosnej konštrukcii prenášané do zasklenia, čo by mohlo spôsobiť vznik ohybového napätia v sklených tabuliach a následne praskanie tabúl. Nosná konštrukcia, ktorá je vystavená väčším deformáciám ako sklený plášť, musí byť oddelená od roviny zasklenia použitím pružných medzičlánkov. Sklený plášť je vystavený jednak zaťaženiu vznikajúcemu vplyvom sférických vplyvov (sneh, vietor), ktoré pôsobia na kolmo rovinu zasklenia a jednak deformáciám vplyvom vlastnej rozťažnosti, ktorá pôsobí v rovine zasklenia. Peter Rice a Hugh Dutton - autori knihy *Structural Glas* [1] pripomínajú, že celkový systém presklenného zastrešenia musí byť striktné rozdelený do troch od seba vzájomne oddelených úrovní :

1. Prvou úrovňou je tá časť konštrukcie zastrešenia, ktorú tvoria konštrukčné prvky veľkých rozmerov, ktoré prenášajú zaťaženie cez veľký rozpon.
2. Druhú úroveň tvoria subtilnejšie prvky nesúce menšiu a presne definovanú plochu zasklenia.
3. Treťou úrovňou je sklená škrupina s prvkami, ktoré ju nesú.

Voľba umiestnenia nosnej konštrukcie z vonkajšej alebo vnútornej strany závisí od



Obr. 1

typu stavby, jej funkcie a od požiadavky odkiaľ ma byť presklenná plocha viac vnímaná zvonka či zvnútra, taktiež od estetických požiadaviek kladených na osadenie objektu do daného prostredia a v neposlednom rade od samotného zámeru architekta.

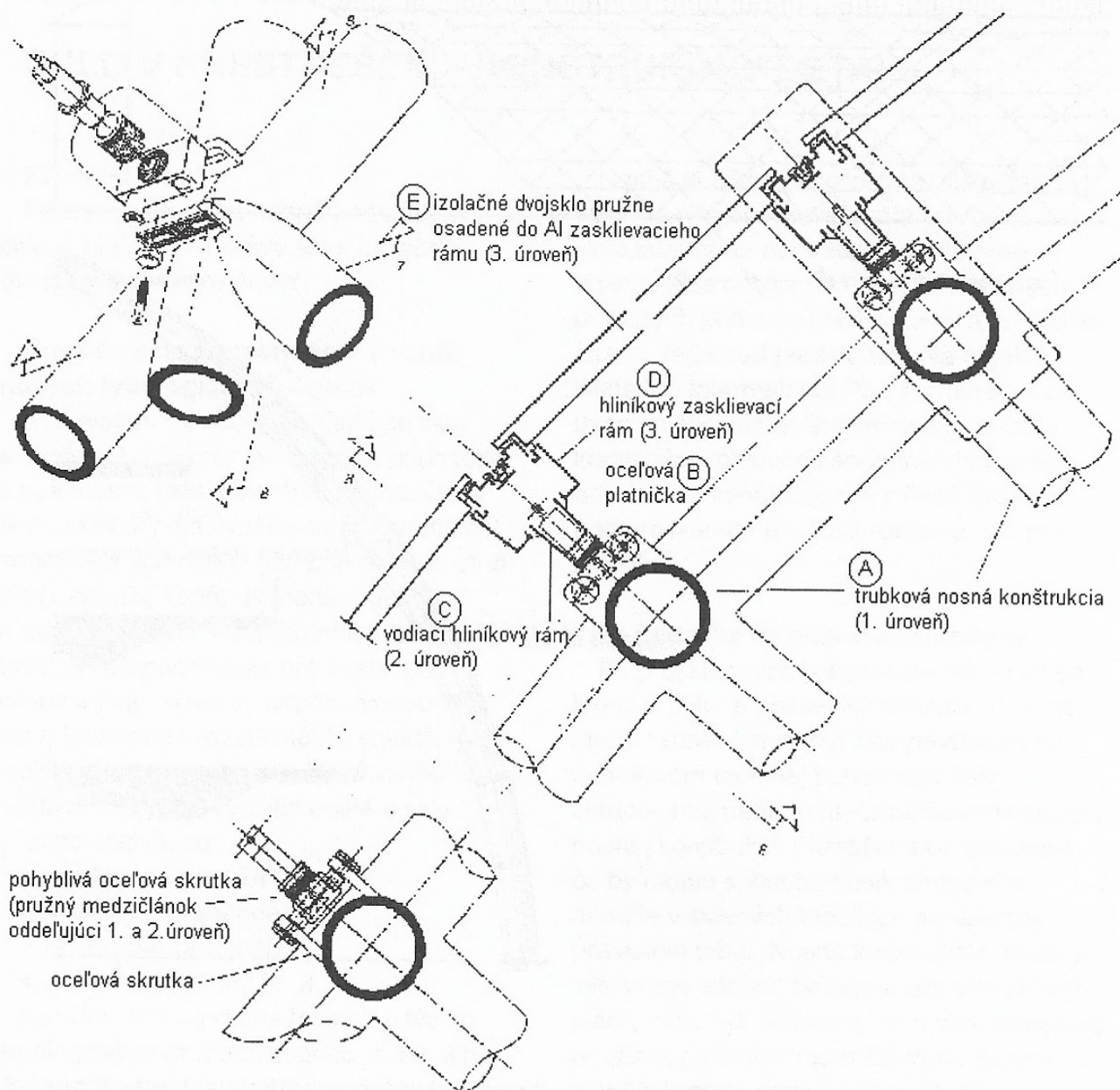
Na nedávnych realizáciách svetových architektov je možné dokumentovať typy jednotlivých konštrukcií a tiež doriešenie detailov zasklených veľkoplošných prestrešení.

