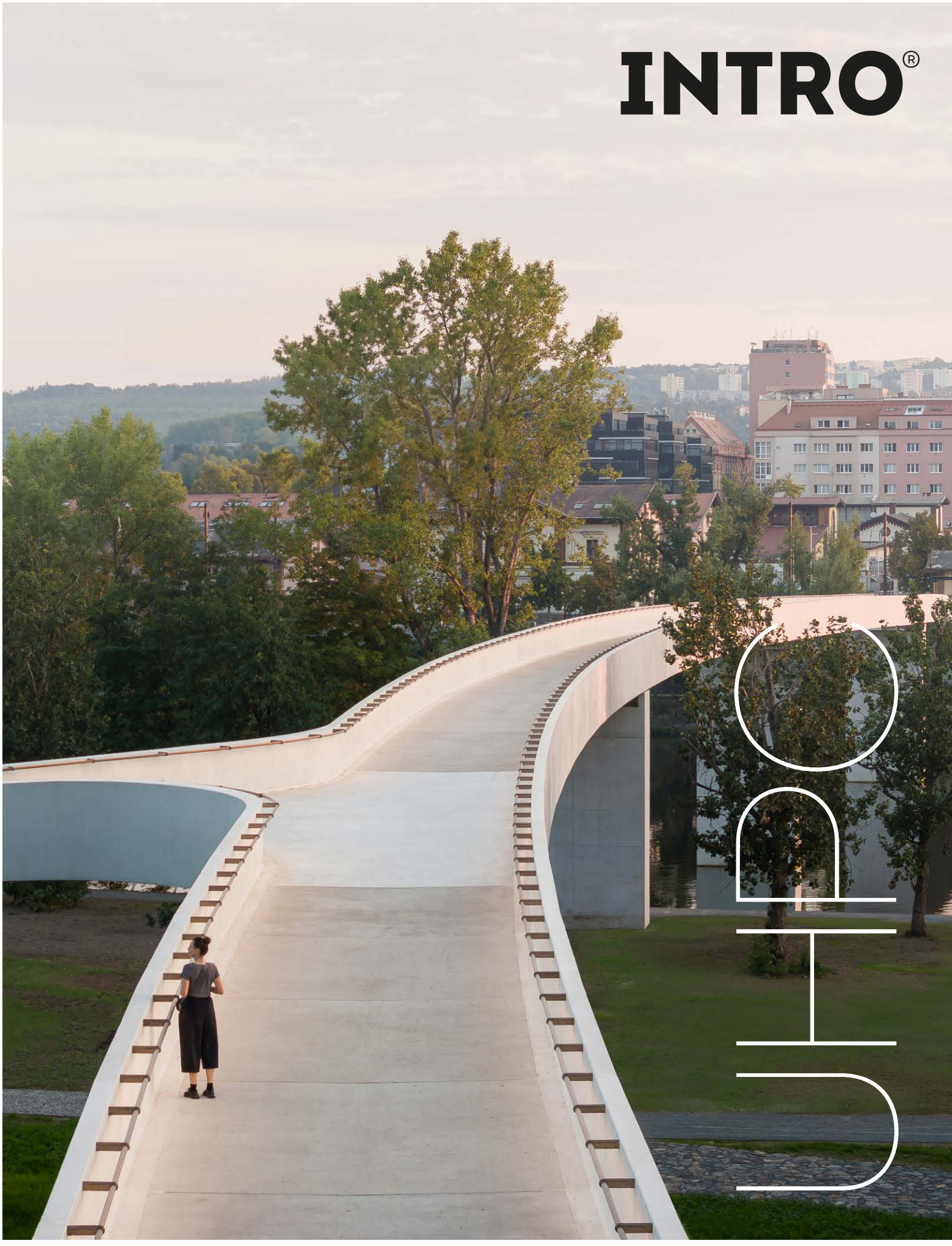
INTRO®



KŠ PREFA

TECHNOLOGIE BETONU PRO 21. STOLETÍ

UHPC (Ultra High Performance Concrete)
Ultravysokohodnotný beton je technologická špička ve světě stavebních materiálů.

INTRO®

—

INTRO EXTRA / LISTOPAD 2023
ISSN 2570-7744
evidenční číslo MK ČR: E 22388

VYDAVATEL / ADRESA REDAKCE
NAOS, s.r.o.
U Náhona 529/17, 503 01 Hradec Králové

ŠÉFREDAKTOR
Martin Verner, +420 607 859 977,
martin.verner@intro.cz

REDAKCE
Kristýna Brožová, Alena Hyblerová,
Tereza Šváchová

ART DIREKTORKA
Alena Hyblerová

REDAKČNÍ RADA
Zdeněk Fránek, Petr Hájek, Ján Stempel,
Petr Stolín, Petr Šmídek

STÁLÍ SPOLUPRACOVNÍCI
Monika Arczyńska, Kristína Rypáková,
Filip Šenk, Michael Tomeš, Petr Volf, Petr Vorlík

PŘEKLADY
Tereza Šváchová (angl.), Martin Verner (angl.)

JAZYKOVÉ KOREKTURY
Kristýna Brožová

GRAFIKA A SAZBA
Alena Hyblerová (Formelita)

PŘEDPLATNÉ
Jan Hejhálek, +420 606 669 968,
moje@intro.cz
www.intro.cz/predplatne

INZERCE
Martin Hric, +420 792 755 592,
martin.hric@intro.cz
Jan Hejhálek, +420 606 669 968,
honza@intro.cz

TISK
Printo, spol. s r.o., technologie UV OfsetPrint

CENA VÝTISKU
229 Kč / 11,9 €

TITULNÍ STRANA
Štvanická lávka / Petr Tej, Marek Blank,
Jan Mourek
Foto Alex Shoots Buildings

www.intro.cz, moje.intro.cz

EDITORIAL

Přátelé,

držíte v ruce zvláštní vydání časopisu INTRO, které jsme označili slovem EXTRA. To proto, abychom ho odlišili od klasické materiálové řady a speciálu, tedy čtyř pravidelných čísel vycházejících v jednom roce. I přesto se tento „extra speciál" věnuje jednomu materiálu, a to UHPC, respektive UHPFRC. Před rokem a půl k nám totiž do redakce přišel Petr Tej a vyzval nás, abychom tomuto materiálu, který sice není zcela nový, ale je třeba uvést ho do širšího povědomí architektonické a stavitelské obce, věnovali celé jedno vydání. S touto myšlenkou souzněly i progresivní firmy pohybující se na stavebním trhu. Vzniklo tak netradičně „závislé" vydání, kdy jsme si nechali radit zejména od kolegů ze společnosti KŠ PREFA a samozřejmě již zmíněného architekta Petra Teje a ředitele Kloknerova ústavu ČVUT Jiřího Kolíska.

Všichni jsme totiž přesvědčeni, že o něco hlubší vhled do této materiálové problematiky je natolik zajímavý, že celé číslo INTRO EXTRA tematicky utáhne. Z hlediska typologie uvidíte zejména lávky, ale to je teprve začátek. Jsme si jisti, že UHPC tím říká nikoli poslední, ale naopak první slovo. Radujme se, že jsme společně u toho!

Martin Verner, šéfredaktor

OBSAH

6

32

26

40

4 Úvodní slovo
Jiří Kolísko

6 Štvanická lávka
realizace

22 Výroba segmentů Štvanické lávky
technologie | Jan Marek

26 Lávka pro pěší v Žamberku
realizace

32 Lávka přes řeku v Lužci nad Vltavou
realizace

40 Lávka v Hradci Králové
realizace

52 UHPC
téma | Jan Marek, Jan Prchal

60 Lávka přes řeku Lubinu v Příboře
realizace

66 Lávka v Táboře
realizace

70 Lávka přes Dřetovický potok
realizace

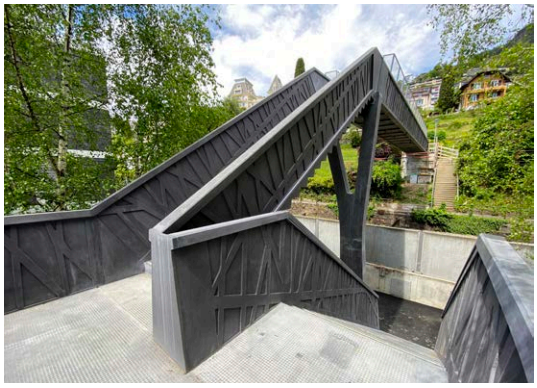
76 Spolupráce architekta a sochaře
téma | Petr Tej

60

66

70

78



88

78 Lávky malého rozpětí
realizace

88 Tři lávky ve Švýcarsku
realizace | Eugen Brühwiler

102 Chceme, aby po nás zůstaly trvanlivé a funkční stavby
KŠ PREFA

106 Více než sto let vývoje přísad do betonu od Master Builders Solutions
MBS CZ-SK

110 Dodáním směsi to pro nás nekončí
PREMIX SERVIS

114 Skanska a realizace z UHPC: od fasádních panelů až po subtilní lávky
SKANSKA

120 Mikrovlákna pro trvanlivější a odolnější konstrukce z UHPC
STRATEC

124 Měníme svět k lepšímu
VALBEK

ÚVODNÍ SLOVO

Jiří Kolísko

Po úspěšném ukončení studia oboru konstrukce a dopravní stavby na Fakultě stavební ČVUT v Praze v roce 1989 působil na různých pozicích v Kloknerově ústavu ČVUT v Praze. Od roku 2010 je jeho ředitelem. Celý svůj profesní život se zabývá širokou škálou odborných aktivit zahrnujících technologii betonu, materiálové inženýrství v oblasti hmot se silikátovými pojivy, diagnostiku občanských i inženýrských staveb, hodnocení vad a poruch konstrukcí, technologii sanací vlhkého zdiva a sanaci betonu a zkoušení materiálů a konstrukcí v laboratoři i in situ. V letech 2011 až 2019 byl předsedou České betonářské společnosti. Aktivně prezentuje výsledky výzkumu v národním i mezinárodním prostředí.

Už jsme odstartovali

Text Jiří Kolísko — Foto archiv Kloknerova ústavu ČVUT

V několika následujících odstavcích bych vás chtěl vtáhnout do ne úplně technicky jednoduchého a přehledného světa stavební hmoty nazývané UHPC nebo také UHPFRC. Do světa, ve kterém se týmům projektantů, realizátorů a investorů otevírají zcela nové a úžasné možnosti estetického vyjádření, unikátních konstrukčních a statických řešení, nových technologických a realizačních postupů, neobvyklých a možná obtížně uvěřitelných užitných vlastností jako trvanlivost či duktilita.

Co vlastně označení UHPC nebo UHPFRC vyjadřuje? Svět techniky je „prošpikován“ zkratkami a je tomu tak i v tomto případě. UHPC znamená Ultra High Performance Concrete, UHPFRC je zkratka pro Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete. Převedeno do češtiny jde o ultravysokohodnotný beton nebo vláknobeton. Obecně se pod pojmem UHPC dnes rozumí také UHPFRC, a proto bude dále v textu používána jen zkratka UHPC.

Slovo beton jasně naznačuje, že jde o materiál obsahující klasický portlandský cement. Svým složením, ale hlavně svými vlastnostmi se však UHPC od běžného betonu velmi liší. U toho totiž nosnou kostru tvoří tzv. hrubé kamenivo – zrna o velikosti až 32 milimetrů. Přítomnost hrubého kameniva v betonu má nejen mnoho pozitiv, ale je také zdrojem imperfekcí jak v kamenivu samém, tak na kontaktních zónách kameniva s cementovým pojivem. Tyto imperfekce limitují klasické betony v dosažení vyšších pevností, zhruba nad 100–110 MPa. Právě změna v pohledu na granulometrii „kostry“ v souběhu s rozvojem nových ztekucujících přísad (superplastifikátorů) vedla na počátku devadesátých let 20. století k průlomu v technologii cementových hmot. Zrodil se nový typ „betonu“, nebo spíše cementového kompozitu, celosvětově známý jako UHPC. Pro jeho složení je oproti běžnému betonu typická vyšší dávka cementu. Plnivo tvoří drobné kamenivo se zrnitostí běžně do dvou, někdy až osmi milimetrů, s pečlivě navrženým podílem mikroplniv, mnohdy latentně hydraulických (popílek, mikrosilika a podobně). Pro zajištění dobré zpracovatelnosti čerstvé směsi je používán kvalitní superplastifikátor. Pro UHPC je typické, že v čerstvém stavu je jeho konzistence značně tekutá. Podivuhodnost této skutečnosti vyplývá z toho, že vodní součinitel, tj. poměr vody a pojiva, bývá v intervalu 0,2 až 0,25. Dávka vody je tedy velmi malá a ve srovnání s běžnými betony, u kterých je vodní součinitel v intervalu 0,4 až 0,5, se UHPC chová obdobně jako samozhutnitelné betony. Výsledkem pečlivě sestavené receptury je unikátní cementový kompozit, jenž má vysokou pevnost v tlaku a trvanlivost, avšak je křehký. Proto je neodmyslitelnou složkou UHPC dávka kovových mikrovláken. Jejich průměr je obvykle do 0,2 milimetru a délka obvykle do 20 milimetrů. Dávkují se v množství 1,5 až tři procenta objemu směsi. Dosahovaná pevnost UHPC v tlaku se pak pohybuje v rozmezí 110 až 180 MPa a je zhruba třikrát až pětkrát vyšší než u standardního betonu.

Podstatnou rozdílovou vlastností UHPC je velmi vysoká pevnost v tahu (až 10 MPa), kterou je možno oproti klasickému betonu zahrnout do statických výpočtů a využít k přenášení tahových namáhání. Pevnost v tahu UHPC je doprovázena – pro cementový kompozit netypickou – duktilitou neboli tažností při porušování, jež je zajištěna přítomností vláken. S jistou mírou nadsázky lze konstatovat, že z hlediska duktility se UHPC velmi podobá chování kovů. Zvýšený obsah pojiva a mikroplniv v konečném důsledku eliminuje kapilární pórovitost do té míry, že je pozitivně ovlivněna trvanlivost UHPC. Vzniká tak vysoce hutná struktura, která zajišťuje extrémně vysokou odolnost UHPC vůči vnikání činitelů, jako jsou například voda, chloridy, CO_2 atd., které vyvolávají a způsobují degradaci materiálu samotného či korozi vložené ocelové výztuže. Je tak zajištěna nejen vysoká trvanlivost a životnost samotného UHPC, ale i celých konstrukcí, jež jsou z něj vyrobeny. Z řady výsledků trvanlivostních zkoušek je evidentní, že životnost UHPC mnohonásobně převyšuje běžný beton. Uvedené vlastnosti otevírají zcela nové možnosti a směry v navrhování konstrukcí.

Z obsahu časopisu můžete nabýt dojmu, že UHPC je zcela nová hmota. Z hlediska stavebních aplikací je důležité zmínit, že UHPC rozhodně není materiál bez historie, který spadl z nebe. Právě historie prověřuje chování, životnost a trvanlivost materiálů a celých stavebních řešení. První komerční aplikace UHPC vznikaly v polovině devadesátých let ve Francii. Od té doby byla oblast vývoje a aplikací UHPC se stále větší intenzitou rozvíjena v řadě zemí celého světa. V Německu bylo od roku 2006 do roku 2013 ze státních prostředků věnováno na výzkum UHPC přibližně 12 milionů eur (tj. asi 300 milionů korun). Nejrychlejší rozvoj výzkumu probíhá a nepřeberné množství praktických realizací vzniká v USA, Francii, Švýcarsku, Japonsku a přilehlých oblastech Asie. Ve Švýcarsku bylo za posledních deset let provedeno více než 300 realizací zahrnujících mostní konstrukce, zesilování mostů, prvků pozemních staveb a tak dále. Do tohoto proudu se zapojila i Česká republika se zdánlivě jen mírným zpožděním. Počátky soustředěného vývoje a výzkumu UHPC v Česku se datují přibližně do roku 2010. První realizace z UHPC proběhla v roce 2012 při opravě mostu v Benátkách nad Jizerou, kde byl tento materiál použit na výrobu desek ztraceného bednění u spřažené mostní konstrukce. Tato drobná aplikace odstartovala mnoho dalších realizací, takže aktuálně jich lze na území Česka zaznamenat již ke třicítce.

Osobně mě těší, že jsem měl příležitost se s kolegy z Kloknerova ústavu a partnery z průmyslové sféry aktivně podílet nejen na výzkumu samotného UHPC, ale hlavně na konkrétních praktických realizacích. Téměř u všech staveb prezentovaných v tomto časopise lze stopu Kloknerova ústavu najít. Je příjemné účastnit se vzniku něčeho nového, unikátního. Být u toho, když se výzkum a laboratorní poznatky přenášejí přímo do reálného života. Ještě samozřejmě není vše vybojováno a ve výzkumu UHPC i v jeho praktickém využití je stále mnoho výzev. Pro mě je to například dosažení ještě lepších mechanických parametrů, díky nimž by UHPC mohl konstruktérsky konkurovat kovovým konstrukcím. Odhaduji, že toto je ale ještě vzdálená budoucnost.

Od roku 2010 jsme v Česku urazili velký kus cesty a troufám si říci, že to drobné zdržení v úvodu jsme dohnali a v oblasti UHPC držíme krok s celosvětovým vývojem a trendy. Jsem přesvědčen, že následující přehlídka realizací je toho jasným a srozumitelným dokladem, a doufám, že se stane inspirativním vodítkem, jak do světa UHPC vklouznout a užít si ho. ●

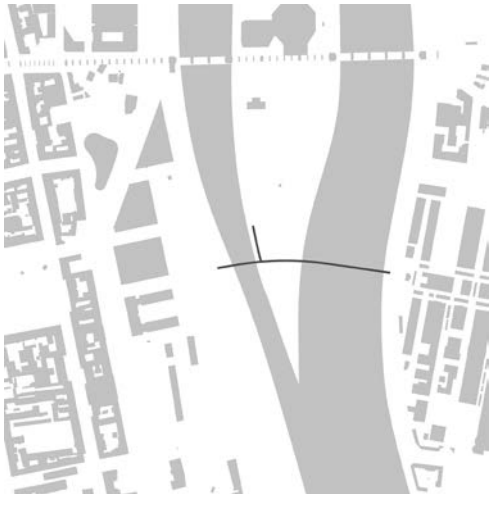
Autoři PETR TEJ, MAREK BLANK, JAN MOUREK

Štvanická lávka

Na základě vítězného návrhu v mezinárodní architektonické soutěži v roce 2017 byla 28. července 2023 slavnostně otevřena lávka pro pěší, cyklisty a vozidla IZS. Dílo klenoucí se přes Vltavu spojuje nejen pražské čtvrti Holešovice a Karlín, ale také odbočuje na ostrov Štvanice. Lávka je zhotovena z konstrukčního materiálu UHPFRC v mramorově bílém provedení a z důvodu možné povodně má jedno zdvižné pole.

Připravil Martin Verner — Foto Alex Shoots Buildings, Petr Tej

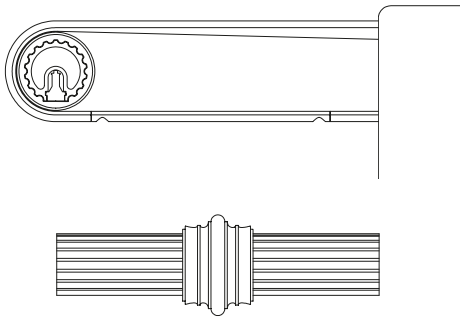
SITUACE



Architektura

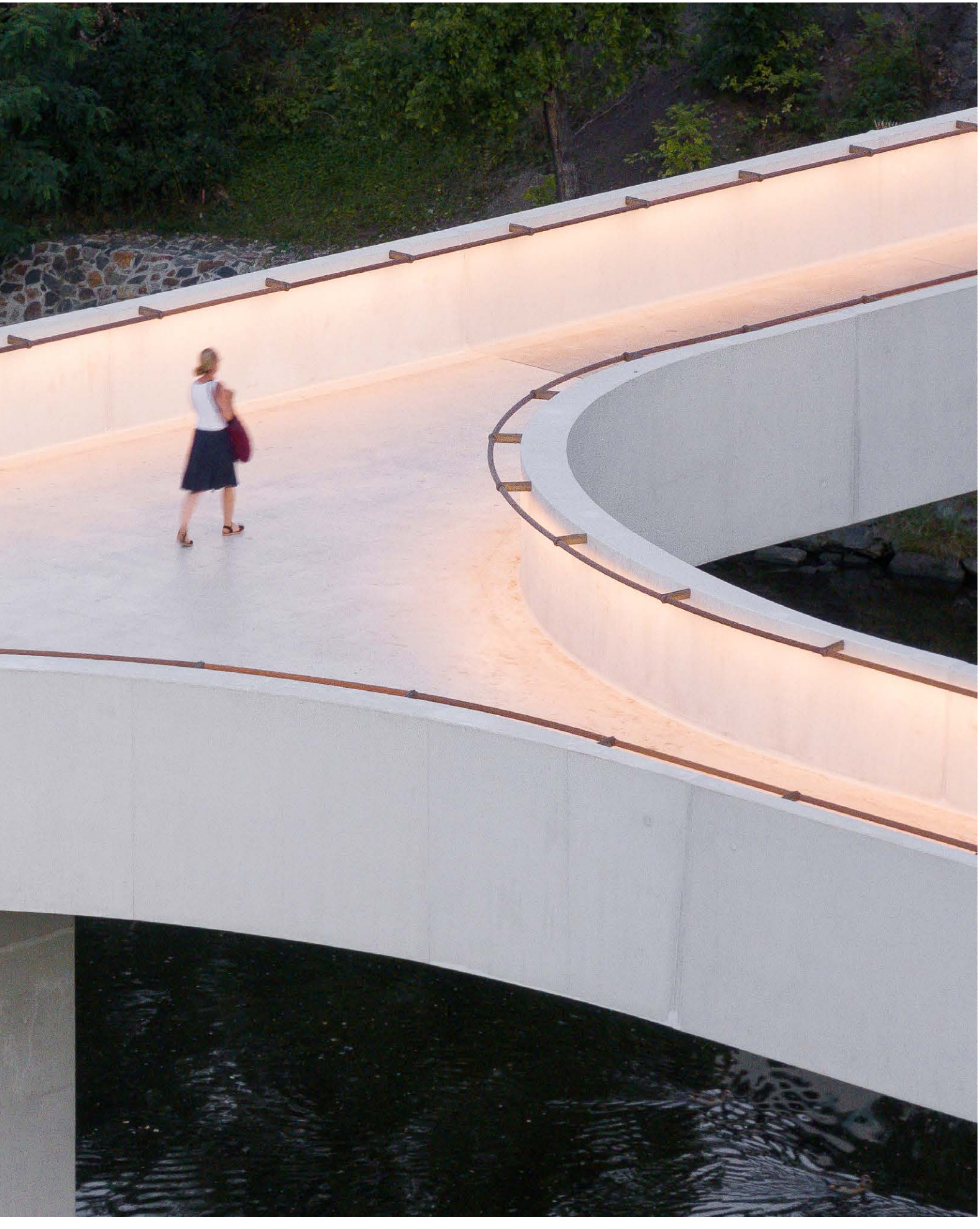
Konceptem mostu je prostorová křivka vinoucí se krajinou. Konstruována je jako plynulá cesta vycházející z dynamiky pohybu chodců a cyklistů. Koncepce konstrukce mostu pokorně reaguje na panoráma Prahy, na napojení na holešovický a karlínský břeh i na urbanistický návrh řešení ostrova Štvanice. Je zvolena konstrukce, která se nevypíná do výšky a nebrání chodcům ani cyklistům v pohledech na městskou krajinu. Mostovka je podepřena dvěma nábřežními opěrami, dvěma pilíři na krajích ostrova Štvanice, tak aby do ostrova co nejméně zasahovala, a dvěma pilíři v nesplavném rameni Vltavy. Na Štvanici volně klesá rampa, jejíž půdorysná křivka kopíruje linku hrany ostrova. S ohledem na bezbariérové a plynulé navázání na holešovické straně krajní pole konstrukce vertikálně klesá na úroveň chodníku na nábřeží. Toto pole je navrženo jako vertikálně pohyblivé v místě opěry, kde je umístěn hydraulický

DETAIL ZÁBRADLÍ

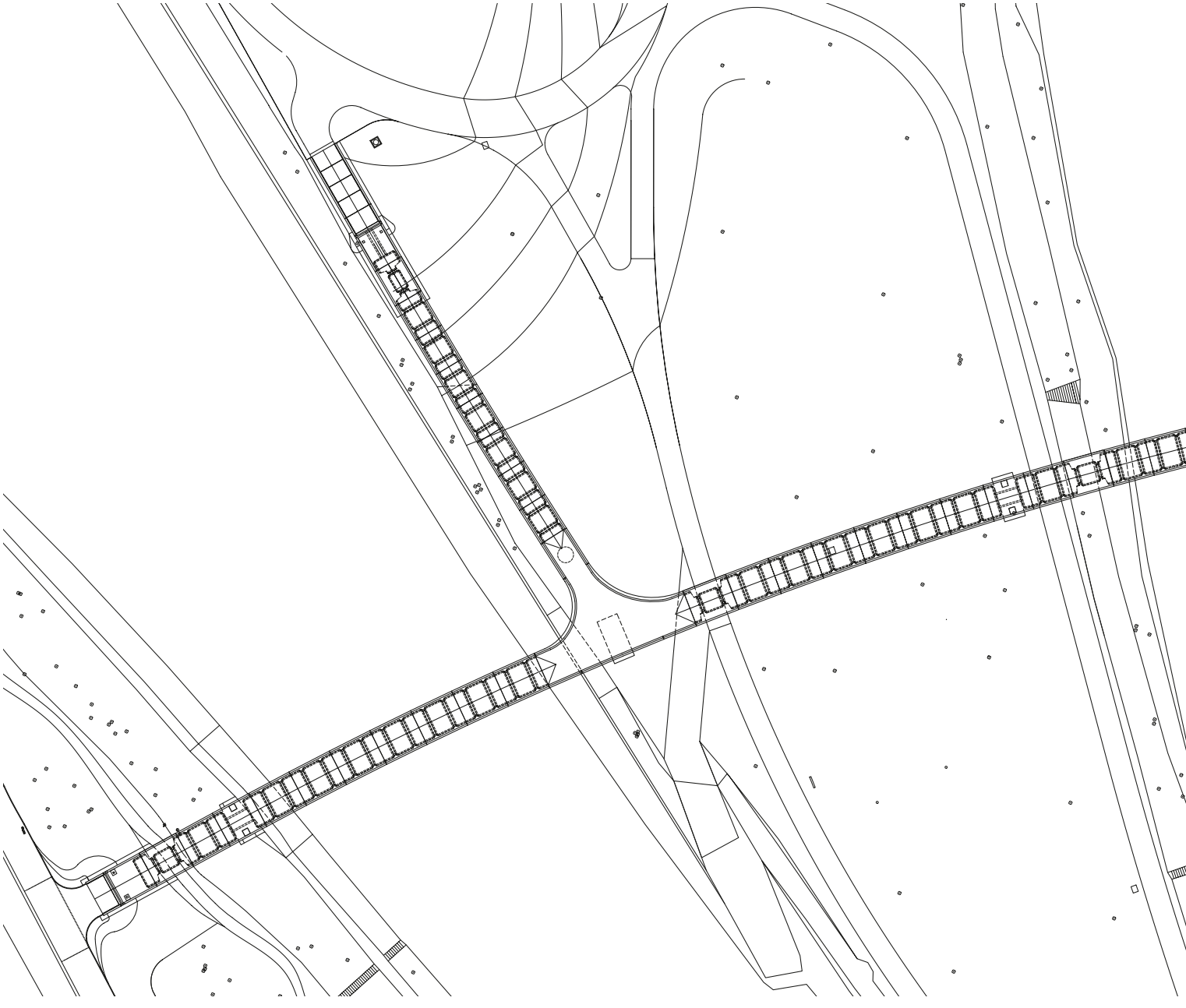


pístový mechanismus pro zajištění vertikálního zdvihu až do výše jednoho metru nad úrovní povodně z roku 2002. Při pootočení pole kolem převislého konce u prvního pilíře ve Vltavě jde o zdvih přibližně o tři metry.

Architektura mostu využívá minimalistického sochařského tvarosloví. Most je navržen z kvalitního ultravysokohodnotného betonu s rozptýlenou výztuží (UHPFRC, Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete), s povrchem odpovídajícím spíše lesklému bílému mramoru. Most je složen z prefabrikovaných segmentů, které jsou sepnuty pomocí předpínacích kabelů. Součástí konstrukce je i ornamentální bronzové madlo s figurálními prvky v podobě zvířecích hlav na svých koncích od sochaře Aleše Hvízdala. Ve spodní části madla je integrováno osvětlení. Na ostrově Štvanice je u vstupu na lávku umístěna figurální socha *Řeka* od profesora Jana Hendrycha.

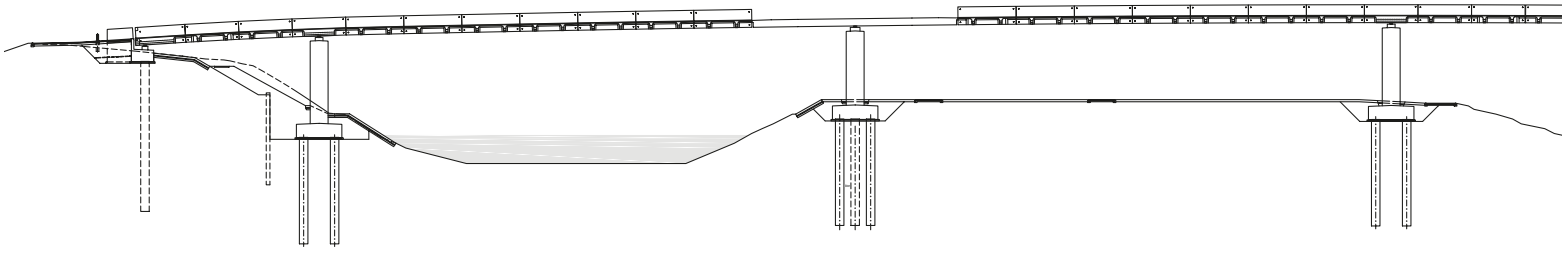


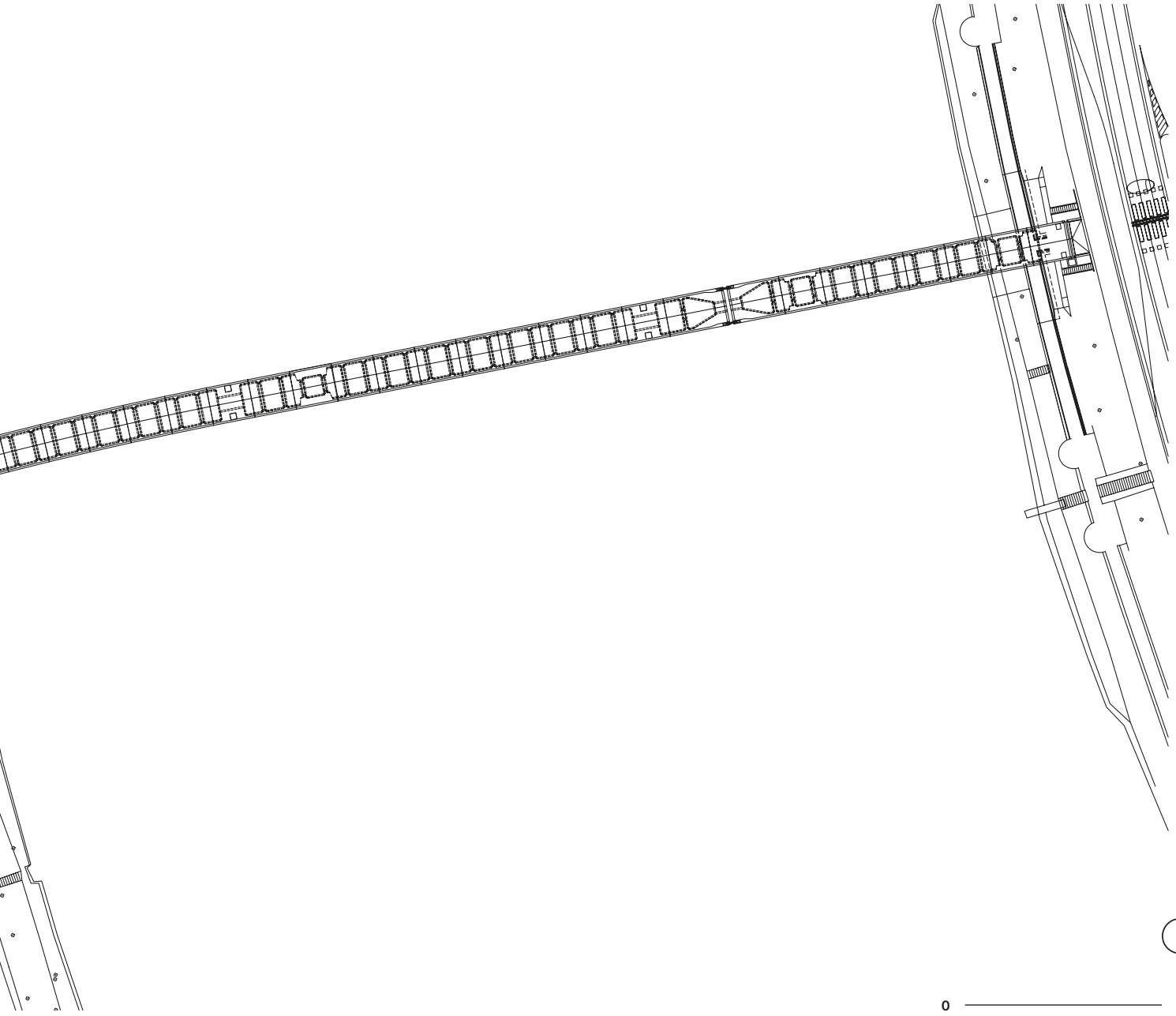
PŮDORYS



PODÉLNÝ ŘEZ – LÁVKA

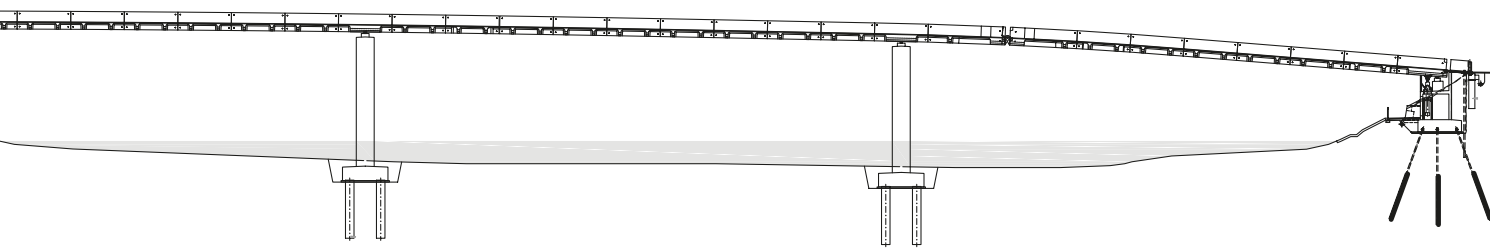
◀ KARLÍN





0 — 25

HOLEŠOVICE ▶



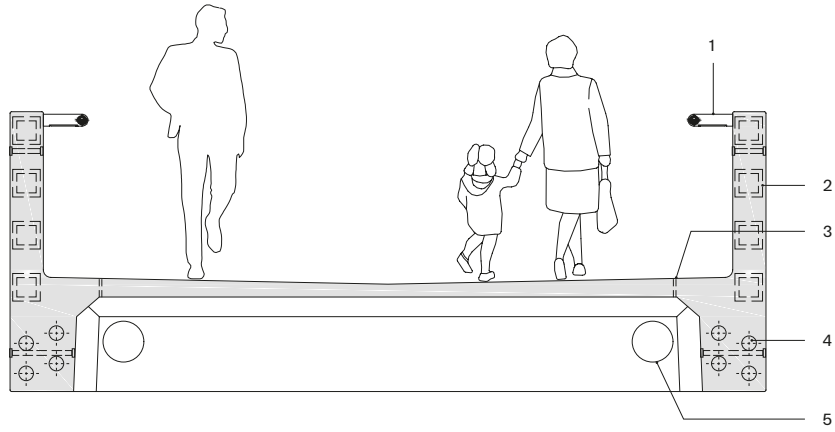
CHARAKTERISTICKÁ
ČÁST KONSTRUKCE

Konstrukce

Hlavní nosná konstrukce mostu je tvořena spojitým železobetonovým nosníkem z UHPFRC s podélným předpětím a příčným řezem ve tvaru H. Jde o dva plnostěnné boční parapetní nosníky s mezilehlou deskou mostovky, která je podporována příčnými žebry. Výrobně a montážně jde o segmentovou mostní konstrukci tvořenou 57 prefabrikáty. Osa mostu je navržena jako kontinuální křivka, vedená směrovými a výškovými oblouky. Pro zjednodušení prefabrikace je tato křivka upravena do plynulého polygonu tak, aby byl každý ze segmentů veden v přímce. Spojitý nosník, jenž spojuje holešovický a karlínský břeh, přechází v boční rampu odbočující na ostrov Štvanice a tvoří tak jednotný celek bez dilatačních spár.

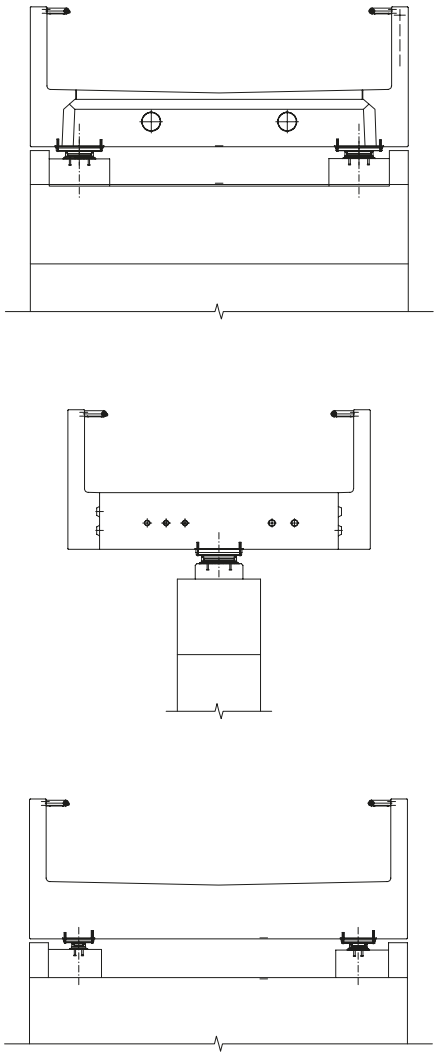
DETAIL PŘÍČNÉHO ŘEZU

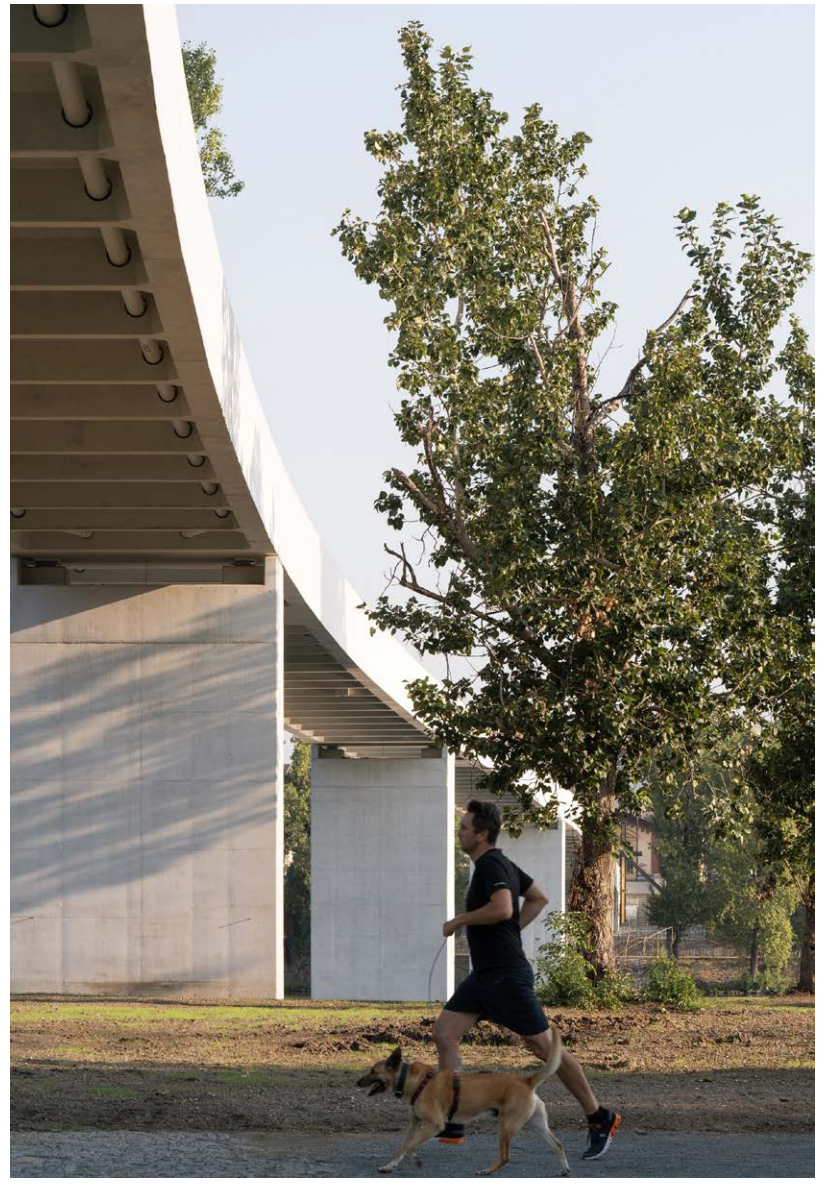
0 —————— 1



1 zábradlí
2 smykové zámky ve spárách
3 mezera mezi segmenty tl. 2 mm
4 kanálky předpětí (proměnná poloha)
5 prostup pro vedení VO

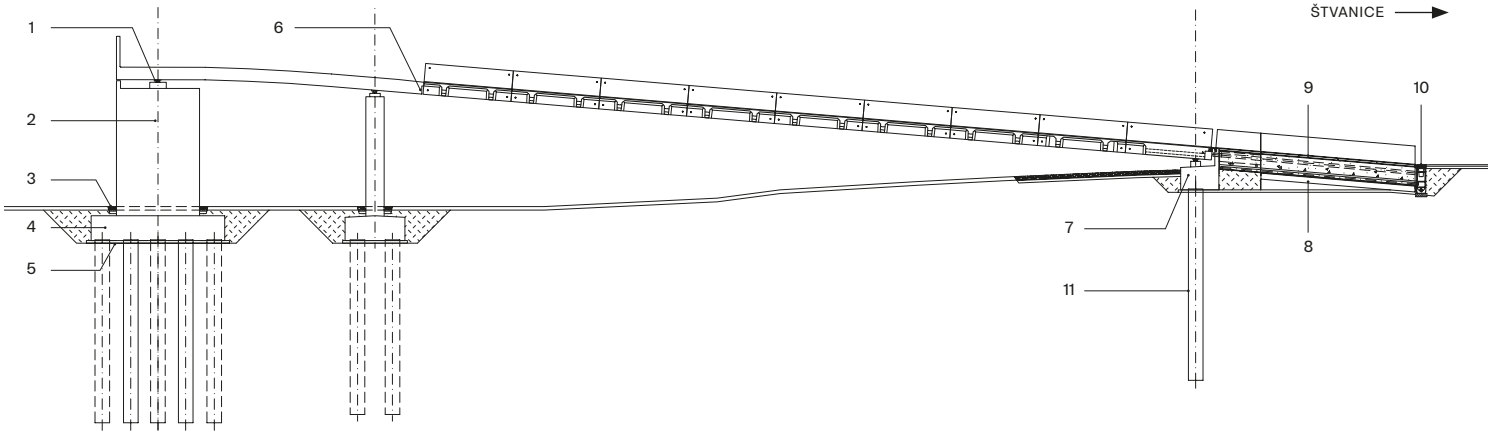
VZOROVÉ PŘÍČNÉ ŘEZY





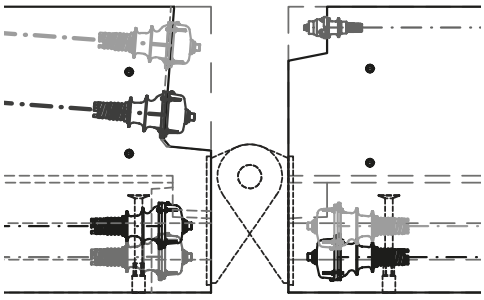
PODÉLNÝ ŘEZ RAMPOU

0 —— 10

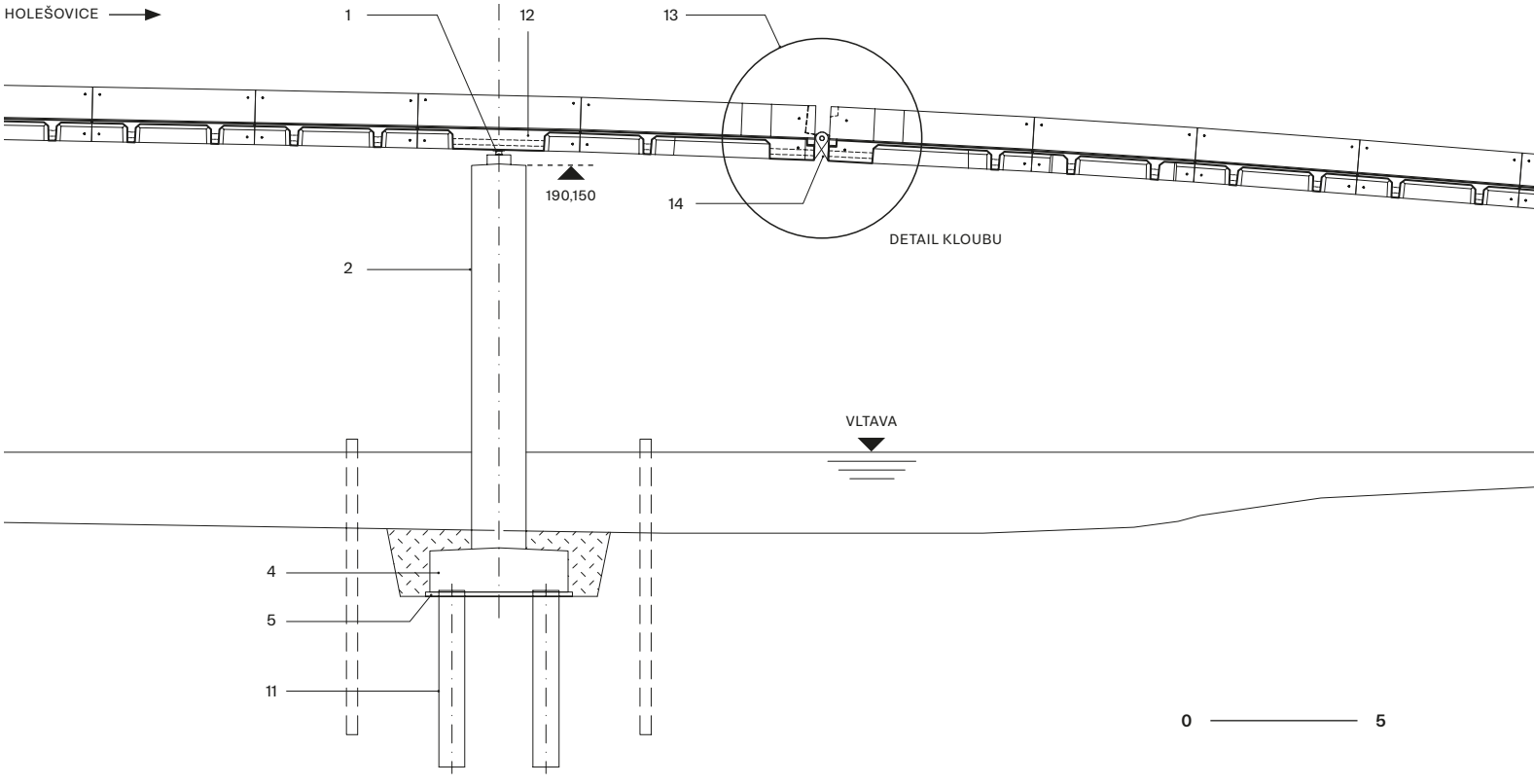


DETAIL KLOUBU

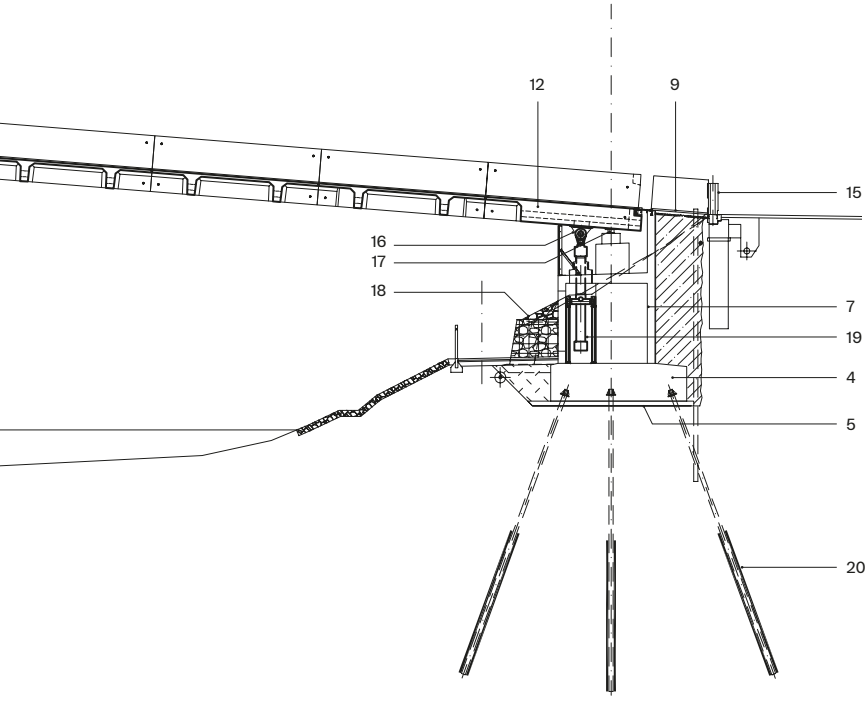
1 hrncové ložisko
2 železobetonový pilíř
3 dlažba z lom. kamene kladená nasucho
4 železobetonový základ
5 podkladní beton tl. 150 mm
6 odvodněná betonová spára mostovky
7 železobetonová opěra
8 železobetonové křídlo
9 prefabrikovaný pochozí panel z UHPC
10 odvodňovací šachta
11 železobetonové vrtané piloty Ø 900 mm
12 nadpodporový příčník
13 ocelový kloub (otáčení nosné konstrukce)
14 plechový mostní závěr
15 protipovodňové opatření
16 konstrukce mechanismu zdvihu
17 kalotová ložiska se sponou
18 gabionová opěrná zídka
19 komorová opěra s hydraulickými válci
20 mikropilota délky 10 m



PODÉLNÝ ŘEZ LÁVKOU



0 —— 5



Krajní pole na holešovickém břehu je s ohledem na nutnost dodržení podmínky umístění konstrukce nad hladinou tisícileté vody (Q 2002 + 1,0 m) v případě povodně navrženo jako zdvižné. V místě teoretické polohy nulového ohybového momentu je do konstrukce vložen mechanický čepový kloub, který umožňuje otočit toto pole kolem horizontální osy. Průchozí šíře v hlavním směru je čtyři metry a v místě rampy tři. Spáry mezi segmenty mostu jsou navrženy jako kontaktní, vystrojené smykovými ozuby s proměnnou polohou. Důvodem je postupná změna prostupu předpínací výztuže spárou. Segmenty nosné konstrukce jsou vzájemně spojeny vnitřním předpětím lany se soudržností, které je vedeno uvnitř průřezu lávky. Každý parapetní nosník je předpjatý kombinací čtyř kabelů; v každém z nich je devatenáct lan. •

Odpovídá

Petr Tej

Vaše stavba stojí na krásném místě. Mysleli jste při navrhování alespoň vzdáleně na „jakousi“ budoucí Vltavskou filharmonii a rozvoj čtvrti?
Při zpracování soutěžního návrhu v roce 2017 se o projektu filharmonie teprve opatrně mluvilo. Zásadní pro nás proto bylo napojení na bližší okolí. V Holešovicích byla plánována dnes již dokončená rekonstrukce Bubenského nábřeží se širokými chodníky a zejména byly připravovány projekty rekonstrukce tržnice, které pozvolně probíhají. Ta se jistě stane významným místem a už dnes je vidět, že i díky lávce dostává novou energii. Na karlínské straně se napojujeme na nově vybudovanou cyklotrasu A2 a náměstí před novými bytovými a administrativními budovami. Pro obě čtvrti je samozřejmě nesmírně důležité spojení s rekreační plochou na ostrově Štvanice, částečně už rekultivovanou podle projektu architekta Radka Kolaříka.

