

KONSTRUKCE A TECHNOLOGIE - MOTTO ARCHITEKTURY SPORTOVNÍCH STAVEB STRUCTURE AND TECHNOLOGY - MOTTO OF ARCHITECTURE OF SPORTS CONSTRUCTIONS

ARNOŠT NAVRÁTIL

Koncepce sportovních staveb, zejména hal a zastřešení tribun stadionů, je ve velké míře ovlivňována volbou konstrukce a materiálů. Volba materiálu pro konstrukce je samozřejmě také otázkou technickou a ekonomickou a v praxi se sledáváme podle momentálního rozvoje techniky a také podle místa a významu staveb s různými konstrukcemi. V mnoha případech byla realizována mimořádná technická a architektonická díla, která ovlivnila nejen vývoj architektury sportovních staveb, ale přispěla nemalou měrou k technickému a stavebnímu rozvoji.

The concept of sports constructions, particularly halls and roofing of stadium stands, is, to a large degree, affected by the choice of the structure and materials. The selection of the material of the structure is, of course, also a technical, as well as economic issue. In practice, various structures may be found, depending, among others, on the up-to-date development of technology and also on the location and importance of the construction. In many cases, exceptional architectural constructions have been erected which have not only influenced development of the architecture of sports constructions, but also contributed significantly to technological and building progress.

11. července 2007 byla Komise evropských společenství v Bruselu přijata v konečném znění Bílá kniha o sportu. Dokument, který vyzdvihuje společenský, kulturní, zdravotní, výchovný a hospodářský význam sportu s důrazem na dodržování požadavků právních předpisů EU. Bílá kniha je výsledkem rozsáhlé dvouleté práce a mnoha diskuzí, které byly vedeny s různými subjekty působícími v oblasti sportu.

„Sport představuje společenský a ekonomický jev narůstajícího významu, jenž význačným způsobem přispívá k naplňování strategických cílů solidarity a prosperity, vytyčených Evropskou unií.

Obr. 1 Hala Palazzetto dello Sport v Římě

Fig. 1 The hall Palazzetto dello Sport in Rome

Obr. 2 Interiér haly Palazzetto dello Sport v Římě

Fig. 2 The interior of the hall Palazzetto dello Sport in Rome



Olympijský ideál rozvoje sportu na podporu míru a porozumění mezi jednotlivými národy a kulturami a rovněž výchovy mladých lidí se zrodil v Evropě a záštitu nad ním převzal Mezinárodní olympijský výbor a Evropské olympijské výbory.

Evropští občané podléhají kouzlu sportu a většina jej pravidelně aktivně provozuje. Vytvářejí se při něm důležité hodnoty, jako je například týmový duch, solidarita, tolerance a smysl pro fair play, přispívá k osobnímu rozvoji a naplnění. Podporuje aktivní zapojení občanů EU do společnosti a pomáhá tak rozvíjet aktivní občanství. Komise bere na vědomí zásadní roli sportu v evropské společnosti, a to zvláště tehdy, kdy je nutné, aby se přiblížila občanům a řešila otázky, které se jich bezprostředně týkají.“ Potud citace z českého překladu Bílé knihy, kapitoly 1. Úvod.

V současné době probíhají na různých úrovních četné diskuse, jejichž tématem je odhodlání Prahy podat kandidaturu hostitelského města letních olympijských her. Osobně jsem přesvědčen, že Praha a další města v České republice mohou připravit důstojné a odpovídající prostředí pro uskutečnění těchto her. Do mnohých diskuzí jsem byl přizván, a tak si dovoluji vyjádřit svůj názor.

Pořádání letních olympijských her je významná událost – je to v podstatě souběžně uskutečnění mistrovství světa ve dvaceti



devíti sportech, které jsou součástí olympijských soutěží. Kromě mimořádných nároků kladených na různé oblasti, jako je doprava, bezpečnost, ubytování, zdravotní péče, komerce, doprovodné kulturní akce a mnoho dalších, je velká pozornost upřena na sportovní stavby a zařízení. Zásadním problémem je zapojení staveb budovaných pro olympiádu, které svými krátkodobými kapacitními, energetickými a dopravními potřebami několikanásobně překračují běžné potřeby města a jeho stálých obyvatel, do života města po skončení her.