Umiestnenie nosnej konštrukcie z vnútornej strany objektu pod presklením

Príkladom umiestnenia nosnej konštrukcie pod zasklením je budova Právnickej fakulty Univerzity v Cambridge v Anglicku od Normana Fostera. Pavilón fakulty sa skladá zo štyroch nadzemných a dvoch podzemných podlaží. Severná fasáda pavilónu je

tvorená valcovou zasklenou stenou, ktorá prebieha od vrcholu až k zemi. (obr. 1) Zasklená stena pôsobí zvonka ako úplne hladká plocha tvorená zasklením v tvare trojuholníkov, ktoré sú bez vonkajších vystupujúcich rámov spájané silikónovými pruhmi.

Konštrukciu pod zasklením tvorí dvojitá trubková priehradová konštrukcia tiež v tvare trojuholníkov v dvoch úrovniach (obr. 2A). Vonkajšia úroveň priehradoviny pod zasklením je tvoria trojuholníky rozmerov 3,9 m a vnútorná úroveň je trojuholníky rozmerov 7,8 m. Priehradovina sa skladá z trubiek priemeru 139,7 mm, zmontovaná zo 42 priemyselne vyrobených častí na mieste stavby. Vo vrcholoch trojuholníkov pod zasklením sú vždy umiestnené ocelové podporné platničky (obr. 2 B) s pripravenými otvormi pre pri-skrutkovanie hliníkových vodiacich rámov (obr. 2 C), na ktoré sa upevňujú hliníkové



