

VYUŽITÍ UHPFRC PŘI REKONSTRUKCÍCH MOSTŮ

Jan Janoušek, *

Department of Concrete and Masonry Structures, Faculty of Civil Engineering,
Czech Technical University in Prague, Thakurova 7/2077, 166 29 Prague 6, Czech Republic.
jan.janousek.1@fsv.cvut.cz

ABSTRAKT

V současné době se stále častěji objevují zprávy o realizacích konstrukcí z ultra vysokohodnotného betonu vyztuženého vlákny (UHPFRC). Především se jedná o nosné prvky prefabrikované a často předpjaté. Nejčastěji na lávkách pro pěší, kterých bylo několik realizováno v nedávné době i v ČR. Ve světě, zejména ve Švýcarsku a USA, je UHPFRC hojně využíváno i při rekonstrukcích stávajících konstrukcí, kdy se mnohdy stávají výhodnějšími fyzikální vlastnosti před mechanickými. Článek má za cíl stručně přiblížit možnosti využití UHPFRC právě při rekonstrukcích a zesilování mostů. V první části je stručně shrnuta situace týkající se stavu mostů na pozemních komunikacích a železniční síti. Dále jsou popsány vybrané vlastnosti, které upřednostňují UHPFRC před konvenčními materiály. V poslední části jsou uvedeny příklady realizovaných a plánovaných rekonstrukcí, kde bylo využito, respektive je navrženo použití UHPFRC.

KLÍČOVÁ SLOVA

UHPFRC • most • rekonstrukce • zesílení • nabetonávka

ABSTRACT

Nowadays, we are hearing more and more about the implementation of Ultra High Performance Fibre-Reinforced Concrete (UHPFRC) structures. These are mostly prefabricated and often prestressed load-bearing elements. Most often on footbridges, several of which have been recently built in the Czech Republic. In the world, especially in Switzerland and the USA, UHPFRC is also widely used in the refurbishment of existing structures, where physical properties are often more advantageous. The aim of this article is to introduce the readers to the possibilities of using UHPFRC in refurbishment and strengthening of bridges. Firstly, the situation concerning the condition of bridges on roads and railways is summarized. Then, selected properties that favour UHPFRC over conventional materials are described. Finally, examples of completed and planned reconstructions where the use of UHPFRC has been used or is proposed are given.

KEYWORDS

UHPFRC • bridge • refurbishment • strengthening • overlay

1. ÚVOD

S přibývajícím léty od počátku a rozmachu výstavby železobetonových a předpjatých mostních konstrukcí v minulém století bude

přibývat konstrukcí, které bude nutné pro jejich nevyhovující stavební stav, nedostatečnou zatížitelnost či dopravní kapacitu rekonstruovat, nebo zesilovat, případně po dosažení návrhové životnosti úplně nahradit. Je zřejmé, že rekonstrukce a zesilování stávajících konstrukcí budou stále častěji denní náplní mnoha inženýrů. Jednou z efektivních metod pro naplnění zmíněných cílů při rekonstrukcích může být, jak ukazují realizované stavby ve světě, použití moderního materiálu UHPC.

Ředitelství silnic a dálnic České republiky (ŘSD) pravidelně vydává přehledy o počtu a stavu mostů na dálnicích a silnicích I.-III. tříd (ŘSD ČR 2024). Podle posledních zveřejněných dat platných k 1.12.2024 je na silniční síti evidovaných téměř 17971 mostů ve vlastnictví státu, resp. krajů. Počet mostů na místních komunikacích, které jsou v drtivé většině ve vlastnictví, resp. správě měst a obcí, lze jen odhadovat. Data o počtu a stavu těchto mostů jsou dohledatelná jen zřídka, s výjimkou větších měst a správ. Například Technická správa komunikací hl.m. Prahy objekty eviduje a k 29.2.2016 (poslední veřejně dostupná data) spravovala celkem 677 mostních objektů (TSK 2016). Uvedené evidence dále poskytují přehled o počtech mostů v jednotlivých stavebních stavech dle ČSN 73 6221, které jsou shrnuty v následující tabulce. Uvedená norma klasifikuje stavební stav do 7 tříd, z nichž za nevyhovující jsou považovány stupně 5, 6 a 7.