Olympijské hry skončí a olympijské dědictví se stává trvalým odkazem, poznamenávajícím obraz města a kvalitu života jeho obyvatel. A také rozpočet, kryjící nemalé náklady na provoz a údržbu těchto staveb. Není třeba zdůrazňovat, že daňoví poplatníci by měli být ušetřeni a přispívat pouze v případech, kdy budou tato zařízení využívat k uspokojení svých potřeb.

Z toho vyplývá, že správné provozní a ekonomické nastavení a plánování takové mimořádné události vyžaduje od počátku přípravných činností vysokou kreativitu ve všech oblastech, zejména v projektové.

V souvislosti s představami o budoucích sportovních stavbách a s jejich využitelností po OH se často objevují pojmy jako trvalá využitelnost staveb, transformace staveb, dočasné stavby, mobilní staveb, adaptovatelné stavby apod. S úvahami o dědictví OH je to namístě. Ostatně není to nic nového, Mezinárodní olympijský výbor si je vědom problému olympijského dědictví, nepotřebných a málo využívaných staveb a zařízení, a vyzývá města aspirující na pořadatelské letních i zimních olympijských her k optimálnímu zohlednění trvalých podmínek a reálných potřeb měst a zachování krajinných hodnot.

Je však třeba si uvědomit, že dosažení toho, aby tyto proklamace neskončily jako populistické fráze, znamená včasné zapojení kvalitních týmů z odborníků, kteří komplexně pokryjí všechny oblasti. Jde zejména o problematiku spojenou s konstrukcemi, stavebními materiály, stavebními technologiemi apod. Také však o problematiku úzce spojenou s hledisky ekologicky udržitelného rozvoje. Vycházet při představách o budoucích stavbách pouze ze současného poznání je opravdu hodně málo. Případné OH se mohou uskutečnit v časovém horizontu, který se mnohým jeví vzdáleným, avšak z hlediska rychlosti technického pokroku je to současnost. Kromě toho jde o stavby, které musí splňovat některá striktně stanovená pravidla a provozní vazby – sportovní pravidla, rozměrové parametry, bezpečnostní požadavky, které musí být v souladu s připravovanými evropskými normami a mnoha provozními zásadami danými jednotlivými sporty.

Sportovní stavby, charakterizované velkými rozpory a kapacitami diváků, jsou výzvou pro architektky, statiky a konstruktéry. Tyto stavby byly v mnoha případech významnými impulsy nejen pro rozvoj nosných konstrukcí, ale pro technický pokrok obecně. Na druhou stranu je třeba si uvědomit, jak významně je vývoj těchto staveb, především z hlediska využitelnosti, trvale ovlivňován průmyslovou a materiální základnou.

Obr. 3 Fotbalový stadion Parc des Princes v Paříži

Fig. 3 The football stadium Parc des Princes in Paris

Obr. 4 Fotbalový stadion Parc des Princes v Paříži – řez

Fig. 4 The football stadium Parc des Princes in Paris, cross – section

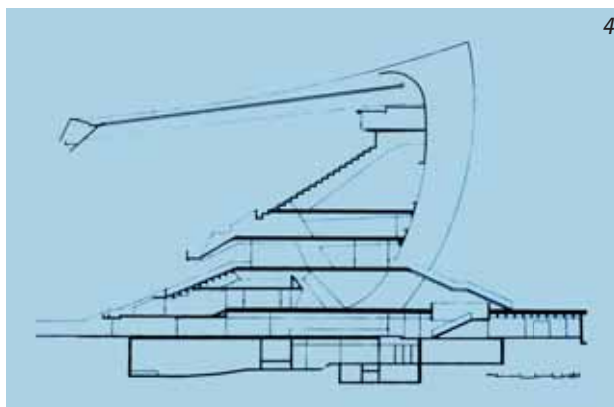
Obr. 5 Atletický a ceremoniální stadion pro LOH 1976 v Montréalu

Fig. 5 The athletic and ceremony stadium for the SOG 1976 in Montréal

Velký rozvoj stavebních technologií a konstrukcí nastal po II. světové válce. Stále převažující monolitické betonové konstrukce byly sice obohaceny o nové modernější systémy, spočívající v kombinaci použití prefabrikovaných dílů s monolitem. Příkladem je hala Palazzetto dello Sport v Římě (Pier Luigi Nervi a A. Vitellozzi, 1960). Ferrocementové prefabrikáty, tloušťky 30 mm, byly použity jako šalovací díly, proarmovány a monoliticky zabetonovány. Klenba má zkřížená žebra, opřena o šikmé stojky, které byly betonovány ve vodorovné poloze a pak zvednuty do příslušné polohy. Stavba je architektonicky velice pozoruhodná, zejména svým interiérem, který je vytvořen betonovou klenbou (obr. 1 a 2).