Obr. 2

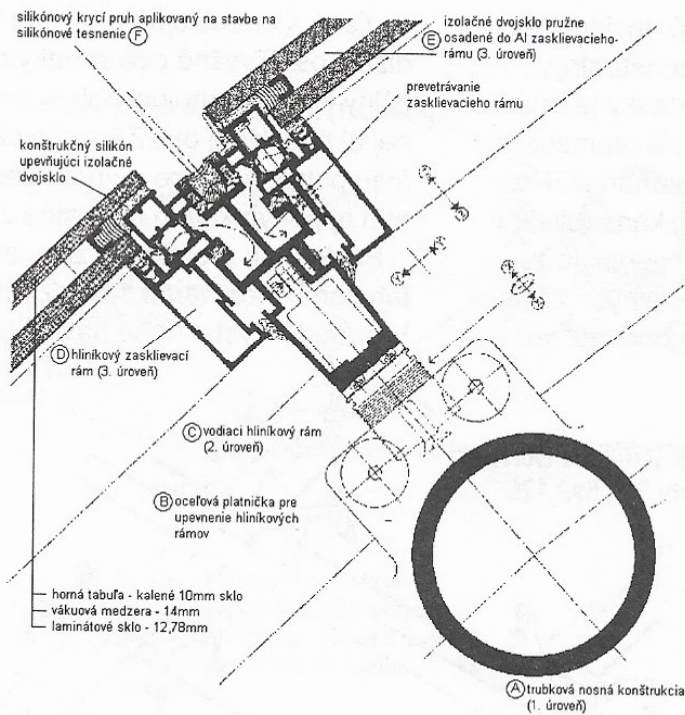
zasklievacie rámy (obr. 2 D). Otvory v platničkách umožňujú pohyb v smere zasklenia.

Zasklenie severnej fasády Právnickej fakulty v Cambridge tvoria izolačné dvojsklá v tvare trojuholníkov (obr. 3 E), ktoré sú jednoducho pripevnené k hliníkovým rámom. Zasklievacie hliníkové rámy (obr. 3 D) boli na stavbe montované k vodiacim hliníkovým rámom (obr. 3 C) osadeným vopred na ocelevej nosnej priehradovej konštrukcii. Po montáži izolačných dvojskiel boli spoje medzi hliníkovými rámi utesnené silikónom, ktorý bol ešte dodatočne prekryvaný krycím pruhom z vulkanizovaného silikónu (obr. 3 F). Hliníkový zasklievací rám je na vodiaci rám osadený tak, že je umožnený pohyb jednak v rovine rovnobežnej so zasklením a tiež v smere kolmom na rovinu zasklenia.

Umiestnenie nosnej konštrukcie z vonkajšej strany objektu - nad presklením

Príkladom pre umiestnenie nosnej konštrukcie z vonkajšej strany, teda nad presklením je nový vstupný výstavný pavilón v Lipsku. Autormi pôvodného architektonického návrhu sú architekti Von Gerkan, Marg & Partners. V novembri 1992 boli k spolupráci prizvaní Ian Ritchie Architects.

Výstavný pavilón má obdĺžnikový pôdorys 80 x 244 m, ktorý je prestrešený oblúkovou presklenou konštrukciou dosahujúcou výšku vo vrchole 30 m. Konštrukcia prestrešenia výstavného pavilónu sa skladá z 3 navzájom oddelených úrovní. Z diaľky najviac vnímateľným prvkom vonkajšej konštrukcie sú vzopäté priehradové oblúky, ktorých