Materiál, hladkost, subtilnost křivek, všechno je utilitárně dokonalé, a najednou vidíme v téhle souvislosti až zdobné zábradlí, které ve mně vyvolává vzpomínku na Plečnika a ještě dřívější dobu… Kdo s tím nápadem přišel a kdo je autorem návrhu?
V soutěžním projektu jsme s madlem nepočítali, přidali jsme ho kvůli možnosti snížit výšku parapetního nosníku. S nápadem doplnit lávku o sochařské prvky jsem přišel já a oslovil jsem skvělé umělce. V případě madla mladého sochaře Aleše Hvízdala. Chtěl jsem totiž lávku doplnit o ornamentální bronzové madlo s figurálními zakončeními. Aleš Hvízdal navrhl profilace madel a konzol a je i autorem sochařských prvků. On také vymyslel motivy zvířecích zakončení. Přišel s nápadem jakýchsi pomníčků zvířatům, a to v souvislosti s jednotlivými místy vyústění lávky. Na holešovické straně u tržnice, bývalých jatek, jsou to hlavičky býků, na Štvanici, kde se, jak už název napovídá, pořádaly hony, jsou hlavičky zajíců a na karlínské straně pro změnu hlavičky koní odkazující na službu vojenských koní v Invalidovně.

Ke spolupráci jsem přizval také sochaře Jana Hendrycha, emeritního profesora AVU v Praze a podle mínění mnohých našeho nejlepšího figurálního sochaře. V jeho ateliéru jsem pak vybral sádrovou ženskou figuru z roku 1976 a asistenti profesora Hendrycha ji odlili ze stejného materiálu, ze kterého je postavena lávka, a společně ji umístili k vyústění lávky na Štvanici.

Spolupráce se sochaři je pro mě nesmírně důležitá a měla by v se v naší architektuře objevovat častěji.

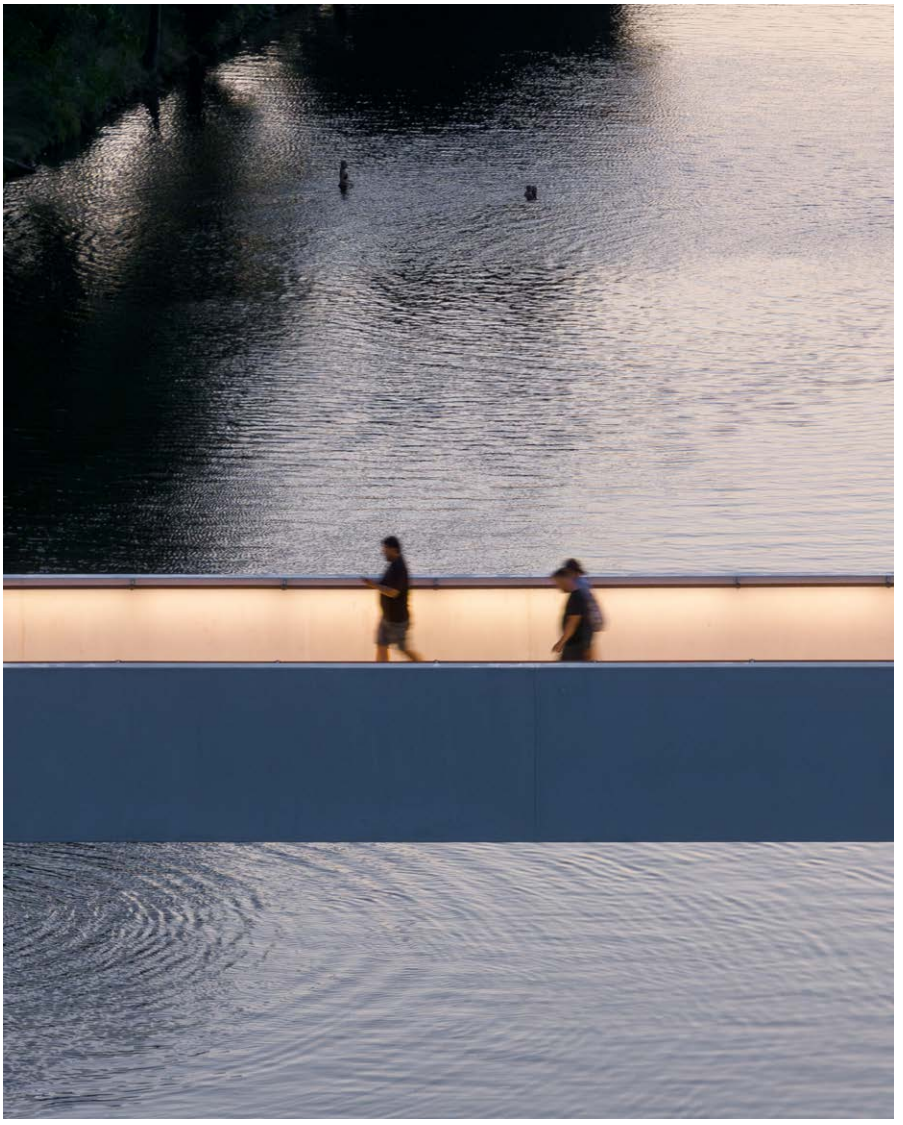
Mechanický pohyb lávky, přesněji nadzdvihnutí a pootočení její části, je celkem složitý úkol. Koho jste oslovili v oblasti výrobnětechnologické a museli jste přístup k navrhovanému měnit pod tlakem proveditelného?
Princip zdvihu jsme navrhli už v soutěži. V projekční části jsme na úkolu pracovali s inženýry Janem Mourkem a Vítem Najvárkem a architektem Oto Melterem. Celá sestava je poměrně náročná, neboť zdvihané pole lávky je betonové a váží tři sta padesát tun. Jde tedy o unikátní konstrukci.

Výroba segmentů s vloženými klouby byla velice náročná na přesnost, které bylo dosaženo díky společnosti KŠ PREFA ve Štětí. Složitý úkol stál i před realizační firmou Skanska, která se musela zhostit sestavení zdvižného pole přímo na stavbě, což se také úspěšně podařilo.

Jak probíhala celá výstavba lávky z vašeho pohledu architekta?
Vlastně se děla paralelně na dvou místech. In situ na ostrově Štvanice prováděla stavbu společnost Skanska pod vedením Michala Hrutkaie, Michala Kunce, Radima Pokorného a Michala Kořenáře. Museli jsme se poprat s mnoha technickými výzvami. Jednak to bylo založení a betonáž masivních pilířů v řece a na březích, jednak betonáž monolitického rozpletu z UHPC, což byla jedna z největších betonáží UHPC in situ v České republice probíhající až po sestavení celé konstrukce z jednotlivých prefabrikátů na ocelové skruži.

Výroba prefabrikátů byla prováděna ve Štětí v závodu společnosti KŠ PREFA pod vedením Lukáše Smrta, Zdeňka Zdvihala a Jana Marka. Pro výrobu prefabrikátů vznikla velmi složitá konstrukce opakovatelné ocelové formy, ve které se odlévaly jednotlivé segmenty lávky. Byl to nesmírně náročný úkol z hlediska dodržení všech přesností prefabrikátů, neboť ty na sebe musejí na stavbě perfektně navazovat. Lukáš Smrt, generální ředitel společnosti KŠ PREFA, přišel s nápadem využít nastavitelná čela ve formě, pomocí nichž se řídila celá geometrie lávky. Tento princip výrazně zlepšil celý proces výroby i konečných přesností.

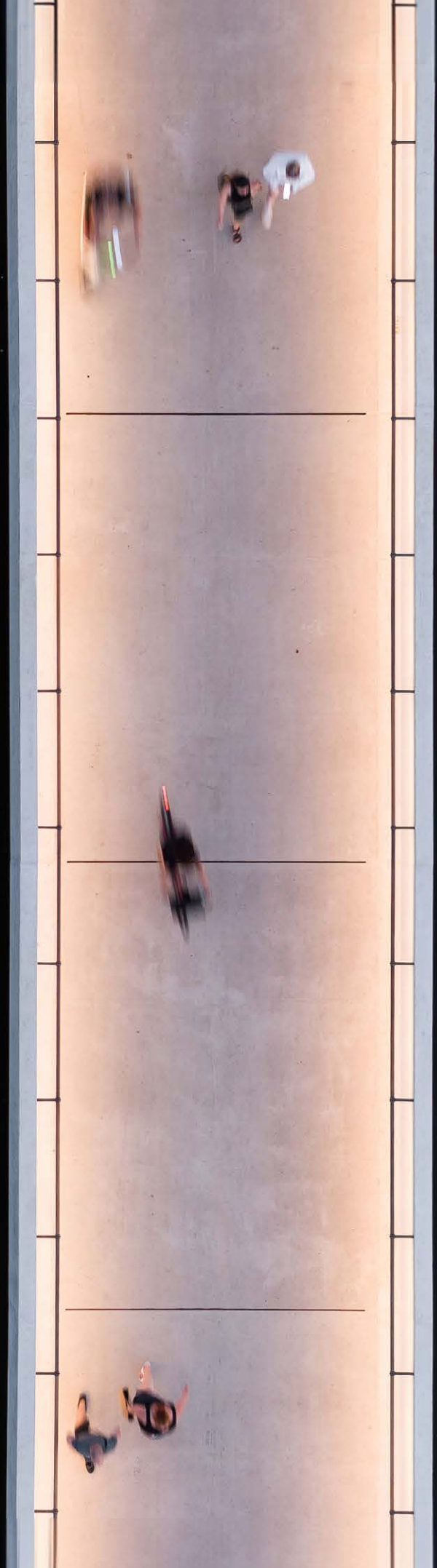
Zároveň jsem měl vysoké nároky na pohledovost všech povrchů, což v případě použití bílého UHPC v takto velkém objemu nebylo vůbec snadné splnit. Mohu zodpovědně říct, že s výslednou kvalitou konstrukce jsem nadmíru spokojen.



Jak se vám spolupracovalo s minulým vedením hlavního města a změnilo se něco po částečné obměně magistrátu? Chtěl bys někoho jmenovat?
S vedením Prahy se nám spolupracovalo skvěle. Adam Scheinherr, bývalý náměstek pro dopravu, do projektu vložil spoustu energie a byli jsme spolu kvůli povolovacímu procesu a stavbě téměř v dennodenním kontaktu. Pomáhal řešit všechny nesnáze a posouval stavbu k její realizaci. Stavbu lávky velmi podporovali také primátor Zdeněk Hřib, současný náměstek pro dopravu, a náměstek pro rozvoj Petr Hlaváček. Z odboru investic stavbu skvěle vedl Petr Hankovec. Jim všem patří velký dík autorského týmu a věřím, že i lidí, kteří budou lávku využívat. ●

Štvanická lávka

Místo: Praha 7 – Holešovice, Praha 8 – Karlín, ČR
Autoři: Petr Tej, Marek Blank, Jan Mourek
Autoři sochařských prvků: Aleš Hvízdal, Jan Hendrych
Realizační dokumentace: TOP CON SERVIS / Vít Najvárek
Zhotovitel: Skanska / Michal Hrutkai, Michal Kunc, Michal Kořenář, Michal Petrovič, Radim Pokorný
Dodavatel UHPFRC konstrukce: KŠ PREFA Štětí / Lukáš Smrt, Jan Marek, Jan Prchal, Matěj Kukla, Petr Mrzena, Zdeněk Zdvihal, Jorge Luis Gonzalez, Romana Hroudová, Miroslav Kudrna
Klient: hlavní město Praha
Projekt: 2017–2022
Realizace: 2023
Délka: 300 m (plus štvanická rampa 80 m)
Náklady: asi 350 mil. Kč / asi 14 mil. eur
Foto: Alex Shoots Buildings, Petr Tej



Výroba segmentů Štvanické lávky

Text Jan Marek
Foto archiv firmy

Autoři Štvanické lávky přišli s myšlenkou vytvořit souvislou spojitou a jednolitou linii, která propojí oba břehy a plynule odbočí na mezilehlý ostrov. Pro výrobce betonových prefabrikátů, kterým je společnost KŠ PREFA, to znamenalo najít hranici technických možností, s jistotou – alespoň malou – tyto limity popsat a podle toho jednolitou konstrukci „nakrájet“ na jednotlivé dílce.

Lukáš Smrt
generální ředitel
KŠ PREFA

Zdeněk Zdvihal
ředitel závodu
Štětí

Výsledkem tohoto hledání se stal prefabrikovaný segment délky bezmála šest metrů, šíře pět metrů, příčného řezu tvaru H a výšce 1,85 metru, který je i přes prostorové vedení lávky vždy přímý. Ďábelský detail spočíval ve faktu, že každý z 57 prefabrikátů byl tvarován trochu jinak, ale musel být odlit velmi přesně.

Obr. 1 Jedna ze dvou forem navržených pro zhotovení prefabrikovaných segmentů z UHPC

Geometrie segmentů

Potřeba sestavit na stavbě takovou polygonální segmentovou konstrukci v důsledku znamená, že je nutné, aby kontaktní spára byla co nejvíce kolmá na osu mostu. Současně je vedení předpínací výztuže v kanálcích uvnitř bočních parapetů řízeno jinou potřebnou geometrií než osa trajektorie mostu. Na stycích dílců byly osazovány (zabetonovány) speciální spojky kabelových kanálků, které prodlužují trvanlivost celé lávky. Nicméně „nakrájení" původně spojité konstrukce způsobuje, že poloha těchto spojek je na čelech dílců proměnná a jejich úhel může být i mírně odlišný od úhlu „úklonu" každého čela.

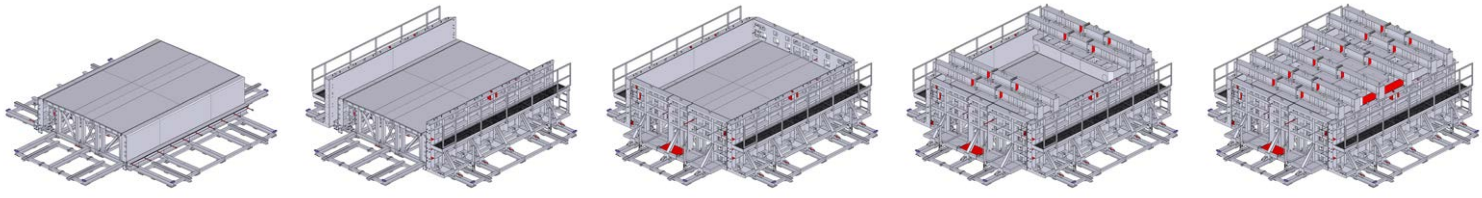
Forma

Ke zhotovení prefabrikovaných segmentů z UHPC (přesněji UHPFRC) popsaných dimenzí a parametrů bylo nutné překonat několik dalších překážek. Samotná materie čerstvého UHPC způsobuje, že nároky na formu jsou extrémní, tlaky vyvolávané čerstvou jemnozrnnou směsí (do dvou milimetrů) se samonivelační schopností jsou hydrostatické, obvykle o 50 až 70 procent vyšší než u běžného betonu, potřebná těsnost formy a její tuhost je s běžnou prefabrikací neporovnatelná.

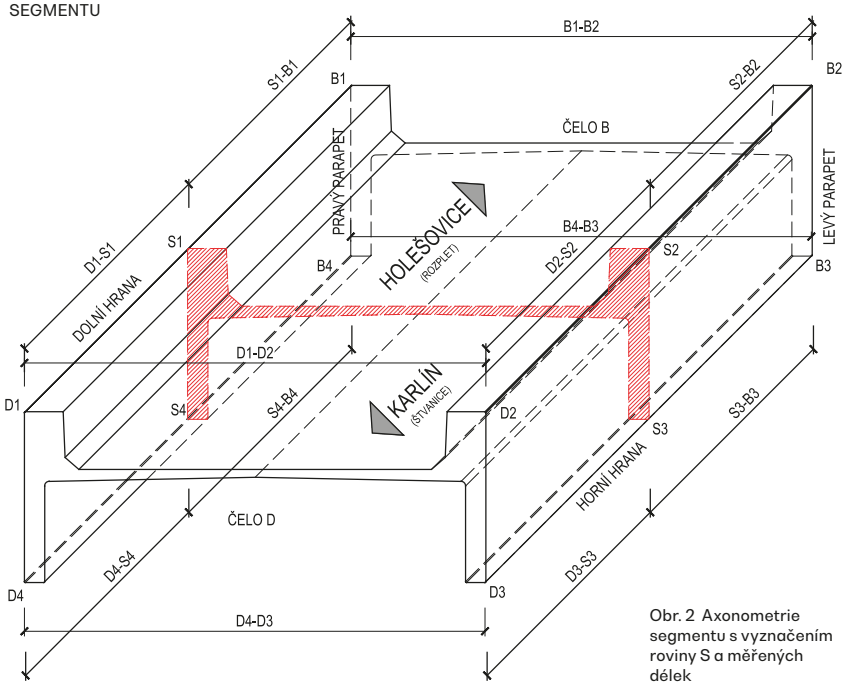
Aby bylo možné použít otisk protiskluzné matrice na pochozím povrchu a zhotovit potřebná projektovaná zaoblení, byly segmenty betonovány v převrácené poloze. Celoocelová forma s hydraulicky odformovatelnými částmi s dvojitými čely umožnila úhlové natáčení kontaktních ploch a proměnné, ale velmi přesné osazování vložek pro smykové zámky a spojky kanálků, včetně úhlových odklonů. Při projektování formy byly současně upraveny výrobní výkresy vlastních segmentů. Bylo využito principu antisymetrie, kde obdobně jako při výrobě pomocí otisků na krátké výrobní dráze byly používány otisky stejných čel na předchozí a následující segment.

Pro atypické prefabrikáty osazené nerezovým kloubem pro zdvihané pole mostu byla forma rozšiřitelná, stejně tak pro segmenty nadpodporové. Pro dílce obsahující kotvy předpínací výztuže byla použita atypická čela a atypické vložené části. Vzhledem k velkému počtu segmentů a napjatému harmonogramu výroby byly zhotoveny dvě takovéto formy (obr. 1).

SCHÉMA KONSTRUKCE
MODELU FORMY



AXONOMETRIE SEGMENTU



Obr. 2 Axonometrie segmentu s vyznačením roviny S a měřených délek

Postup výroby

Po každé betonáži byl vyrobený segment v určeném stáří přeměřen, projektant stanovil podle změřených odchylek od ideálního projektu tzv. kompenzace, tedy úpravy rozměrů v řádu milimetrů, které opravovaly nastavení dalšího čela.

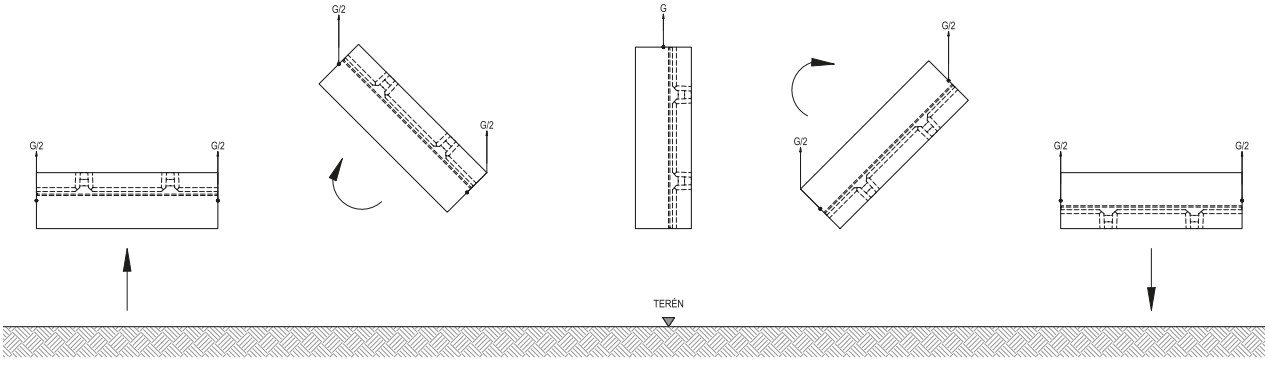
Samotný systém měření geometrie stojí za zmínku. Protože obrys segmentu s ukloněnými čely je hranol s nerovnoběžnými podstavami, nemá smysl měřit celé délky hran. Ve formě byla s maximální přesností s použitím stěnových i prostorových úhlopříček stanovena středová rovina S kolmá na osu hranolu, která se pomocí drobných značek obtiskla do prefabrikátů a od ní byly měřeny vždy vzdálenosti k vrcholům čela. Ilustruje axonometrický drátový model (obr. 2).

Manipulace a otáčení

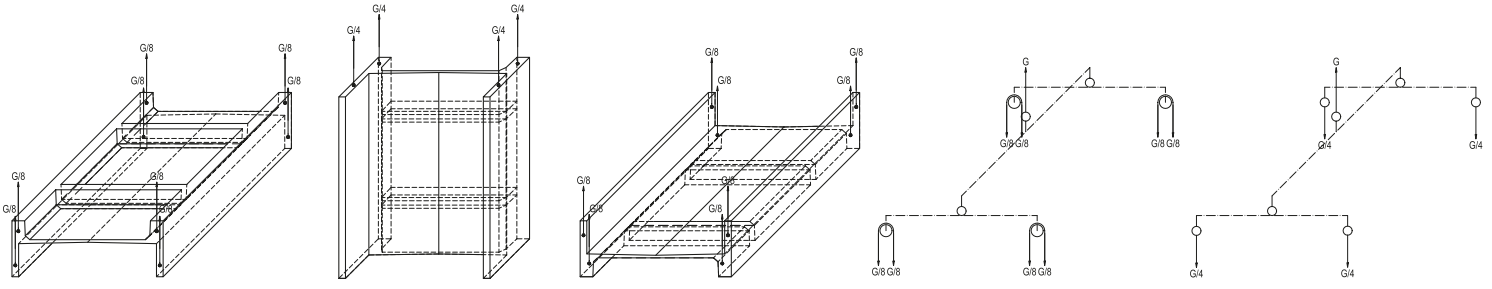
Vzhledem k subtilním rozměrům příčného řezu a k požadavku nezasahovat do pohledových ploch nebylo možné používat běžné způsoby manipulace s prefabrikáty, segmenty byly osazeny závitovými pouzdry v kontaktních čelech, vždy osm kusů na segment. Toto staticky neurčité zavěšení muselo využít na míru zhotovený systém kladek a vahadel, tak aby všechny závěsy byly rovnoměrně zatíženy; pro největší segmenty s hmotností přesahující 50 tun byly současně použity ty nejúnosnější dostupné na trhu.

Obr. 3 Schéma zavěšení a otáčení

OTÁČENÍ SEGMENTU



MANIPULACE POMOCÍ VAHADLA



zdvih formy | otáčení na jeřábu | uložení na skládku | schéma vahadla – manipulace | schéma vahadla – otáčení

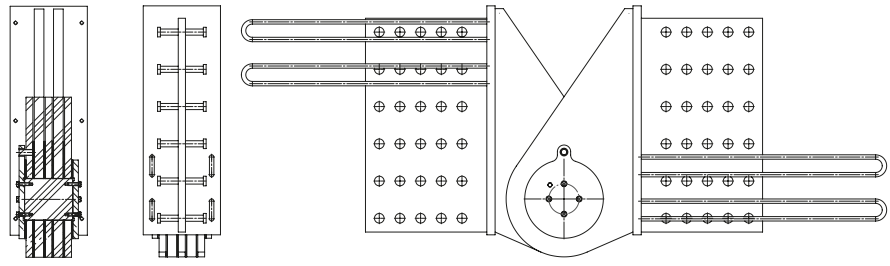
Obr. 4 Segment na kladkových závěsech ve výrobně KŠ PREFA Štětí

Po výrobě v negativní poloze bylo nutné najít způsob otočení prefabrikátů s hmotností přesahující 50 tun (u největších dílců) tak, aby nedocházelo k poškození hran a vizuálně exponovaných ploch. Dílce byly otáčeny ve vzduchu pomocí soustavy řetězových závěsů na kladkách a vahadlech zavěšených na dvojici mobilních jeřábů (obr. 3 a 4).

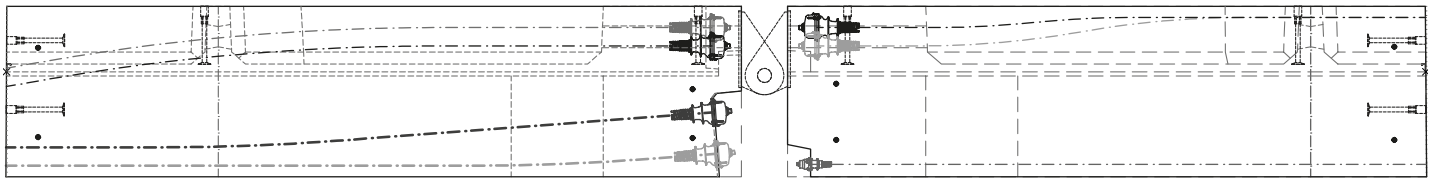
Objem

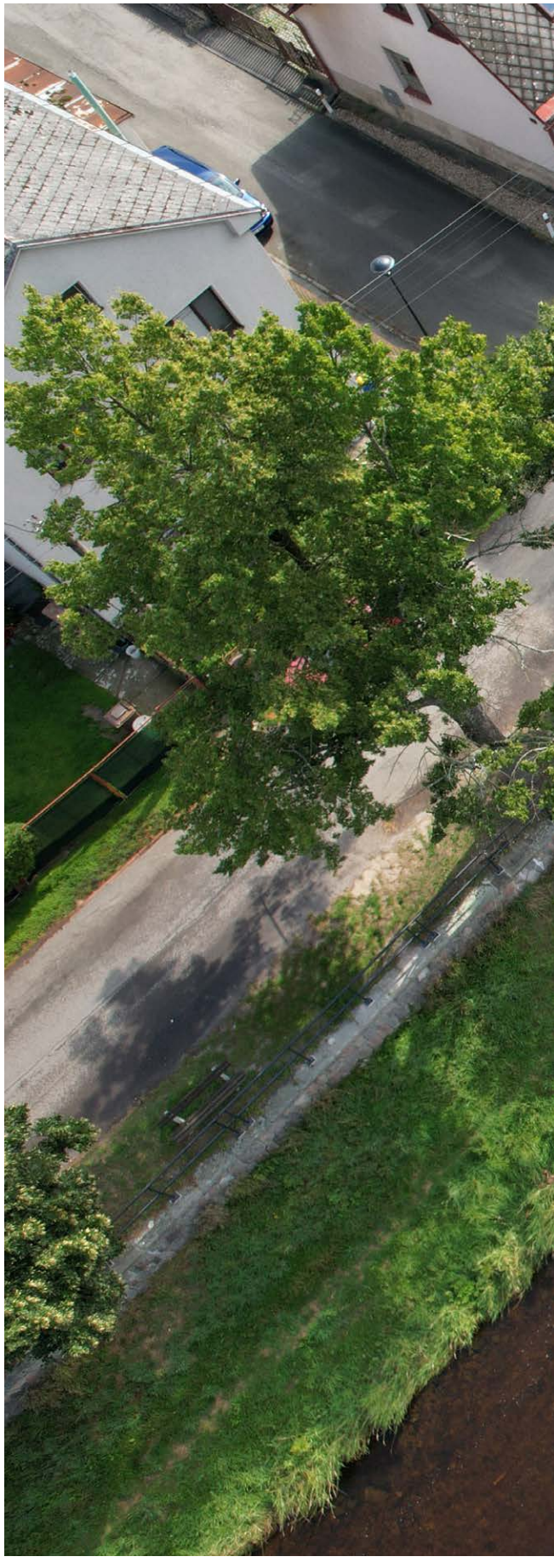
Celkový objem segmentů z UHPC přesáhl 700 m³, celkový objem prefabrikátů 750 m³. Největší dílce s objemem bezmála 20 m³ s hmotností 50 tun a zabudovaným nerezovým kloubem jsou největšími prefabrikáty z UHPC vybetonovanými v Česku.

DETAIL KLOUBU



PODÉLNÝ ŘEZ, NULOVÝ SKLON MEZI SEGMENTY



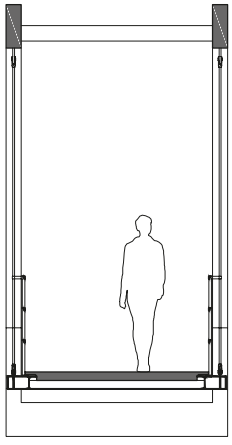


Lávka pro pěší v Žamberku

Nové přemostění přes Divokou Orlici je replikou původní železobetonové stavby z roku 1917, jež musela být kvůli svému havarijnímu stavu odstraněna. Pro nově navrženou lávku jsou charakteristické unikátní nosné oblouky z vysokopevnostní betonové směsi UHPC, která pro tento typ mostní konstrukce zatím nebyla použita nikde na světě.

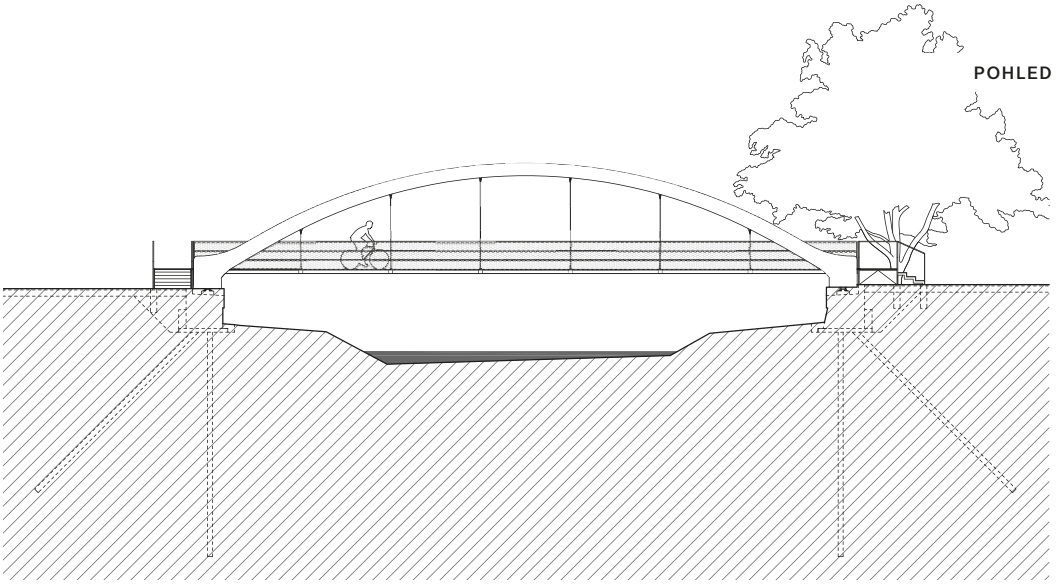
Připravili Petr Tej, Martin Verner — Foto archiv autorů

PŘÍČNÝ ŘEZ

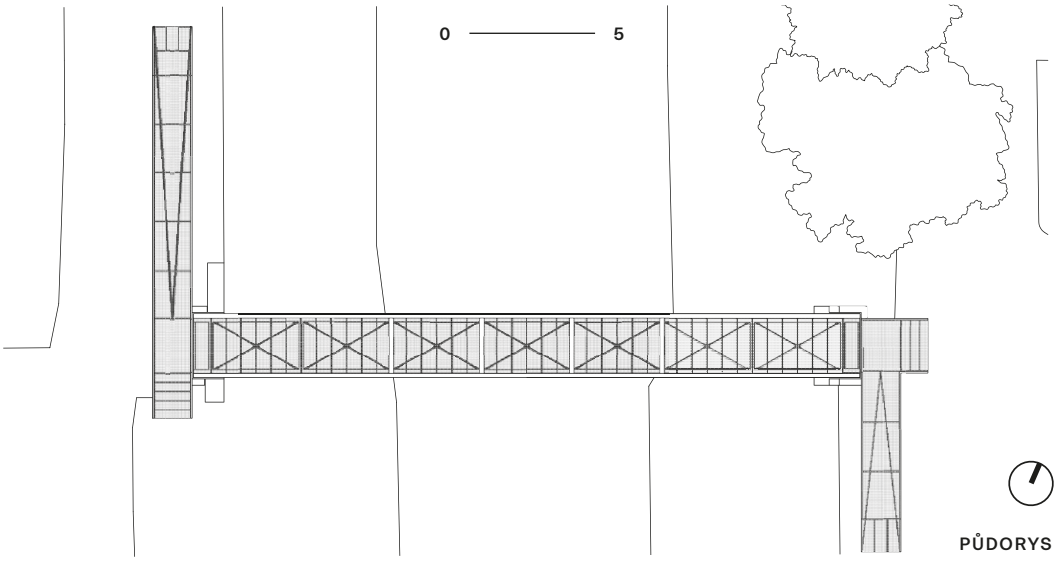


0 — 2

POHLED



0 — 5



PŮDORYS

Na místě nové lávky stála klasická oblouková betonová mostní konstrukce ze začátku minulého století, jakých bylo všude přes malé vodní toky plno. Nosnou konstrukci tvořila dvojice oblouků z betonu tloušťky 350 milimetrů. Místní měli most velmi rádi a nechtěli se ho vzdát, ale původní konstrukce byla bohužel v tak špatném stavu, že musela být nahrazena novou. Autoři přišli s konceptem ponechat přesný tvar betonového oblouku z boku a odlít ho z UHPC. Výsledná tloušťka konstrukce oblouku je 175 milimetrů, tzn. poloviční než původní betonová, a působí velmi lehce. Silueta původního mostu tedy zůstala v panorámatu města zachována a v detailu je vidět, že jde o konstrukci současnou. Kouzlem této stavby je právě její tvarový odkaz na původní lávku při použití moderní UHPFRC konstrukce, což dovolilo vytvořit oblouky maximálně subtilní a z trvanlivého materiálu. Mezi ně je poté vložena jemná ocelová žárově zinkovaná konstrukce samotné mostovky. Komunikace je v místě mostu navržena jako přímá, bez příčného či podélného sklonu konstrukce. Průchozí šířka mostu je 2,2 metru.

Lávka pro pěší za sokolovnou

Místo: Žamberk, Pardubický kraj, ČR
Autoři: Petr Tej, Jan Mourek, Oto Melter
Realizační dokumentace: Kloknerův ústav ČVUT v Praze / Jan Mourek, Petr Kněž, Oto Melter, Aleš Hvízdal, Petr Tej, Jiří Kolísko
Zhotovitel: Skanska / Michal Hrutkai, Vít Sedláček, Pavel Guňka
UHPFRC konstrukce: KŠ PREFA Tovačov / Lukáš Smrt, Jan Marek, Pavel Markovič, Jan Prchal, Lumír Částečka, Robert Klanica
Ocelové konstrukce: CPOS
Klient: město Žamberk
Projekt: 2022
Realizace: 2023
Náklady: 19 mil. Kč / asi 760 tis. eur
Foto: archiv autorů

Nosnou konstrukci lze definovat jako obloukovou s táhlem a zavěšenou dolní mostovkou. Oblouky jsou navrženy z materiálu UHPFRC a stabilizačně jsou zajištěny ocelovými rozpěrami. Roštová mostovka sloužící jako táhlo oblouku je navržena jako ocelová a je zavěšena tyčovými závěsy na jeho konstrukci. V patě oblouku je ocelová mostovka spojena s obloukem pomocí čepového spoje. Konstrukce oblouku je zhotovena jako prefabrikát s montážním spojem v jeho vrcholu.

Vyrobeny tak byly přesné poloviny dvojice obloukových pasů. Montážní spoj ve vrcholu oblouku byl zabetonován in situ s provázáním výztuže pomocí příložek. V dolní části oblouku z prefabrikátu (v patě, v místě monolitického příčníku) vyčnívá výztuž pro spřažení s monolitickými příčníky, zárodky kotev příčného předpětí a styčná spára je vystrojena smykovými zámky. Prefabrikované nosníky byly betonovány v poloze „na boku", přičemž povrch ve styku s bedněním tvoří vnější obrys mostu.

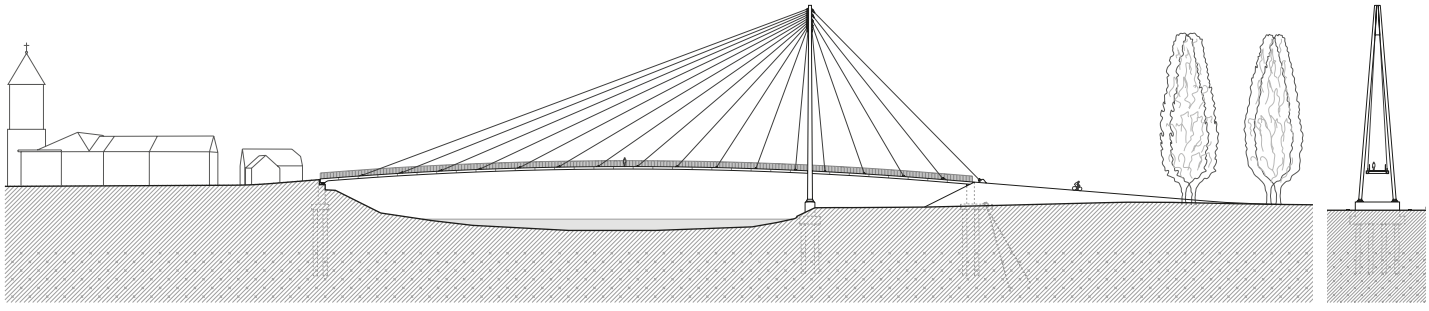
Konstrukce mostovky je tvořena podélníky a příčníky z profilů HEA 160. Ty tvoří dohromady sedm polí. Každé z nich je diagonálně zavětrováno čtyřmi táhly se středovou rozetou o průměru táhla 20 milimetrů. Na podélnících jsou navařeny konzoly kotvení pororoštových panelů mostovky. Na vnitřní straně podélníku jsou rovněž navařeny kotevní body pro LED lištu k prosvětlení mostovky. Celé toto táhlo je k mostovce kotveno čtyřmi čepy (2 + 2), na koncích mostovky čepem o průměru 85 milimetrů. Mostovka je dělena na poloviny z důvodu jednoduššího transportu a možnosti zinkování ponorem. Tyto dva svařence byly v průběhu stavby svařeny uprostřed rozpětí lávky. Zásadní bylo, aby se před svařením mostovka předepjala tak, aby se vymezily vůle v čepech a vneslo se do ní požadované napětí pro zajištění stability UHPFRC oblouků. •

Autoři PETR TEJ, MAREK BLANK, JAN MOUREK

Lávka přes řeku v Lužci nad Vltavou

Připravili Petr Tej, Martin Verner — Foto Alex Shoots Buildings

ŘEZY



Subtilní zavěšená lávka s mostovkou z UHPFRC (Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete, ultravysokohodnotný beton s rozptýlenou kovovou výztuží) stojí v obci nedaleko Mělníka v malebné lužní krajině řeky Vltavy. Od roku 1907, kdy byl vybudován laterální kanál mezi obcemi Hořín a Vraňany, je Lužec jedinou obcí v České republice, která leží celým svým územím na ostrově. Ostrov je zároveň největším ostrovem na řece Vltavě.

