

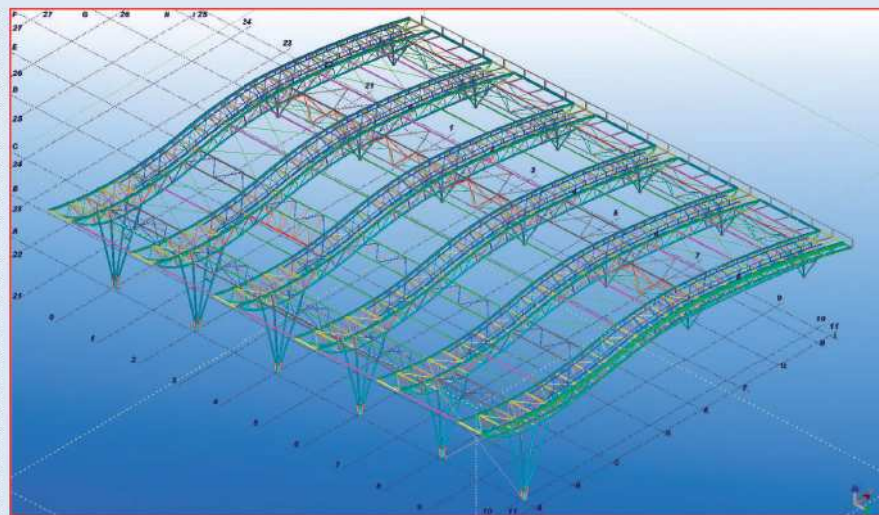
OK Letiště M. R. Štefánika v Bratislavě

Ocelové konstrukce nového terminálu letiště M. R. Štefánika v Bratislavě se dají rozdělit do dvou logických částí. Hlavním celkem je nosná konstrukce zastřešení, tři obvodových fasád a markýzy přednádraží hlavní budovy terminálu, dalším pak konstrukce spojovacích mostů, nástupních lávek a přístřešků. V první etapě byla vyprojektována a realizována část haly terminálu, přiléhající ke stávajícímu terminálu, tvořící 2/3 celkového rozsahu, celá podélná lávka s propojením do stávajícího nástupního prstu a čtyři spojovací mosty. Druhá etapa bude realizována po převedení provozu stávajícího terminálu a odstranění jeho konstrukce. Celý návrh byl proveden dle soustavy norem EN včetně posouzení vlivu zatížení seismicitou, které je v dané lokalitě předepsáno.