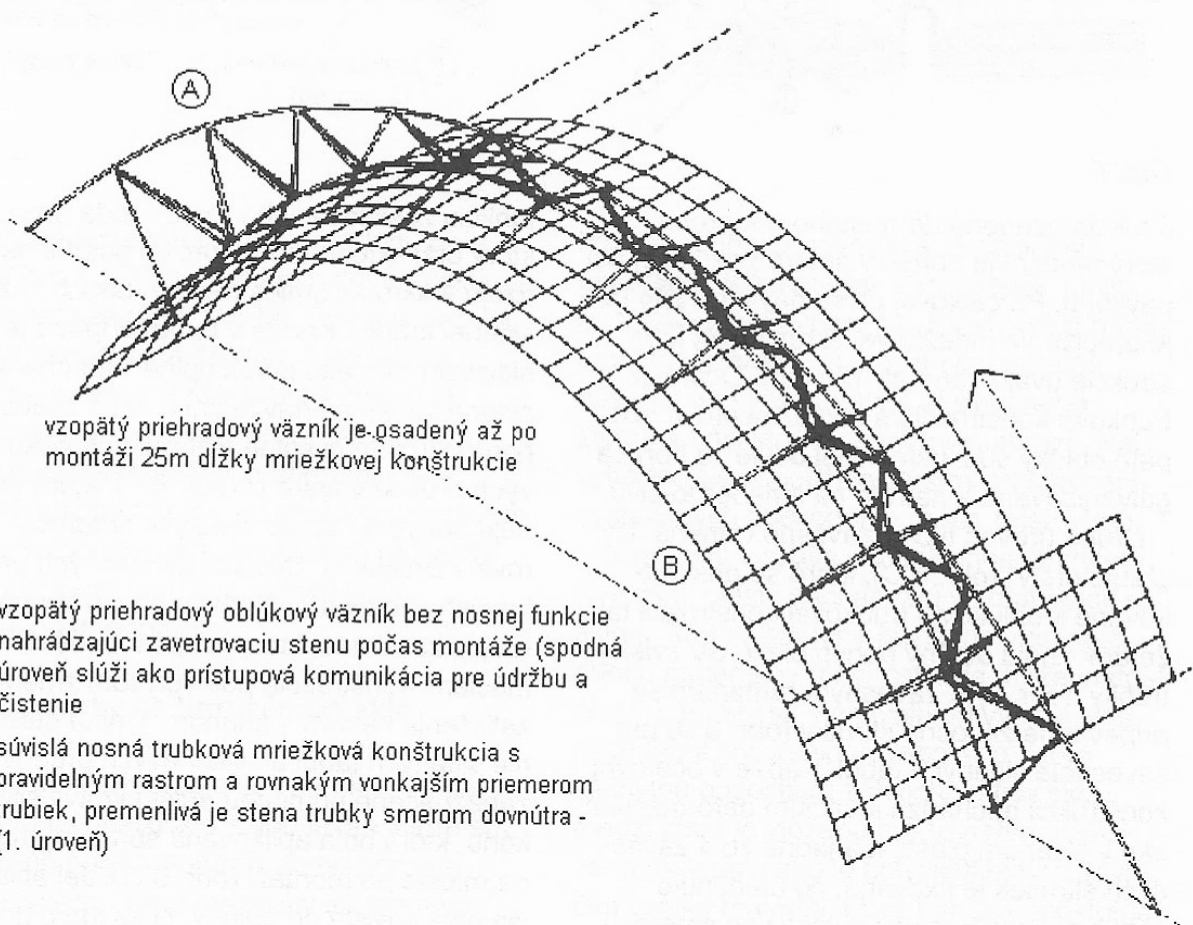


Obr. 3

Obr. 3

výška pri vrchole dosahuje 4 m a pri úrovni terénu 10 m. (obr. 4 A) Tieto vzopäté oblúky nemajú nosnú funkciu, ale v tomto prípade stabilizujú trubkovú oceľovú mriežkovú škrupinu a nahrádzajú zavetrovacie steny, aby bolo možné dosiahnuť maximálnu transparentnosť prestrešenia vo všetkých moduloch.

Spodná úroveň oblúka slúži ako prístupová komunikácia pre údržbu a čistenie. Celkove sa nad pôdorysom haly nachádza 10 takýchto oblúkov. Nosnú úroveň konštrukčného systému tvorí súvislá oblúková trubková mriežkovou škrupinou s pravidelným rastrom s otvormi 3,125 x 3,125 m. (obr. 4 B). Všetky



- A. vzopätý priehradový oblúkový väzník bez nosnej funkcie nahrádzajúci zavetrovaciu stenu počas montáže (spodná úroveň slúži ako prístupová komunikácia pre údržbu a čistenie)
- B. súvislá nosná trubková mriežková konštrukcia s pravidelným rastrom a rovnakým vonkajším priemerom trubiek, premenlivá je stena trubky smerom dovnútra - (1. úroveň)