Tabulka 1: Přehled stavu mostů pozemních komunikací.

Třída PK	Stavební stav dle ČSN 73 6221								Σ
	I	II	III	IV	V	VI	VII	bez určení	
D + I.	915	1634	1294	896	388	124	3	29	5283
II. + III.	1910	2044	2333	3624	1924	752	64	37	12688
Praha (TSK)	33	48	182	288	100	20	6	-	677

Na železniční síti bylo k 30.8.2018 (poslední veřejně dostupná data) evidováno 6751 mostů (SŽ 2018). Stav železničních mostů se dělí do 3 tříd, z nichž stavební zásah vyžadují objekty ve 3. stavebním stavu. Ve stavebním stavu 1 bylo k uvedenému datu evidováno 2511 objektů, ve stavu 2 3879 objektů a ve třetím pak 361, tedy 5,3 % z celkového počtu mostů.

Bohužel, uvedené statistiky nerozlišují stáří mostů a chybí tak přehled o tom, jaký podíl z celkového počtu mostů v jednotlivých klasifikačních stupních představují např. mosty postavené v období moderních technologií.

2. VLASTNOSTI UHPC

O vlastnostech UHPC by se dalo rozsáhle pojednat v samostatném článku. Přehled o materiálu UHPC, vlastnostech a příkladech použití mohou poskytnout například publikace UHPC a jeho aplikace

* Školitel: doc. Ing. Lukáš Vráblík, Ph.D., FEng.

v ČR, UHPC a jeho aplikace v konstrukcích či Vysokohodnotné betony. Dále jsou uvedeny jen vybrané vlastnosti, které upřednostňují UHPC před běžnými betony v rámci rekonstrukcí stávajících konstrukcí.

2.1. Odolnost

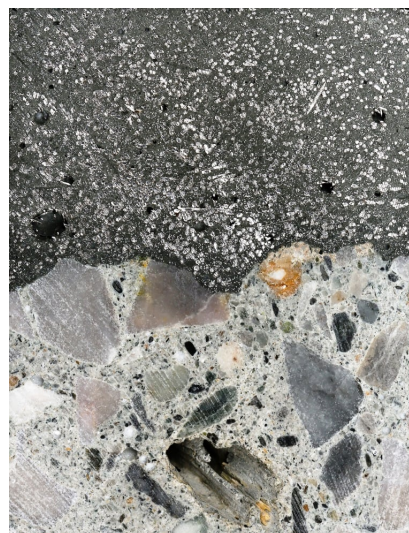
Jednou z klíčových předností UHPC je odolnost proti vnějším vlivům. Zejména nízká nasákavost a namrzavost přispívají k dlouhé trvanlivosti. Např. hloubka průsaku tlakovou vodou se u UHPC pohybuje v rozmezí 0-5 mm, zatímco u běžného betonu je to 20-50 mm. Při zkouškách odolnosti proti chemickým rozmrazovacím látkám jsou odpady naměřené na běžném betonu okolo 1000 g/m², na UHPC je to jen do 20 g/m², tedy téměř na hranici měřitelnosti. Povrchy prvků z UHPC se dále vyznačují výbornou odolností proti otěru a protiskluzovými vlastnostmi (Marek & Prchal 2023).