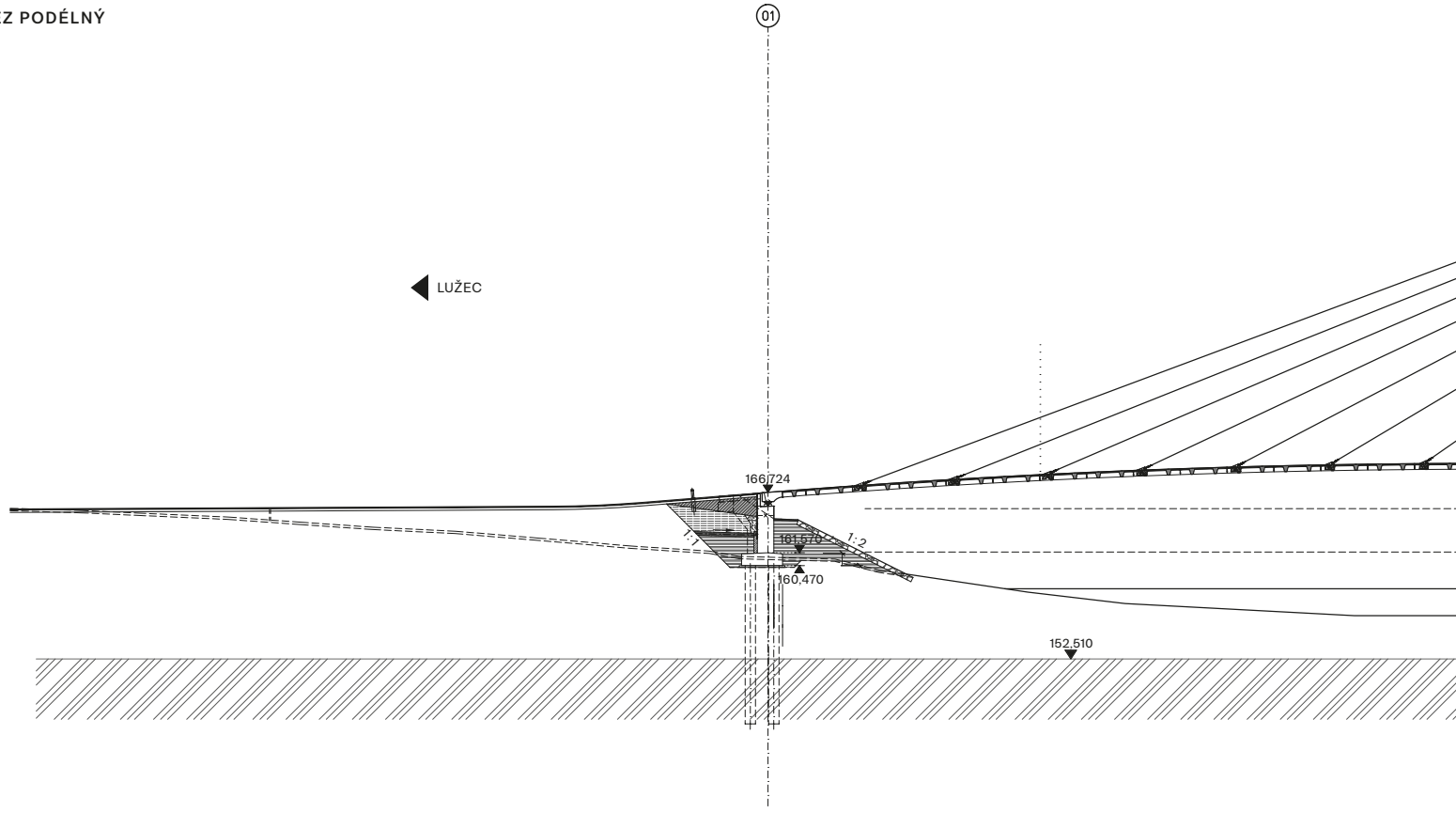
Lávka je vedena přes nesplavný tok řeky mezi obcemi Lužec nad Vltavou a Bukol. Přes řeku převádí dálkovou severojižní cyklotrasu EuroVelo 7 vedoucí ze Švédska na Sicílii.

Architektonický návrh je výtvarně založen na lehkosti a subtilnosti, které jsou umožněny díky technologicky extrémně vyspělému materiálu UHPFRC.

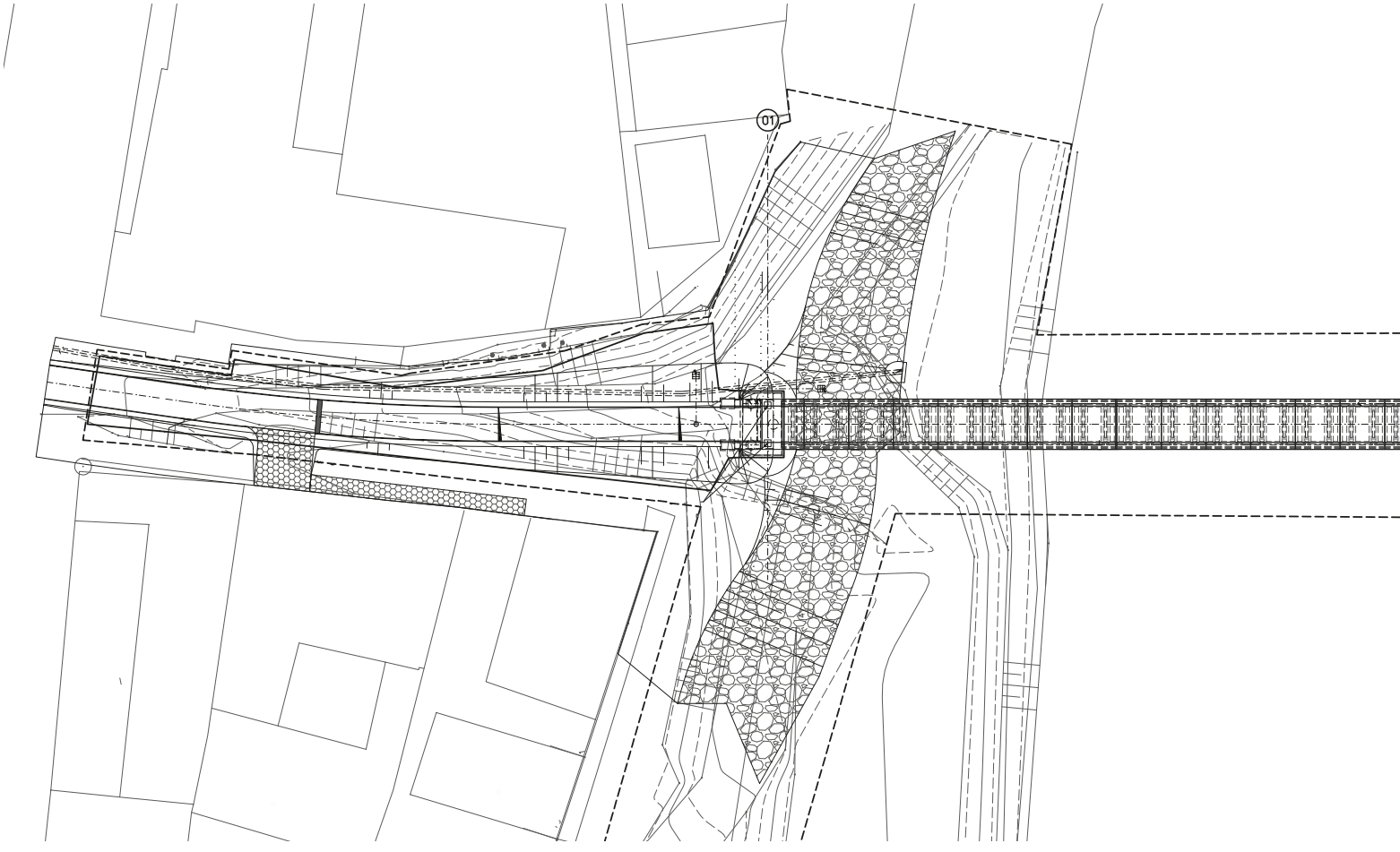
Stavba je koncipována jako zavěšená konstrukce s jedním pylonem a dvěma poli o rozpětích 30 + 100 metrů. Hlavní pole překračuje řeku v šířce 70 metrů. Pylon je ocelový, vysoký 40 metrů a tvoří v rovinaté krajině protiváhu kostelní věži. Mostovka je vedena ve výškovém oblouku s poloměrem 777 metrů a je sestavena z přímo pochozích prefabrikátů z UHPFRC. Závěsy tvoří 17 párů uzamčených ocelových lan. Mostovka byla nad břehy montována na pevné skruži. Část nad řekou se montovala letmo. Mostovka je sepnuta dvěma volnými kabely.

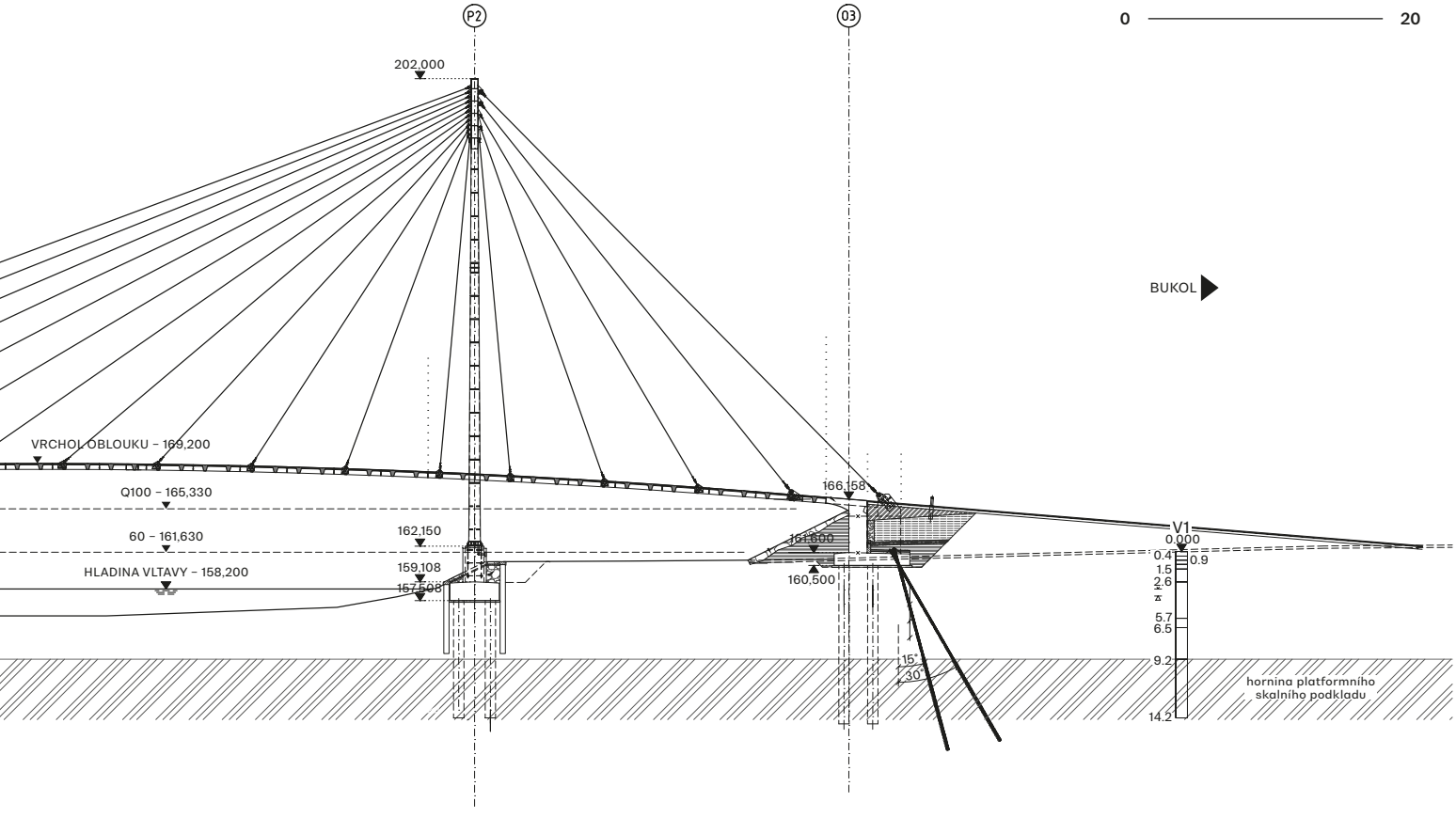
Barevně jsou všechny prvky konstrukce sjednoceny a dematerializovány tóny středně šedé barvy. Lávka je zapojena do krajiny nově vysazenou dubovou alejí podél cesty na bukolské straně. Duby dorostou do výšky pylonu. •

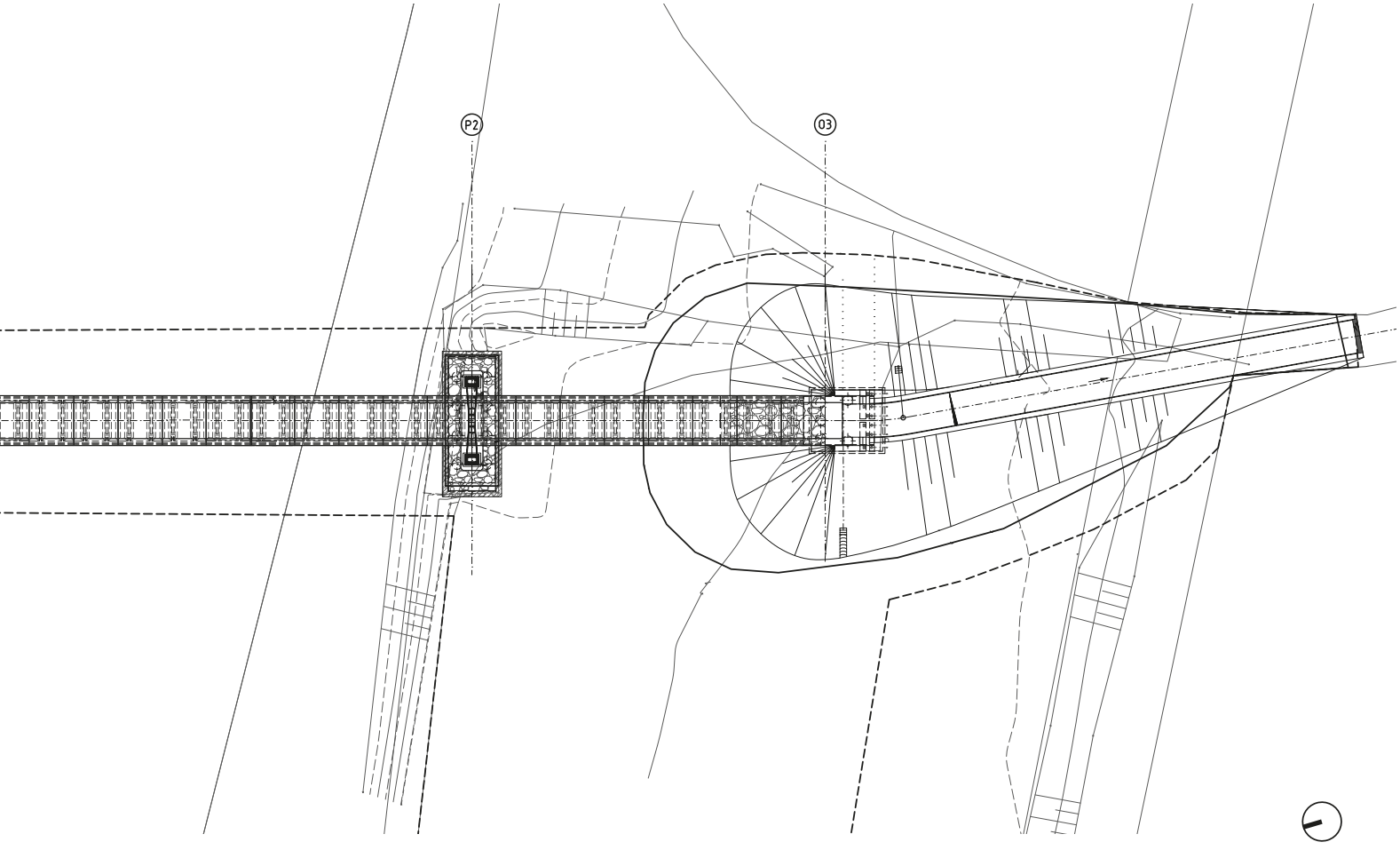
ŘEZ PODÉLNÝ



PŮDORYS

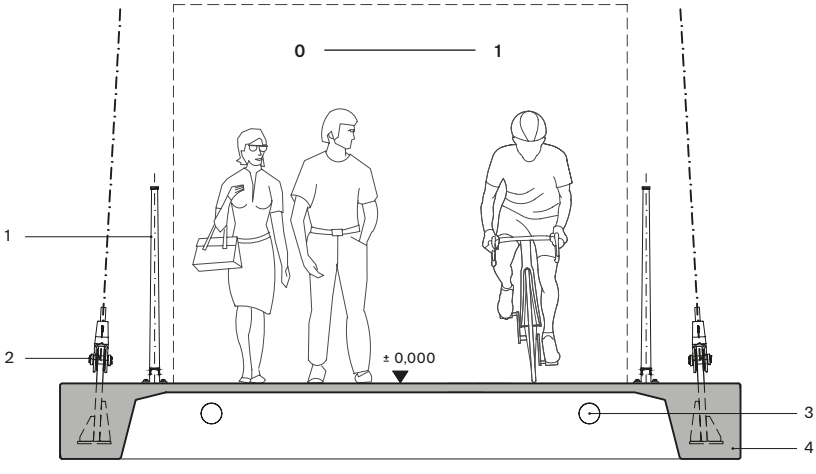



P2
03
0
20
202,000
BUKOL
VRCHOL OBLOUKU – 169,200
Q100 – 165,330
60 – 161,630
HLADINA VLTAVY – 158,200
162,150
159,108
157,508
166,158
164,500
160,500
V1
0,000
0,4
0,9
1,5
2,6
5,7
6,5
9,2
14,2
15°
30°
hornina platformního
skalního podkladu


P2
03

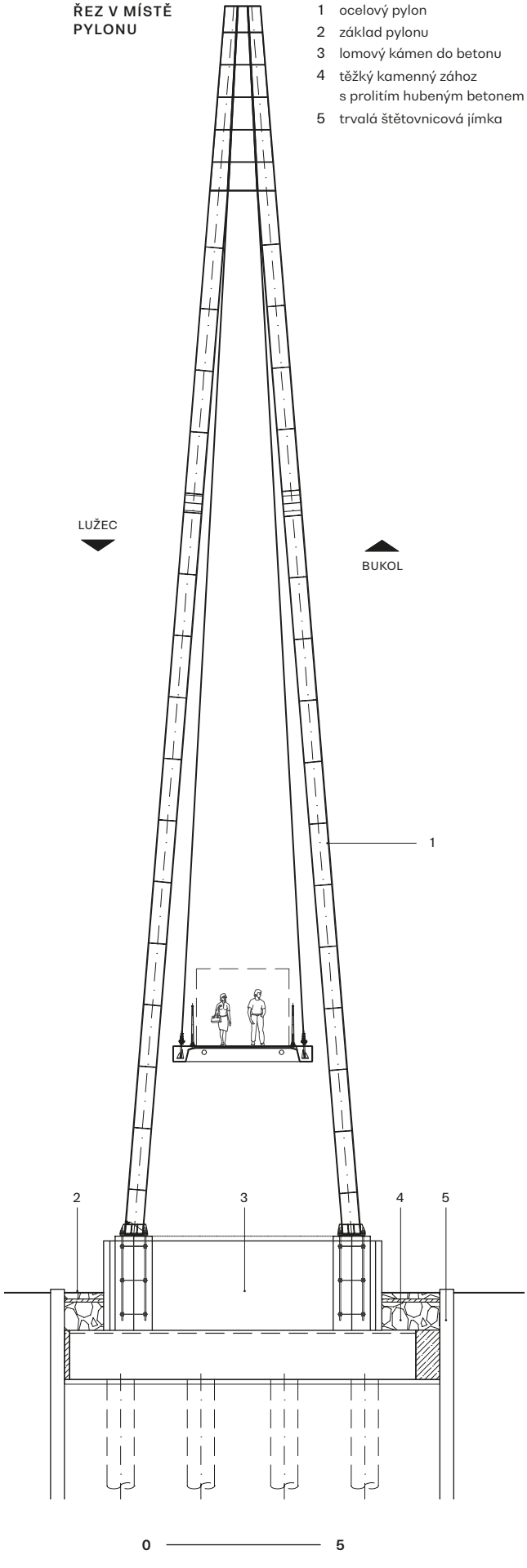
VZOROVÝ ŘEZ PŘÍČNÝ

1 zábradlí výšky 1,3 m se svislou výplní
2 kotevní prvek závěsu
3 chránička volného předpětí
4 betonový segment z UHPFRC



ŘEZ V MÍSTĚ PYLONU

1 ocelový pylon
2 základ pylonu
3 lomový kámen do betonu
4 těžký kamenný zához s prolitím hubeným betonem
5 trvalá štětovnicová jímka



Lávka přes Vltavu v Lužci nad Vltavou

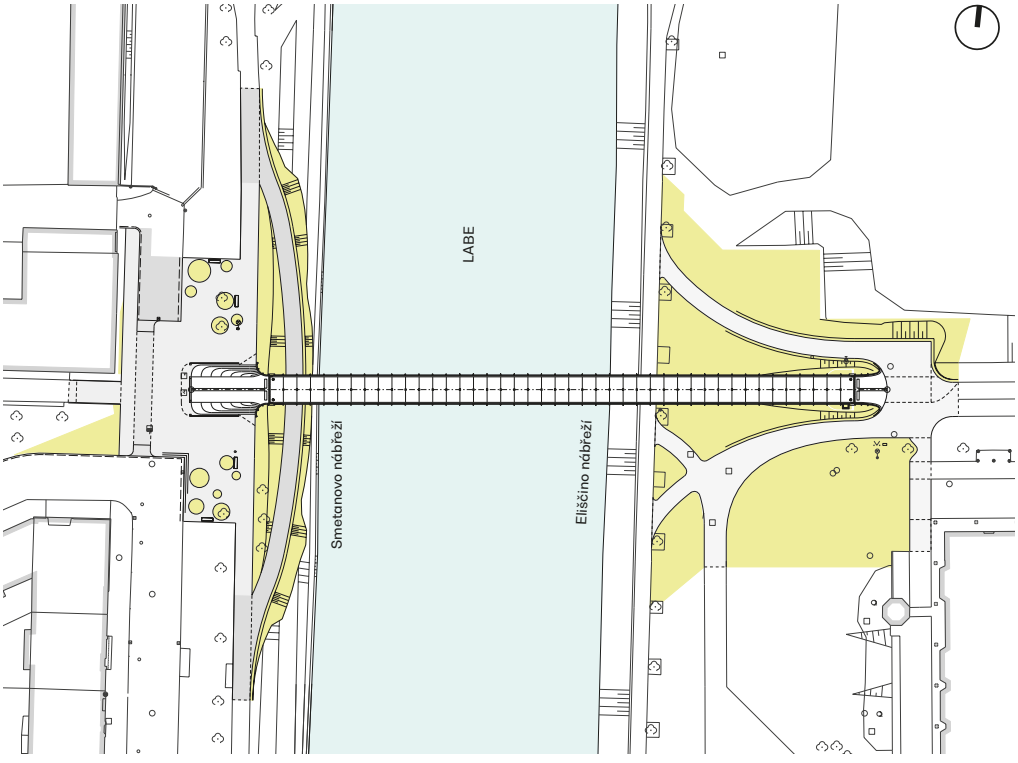
Místo: Lužec nad Vltavou,
Středočeský kraj, ČR
Autoři: Petr Tej, Marek Blank, Jan Mourek
Realizační dokumentace: Valbek /
Lukáš Vráblík, Ondřej Matoušek,
Petr Harazim
Realizační firma: Hochtief
Klient: obec Lužec nad Vltavou
Projekt: 2015
Realizace: 2020
Délka: 130 m
Náklady: 50 mil. Kč / asi 2 mil. eur
Foto: Alex Shoots Buildings

Lávka v Hradci Králové

Zatímco most představuje sílu a pevnost, lávka by měla působit lehce, až křehce. Transparentní ocelobetonová konstrukce podporuje vizuální propustnost a umocňuje subtilnost. Linie a křivky i volba přiznaného konstrukčního detailu jsou další vrstvou – dekorem bez dekoru. Konstrukce lávky je založena na principu synergie.

Připravili Gabriela Elichová, Martin Verner
Foto Ester Havlová, Libor Kábrt

0 —— 20 SITUACE



Návrh vzešel z architektonické soutěže na propojení obou břehů Labe v Hradci Králové – v místě kongresového centra Aldis, mezi Labským a Tyršovým mostem – pěší a cyklistickou lávkou s velkorysou bezkolizní šířkou 4,5 metru a bez zásahu do koryta řeky. Lokalita souvisí s městskou památkovou zónou a vyznačuje se dvojím charakterem nábřeží: kompaktní zástavbou na pravém břehu a volnější strukturou se solitérními objekty na břehu levém.

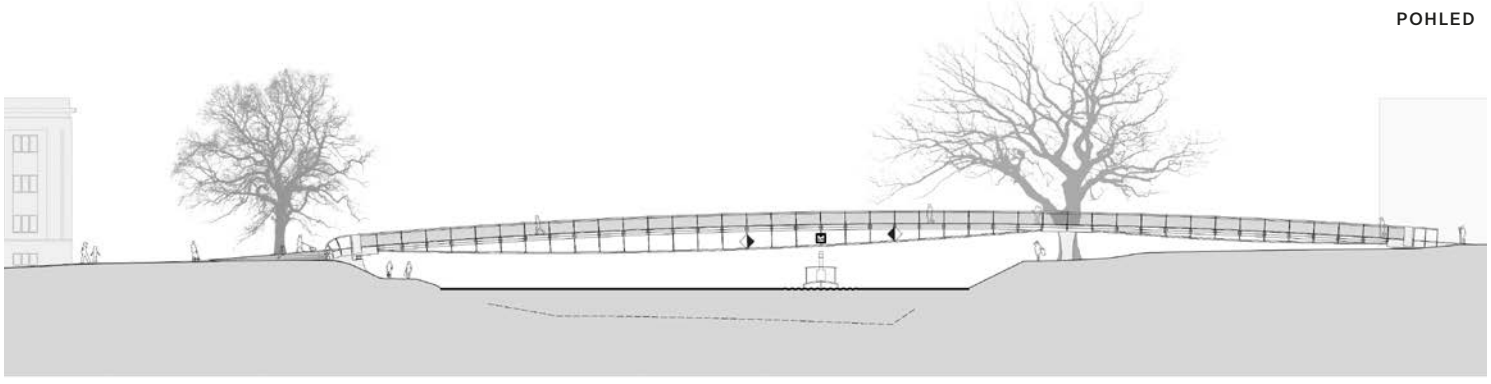
Vzhledem k místní situaci bylo cílem autorů vtáhnout bulvár u Aldisu více do organismu města, do jeho pěší struktury, a provázat obě parková nábřeží s dominantními alejemi a spletitou sítí parkových cest do jednoho celku. Trasa lávky na levém břehu plynule navazuje na prostor bulváru v Collinově ulici a na pravém břehu ústí do předprostoru archivu ve Škroupově ulici. Širokým překlenutím překonává nejen říční tok, ale i celý prostor kolem řeky, propojuje obě nábřeží s jejich skrytým, ale extrémním množstvím inženýrských sítí a vzájemně přibližuje zástavbu na obou březích. Zpevněná předpolí rozšiřují komunikační prostor a umožňují prolínání sítě pěších a cyklistických stezek,

přičemž nepřerušené podélné trasy podbíhají lávku a pokračují po nábřežích dále. Přírodnímu charakteru nábřeží odpovídá organické tvarosloví lávky. Pilíř se stává integrální součástí levobřežní aleje.

Pevnost, subtilnost a udržitelnost konstrukce, která s lehkostí překonává celkové rozpětí 102 metrů, spočívá v minimalizaci použitého materiálu. Toho lze dosáhnout pouze co nejefektivnějším využitím vlastností jednotlivých materiálů a propojením funkcí použitých konstrukčních prvků. Výsledkem je všestranně funkční celek, jehož konstrukční prvky jsou zároveň prvky statickými i architektonickými:

- pochozí betonová mostovka je zároveň tlačenou pásnicí a hmotnostně stabilizačním prvkem,
- ocelová žebra, zajišťující přenos sil mezi mostovkou a nosnými lany, tvoří zároveň sloupky zábradlí,
- osvětlení lávky je zajištěno svítidly umístěnými v madle zábradlí.

POHLED

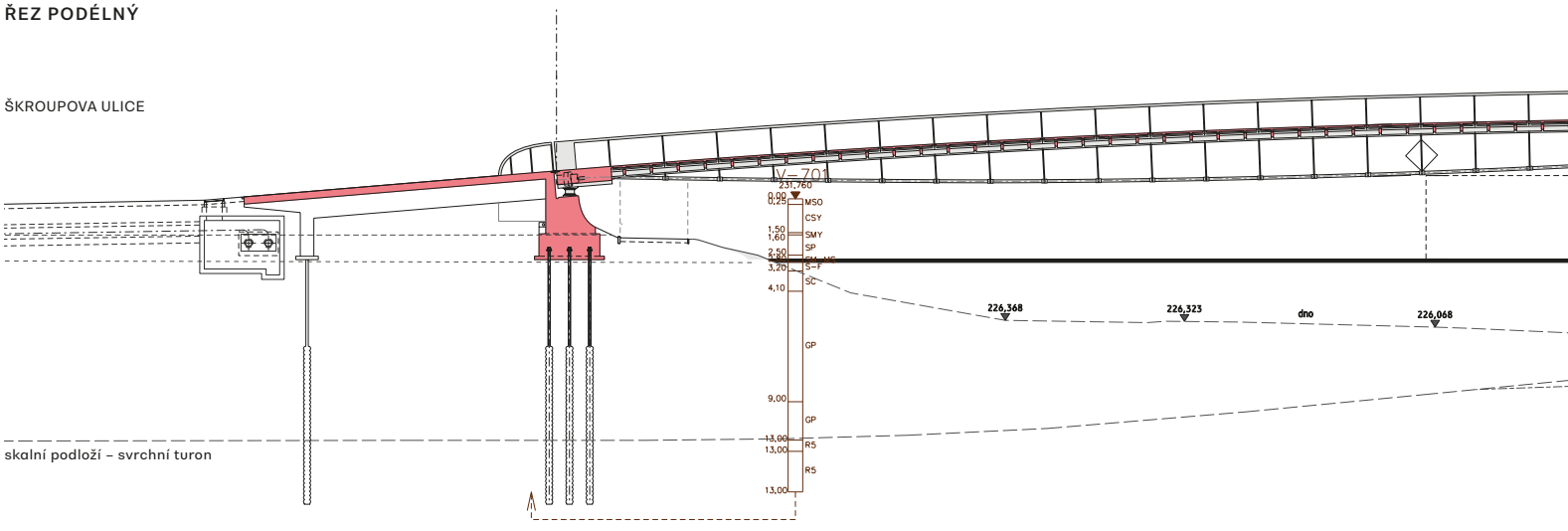


Nosná konstrukce nevystupuje nad úroveň mostovky, aby nenarušovala pohled na historické panoráma města. Niveleta lávky respektuje říční profil a nebrání lodní dopravě.

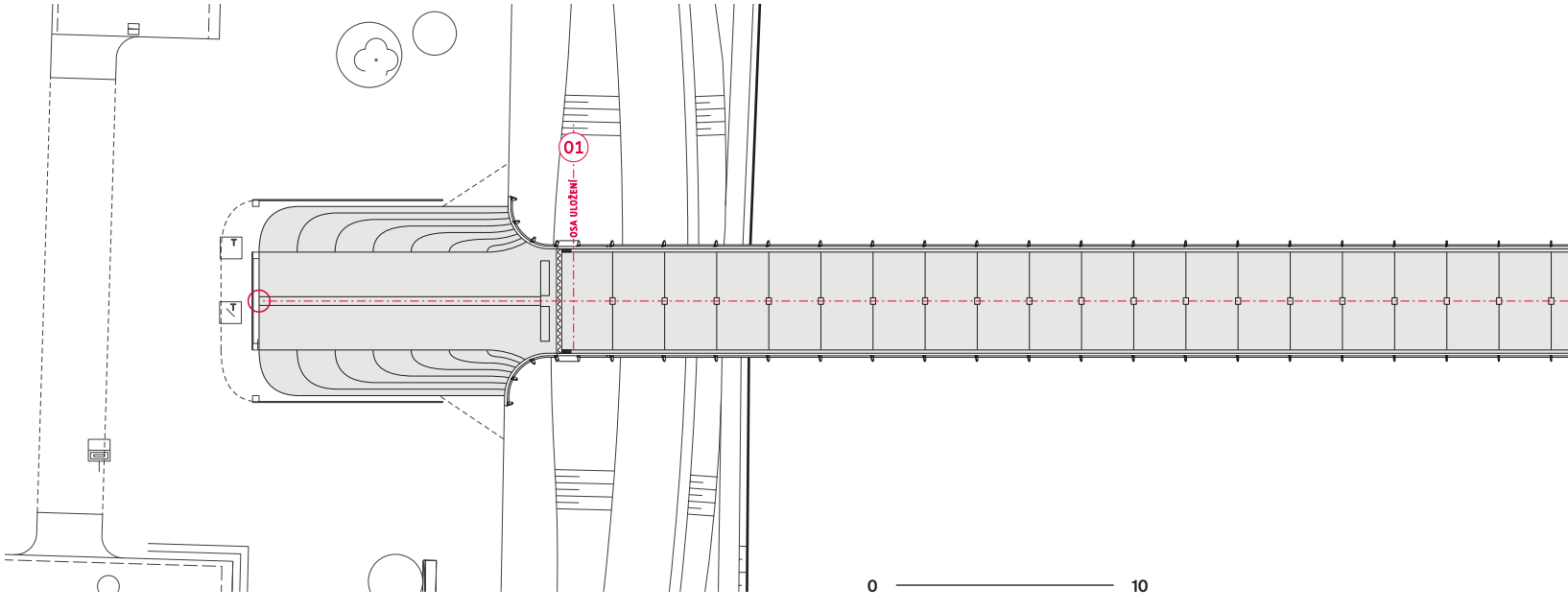
Základní konstrukční ideou návrhu je kombinace taženého ocelového spodního pasu a tlačené železobetonové desky mostovky. Spodní pas konstrukce je tvořen dvojicí ocelových nosných lan. Mostovka sestává z prefabrikovaných deskových prvků z UHPC, předpjatých čtveřicí předpínacích kabelů a zmonolitněných dobetonávkou pro zajištění spojitosti konstrukce. Deskové prefabrikáty z UHPC jsou uloženy na ocelových polorámech, které zaručují přenos sil mezi mostovkou a nosnými lany. Výška těchto příčníků / ocelových žeber je proměnná, koresponduje s parabolickým vedením nosných lan.

Žebra v pravidelném rastru 2,4 metru plynule přecházejí ve sloupky zábradlí a vytvářejí tak ucelený konstrukční prvek. Sloupky zábradlí mají výšku 1,3 metru, výplň tvoří nerezová síť X-TEND a v madle zábradlí je umístěno LED osvětlení s možností regulace intenzity. Dvojí zakřivení geometrie nosných lan (parabolické vedení v horizontální i vertikální rovině) zajišťuje dostatečnou tuhost konstrukce.

ŘEZ PODÉLNÝ



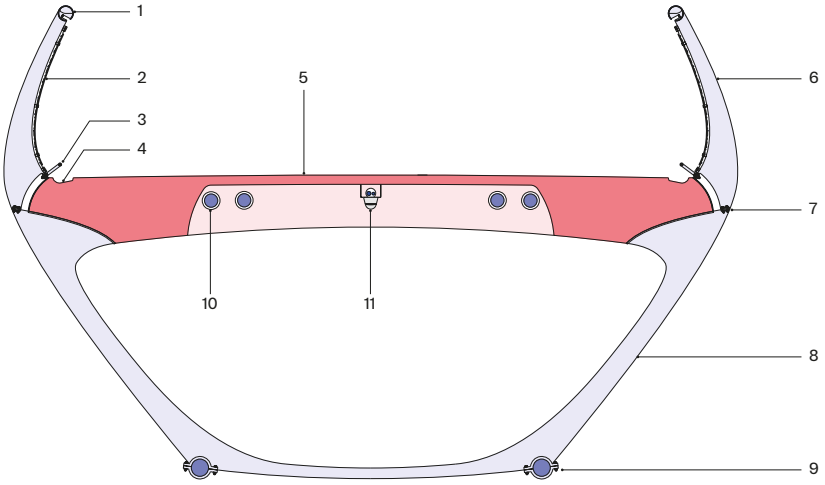
PŮDORYS



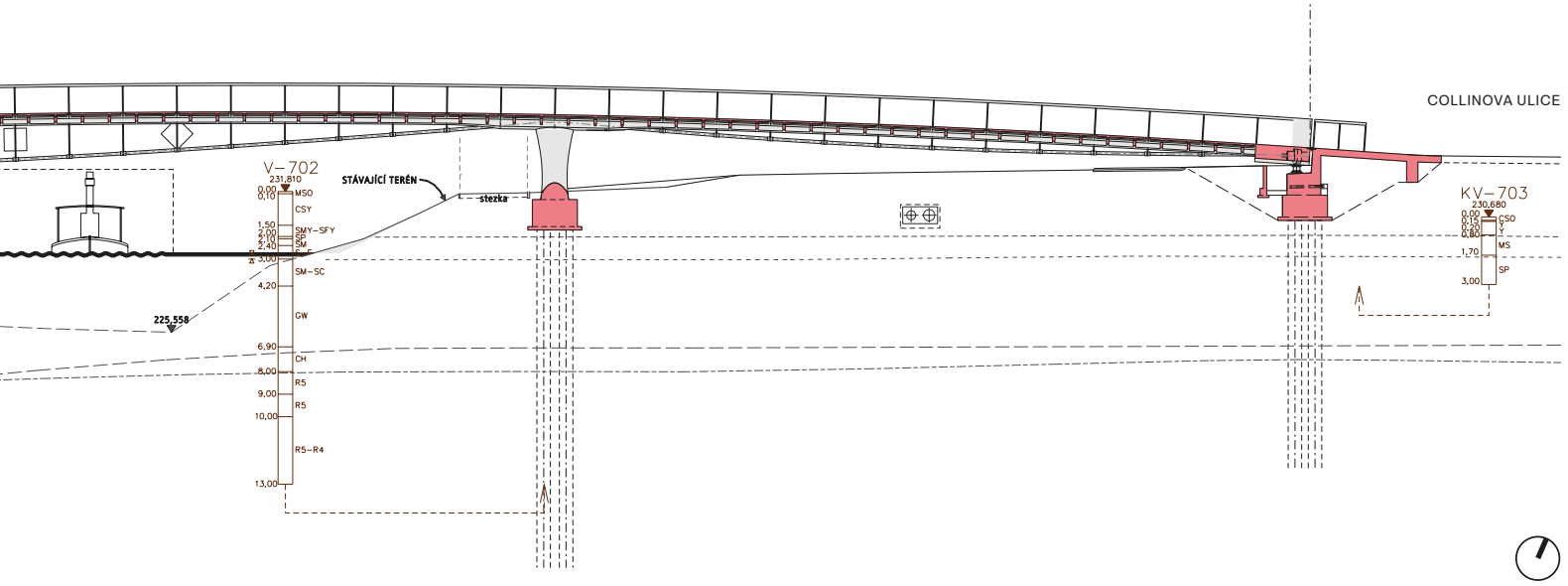
0 —— 1

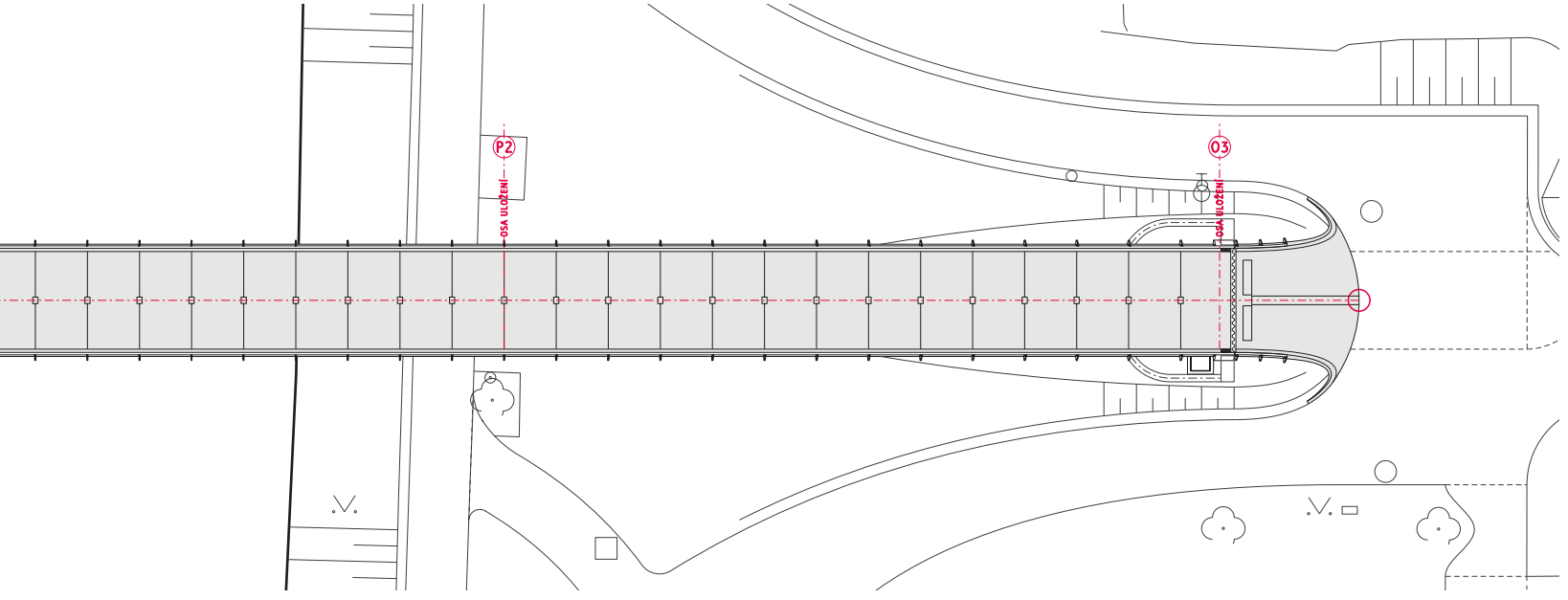
VZOROVÝ ŘEZ PŘÍČNÝ 1 : 20

1 ocelové madlo s tělesem osvětlení
2 nerezová síť
3 slepecká vodicí linie
4 odvodňovací žlábek
5 železobetonová spřažená deska z UHPC prefa dílců, zmonolitněná a předpjatá
6 nerezový sloupek zábradlí šroubovaný k nosnému žebru
7 šroubovaný styk
8 nosný ocelový příčník tl. 40 mm
9 sestava hlavních nosných lan
10 kabely podélného předpětí mostovky
11 systém osvětlení spodních žeber

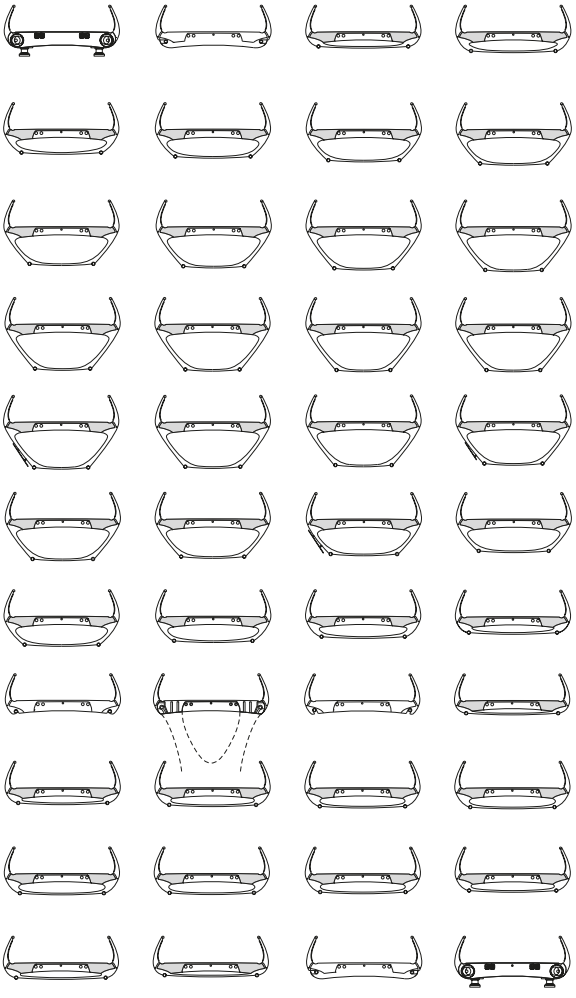


železobetonová konstrukce v řezu
železobetonová konstrukce v pohledu
ocelová konstrukce v řezu
ocelová konstrukce v pohledu

