

SAZKA ARENA

Ocelová konstrukce zastřešení



Cena Inženýrské komory 2004

Popis projektu

Víceúčelová Aréna Sazka byla dokončena k datu konání Mistrovství světa v ledním hokeji v Praze v dubnu 2004. Kromě sportovních akcí v mnoha odvětvích zde budou pořádány kulturní a společenské akce různého druhu. Aréna je vybavena moderní technologií s pohyblivými spodními tribunami a ve střešním prostoru mosty a pohyblivými lávkami, které umožňují rychlé změny scénáře jejího využití. Zastavěná plocha arény je $35\,000\text{ m}^2$, obestavěný prostor $990\,000\text{ m}^3$. Hlavní aréna pojme $11\,000 - 18\,000$ diváků podle účelu, ke kterému hala právě slouží. Pro zastřešení byla zvolena netradiční, ale velice efektivní koncepce prostorového vzpínadla radiálního schematu, která se ukázala výhodnou z hlediska funkčního, ekonomického, ale i estetického. Zároveň je to však konstrukce náročná z hlediska technologie výroby, montáže a teoretické přípravy.

Vnější tvar střechy arény, kulový vrchlík o průměru 135 m a vzezření 9 m , byl definován architektonickým řešením. Prvním krokem před návrhem variantních řešení byla rešerše obdobných staveb ve světě, přičemž největší inspirací byly některé konstrukce arén v USA a Japonsku. Z několika zpracovaných variant byla nakonec zvolena netradiční, technicky náročná, ale jak se později ukázalo i velice efektivní koncepce prostorového vzpínadla s 36 radiálními trubkovými příhradovými vazníky s předpjatými táhly, které se sbíhají na centrálním válcovém tubusu u průměru 18 m , výšce $12,3\text{ m}$. Konstrukci doplňují svislá ztužidla v centrických kruzích, která zajišťují stabilitu spodního pasu a zároveň spolupůsobí s vazníky klenbovým účinkem. Střecha je uložena na betonové konstrukci dilatované na 6 částí na 32 kyvných a čtyřech vetknutých sloupech spojených ve vrcholu se čtyřmi betonovými jádry umístěnými ve středech dilatačních úseků. Čtyři hrncová mostní ložiska, uložená mezi vetknutými sloupy a vazníky, umožňují pouze radiální pohyb a střechu tak stabilizují v prostoru vůči betonové hale.

Po návrhu koncepce řešení v období leden-únor 2002 byly pak v období od března do listopadu 2002 zpracovány všechny stupně projektové dokumentace ocelové konstrukce. Statický výpočet si dodavatel stavby nechal nezávisle posoudit skupinou odborníků.

Parametry a tvar konstrukce byly také ovlivněny profesemi, které byly ve střechě umístěny, tedy např. vzduchotechnikou, akustikou, ale zejména unikátní divadelní a audiovizuální technikou. Jednalo se např. o kruhové a pohyblivé mosty s vrátky, osvětlení a spouštěcí gondoly nebo multimediální kostku. Po doladění vzájemných vazeb tvoří prvky divadelní a audiovizuální techniky s ocelovou konstrukcí střechy integrální celek. Kruhové mosty jsou umístěny v prostoru mezi vazníky a táhly, multimediální kostka může být zasunuta v prostoru uvnitř dutého centrálního tubusu. Střešní krytinu tvoří tangenciálně pnuté sendvičové panely uložené přímo na horních pasech vazníků. Střecha je schopna přenést stovky tun zatížení, které mění polohu podle účelu použití haly. Zatížení může mít asymetrickou polohu s vysokou místní intenzitou. Při hmotnosti nosné konstrukce necelých 120 kg/m^2 je celkový průměrný součet zatížení 400 kg/m^2 , při místní koncentraci i daleko vyšší. Po dokončení konstrukce bylo oceněno i její estetické působení, které bylo zvyrazněno barevným řešením.