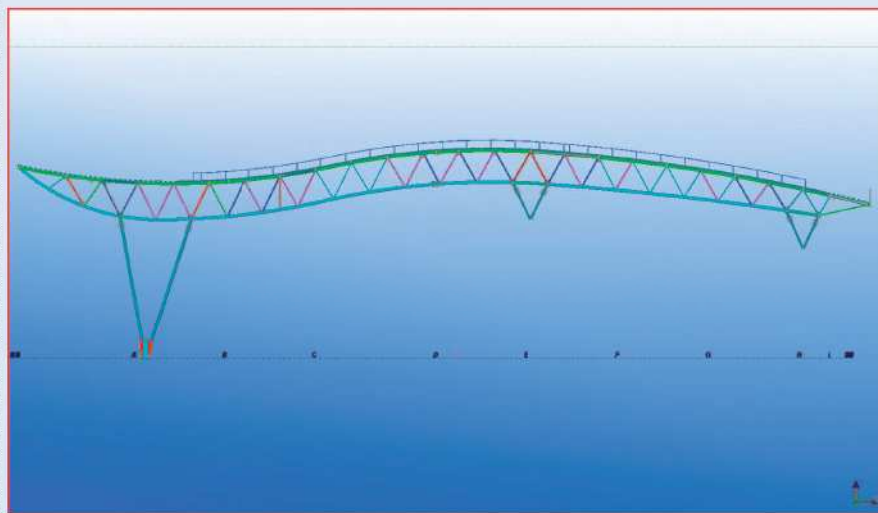
KONSTRUKCE HALY TERMINÁLU

Nosná konstrukce střechy haly terminálu je tvořena šesti spojitými příhradovými prostorovými vazníky o dvou polích s převislými konci (obr. 1). Vazníky mají vzájemnou osovou rozteč 18 m. Rozpětí polí je 38,25 + 27 m, převislý konec směrem k přednádraží tvoří konzola délky 11,8 m, směrem k letištní ploše délky 6,5 m. Vazníky mají lichoběžníkový příčný řez šířky 5 m v horní rovině, 3 m ve spodní rovině a proměnné výšky. Kopírují navržený tvar střechy, složený z jednoho konvexního a dvou konkávních oblouků různých poloměrů (obr. 2). Prvky vazníků jsou s výjimkou horizontál horní roviny trubkové, zkroužené pasy jsou průměru 324 mm. Na horizontálách horní roviny z válcovaných H profilů je osazena světlíková obruba. Složitě styčníky vazníků nelze posoudit dle zjednodušených návodů normy, byly proto modelovány metodou konečných prvků a zejména z důvodu vyloučení porušení prolomením vyztuženy (obr. 3). Veškeré nosné prvky jsou z oceli jakosti S355.

Vazníky jsou každý uložen na třech sloupech. Všechny sloupy sestávají ze čtyř dříků, vycházejících ze styčnicků vazníku a sbíhajících se v jednom bodě v místě zakotvení. Sloup u přednádražní fasády je osazen na kotevní patku na úrovni podlahy hlavní haly (úroveň -0,080), vnitřní sloupy jsou osazeny na sloupy železobetonové vestavby (úroveň +13,500 a +10,700). Kotevní patka přednádražních sloupů byla finálně navržena jako ocelobetonová z velkopřůměrové roury průměru 711 mm (obr. 4). Ocelová část byla nasunuta na armokoš, zabetono-



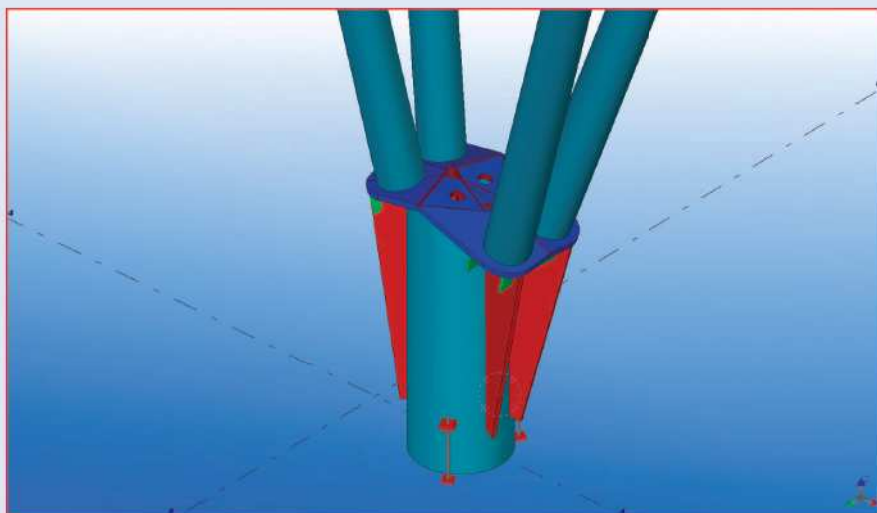
Obr. 1 – Nosná konstrukce střechy haly terminálu je tvořena šesti spojitými příhradovými prostorovými vazníky o dvou polích s převislými konci.



Obr. 2 – Vazníky kopírují navržený tvar střechy.



Obr. 3 – Složitě styčníky vazníků byly modelovány MKP.