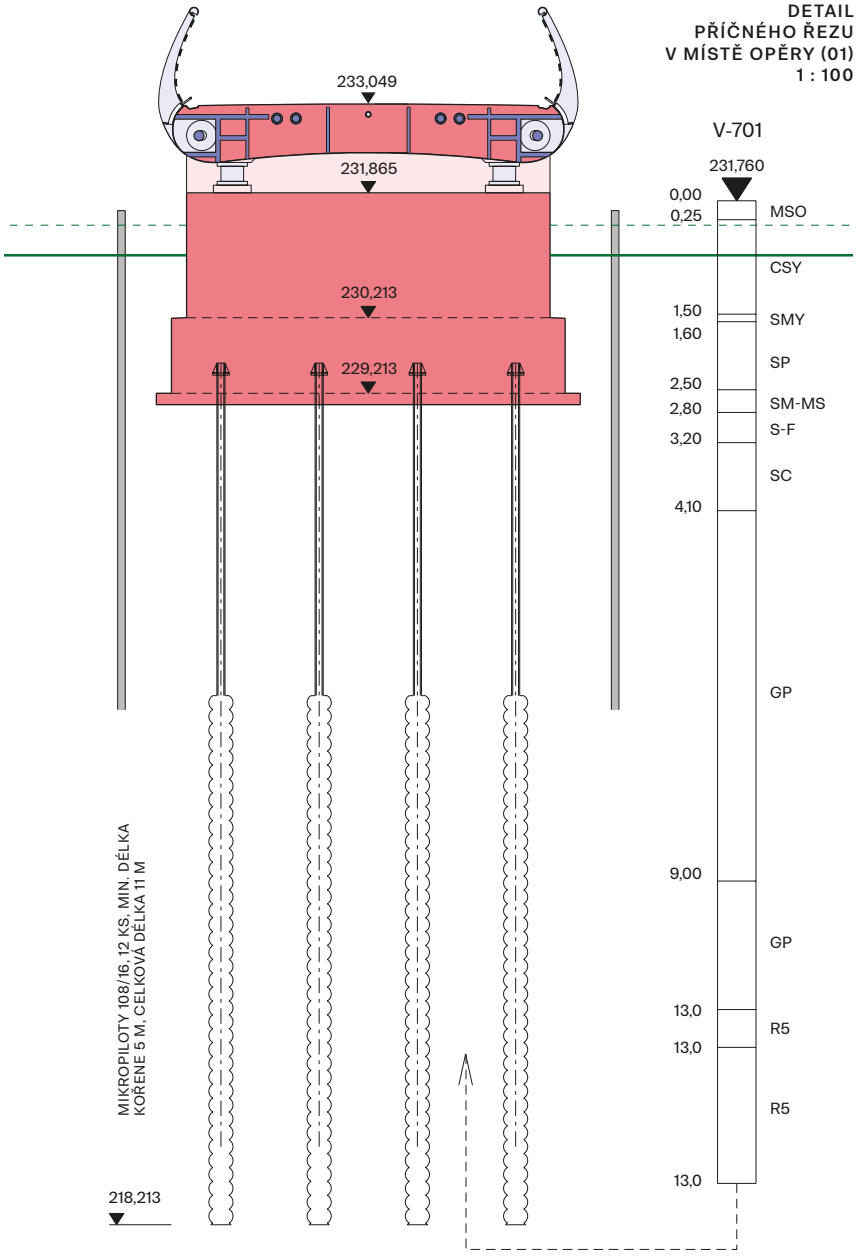




TVARY ŽEBER

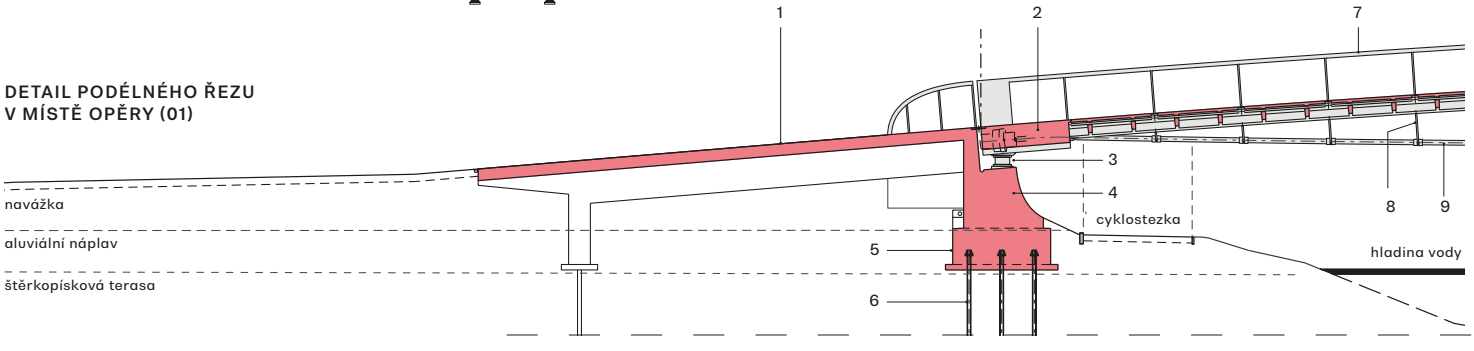


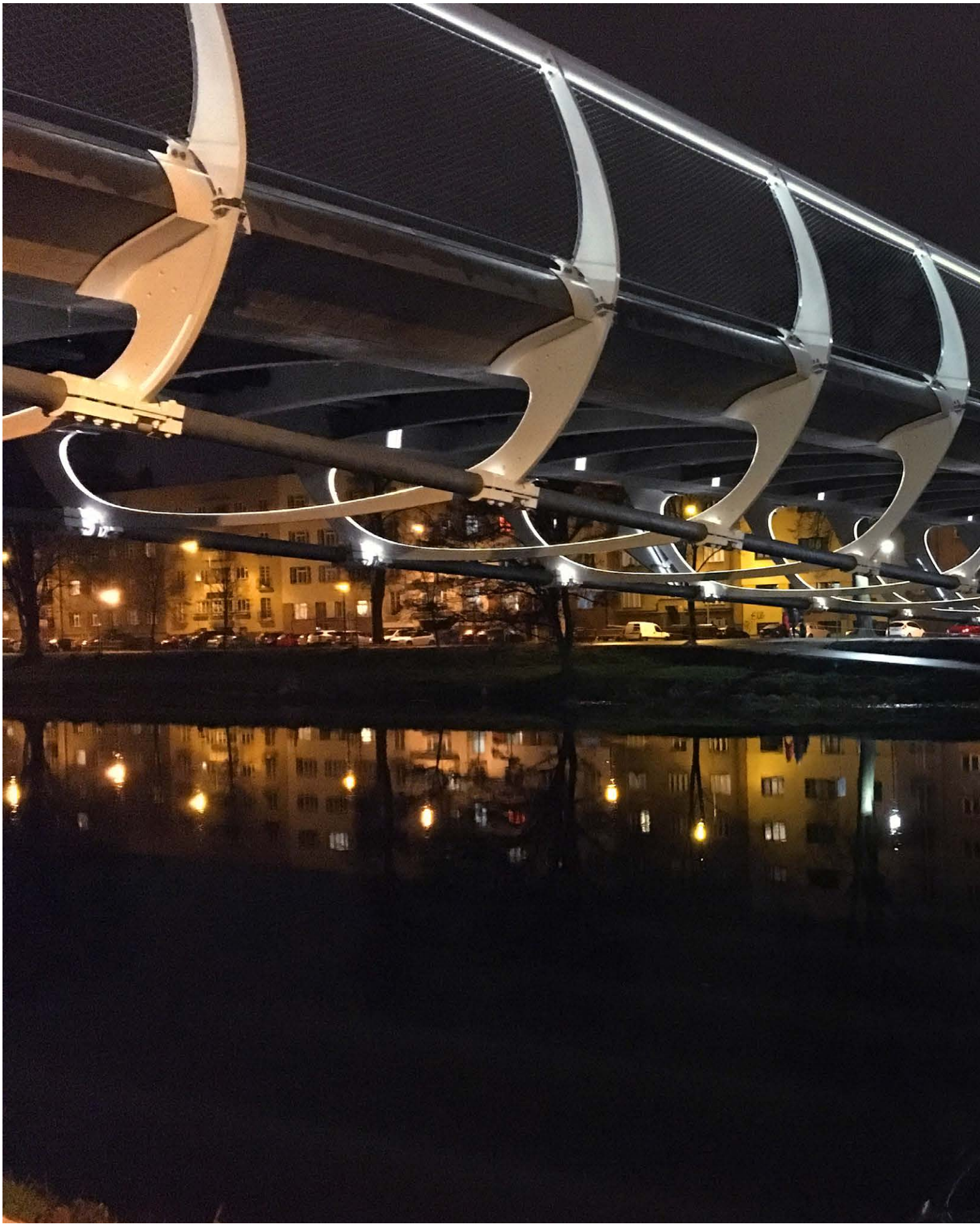
DETAIL PŘÍČNÉHO ŘEZU V MÍSTĚ OPĚRY (01) 1 : 100

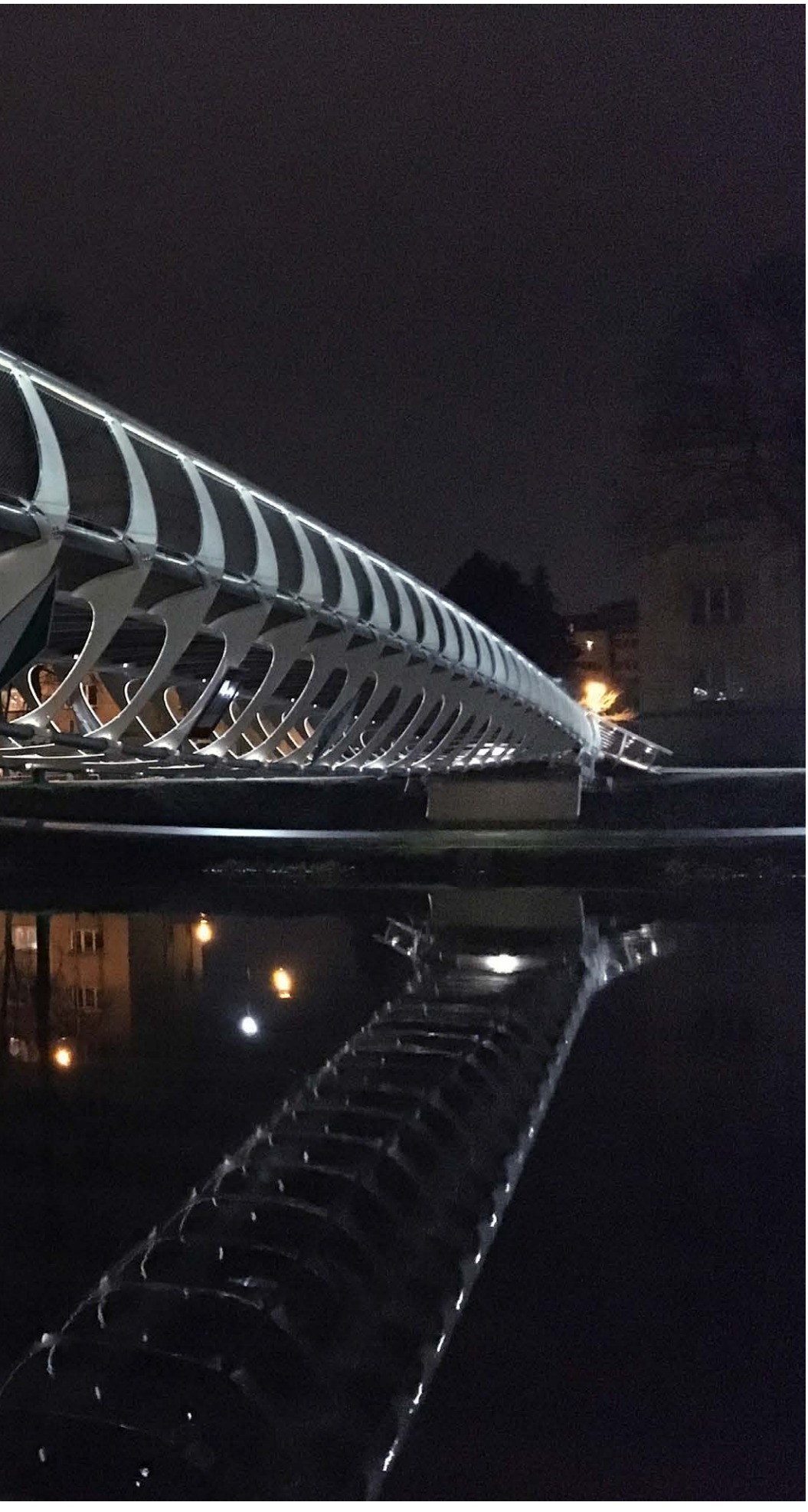


1 předpolí mostu
2 koncový příčník
3 ložiska
4 opěra
5 úložný blok
6 mikropiloty
7 ocelové zábradlí
8 příčné ocelové žebro
9 uzamčené lano

DETAIL PODÉLNÉHO ŘEZU V MÍSTĚ OPĚRY (01)







Předpětí je navrženo jako externí a je situováno mimo desku mostovky. Geometrie předpětí je zvolena tak, aby radiální síly ve vertikální rovině působily proti účinkům vnějšího zatížení a zároveň aby radiální síly v horizontální rovině konstrukci stabilizovaly. Celá konstrukce díky tomu velmi dobře vzdoruje i nerovnoměrnému jednostrannému zatížení, síly konstrukci stabilizují proti torzním účinkům.

Lávka je navržena jako spojitý nosník o dvou polích, rozpětí hlavního pole činí 69 metrů. Z hlediska statického se konstrukce chová jako „samokotvená“, což znamená, že do základů nejsou teoreticky přenášeny žádné vodorovné síly. ●

Lávka v Hradci Králové

Místo: Hradec Králové, Královéhradecký kraj, ČR
Ateliér: GEM.VISION
Autoři: Libor Kábrt, Gabriela Elichová, Martin Elich
Generální projektant: Libor Kábrt
Projektová dokumentace: Valbek (RDS) / Lukáš Vráblík, Petr Harazim
Zhotovitel: SMP CZ (nově Stavby mostů) / Viktor Stržínek, Jiří Keclík, Lucie Navarová
Betonové prefabrikované dílce z UHPC: KŠ PREFA Štětí / Zdeněk Zdvihal, Jorge Luis Gonzalez, Jan Prchal, Jan Marek, Lukáš Smrt
Ocelová konstrukce: Stavokov
Ocelová lana: Redaelli Tecna
Rozměry: šířka 5,6 m, délka 102 m
Průchozí profil: 4,5 m (v celé délce)
Náklady: 174,96 mil. Kč (vč. DPH) / asi 7 mil. eur
Foto: Ester Havlová, Libor Kábrt

UHPC

Skutečnost, že není beton jako beton, je nabíledni. Přesto jistě neuškodí trochu přetřídit terminologii a podívat se hlouběji na technologické souvislosti materiálu s názvem UHPC, který začínají znát už i poučení laici, ale především ti s pokročilou angličtinou a základy latiny.

Text Jan Marek, Jan Prchal — Foto kolektiv autorů

MATERIÁL ULTRA HIGH PERFORMANCE CONCRETE

Materiál Ultra High Performance Concrete (UHPC) je moderní stavební materiál, na jehož vývoji a využití pracuje velký počet odborných pracovišť po celém světě. Vývoj těchto kompozitů na bázi cementu se ubírá různými směry po více než čtyři dekády. I přesto je použití UHPC na poli stavebních materiálů stále ještě poměrně novinkou, zejména pokud jde o uplatnění v měřítku běžných stavebních konstrukcí.

Terminologie

Běžný beton (NC, Normal Concrete) je materiál tradiční, který není třeba představovat. V kontextu tohoto článku si takto dovolujeme označit celou širokou škálu cementových betonů běžně používaných ve stavební praxi.[1]

Vysokohodnotný beton (HPC, High Performance Concrete) je materiál, jenž svými vlastnostmi překonává běžný beton. Podle některých názorů jde o beton s vodním součinitelem (w/c) nižším než 0,4. [1] Podle jiných zdrojů jde o beton třídy vyšší než C 50/60.

Vysokopevnostní beton je beton s velkou pevností v tlaku, viz HPC.

Ultravysokohodnotný beton (UHPC, Ultra High Performance Concrete) je cementový kompozit, který se od běžného betonu odlišuje nižším vodním součinitelem, absencí hrubého kameniva, přítomností řady příměsí, superplastifikátorů a výztužných mikrovláken. Vyniká vysokými hodnotami mechanických a fyzikálních parametrů. Ve starších pramenech se o UHPC hovoří při překonání hranice 150 MPa v tlaku, ale v současném stavu technologie se upřednostňuje označovat jako UHPC každý cementový kompozitní materiál, jenž má velmi vysoké hodnoty i jiných než tlakových pevností. Jde například o nezvykle vysokou pevnost v tahu za ohybu, schopnost duktilního chování, překvapivě spolehlivou mrazuvzdornost a velmi nízkou nasákavost, otěruvzdornost a další.

Ultravysokohodnotný beton vyztužený vlákny (UHPFRC, Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete) je obecně používané označení pro UHPC, jehož základní cementová matrice je vyztužena mikrovlákny, které mu dodávají potřebnou duktilitu. Protože většina aplikací UHPC vyztužení pomocí mikrovláken využívá, je toto označení přesnější, ale nikoli běžnější.

Historie

Obecně je vývoj UHPC pokračováním rozvoje HPC, jenž se od běžného betonu odlišoval nižším vodním součinitelem a použitím pevnějšího kameniva. [1] V průběhu devadesátých let 20. století představil Francouz Pierre Richard materiál Reactive Powder Concrete (RPC) [2], který se vyznačoval vysokým obsahem pojiv, nízkým vodním součinitelem, obsahem jemnozrnných příměsí, superplastifikátorů a výztužných drátků. [3] V roce 1994 použil François de Larrard termín UHPC [4], jenž se ujal pro označení ultravysokohodnotných betonů. První realizovanou konstrukcí z UHPC byla lávka pro pěší v kanadském Québecu. [5] V současnosti je po celém světě několik tisíc staveb využívajících UHPC, ale v celkovém objemu globální stavební výroby jde stále o malý zlomek. V ČR byla první stavební aplikace UHPC na nosnou konstrukci provedena v roce 2012 – šlo o desky ztraceného bednění na mostě v Benátkách nad Jizerou. Dnes máme v ČR již desítky aplikací.

Principy

Složení

Příklad složení směsí běžného, vysokohodnotného a ultravysokohodnotného betonu:

Tab. 1

	NC	HPC [9]	UHPC [11]
SLOŽKY	[kg/m³]	[kg/m³]	[kg/m³]
Portlandský cement	< 400	410	600–1000
Hrubé kamenivo	1000	920	–
Drobné kamenivo	700	620	1000–1200
Příměsi	–	40	50–300
Superplastifikátor	–	5	10–70
Voda	> 200	100–150	110–160
Vlákna	–	–	80–250
VODNÍ SOUČINITEL	> 0,4	0,28–0,38	< 0,24

Pórovitost

Struktura, velikost a rozmístění pórů zásadně ovlivňují pevnost ztvrdlých materiálů na cementové bázi. Jednou z cest vedoucí ke snížení pórovitosti, kterou lze zvýšit pevnost betonu, je minimalizace mezerovitosti kameniva, jíž lze docílit optimalizací křivky zrnitosti. Při návrhu receptury UHPC se optimální mezerovitosti a hutnosti dosahuje použitím příměsí, jemnozrnných anorganických látek s největší velikostí zrn 0,25 mm. Ty mohou současně ovlivnit reologické vlastnosti čerstvé i ztvrdlé směsi.

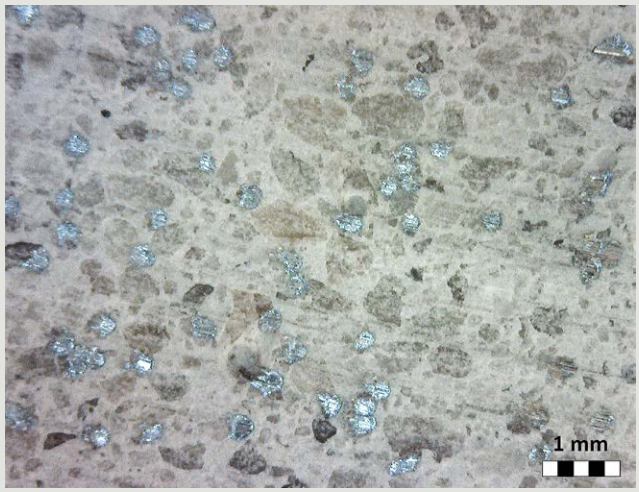
[1] Kéž by se toto dalo za několik let říci i o UHPC.

1 Čerstvý UHPFRC po zkoušce rozlití Hägermannova kužele bez poklepu na skle (bílá receptura s ocelovými vlákny). Zdroj archiv Kloknerova ústavu ČVUT

2 Detail řezu UHPFRC (bílá receptura s ocelovými vlákny). Zdroj archiv Kloknerova ústavu ČVUT

3 Kontrolní zkušební vzorky UHPFRC uložené ve vodní lázni. Zdroj archiv Kloknerova ústavu ČVUT

1



2

Vzhledem k vysoké dávce cementu (tab. 1) plní část zrn nezhydratovaného cementu funkci mikroplniva.[2] Redukce vodního součinitele je dalším přístupem, který vede ke snížení pórozity a nárůstu pevnosti. Pro UHPC je zásadní použití superplastifikátorů, jež i při redukovaném vodním součiniteli (tab. 1) zaručují zpracovatelnost čerstvého materiálu (obr. 1).

Homogenita

Použitím hrubého kameniva v běžném betonu, ve kterém se může velikost zrna kameniva pohybovat mezi 4 a 63 mm, vznikají v tranzitní zóně mezi cementovou pastou a kamenivem vlivem rozdílných mechanických vlastností těchto dvou součástí smyková a tahová napětí, jež mohou vést ke vzniku mikrotrhlin. Jejich šířka proporčně odpovídá velikosti zrn kameniva. [1] Pro eliminaci těchto jevů je v UHPC místo hrubého kameniva použit křemičitý písek s velikostí zrna do 4 mm. Zmenšením zrna kameniva se jednak zmenšuje velikost mikrotrhlin, jednak se snižuje pravděpodobnost poškození samotného kameniva a současně je dosaženo vyšší homogenity.

Duktilita

Pro zajištění houževnatosti a vysoké duktility výsledného UHPC je nutné doplnit matrici všesměrně orientovanou výztuží. Vhodným materiálem jsou ocelová mikrovlákna o průměru 0,15–0,3 mm a délce 8–20 mm. [12] Použít lze též vlákna z materiálů na bázi polymerů, případně vlákna skleněná. Kombinací vláken z různých materiálů lze pozitivně ovlivnit požární odolnost UHPC a eliminovat segregaci vláken.

Běžné dávkování ocelových vláken pro prefabrikované dílce je 1,5 % objemu, tedy 120 kg/m³.[3] Toto dávkování zaručuje duktilní chování UHPFRC s tahovým změkčením, ale dovoluje navrhovat konstrukce s využitím tahových pevností. Při opravě mostovky Barrandovského mostu bylo použito UHPC se 3 % drátků.[4]

Vlastnosti

Přednostmi UHPC jsou vynikající mechanické vlastnosti jako vysoká tlaková pevnost, vysoká duktilita a dlouhá trvanlivost. [6] Typická pevnost v tlaku UHPC se pohybuje v intervalu od 130 do 220 MPa.[5] Zhruba do 70 až 80 % tlakové pevnosti vykazuje UHPC lineárně pružné chování (graf 1). Vzhledem k vlastnostem matrice dosahuje modul pružnosti UHPC výrazně vyšších hodnot ve srovnání s běžným i vysokohodnotným betonem (tab. 2).

Vybrané vlastnosti běžného, vysokohodnotného a ultravysokohodnotného betonu:

Tab. 2

Veličina	Jednotka	NC	HPC [1]	UHPC
Charakteristická válcová pevnost v tlaku f_{ck}	MPa	12–50	50–100	110–170
Střední hodnota modulu pružnosti E_{cm}	GPa	27–37	38–44	45–55
Charakteristická pevnost betonu v prostém tahu f_{ctk} (5% kvantil)	MPa	1,1–2,9	3–3,5	4–10
Hloubka průsaku tlakovou vodou	mm	20–25	20–25	0–5
Odolnost povrchu vůči působení rozmrazovacích látek, CHRL	g/m²	200–700	50–150	0–50

[2] Jako hranice pro hydrataci všech zrn cementu bývá označována hodnota w/c = 0,4.

[3] 1,5 % objemu 1 m³ je vyplněno vlákny s objemovou hmotností 8 000 kg/m³.

[4] Pro srovnání je například v USA používáno dávkování 2,0–2,5 %, ve Švýcarsku 3 %, v Malajsii 1,5 %.

[5] Obvykle uváděná hranice tlakové pevnosti pro klasifikaci UHPC je 150 MPa. Je nutné uvádět i velikost zkušebního tělesa a stáří vzorku v okamžiku zkoušení. Jako referenční těleso se používá válec o průměru 100 mm a výšce 200 mm. [12]

3

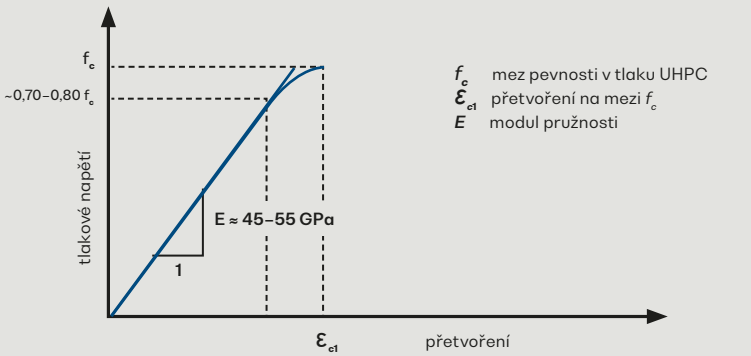
Mechanické a trvanlivostní parametry umožňují realizovat vylehčené a subtilní konstrukce.

Pracovní diagram UHPFRC je charakteristický sestupnou větví od meze popisující postkritické chování vzorku (graf 2). Sklon sestupné větve závisí na obsahu vláken, jejich geometrii, poměru délky vlákna k největšímu zrnu kameniva a orientaci vláken. [7] Přítomnost výztužných vláken v UHPC se projevuje zhruba 15% nárůstem tlakové pevnosti. [8]

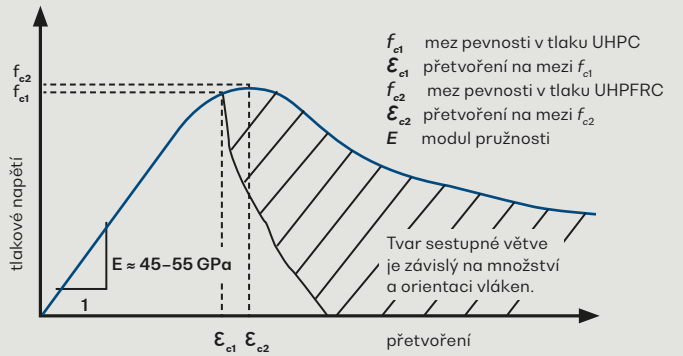
Tahová pevnost UHPC (bez vyztužení vlákny) dosahuje 7–10 MPa. K porušení nevyztuženého prvku dochází ihned po vzniku trhliny, tj. dosažení tahové pevnosti $f_{c,t}$. Do meze f_{ck} je závislost napětí a přetvoření lineární. U prvků z UHPFRC jsou po dosažení pevnosti matrice aktivována výztužná vlákna. V závislosti na vlastnostech vyztužení (množství, tvar, délka, štíhlostní poměr, materiálové charakteristiky vláken) se mění nelineární chování kompozitu po vzniku trhliny. Pro slabě vyztužené prvky je typické tzv. tahové změkčení, které je charakterizováno lokalizací porušení do jedné trhliny a porušením prvku. Pokud prvek přenáší rostoucí zatížení při narůstajícím přetvoření, jde o tahové zpevnění. [10]

Graf 1: Pracovní diagram UHPC v tlaku (bez výztužných vláken)

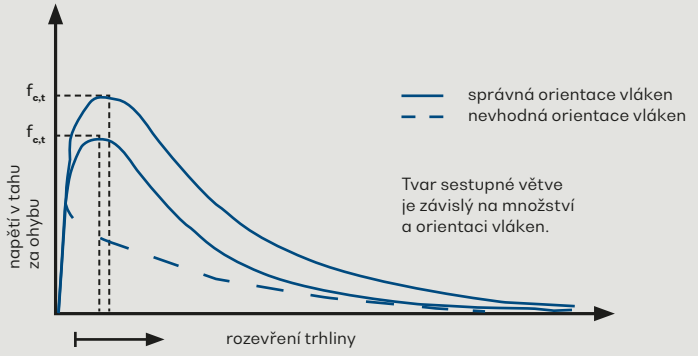
Graf 1 –3, zdroj [7]



Graf 2: Pracovní diagram UHPFRC v tlaku, dávka vláken 1,0 až 2,5 %



Graf 3: Možné pracovní diagramy zkoušky pevnosti v tahu za ohybu



4

5

6

4 Zkouška trámce 150 × 150 × 700 mm v tahu za ohybu s měřením CMOD. Zdroj archiv Kloknerova ústavu ČVUT

5 Trámec 150 × 150 × 700 mm po zkoušce v tahu za ohybu. Zdroj archiv Kloknerova ústavu ČVUT

6 Detail trhliny po zkoušce trámce v tahu za ohybu (průměr drátku 0,2 mm). Zdroj archiv Kloknerova ústavu ČVUT

7 Lávka přes Labe v Hradci Králové, mostovka z UHPFRC segmentů, 2022. Zdroj archiv KŠ PREFA

8 Segment nosné konstrukce Štvanické lávky ve výrobně ve Štětí, bílý UHPFRC, 2022. Zdroj archiv KŠ PREFA

9 Detail pochozího povrchu mostovky z UHPFRC, lávka přes Labe v Hradci Králové, 2021. Zdroj archiv KŠ PREFA

Samotná zkouška pro stanovení prosté tahové pevnosti je komplikovaná. Problémem je zajištění nepoddajného uchycení vzorku do zkušebního stroje a upnutí zajišťující namáhání prostým tahem, tj. bez excentricit způsobujících přídavné ohybové namáhání. Proto se k určení tahové pevnosti používá zkouška v tahu za ohybu, nejčastěji zkouška CMOD (obr. 4 až obr. 6). [10] Záznam standardní zkoušky trámců různého stáří v tříbodovém ohybu s vrubem a měření CMOD[6] včetně zbytkové pevnosti je zobrazen v diagramu (graf 4).

Technologie výroby

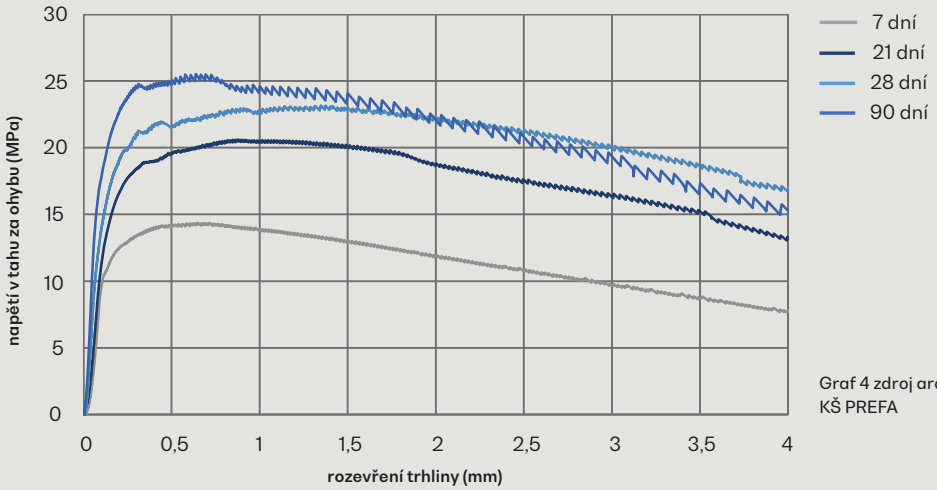
Vzhledem k vysokým nárokům na přípravu materiálu je (alespoň prozatím) větší část produkce využívající kompozit UHPC řešena pomocí prefabrikace. Betonáž UHPC in situ je ve větším měřítku uplatňována v USA a Švýcarsku. Produkce UHPC v prostředí závodů se zavedeným systémem výroby přináší logicky řadu výhod. Výrobny poskytují kontrolované podmínky pro skladování jednotlivých složek UHPC a výrobu prefabrikátů lze vhodně provádět ve stabilním prostředí s možností následného ošetřování chráněného proti povětrnosti.

Řada aplikací UHPC se přesto neobejde bez přípravy čerstvé směsi přímo na staveništi nebo bez transportu čerstvého UHPC z betonárny na stavbu. Příprava čerstvého materiálu je pak obdobná, ale navíc je nutné zohledňovat požadavky týkající se doby zpracovatelnosti čerstvé směsi a počítat s možnými odlišnostmi po uložení materiálu, který může obsahovat větší množství vzduchu či vykazovat vyšší míru segregace výztužných vláken. Těmto jevům lze však úspěšně předcházet vhodnými technologickými opatřeními.

Příprava složek

Princip fungování UHPC je založen zejména na přesném dávkování složek a přítomnosti jemnozrnných příměsí, což vychází z návrhů z laboratorních zkoušek. Při přípravě v průmyslovém prostředí jsou kladeny přísnější požadavky jednak na skladovací prostory, ve kterých musejí být zajištěny stabilní podmínky co do vlhkosti a teploty, a jednak na navažovací zařízení. Například použití kameniva[7] z venkovní nekryté skládky je

Graf 4: Pevnost v tahu za ohybu a zbytková pevnost trámců 150 × 150 × 700 mm v různém stáří



Graf 4 zdroj archiv KŠ PREFA

[6] CMOD (Crack Mouth Opening Deflection) – měření šířky rozevření trhliny

[7] zpravidla do velikosti zrna osm milimetrů

7

vzhledem k nekontrolovatelnému množství vlhkosti nevhodné, jelikož i poměrně malé množství vody v kamenivu by mohlo zásadně ovlivnit vodní součinitel UHPC a s ním související výsledné vlastnosti materiálu. Toto je jeden z důvodů, proč se k přípravě UHPC ve větším měřítku využívá předem připravená suchá složka UHPC, jež je ve formě big bagů či pytlů přímo aplikována do navažovacího zařízení betonárky. Tím odpadne i potřeba přesně navažovat jednotlivé složky UHPC těsně před mícháním.

Míchání

K přípravě čerstvého UHPC lze využít standardní míchací zařízení, tedy betonárny určené pro výrobu běžného betonu. Příprava čerstvého UHPC je však specifická disciplína náročná na energii, a proto se při míchání většinou využívá jen částečná kapacita míchačky. Celková doba míchání se může oproti běžnému betonu prodloužit pětkrát až desetkrát. Přidání celé dávky vody do suché směsi by nebylo pro ztekucení dostačující, proto je zcela zásadním krokem přidání superplastifikační přísady. Ocelová vlákna jsou přidávána zpravidla až v závěru míchání, přičemž při poměrně vysokých dávkách vláken je potřeba zajistit jejich rovnoměrné rozptýlení.

Betonáž a ošetřování

Při ukládání se obvykle postupuje bez vibrace, směsi se chovají samozhutnitelně a samonivelačně. Praxe ukazuje, že pomalejší ukládání snižuje obsah vzduchu, eliminuje kaverny a zajišťuje i estetickou kvalitu povrchu. Nesmí však dojít k přerušení betonáže. Zásadní je ošetřování ihned po betonáži, kdy se musí neprodleně zabránit odparu již tak malého množství vody, je potřeba co nejvíce snížit teplotní gradient mezi jednotlivými částmi betonovaného dílce a zabránit ztrátám tepla. Prvotní autogenní smrštění je proti běžnému betonu rychlejší a markantnější, nevyztužené části průřezu jsou ke smrštění náchylnější. Vzniká problém na spojích vyztužených a nevyztužených částí. V současné době se vývoj a výzkum v oblasti betonáží zaměřuje na úpravy směsí vedoucí k možnosti čerpání, stříkání a tištění a také na zajištění tixotropie pro možnost ukládání ve spádu.

Formy a bednění

Reologické vlastnosti čerstvé směsi UHPC připomínají samozhutnitelný beton (SCC), což přináší zvýšení tlaků působících na bednění, respektive na formy. Konstrukce formy musí být schopna vzdorovat tomuto zatížení při současném omezení deformací, jež by jinak vedly k větším geometrickým odchylkám výsledného prvku. Z praktických zkušeností plyne, že při zajištění potřebné únosnosti a tuhosti forem je naopak dosaženo velmi vysoké přesnosti hotových prvků. Vlastnosti vysoce odolných a tuhých forem jdou mnohdy proti fenoménu smršťování, které je u UHPC zvlášť významné v rané fázi hydratace. U tvarově složitějších prvků je zapotřebí tuhé formy uzpůsobovat tak, aby umožnily volnou deformaci zrajícího dílce, a předešlo se tak vzniku trhlin.

Využití

Mechanické a trvanlivostní parametry umožňují realizovat vylehčené a subtilní konstrukce (obr. 7 a obr. 8). Ty vynikají nižší spotřebou materiálu a jednodušším řešením detailů. Současně lze tvarovat složité prvky, ať už organické, či s ostrými hranami a jemnými detaily. Materiál vykazuje kvalitní pochozí a pohledový povrch s velkou trvanlivostí (obr. 9). To vše následně klade nižší nároky na navazující konstrukce a na související procesy dopravy, montáže, ale zejména údržby.

8

9

Protiváhou jmenovaných benefitů je často vysoká cena, a proto je nutné si uvědomit, že UHPC není univerzální materiál pro všechny aplikace a není jím možné masivní betonové konstrukce univerzálně nahrazovat. Naopak je nezbytné navrhovat konstrukce uvážlivě tak, aby vynikly (a byly využity) jeho přednosti, zároveň se zřetelem k udržitelnosti stavební konstrukce jako celku. Potom se UHPC dostane většího rozšíření a v kontextu celoživotního hodnocení konstrukcí předčí konvenční materiálová řešení.

UHPC reflektuje dobu a pokrok ve vědě a technologii cementových stavebních materiálů (obr. 11). Věříme, že se UHPC brzy zařadí mezi běžné betony a okrajové podmínky pro navrhování staveb a hranice možností konstrukcí z betonu se tak výrazně rozšíří. ●

10

11

10 Experimentální skořepinová konstrukce lávky z UHPFRC bez betonářské výztuže, lávka ve Vrapicích u Kladna, 2023. Zdroj archiv KŠ PREFA

11 Repliky historických oblouků zhotovené z UHPFRC s patinou, lávka v Žamberku, 2023. Zdroj archiv KŠ PREFA

BIBLIOGRAFIE

[1] AÏTCIN, Pierre-Claude. *Vysokohodnotný beton*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) a Českou betonářskou společnost vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. Betonové stavitelství. ISBN 80-867-6939-9.

[2] P. Richard a M. Cheyrezy, „Composition of reactive powder concretes," Cement and Concrete Research, sv. 25, p. 1501–1511, 1995.

[3] J. J. Buck, D. L. McDowell a M. Zhou, „Effect of microstructure on load-carrying and energy-dissipation capacities of UHPC," Cement and Concrete Research, sv. 43, p. 34–50, 2013.

[4] F. de Larrard a T. Sedran, „Optimization of ultra-high-performance concrete by the use of a packing model," Cement and Concrete Research, sv. 24, p. 997–1009, 1994.

[5] B. Graybeal, C. Crane, V. Perry, D. Corvez a T. Ahlborn, „Advancing ultra-high performance concrete," April 2019.

[6] C. Shi, Z. Wu, J. Xiao, D. Wang, Z. Huang a Z. Fang, „A review on ultra high performance concrete: Part I. Raw materials and mixture design," Construction and Building Materials, sv. 101, p. 741–751, 2015.

[7] E. Fehling, K. Bunje a T. Leutbecher, „Design relevant properties of hardened ultra high performance concrete," v Proceedings of the International Symposium on Ultra High Performance Concrete, 2004.

[8] FEHLING, Ekkehard et al. *Entwicklung, Dauerhaftigkeit und Berechnung Ultra-Hochfester Beton (UHPC)*. Universität Kassel, 2005.

[9] F. de Larrard a T. Sedran, „Mixture-proportioning of high-performance concrete," Cement and Concrete Research, sv. 32, p. 1699–1704, 2002.

[10] Kolísko, J.. Metodika 1: Metodika pro návrh UHPC a pro materiálové zkoušky. Kloknerův ústav, ČVUT v Praze, 2015.

[11] B. Graybeal. Ultra-high performance concrete material properties. In: *Conference: Transportation Research Board 2003*. Washington, D.C., 2003, s. 1–8.

[12] COUFAL, Robert, KALNÝ, Milan, KOLÍSKO, Jiří a VÍTEK, Jan L. *Ultra vysokohodnotný beton (UHPC)*. [Praha]: Česká betonářská společnost ČSSI, 2022. Technická pravidla ČBS. ISBN 978-80-907611-7-9.

ÚPLNĚ JINÝ BETON

valucem®

Valucem je název ultravysokohodnotného betonu označovaného jako UHPC. Jde o vysokopevnostní kompozit na bázi cementu. Vlastnosti materiálu umožňují realizaci unikátních prvků a konstrukcí. PREMIX servis, s. r. o., má s realizacemi a využitím Valucemu bohaté zkušenosti.

Prostor pro rodinu (Adam Velíšek, 2023)

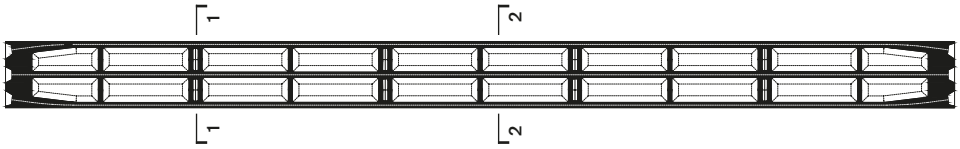
Lávka přes řeku Lubinu v Příboře

Most jako kámen položený přes vodu... Lávka přes řeku Lubinu v Příboře má jedinečnou segmentovou konstrukci, první svého druhu na území Česka.

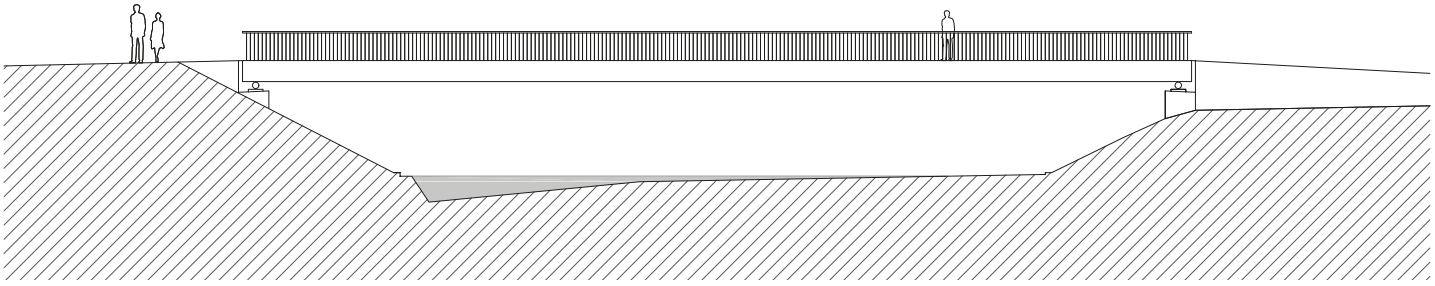
Připravili Petr Tej, Martin Verner — Foto BoysPlayNice, Pavel Kessa Keller

PŮDORYS

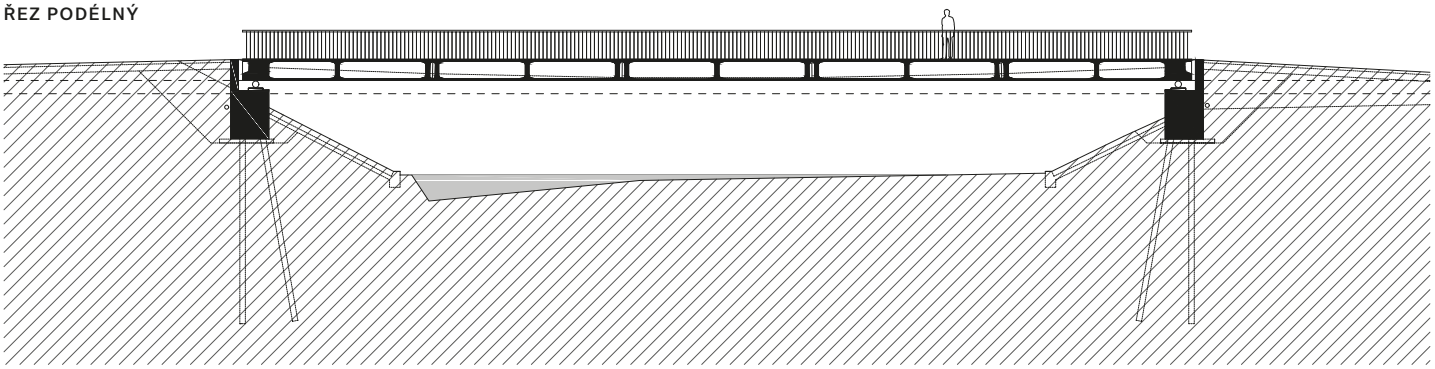
0 5



POHLED

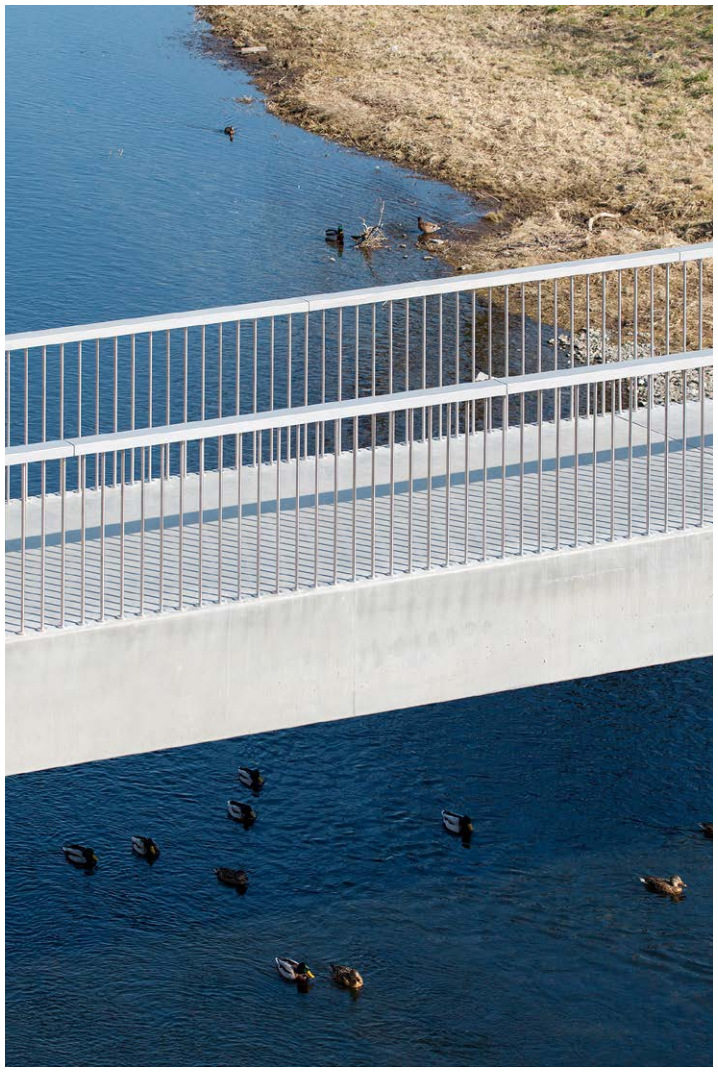


ŘEZ PODÉLNÝ



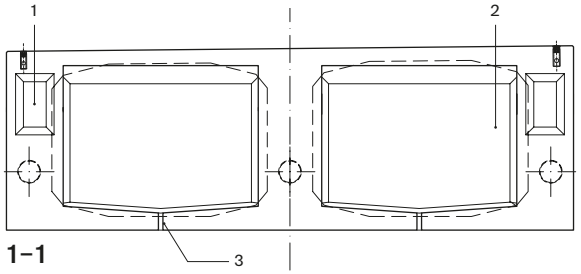
Lávka je navržena jako prostý nosník o rozpětí 35 metrů, který je vytvořen sepnutím pěti dvoukomorových segmentů délky 7,2 metru, šíře 2,5 metru a výšky 0,8 metru. Ze statického hlediska má nosná konstrukce unikátní poměr výšky a délky 1 : 44, je tedy mimořádně štíhlá.