Od prosince 2002 do února 2003 byla zpracována dílenská dokumentace po pečlivé technologické přípravě s výrobcí a zároveň byly zpracovány postupy při předpínání a aktivaci konstrukce. Všichni výrobci bravurně zvládli tvrdé požadavky na kvalitu a přesnost výroby, zejména při tak náročných operacích jako je např. ohýbání a svařování silnostěnných trubek středového tubusu. Při výrobě tak byla potvrzena vysoká úroveň tohoto oboru v ČR. Táhlá z materiálu S460 s válcovaným závitem, únosnosti přes 300 t a s možností měřitelného předpínání s použitím hydraulického zařízení na napínákové matice umožnila návrh jednoduchých detailů kotvení a projekt předpínacích a aktivačních postupů s vysokou přesností.

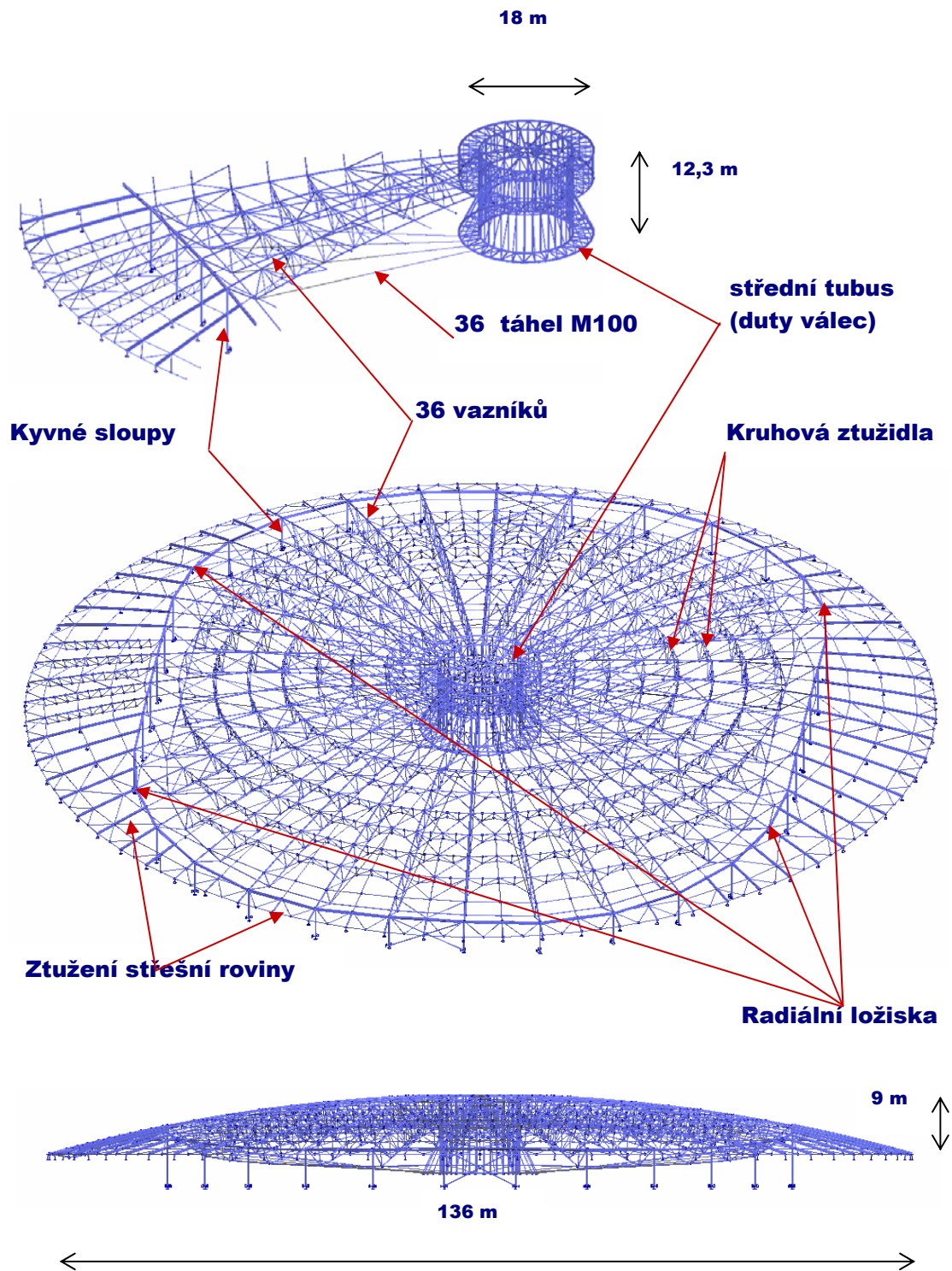
Montáž střechy, která skýtala mnoho náročných operací vyžadujících pečlivou teoretickou přípravu. Probíhala na střední provizorní podpoře (pižmu) po usazení 170 t těžkého středního tubusu asymetricky, s ohledem na nepřístupnost staveniště ze strany Malé arény. Náročná byla manipulace s nepředepnutými táhly včetně zajištění jejich polohy se stanoveným průvěsem před předepnutím. Průvěs byl určen s ohledem na eliminaci nelineární složky tuhosti táhla pod 3% lineární složky. Samotný proces předpínání a spouštění konstrukce z 12 hydraulických podpor ve třech krocích byl teoreticky podrobně připraven, takže vlastní práce proběhly až překvapivě hladce a rychle. Táhlá se předpínala ve dvou krocích, přičemž hodnoty předpínacích sil byly vypočteny s ohledem na fakt, že byly vnášeny ve stavu uložení konstrukce na podpoře a s ohledem na jejich vzájemné ovlivnění při postupném předpínání po symetrických čtveřicích. K tomu sloužila výpočtem určená matice incidence (vzájemného působení táhel) při