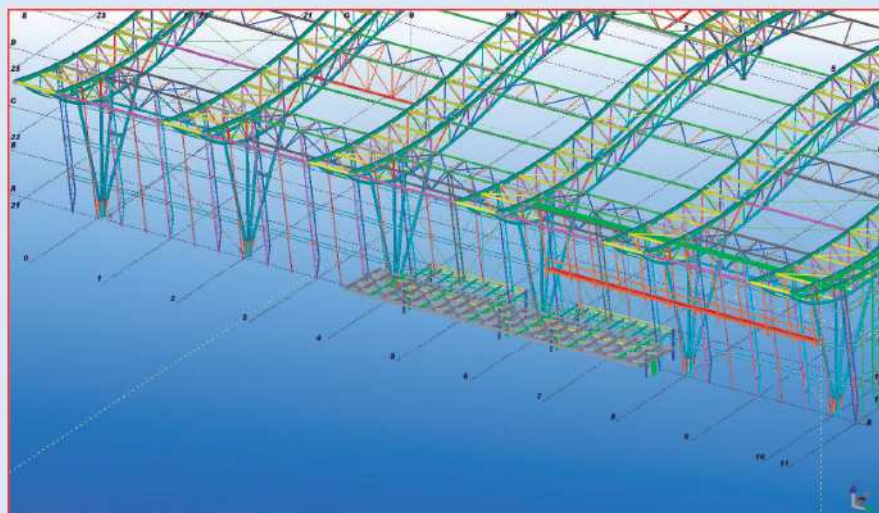


Obr. 4 – Kotevní patka přednádražních sloupů

cí druhé etapě je zaplášťena pouze dočasně. Fasáda přednádraží je překloněna směrem z haly ven o 10° , konstrukční systém tvoří příhradové sloupky na celou výšku haly s rozestupy 6 m, mezilehlé sloupky a vodorovné nosníky které je podporují (obr. 6). Součástí fasády jsou i konstrukce vstupů, nad kterými je nosný systém fasády vyvěšen táhly a celosvařovaná markýza. Nosný systém markýzy tvoří rám tvaru obráceného L ze sloupu a konzoly příčle. Ty jsou z konstrukce střechy vyvěšeny a předepnuty vzhůru táhly M48 proti nadzdvížení větrem, protože uchycení rámu do země nebylo z estetických důvodů umožněno. K rámu je pevně připojena deska markýzy, která je ještě v mezilehlých bodech vyvěšena v závěsy. Před fasádu je zavěšena konstrukce pro nápis, jeho součástí je lávka pro údržbu fasády. Boční fasáda má v části přilehlé k fasádě přednádraží systém



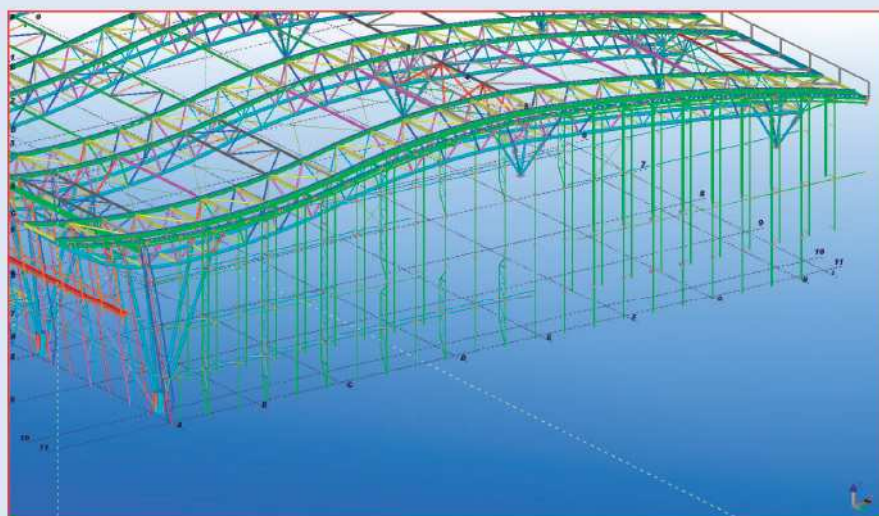
Obr. 5 – Dovaření vrchních plechů patky



Obr. 6 – Konstrukční systém fasád tvoří příhradové sloupky.

vaný do stropní desky, spolupůsobení je zajištěno navařenou spirálou z výztuže na vnitřní straně roury. Roura byla vybetonována cca 100 mm pod vrchní okraj, beton řádně zhutněn ponornými vibrátory, následně dovařeny vrchní plechy s otvory (obr. 5), kterými byl doplněn zbylý prostor vysokopevnostní maltou.

