

Moravská galerie v Brně – ocelová konstrukce objektu Mrak

Objekt Mrak je součástí rekonstrukce budovy Uměleckoprůmyslového muzea (UMPRUM) Moravské galerie v Brně. Slouží jednak pro zastřešení terasy historické budovy a také jako umělecký interaktivní prvek. Tento příspěvek pojednává o návrhu, výrobě a montáži jeho nosné ocelové konstrukce, kterou zajišťovala společnost EXCON, a. s.

NÁVRH KONSTRUKCE

Nosná ocelová konstrukce objektu je navržena pro vynesení pneumaticky předepnuté ETFE fólie, kterou bude obalena. Sestává ze dvou obvodových prvků s příčným řezem tvaru H, přičemž horní slouží i jako odvodňovací žlab, vnitřních dvanácti rovinných vazníků, šesti trubkových sloupů, šesti táhlových závěsů, dvou tlačných vzpěr a kruhového prostupu ve spodní rovině. Délka horní části je nejvíce 32,3 metru, šířka 12,8 metru a výška nejvyššího bodu nosné konstrukce vyjma táhel činí 11,6 metru nad úroveň nové terasy.

Obvodové prvky nepravidelného tvaru působí jako dvojice propojená vazníky a zavětrovaná táhla v rovině mezi nimi, která má po obvodu proměnný odklon od svislého směru i vzájemnou vzdálenost. Vazníky s obloukovými trubkovými pasy, trubkovými svislicemi a diagonálami z táhel, se vzájemně kříží a tím tvoří prostorově tuhý celek. Konstrukce je uložena na sloupy v místech vazníků v malé vzdálenosti od spodního obvodového prvku, dva sloupy jsou samostatné, u dvou se dráčky sbíhají do jednoho bodu. Osazení sloupů na kotvení prvek, který je uchycen lepenými kotvami do stávajícího železobetonového suterénu, je přes ocelovou kouli, která tak zajištěná zářezkami tvoří ideální kloub. Konstrukce je z horního obvodového prvku uchycena k okolním budovám galerie a parkingu celkem šesti táhly, z nichž se dvě dvojice sbíhají do jednoho bodu, a dvojicí tlačných vzpěr.

Obvodové prvky jsou svařeny z plechu tloušťky 15 mm do tvaru nepravidelného H, který je dán návazností na geometrii ETFE fólie opláštění. Ta je pomocí systémových aluminiových lišt upevněna k horní hraně obou pásnic horního profilu a ke spodní hraně obou

IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

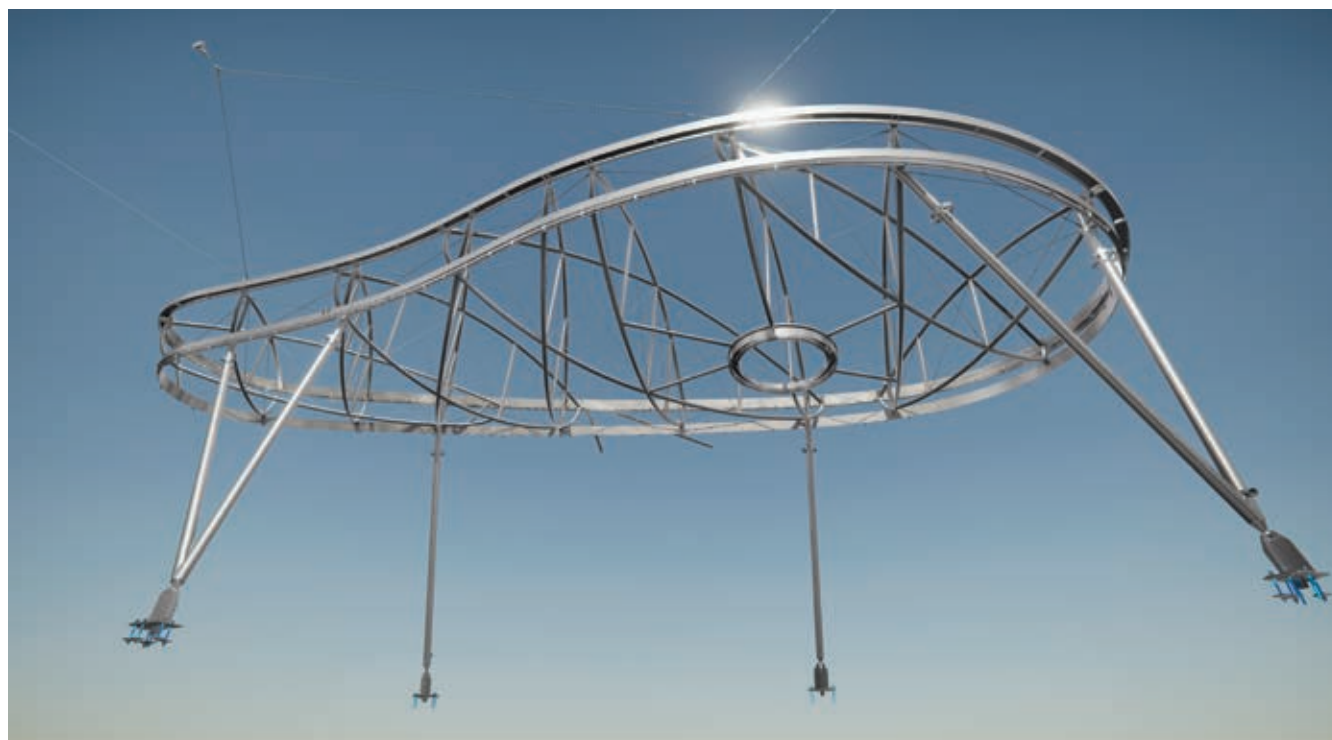
Lokalita:	UMPRUM, Husova 536/14, Brno
Investor:	Moravská galerie v Brně
Generální projektant:	Atelier Štěpán, s. r. o.
Generální dodavatel:	IM Development, s. r. o.
Výroba, dodávka a montáž ocelových konstrukcí:	EXCON, a. s.
Projektant části ocelové konstrukce:	EXCON, a. s.

HARMONOGRAM

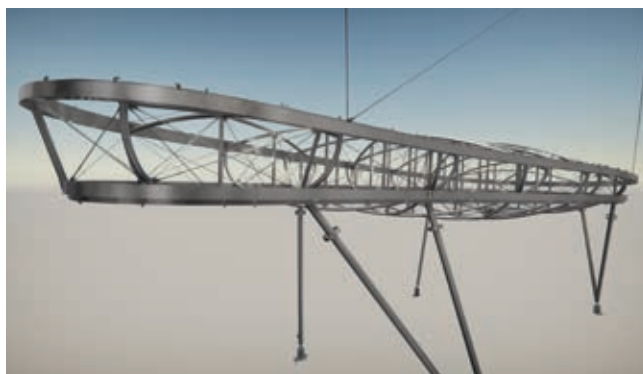
Projekt, výrobní a montážní dokumentace ocelové konstrukce:	12/2019 – 7/2020
Výroba a montáž ocelové konstrukce:	02/2020 – 11/2020

pásnic profilu spodního. Pásnice jsou v místech osazení lišt sfrézovány na tloušťku 8 mm. Na obvodové prvky jsou ještě navařeny pod různými úhly styčnickové plechy pro lana fólie.

Vazníky mají pasy z trubky 140 × 8 mm, zkroužené v různých poloměrech. Svislice jsou z trubek 114 × 6 mm. Diagonály tvoří systémová táhla M16 s koncovkami a napínací maticí v každém poli. Sloupy jsou z trubek 219 × 10 mm, jsou opatřeny prostupy pro vedení svodů dešťové vody, potrubí vzduchu pro tlakování ETFE fólie a elektro rozvody. Nosným prvkem prostupu ve spodní



Axonometrie nosné konstrukce, 3D model



Axonometrie nosné konstrukce, 3D model



Axonometrie konstrukce s ETFE, 3D model

části konstrukce je trubka 114×6 mm, zkroužená do poloměru 1,5 metru. Závěsy jsou ze systémových táhel M20. Pro umožnění natočení v obou směrech jsou použity v kotvení na objekty větší koncovky se sférickou vložkou na čepu a redukce na menší závit táhla. Pro tlačené vzpěry jsou použity systémové prvky průměru 140 mm a s koncovkami M48.