předpínání. Všechny montážní a aktivační stavy byly kontrolovány geodeticky a síly v táhlech měřené hydraulicky při předpínání byly zároveň měřeny na tenzometrech, které byly složeny ze dvou tenzometrických jednotek na sebe kolmých, čímž byla zajištěna teplotní kompenzace. K samotnému zaznamenávání byly použity ústředny a PC zajišťující on line sledování sil v táhlech. Vztah mezi silou a přetvořením byl vyzkoušen na zkušebním vzorku v laboratoři. Na 3 krátké, vzorky táhla byly přilepeny tenzometry z nichž každý tvoří plný elektrický můstek a táhlo bylo napjato na zatěžovacím přístroji. Podle měřicího protokolu byl stanoven vztah mezi silou a protažením. Konstrukce byla ověřena statickou a dynamickou zkouškou, jejíž součástí bylo měření průhybu konstrukce a sil v táhlech v průběhu montáže, předpínání, aktivace (spouštění) a následně jejího přitěžování střešním pláštěm a dalšími technologiemi. Na závěr byla měřena dynamická odezva konstrukce při nevhodném zastavení multimediální kostky. Rozdíly mezi naměřenými a teoretickými hodnotami byly na hranici přesnosti měření. Soubor měření je cenným materiálem pro utvoření představy o shodě teoretického modelu a skutečného chování složitých prutových prostorových soustav.

Úspěšnost akce byla při vypjatých termínových podmínkách podmíněna nadstandardním přístupem všech zúčastněných, jak v projekčním týmu, který sestavil GP tak při vlastní realizaci s generálním dodavatelem, výrobcí a montážní firmou. Při přípravě a realizaci bylo použito nových technologií a postupů při návrhu a realizaci v oblasti předpínaných prostorových ocelových konstrukcí. V rámci ocenění a při prezentacích na konferencích a seminářích byla oceněna zejména originalita, efektivnost a estetické působení zvoleného řešení.