Stabilita konstrukce je zajištěna v rovině vazníků rámovým působením vazníku se sloupy. Tuhost spodní železobetonové konstrukce se však pro různé vazby velmi liší, podpory krajních dvojic jsou spojeny s tuhými jádry, podpory vnitřní dvojice nikoliv. Pro zajištění podobné hodnoty vodorovné deformace a její spojitosti je proto navrženo mohutné podélné vodorovné příhradové ztužidlo v úrovni vnitřních sloupů. V podélném směru je stabilita zajištěna vždy u vnější dvojice vazeb, které jsou ve střešní rovině zavěšeny předepnutými táhly M42 S460. Vysoké sloupky přednádraží jsou rovnoběžně s fasádou zavěšeny předepnutými táhly M76 S460, v úrovni vnitřních sloupů je vždy dvojice vazníků doplněna příhradovým ztužidlem pro rámové působení. Tato ztužidla



Obr. 7 – Boční fasáda

jsou doplněna mezi dalšími vazbami, kde slouží k přenosu podélných sil a zajištění spodních tlačných pásů.

Konstrukce fasád jsou na všech třech stěnách rozdílné, čtvrtá stěna, přilehlá k budou-

obdobný, ve zbylé části, ve které k fasádě dobíhají vnitřní stropní desky je tvořena příhradovými sloupky, dělenými mezi desky, a trubkovými sloupky (obr. 7). Před touto fasádou je z hlavních sloupů vyvěšena konstrukce pro



Obr. 8 – Sestavení přepravních dílů vazníku na předmontáži



Obr. 9 – Dočasné podpory



Obr. 10 – Aktivování střešních a stěnových táhel



Obr. 11 – Aktivování střešních a stěnových táhel



Obr. 12 – Předpětí táhel pomocí hydraulického zařízení



Obr. 13 – Konstrukce před propojením zavětrovaných částí



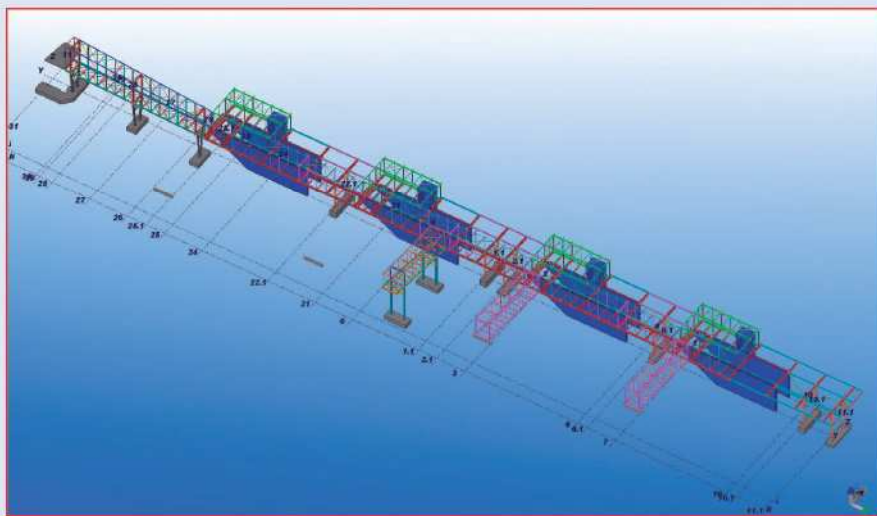
Obr. 14 – Aktivování táhel markýzy



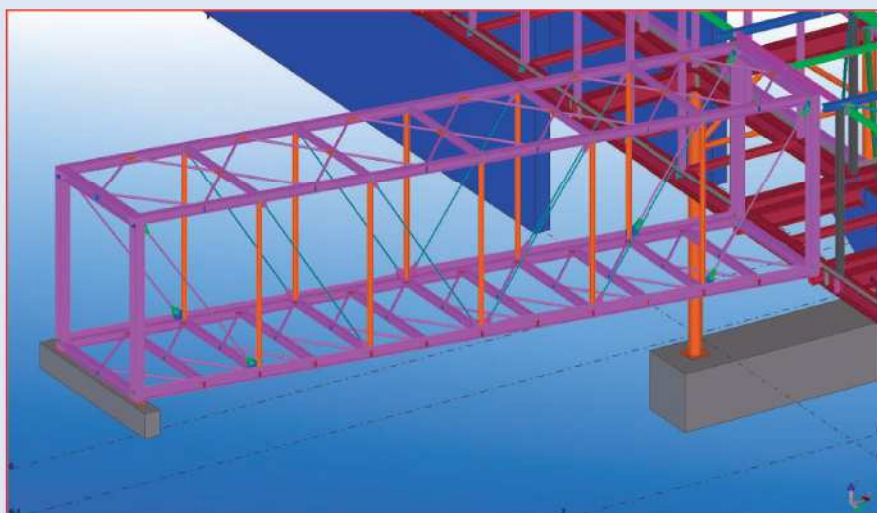
přípevnění slunolamů. Fasáda směrem k letištní ploše je nesena ocelovou konstrukcí pouze ve své horní polovině, nosnou konstrukcí jsou pouze sloupy s roztečí 4,5 m z hranatých obdélníkových trubek.