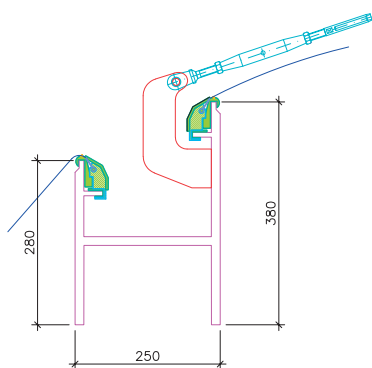
Všechny prvky hlavní nosné ocelové konstrukce jsou provedeny z oceli S355J2 a S355J2H, táhla z oceli S460. Protikoroziní ochrana konstrukce je provedena pro třídu korozní agresivity C3 polyuretanovým nátěrem, horní obvodový prvek sloužící jako odvodňovací žlab je opatřen přídatnou vrstvou.

PROJEKTOVÁ A VÝROBNÍ DOKUMENTACE

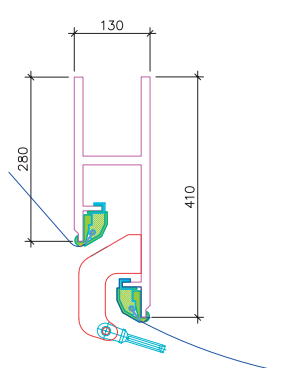
Vzhledem k navržené geometrii a nutnosti koordinace s navazujícími prvky bylo dané, že nosná ocelová konstrukce musí být zpracována v plném rozsahu ve 3D. Ve stupni RDS byl vytvořen nový model v programu Tekla, do kterého byla načtena základní geometrie z předchozího stupně. Dále byly v rámci prostorové koordinace dořešeny zejména návaznosti na ETFE opláštění včetně uchycení podpůrné sítě lan, průlez ve spodní ploše, rozvody odvodnění, VZT a elektro a podobně. Na základě geodetického zaměření a provedených sond byly doplněny návaznosti na kotevní místa sloupů, táhel a vzpěr.

Model byl dopracován do podrobnosti výrobní dokumentace včetně prvků montážních podpor pro dílenské i montážní polohování, uchycení podpor ke konstrukci bylo společné pro oba tvary. V souladu s navrženým výrobním postupem bylo zohledněno dělení jednotlivých prvků, doplněny pomocné přípravky pro sestavení dílů před montážním svařením. Z hlediska montážního postupu byly zkontrolovány přepravní rozměry jednotlivých dílců, maximální hmotnosti s ohledem na omezenou nosnost jeřábu a stabilita konstrukce v jednotlivých montážních fázích. Byla vyexportována NC data jednotlivých prvků pro načtení do páličního stroje a pilovrtací linky. 3D model této geometricky složité konstrukce byl pak dále využit ve všech dalších fázích výroby i montáže.