Jako konstrukční materiál byl použit UHPFRC (Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete, ultravysokohodnotný beton s rozptýlenou kovovou výztuží) třídy C 110/130, který byl vyvinut ve spolupráci KŠ PREFA a Kloknerova ústavu ČVUT v Praze. Jeho mechanické vlastnosti (pevnost v tlaku 120–180 MPa, v tahu za ohybu asi 20–40 MPa) a zpracovatelnost umožňují navrhovat nové konstrukce specifických parametrů a tvarů. Současně je pro jeho využití zásadní velmi vysoká trvanlivost násobně převyšující běžný beton.

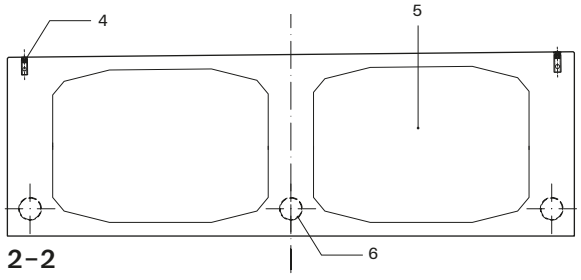


VZOROVÉ PŘÍČNÉ ŘEZY

0 ——— 0,5



1–1



2–2

Díky výjimečné trvanlivosti a odolnosti může být povrch konstrukce přímo pochozí bez dodatečných hydroizolací a krycích povrchů. Objem lávky je vylehčen dvaceti rozměrnými polystyrenovými bloky. Jde tak o skrytou roštovou konstrukci tvořenou systémem vzájemně spolupůsobících podélných a příčných žeber.

Segmenty lávky jsou podélně sepnuty předpínacími lany vedenými v podélných žebrech vnitřního roštu. Předpětí je – netradičně pro segmentové konstrukce – řešeno zvedanými kabely parabolického průběhu. Na lávce je navržen unikátní vícenásobný systém ochrany předpínacích lan. Zábradlí mostu je tvořeno nerezovými sloupky s masivním dubovým madlem s integrovaným osvětlením. ●

1 smyková zarážka
2 kontaktní spára bez výplně
3 odvodnění kontaktní spáry otiskem trubky Ø 20 mm do bednění
4 kotvy zábradlí Peikko
5 výplň otvorů XPS 300
6 kanálek předpětí Ø 95/100 mm

Lávka přes řeku Lubinu v Příboře

Místo: Příbor, Moravskoslezský kraj, ČR
Autoři: Petr Tej, Marek Blank, Jan Mourek
Realizační dokumentace: Valbek / Lukáš Vráblík
Supervize: Kloknerův ústav ČVUT v Praze /
Jiří Kolísko
Generální dodavatel: Strabag / Petr Lyko
UHPFRC konstrukce: KŠ PREFA Štětí /
Jan Marek, Zdeněk Zdvihal, Kamil Boček,
Pavel Tichý, Miroslav Kudrna
Klient: město Příbor
Projekt: 2016
Realizace: 2018
Délka: 36 m
Náklady: 14,5 mil. Kč / asi 580 tis. eur
Foto: BoysPlayNice, Pavel Kessa Keller

Lávka v Táboře

Připravili Jan Marek, Martin Verner — Foto archiv KŠ PREFA

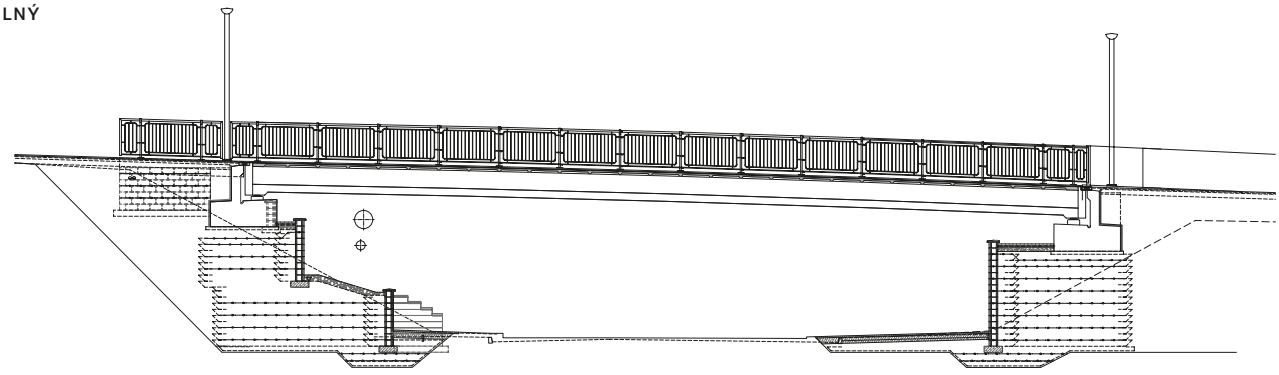
Lávka pro pěší a cyklisty v Táboře je umístěna v těsné blízkosti stávajícího železničního mostu na trati mezi Táborem a Bechyní, kde překonává velmi frekventovanou Budějovickou ulici, chodníky a cyklostezku. Lehká lávka o rozpětí 27 metrů je vyrobena z UHPFRC, k jehož volbě přispěly jednoduchá a rychlá montáž spolu s trvanlivostí tohoto materiálu. Konstrukci lávky doplňují přístupové komunikace, opěrná zeď ze zpevněné zeminy, železniční přejezd, cyklostezka a upravené chodníky podél Budějovické ulice. Nosná konstrukce lávky je navržena jako předem předpjatý nosník tvaru TT s horní mostovkou, který tvoří kolmé prostě podepřené rozpětí 27 metrů. Jde o subtilní a velmi úsporný systém s dlouhou životností a vzhledem, který je podřízen co nejefektivnější statické funkci.

K výrobě byl použit UHPC třídy C 110/130 vyztužený rozptýlenými ocelovými dráty a předpínacími lany St 15,7 – 1660/1860 s velmi nízkou relaxací. Standardní betonářská výztuž nebyla použita. Celé rozpětí tvoří jeden prefabrikovaný nosník o šířce tři metry a výšce 960 milimetrů. Horní deska má tloušťku pouze 60 milimetrů a je podepřena příčnými žebry vysokými 60 milimetrů v kroku jeden metr. Odvodnění zajišťuje dvouprocentní jednostranný příčný sklon horního povrchu nosné konstrukce. Povrch je opatřen protiskluzovou stříkanou hydroizolací. Dilatační spáry mostu jsou povrchové lamelové, s jednoduchým těsněním pro pohyb 50 milimetrů. Zábradlí mostu je ocelové se svislou výplní a výškou 1,3 metru.

Lávka a cyklostezka přes Budějovickou ulici výrazně zvyšuje bezpečnost pohybu chodců a cyklistů. Použití UHPC umožnilo snížit hmotnost prefabrikované konstrukce lávky přibližně o polovinu oproti návrhu z běžného konstrukčního betonu. Zhotovení nevyžadovalo dočasné montážní podpěry umístěné uprostřed Budějovické ulice (šíře 11 metrů) během výstavby, kteréžto řešení by žádná jiná běžná konstrukční technologie neumožňovala.

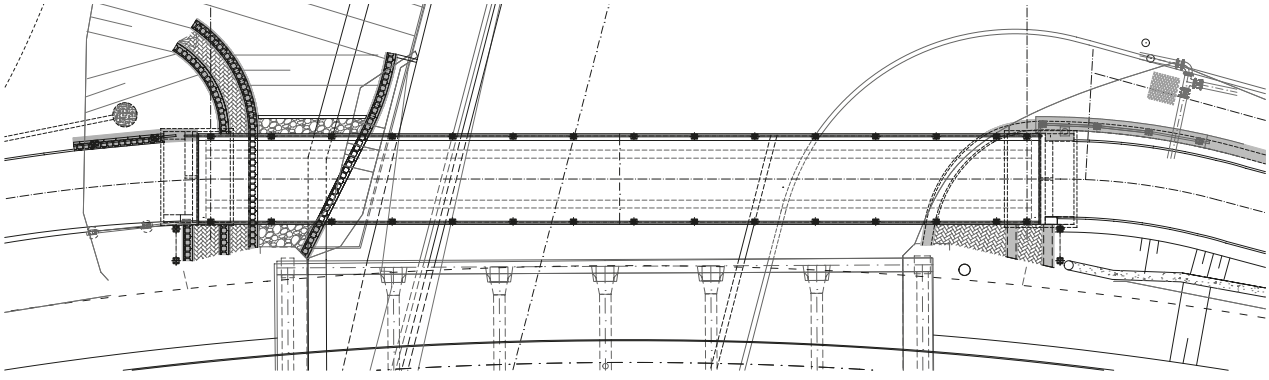
Instalace nosníku lávky byla dokončena za pouhé dvě hodiny. Stavba byla zahájena v únoru 2018 a zcela dokončena byla již v listopadu 2018. Betonáž prefabrikovaného nosníku lávky o celkovém objemu 12 m³ byla realizována v jednom kroku, což v době provedení znamenalo největší objem UHPC betonovaný najednou. Jde o unikátní konstrukci s nejdelším rozpětím nosníku z jednoho UHPC prefabrikátu v České republice. •

ŘEZ PODÉLNÝ

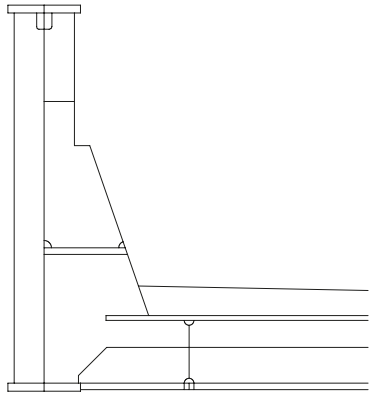


PŮDORYS

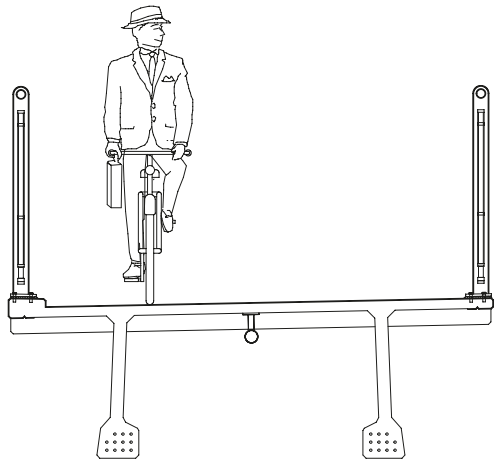
0 —————— 5



ŘEZ PŘÍČNÝ



ŘEZ PŘÍČNÝ

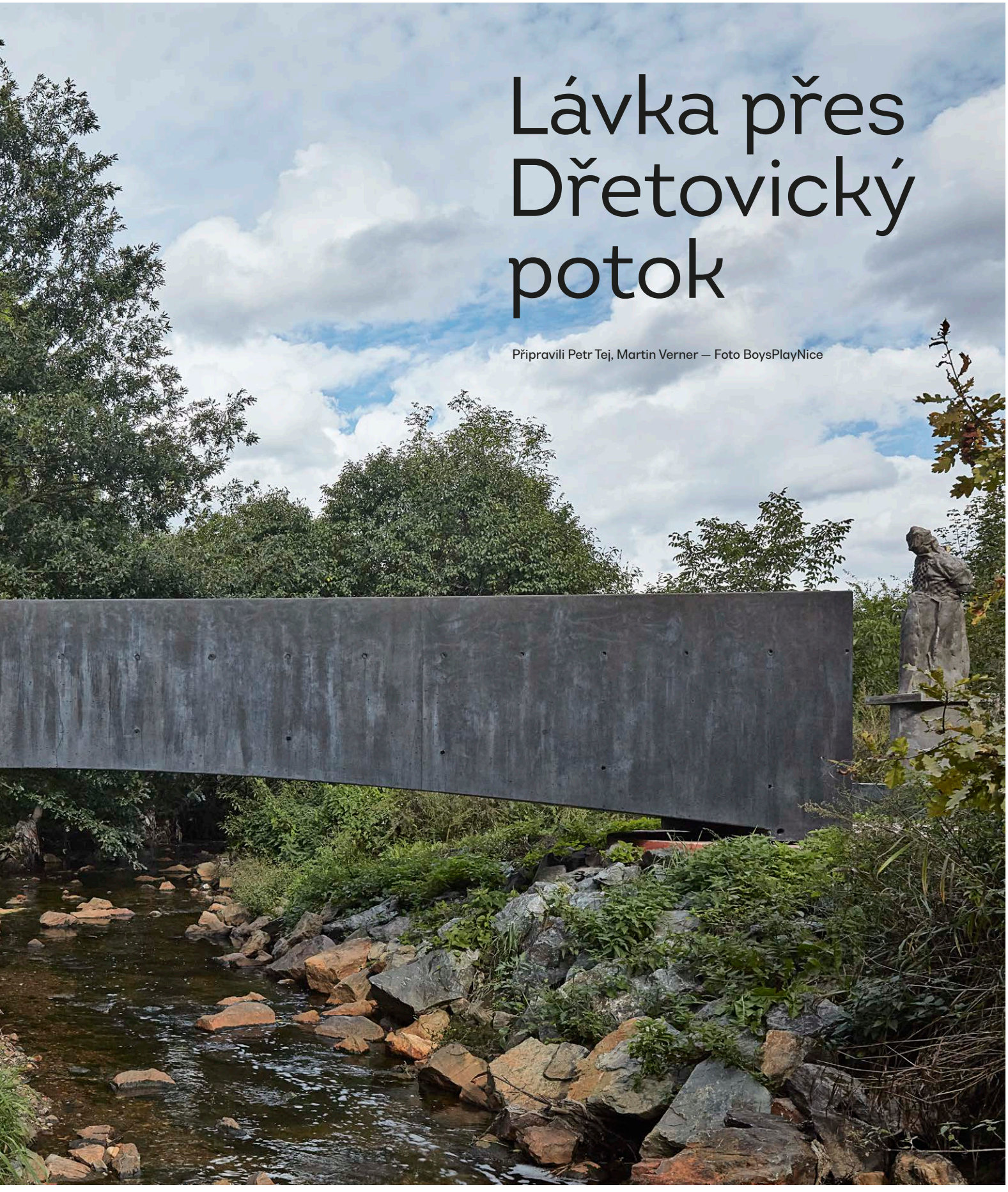


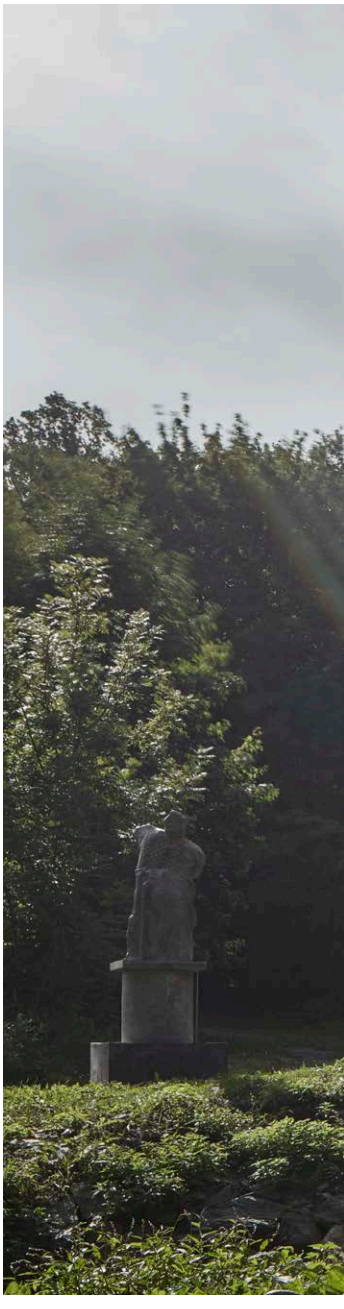
Lávka v prostoru Černých Mostů v Táboře

Místo: Tábor 2, Jihočeský kraj, ČR
Autoři: František Košán, Václav Hvízdal, Václav Kvasnička, Jan Komanec
Dokumentace: Pontex / František Košán, Jan Komanec
Zhotovitel: FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby / Vojtěch Michálek
UHPFRC konstrukce: KŠ PREFA Štětí / Zdeněk Zdvihal, Jan Brabec, Pavel Tichý, Jan Marek, Kamil Boček
Klient: město Tábor
Realizace: listopad 2018
Celkové náklady: 4,6 mil. Kč (bez DPH) / asi 184 tis. eur
Foto: archiv KŠ PREFA

Lávka přes Dřetovický potok

Připravili Petr Tej, Martin Verner — Foto BoysPlayNice

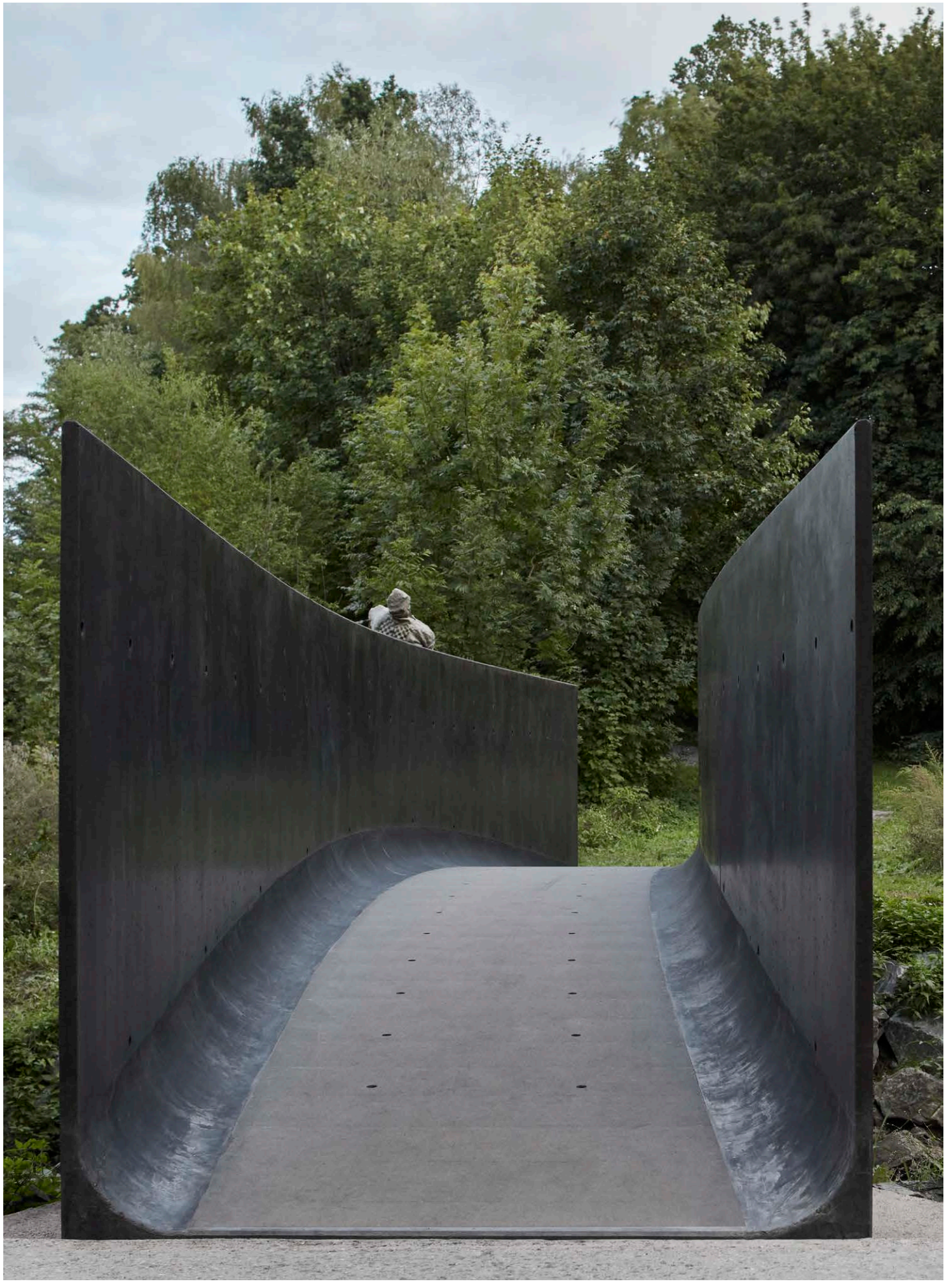




Lávka přes Dřetovický potok ve Vrapicích u Kladna je situována na pěší cestě ze vsi na hřbitov. Je zasazena do pozoruhodného přírodního kontextu, který do určité míry nahrazuje urbanizovaný veřejný prostor v obci. Krajina v okolí Vrapic je geologicky velmi zajímavá, nachází se zde například naleziště zkamenělých žraločích zubů. Louka v blízkosti lávky bývá často zaplavována a krajina v bezprostředním okolí je charakteristická jak soustavnými lidskými zásahy, tak relativní divokostí, danou neustálými změnami po povodních. Lávka je ve vyšším smyslu koncipována jako magický portál mezi světem živých a mrtvých či jako numinózní objekt z *Vesmírné odysey*.

Unikátní architektonický návrh zkoumá hranice lehkosti a subtilnosti pěší lávky, výtvarně je založen na uhrančivosti černého, technologicky extrémně vyspělého materiálu. Stavba je provedena z vysokopevnostního mrazuvzdorného UHPC třídy C 110/130 s rozptýlenou výztuží. Konstrukční řešení na rozpon 10 metrů se vzepětím 0,4 metru vhodně využívá dvojí zakřivení geometrie lávky, stabilizuje konstrukci v obou stěžejních směrech a umožňuje jednoduché zavětrování zábradlí. Příčný profil lávky má šířku 1,5 metru. Objem spotřebovaného materiálu je 1,4 m³, hmotnost lávky činí zhruba 3,5 tuny. Během ověřování vlastností konstrukce a technologie odlévání byl vytvořen prototyp, který byl podroben zátěžovým zkouškám. Materiál je probarven ve hmotě, povrchově patinován leptáním a v klíčových detailech ručně dobrušován.

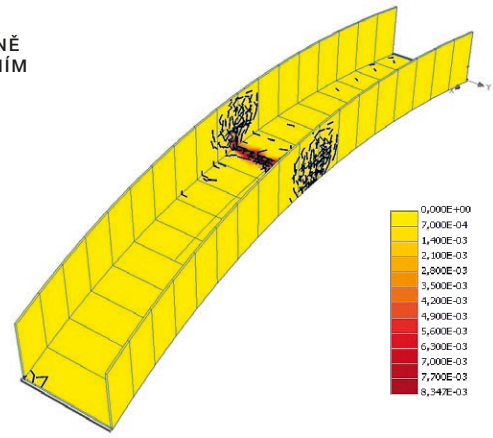
Do protipostavení k lávce je umístěna socha *Strážce* z dílny sochaře Jana Hendrycha. Profesor Hendrych je mimo jiné předním odborníkem na barokní sochu umístěnou v kontextu mostu a krajiny a její plastické modelace. Socha vychází z původních barokních předobrazů (například Jan Nepomucký), umísťovaných do komponované krajiny, a doplňuje celkovou prostorovou kompozici mostu. Stěžejním kompozičním tématem je zde také koncepce stavby jako soklu či prostorového kontextu pro sochu. Ta je provedena z materiálu analogického k materiálu lávky. •



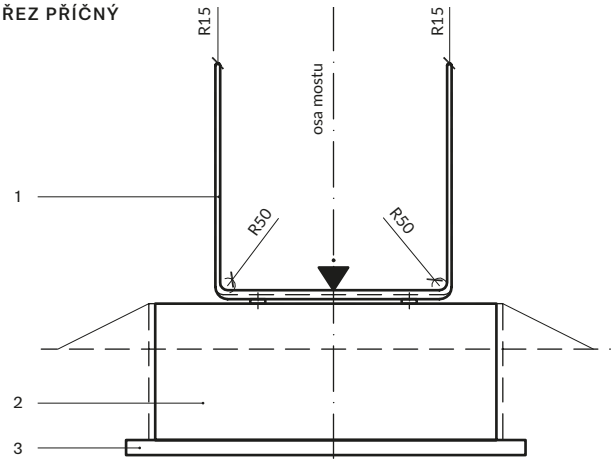
Lávka přes Dřetovický potok

Místo: Kladno-Vrapice, Středočeský kraj, ČR
Autoři: Aoc architekti / Ondřej Císler; Kloknerův ústav ČVUT v Praze / Petr Tej
Spolupráce: Jan Hendrych (autor sochy); Jiří Kolísko (technologie odlévání)
Zhotovitel: KŠ PREFA / Lukáš Smrt, Miroslav Vančura, Miroslav Kudrna; Šilhánek a syn / Jaroslav Tůma
Výroba lávky: KŠ PREFA Štětí / Jan Marek, Pavel Tichý, Zdeněk Zdvihal, Jan Brabec
Klient: statutární město Kladno
Projekt: 2018
Realizace: 2019
Plocha: 19,5 m²
Náklady: asi 700 tis. Kč / asi 28 tis. eur (vlastní lávka byla městu poskytnuta darem)
Foto: BoysPlayNice

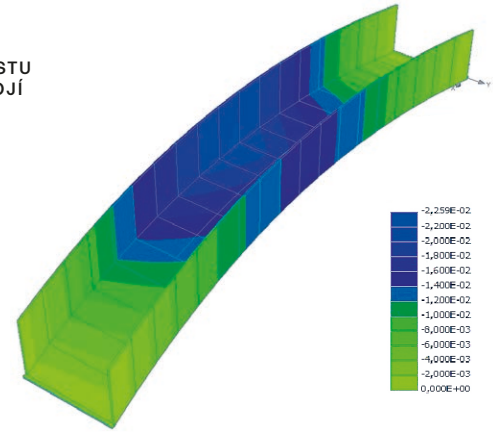
TRHLINY TĚSNĚ PŘED SELHÁNÍM KONSTRUKCE



ŘEZ PŘÍČNÝ

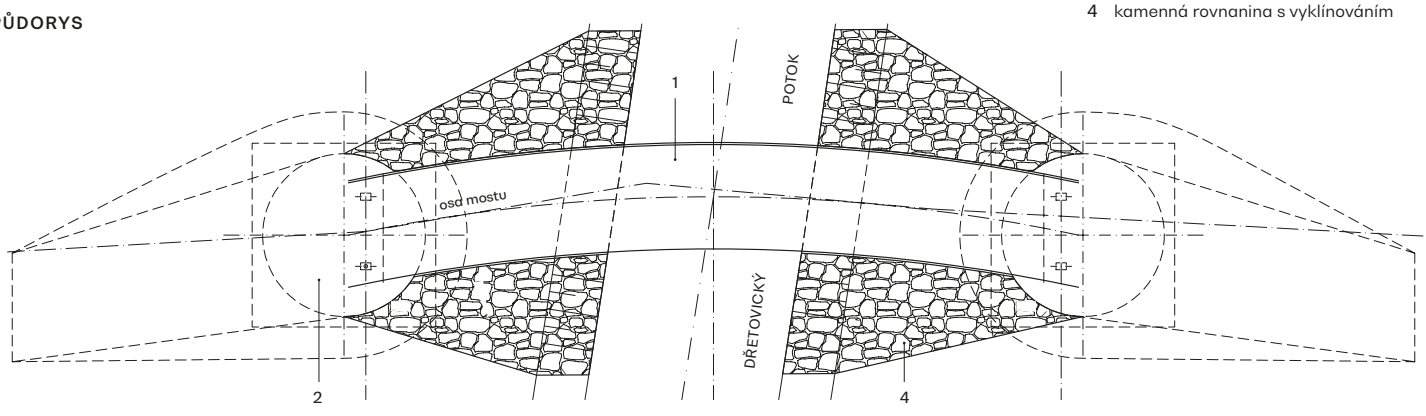


VÝSLEDKY ANALÝZY MOSTU Z UHPC S DVOJÍ KŘIVOSTÍ

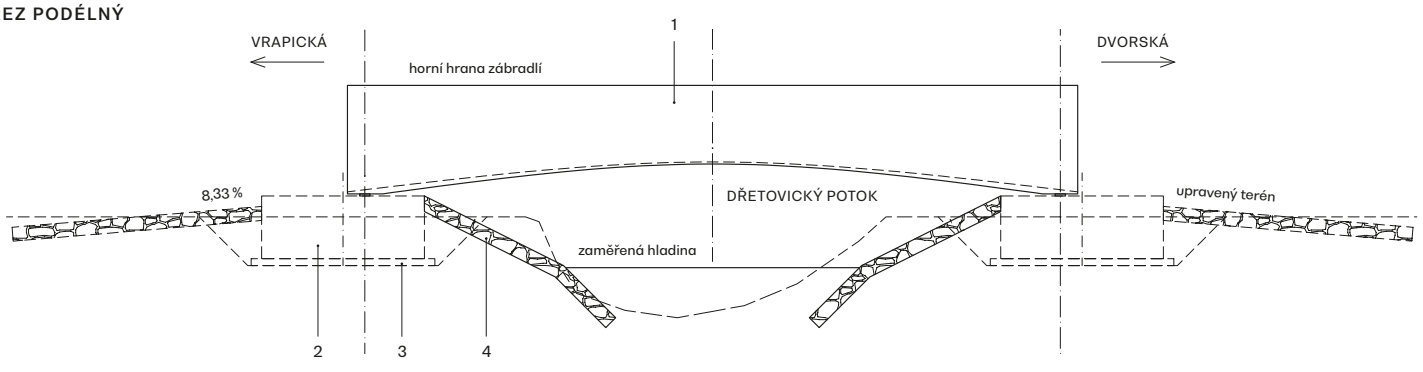


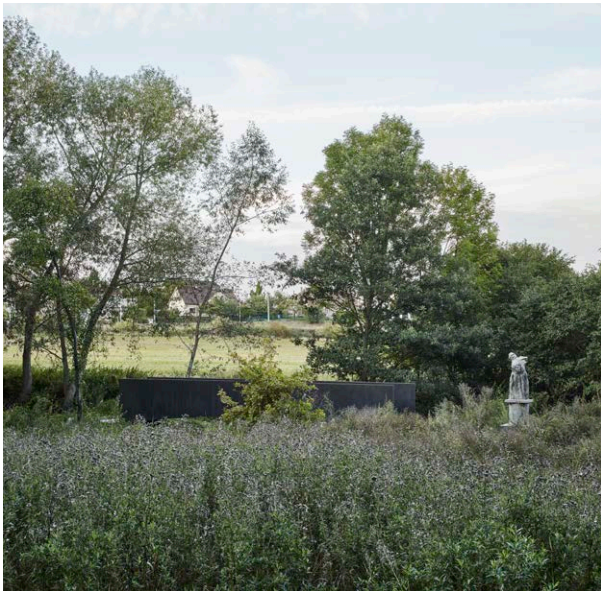
1 ultravysokopevnostní vláknobeton
2 železobetonová opěra
3 podkladní beton
4 kamenná rovnanina s vyklínováním

PŮDORYS



ŘEZ PODÉLNÝ





SPOLUPRÁCE ARCHITEKTA A SOCHAŘE

Jako architekt a mostní inženýr se zabývám zejména navrhováním mostních konstrukcí. Ty chápu jako sochu. Most v sobě spojuje urbanismus, architekturu, excelentní konstrukci a sám o sobě může být považován za umělecký objekt. Lze na něj ale také nahlížet jako na sokl. Podstavec, který představuje přechod od abstraktního objektu k figurální soše. Spolupráci se sochaři považuji za naprosto zásadní a doufám, že se do současné architektury vrátí ve větším měřítku.

Text Petr Tej — Foto Alex Shoots Buildings, archiv autora

Štvanickou lávku jsem vždy vnímal jako minimalistickou sochu v městské krajině. Svým tvaroslovím odkazuje na práce sochařů Richarda Serry nebo Donalda Judda. Při navrhování detailního projektu jsem si ale uvědomil, že minimalismus velkého celku sám o sobě nestačí. Rozhodl jsem se proto vyzvat ke spolupráci umělce a celou lávku zasadit do kontextu soch. Představoval jsem si bronzové profilované ornamentální madlo se sochařskými zakončeními ve stylu Jože Plečnika. O tuto práci jsem požádal mladého talentovaného sochaře Aleše Hvízdala, jenž navrhl profilaci madla včetně konzol a sám přišel s náměty motivů zakončení jednotlivých madel. Vymyslel ideu jakýchsi pomníčků zvířat, vztahujících se k jednotlivým lokalitám, kde lávka vyúsťuje. V Holešovicích stojí tržnice, která původně sloužila jako jatka, a proto zde vymodeloval sochy býků. V Karlíně býval jízdní pluk, proto sochy koní. Na Štvanici se pořádaly hony, a proto sochy zajíců…

Na ostrově Štvanice je osazena socha s názvem *Řeka* od Jana Hendrycha, emeritního profesora pražské AVU. Je to plastika ženy, kterých Jan Hendrych v sedmdesátých letech vytvořil několik. Tu konkrétní jsem si vybral v jeho ateliéru právě díky její měkké modelaci, jež dokonale doplňuje přísnou minimalistickou bílou linku lávky. Sochu jsme pak společně usadili na válcový sokl vedle vstupu na rampu lávky na Štvanici. Na holešovické straně lávka směřuje přesně mezi dvě monumentální plastiky býků na vysokých podstavcích od Bohuslava Schnircha a Čeňka Vosmíka, které rámují vstup do tržnice.

S Janem Hendrychem jsem spolupracoval již dříve na projektu lávky ve Vrapicích, již jsme navrhovali společně s Ondřejem Císlerem. Tam Hendrych vytvořil sochu *Strážce*, která je osazena poblíž lávky a tvoří s ní jeden celek. Ostatně chápání mostů jako soklů pro sochy můžeme sledovat napříč historií. Každému se jistě vybaví Karlův most v Praze nebo například Andělský most v Římě. Jan Hendrych se tímto tématem zabýval i ve svých drobných plastikách v momentech, kdy nemohl vystavovat a živil se jako restaurátor barokních soch na malých mostech po celém Česku. Ještě před dokončením Štvanické lávky jsme na toto téma společně s Galerií hlavního města Prahy a Marií Foltýnovou uspořádali Janu Hendrychovi výstavu v pražských náplavkových kobkách na Smíchově poblíž Vyšehradského železničního mostu.

Na karlínské straně Štvanické lávky bude v ose mostní stavby umístěna socha, jejíhož výběru jsem se účastnil jako člen poroty. Půjde o minimalistické dílo z kaleného skla od profesora Václava Ciglera a Michala Motyčky. Socha bude mít půdorysný tvar kompasu a v pohledech tvar písmene K, jako symbolu Karlína. Vznikne tak unikátní soubor soch různých měřítek zhuštěných do jednoho místa.

Spolupráci se sochaři považuji za nesmírně důležitou a pokládám ji za neoddělitelnou součást výsledného díla. Přál bych si, aby se tento trend do naší architektury vrátil. •

1 Štvanická lávka, Petr Tej, Marek Blank, Jan Mourek, Praha, 2023. Autor sochy Jan Hendrych. Foto Alex Shoots Buildings

2 Lávka ve Vrapicích, Ondřej Císler, Petr Tej, Vrapice, 2019. Autor sochy Jan Hendrych. Foto archiv autora

LÁVKY MALÉHO ROZPĚTÍ

V roce 2019 byl na základě spolupráce firmy KŠ PREFA, projekční kanceláře Pontex a Kloknerova ústavu ČVUT – v rámci grantového projektu TA ČR EPSILON – dokončen vývoj předem předpjatých mostních dílců z materiálu UHPFRC, které jsou určeny pro lávky pro pěší a cyklisty o délce do dvaceti metrů. Jde o takzvaný systém LMR neboli lávek malého rozpětí.

Připravili Jan Marek, Martin Verner — Foto kolektiv autorů

Hlavní myšlenkou bylo co nejhospodárněji pracovat s potenciálem UHPFRC, a to tak, aby vynikly všechny jeho přednosti. Za podmínky použití jednoho kusu prefabrikátu pro jedno pole nosné konstrukce mostu byl systematizován proces výroby, dopravy a montáže. Vznikla sada univerzálně použitelných dílců pro lávky různých rozpětí.

Per partes lze výsledek projektu shrnout takto:

- Je navržen celý katalog prefabrikovaných nosníků určených pro lávky pro pěší.
- Jde o předem předpjaté nosníky. Zabetonováním napnutých lan do UHPC ve výrobně prefabrikátů získá předpínací výztuž dokonalou ochranu v podobě materiálu s téměř neomezenou životností.
- Není použita běžná betonářská výztuž; konstrukce je tvarována tak, aby mostovková deska plynule navazovala na nosná žebra. Tato velmi tenká nevyztužená pochozí deska o tloušťce 60 milimetrů (někdy i 50 milimetrů) je schopna bezpečně unést nejen zatížení chodci, ale i normového dvanáctitunového vozidla. (Toto bylo v Česku i ve světě mnohokrát ověřováno, zejména proto, že jde o vlastnost, kdy běžná betonářská intuice zcela klame.)
- Rozměr nosníku – do 20 metrů délky a 3,3 metru šířky – zajišťuje ekonomickou, snadnou a rychlou výrobu a dopravu celého mostku, který je možno osadit běžnou a levnou technikou jako jeden kus. Absence jakýchkoli spár, spojů a mokrých stavebních procesů na hlavní nosné konstrukci automaticky znamená vysokou kvalitu a dlouhou životnost.
- Lávky jsou ve výsledku velmi lehké a štíhlé, potřebná statická funkce je opřena o velmi vysokou tlakovou pevnost materiálu UHPFRC a vzhledem k subtilnímu příčnému řezu jsou nosníky předpjaty nezvykle vysokou silou. Z toho vyplývá statická spolehlivost mimo hranice obvyklé geometrie standardních betonových dílců.
- Dynamické chování velmi lehkých a štíhlých nosníků bylo podrobeno pečlivému zkoušení a v souladu s modelovanými předpoklady se prokázalo, že nosníky tohoto systému vyhovují nejen normám a předpisům, ale i subjektivním zkušenostem uživatelů.
- Tradiční detaily, které návrh omezovaly, byly v rámci vývoje a výzkumu upraveny, odladěny a vyzkoušeny. Jde o kotevní body jak pro manipulaci s vlastním prefabrikátem, tak pro kotvení zábradlí, případně kotvení do opěr, nesení dalších prvků jako potrubí a podobně. (Na trhu jsou dostupné prvky pro betonové konstrukce, ale UHPC dílce jsou příliš štíhlé a mezní podmínky z katalogů se běžně nedaly splnit.)
- Pochozí povrch z UHPFRC – jak potvrdily opakované zkoušky – je nejen trvanlivý, ale i dostatečně protiskluzný, a tudíž bezpečný. (Neomezenou trvanlivost srovnejme s běžně používanou membránovou, stěrkovou nebo stříkanou hydroizolací, kde je životnost omezena na 5–10 let.)
- Vzhledem k maximalizaci využití materiálu a k absenci mnoha staveništních procesů jsou tyto nosníky ekonomicky konkurenceschopné. Se stejnou nebo nižší počáteční investicí nabízejí oproti tradičnějším ocelovým, ocelobetonovým, nebo dokonce železobetonovým lávkám mnohem delší životnost a zásadně nižší nároky na provoz.
- Estetická kvalita výsledného mostu či lávky může být povýšena volbou libovolného typu zábradlí. Velmi subtilní horizontální linky vlastního UHPFRC nosníku poskytují architektům velkou volnost.

V letech 2019–2022 bylo vyrobeno a uvedeno do provozu deset těchto nosníků, některé jako samostatné lávky (v Zadní Třebani, na cyklostezce u vodní nádrže Plumlov), jiné jako soubor lávek stejného charakteru (tři lávky v parku města Čelákovice).

Další častá aplikace probíhá paralelně se silničním mostem, kdy obecní chodník překračuje překážku na samostatné konstrukci, která obvykle již dosluhuje, nebo je dokonce v havarijním stavu. Po odstranění staré nosné konstrukce a repasi spodní stavby je možno osadit nový, lehčí UHPFRC nosník (jako například v obci Zbožíčko či v Mariánských Lázních).

Zvláštní aplikací je použití lávky jako pojížděného silničního mostu (například v areálu automobilky Škoda v Mladé Boleslavi). Architektonicky exponovanou aplikací je instalace lávky pro soukromého investora, jež byla upravena na míru požadavkům projektu celé zahrady (v pražské Velké Chuchli).

V současné době je připravována výroba dalších devíti lávek tohoto typu. Kladné zkušenosti ze stavby i z provozu a spokojení investoři jsou známkou smysluplně použitého moderního materiálu a progresivní konstrukce. Lapidární, ale pečlivě optimalizované tvarosloví s jednoduchými detaily je zárukou spolehlivé funkce a bezúdržbovosti – použití materiálu UHPFRC zajišťuje bezkonkurenční trvanlivost. •

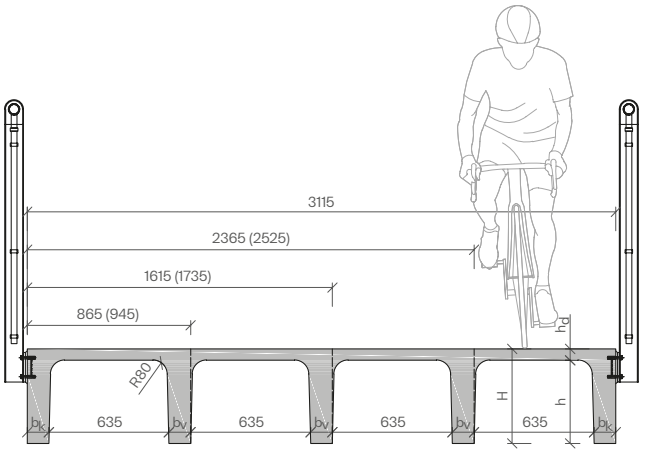
Přehled parametrů

Následující tabulky blíže určují hmotnost, půdorysnou plochu a délku lávek ve vztahu k rozpětí a s ním související výšce konstrukce. To vše pro různé šířky konstrukce a různé tvary příčného řezu lávkou.

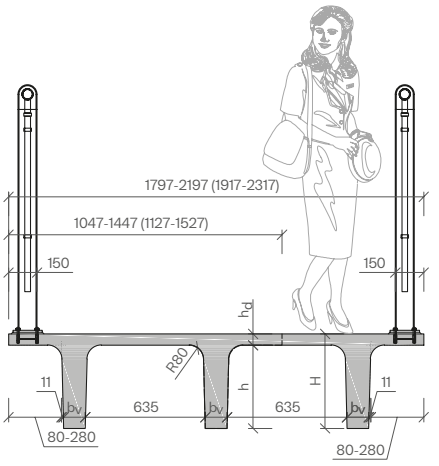
ROZPĚTÍ [M]	6,0	8,0	11,0	14,5	18,0
DÉLKA BEZ PŘÍČNÍKU [M]	6,4	8,4	11,4	14,9	18,4
VÝŠKA [MM]	200	250	300	400	500

PRŮŘEZ LÁVKY [MM]	šířka žebra	šířka desky	volná šířka	půdorysná plocha lávky [m²] / hmotnost [t]				
	115	3 115	3 115	19,9 / 4,8	26,2 / 7	35,5 / 10,4	46,4 / 15,9	57,3 / 22,4
	155	-	-	-	-	-	-	-
	115	2 365	2 365	15,1 / 3,7	19,9 / 5,4	27 / 8	35,2 / 12,4	43,5 / 17,5
	155	2 525	2 525	16,2 / 4,2	21,2 / 6,2	28,8 / 9,4	37,6 / 14,8	46,5 / 21,3
	115	1 615	1 615	10,3 / 2,6	13,6 / 3,8	18,4 / 5,7	24,1 / 8,8	29,7 / 12,6
	155	1 735	1 735	11,1 / 3	14,6 / 4,4	19,8 / 6,8	25,9 / 10,7	31,9 / 15,4
	115	1 797	1 497	9,6 / 2,8	12,6 / 4,2	17,1 / 6,2	22,3 / 9,5	27,5 / 13,4
	155	1 917	1 617	10,3 / 3,2	13,6 / 4,8	18,4 / 7,3	24,1 / 11,4	29,8 / 16,3
	115	1 047	747	4,8 / 1,7	6,3 / 2,6	8,5 / 3,9	11,1 / 6	13,7 / 8,5
	155	1 127	827	5,3 / 2	6,9 / 3	9,4 / 4,6	12,3 / 7,2	15,2 / 10,4
	115	2 197	1 897	12,1 / 3,2	15,9 / 4,7	21,6 / 6,9	28,3 / 10,4	34,9 / 14,6
	155	2 317	2 017	12,9 / 3,6	16,9 / 5,3	23 / 8	30,1 / 12,3	37,1 / 17,5
	115	1 447	1 147	7,3 / 2,1	9,6 / 3,1	13,1 / 4,6	17,1 / 6,9	21,1 / 9,7
	155	1 527	1 227	7,9 / 2,4	10,3 / 3,5	14 / 5,3	18,3 / 8,2	22,6 / 11,6

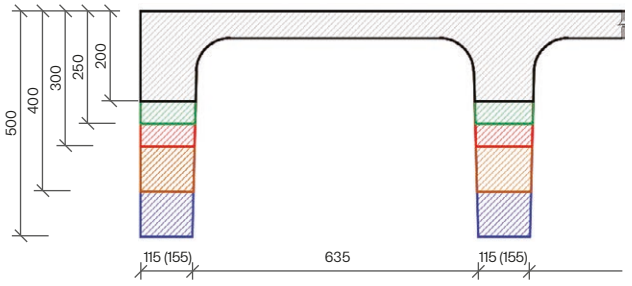
PŘÍČNÝ ŘEZ LÁVKOU SE SVISLÝMI OKRAJI



PŘÍČNÝ ŘEZ LÁVKOU S PŘEVISLÝMI OKRAJI



VÝŠKOVÁ PROVEDENÍ LÁVEK



SPODNÍ POHLED NA KONSTRUKCI

Systém předem předpjatých prvků z UHPC nachází využití především tam, kde je požadována dlouhodobá životnost či rychlá výstavba a v místech s obtížným přístupem a požadavkem na neomezené využití prostoru pod novou konstrukcí po dobu její výstavby.