Vazníky byly děleny na 4 přepravní díly, z nichž byly na předmontážní ploše sestaveny dva díly montážní, vzájemně spasované a kalibrované (obr. 8). Na směrově i výškově zrektifikované osazené vnitřní sloupy

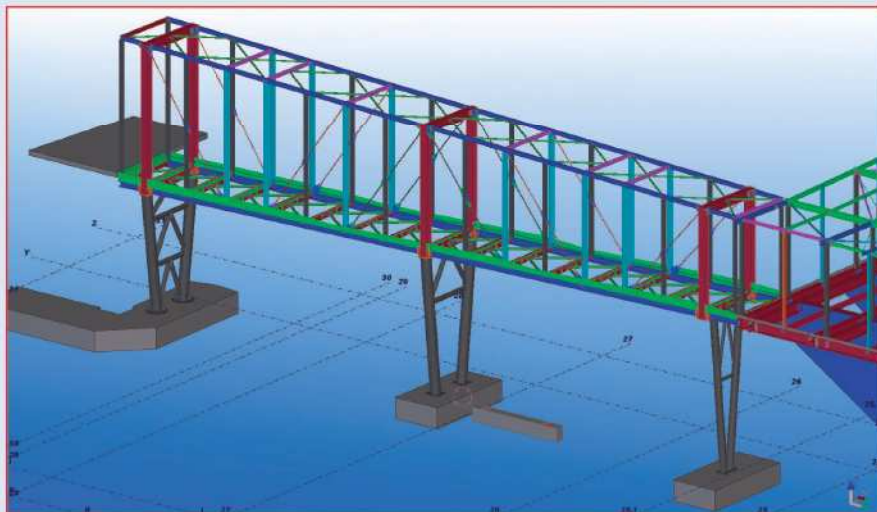
byl vždy osazen jeřábem s max. nosností 600 tun nejprve zadní montážní díl vazníku, následně pak byl osazen díl přední. Ten byl umístěn na dočasné podpory, které byly odebrány po doplnění předních sloupů a připojení k zadnímu dílu vazníku (obr. 9). Maximální hmotnost montážního dílu činila cca 33 tun. Po zkompletování prvků propojení ve střešní rovině první dvojice vazníků byly osazený a aktivovány střešní a stěnová táhla (obr. 10, 11). Velikost vnášené síly, která byla kontrolována tenzometrickým měřením, byla cca 160 kN ve střešních táhlech a 540 kN v táhlech stěnových. Požadované předpětí bylo vneseno pomocí hydraulického zařízení dodavatelem táhel Macalloy (obr. 12). Ke ztužení první dvojici vazníků byly dále připojovány další příčné vazby, zároveň započalo osazování střešních panelů. Obdobně bylo postupováno i z druhé strany, na závěr byly obě části konstrukce propojeny (obr. 13). S montáží fasády bylo započato z boční strany ihned po aktivaci ztužení první dvojice vazníků. Dále byla sestavena konstrukce fasády přednádraží a aktivována táhla markýzy (obr. 14). Celá ocelová konstrukce haly terminálu byla smontována v období od října 2009 do ledna 2010 i přes velmi nepříznivé klimatické podmínky letošní zimy.