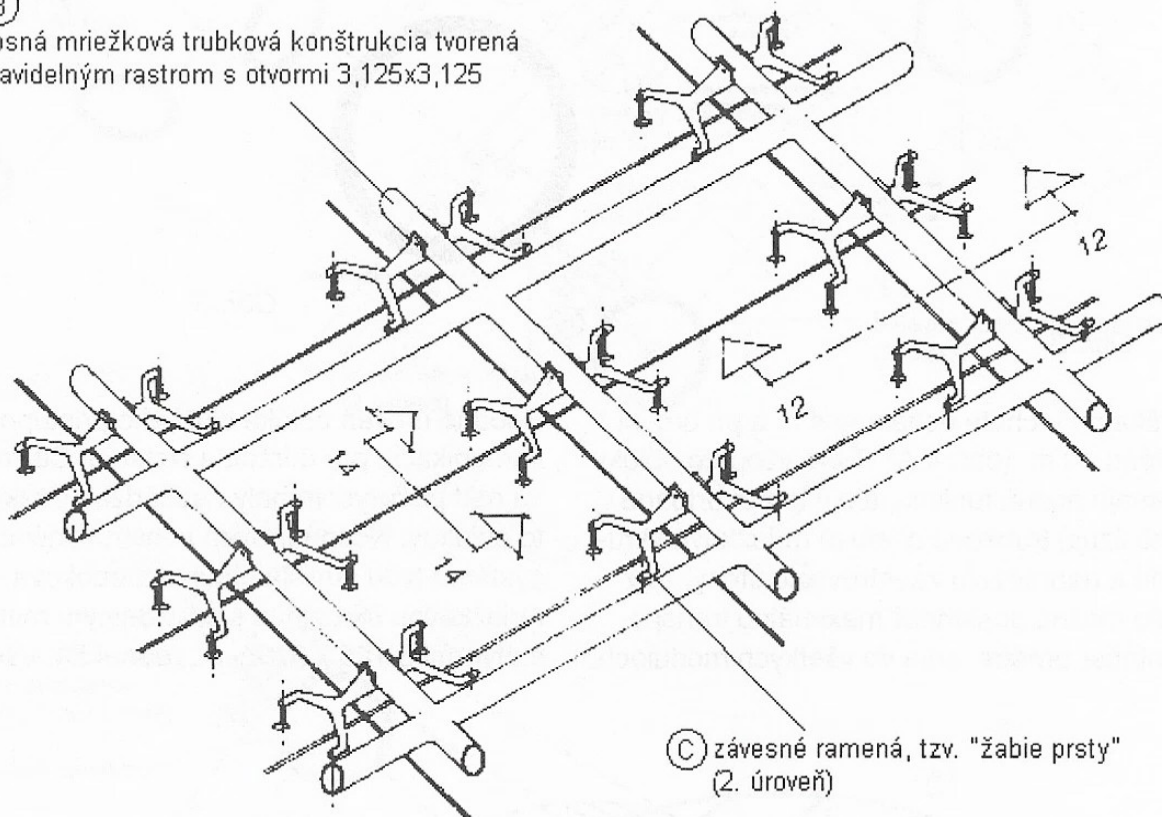
Obr. 4

spoje mriežkovej škrupiny sú neviditeľné, vonkajší priemer trubiek je konštantný. Vzhľadom na statické požiadavky je hrúbka steny trubky smerom dovnútra premenlivá, vonkajší priemer trubiek je nemenný. Rozťažnosť a skrátenie ocelevej konštrukcie v závislosti od teplotných podmienok je zabezpečovaná pomocou špeciálnych základových pätičiek, do ktorých je ocelová kon-

vodiaca a umožňuje pohyb iba v smere pozdĺžnej osi. Zvyšné dve skrutky majú univerzálny kĺb, umožňujúci pohyb v smere priečnej aj pozdĺžnej osi. Závesné skrutky umožňujú pohyb v rovine rovnobežnej so zasklením aj pohyb kolmo na rovinu zasklenia.