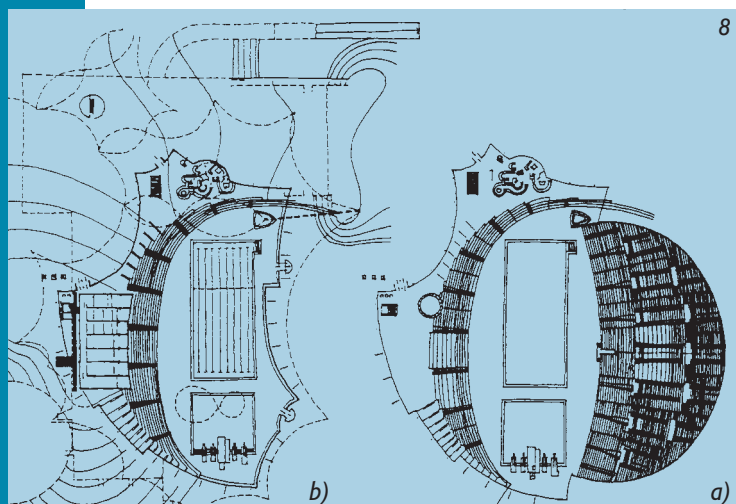
Pier Luigi Nervi navrhl stadion Flaminio v Římě, kde také použil technologii prefabrikovaných betonových nosných rámu vyrobených ve vodorovné poloze a následně postavených do příslušné polohy. Podobnou technologií byla provedena nová tribuna spartakiádního stadionu na Strahově (Ing. arch. Kuna, KPÚ Praha).

Významnou stavbou z počátku šedesátých let je plavecký sta-



dion v Podolí (Akad. arch. Richard Podzemný). Jde o vynikající urbanistické a architektonické dílo. Plavecká hala je vytvořena železobetonovými monolitickými oblouky, jejichž forma dotváří přírodní terén do příjemného amfiteátru, izolujícího vnitřní prostor od rušné komunikace.

Betonové konstrukce preferoval významný francouzský architekt Roger Taillibert, autor mnoha sportovních staveb. V roce 1974 byl v Paříži realizován fotbalový stadion Parc des Princes pro padesát tisíc diváků. V oboru předpjatých železobetonových konstrukcí představovalo ve své době toto dílo vrcholný konstrukční počín. Stadion je zastřešen železobetonovou membránou o dvojnásobné křivosti, nesenou konzolovými rámy proměnlivé délky 32,5 až 45,6 m. Celek má velice působivý, dynamický výraz (obr. 3 a 4). Tentýž architekt navrhl soubor ceremoniálního stadionu, vello-



dromu a plaveckého stadionu pro OH 1976 v kanadském Montréalu. Konstrukce všech objektů byly železobetonové, podobného tvarosloví konstrukce jako pařížský stadion. Hlavní stadion byl příslibem nových možností – provozu bez závislosti na klimatu. Hlediště bylo zastřešeno střechou se železobetonovou konstrukcí. V podélné ose byl vztyčen 170 m vysoký pylon, na kterém byl zavěšen systém lan, na kterých byla zavěšena umělá tkanina, která by v případě potřeby pokryla hrací plochu. Mobilní zakrytí však nebylo z technických důvodů v době OH uvedeno do provozu. S jeho dokončením bylo započato v osmdesátých letech minulého století. Do očekávané funkce však nebylo uvedeno (obr. 5).

Konstrukce mobilního zastřešení spočívající v principu posunu tkaniny na systému lan byla realizována na centrálním tenisovém dvorci Rotherbaum v Hamburku (Schweiger & Partner, 1998).

V roce 1977 byla ve švýcarském Baselu postavena sportovní hala St. Jakob, jejíž zastřešení s rozponem 90 m je provedeno visutou předpjatou skořepinou tloušťky 75 mm.