Konstrukční systém umožňuje navrhovat a budovat nosné konstrukce do délky 20 metrů a s neomezenou šířkou. Značná variabilita je umožněna využitím několika výškových variant a velkou rozmanitostí šířkových uspořádání.

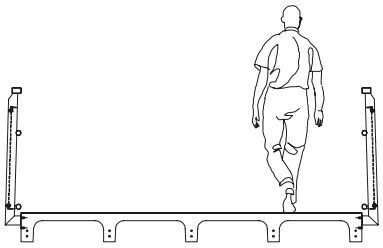
Prefabrikáty lávek z UHPC mají tvar trámové konstrukce sestávající z podélných trámů spojených deskou. Výšky prefabrikátů odpovídají zatížení stanovenému pro lávky pro pěší, pro jiné využití je nutno návrh ověřit statickým výpočtem.

Systém lávek z UHPC nabízí dvě základní varianty provedení příčného řezu lišící se tvarem okrajů lávky. Varianta se svislými okraji umožňuje boční montáž zábradlí a dovoluje tak v největší míře využít šířku konstrukce. Varianta s převislými okraji umožňuje vykonzolování desky přes krajní žebro v délce od 80 do 280 milimetrů. Při tomto provedení okrajů je zábradlí kotveno shora do desky. Obě varianty lze dále variovat pro různé počty a šířky podélných žeber, čímž lze dosáhnout celkové šířky nosné konstrukce od 865 do 3 115 milimetrů.

Prefabrikáty jsou určeny zejména pro výstavbu malých mostních konstrukcí o jednom poli. Z prvků je možno standardně budovat konstrukce se šikmostí 90 až 75 stupňů. V případě potřeby je možno budovat i konstrukce o více polích, a to použitím několika prostých polí se zajištěním těsnění spáry mezi prvky dle požadavku investora. •

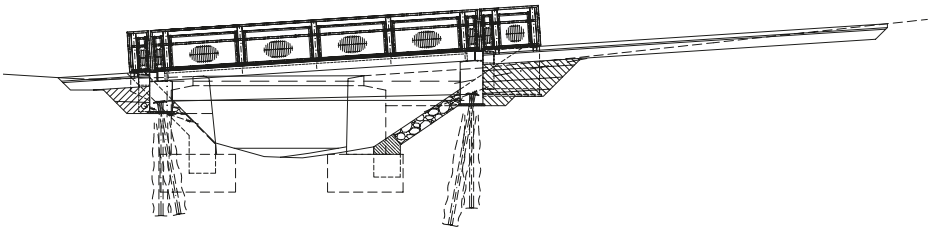
Lávka v Čelákovicích 1

ŘEZ PŘÍČNÝ



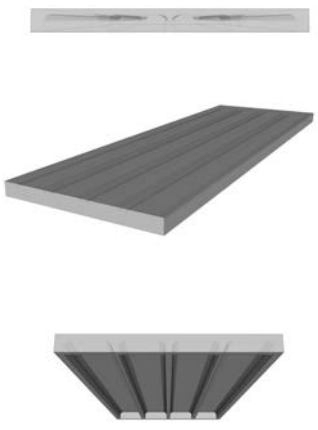
0 —— 1

ŘEZ PODÉLNÝ

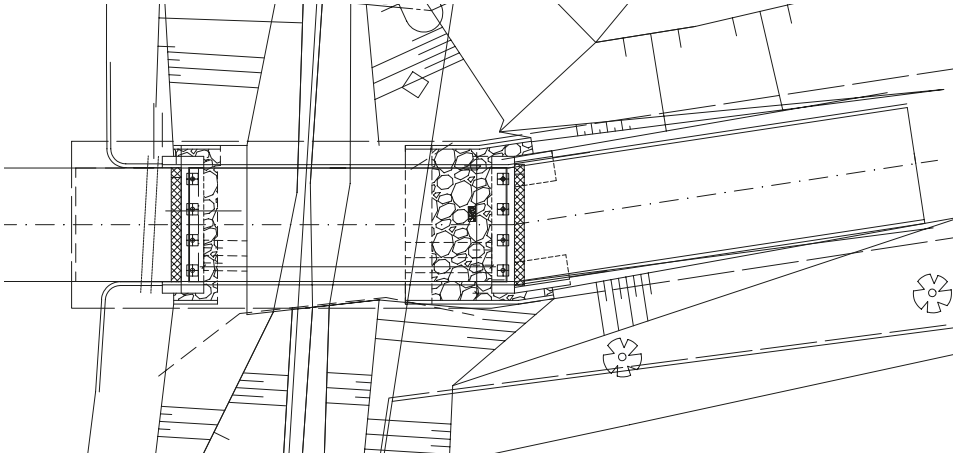


0 —— 2

3D MODEL

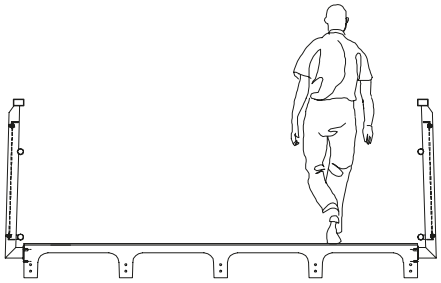


PŮDORYS



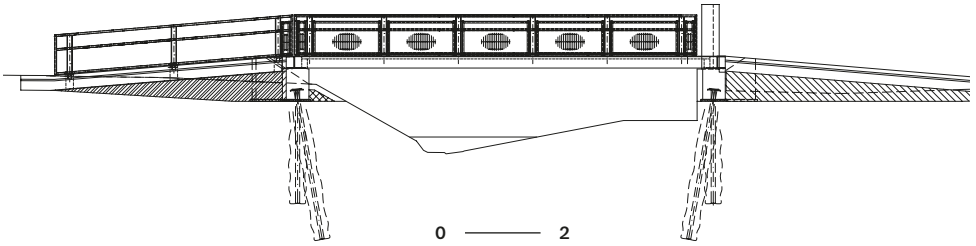
Lávka v Čelákovicích 2

ŘEZ PŘÍČNÝ



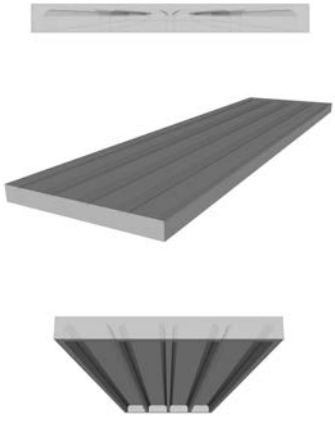
0 —— 1

ŘEZ PODÉLNÝ

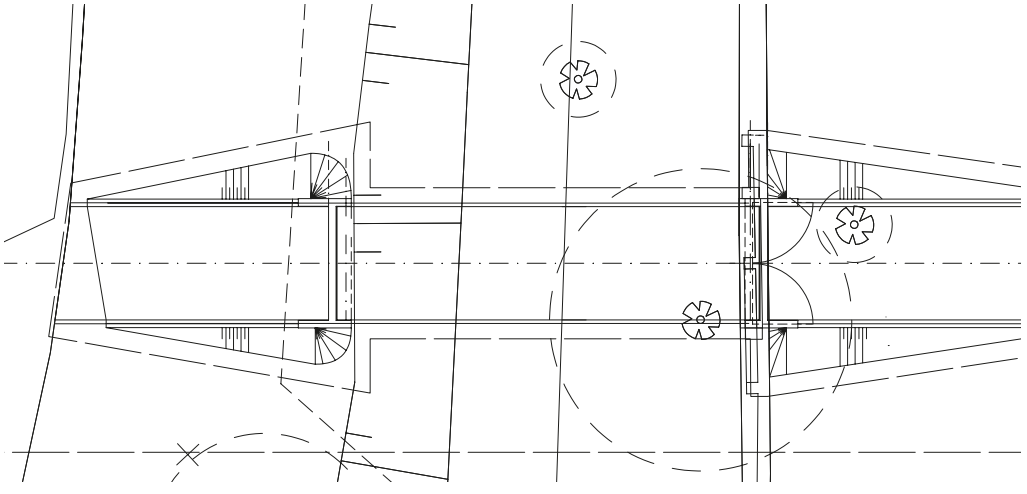


0 —— 2

3D MODEL

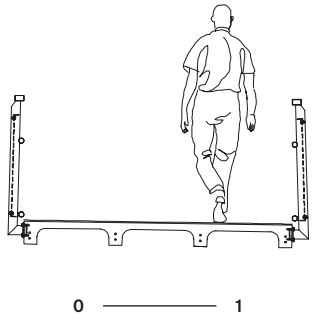


PŮDORYS

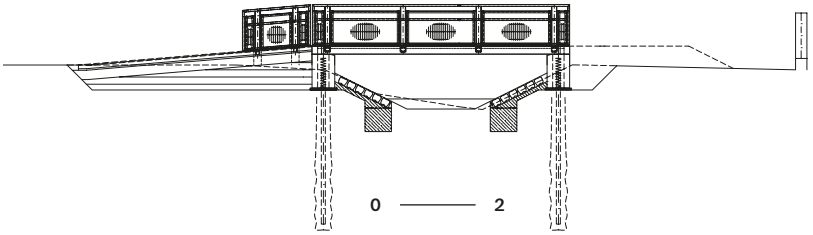


Lávka v Čelákovicích 3

ŘEZ PŘÍČNÝ

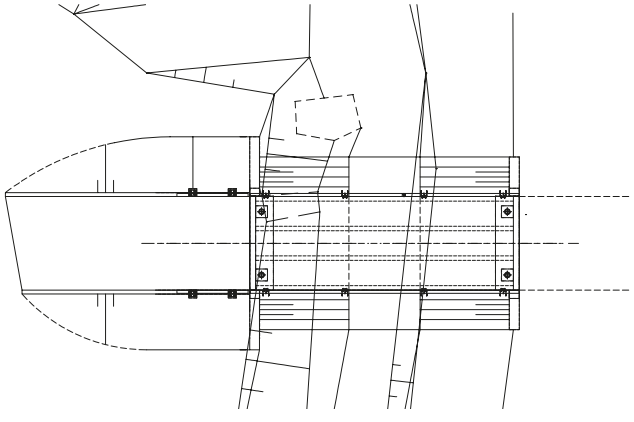


ŘEZ PODÉLNÝ



3D MODEL

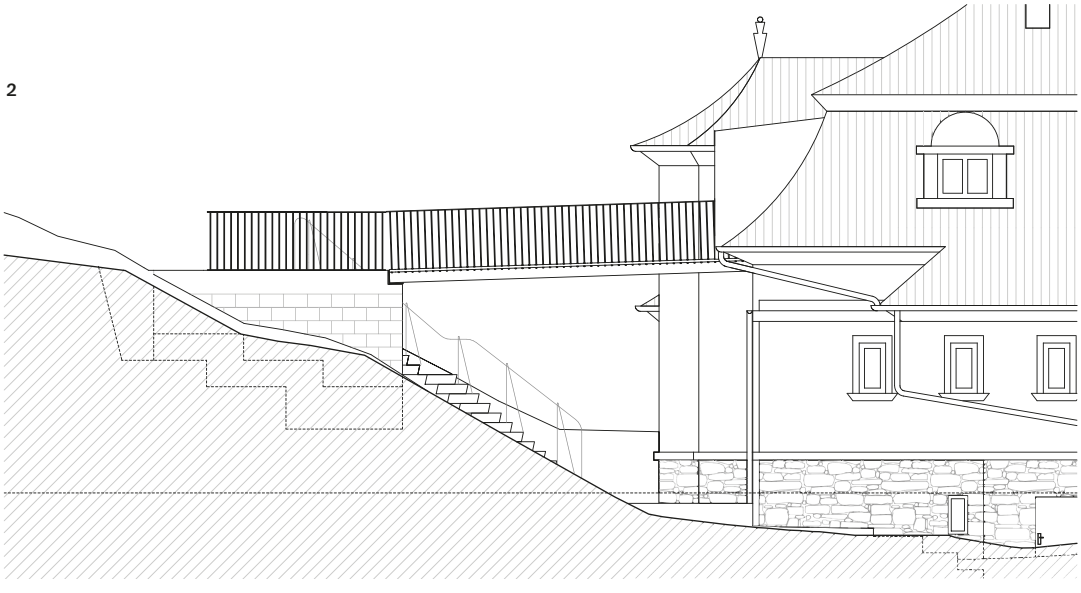
PŮDORYS



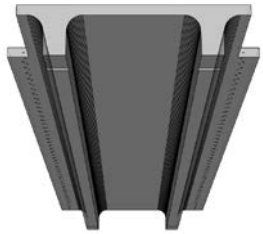
Lávka v Chuchli

POHLED

0 —— 2

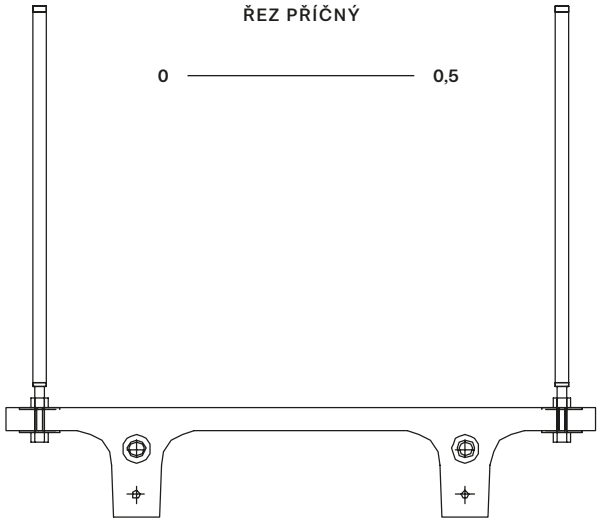


3D MODEL

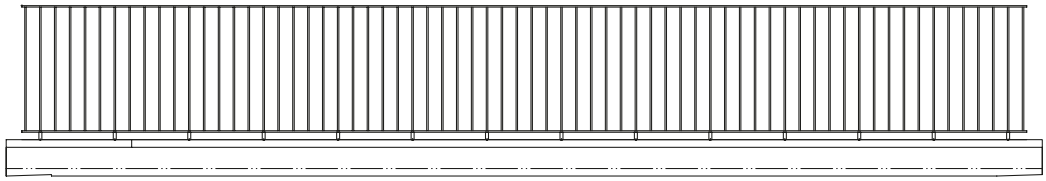


ŘEZ PŘÍČNÝ

0 —— 0,5

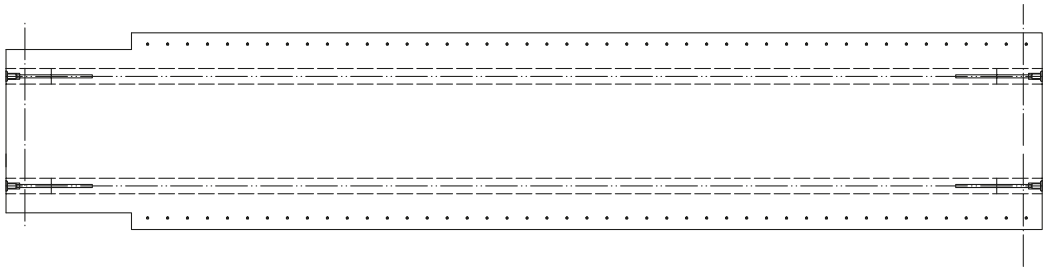


ŘEZ PODÉLNÝ



PŮDORYS

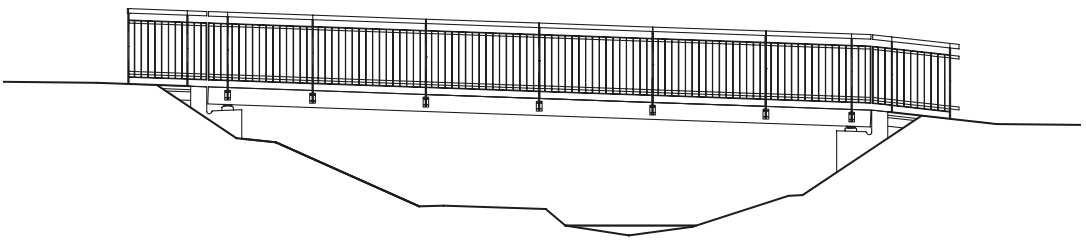
0 —— 1



Lávka v Zadní Třebani

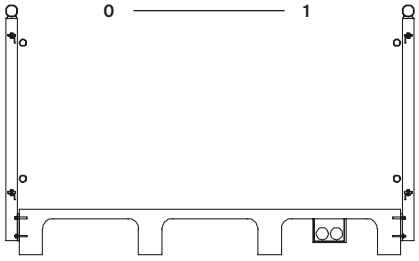
POHLED

0 —— 2

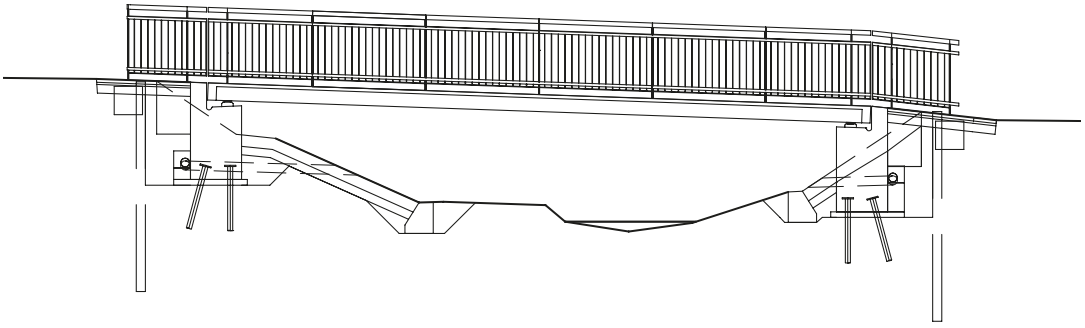


3D MODEL

ŘEZ PŘÍČNÝ

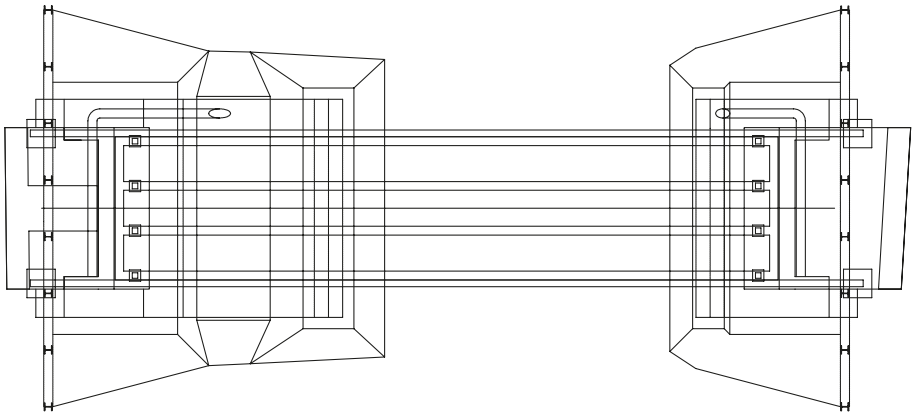


ŘEZ PODÉLNÝ



PŮDORYS

0 — 2



Inženýr EUGEN BRÜHWILER

TŘI LÁVKY VE ŠVÝCARSKU

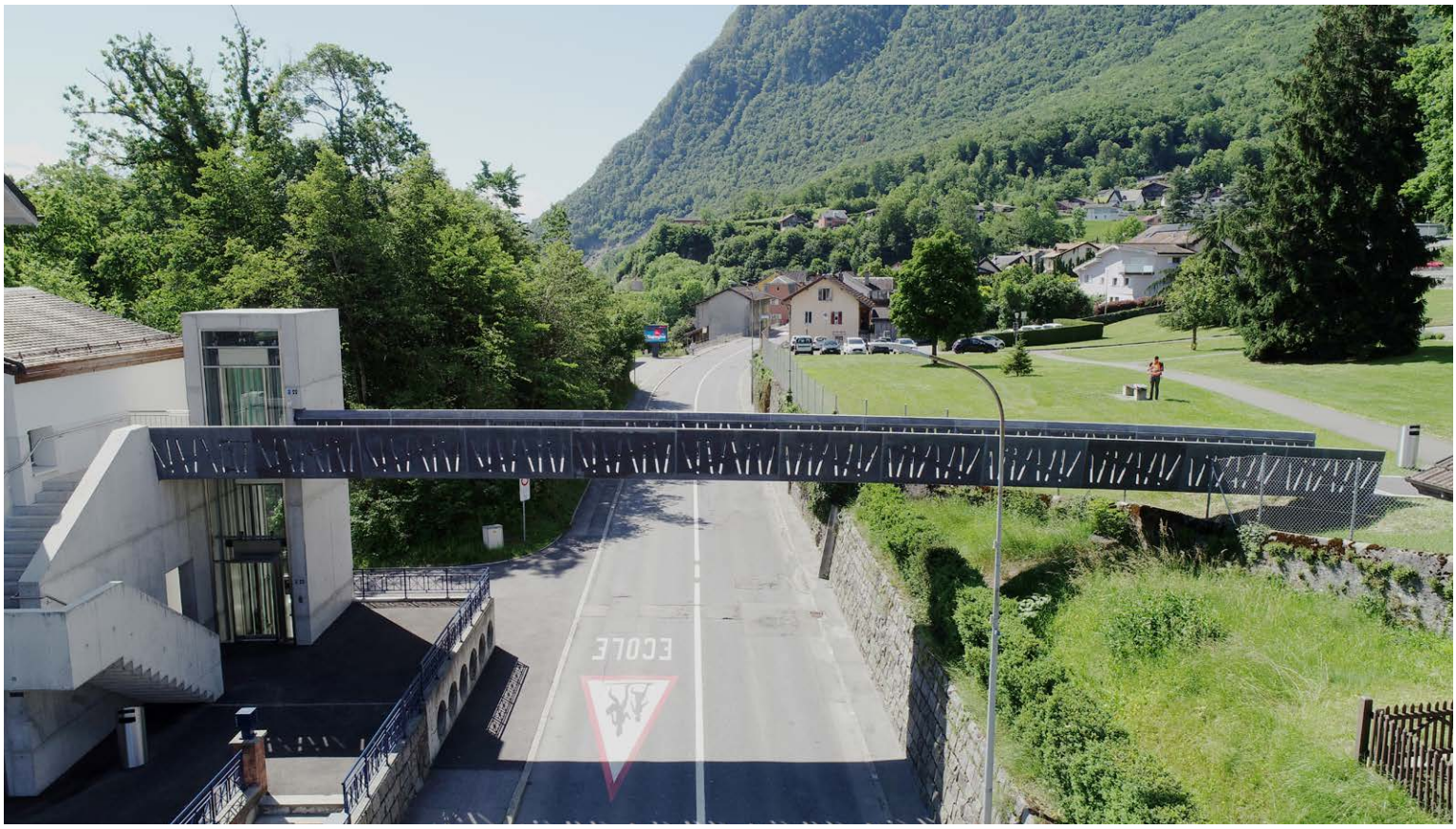
Eugen Brühwiler je švýcarský mostní inženýr. Je absolventem renomované fakulty architektury ETH v Curychu a získal doktorát na Švýcarském federálním institutu v Lausanne (EPFL), kde dodnes působí jako pedagog. Zabývá se výzkumem moderních metod hodnocení únavy a bezpečnosti mostů a konzervací kulturně hodnotných konstrukcí. O své odbornosti přednášel již několikrát i v České republice. Na některých projektech navrhovaných z UHPFRC spolupracuje s Petrem Tejem a stál u zrodu nebo je spoluautorem řady mostů a lávek z tohoto materiálu, především na území Švýcarska. Tři z nich bychom chtěli představit blíže.

Připravila Tereza Šváchová — Foto archiv Eugena Brühwilera, Sollertia Engineers

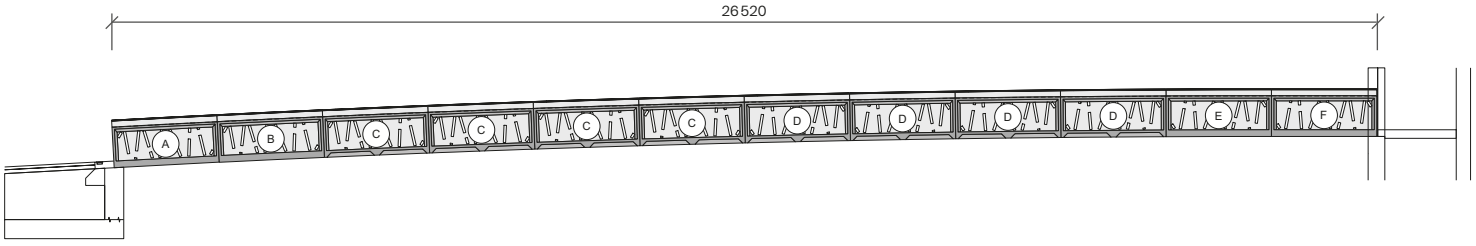
Lávka nad silnicí v Le Bouveret

Záměr postavit lávku ve čtvrti Le Bouveret byl součástí celkové koncepce zlepšení mobility ve švýcarské obci Port-Valais. Ta se nachází na východním konci Ženevského jezera a prochází jí mezinárodní silnice spojující tuto oblast s Francií. Zatížená dopravní tepna představuje fyzickou bariéru a bezpečnostní problém pro chodce i cyklisty, kteří ji chtějí překonat. Nepříjemnou situaci posiluje fakt, že se v bezprostřední blízkosti nachází hojně navštěvovaná budova základní školy. Obec se rozhodla vybudovat přechod, jenž by byl přístupný všem chodcům i cyklistům; nedílnou součástí lávky je tedy i výtah pro osoby se sníženou pohyblivostí, kočárky a jízdní kola. Tento dopravně-bezpečnostní problém měla vyřešit nově navržená lávka. Architektonickým záměrem autorů bylo vytvořit jakousi bránu do města. Po ověření několika betonových a ocelových variant stavby se jako nejsprávnější řešení ukázalo použití materiálu UHPFRC.

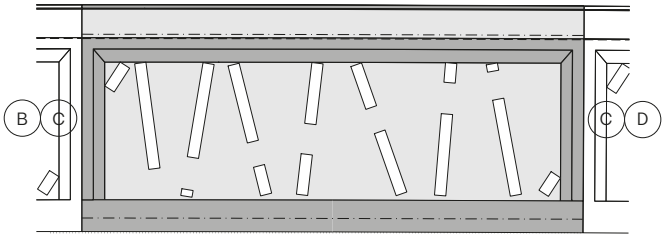
Jednoduchý žlabový nosník je kombinován se ztužujícím zábradlím, které díky své perforaci umožňuje vnímat okolní prostor. Nedílnou součástí zábradlí je osvětlení pochozí plochy LED pásky integrovanými pod madla. Nepřímé osvětlení vytváří zajímavou hru světel, aniž by pro své okolí působilo rušivě.

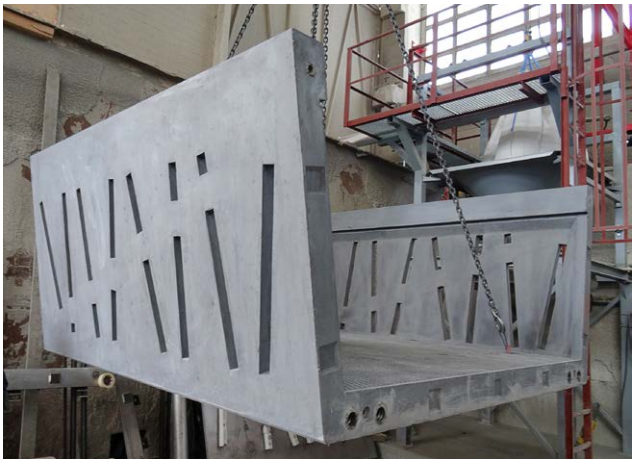


VÝŠKA NOSNÍKU V ZESÍLENÉ ČÁSTI



ZVÝŠENÍ PRVKU ZÁBRADLÍ



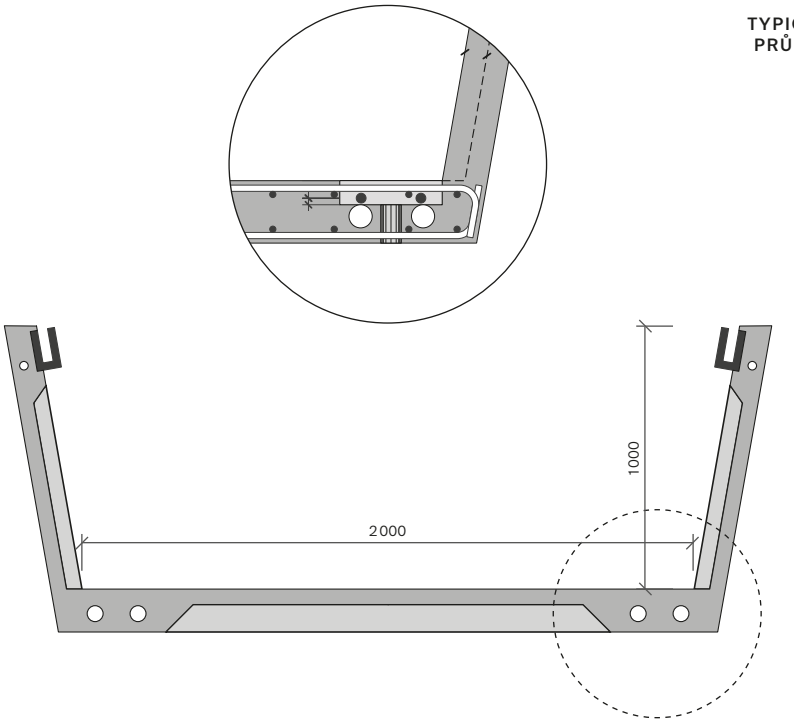


Těleso lávky je sestaveno z dvanácti identických prvků spojených přímočarým předpětím. Vzhledem ke komplikované dopravní situaci byla lávka předem smontována, v jednom kuse přepravena na místo a osazena na dva železobetonové pilíře během jednorázové noční akce, kdy byla silnice na několik hodin kompletně uzavřena. •

Lávka v Le Bouveret

Místo: Le Bouveret, Švýcarsko
Koncepční návrh: Pierre Laurencet (Sollertia Engineers), Eugen Brühwiller, Jean-Paul Chabbey Architecture
Zpracovatel projektu: Pierre Laurencet, Ricardo Teixeira (Sollertia Engineers)
Odpovědný inženýr: Eugen Brühwiler
Prefabrikované prvky a konstrukce z UHPFRC: Element
Dodavatel ostatních UHPFRC částí: Holcim (Ductal)
Klient: město La Bouveret
Realizace: leden–červen 2018
Foto: archiv Eugena Brühwilera, Sollertia Engineers

TYPICKÝ PRŮŘEZ

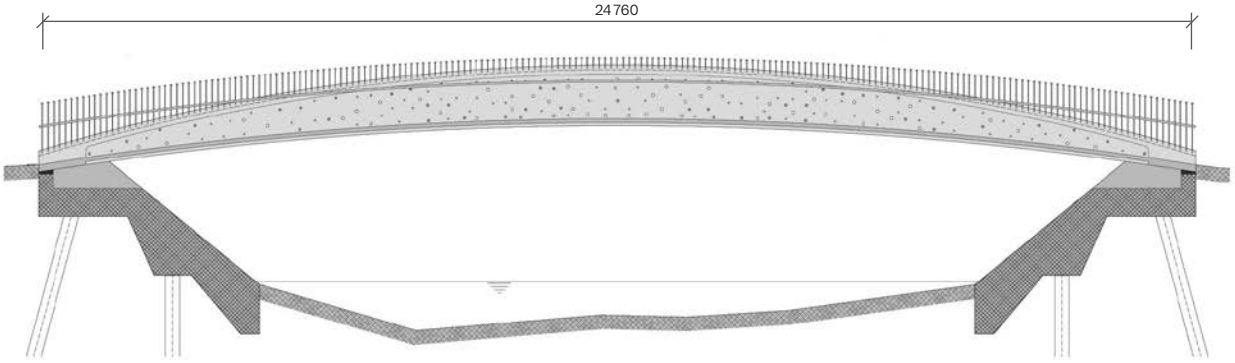


Červená lávka přes řeku Venoge

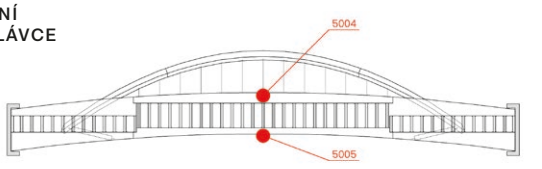
Přechod přes řeku Venoge spojuje dvě švýcarská města – Denges a Ecublens. Úplně první lávka zde byla postavena v roce 1865, tu následně v roce 2006 nahradila další, ale dřevěná konstrukce po pouhých šestnácti letech provozu shnila a musela být odstraněna. Na jejím místě nyní stojí lávka žlabová konstrukce z UHPFRC. V tomto případě byl betonový kompozit probarven do červeného odstínu, aby odrážel historickou barvu původní stavby známé jako „Červený most přes řeku Venoge".

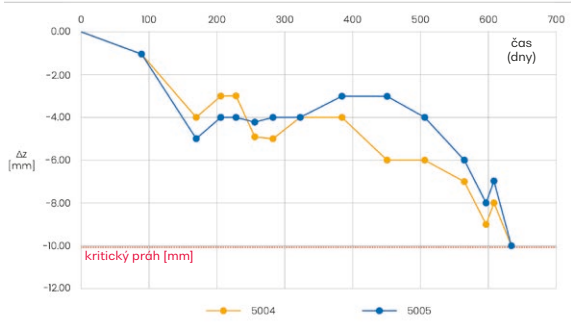
Nová konstrukce v podobě jednoduchého obloukového nosníku byla prefabrikována a v jednom kuse dopravena na místo speciálním konvojem. Instalována byla na původní železobetonové pilíře lávky, jež byla odstraněna již o několik měsíců dříve. Červený monolit má rozpětí 24,6 metru a šířku dva metry. Proměnná výška pevné hmoty zábradlí byla zvolena z estetických i praktických důvodů, protože tak nevytváří zeď, která by mohla působit jako překážka. Do výšky sto třiceti centimetrů doplňuje červenou hmotu řada vetknutých kovových tyčí, jež se na konci poněkud rozšiřují a mohou fungovat jako zvonkohra či xylofon. Tyče se v určitých pohledech překrývají či splývají s okolními kmeny stromů, nahodile rozmístěná perforace ve hmotě zábradlí prostup přírody ještě umocňuje.

VZEDMUTÍ NOVÉ LÁVKY

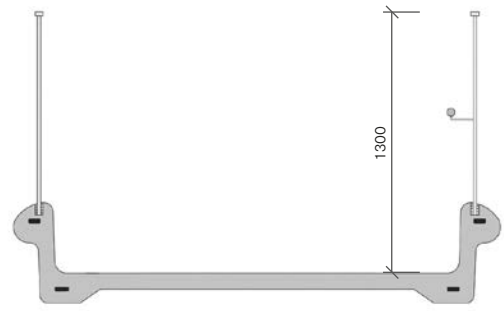


PRŮBĚH POHYBU KRITICKÝCH BODŮ NA PŮVODNÍ DŘEVĚNÉ LÁVCE

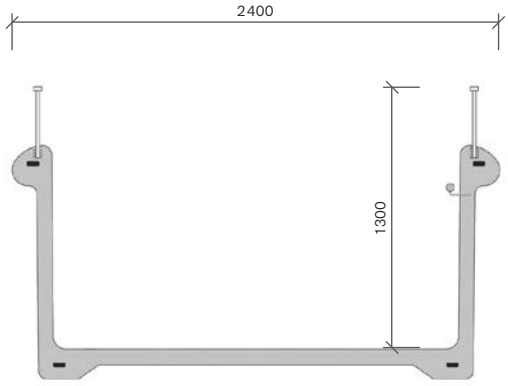




Prefabrikace jednoho kusu konstrukce byla zvolena záměrně i proto, že se stanoviště lávky nachází v chráněné krajinné oblasti. Bylo tedy třeba předejít zdlouhavým stavebním zásahům a úpravám na místě. Ve snaze co nejméně narušit klid a s ohledem na místní obyvatele bylo osazení provedeno během jediného dne včetně propustku procházejícího přes přilehlé vyschlé říční rameno. ●



PŘÍČNÝ ŘEZ
U PODPĚR

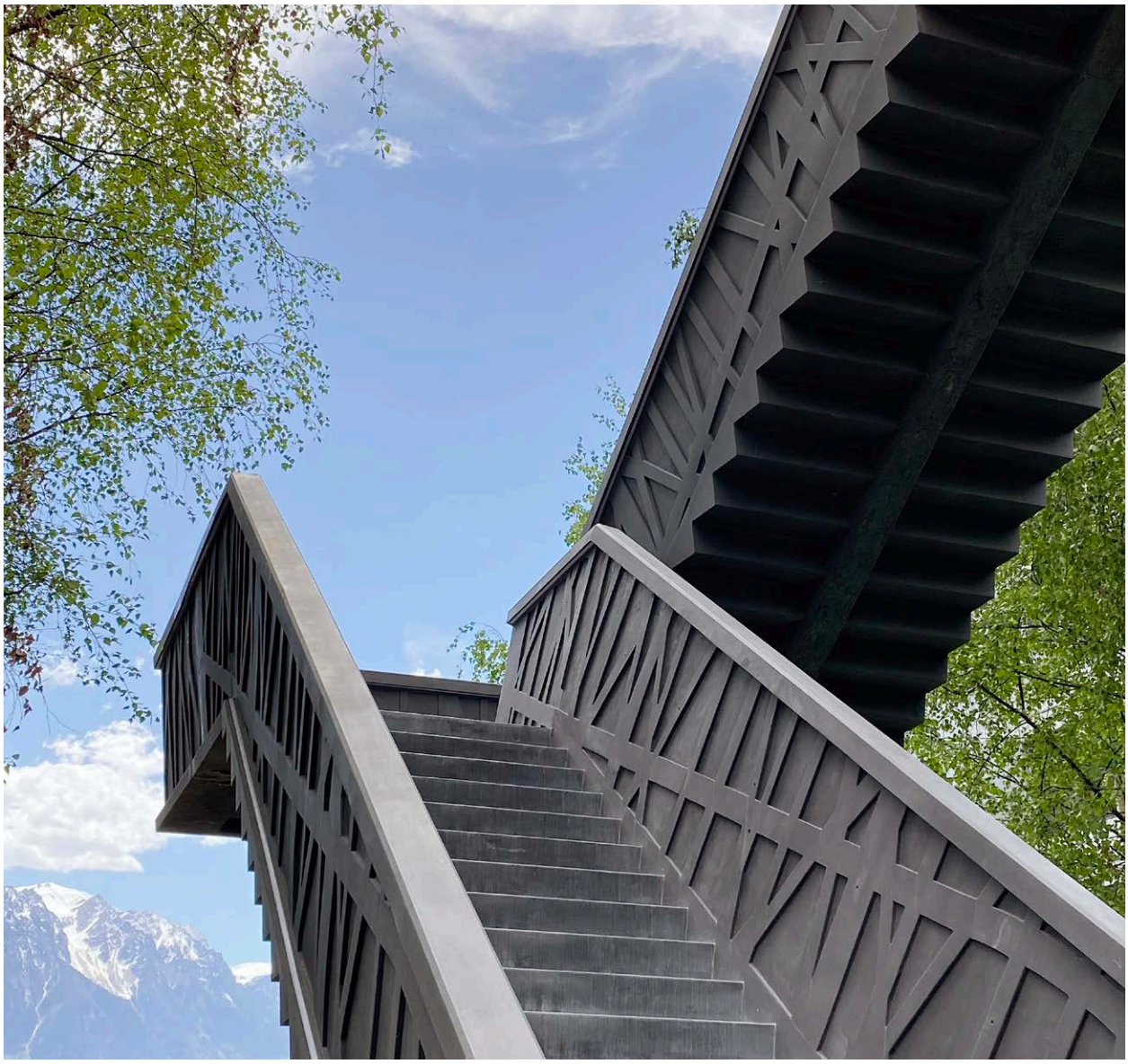


PŘÍČNÝ ŘEZ
V ROZPĚTÍ

Červená lávka přes řeku Venoge

Místo: Denges-Ecublens, Švýcarsko
Návrh: Philippe Menetrey
(INGPHI Lausanne)
Dodavatel: frutiger
Dodavatel ostatních UHPFRC částí: Vigier
Klient: městys Denges-Ecublens
Realizace: říjen 2022 – leden 2023
Foto: archiv Eugena Brühwilera

Lávka nad železnicí v Montreux

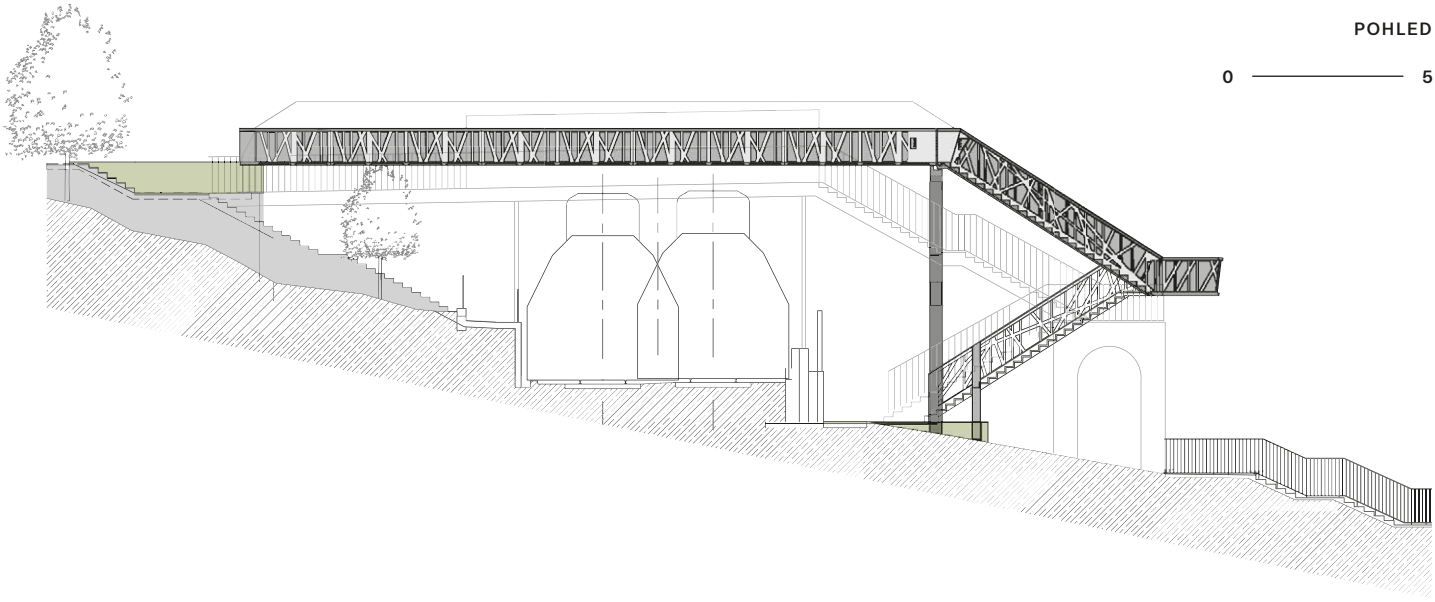


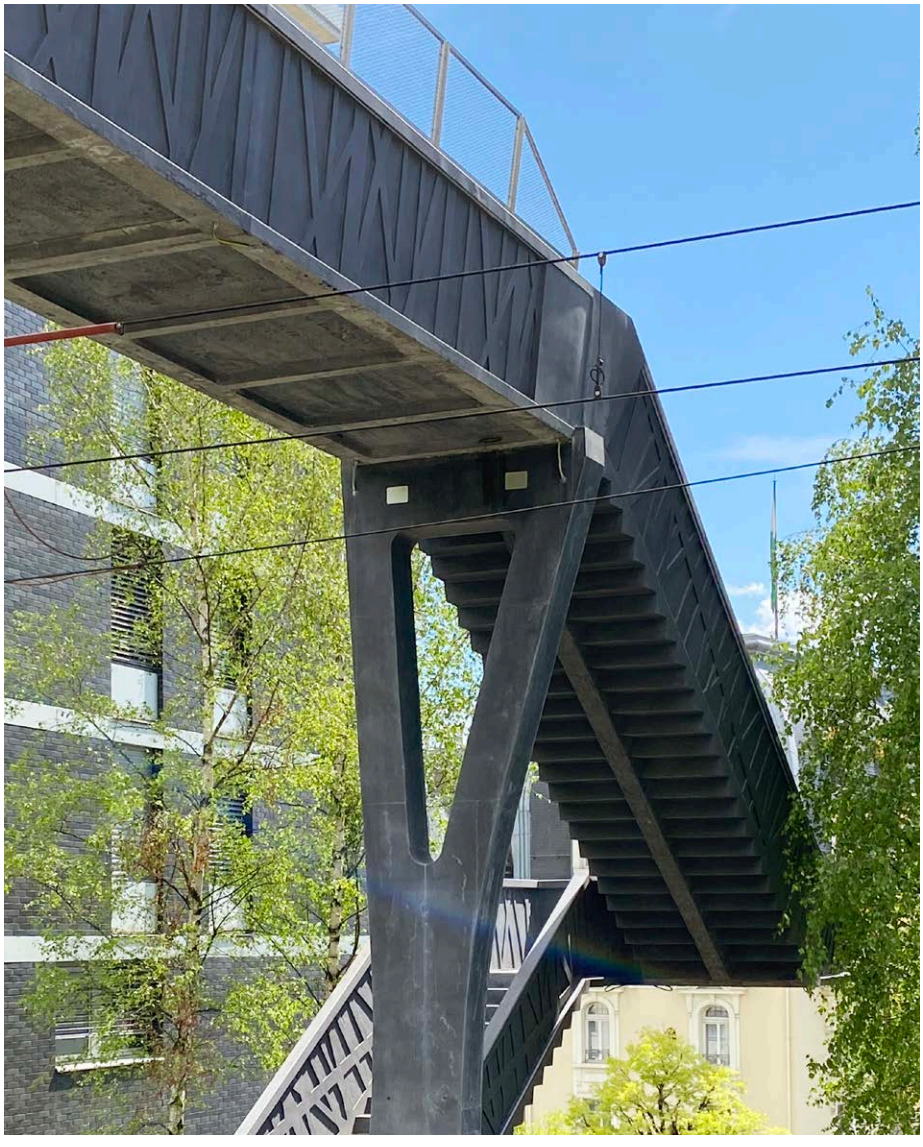
Další z nových lávek realizovaných z UHPFRC se tyčí nad železničním koridorem ve švýcarském městě Montreux při východním břehu Ženevského jezera. Nová stavba nahradila původní, jejíž ocelová konstrukce s betonovými deskovými prvky jednak technicky již nevyhovovala, respektive byla přímo v havarijním stavu, a jednak neodpovídala aktualizovaným normovým požadavkům na výšku průjezdu nad železničními tělesy.