Poslednou úrovňou je zasklenie tvorené tabuľami s rozmermi 1,5 x 3,1 m (obr. 6 E). V prípade Výstavného pavilónu v Lipsku

Ⓑ nosná mriežková trubková konštrukcia tvorená pravidelným rastrom s otvormi 3,125x3,125

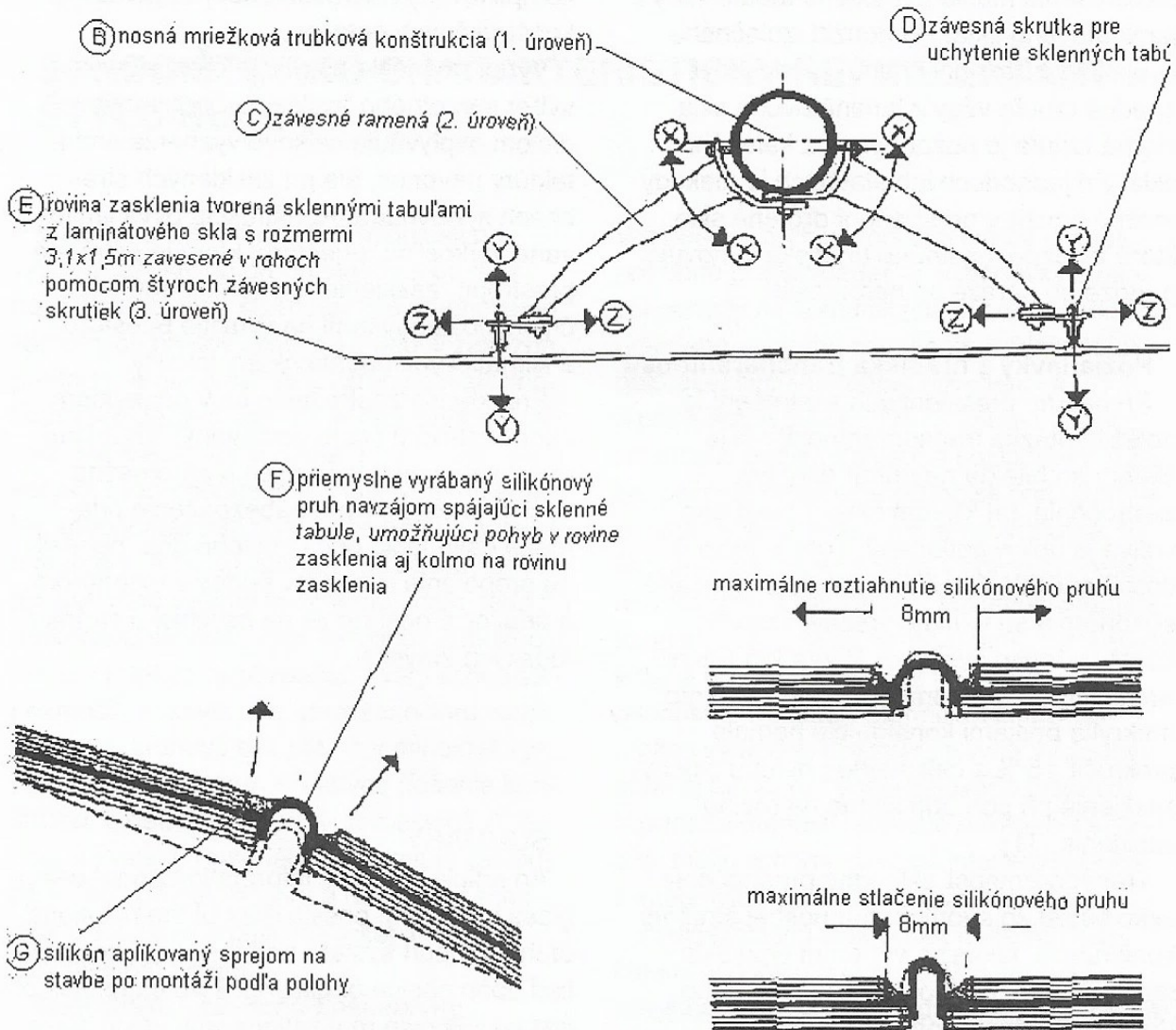


Obr. 5

štrukcia osadená do hustého neoprénu, ktorý umožňuje pohyb v smere pozdĺžnej osi pavilónu. Pri celkovej dĺžke pavilónu 244 m je predĺženie mriežkovej škrupinovej konštrukcie uvažované až 120 mm. Ocelová trubková konštrukcia a taktiež ocelové vzopäté oblúky sú z ušľachtilej ocele za horúca galvanizované a natreté na strieborno-sivú.