Visuté předpjaté střechy umožňují zastřešení značných rozpětí s minimální spotřebou materiálu. Jejich použití dává stavbám charakteristický výraz ([1] a další články v tomto čísle).

Technologie kombinace prefabrikovaných železobetonových dílců s monolitickým betonem byla použita v Lužních v Moskvě při zastřešení haly Družba pro OH 1980. Železobetonové prefabrikáty byly uloženy na podpory uvnitř haly. Po dobetonování vnitřního vrchlíku s rozponem 45 m byly podpory vyjmuty. Celkový rozpon haly je 90 m (Mosprojekt 2, 1980).

Vysoká pevnost oceli v tahu při nižší hmotnosti než beton, však při překonání velkých rozponů dávala konstruktérům a architektům další tvarové a výrazové možnosti. Šedesátá a sedmdesátá léta minulého století představují velký rozmach lanových konstrukcí nejen ve sportovních stavbách. Vrcholem tohoto období je bezesporu olympijský soubor v Mnichově, vybudovaný pro LOH v roce 1972 (Günter Behnisch a Frei Otto, 1965 až 1972). Lanová konstrukce zastřešení s transparentní akrylátovou krytinou je nesená systémem ocelových sloupů, vysokých až 80 m. Tvarové vyjádření je založené na logickém vyjádření geometrie průběhu statických sil (obr. 6 a 7). Mnichovský soubor je i z dnešního pohledu příkladem mimořádně zdařilého urbanistického činu, který se opírá o vynikající architektonické a technické zvládnutí díla.

Mnichovská olympiáda jako první ukázala způsob, jak přizpůsobit olympijské stavby běžným potřebám města. Olympijský plavecký bazén měl kapacitnější tribunu koncipovanou jako demontovatelnou, zakrytou membránovou konstrukcí. Po skončení olympiády byla tribuna odstraněna a nahrazena trvalou zasklenou stěnou. V době realizace to bylo nepochybně skvělé dílo a je nutno konstatovat, že bezesbytku naplnilo smysl odkazu dědictví

Obr. 6 Olympijský soubor pro LOH 1972 v Mnichově

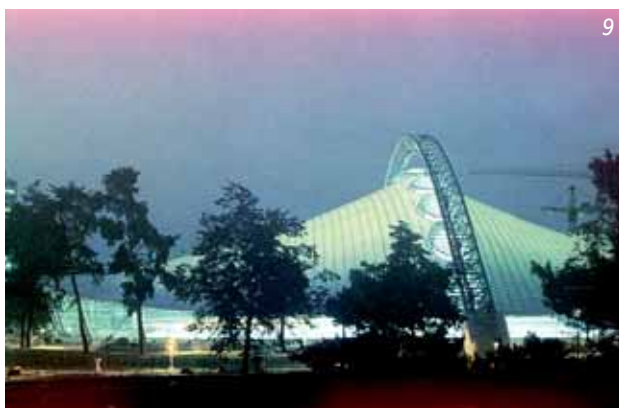
Fig. 6 The olympic ensemble for the SOG 1972 in Munich

Obr. 7 Coubertinovo náměstí olympijského souboru pro LOH 1972 v Mnichově

Fig. 7 The Place of Coubertin of the olympic ensemble for the SOG 1972 in Munich

Obr. 8 Olympijský plavecký stadion pro LOH 1972 v Mnichově, a) stav při LOH, b) po skončení LOH

Fig. 8 The olympic swimming stadium for the SOG 1972 in Munich, a) the state during the SOG, b) after the SOG



OH (obr. 8). Široké využití tohoto souboru bylo podpořeno po OH realizací bruslařské haly pro rekreační bruslení. Hala je zastřešena lanovou konstrukcí. Osnova nosných lan je nesena mohutným ocelovým příhradovým obloukem o rozponu cca 100 m. K lanové konstrukci je připevněn dřevěný rošt, do kterého je upnuta průsvitná membrána (Prof. Ackermann, obr. 9 a 10).

Mnichovský olympijský soubor poznamenal rozvoj stavebních konstrukcí i v další technologii zastřešení – ocelové membránové konstrukci. Pro OH 1972 byla postavena basketbalová hala s rozponem 90 m, zastřešena membránou z ocelového plechu tloušťky 3,5 mm, upnutou do železobetonového prstence (Georg Flinckerbush, obr. 11).