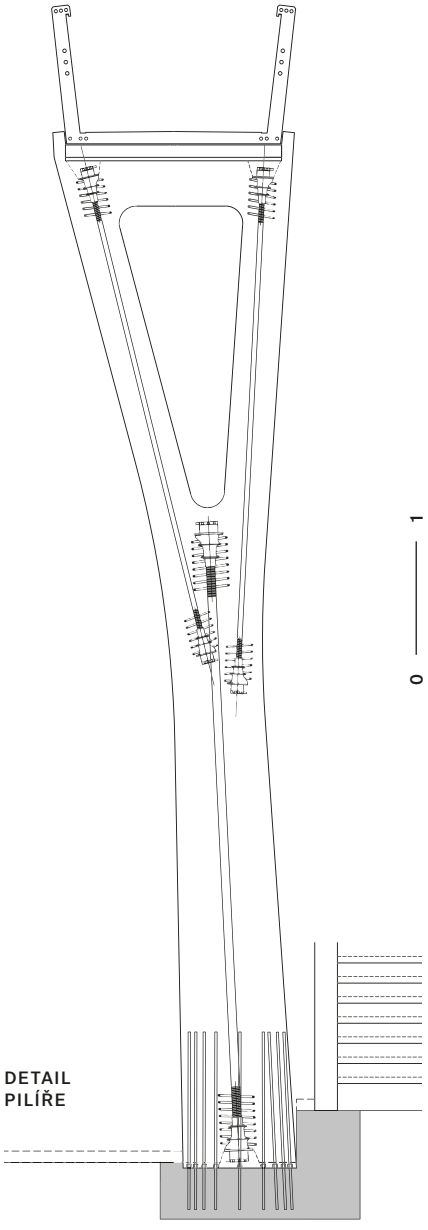
Inženýři navrhli lehkou konstrukci s rozpětím 22,5 metru. Žlabový nosník ve tvaru písmene U se skládá z pěti prefabrikovaných prvků. Spodní deska nosníku je v příčném směru vyztužena žebry, která zajišťují potřebnou tuhost pro upevnění pásnic, tak aby nedocházelo k příčnému vybočení nosníku.

Těleso lávky je uloženo na pilíř ve tvaru písmene Y a je doplněno o konstrukci schodiště složeného ze dvou ramen a jedné podesty. Celá sestava je kotvena v místech styku se zemí, to znamená u opěry nosníku a u základů pilíře a schodiště.

Esteticky je lávka doplněna o geometrický reliéf na bočnicích nosníku, jež se směrem vzhůru mírně vyklánějí ven, aby chodcům zpříjemnil zážitek z prostoru. Tmavé barvy lávky bylo dosaženo pomocí příměsi černých pigmentů ve hmotě. Hrubý reliéf nášlapné vrstvy byl odlit pomocí profilovaného ocelového plechu, který zajistil požadovanou protiskluznost. Osvětlení integrovanými LED pásky „přidává“ betonu po setmění další plastické vrstvy.


POHLED
0
5



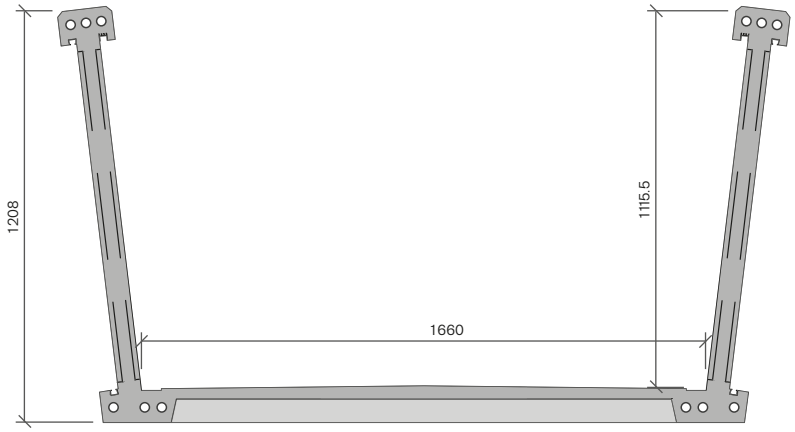

0
1
DETAIL
PILÍŘE

Lávka byla předem sestavena do jednoho kusu a na staveniště dopravena nákladním vozem. Do pozice ji usazoval jeřáb s dlouhým ramenem, jelikož musel být kvůli komplikované urbanistické situaci umístěn na ulici zhruba padesát metrů od stavby. Po vyzdvižení byla lávka umístěna na dočasné lešení a následně k ní byl vztyčen a ukotven i pilíř. Ve druhé etapě bylo smontováno, osazeno a ukotveno i schodiště. Tupé spoje mezi segmenty byly vyplněny epoxidovou pryskyřicí, jež rovněž zajišťuje jejich vodotěsnost. •

Lávka v Montreux

Místo: Montreux, Švýcarsko
Koncepční návrh: Dominique Géhin (C-Design Aigle), Eugen Brühwiler
Zpracovatel projektu: Dominique Géhin (C-Design Aigle)
Konzultant: Eugen Brühwiler
Prefabrikované prvky a konstrukce z UHPFRC: C-Design Sàrl
Dodavatel ostatních UHPFRC částí: Holcim (Ductal)
Klient: město Montreux
Realizace: říjen 2020 – únor 2021
Foto: archiv Eugena Brühwilera

TYPICKÝ PRŮŘEZ



ROZHOVOR S JANEM MARKEM, TECHNICKÝM ŘEDITELEM SPOLEČNOSTI KŠ PREFA

Chceme, aby po nás zůstaly trvanlivé a funkční stavby

Připravila Kristýna Brožová
Foto archiv firmy

Ve druhém čísle INTRA, které vyšlo v březnu roku 2017 a které se poprvé v historii časopisu věnovalo betonu, jsme psali o tom, že ultravysokohodnotný beton je výzvou pro budoucí architekturu. Nyní, po více než šesti letech, máme možnost sledovat, jak staveb z tohoto materiálu postupně přibývá a jak jejich tvůrci v praxi testují jeho limity. „O tom, jak namíchat UHPC, je možné se poměrně snadno dočíst ve stovkách vědeckých publikací. Problém je ale měřítko," říká Jan Marek ze společnosti KŠ PREFA, která je výrobcem prefabrikovaných betonových konstrukcí.

Podle profesora Jiřího Kolíska je v Česku aktuálně kolem třicítky konstrukcí z UHPC. Kolik z nich jste vyrobili vy?
Za poslední dekádu vzniklo v našich prefách více než dvacet většinou unikátních konstrukcí z UHPC, které lze najít po celé naší republice. V úzké spolupráci s Kloknerovým ústavem ČVUT v Praze a také s předními projekčními kancelářemi Pontex, Valbek, Bridge Structures a TOP CON SERVIS vznikly pilotní projekty staveb. V průběhu let byly konstrukce stále větší a odvážnější, současným vyvrcholením použití UHPC je Štvanická lávka v Praze.

V čem je tato lávka – ve srovnání s předešlými konstrukcemi z UHPC – unikátní?
Jde o unikátní konstrukci co do štíhlosti, objemu UHPC, barvy, kvality provedení i odvahy architekta. Při laickém pohledu tak masa bílého betonu sice nemusí působit, ale nosná konstrukce je extrémně subtilní – segmentová konstrukce s vnitřním vedením předpínací výztuže v kanálcích by v běžné betonářské praxi vyžadovala nejméně dvojnásobný objem betonu. I přes tuto úsporu materiálu je celkový použitý objem UHPC několikanásobkem součtu všech ostatních UHPC prefabrikátů, které jsme dosud vyrobili.

Bílá barva betonu samozřejmě vyžadovala nejen vývoj nového materiálu, ale i zvláštní péči při výrobě. Přestože současný provoz lávku již značně poznamenal a patinoval, snažili jsme se – a dokázali to! –, aby na stavbu přijížděly dokonalé, sněhobílé prefabrikáty.

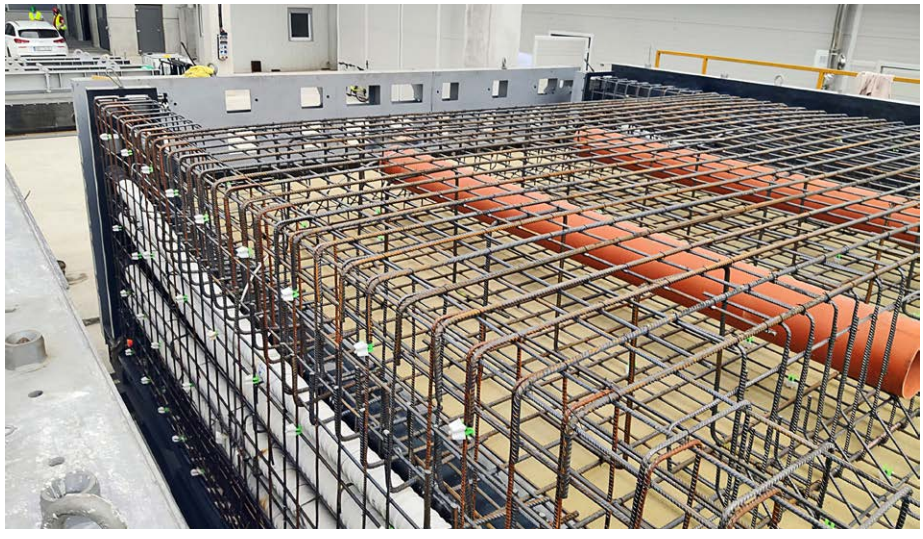
Odvaha architekta navrhnout takto subtilní segmentovou konstrukci, která je prostorovou křivkou, už je na hraně technických možností, a přidat ještě zvedané otočné pole a zbytek tvořit jako spojitou konstrukci bez dilatace, to už je podle mě za hranou. Ale i přesto, a zejména díky precizní práci kolegů ze Štětí, se lávku podařilo úspěšně dokončit. Díky stabilní podpoře takovýchto projektů od našeho generálního ředitele Lukáše Smrta a také od majitele naší společnosti, pana Pavla Šilhánka, nám je umožněno UHPC skutečně používat, a to ve světovém měřítku i formě.

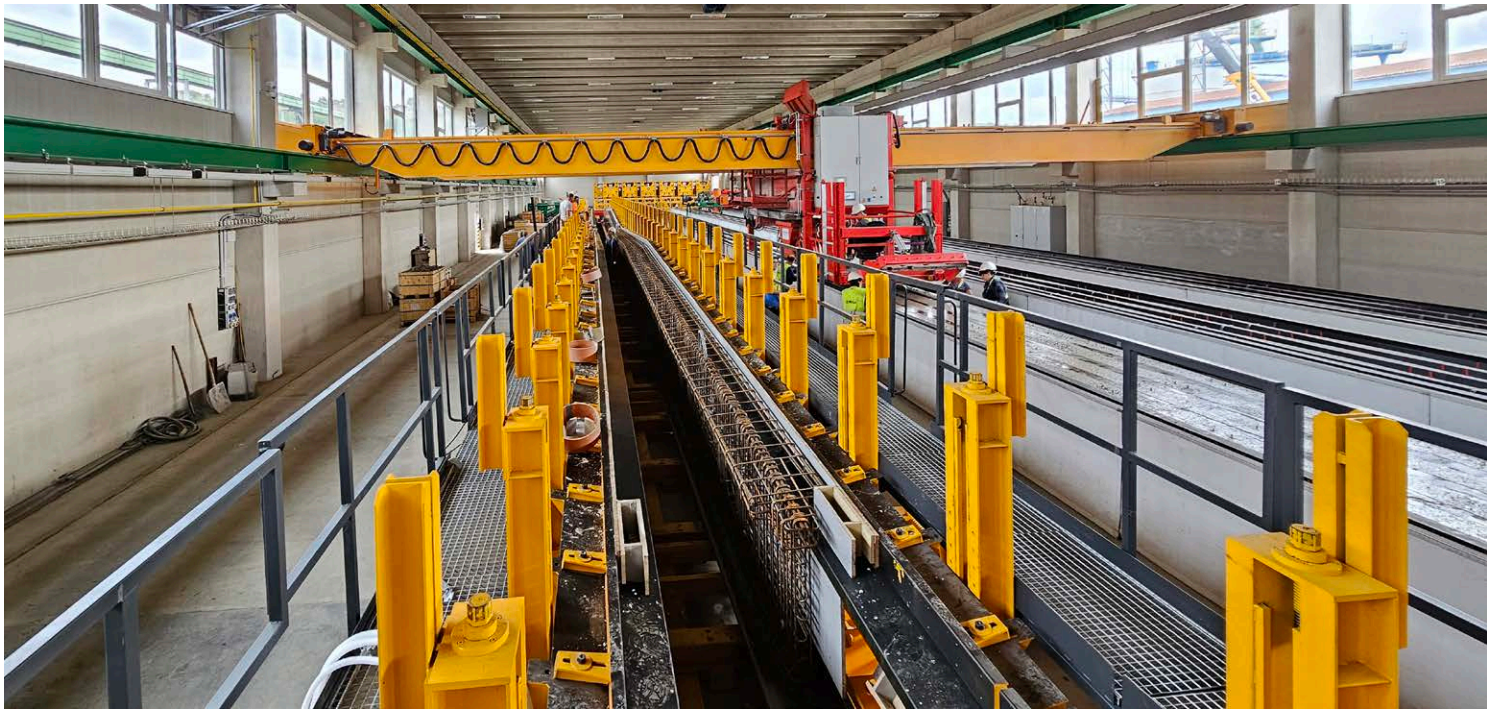
Typický segment Štvanické lávky po vyndání z formy

Kdy jste s vývojem UHPC začali?
UHPC se v našich prefách vyvíjí od roku 2011. Spolupráce začala pod hlavičkou firmy Skanska v kooperaci s Kloknerovým ústavem ČVUT v Praze, s projekční kanceláří Pontex a se společností BASF dodávající chemii do betonu. Tento první grantový výzkumný projekt byl podpořen v programu TIP Ministerstvem průmyslu a obchodu, trval od roku 2011 do roku 2015 a jeho výsledky položily základ pro technologii UHPC v celém Česku, nejen v prefabrikaci. Výsledkem byly mimo jiné metodiky certifikované Ministerstvem dopravy, tehdy šlo o první předpisovou základnu u nás. Následovaly další výzkumné projekty, financované tentokrát Technologickou agenturou ČR, v programech Epsilon *(2017–2020, pozn. red.)* a Doprava 2020+ *(2021–2024, pozn. red.)*.

Dokázal byste zhodnotit, kam se za tu dobu vývoj UHPC posunul a jakým směrem se bude ubírat v budoucnu?
Kdybych to měl shrnout několika slovy, řekl bych, že vývoj se přesunul do praxe. O tom, jak namíchat UHPC, tedy jak navrhnout složení směsi, je možné se poměrně snadno dočíst ve stovkách vědeckých publikací. Mnoho laboratoří a akademických pracovišť to i běžně dělá. Problém je ale měřítko. V laboratoři se pracuje s litry a kilogramy. My ale umíme zamíchat a vyrobit prefabrikáty o objemech kubických metrů a hmotnostech desítek tun. Spolehlivě, kvalitně, stejně jako běžný beton. V tom nás spolupráce na výzkumných projektech posunula. Díky této praxi umíme i poměrně dobře navrhovat, vést ruku architektům a projektantům.

Do budoucna se budeme snažit UHPC účelně a smysluplně využívat, hledat způsoby a místa pro jeho použití, tak aby po nás zůstaly trvanlivé a funkční stavby, na které by mohly být hrdé i další generace. S tím je spojena i udržitelnost a ochrana klimatu, ať už hledání alternativ k portlandskému cementu, nebo takových aplikací, kde dlouhá životnost UHPC konstrukce vyváží počáteční emise.


Pohled do otevřené formy s připravenou výztuží (nadpodporový segment Štvanické lávky) před betonáží



Betonářská hala společnosti KŠ PREFA

Vedle vývoje a výroby UHPC se věnujete i dalším činnostem. Můžete je shrnout?
Naše společnost vznikla v podstatě zakoupením výrobních závodů společnosti Skanska v roce 2014. Dvě výrobny betonových prefabrikátů v Tovačově a ve Štětí navázaly na desítky let dlouhou tradici produkce železobetonových dílců, byla převzata i činnost realizace a montáže těchto prefabrikovaných staveb. Vlastní projekční oddělení pak trvale poskytuje potřebnou podporu v podobě interní statické a projekční kanceláře. Mimo standardní produkci prefabrikátů byl převzat vývoj UHPC, projekt vývoje nového typu železničních pražců a i další unikátní technologie, například kotvená mostní svodidla, střešní TT prvky nebo produkce sendvičových – zateplených – betonových stěn.

Nosník pro zastřešení vestibulu metra Praha-Florenc

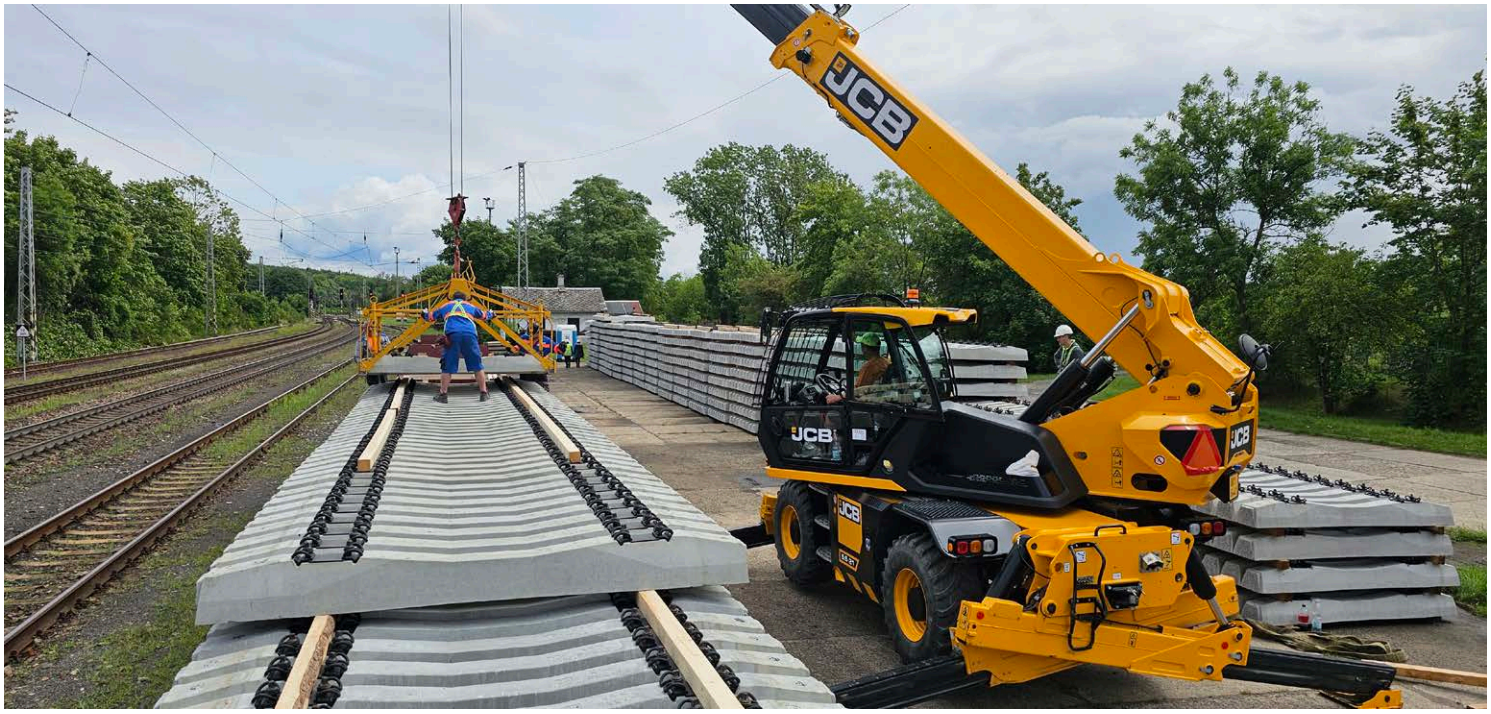
Jakým technologickým zázemím vaše společnost disponuje?
Aktuálně jsou to dva výrobní závody prefabrikátů, pět betonáren, z nichž tři, včetně jedné nové ve Štětí, jsou schopny vyrábět UHPC, čtyři předpínací dráhy a jeřáby se schopností manipulovat s prefabrikáty o hmotnosti až padesát, respektive až devadesát tun – první z nich máme na naší pobočce ve Štětí, ten druhý v Tovačově.

Zmiňovaná nová betonárna ve Štětí je připravena na produkci UHPC v opravdu průmyslových objemech. Ve zkušebním provozu v ní byl vyroben materiál pro 120 m³ UHPC prefabrikátů pro lávku v Hradci Králové, v případě Štvanické lávky už byla plně využita a šlo zhruba o 770 m³ bílého UHPC.

Ve Štětí máme rovněž novou, automatizovanou výrobní linku, do níž jsme investovali v rámci vývoje nového železničního pražce v letech 2020 a 2021. Jde o poloautomatickou výrobu železobetonových železničních pražců systémem dlouhé předpínací dráhy. Součástí linky jsou automatizované dopravníky, robotická skládka a robotický stohovací stroj. Linka je připravena na tepelné ošetřování pro nastávající období ekologicky šetrnějších cementů.

Můžete popsat, jaké výhody zmiňovaná předpínací dráha přináší?
Předem předpjaté železobetonové dílce jsou tou nejkvalitnější možností, jak využít plného statického potenciálu jednotlivých materiálů. Klasická betonářská výztuž v kombinaci s moderním betonem vyšší třídy a předpínací ocelí umožňuje dosáhnout u ohýbaných prvků značných materiálových, a tedy i hmotnostních a ekonomických úspor. Tento trend přechodu od železobetonových k předpjatým konstrukcím je možné pozorovat jak ve světě, tak u nás. Investice do nové předpínací dráhy a rozšíření kapacity o možnost produkovat až osmdesát metrů dlouhé řady prefabrikovaných dílců byly tedy nutným krokem. Rád bych ještě podotkl, že tento popsaný trend je při použití materiálu UHPC ještě výraznější. Dokonalá ochranná funkce a současně vysoká tlaková pevnost – i rychlý počáteční nárůst pevnosti – je splněným statickým snem.

Není pochyb o tom, že UHPC je prémiový materiál. Jak si stojí cenově v porovnání s běžným betonem?
Obvyklá cena ve světě je deseti- až třicetinásobek ceny běžného betonu, v Česku je to zhruba desetinásobek. Je však třeba brát v potaz, že cena materiálu je jen minoritní část pořizovací ceny celého stavebního díla. V případě prefabrikovaného dílce je cena materiálu obvykle poloviční až třetinová, záleží na opakovatelnosti formy a sériovosti výroby. Při uvážlivém návrhu je použití „drahého“ UHPC ve výsledku levnější variantou.



Nakládka pražců na vagony

Investováním do výzkumu a vývoje nových technologií a nových produktů umíme nabízet zákazníkům unikátní řešení.

Je vyšší cena vyvážena například delší životností materiálu?
Velmi hustě vyplněná mikrostruktura materiálu a v důsledku velmi nízká permeabilita rozhodně zaručují velice vysokou trvanlivost UHPC. Vlastní matrice se například podle testů mrazuvzdornosti chová tak, že by spolehlivě měla fungovat dvě stě a více let. Tomu je vhodné přizpůsobovat celý návrh konstrukcí, tak aby části s menší trvanlivostí byly vyměnitelné a rekonstruovatelné anebo aby byly chráněny před vlivy vnějšího prostředí touto UHPC obálkou.

Setkáváte se ve spojení s UHPC s nějakými mýty, které byste rád uvedl na pravou míru?
V senzacechtivých mediích se objevují články o kluzkých lávkách. My samozřejmě povrchy testujeme, pečlivě a zodpovědně, tak abychom veřejnosti vždy dali do užívání povrch vhodný a bezpečný. Může se pochopitelně stát, že v zimě povrch namrzne, stejně jako kterýkoli jiný chodník či vozovka. Pak samozřejmě klouže, ale tomu nelze volbou materiálu ani typu konstrukce stoprocentně zabránit. Zde je vhodné si přiznat, že subtilnější konstrukce jsou k rychlému namrzání citlivější, ale o to rychleji zase námraza při ohřátí taje.

Noční montáž nosníků nad dálnicí

Co všechno jste nyní schopni svým zákazníkům nabídnout?
Společnost dlouhodobě drží pozici zavedeného a tradičního dodavatele betonových prefabrikovaných hal pro skladovací, výrobní či obecně developerské projekty. Běžně také dodáváme až šedesátitunové mostní nosníky například pro dálniční mosty či betonová silniční svodidla v množství mnoha kilometrů. Tisíce schodišťových ramen z naší produkce slouží obyvatelům nových bytových domů převážně v Praze, ale samozřejmě i všude po celém Česku. Celková strategie je ale profilovat se jako špička v technologii a inovativních řešeních, avšak samozřejmě při zachování spolehlivosti tradičního a kvalitního dodavatele prefabrikátů.

Investováním do výzkumu a vývoje nových technologií a nových produktů umíme nabízet zákazníkům unikátní řešení – jsme jedna z mála pref, která pracuje pro zákazníka na klíč a umí se přizpůsobit jedinečným návrhům a architektonickým požadavkům. Náš dlouhodobý cíl, tedy uvedení nového železničního pražce na trh v Česku, o němž jsem se již zmiňoval, byl dokončen v roce 2021 a investoři i generální dodavatelé od té doby mají i jinou možnost než jen jednoho monopolního výrobce pražců. •

Více než sto let vývoje přísad do betonu od Master Builders Solutions

Text Vladislav Trefil
Foto archiv firmy

Ke kamenivu, vodě a cementu, které tvoří základ betonu, se za účelem dosažení lepších vlastností výsledného materiálu přidávají ještě nejrůznější příměsi a přísady. Nejde o totéž. Jako příměsi označujeme práškovité látky, například křemičité úlety, popílek nebo barevné pigmenty. Přísady jsou látky chemické, jež mohou zlepšovat zpracovatelnost betonu, zpomalovat nebo naopak urychlovat jeho tuhnutí a podobně. Co přesně to znamená v praxi, se dozvíte v následujícím článku.

Počátky použití průmyslově vyráběných přísad do betonu byly zaznamenány až na počátku 20. století, a to jen ojediněle. Tehdy se zjistilo, že provzdušňovací přísady zlepšují vodonepropustnost betonu a jeho odolnost vůči mrazu a tání. V současnosti tvoří hlavní skupinu celosvětově používaných přísad takzvané superplastifikátory na bázi polykarboxylátových éterů (PCE), jejichž výhodou je, že u molekul PCE dochází nejen k elektrostatickému odpuzování – jak tomu bývalo u vývojově starších superplastifikačních přísad –, ale i ke sterickému odpuzování molekul vody a cementu. Zatímco do konce devadesátých let jsme měli k dispozici složky na vývoj superplastifikačních přísad, které by se daly spočítat na prstech jedné ruky, za posledních 15 let se počet polymerů na bázi PCE, ale i jiných surovin, o řád rozrostl. To znamená, že nyní jsme schopni reagovat na požadavky projektu, a dokonce otevřít projektantům a statikům dveře k dříve netušeným možnostem. Je potřeba prodloužit dobu zpracovatelnosti na čtyři hodiny i déle? Potřebujeme směs čerpat do výšky 500 metrů? Výrazně zrychlit hydrataci a odbednit už za šest hodin po uložení betonu? Stačí použít vhodnou kombinaci polymerů a betonová směs splní daný požadavek.

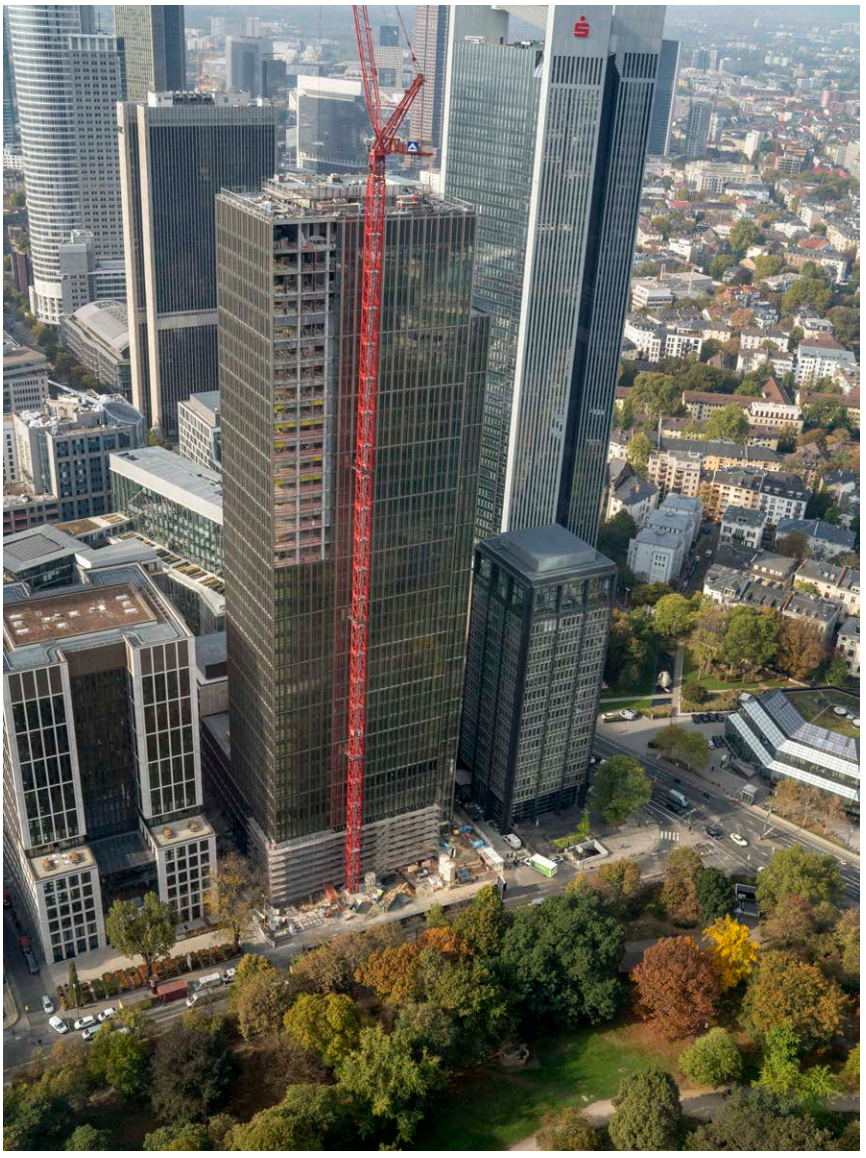
Ovlivnění konzistence betonu

Tento vývoj přispěl ke zlepšení homogenity zhutnění betonové směsi, čerpatelnosti i rychlosti zpracování betonu. Také bylo najednou možné zkvalitnit jeho povrch a prodloužit jeho trvanlivost. Díky superplastifikačním přísadám na bázi moderních polymerů bylo možné následně vyvinout i technologie jako vysokohodnotné a ultravysokohodnotné betony – u nichž je pro zajištění tekuté konzistence třeba snížit vodní součinitel až pod hodnotu 0,20 – či samohutnicí betony a samonivelační potěry vyznačující se extrémní tekutostí směsi.

S vysoce tekutou konzistencí je v případě kolísání kvality vstupních materiálů spojeno riziko segregace směsi. V roce 2007 byla představena

Výšková budova Burdž Chalífa, kde se beton s přísadami Master Builders Solutions čerpal do výšky **586** metrů pod tlakem **80** MPa.

Díky přísadám dochází i k redukci množství vody spotřebované k výrobě betonu, a to při zachování stejné zpracovatelnosti.



Pohled na Marienturm ve Frankfurtu nad Mohanem ve fázi výstavby

a následně patentována inovativní stabilizační přísada MasterMatrix SDC 100, zachycující přebytečnou vodu ve směsi do matrice polymeru. Její použití v samohutnicí směsi umožnilo snížit množství cementu či příměsí na metr krychlový betonu.

Ovlivnění rychlosti hydratace

V roce 2009 byla patentována přísada Master X-Seed očkující beton C-S-H fází, která urychluje růst aktivních krystalů hydrátu křemičitanu vápenatého mezi zrny cementu, čímž zlepšuje proces hydratace – již po osmi hodinách (a to bez proteplení) je možné dosáhnout pevnosti až 40 MPa, jež je potřebná pro řezání lan předpjatých nosníků. Samozřejmě tomu musí odpovídat i třída cementu a vodní součinitel. Na stavbách výškových budov lze i v zimním období dosahovat taktu výstavby jedno podlaží za šest dní, jako například při stavbě 155 metrů vysoké budovy Marienturm ve Frankfurtu nad Mohanem (požadované odbedňovací pevnosti 26 MPa bylo v zimním období dosaženo do 12 hodin).

Speciální kapitolou je vývoj přísad Master Builders Solutions pro výstavbu domů technologií 3D tisku. Zde jde o celý komplex druhů chemie a vláken zajišťujících udržení tvaru vrstvy, soudržnosti vrstev, sníženého smrštění, vyloučení trhlin, snadné čerpatelnosti a současně rychlého vývoje počátečních pevností, takže optimalizovat průběh hydratace je jeden z klíčových předpokladů. Jedním z prvních domů na světě vytištěných robotem je tzv. Prvok, a to českou firmou Scoolpt, která se zvládla vypořádat s požadavky na konzistenci i průběh hydratace. Vytištění Prvoka proběhlo v minulém roce v Česku zhruba po dvouletém vývoji.

Trvanlivost betonu

Uvedené provzdušňovací přísady, jež stály na počátku rozvoje celého tohoto odvětví, jsou stále běžně používány pro zajištění odolnosti betonu vůči mrazu a tání (zvláště v kontaktu s posypovými solemi). Jejich účinnost však závisí na velikosti pórů, které ve směsi vzniknou po zamíchání (odolnost betonu vůči cyklování mrazem je zajištěna jen v případě mikropórů do velikosti 0,30 mm). Novinkou, díky níž lze odolnosti vůči mrazu a tání se solemi dosáhnout, jsou tzv. mikrokuličky MasterAir MHK, případně superabsorbéry MasterSphere. Ty mají definovanou velikost a po vmíchání do směsi vytvoří pouze mikropóry potřebné velikosti, a to i v případě změny složek betonu nebo změny míchání. Tím odpadá potřeba zkoušek obsahu vzduchu v čerstvém betonu a současně je garantována jeho odolnosti i tehdy, jestliže se změní podmínky míchání či ukládání.

Vývojem prošly i přísady redukující smrštění. Jejich pomocí – v kombinaci s rozptýlenou výztuží polymerovými vlákny – je v současné době možné snížit například u průmyslových podlah počet dilatačních spár, což pomáhá šetřit náklady a urychlovat výstavbu. Již desetiletí jsou používány také krystalizační práškové přísady, jež v případě nedostatečného ošetření betonu vyplňují pomocí krystalů vzniklé mikrotrhliny. Těžko řešitelným úkolem však bylo vyvinout tekutou krystalizační přísadu, a to takovou, která by nezačala krystalizovat ještě před jejím zamícháním do betonu. Teprve před několika lety byla v Česku vyvinuta tekutá krystalizační přísada MasterLife WP 1200, která se vzápětí rozšířila i na další kontinenty.

Životní prostředí

Tím, že použití přísad do betonu zvyšuje jeho trvanlivost – a tedy prodlužuje životnost staveb, které není nutné tak často rekonstruovat –, nepřímo přispívá i k ochraně životního prostředí. Díky přísadám navíc dochází i k redukci množství vody spotřebované k výrobě betonu, a to při zachování stejné zpracovatelnosti.

V roce 2017 bylo v Česku vyrobeno zhruba 10 milionů metrů krychlových betonu, k čemuž bylo odhadem na metr krychlový spotřebováno v průměru 180 litrů záměsové vody. Použitím přísad by došlo k redukci spotřeby vody přibližně o 15 procent (odhad autora), což by v Česku vedlo k úspoře zhruba 270 milionů litrů vody za jediný rok. Ruku v ruce s redukcí množství spotřebované vody dochází v betonu i k poklesu množství cementu. Sníží-li se spotřeba vody o 15 procent, sníží se – při stejném vodním součiniteli – o 15 procent i spotřeba cementu, a tedy i množství emisí CO_2 vznikajících při jeho výrobě.

V současné době ovšem dochází k daleko větší snaze o ochranu životního prostředí. Ta cílí na další snižování spotřeby slínku (použitím nových náhradních pojiv), na nahrazování tradičního kameniva recyklovaným a nahrazování ocelové výztuže polymerní rozptýlenou výztuží. To jsou výzvy, kterým budeme v budoucnu čelit stále více. V posledních dvou letech výrobci cementu zavádějí na trh množství typů cementů s novými druhy příměsí, pro něž byla letos na trh uvedena řada superplastifikačních přísad MasterCO$_2$re, umožňujících udržet zpracovatelnost tam, kde dosavadní chemie selhává.

S velkým potěšením jsem se zúčastnil zavádění technologie betonové směsi se stoprocentní náhradou přírodního kameniva recyklovaným materiálem z demolice (předrcený beton, a dokonce předrcená cihelná suť). Splnění požadavků umožnila až inovativní molekula pro superplastifikační přísadu MasterSuna RCA 3065. I v tomto případě šlo o pionýrskou práci technologů v Česku (v tomto případě firem ERC-TECH, Skanska a Master Builders Solutions) a současně o světový unikát.

Závěrem

Požadavky betonářského průmyslu jsou motivací k neustálému vylepšování technologií a ke spolupráci různých profesí nejen v rámci stavebnictví, ale i napříč dalšími průmyslovými odvětvími, a to celosvětově. Znamená to, že je třeba neustále vyvíjet nové báze přísad tak, aby bylo možné udržet kvalitu betonu dle požadavků v nových podmínkách a čelit novým výzvám. Inovativní chemie do betonu umožnila zavedení náročných technologií, jako jsou samohutnicí a ultravysokohodnotné betony, výstavba 3D tiskem, masivní využití recyklátů a náhrad cementu a další. To všechno by ovšem nebylo možné bez zápalu lidí, kteří měli vizi, dokázali překonat počáteční nezdary a dovedli zavedení jednotlivých technologií do zdárného cíle. I v Česku se naštěstí můžeme pyšnit odborníky a vizionáři, kteří se dokážou prosadit i ve světovém měřítku a posouvají betonářský průmysl stále kupředu. ●

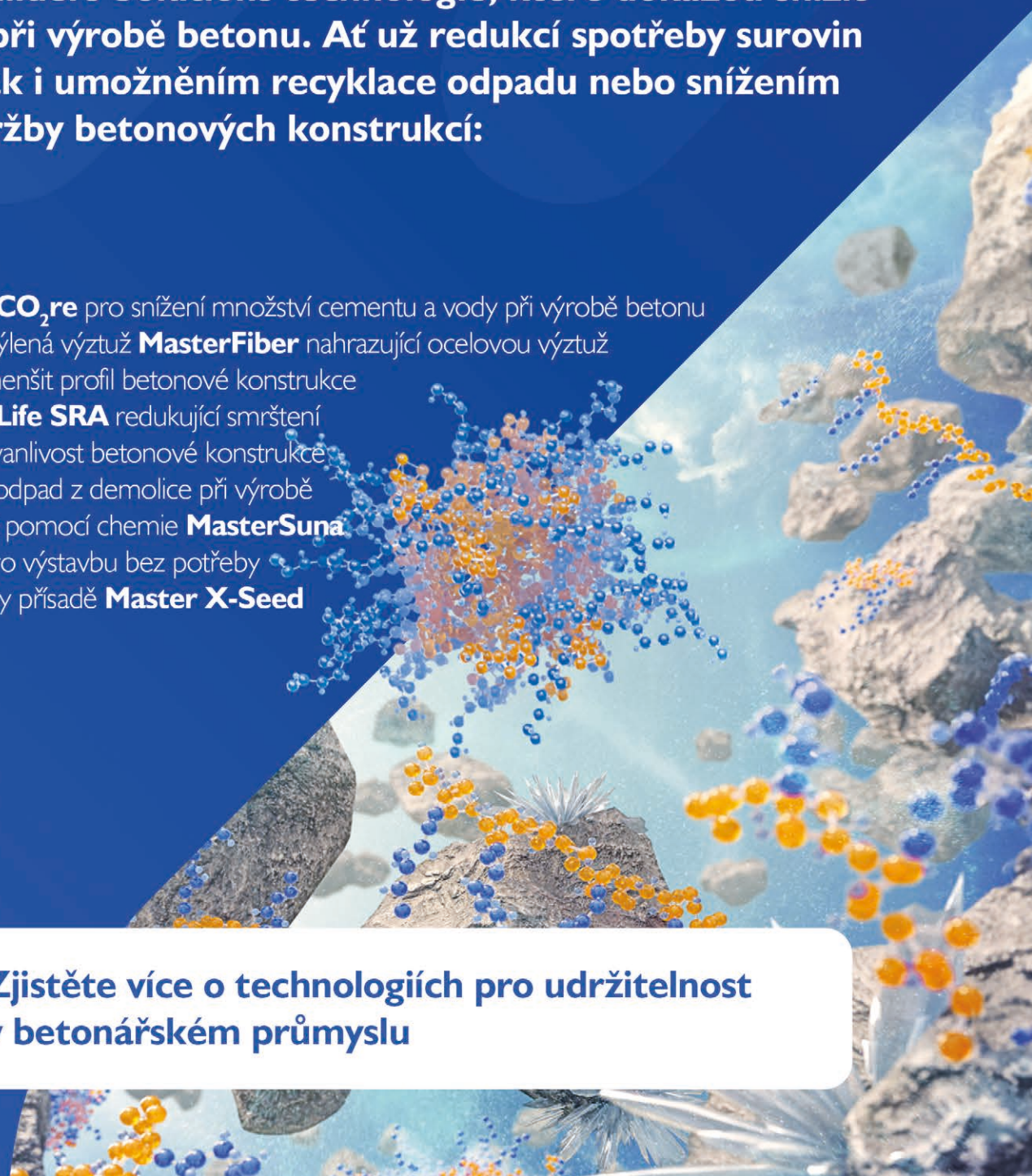
Dům Prvok vyrobený ze směsi s chemií Master Builders Solutions technologií 3D tisku

MASTER®
BUILDERS
SOLUTIONS

Inspiring People To Build Better

Jako vedoucí společnost v oblasti betonářské chemie vyvíjíme v Master Builders Solutions technologie, které dokážou snížit emise CO_2 při výrobě betonu. Ať už redukcí spotřeby surovin a energií, tak i umožněním recyklace odpadu nebo snížením potřeby údržby betonových konstrukcí:

- Přísady **MasterCO$_2$re** pro snížení množství cementu a vody při výrobě betonu
- Polymerní rozptýlená výztuž **MasterFiber** nahrazující ocelovou výztuž a umožňující zmenšit profil betonové konstrukce
- Přísady **MasterLife SRA** redukující smrštení a prodlužující trvanlivost betonové konstrukce
- Možnost využít odpad z demolice při výrobě betonové směsi pomocí chemie **MasterSuna**
- Zkrácení času pro výstavbu bez potřeby proteplování díky přísadě **Master X-Seed**



Zjistěte více o technologiích pro udržitelnost v betonářském průmyslu

Dodáním směsi to pro nás nekončí

Připravila Kristýna Brožová
Foto archiv firmy

Společnost PREMIX servis, která na českém trhu působí již přes třicet let, je známá jako výrobce suchých maltových směsí a stavební chemie. Vedle toho se začala specializovat i na výrobu směsí pro UHPC, o jehož vlastnostech a možnostech využití se prostřednictvím seminářů ČKAIT snaží informovat odbornou veřejnost. Jakým směrem se vývoj tohoto materiálu ubírá a na jakých projektech se firma podílí, nám prozradil Martin Kroc, specialista na UHPC.

ROZHOVOR S MARTINEM KROCEM, SPECIALISTOU NA UHPC FIRMY PREMIX SERVIS

Vaše společnost byla založena v roce 1992 a v průběhu let se z ní stal významný dodavatel vápenných sanačních omítek a cementových sanačních hmot. Můžete popsat rozdíl v jejich použití?

Hned v úvodu bych rád upřesnil, že se nezabýváme pouze výrobou těchto materiálů, ale zaměřujeme se i na jejich vývoj a poradenství. Každá realizace je v něčem specifická, u každé je potřeba dodržet jiné podmínky, a proto s odběrateli našich materiálů spolupracujeme nejen jako dodavatel, ale především jako odborný konzultant. Vápenné omítkové systémy – sanační i běžné – jsou díky své pojivové bázi ideální k opravám historických, památkově chráněných objektů a historických fasád. U těchto staveb

musíme často řešit nejen estetickou stránku věci, ale setkáváme se i s vlhkým a zasoleným zdivem, zatímco cementové sanační omítkové systémy na vlhké zdivo dodáváme pro běžné stavby. Pro opravy betonu vyrábíme polymer-cementové hmoty.