Obr. 15 – Podélná lávka



Obr. 16 – Spojovací mosty A1 a A2



Obr. 17 – Propojovací most C4

KONSTRUKCE LÁVEK MOSTŮ

Hlavním celkem této části je podélná lávka, sloužící jednak jako zastřešení nástupišť pro odjezd k letadlům a jednak jako temperovaná komunikace k těmto nástupišťům (obr. 15). Pro přístup z haly terminálu slouží dva spojovací mosty A1 a A2 (obr. 16), do doby zprovoznění druhé etapy doplněné provizorním mostem. Pro spojení podélné lávky se stávajícím prstem slouží most C4 (obr. 17). Samostatnou částí je most D, spojující provozní budovu s halou terminálu.

Dispozice podélné lávky je dána návazností na železobetonová jádra. Ocelovou konstrukcí je vytvořeno zastřešení mezi nimi a s přesahem na jednom konci, zastřešení podélného koridoru a prostoru nad jádry pro přístup k eskalátorům a výtahům. Hlavním nosným prvkem jsou příčné vazby z dvojice kruhových sloupů s příčlím s převislými konci v prostoru mezi jádry a nosníky přímo uložené na předem zabetonované desky železobetonových jader (obr. 18). Příčné vazby pak vynášejí podélníky. Podlahy jsou z železobetonových desek, provedených na ztraceném bednění z trapézových plechů. Z důvodu teplotních vlivů je konstrukce dilatována vždy na jednom kraji každého jádra. Spojovací mosty jsou prostorové příhradové nosníky se stěnovými diagonálami z táhel. Příčnou tuhost zajišťují koncové rámy. Spojovací mosty jsou uloženy pevně na konstrukci podélné lávky a kluzně ve směru jejich podélné osy na železobetonové průvlakly haly terminálu pomocí PTFE ložisek. Most C4 je

spojitý příhradový prostorový nosník o dvou polích lichoběžníkového tvaru s podélně proměnnou výškou. Je osazen na třech geometricky rozdílných podpórách tvaru V s trubkovými dírkami. Stěnové diagonály jsou tvořeny táhly, most je příčně a podélně propojen s konstrukcí podélné lávky (obr. 19). Most D má svařované prvky stěn z důvodu atypicky navržené geometrie (obr. 20). Je spojený přes dvě pole, střední podpora spočívá na ocelovém ložisku osazeném na železobetonovém sloupu, krajní sloupky jsou součástí příčných rámců zajišťujících stabilitu. Práce na celku mostů mohly být s výjimkou mostu D započaty až po montáži všech vazníků střešní konstrukce haly, neboť prostor kde jsou umístěny, byl jediný možný pro pohyb velkého pásového jeřábu pro montáž střešní konstrukce.

ZÁVĚR

Ocelové konstrukce nového terminálu letiště M. R. Štefánika v Bratislavě jsou tvarově specifické, ovlivněné architektonickými požadavky. Jejich podoba musela v mnohém vyjít vstříc extrémním nárokům na rychlost výroby a montáže. Bez ohledu na tyto vlivy vznikla dle našeho názoru konstrukce logická, v maximální možné míře respektující statické působení a využívající prostorové uspořádání. K tomu významně přispěla možnost použití technologie předpínaných táhel s tenzometrickým měřením vnitřních sil.

Ing. David Jermoljev,
jermoljev@excon.cz,
Ing. Petr Vlach,
vlach@excon.cz,
EXCON a.s.

Steel structure of Bratislava Airport of M. R. Štefánik

Steel structures of a new airport terminal in Bratislava can be divided into two logical parts. The main part is the load-bearing structure of the roofing, three exterior facades and awnings in the area in front of the main terminal building, then the structure of connecting bridges, boarding bridges and sheds. In the first phase, the part of the terminal hall, adjacent to the existing terminal, forming 2/3 of the entire range, as well as the entire longitudinal bridge with connection to the existing boarding area and four connecting bridges were designed and constructed. The second phase will be in progress after the transfer of operation from the existing terminal and removal of its structures. The entire design was prepared according to EN standards system, including assessing the impact of seismicity load, which is applied in the specific area.



Obr. 18 – Dispozice podélné lávky je dána návazností na železobetonová jádra.



Obr. 19 – Napojení mostu C4 na stávající nástupní prst



Obr. 20 – Most D má svařované prvky stěn.