Ocelové membránové konstrukce dosáhly značného uplatnění na stavbách hal a stadionů pro OH, které se konaly v roce 1980 v Moskvě a Leningradě. Ocelové pásy tloušťky 4 až 8 mm byly svařovány (v případě univerzální haly v Leningradě nýtovány) na lešení. Výhoda této konstrukce byla spatřována v nízké konstrukční výšce a hmotnosti a také v tom, že membrána byla současně vodotěsnou izolací. Z hlediska architektonického a konstrukčního je z těchto staveb nejzajímavější velodrom v Krylatském. Zastřešení prostoru dlouhého 168 m a širokého 138 m je provedeno ocelovou membránou tloušťky 4 mm, která je upnuta do čtyř ocelových oblouků uzavřeného průřezu 2 x 3 m v podélném směru, které jsou na úrovni základů sepnuty táhlem. Stabilizaci membrány zajišťuje její vlastní váha (A. Ospenikov, A. Garkajev a N. Voroninová, obr. 12 a 13).

Montáž, značné objemové rozdíly vyvolané tepelnou roztažností (v hale v Leningradě uváděn pokles střechy při zvýšení vnější teploty až 2 m) a obtížná kontrola a údržba vnitřního povrchu membrány zabránily většímu uplatnění těchto konstrukcí.

Do vývoje konstrukcí sportovních staveb, a nejen sportovních,



Obr. 9 Konstrukce bruslařské haly v olympijském souboru v Mnichově
Fig. 9 The structure of the skating hall in olympic ensemble in Munich

Obr. 10 Zastřešení bruslařské haly v olympijském areálu v Mnichově
Fig. 10 The roof of skating hall in olympic ensemble in Munich

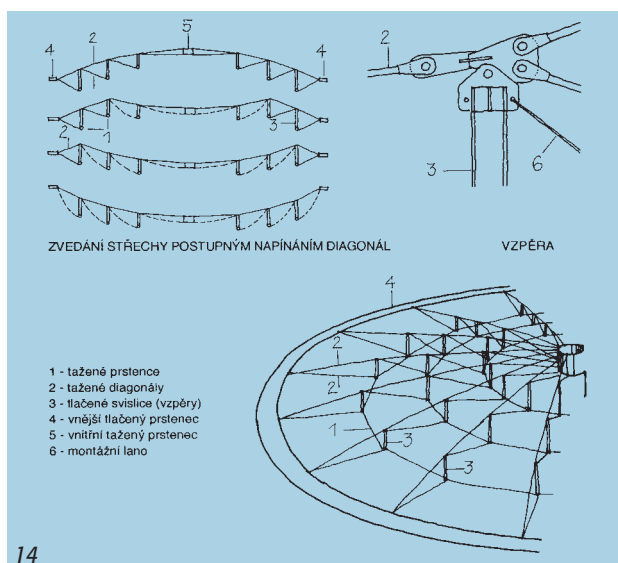
Obr. 11 Basketbalová hala pro LOH 1972 v Mnichově
Fig. 11 The hall for basketball for the SOG 1972 in Munich

Obr. 12 Velodrom pro LOH 1980 v Moskvě
Fig. 12 The velodrome for the SOG 1980 in Moscow

Obr. 13 Interiér velodromu pro LOH 1980 v Moskvě
Fig. 13 The interior of the velodrome for the SOG 1980 in Moscow

zcela zásadně vstoupily textilní konstrukce. V roce 1967 Roger Taillibert a Frei Otto navrhli pro zastřešení 2 200 m² plochy plovárny na bulváru Carnot v Paříži první mobilní plachtovou konstrukci. V roce 1970 spolu realizovali ještě zastřešení plovárny David d'Angers v Paříži a plovárny v Reims. Vhodný textilní materiál byl





14

Obr. 14 Statický princip konstrukcí zastřešení hal pro LOH 1988 v Soulu
Fig. 14 The static principle of the roof of halls for the SOG 1988 in Soul

Obr. 15 Hala pro LOH 1988 v Soulu
Fig. 15 The hall for the SOG 1988 in Soul

Obr. 16 Fotbalový stadion Allianz Arena v Mnichově
Fig. 16 The football stadium Allianz Arena in Munich

však vyvinut až pro zakrytí olympijského stadionu v Montréalu použitím vlákna, které N.A.S.A. používala na ochranné části raket. Díky tomuto vláknu byla vyrobena nehořlavá tkanina mající stejné mechanické vlastnosti jako ocel, ale jejíž měrná váha je několiknásobně menší.