Obrázek 1: Detail povrchu prefabrikátu s protiskluznou úpravou použitým na Štvanické lávce v Praze [archiv autora]

2.2. Soudržnost

V případě rekonstrukcí stávajících konstrukcí a navrhování zesilujících nabetonávek z UHPC je důležitým parametrem soudržnost nového betonu s podkladem. V případě dosažení dostatečné soudržnosti mezi novým materiálem a podkladem je možno eliminovat kotevní - spřahující prvky. Klíčem k úspěšnému spojení podkladu a nabetonávky je kvalitní příprava povrchu. Ten musí být dostatečně hrubý, čistý a drsný. Důležité je obnažení zrn hrubého kameniva, které ale musí zůstat pevně ukotvena v původním betonu. Pro přípravu povrchu se používá tryskání vodním paprskem s tlakem cca 2000-2500 barů (Coufal et al. 2023). Hlavním parametrem, ovlivňujícím výslednou pevnost spoje, je drsnost (resp. příprava) podkladu. Porovnání různých metod přípravy podkladu a jejich vlivu na výslednou soudržnost se věnoval ve studii např. (Tayeh et al. 2013). Vyhodnocení experimentů je sice provedeno dle norem ASTM (American Society for Testing and Materials), nicméně základní přehled o vlivu kvality podkladu na soudržnost poskytne. Ve studii je doporučeno použití vysokotlakého tryskání při přípravě podkladu, to je rovněž použito i na všech stavbách zmíněných v další kapitole tohoto článku.



Obrázek 2: Porovnání struktur běžného betonu (dole) a nabetonovaného UHPC s ocelovými vlákny [uhpcsolutions.com]

2.3. Pevnost

Z hlediska zesilování stávající konstrukcí jsou rovněž velmi přínosné vysoké pevnosti UHPC. V případě zesilování konstrukčních prvků v tlačných oblastech vysoké tlakové pevnosti umožní navrhovat menší tloušťky nabetonávek, což se příznivě projeví v menším přetížení zesilované konstrukce. Tlakové pevnosti u již zrealizovaných konstrukcí běžně dosahují hodnot 120-200 MPa. Jsou ale známy případy, kdy tlaková pevnost výrazně přesahuje 200 MPa. Např. na silničním mostě u Bourg les Valence bylo po 12 letech provozu na vývrtech naměřeno průměrně 263 MPa, konstrukce byla realizována z UHPC s pevností 180 MPa (UHPC a jeho aplikace v ČR). Z hlediska návrhových předpisů v ČR (TP 267) je pak spodní hranice pevnosti pro UHPC stanovena na 110 MPa měřených na válci. V případě zesilování konstrukce v tažené oblasti je pak díky (oproti konvenčnímu betonu) vysoké tahové pevnosti UHPC možné navrhovat i nabetonávky bez betonářské výztuže. Průměrná pevnost v tahu za ohybu běžně dosahuje 10-20 MPa, v závislosti na typu, délce a množství výztužných mikrovláken ve směsi.

3. APLIKACE NA STAVBÁCH

3.1. Realizace ve světě

3.1.1. Morge Bridge, Švýcarsko

První aplikace UHPFRC při rekonstrukci mostu ve Švýcarsku. Železobetonový most o rozpětí 10 m převádějící silnici přes řeku La Morge blízko města Sion byl rozšířen přidáním prefabrikovaného železobetonového nosníku a na otryskaný horní povrch mostovky a římsu byla aplikována ochranná vrstva z UHPFRC tloušťky 30 mm (kvůli kontaminaci stávajícího betonu chloridy). V tomto případě byla použita směs UHPC s 9 % obj. ocelových vláken a 1430 kg/m³ cementu.

3.1.2. The Dalvazza Bridge, Švýcarsko

Další stavbou, při které bylo použito UHPFRC při rekonstrukci je silniční most Dalvazza v obci Küblis. Jedná se o jediný železobetonový most ve Švýcarsku s nosnou konstrukcí tvořenou Vieren-