PŘÍČNÝ ŘEZ HORNÍ
OBVODOVÝ PROFIL



PŘÍČNÝ ŘEZ SPODNÍ
OBVODOVÝ PROFIL



Tvar příčného řezu obvodových prvků a osazení listů ETFE

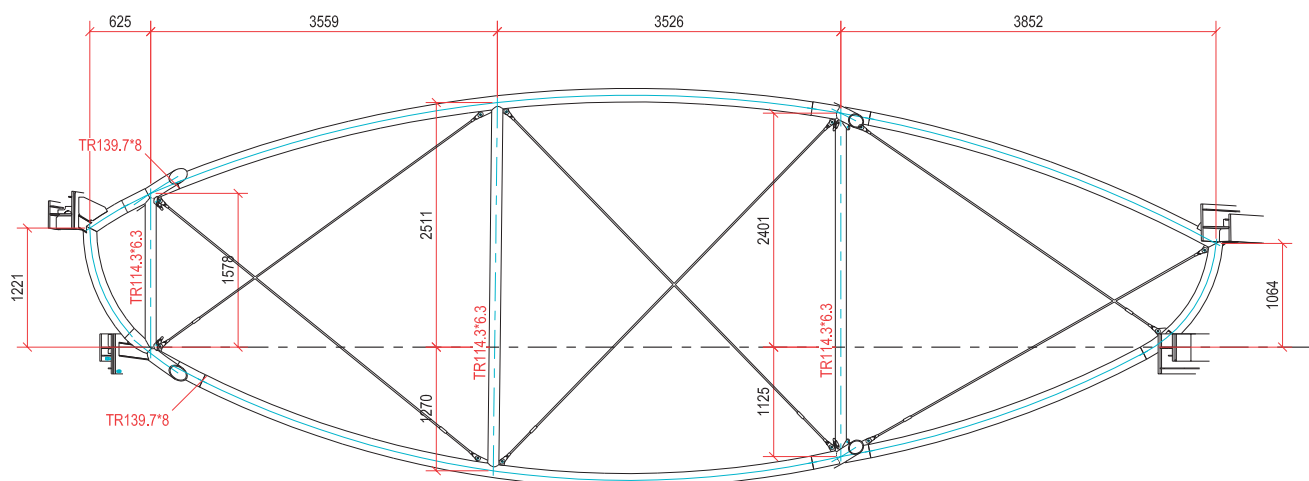
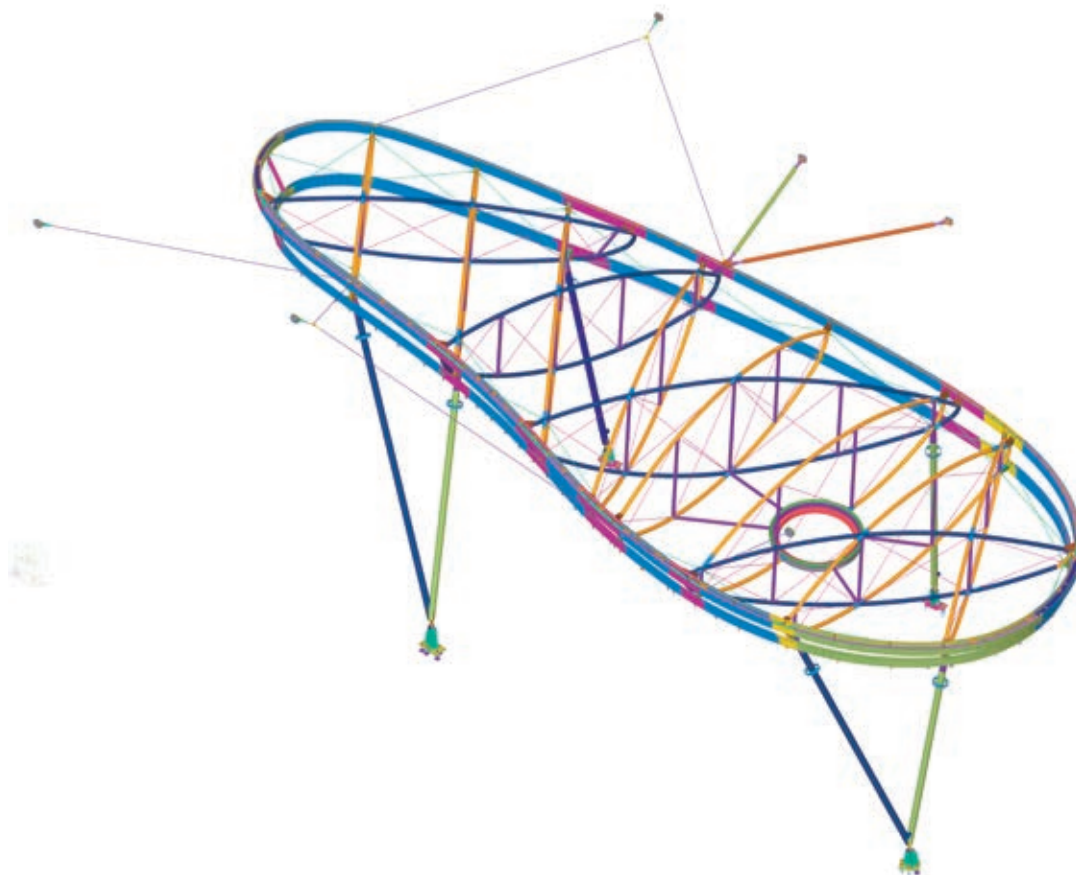