„Výrobní dokumentace byla vydávána po částech dle harmonogramu montáže,“

vysvětluje Ing. David Jermoljev ze společnosti EXCON a. s.

V čem pro Vás byla zakázka bratislavského terminálu specifická?

Specifické byly zcela jistě požadavky na časový průběh a koordinaci prací – např. přesné dimenze a délky trubek pasů vazníků včetně geometrie skroužení jsme pro nákup materiálu museli vydat více než čtyři měsíce před konečným vydáním realizační dokumentace. Výrobní dokumentace byla vydávána po částech dle harmonogramu montáže, dokončena byla kompletně až po zahájení montážních prací. Bylo zapotřebí hlídat, abychom měli zapracovány pokud možno všechny návaznosti dalších profesí, před kterými byl projekt i výroba ocelové konstrukce ve značném předstihu. Pro montáž konstrukce musel být zpracován podrobný předpínací postup táhel, pro online vyhodnocení měřených sil, řešení odchylek a případných komplikací byla požadována účast projektanta při aktivaci na stavbě.

Existovaly nějaké požadavky nebo problémy, které jste museli zohlednit?

Požadavků byla celá řada. Jednak designové, jako absence diagonál ve spodní vo-

dorovné rovině a uvnitř hlavních střešních vazníků, tvar nosné konstrukce fasád, podoba viditelných detailů apod. Dále pak omezení ze strany realizace. Po prvním setkání se zástupci dodavatele prefabrikovaných betonových prvků musela být opuštěna koncepce kotevní patky přednádražního sloupu jako prefabrikátu a přeprojektována na ocelobetonovou variantu, v průběhu prací na výrobní dokumentaci bylo nutné reagovat na aktuální situaci na trhu z hlediska dostupného sortimentu profilů a jakosti materiálu. Musel být přepracován i montážní postup, aby bylo vyhověno požadavku na zahájení montáže střešního pláště a rastru fasád v co nejkratším odstupu za montáží ocelové konstrukce.

Jaká byla spolupráce s dodavateli OK?

Spolupráce byla výborná, s výrobou jsme byli v permanentním kontaktu. Přicházely nejen upřesňující dotazy, ale rovnou i návrhy úprav a řešení, ve výrobě pracují odborníci s kreativním přístupem. Veškerá dokumentace byla vydávána pouze digitálně přivěšením na náš server se sys-



Ing. David Jermoljev

témem Alex, výroba si vše sama stahovala. Tento přístup se maximálně osvědčil, v každý okamžik byla k dispozici kompletní aktuální dokumentace bez ohledu na vydané revize. Také příprava montáže byla zodpovědná a kvalitní, včetně důmyslného návrhu montážních pomůcek. V průběhu výstavby však již vzhledem k extrémnímu časovému tlaku přestávalo být možné veškeré vzniklé odchylky od projektové dokumentace konzultovat. Byl to trochu takový partyzánský přístup, ale s ohledem na konečný celkový čas výstavby je výsledek myslím kvalitní.

(vit)

Vidíme věci jinak.

Unikátní ocelové konstrukce navrhujeme kreativně a ekonomicky.

Naše myšlenky, znalosti a zkušenosti v oboru ocelových konstrukcí umožňují k Vaším přáním přistupovat kreativně a zároveň ekonomicky.

Disponujeme rozsáhlým technickým zázemím, vlastním výrobním závodem a technickou kontrolou na nejvyšší úrovni.

Spoléhejte na profesionály v oboru.

NÁVRH

DODÁVKA A MONTÁŽ

ŘÍZENÍ STAVEB

DIAGNOSTIKA



Konstrukce rozhledny
Velký Kármýk, Písek

ČSOB Radlická, Praha

Protihluková stěna - II. etapa, Hradec Králové

Stanice metra Střížkov, Praha

Hangár, letiště Ostrava - Mošnov

KO ETU II. - odsíření, Tušimice



SPOLEČNOST
JE ŘÁDNÝM
ČLEMEM ČAOK

EXCON, a.s.
Sokolovská 187/203, 190 00 Praha 9

Tel.: +420 244 015 111
Fax: +420 244 015 340

excon@excon.cz
www.excon.cz