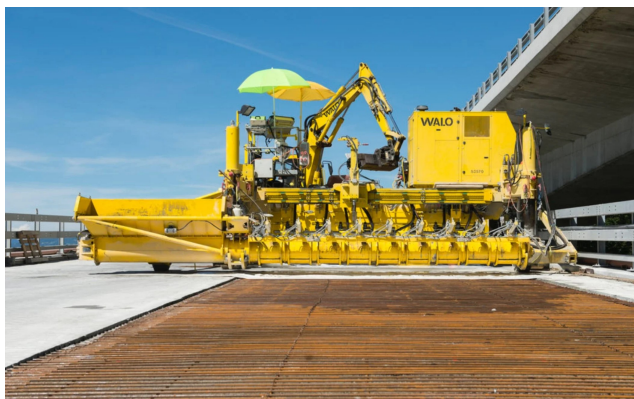
delovými nosníky, tvarem připomínající oblouk s dolní mostovkou. Konstrukce postavená v 1924 byla výrazně poškozená mrazem a těžkou dopravou. V rámci oprav bylo R-UHPFRC (Reinforced – UHPFRC) použito hned z několika hledisek. První, vrstva tloušťky 20-80 mm slouží jako zesilující z hlediska statického. Dalším je využití vrstvy jako ochrany původní desky mostovky a výztuže. A v neposlední řadě je nabetonávka použita jako přímo-pojížděná – ohrusná vrstva (s přísadkou drti). Použita byla směs UHPC s 3 % obj. vláken.



Obrázek 3: Most Dalvazza, Luzzein [Structurae.net]

3.1.3. The Guillermaux Bridge, Švýcarsko

Silniční most Guillermaux v Payerne ve Švýcarsku byl postaven v roce 1920 jako jeden z prvních železobetonových mostů. V roce 2015 po bezmála 100 letech provozu byl podroben rekonstrukci. Trojkloubový oblouk s horní mostovkou s rozpětím 28 m nikdy nebyl vybaven hydroizolací a i přes téměř havarijný stav a zvýšení požadavků na zatížitelnost bylo přistoupeno k rekonstrukci namísto náhrady novou konstrukcí. Na desku mostovky byla aplikována 50 mm vrstva vyztuženého UHPFRC, které jednak plní funkci ochrany proti vodě a rozmrazovacím prostředkům. Dále pak funkci tahové membrány, která je kotvená v přechodových deskách. Bylo upraveno statické působení oblouku zmonolitněním kloubu ve vrcholu a tuhému spojení s deskou mostovky.



Obrázek 4: Strojní ukládka UHPC při rekonstrukci Chillon Viaducts [uhpcsolutions.com]

3.1.4. The Chillon viaducts, Švýcarsko

Dvojice dálničních mostů z předpjatého betonu postavených v 60 letech mezi Villeneuve a Montreux byla v letech 2014-2015 zesílena pomocí nabetonávky vrstvy vyztuženého UHPFRC. Nabetonávka vyztužená ocelovými pruty Ø12 mm tloušťky 50 mm byla aplikována na horní desku komory, čímž došlo ke zvýšení podélné ohybové tuhosti až o 20 %. UHPFRC rovněž slouží jako hydroizolační vrstva, na kterou byla provedena živičná vozovka tloušťky 80 mm. Objem aplikovaného UHPFRC byl 1150 m³ na každém mostě, přičemž realizace trvala méně než 30 pracovních dní. Takto rychlá pokládka byla možná díky zařízení speciálně vyvinutému pro tuto stavbu (obdobu finišeru pro betonovou vozovku). Celkové náklady na zesílení pomocí UHPFRC byly přibližně 5x nižší, než při použití běžných metod.

3.1.5. The Arth-Goldnau Viaducts, Švýcarsko

Další aplikací UHPFRC ve větším rozsahu byla rekonstrukce a zesílení 3 navazujících směrově rozdělených dálničních mostů blízko Arth-Goldnau ve Švýcarsku. Bezpečná 50 let staré konstrukce, tvořené předpjatými železobetonovými nosníky a deskou s rozpětími polí cca 40 m, byly zesíleny pomocí nabetonávky tloušťky 45-100 mm. V oblastech nad podporami byla na horní desku provedena nabetonávka tloušťky 100 mm vyztužená 2 vrstvami betonářské výztuže v podélném a příčném směru. Tím byla umožněna redistribuce ohybových momentů z polí do oblastí nad podporami. V ostatních částech konstrukce byla provedena nabetonávka tloušťky 45 mm, v příčném směru vyztužená betonářskou výztuží. I v tomto případě plní vrstva UHPFRC funkci hydroizolace. Množství monolitického UHPFRC použitého při rekonstrukci 3 mostních objektů (v jednom směru) bylo 1300 m³, které bylo uloženo během 30 pracovních dní.