Druhú úroveň tvoria závesné ramená, tzv. „žabie prsty“ (obr. 5 C), ktoré sú priskrutkované k oblúkovej trubkovej konštrukcii tak, že umožňujú otočný pohyb okolo osi zvislej trubky. (obr. 6) K závesným ramenám sú pripevnené závesné skrutky (obr. 6 D) pre zavesenie sklenených tabúl. Keďže v ocelevej konštrukcii dochádza k väčším deformáciám ako v sklenom plášti, iba jedna zo 4 závesných skrutiek je fixovaná, čo umožňuje pohyb sklenených tabúl vo všetkých smeroch roviny zasklenia. Ďalšia závesná skrutka je

funkciu zasklievacieho rámu - teda prvku, ktorý drží sklenú tabuľu určitej polohe nahrádzajú 4 skrutky umiestnené v rohoch každej sklenej tabule. Keďže v tomto prípade je zasklievací rám ako prvok úplne vynechaný, sklenené tabule sú navzájom k sebe spájané pomocou priemyselne vyrobených silikónových pruhov v tvare U (obr. 6 F), ktoré umožňujú pohyb 8 mm vo všetkých smeroch roviny zasklenia. Systém silikónových pruhových spojov umožňuje aj pohyb kolmo na rovinu zasklenia, ktorý je spôsobený deformáciami konštrukcie pod vplyvom zmeny zaťaženia vetrom a snehom. Úplne utesnenie sklenených tabúl a silikónových pruhov je zabezpečené pomocou ďalšej vrstvy silikónu, ktorá bola aplikovaná sprejom priamo na mieste po montáži (obr. 6 G). Jej aplikácia bola závislá od polohy, či sa ide o horizontálny alebo vertikálny spoj.



Obr. 6

Na zasklenie Výstavného pavilónu bolo použitých 5 526 tabúl z laminátového skla, hmotnosť každej je 190 kg. Celková hrúbka tabule zasklenia je 18 mm. Táto tabuľa je zložená z dvoch 8 mm tabúl z číreho skla s pridaním železa, aby bol odstránený nežiaduci zelený nádych sfarbenia skla. Povrch každej z tabúl je laminovaný smerom k stredu 2x 0,76 mm vrstvou pvb (polyvinyl butyral), ktorá tvorí laminátové jadro bezpečnostného skla.

Požiadavky na bezpečnosť skla

Ako výplňový materiál v zastrešeniach architektonických objektov sa okrem skla používa tzv. plexisklo alebo lexan, ktoré sú vyrobené polykarbonátov alebo polymetylmetakrylátov. Tieto materiály sú rovnako transparentné ako sklo, avšak nie sú prie-

hľadné. Sklo v porovnaní s plastickými materiálmi je pevnejšie a krehkejšie, plasty sú ľahšie a húževnatejšie. Plasty majú nižšiu tepelnú vodivosť, sú ľahšie tvarovateľné, pôsobením vyšších teplôt aj slnečného žiarenia náchylnú k povrchovej abrázii. Najvýhodnejšie je použitie plastov pri stavbách vystavených poškodeniu (napr. prístrešky).

Najväčšie využitie v presklennej architektúre však plasty nachádzajú v kombinácii so sklom, kde sú spojené pozitívne vlastnosti oboch materiálov (pevnosť skla, húževnatosť plasty). Plasty sa využívajú pri výrobe sklenených tabúl tzv. laminátového skla, ktoré väčšinou pozostáva z dvoch vrstiev skla medzi ktorými je vložená medzivrstva plastového materiálu ako je polyvinyl butyral (pvb), čím vzniká materiál, ktorý ponúka podstatne väčšiu bezpečnosť ako ktorékoľvek sklo.