Osmdesátá léta v Anglii jsou léta architektury High-Tech, architektury, která vyjadřovala dobu technologických převratů v průmyslové výrobě a pro kterou koncept lehkosti a průsvitnosti byl vyjadřovacím prostředkem prostoru a lehkosti. Předepnuté membránové konstrukce uvolnily vnitřní prostor a vytvořily příležitost pro novou artikulaci prostoru, vždy však vyjádřenou logickou formou konstrukce. Na konci minulého století představují tyto konstrukce vyspělou technologii a inovaci v architektuře sportovních a dopravních staveb.



16

Literatura:

- [1] Stráský J.: „Visuté předpjaté střechy“, BETON TKS 5/2005 a 1/2006
- [2] Štěpánek P., Navrátil A.: Vzpěra, lano a membrána v architektuře, ČVUT Praha 2000
- [3] Stick G.: Stadion 2006 der Fussballweltmeisterschaft, Birkhauser, ISBN-13: 978-3-7643-7247-7



15

Pro OH v Soulu v roce 1988 byly realizovány dvě haly kruhového půdorysu o rozponu 90 a 120 m. Statický koncept „lanové kupole“ (cable dome) je vytvořen předpjatou prostorovou příhradovinou z lan, upnutou do vnějšího a vnitřního prstence, které eliminují vodorovné síly. Touto konstrukcí dosáhl konstruktér D. H. Geiger rekordní minimální váhy zastřešení – 9 kg/m². Prostorová lanová příhradovina je pokryta membránou ze skelného vlákna, potaženou silikonovou folií (obr. 14 a 15).

Uplatnění membránových konstrukcí, užívaných již více než čtyřicet let, se stále rozšiřuje. V roce 1991 bylo v Evropě prodáno 300 000 m² technického textilu a jeho spotřeba každoročně stoupá o 5 až 10 %.

Jedna z posledních realizací, která představuje membránovou, pneumaticky předpjatou konstrukci, jako ucelený plášť, je fotbalový stadion Allianz Arena v Mnichově (Herzog & de Meuron, 2005, obr. 16). Nosný rastr pláště je vytvořen dutými ocelovými tyčovými díly, na kterých jsou připevněny kotevní prvky, do kterých je upnuta membrána ETFE ve formě nafouknutých polštářů. ETFE, materiál odolný proti požáru a mechanickému poškození, je samočisticí.

Neustálý vědecký výzkum těchto materiálů vede k inovaci stavebních materiálů, jejichž vlastnosti ovlivňují vývoj sportovních staveb a jejich využitelnosti. Potenciál inovačních stavebních konstrukcí je založen na technologiích lepení technických materiálů a plastů, vyztužených skleněnými vlákny. Tyto materiály mají vysokou mechanickou pevnost, přibližně čtyřikrát nižší hmotnost než ocel, nízkou schopnost vedení tepla, propouštějí světlo a jsou odolné proti korozi.

Pokud se mají proklamace o využitelnosti staveb pro OH ve smyslu jejich adaptability, mobility a dočasnosti skutečně naplnit, nelze odvíjet koncepční úvahy jen na zkušenostech a znalostech minulých a současných. Nové technologie a stavební materiály, které budou v době realizace olympijských staveb a zařízení zcela určitě k dispozici, podstatně a významně ovlivní celou strategii jejich přípravy, realizace a následné využitelnosti po olympijských hrách. A nejen to. Zcela určitě ovlivní i urbanistické úvahy o jejich funkčním a kompozičním zapojení do struktury měst a krajiny, a stanou se tak trvalým odkazem olympijských her.

Prof. Ing. arch. Arnošt Navrátil, CSc.
Fakulta architektury ČVUT v Praze
Ústav nauky o budovách
Thakurova 7, 166 34 Praha 6
e-mail: navratil@fa.cvut.cz