Obrázek 5: Ukládka UHPFRC na mostě Riddes [vigier-ciment.ch]

3.1.6. Riddes Road Viaduct, Švýcarsko

Silniční most Riddes ve Švýcarsku, postavený v roce 1976, je významnou estakádou převádějící silnici 9 přes dálnici A9, železnici a řeku Rhôna v kantonu Valais. Dvojice souběžných mostů je dlouhá celkem 1.2 km a nosná konstrukce je tvořena spojitým komorovým nosníkem. Během prohlídek a diagnostik mostu bylo zjištěno významné porušení betonu trhlinami a napadení chloridy, koroze betonářské i předpínací výztuže. Předpínací kabely byly

dokonce lokálně přerušené, či uvolněné a byl tak nutný rychlý a efektivní zásah. Koncem roku 2019 proto byl na mosty omezen vjezd vozidel nad 3,5 t.

Na horní desku komory byla, po odstranění vozovky a izolace a otryskání do hloubky 20 mm, provedena vyztužená nabetonávka UHPFRC tloušťky 50 mm. Ta byla v krajních oblastech přikotvena k původní výztuži desky. Na dolní desku komory byla rovněž provedena zesilující vrstva tloušťky 60 mm z vyztuženého UHPFRC. Na nabetonávku pak byla provedena pojízdná vrstva tloušťky 80 mm z litého asfaltu.

Zesílení pomocí vyztuženého UHPFRC se ukázalo jako neefektivnější z hlediska nákladů a rychlosti provedení. Celá rekonstrukce byla provedena během 1 roku a umožnila opětovné zpřístupnění mostu pro těžkou dopravu.

3.1.7. Aare Bridge Schinznach, Švýcarsko

Silniční most přes řeku Aare v obci Schinznach, postavený v roce 1954, je jedním z prvních spřažených ocelobetonových mostů ve Švýcarsku. Nosná konstrukce je tvořená dvojicí plnostěnných ocelových nosníků proměnné výšky a železobetonové spřažené desky. Rekonstrukce byla provedena zejména kvůli koroznímu poškození betonářské výztuže desky a dále kvůli požadavku na rozšíření prostoru pro pěší. Během přepočtů se navíc ukázalo, že únosnost stávající konstrukce nevyhovuje novým požadavkům.

Proto bylo navrženo zesílení desky pomocí nabetonávky z UHPFRC. Zesilující vrstva tloušťky 60 mm, příčně vyztužená betonářskou výztuží, má za cíl zvýšit únosnost desky v příčném směru i kapacitu záporných momentů v nadpodporových oblastech v podélném směru. Dále vrstva působí jako hydroizolace a ochrana původní železobetonové desky.

Pokládka vrstvy UHPFRC na celém mostě proběhla během 2 dní v létě 2022. Návrh zesílení mostu byl proveden tak, aby nebylo nutné zesilovat ocelové nosníky a zásah do ocelových konstrukcí byl pouze ve formě obnovy protikorozní ochrany.



Obrázek 6: Ukládání UHPFRC na mostě Aare [kibag.ch]

3.1.8. Viaducts Pont d'Ouche, Francie

Další významnou stavbou, na které bylo použito UHPFRC při rekonstrukci, je oprava silničních mostů na dálnici A6 v Le Pont d'Ouche ve Francii. Dvojice souběžných mostů dlouhých 504 m, postavených v 60 letech minulého století, byla v roce 2022, respektive 2023, opravena s využitím UHPFRC nabetonávky. Primárně slouží vrstva UHPFRC jako hydroizolace původní desky

mostovky. Dále je využito zesílení desky, zejména v oblastech kolem říms. Pokládka byla provedena pomocí speciálního zařízení.