Obr.1. Arena Sazka, letecký pohled při montáži



Obr. 2. Statické schéma konstrukce



Obr. 3. Předmontáž spodní části tubusu



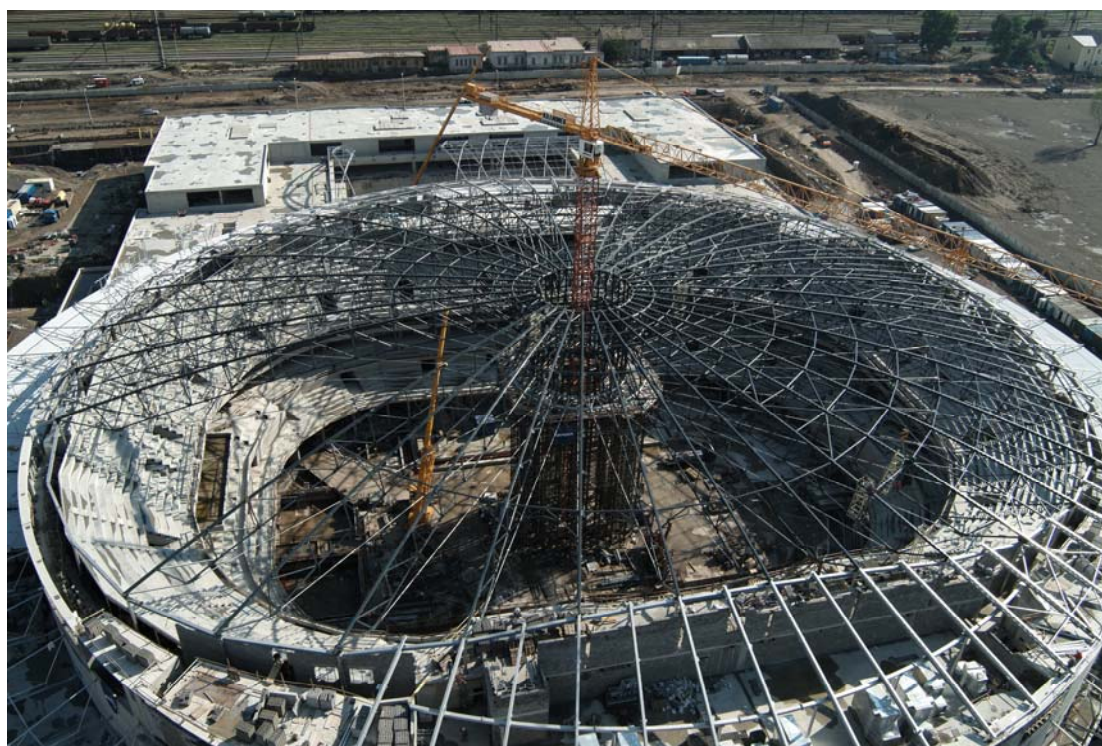
Obr. 4. Montáž horní části tubusu



Obr. 5. Konstrukce po dokončení 1/4 vazníků
Obr. 6. Montáž dvojice vazníků a táhel



Obr. 7. Styk vazníků a táhel s centrálním tubusem



Obr. 8. Montáž vazníků, táhel a ztužidel, střední jeřáb pro montáž ztužidel a střešních panelů



Obr. 9. Předpínání táhel s použitím hydraulického zařízení



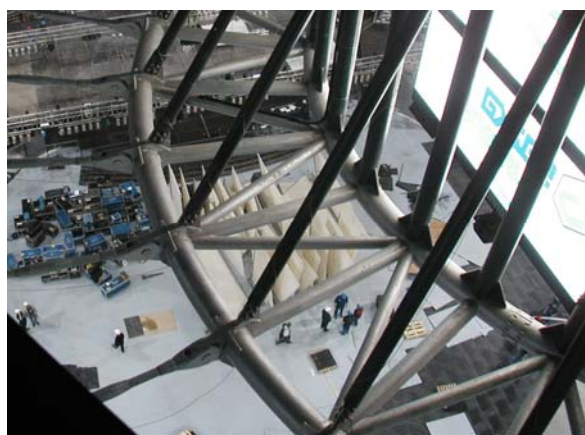
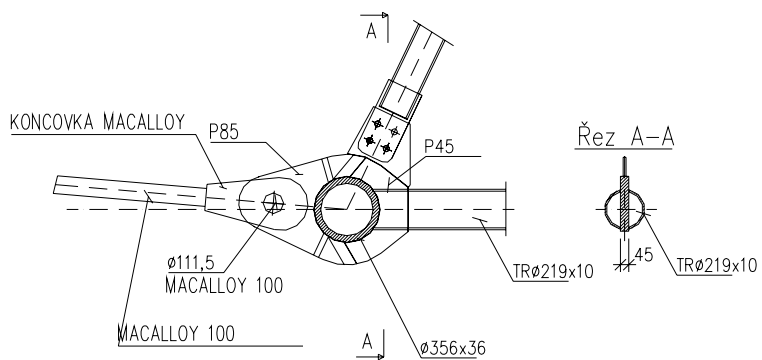
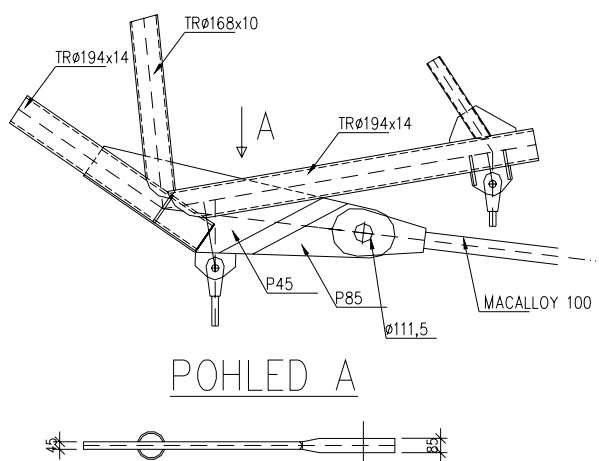
Obr. 10. Hydraulické zařízení pro předpínání a jeden z 12 zvedáků na kterých byl tubus uložen