Pri zasklení jednoduchým sklom v rovine prestrešenia musia byť sklené tabule vždy z laminátového skla. Pri použití izolačného dvojskla v strešnej konštrukcii musí byť spodná tabuľa vždy z laminátového skla. Horná tabuľa je požadovaná z kaleného skla. Pri jednoduchých stavbách je niekedy možné použiť v prestrešení drôtené sklo, ktoré z bezpečnostného hľadiska vyhovuje, pretože po náraze sa neroztriešti.

Požiadavky z hľadiska transparentnosti

Pri návrhu presklenných zastrešení je dôležitá otázka transparentnosti - či je cieľom architekta navrhnuť taký typ zastrešenia, pri ktorom sklený plášť ako vrstva je úplne potlačený. Toto je možné dosiahnuť tak, že sklené tabule sú spájané silikónom a sú v mimo vrstiev nosného konštrukčného systému. Podľa Ian Ritchie Architects by v takomto prípade percento prekrytia prvkami konštrukcie nemalo prekročiť 15 % z celkového povrchu plochy zasklenia pri pohľade kolmo na rovinu zasklenia. [1]

Transparentnosť skleného prestrešenia úzko súvisí so subtilnosťou nosnej strešnej konštrukcie, taktiež s výberom typu skla - rastrovaného, číreho alebo tieňovaného. Vplyv na transparentnosť ma aj výber tieniacich zariadení, ktoré môžu byť pevné, alebo pohyblivé.

Iným prípadom je ak cieľom architekta je navrhnuť zastrešenie pri ktorom je tabuľa skla priznaná a ohraničená rámom, v ktorom je umiestnená, alebo zdôraznenie nosnej konštrukcie prestrešenia.

Záver

Uvedené príklady presklenných prestrešení dokumentujú veľmi zreteľne požiadavky kladené na nosnú konštrukciu a sklený plášť. V obidvoch prípadoch sa jedná o veľkoplošné prestrešenia, ktoré si vyžadovali striktné oddelenie jednotlivých úrovní nosnej konštrukcie a skleného plášťa. Deformácie vznikajúce v konštrukcii a v plášti sú rovnaké aj pre menšie prestrešenia, pri ktorých následkom ich veľkosti nedochádza až k takým veľkým posunom. Jednotlivé úrovne konštrukcie a skleného plášťa musia byť aj pri menších prestrešeniach oddelené, ale v dôsledku

menších deformácií si nevyžadujú až taký komplikovaný návrh jednotlivých prvkov a konštrukčných detailov.

Výber nosnej konštrukcie prestrešenia a výber samotného zasklenia podstatným dielom ovplyvňuje celkové vyznenie architektúry navonok, ale pri zasklených strechách aj dovnútra. Konštrukcia býva limitovaná veľkosťou priestoru, ktorý je potrebné prestropiť, zasklenie je podmienené funkčnými požiadavkami na využitie priestoru a klimatickými podmienkami lokality.

Presklenné zastrešenia sa v poslednom období stávajú často používanými konštrukciami zastrešení verejných a zhromažďovacích priestorov pre zabezpečenie priameho osvetlenia počas celého dňa, nenásilné prepojenie interiérov budov s exteriérom a priaznivé pôsobenie na psychickú stránku ľudských zmyslov.

SUMMARY

An article contains information about using glass in roofing, possibilities of the positions of the support system and the requirements lied upon choice of glazing. Two examples of last well-known realizations with using glass in roofing demonstrate structural details in support system and overhead glazing.

LITERATÚRA

1. Vandenberg, M.: Glass Canopies, Academy Editions a division of John Wiley & Sons Great Britain 1997
2. Hart, S.: A Brilliant Shell Game at the British Museum, s. 149-154, Architectural Record 03.01
3. Wiggington, M.: Glass in Architecture, Phaidon Press Ltd London 1996
4. Brožová, M.: Pasáže - prchavý sen o městském ráji, s. 38-40, Architekt 2/99
5. Krewinkel, H.W.: Glass Buildings, Birkhäuser - Publishers for Architecture 1998