Obrázek 7: Ukládání UHPFRC na Pont d'Ouche ve Francii [afgc.asso.fr]

3.2. Příprava a realizace v Česku

3.2.1. Barrandovský most, Praha

Od roku 2020 probíhá rekonstrukce Barrandovského mostu v Praze. Dispozičně unikátní stavba uvedená do provozu v roce 1983, resp. 1988 je s více než 140 000 převedenými vozidly denně nejvytíženější v ČR. Nosná konstrukce mostovky obou mostů je tvořená komorovým příčným řezem z předpjatého betonu a v rámci rekonstrukce bylo navrženo zesílení pomocí volných kabelů vedených v dodatečně betonovaných deviátorech uvnitř komor a kompletní výměna mostního svršku a vybavení. Dále byla navržena nabetonávka z UHPC na horním povrchu horní desky komorového průřezu, která slouží jako vyrovnávací a zesilující vrstva. Na stavbě byla použita směs UHPC s minimálním obsahem 3 % drátků s charakteristickou válcovou pevností min. 110 MPa a pevností v tahu za ohybu min. 20 MPa. S ohledem na geometrii mostu musela být směs UHPC modifikována, aby bylo možné ukládání ve spádu až 6% (Coufal et al. 2023). Směs byla na stavbu dopravována autodomíchávači a následně ručně zpracovávána. Tloušťka aplikované vrstvy byla proměnná - od 25 do až 300 mm. V současné době probíhají práce na severním mostě, které by podle optimistických scénářů měly být dokončeny do konce roku. Jižní most byl již úspěšně zrekonstruován. Co se týče množství UHPC, jedná se o největší aplikaci při rekonstrukci v ČR.

3.2.2. Most přes údolí Rokytky, Praha

Zástupcem přípravné fáze je Most přes údolí Rokytky v Praze. Katedra betonových a zděných konstrukcí při ČVUT vypracovala technickou studii na zesílení mostu zprovozněného v roce 1985 pomocí nabetonávky z UHPC. Nosná konstrukce mostu, společná pro oba dopravní směry, je sestavená ze segmentů typu DS-T 1950/200. Tyto segmenty mají dvourámový průřez vysoký 2,0 m, který je doplněn o příčně předpjatá žebra. Stavební stav konstrukce byl ověřen několika diagnostickými průzkumy a přepočty zatížitelnosti, na základě kterých bylo, společně s novými požadavky na příčné uspořádání a využití mostu, rozhodnuto o nutnosti stavebního zásahu. V rámci předběžných návrhů byla představena i možnost kompletní výměny nosné konstrukce, případně



Obrázek 8: Probíhající rekonstrukce na Barrandovském mostě [barrandak.cz]

náhrady celého mostu. V návrhu představeném ČVUT je navrženo využití vrstvy UHPFRC ve formě nabetonávky na horní povrch desky mostovky. Nabetonávka má plnit vícero funkcí. První je využití z hlediska statického. Provedenými výpočty bylo prokázáno, že nabetonávkou lze navýšit únosnost jak v podélném, tak příčném směru. Míra navýšení zatížitelnosti závisí na tloušťce nabetonávky a navýšení stálých zatížení, v případě zatížitelnosti v podélném směru to může být až 20% oproti stávajícímu stavu. Dále má UHPC plnit funkci ochrany proti vnějším vlivům, zejména CHRL a chloridům. V současné době dochází kvůli nefunkčnímu systému izolace k zatékání na vybraných místech mostovky a hrozí koroze předpínacího systému, především kotev příčného předpětí a kotev podélných kabelů v blízkosti spár mezi segmenty. Předpokládá se i využití vrstvy jako primární hydroizolace, což je běžná praxe na stavbách například ve Švýcarsku.