Schéma geometrie vybraného vazníku



Axonometrie nosné konstrukce – 3D model výrobní dokumentace

VÝROBA

Vzhledem ke geometrické složitosti konstrukce bylo rozhodnuto o dílenském sestavení horní části konstrukce a průběžné geodetické kontrole. Jednotlivé rovinné části (obvodové prvky, vazníky) byly „předsestaveny“ podle 2D výkresů a následně skládány do celkové sestavy. Spodní obvodový prvek byl podepřen ve vodorovné poloze, na něj kolmé vazníky pak byly svislé. Byla vytvořena síť tzv. kontrolních bodů, které byly trvale vyznačeny na konstrukci a v průběhu výroby geodeticky kontrolovány. Skutečný tvar byl pak porovnáván s 3D modelem a příslušně korigován. Zvláštní pozornost byla věnována správnosti geometrie částí konstrukce sloužící pro osazení lišt ETFE, které byly navíc v komplikovaných místech kontrolovány i s ohledem na možnost osazení lišt pomocí fyzického vzorku. Po



Dílenské sestavení horní části konstrukce

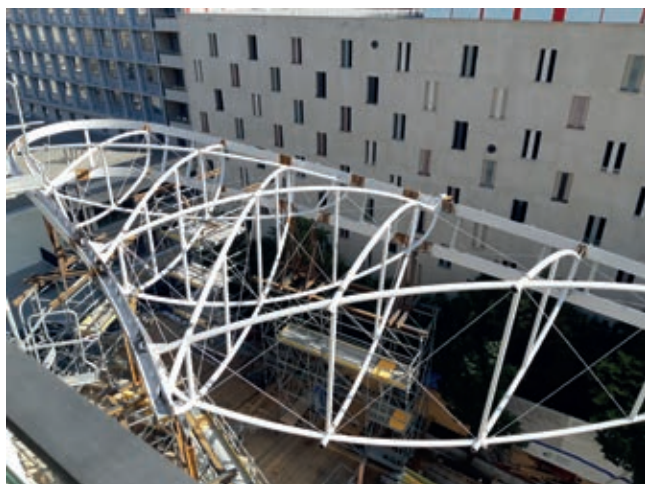


Dílenské sestavení, kontrola osazení lišty ETFE

kompletním dílenském sestavení horní části bylo provedeno podrobné geodetické zaměření prvků, na něž navazuje ETFE fólie, které sloužilo jako podklad pro její „doprojektování“ a výrobu. Konstrukce byla rozebrána na jednotlivé dílce a expedována do lakovny v pořadí podle následného návozu na montáž.

MONTÁŽ

Vzhledem k velmi stísněnému prostoru na staveništi a absenci skladových ploch byly jednotlivé díly konstrukce po dovezení rovnou osazovány mobilním jeřábem na podpůrnou dočasnou konstrukci. Po hrubém osazení byly polohovány do finální geometrie pomocí geodetického zaměření vyznačených kontrolních bodů. Konečná poloha konstrukce je odlišná oproti poloze při sestavování na dílně,



Montáž konstrukce na dočasných podporách

souřadnice kontrolních bodů tedy byly stanoveny pro tuto geometrii a vztaheny vůči souřadnému systému stavby. Po kontrole geometrie byly postupně jednotlivé dílce montážně svařovány a kompletována jednotlivá táhla vazníků a výpletu obvodových prvků. Po sestavení celé konstrukce včetně sloupů a kompletního svaření montážních spojů byly uvolněny dočasné podpory a poté dopnuta táhla zavěšení na okolní budovy. Následně byly realizovány opravy nátěrů a konstrukce předána pro montáž dalších částí objektu Mrak.

Neobvyklý tvar ocelové konstrukce bylo možno realizovat v daném, relativně krátkém, časovém intervalu zejména z důvodu jejího podrobného zpracování v prostorovém modelu a jeho využití ve všech fázích návrhu, výroby a montáže. V době vzniku příspěvku (červenec/červen 2021) probíhají práce na dokončení celého objektu Mraku a nezbývá, než se těšit na konečnou podobu dokončeného díla.

Ing. David Jermoljev, Ph.D.

jermoljev@excon.cz

Ľudovít Beňo

EXCON, a. s.



Dokončená ocelová konstrukce, detail napojení táhel a vzpěr



Dokončená ocelová konstrukce, pohled zespodu



Dokončená ocelová konstrukce, pohled shora