Na kterých památkově chráněných objektech jste se v souvislosti s jejich obnovou podíleli?
Pokud mám vybrat několik příkladů, rozhodně musím zmínit legendární Fantovu kavárnu v centru Prahy, kam jsme dodávali tónovanou vápennou omítku a tónovaný štuk, dále Šlechtovu restauraci ve Stromovce, kam jsme navrhli komplexní řešení sanace, Strakovu akademii nebo budovu Malostranské besedy. Tam byl sanační systém nanášen na dřevěné rošty, přičemž bylo potřeba využít vlákna pro zpevnění a zabránění vzniku prasklin. Pro opravu hradu Karlštejn jsme zase vyvinuli vysokopevnostní vápennou zdicí maltu. V podstatě by se dalo říct, že každý objekt si žádá jiný přístup a jiný způsob řešení.

V roce 2018 jste pod obchodní značkou Valucem začali vyrábět také ultravysokohodnotný beton známý pod zkratkou UHPC. Jak vypadaly vaše začátky v tomto odvětví a kam jste se od té doby posunuli?
S materiálem Valucem jsme vstoupili na trh po delší vývojové etapě zahrnující optimalizaci řady složek. Výsledkem je materiál s pevností v tlaku 110 až 140 MPa a s takzvanou reziduální pevností třídy B. Již první experimenty ukázaly, že materiál nabízí velké možnosti nejen z hlediska konstrukčního, ale také z hlediska estetického. Konzistence čerstvé směsi se blíží samozhutnitelným hmotám a umožnuje vyplnit jakkoli složitou formu či obtisknout složitě strukturovaný povrch. Lze tak vytvářet nejen komplikované konstrukční tvary, ale i unikátní, esteticky zajímavé formy či umělecká díla. Proto se v současné době vedle klasických konstrukčních řešení věnujeme i oblasti estetických možností materiálu Valucem – tedy jeho probarvování, vytváření různých povrchových struktur a složitějších tvarů. Vedle klasického šedého odstínu dodáváme i bílou variantu, u které nyní také experimentujeme s možností dosáhnout kombinací pigmentů různých barevných odstínů. Odlišných struktur povrchu zase dosahujeme tak, že do vlastní směsi přidáváme různobarevné kamenné drti, které se odhalí až po následné úpravě povrchu například broušením, pískováním nebo třeba pemrlováním. Materiál je schopen obtisknout velmi věrně jakoukoli formu, povrch tedy může být vytvořen i vložením profilovací vložky.

Konzistence čerstvé směsi se blíží samozhutnitelným hmotám a umožnuje vyplnit jakkoli složitou formu či obtisknout složitě strukturovaný povrch.

Další oblastí, které se nyní věnujeme, je použití UHPC k opravám a zesilování konstrukcí, a to jak těch vodorovných, jako jsou stropy či mostovky, tak i svislých, jako jsou sloupy nebo stěny. Testujeme vhodné úpravy podkladu – beton, zdivo – a vhodné složení směsi UHPC, aby aplikace byla snadná a výsledné spolupůsobení hmot bylo optimální. Sloupy lze úspěšně „obalit" dodatečnou vrstvou UHPC, která v konečném důsledku podstatně zvýší jejich únosnost. U prvků vystavených povětrnostním vlivům, jako jsou například dopravní stavby, plní Valucem ještě funkci ochrannou, čímž prodlužuje životnost celé konstrukce.

Vzpomenete si na nějaký konkrétní příklad, kde byl UHPC využit ve spojení s jiným povrchem?
Ano, šlo vlastně o vůbec první využití vysokopevnostního betonu Valucem v praxi, a sice při sanaci nátokové galerie bazénu teplé vody v areálu chemičky ORLEN Unipetrol RPA v Litvínově. Železobetonové bazény byly v provozu nepřetržitě od roku 1973 a doba vyhrazená k provedení díla byla velmi omezená. Veškeré práce musely být realizovány v rámci technologické přestávky zhruba během tří týdnů. Proto byla zvolena technologie čerpaného vysokopevnostního betonu, u něhož se předpokládalo snadné a bezchybné vyplnění poměrně hustě armované dobetonávky, rychlý nárůst pevnosti umožňující posun bednění do další sekce a dlouhodobou odolnost vůči vlivům prostředí a otěru.

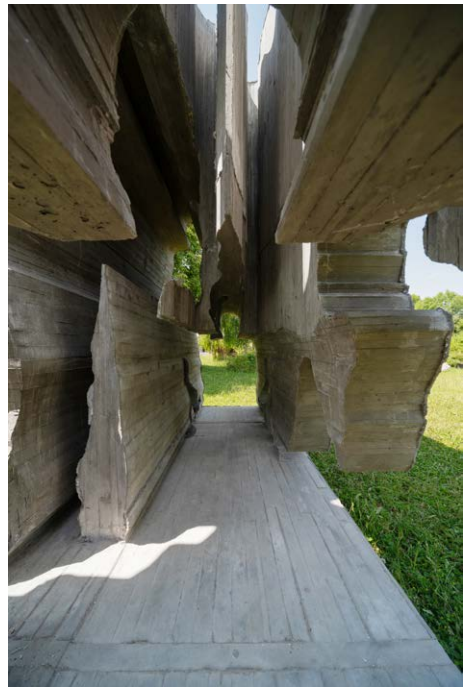
Vzhledem k výjimečným vlastnostem UHPC z něj architekti a projektanti navrhují unikátní, tvarově neobvyklé konstrukce, jako jsou třeba pěší lávky, kterým se v tomto vydání INTRA také věnujeme. Vaše firma dodávala UHPC směsi například pro lávku v Žamberku, v Hradci Králové, v Příboře, ve Vrapicích nebo na Štvanickou lávku v Praze. V čem byla konkrétně pro vás práce na jednotlivých projektech specifická?
Na lávce v Žamberku a na Štvanické lávce jsme si v praxi ověřili, že základní směs našeho UHPC lze barevně ladit. Šedou hmotu je možné o několik odstínů ztmavit i zesvětlit. S bílou variantou UHPC se pak otevírá daleko širší škála možností. V případě Štvanické lávky se samozřejmě řešil především její architektonický vzhled a její usazení do daného místa, současně se ale hledal i vhodný barevný odstín použitého materiálu. Bylo prováděno vzorkování s různými dávkami bílého pigmentu tak, aby výsledný povrch nebyl přirozeně matný – jako běžný beton –, ale aby nebyl ani vysloveně lesklý.

U lávky v Žamberku šlo naopak o ztmavování směsi, tak aby se lávka svým odstínem co nejvíce blížila původní betonové konstrukci, která tu stála předtím. Z jejího tvaru totiž architekti při navrhování nové lávky vycházeli.

Čelili jste v případě některé z lávek nějakým překážkám?
U Štvanické lávky bylo vzhledem k velkému objemu materiálu požadovaného pro výrobu prefabrikovaných dílců v závodě KŠ PREFA ve Štětí nutné pečlivě nastavit logistiku nákupu surovin. Také odvoz vyrobené suché směsi byl organizačně náročný. Týdně bylo nutné vyexpedovat desítky tun hotového materiálu…

Zmiňoval jste, že vedle experimentování s barevností a strukturou UHPC se věnujete také tvarově složitějším aplikacím…
Přesně tak. Jako příklad mohu uvést naši spolupráci se sochařem Adamem Velíškem, který s týmem kolegů *(Lukáš Černý, Jakub Goll, Michal Hradil a Martin Malý, pozn. red.)* použil Valucem k vytvoření replik soch sokolů na sokolovně ve Volyni v souvislosti se sto padesátým výročím založení České obce sokolské. V rámci tohoto projektu jsme panu Velíškovi mohli být nápomocni v procesu hledání optimálního způsobu, jak plnit tvarově složitou formu. Další jeho realizací z materiálu Valucem je například socha s názvem *Prostor pro rodinu*, která je aktuálně vystavena u Musea Kampa.

V současnosti dodáváme směsi relativně úzkému okruhu firem, což je dáno tím, že s nimi spolupracujeme na každém jednotlivém projektu.



Vzhledem ke všem možnostem, které UHPC přináší, předpokládám, že si tento materiál najde cestu i do dalších odvětví a v těch stávajících bude uplatňován stále více. Jakou představu o jeho budoucnosti máte vy?
Z dosavadního vývoje v Česku vidím budoucnost UHPC celkem pozitivně. Jeho využití se ve světě rozšiřuje zejména v dopravních stavbách. Zajímavé jsou však i aplikace pozemních staveb, kde je požadován určitý speciální tvar nebo design celého objektu. Samostatnou kapitolou je tvorba architektonických a uměleckých děl, kterou jsme již nakousli. Zde UHPC určitě ještě neřekl své poslední slovo a mohl by být více uplatňován i díky nově se objevující technologii 3D tisku.

Jsou podle vás v Česku vhodné podmínky pro to, aby mohl být UHPC uplatňován ve stavebnictví ve stále větší míře?
Pro využití UHPC v České republice se podmínky stále zlepšují. Silnou podporu rozvoje technologie UHPC je možné zaznamenat u výzkumných pracovišť. První metodiky pro výrobu UHPC a navrhování konstrukcí byly vytvořeny v Kloknerově ústav ČVUT v Praze v roce 2015 v rámci výzkumného projektu. Následně skupina odborníků z praxe i akademické sféry sdružených kolem České betonářské společnosti udělala za posledních deset let spoustu práce. Díky jejich spolupráci vznikly v roce 2022 technické podmínky, na jejichž základě je možné projektovat a realizovat díla z UHPC. Dnes tedy existuje základní předpisová základna formou metodik a směrnice. Nyní se pracuje na implementaci do běžných standardů i do oborových předpisů například Ředitelství silnic a dálnic a Správy železnic, aby tyto instituce měly podmínky k využívání tohoto moderního materiálu k dispozici.

S kolika odběrateli aktuálně spolupracujete?
V současnosti dodáváme směsi relativně úzkému okruhu firem, což je dáno tím, že s nimi spolupracujeme na každém jednotlivém projektu. Nekončí to pro nás tím, že jim směs dodáme, ale řešíme s nimi všechny otázky, které souvisejí s jejím použitím – tedy vhodnou konzistenci, obsah přidaných vláken, rozsah potřebných zkoušek jak čerstvé, tak zatvrdlé směsi a mnoho dalšího. Jde nám více o kvalitu než kvantitu.

Máte nějaký cíl, kterému byste se v souvislosti s vývojem UHPC chtěli přiblížit?
Z mého pohledu je to myslím celkem jednoduché. Chtěl bych, abychom byli významným a kompetentním partnerem v oblasti dodávání a spolupráce na aplikacích UHPC v Česku. •

1

Skanska a realizace z UHPC: od fasádních panelů až po subtilní lávky

Text Michal Kunc
Foto archiv firmy

Skanska – oblast mosty:
Michal Hrutkai, Michal Kořenář, Michal Kunc

Původem švédská stavební společnost Skanska vstoupila na český trh v roce 1992. V současnosti patří mimo jiné mezi přední propagátory konceptu takzvaných zelených staveb a od roku 2009 se soustřeďuje také na vývoj, výrobu a aplikaci UHPC. Přestože je tato firma podepsána již pod řadou úspěšných realizací z tohoto materiálu, nikoho zřejmě nepřekvapí, že ty největší výzvy jí přinesla až stavba Štvanické lávky...

2

3

4

1 Štvanická lávka v Praze (zástupci realizačního týmu: Michal Kunc, Michal Hrutkai, Michal Kořenář, Michal Petrovič, Radim Pokorný)

2 Lávka v obci Čeperka

3 Lávka Na Kácku přes řeku Sázavu

4 Lávka v Žamberku (realizační tým: Vít Sedláček, Pavel Guňka, Michal Hrutkai)

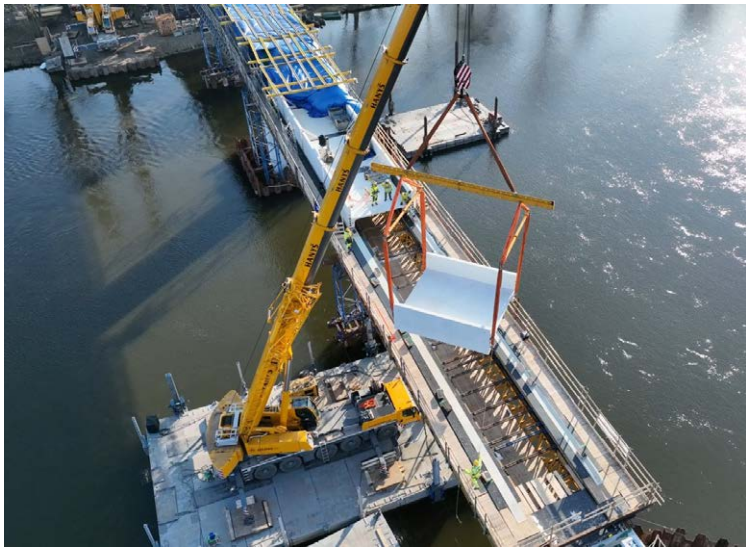
Skanska, jež se specializuje na široké spektrum stavebních projektů včetně rezidenčních, komerčních, infrastrukturních a průmyslových objektů, je známá svým inovativním a udržitelným přístupem k výstavbě. Společnost se zaměřuje na využívání moderních technologií a materiálů, které minimalizují dopad na životní prostředí a zvyšují energetickou efektivitu budov, a aktivně snižuje uhlíkovou stopu.

Téměř 15 let s UHPC

Počátky používání UHPC ve firmě Skanska v České republice sahají do roku 2009, kdy firma začala zkoumat možnosti využití tohoto moderního materiálu v jedné ze svých poboček – v současné době KŠ PREFA. Postupně se firma zaměřila na vývoj, výrobu a aplikaci UHPC pro různá odvětví stavebního průmyslu, primárně však pro použití v inženýrských konstrukcích, především mostech. V letech 2010 až 2014 měla Skanska první zkušenosti s výrobou předpjatých nosníků, sloupků protihlukových stěn, fasádních panelů a lehkých obvodových plášťů. Díky vysoké pevnosti a odolnosti UHPC jsou tyto prvky schopny odolávat extrémním podmínkám, jako jsou vysoké teploty, mráz, UV záření, chemické vlivy nebo zatížení.

Nová receptura

V důsledku narůstajícího počtu krádeží kovového vybavení mostů zahájila Skanska v roce 2014 práce na úpravě receptury UHPC, tak aby bylo možné použít tento materiál pro výrobu výplňových panelů do rámu mostního zábradlí. Nejprve šlo o plné deskové panely, poté o celé zábradlí ve formě desek s vylehčujícím otvory (například projekt lávky v obci Čeperka [obr. 2], jejíž nosná konstrukce z UHPC nosníků je doplněna i o zábradlí z tohoto materiálu). Obdobným projektem z let 2016 až 2017 byla lávka Na Kácku přes řeku Sázavu (šlo o grantový projekt číslo TE01020168 CESTI, který vedl až k certifikaci produktu [obr. 3]).



6

Mezi významné projekty z UHPC realizované v posledních letech (2020–2023) patří lávka v Žamberku (obr. 4) a Štvanická lávka v Praze (obr. 1), jež je poslední a prozatím největší aplikací UHPC nejen ve formě segmentů, ale také ve formě monolitické části mostu. Vedle 57 prefabrikovaných segmentů vyrobených kolegy v KŠ PREFA Štětí je součástí mostu také rozplet o objemu zhruba 125 m³.

Realizace Štvanické lávky

Nároky na tuto část konstrukce vyplývaly z projektové dokumentace, jež vyžadovala třídu pevnosti betonu C 110 s minimální pevností v tahu za ohybu 18 MPa. Zajímavostí byl i požadavek na barvu lávky, která měla být bílá.

5

Efektivní rozmísení velkého množství ocelových drátků, vysoká dávka cementu a předpokládaná doba realizace v nejteplejších dnech roku – to byly v případě realizace Štvanické lávky největší výzvy.

7

Za tímto účelem byl použit speciální bílý cement, jenž byl dovezen z nejbližší možné lokality – z obce Rohožník na Slovensku. Pro optimalizaci požadovaného odstínu byla navíc dávkována titanová běloba a speciální písek světlé barvy.

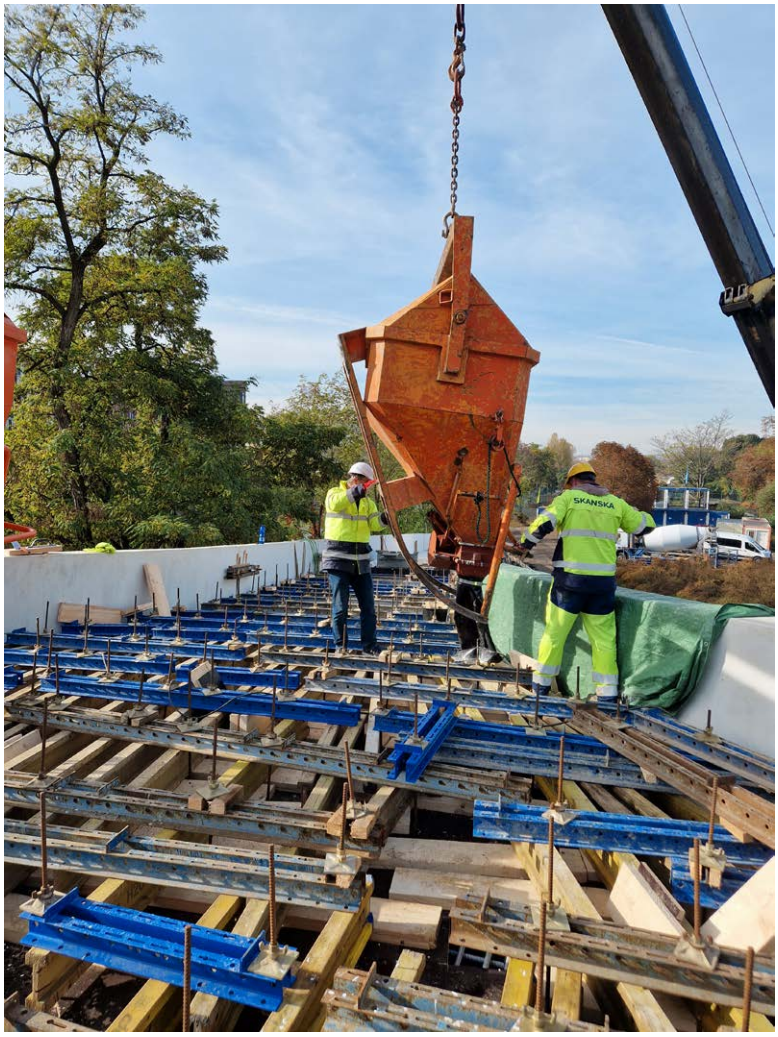
Použitá receptura byla nejprve laboratorně vyvinuta a poté v několika krocích ověřována. V rámci vývoje receptury stálo před firmou Skanska několik výzev. První z nich spočívala v efektivním rozmísení velkého množství ocelových drátků, které si lze představit jako silnější jehly, jež se shlukují a navzájem proplétají. Druhou výzvu představovala vysoká dávka cementu a předpokládaná doba realizace v nejteplejších dnech roku. Kombinace těchto faktorů by totiž generovala teplotu betonového jádra přes 100 stupňů Celsia, která je pro čerstvý beton kritická. Aby se tomu předešlo, byli již v počátku návrhu směsi přizváni ke spolupráci odborníci z ČVUT a proběhla řada zkušebních betonáží. Jako nejefektivnější způsob snížení teploty se ukázalo vodní chlazení, jež bylo navrženo jako systém plastových hadic v celkové délce přes 1,5 kilometru, uložených ve třech vrstvách (obr. 6).

Z důvodu komplikovanosti konstrukce v místě rozpletu a vysokým nárokům na mechanicko-fyzikální vlastnosti byla konstrukce v místě realizace UHPC hustě vyztužena, navíc byly průřezem vedeny další konstrukční prvky – zejména předpětí, inženýrské sítě a vedení k senzorům trvalého sledování lávky.

5 Usazování segmentů do čtvrté etapy za pomoci pontonů a MJ

6 Zdvih segmentu do pozice a uložení na podpěrnou konstrukci

7 Uložené chlazení a chráničky IS v rozpletu



8

V České republice jde o největší nasazení UHPC na neprefabrikované konstrukci.

9

8 Betonáž badií přes plnicí otvor v bednění

9 Noční část betonáže za pomoci dvou jeřábů a badií

10 Dokončená Štvanická lávka v plném provozu

10

Místo rozpletu bylo navrženo s podélným sklonem přes osm procent, a proto byla celá jeho část betonována s horním zaklopením. Tyto okolnosti vyžadovaly samozhutňující směs o vysoké tekutosti a s životností a zpracovatelností přesahující 10 hodin. V České republice tak jde o největší nasazení UHPC na neprefabrikované konstrukci (deska 165 m² při mocnosti 0,75 metru).

Použití UHPC v rámci whitetoppingu

Dalším experimentem v oblasti aplikace UHPC bylo jeho užití metodou whitetoppingu. Princip této technologie, využívané při opravách vozovek, spočívá v překrytí asfaltové nebo betonové konstrukce tenkou vrstvou betonu. UHPC se pro tento účel jevil jako velmi vhodný materiál – díky odolnosti a možnosti pokládky tenké vrstvy –, ale po sérii testů a zkušebních aplikací došli odborníci ze společnosti Skanska k závěru, že vhodnější je beton o vyšších pevnostech, typicky C 50/60, s kamenivem do D_{max} 8 mm. S ohledem na neustálý vývoj UHPC však není vyloučeno, že se k jeho užití v rámci whitetoppingu firma ještě někdy v budoucnu vrátí.

Na závěr by se snad hodilo zmínit, že Skanska své zkušenosti s UHPC neomezuje jen na Českou republiku, ale že s tímto relativně novým materiálem pracují i naši zahraniční kolegové. Například v New Yorku na Mulberry Street Bridge se ukázalo, že UHPC má potenciál snižovat potřebu údržby konstrukcí a zároveň prodlužuje jejich životnost a zvyšuje bezpečnost, na Bayonne Bridge byl zase UHPC zakomponován do spodní stavby pro zlepšení strukturální integrity. •

1

Mikrovlákna pro trvanlivější a odolnější konstrukce z UHPC

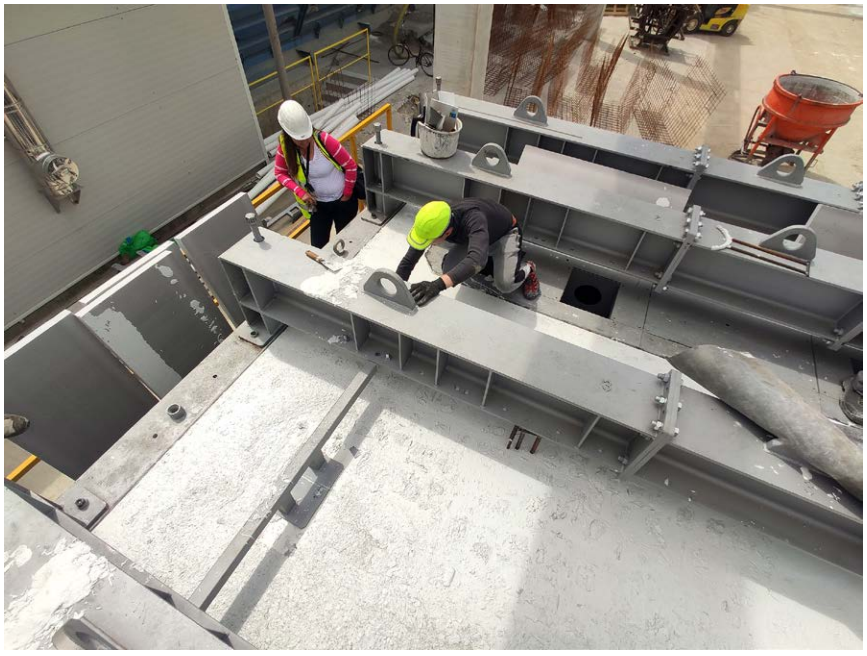
Připravila Kristýna Brožová
Foto archiv firmy

Ultravysokohodnotný beton (UHPC) je revoluční typ betonu, který se díky svým výjimečným vlastnostem používá v různých oblastech stavebnictví. Vyznačuje se vysokou pevností, těsností a odolností. Za účelem zlepšení mechanických a technologických vlastností se materiál ztužuje mikrovlákny, tak jako například v případě Štvanické lávky v Praze. Za jejich výrobou stojí firma STRATEC.

2

3

Mikrovlákna jsou obvykle vyráběna z oceli nebo ze syntetických materiálů, jako jsou polypropylen či polyvinylalkohol.



4

STRATEC Strahl- und Fasertechnik je společnost, která se zabývá výrobou a prodejem ocelových vláken a brusiva již od roku 1994. Součástí jejího výrobního programu jsou také mikrovlákna z oceli a nerezové oceli o tloušťce 0,15 až 0,40 milimetru a délce 3 až 30 milimetrů. STRATEC vyrábí vysokopevnostní ocelové dráty v lesklém nebo mosazném provedení. Z nerez oceli – jako je AISI 304 nebo AISI 316 – rovněž zpracovává mikrovlákna, jež se používají do ultravysokohodnotných betonů. Tato mikrovlákna se vyznačují pevností až 3 000 N/qmm a najdeme je například v UHPC, ze kterého byla zhotovena Štvanická lávka pro pěší a cyklisty v Praze.

Funkce mikrovláken v UHPC

Přesnější označení pro ultravysokohodnotný beton vyzužený mikrovlákny je UHPFRC (Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete), nicméně zkratka UHPC je běžně užívána i pro tento typ betonu. Mikrovlákna jsou obvykle vyráběna z oceli nebo ze syntetických materiálů, jako jsou polypropylen či polyvinylalkohol. Přidání mikrovláken zvyšuje houževnatost a tažnost UHPC, což zvyšuje jeho odolnost vůči praskání.

Aplikace mikrovláken v UHPC přináší řadu výhod:

a) Mikrovlákna napomáhají zamezovat šíření trhlin v betonu, jež mohou být příčinou jeho praskání. To vede k vyšší odolnosti a životnosti konstrukcí.

b) Zvyšují houževnatost UHPC, což materiálu umožňuje absorbovat více energie, než dojde k jeho úplnému zlomení.

c) Zlepšují tažnost UHPC neboli schopnost materiálu deformovat se před porušením. To je zvláště výhodné pro odolnost konstrukcí vůči zemětřesení.

d) Mohou zlepšit zpracovatelnost UHPC během procesu míchání a odlévání, což má za následek snazší a efektivnější výrobu.

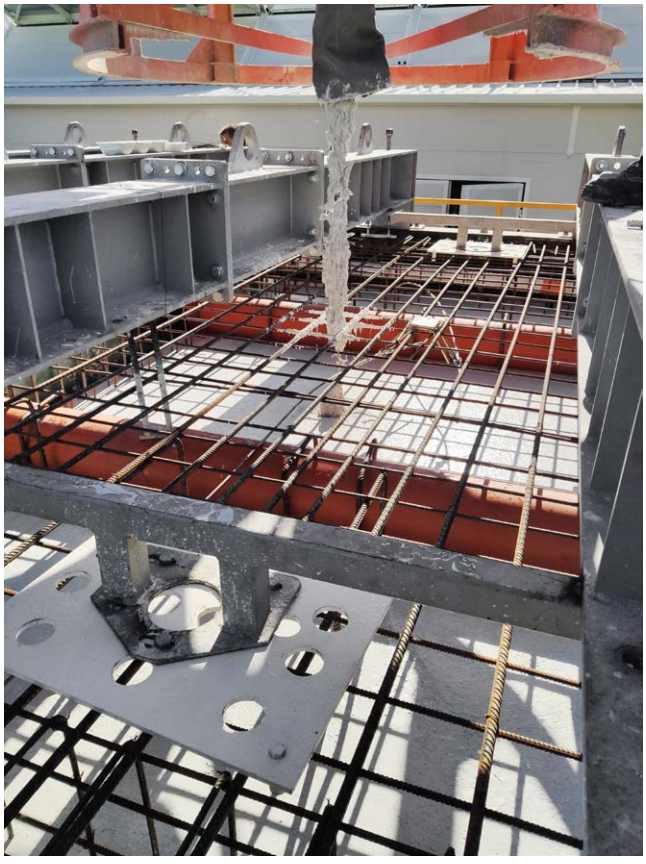
1 Vybetonované prefabrikované UHPFRC dílce rozpletu Štvanické lávky

2 Betonáž segmentu Štvanické lávky

3 Mikrovlákna STRATEC

4 Odformování segmentu Štvanické lávky

5



6

Oblasti použití UHPFRC

Použití mikrovláken v UHPC otevírá prostor pro širokou škálu aplikací, například:
a) Mostní konstrukce: UHPC vyztužený mikrovlákny je široce používán v mostních konstrukcích za účelem prodloužení jejich životnosti a zvýšení jejich únosnosti.
b) Prefabrikované konstrukce: V prefabrikovaných konstrukcích umožňují mikrovlákna výrobu lehčích, ale velice pevných konstrukčních prvků.
c) Fasády: UHPFRC se používá při navrhování architektonicky sofistikovaných fasádních prvků, které kombinují vysokou pevnost a estetiku.
d) Silnice pro těžký provoz: Použití mikrovláken v UHPC pro vozovky může zlepšit odolnost vůči dopravnímu zatížení.

V prefabrikovaných konstrukcích umožňují mikrovlákna výrobu lehčích, ale velice pevných konstrukčních prvků.

7

Budoucí vývoj

Výzkum a vývoj v oblasti mikrovláken a UHPC stále probíhá a mohl by vést k dalšímu zlepšení mechanických vlastností materiálu a jeho ekonomické účinnosti. Slibným aspektem do budoucna je také využití udržitelných a ekologických materiálů s mikrovlákny.

Aplikace mikrovláken v ultravysokohodnotném betonu přináší řadu výhod a v oblasti stavebnictví otevírá nové možnosti. Kombinace vysoké pevnosti, lepší odolnosti vůči prasklinám a zvýšené houževnatosti činí UHPFRC ideálním materiálem pro použití v náročných infrastrukturních a stavebních projektech. Neustálý vývoj této technologie nepochybně povede k ještě odolnějším a trvanlivějším konstrukcím. •

5 Forma pro prefabrikované dílce rozpletu Štvanické lávky

6 Betonáž segmentu Štvanické lávky

7 Odformované segmenty Štvanické lávky

VYUŽILI JSME SÍLU PŘÍRODY

Výztužná vlákna pro maximální pevnost betonu.

STRATEC Strahl- und Fasertechnik GmbH
telefon: +49 2372 9270-0
e-mail: d.esser@stratec-gmbh.de
www.stratec-gmbh.de

STRATEC

Měníme svět k lepšímu

Připravily Denisa Košová, Kateřina Jiroušová,
upravila Kristýna Brožová
Foto kolektiv autorů

Projekční kancelář Valbek byla založena nedlouho po sametové revoluci. Malý tým se postupem času rozrostl ve velkou společnost s mezinárodním přesahem, jež v současnosti nabízí celkem dvacet vzájemně propojených oborů. Příběh této kanceláře netvoří jen soubor realizovaných projektů, stále se rozšiřující portfolio služeb či expanze na nové trhy. Zásadní roli v něm hrají lidé, kteří se na vývoji společnosti významně podíleli. Jedním z nich je i František Hanuš, ředitel pražské pobočky této firmy.

1 Lávka přes řeku Labe v Hradci Králové. Foto archiv firmy

2 Lávka pro pěší přes řeku Lubinu v Příboře. Foto Pavel Kessa Keller

1

Ve společnosti Valbek jste téměř od jejího počátku. Jak se od té doby oblast projektování proměnila?
Do Valbeku jsem nastoupil v roce 1997 na pozici projektanta mostů. Po zaškolení, které trvalo rok, přišly v Orlických horách povodně a ihned jsme projektovali online. Výkresy a všechny dokumenty jsme posílali faxem na stavbu a během roku se podařilo obnovit většinu mostů, zdí a silnic, což si v dnešní době již nedokážu představit. Technologický pokrok se od devadesátých let minulého století posunul o hodně dál, projektová dokumentace přešla z papírové podoby do digitálního prostředí. Naše firma na to dokázala včas zareagovat a nyní pracujeme na digitalizaci všech dokumentů a také na přechodu do BIM prostředí.

Jak vnímáte růst samotné společnosti? Můžete zmínit alespoň některé, z vašeho pohledu významné historické milníky?
Pro vývoj naší společnosti byly důležité investice do nových technologií. Spolupracujeme s vysokými školami a dalšími institucemi na několika vědeckých projektech a snažíme se zdokonalovat v digitálním prostředí. Naše obory v dopravním stavitelství doplňujeme o vodohospodářské stavby a TZB. V oblasti výzkumu spolupracujeme na 3D tisku a účastníme se projektu na výzkum a vývoj využití UHPC pro hlavní konstrukční prvky inženýrských konstrukcí dopravních staveb. Z tohoto materiálu jsme projektovali několik lávek, například v Hradci Králové u Aldisu, v Lužci nad Vltavou a v Příboře.

2

Jaké další projekty bychom našli v portfoliu firmy?
Valbek se zaměřuje převážně na projekty inženýrských a pozemních staveb, z minulosti jsou to určitě úseky dálnic D11, D3, D5 a D8, silniční okruh kolem Prahy a nyní také projekty vysokorychlostních tratí. Projektujeme ale i stavby ve spolupráci s několika architektonickými kancelářemi. Jako příklad bych mohl jmenovat administrativní budovu firmy Konplan s unikátní fasádou z perforovaných lamel se zelenými ostrovy, která v roce 2019 vyrostla na Borských polích v Plzni, nebo novou Trojskou lávku v Praze.

Valbek má pobočky v Praze, Plzni, Liberci a v Ústí nad Labem, ale také na Slovensku, Ukrajině a ve Švédsku. Vy sám jste zpočátku působil v Liberci, odkud jste přešel na vedoucí pozici pražské pobočky. Jak na to vzpomínáte?
Přechod z Liberce do Prahy byl pro mě velká výzva a zpočátku to bylo hodně vyčerpávající. Získali jsme projekt na výstavbu silničního okruhu kolem Prahy a já jsem převzal koordinaci projektu dvoukilometrové estakády přes údolí Berounky. Tento projekt trval čtyři roky a s kolegy se nám podařilo optimalizovat dopravní řešení tak, že z něj vzniklo vynikající inženýrské dílo. Mostní objekt byl postaven třemi různými technologiemi, část mostu byla postavena na pevné skruži, část na výsuvné skruži a část letmou betonáží. Přestože to pro mě bylo ze začátku náročné, po získání dalších zkušeností a nových kontaktů jsme tu vytvořili skvělý tým. Právě týmová spolupráce je na této práci důležitá. Je potřeba, abyste se mohli spolehnout na lidi, kterými jste obklopeni.

3

3 Barrandovský most v Praze.
Foto archiv firmy

Není nic lepšího, než když se vaše projekty, které byly kdysi na papíře, zrealizují, vy se po nich projíždíte a můžete svým dětem říct: Tohle jsme projektovali ve Valbeku.

Tento obor je velmi specifický a je nezbytné, aby vás ta práce opravdu bavila. Není nic lepšího, než když se vaše projekty, které byly kdysi na papíře, zrealizují, vy se po nich projíždíte a můžete svým dětem říct: Tohle jsme projektovali ve Valbeku.

Dokladem týmového ducha jsou i četné „mimopracovní" aktivity vašich zaměstnanců, například projekty Uklízíme Česko nebo Sázíme budoucnost. Můžete přiblížit, o co jde?
Cílem projektu Sázíme budoucnost je, aby se zapojila každá pobočka Valbeku v Česku, na Slovensku i na Ukrajině a celkově jsme vysadili alespoň tolik stromů, kolik máme celkem zaměstnanců *(přibližně 650, pozn. red.)*. Jde o smysluplně strávený čas s kolegy a výsledkem je práce, která je vidět. Naši zaměstnanci vědí, že je potřeba dělat něco užitečného pro naše okolí, krajinu, ve které žijeme, měnit svět k lepšímu. Jednou za rok si také navlékneme ochranné rukavice, vezmeme si pytle, objednáme kontejner a jdeme uklízet. Doufám, že se tato tradice ve firmě udrží i do budoucna.

Vedle toho u nás máme i květnovou výzvu Do práce na kole, kterou plníme minimálně na všech pobočkách v Česku. Nejenže tím děláme něco pro sebe, ale současně tím dopomáháme k čistšímu prostředí. Také přispíváme na charitu a vzdělávací projekty, podporujeme sportovní týmy a v březnu 2020, kdy nebyl dostatek ochranných pomůcek pro lékaře a domovy seniorů, jsme na své 3D tiskárně mimo pracovní dobu vyrobili přes 270 kusů ochranných štítů.

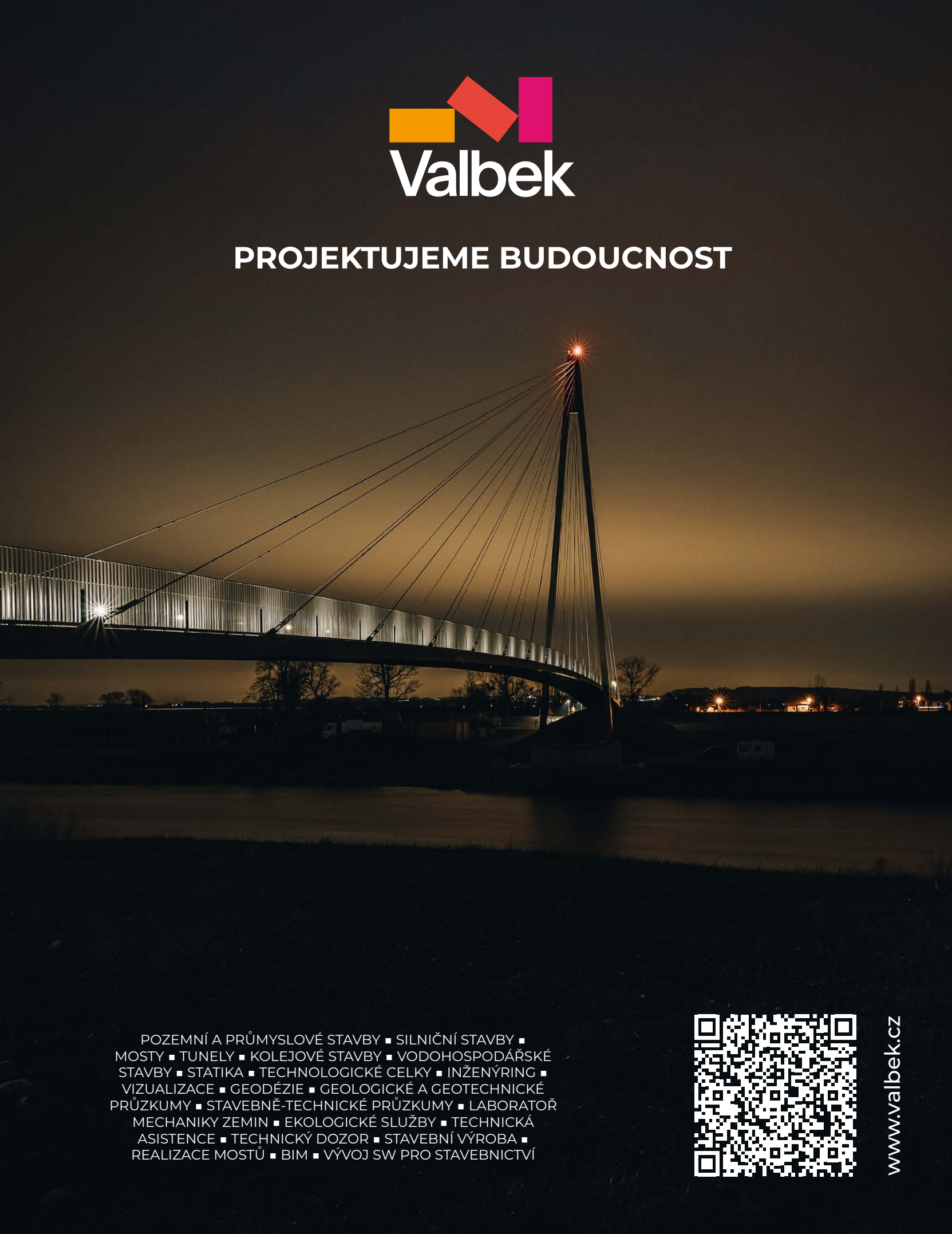
Když se vrátím zpět k projekční činnosti, můžete prozradit, na čem aktuálně pracujete?
V současnosti pracujeme na 135 projektech. Jde o projekty jak dopravní infrastruktury, tak pozemních staveb. Jsou to malé i velké stavby nejen na území Prahy, ale po celé České republice. Aktuálně je to například zkapacitnění dálnice D7, tam máme stavby v Panenském Týnci a obchvat Chlumčan. Dále to jsou mostní objekty na D35 na obchvatu Litomyšle a bytové domy TEBAS na Poděbradské v Praze. Také pracujeme na třech velkých stavbách. V Praze je to rekonstrukce Barrandovského mostu, v Brně výstavba městského okruhu v úseku Tomkovo náměstí a Rokytkova a na silnici I/27 je to obchvat Žíželic.

Jaké plány máte do budoucna?
Do budoucna se můžeme těšit na rozšíření dopravního spojení u terminálu 2 na ruzyňském letišti a také na zahájení výstavby dálnice D11 v úseku Trutnov – státní hranice a dálnice D6 v úseku Petrohrad–Lubenec. Spolupracujeme také na výstavbě vysokorychlostní trati mezi Ústím nad Labem a Drážďany a na jihu Moravy v úseku Modřice–Rakvice. V Praze je to pak výstavba bytových domů pro Central Group a rekonstrukce silnic a mostů pro TSK *(Technická správa komunikací, pozn. red.)* a kraje.

Brzy vás čeká stěhování do nových prostor. Těšíte se na nové zázemí?
Současný pronajímatel nám nabídl prodloužení nájmu pouze do konce roku 2024, proto jsme se rozhodli hledat nové kancelářské prostory bez dlouhodobého zásahu. Zůstáváme ve stejné lokalitě Prahy 10 a náš pracovní tým je již s novým prostředím seznámen. Do nových prostor se velmi těšíme, kanceláře i společné prostory nám budou ušity na míru a místo je dostupné ze dvou stanic metra i tramvají, v objektu jsou umístěny také podzemní garáže s dostatkem parkovacích míst. Z hlediska dostupnosti a lepšího využití nových prostor je tak pro nás nové zázemí vizitkou a dalším krokem vpřed. •

Valbek

PROJEKTUJEME BUDOUCNOST



POZEMNÍ A PRŮMYSLOVÉ STAVBY ■ SILNIČNÍ STAVBY ■ MOSTY ■ TUNELY ■ KOLEJOVÉ STAVBY ■ VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY ■ STATIKA ■ TECHNOLOGICKÉ CELKY ■ INŽENÝRING ■ VIZUALIZACE ■ GEODÉZIE ■ GEOLOGICKÉ A GEOTECHNICKÉ PRŮZKUMY ■ STAVEBNĚ-TECHNICKÉ PRŮZKUMY ■ LABORATOŘ MECHANIKY ZEMIN ■ EKOLOGICKÉ SLUŽBY ■ TECHNICKÁ ASISTENCE ■ TECHNICKÝ DOZOR ■ STAVEBNÍ VÝROBA ■ REALIZACE MOSTŮ ■ BIM ■ VÝVOJ SW PRO STAVEBNICTVÍ

www.valbek.cz

Všem, s jejichž přispěním vzniklo zvláštní vydání časopisu INTRO, patří poděkování za jejich čas, úsilí a kreativitu. Zvláště děkujeme partnerům za jejich podporu:

KŠ PREFA

www.ksprefa.cz

Přední výrobce betonových prefabrikovaných konstrukcí se zaměřením na komplexní řešení staveb. Nabízí širokou škálu produktů a služeb, včetně projektu a realizace.

Master Builders Solutions

www.master-builders-solutions.com/cs-cz

S celosvětovou působností představuje pokročilá chemická řešení v oblasti stavebnictví – zahrnuje přísady do betonu, hydroizolace, produkty pro opravy a ochranu betonu a řešení pro průmyslové podlahy.

PREMIX servis

www.premixservis.cz

Český výrobce speciálních druhů suchých malt a produktů stavební chemie, které mají téměř dvacetiletou historii na tuzemském trhu. Výrobky jsou určeny pro rekonstrukce staveb všeho druhu.

Skanska

www.skanska.cz

Jedna z předních stavebních a developerských společností v České republice, která buduje, modernizuje a udržuje budovy a infrastrukturu v naší zemi.

STRATEC

www.stratec-gmbh.de

Nabízí komplexní, individuální zákaznický servis v oblasti výroby a prodeje ocelových vláken a brusiva. Součástí výrobního programu této společnosti jsou mikrovlákna z oceli a nerezové oceli a vysokopevnostní ocelové dráty.

Valbek

www.valbek.cz

Projekční kancelář se zaměřením na projektování liniových staveb. V oblasti výzkumu spolupracuje na 3D tisku a na využití UHPC pro hlavní konstrukční prvky inženýrských konstrukcí dopravních staveb.

INTRO EXTRA ● Šéfredaktor: Martin Verner ● Redaktorky: Tereza Šváchová (redakční část), Kristýna Brožová (firemní část) ● Redakční rada: Zdeněk Fránek, Petr Hájek, Ján Stempel, Petr Stolín, Petr Šmídek ● Grafika a sazba: Alena Hyblerová ● Do čísla autorskými texty přispěli: Kristýna Brožová, Jiří Kolísko, Michal Kunc, Jan Marek, Jan Prchal, Tereza Šváchová, Petr Tej, Vladislav Trefil, Martin Verner ● Tisk: na ofsetový papír technologií UV OfsetPrint v tiskárně Printo, spol. s r. o. ● Textové a obrazové materiály vycházejí z podkladů poskytnutých autory staveb (zejména z autorských zpráv, výkresů a fotodokumentace) a jsou publikovány s jejich souhlasem či se souhlasem držitelů autorských práv.

Stavíme mosty...
... nejen z UHPFRC

Lávky, železniční i silniční mosty.
Týmy s mezinárodními zkušenostmi.

www.skanska.cz

SKANSKA

INTRO.CZ/ESHOP

PŘEDPLATNÉ A VŠECHNA DOSTUPNÁ VYDÁNÍ INTRA NA JEDNOM MÍSTĚ

Společně s vámi vytváříme lepší svět

INTRO®

www.intro.cz