4. ZÁVĚR

Narůstající množství realizovaných novostaveb, ale i rekonstrukcí provedených s využitím UHPC nasvědčují, že i přes relativně vysokou cenu má tento materiál oproti běžnému betonu, či oceli, v určitém směru navrch. Díky vysokým pevnostem je možné navrhovat velmi štíhlé prvky, ale i efektivně zesilovat stávající konstrukce, které by mnohdy musely být nahrazeny novými. To vede ke snížení množství použitého materiálu a s tím související ekologické zátěže, případně i počátečních investičních nákladů. Naopak výborná odolnost a trvanlivost UHPC mohou snížit náklady na údržbu během celého životního cyklu stavby.

PODĚKOVÁNÍ

Príspevek vznikl za finanční podpory ČVUT v Praze v rámci projektů SGS23/039/OHK1/1T/11 a SGS24/040/OHK1/1T/11.

Reference

- Bertola, N., Schiltz, P., Denarié, E. & Brühwiler, E. (2021), 'A review of the use of UHPFRC in bridge rehabilitation and new construction in Switzerland', *Front. Built Environ.* **7**.
- Brühwiler, E. (2023), "Structural UHPFRC": Recent applications in rehabilitation and strengthening of bridges in Switzerland, in 'Third International Interactive Symposium on Ultra-High Performance Concrete', Iowa State University Digital Press.
- Coufal, R., Kalný, M., Kolísko, J. & Vítek, J. L. (2022), *Technická pravidla ČBS 07 Ultra vysokohodnotný beton (UHPC)*.
- Coufal, R., Kalný, M., Kolísko, J. & Vítek, J. L. (2024), *TP 267 Ultra vysokohodnotný beton (UHPC)*.
- Coufal, R., Vráblík, L. & Vítek, J. L. (2023), Využití UHPC při rekonstrukci Barrandovského mostu, in 'Technologie, provádění a kontrola betonových konstrukcí'.
- Janoušek, J., Froněk, A., Vráblík, L. & Vítek, J. L. (2023), Možnosti zesílení stávající mostní konstrukce pomocí UHPC, in 'Sborník 29. Betonářské dny', pp. 259–267.
- Marek, J. & Prchal, J. (2023), 'Moderní materiál Ultra High Performance Concrete'. Online. Dostupné z: <https://konstrukce.cz/materialy-a-technologie/moderni-material-ultra-high-performance-concrete-1267>.
- Moreillon, L., Broquet, C., Fargier, G. & Menétrey, P. (2022), 'Refecton du viaduc de Riddes'. Online. Dostupné z: <https://www.espazium.ch/fr/actualites/refecton-du-viaduc-de-riddes>.
- SŽ (2018), 'Mosty ve správě SŽDC jsou bezpečné'. Online. Dostupné z: <https://www.spravazeleznice.cz/pro-media/tiskovy-servis-tiskove-zpravy-prohlaseeni/bezpecne-mosty-szdc?inheritRedirect=true>.
- Tayeh, B. A., Bakar, B. H. A., Johari, M. A. M. & Voo, Y. L. (2013), 'Evaluation of bond strength between normal concrete substrate and ultra high performance fiber concrete as a repair material', *Procedia Eng.* **54**, 554–563.
- TSK (2016), 'Zpráva o pražských mostech'. Online. Dostupné z: <https://www.tsk-praha.cz/wps/portal/root/archiv-tiskovych-prohlaseeni>.
- Vítek, J. L. (2012), 'Vysokohodnotné betony - úvod a poznámky k možnostem jejich aplikace', *Beton TKS, Betonové konstrukce 21. století - Betony s přidanou hodnotou*.
- Vítek, J. L. (2022), 'UHPC a jeho aplikace v konstrukcích', *Časopis Stavebnictví*.
- Vítek, J. L., Čítek, D., Coufal, R., Kolísko, J. & Marek, J. (2019), 'UHPC a jeho aplikace v ČR', *Beton TKS, mimořádné vydání Beton - historie, současnost, budoucnost*.
- ŘSD ČR (2024), 'Přehledy z informačního systému o silniční a dálniční síti ČR'. Online. Dostupné z: <https://www.rsd.cz/rsd/silnicni-databanka-a-ndic-zalozka-prehledy-z-issd-cr>.