Obr. 11. Konstrukce po odstranění provizorní podpory a po instalaci kruhových mostů



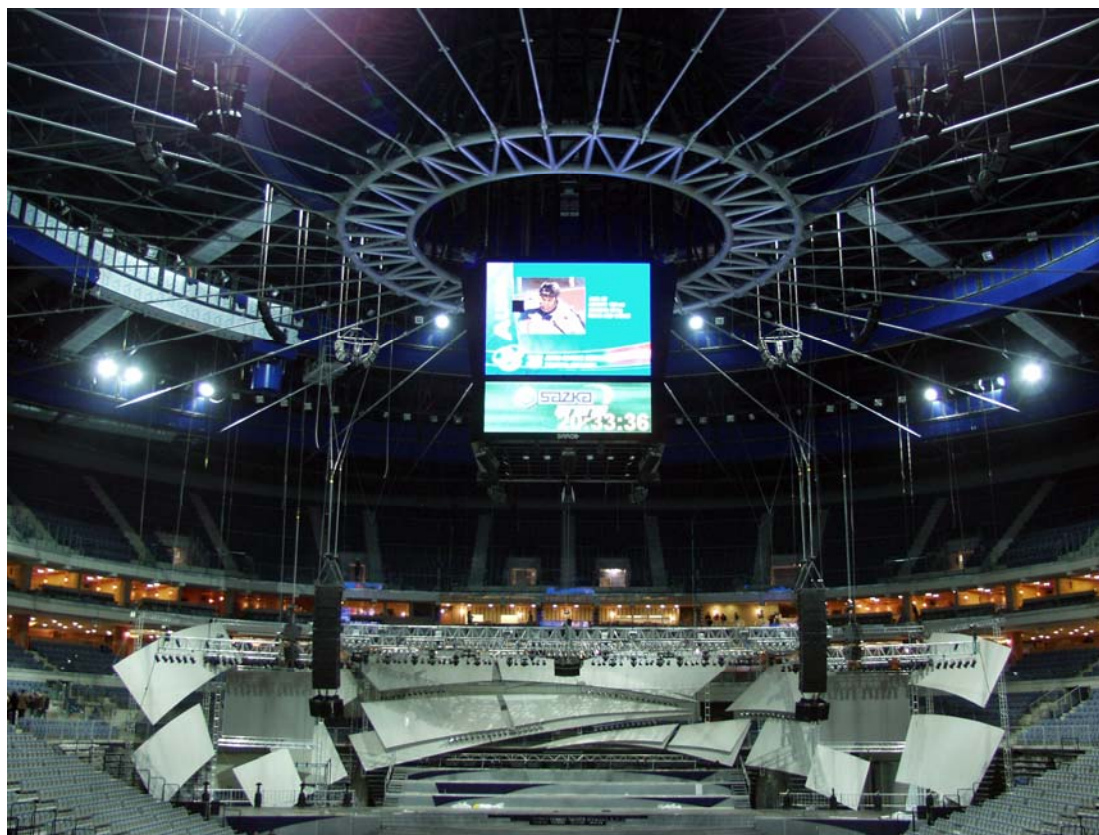
Obr. 12. Sazka Arena po instalaci střešních panelů



Obr. 13. – 17. Konstrukční detail připojení táhla k vazníku a k tubusu.



Obr.18. Spodní prstenec tubusu a táhla



8. Vnitřní pohled po instalaci videokostky

Obr.1