

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Alternativní návrh silničního mostu přes inundační území, cyklostezku a polní cestu

The alternative design of prestressed concrete bridge over the river, cyclistic path and road

Příloha č. 2 Teoretická rešerše

Magdalena Borovičková

Obsah

1	Úvod	3
2	Konstrukce betonových mostů	3
2.1	Deskové mosty	3
2.2	Trámové mosty	4
2.3	Spřažené ocelobetonové mosty	5
3	Výstavba	6
4	Uložení nosné konstrukce	8
4.1	Betonové klouby	8
4.2	Mostní ložiska	9
4.2.1	Elastomerová ložiska	9
4.2.2	Hrncová ložiska	9
4.2.3	Kalotová ložiska	10
5	Závěr.....	12

1 Úvod

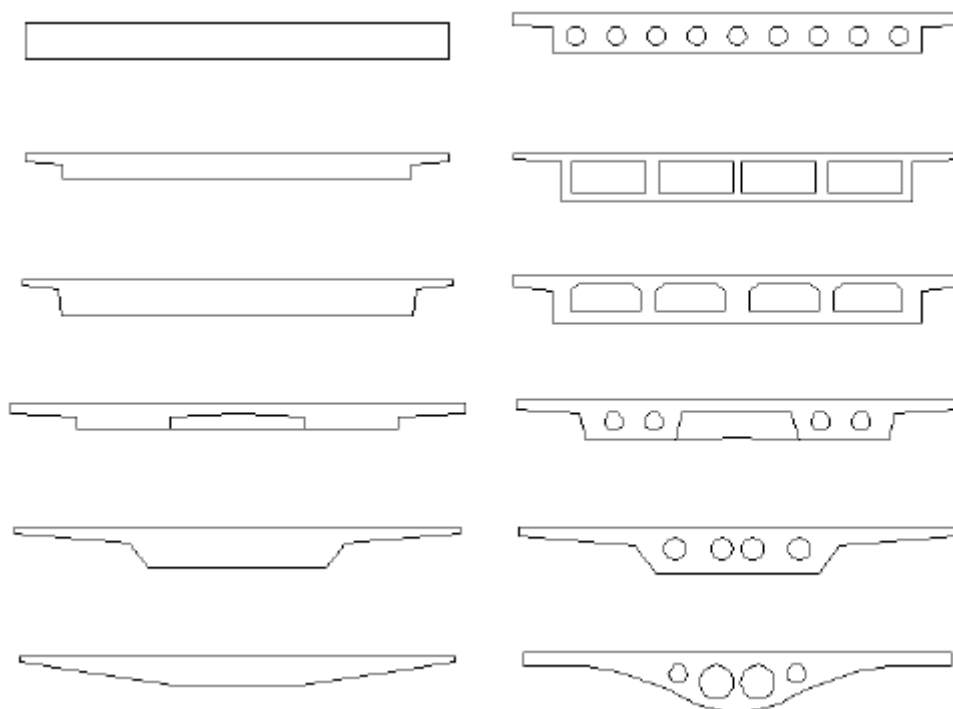
Předmětem bakalářské práce je návrh dvou betonových silničních předpjatých mostů. Tato teoretická rešerše je zaměřena na charakteristiku možných konstrukčních řešení, která byla v této bakalářské práci uvažována. Dále je zde shrnuta obecná charakteristika zvoleného způsobu výstavby a také možnosti uložení nosné konstrukce.

2 Konstrukce betonových mostů

2.1 Deskové mosty

Deskové konstrukce se používají pro mosty menších rozpětí v rozmezí od 12 ÷ 35 m. Tloušťka betonové desky se volí v závislosti na rozpětí polí a může být v celé délce mostu konstantní nebo proměnná v poli, či nad podporou.

Průřezy mostů mohou být různé, ať už složené z podélných prefabrikovaných nosníků, či monolitické. Dříve se častěji používalo vylehčení průřezů dutinami z důvodu snížení hmotnosti konstrukce, ale nověji se používá spíše vylehčení lichoběžníkovým tvarem průřezu.



Obr. 1 Příklady příčných řezů deskových mostů¹

Použití deskových konstrukcí skýtá značné výhody jako např. malou konstrukční výšku, velkou spolupůsobící šířku desky, menší pracnost,

¹ doc. Ing. Pokorný, Jiří, Ing. Suchánek, Vladimír. *Betonové mosty II.* [online] Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, str. 18. [cit 15.05.2019]. Dostupné z: http://vladimirsuchanek.upce.cz/files/Betonove_mosty_2.pdf.

jednoduchou výztuž i betonáž. V případě monolitických desek je výhodou nízká spotřeba dřeva na bednění.

Na druhou stranu spotřeba betonu a výztuže je v tomto případě vyšší a z důvodu možného použití deskových mostů pro menší rozpětí se zvyšuje počet polí, tedy i počet podpor. Tyto důvody mohou zvýšit náklady a je tedy na uvážení, v jakých případech je deskový most ekonomicky vhodnou variantou.²

2.2 Trámové mosty

Další hojně využívanou variantou jsou trámové konstrukce. Vhodné rozpětí pro tento typ konstrukce začíná od 25 – 30 m. V závislosti na konstrukčním uspořádání konstrukce může být trámový most s rozpětím až 500 m, např. v případě zavěšené předpjaté konstrukce. Trámové mosty se navrhují např. jako spojité nosníky nebo vzpěradlové rámy.³

Nosnou konstrukci těchto mostů tvoří plné trámy (otevřený průřez) nebo komorové trámy (uzavřený průřez). V případě komorového průřezu se návrhu přizpůsobíme navržením jednokomorového, dvoukomorového nebo i vícekomorového průřezu. V závislosti na konkrétních parametrech navrhovaného mostu se určí tloušťka konstrukce.

Trámová konstrukce je ideální volbou pro předpjatý most. Železobetonové trámové mosty se většinou nenavrhují, kvůli vysoké spotřebě materiálu a větší konstrukční výšce.

V případě volby žebrových trámů je možné pro větší rozpětí navrhnout v podélném směru výškové náběhy průřezu u podpěr. Nejčastější průřez těchto trámů je ve tvaru T nebo I. Volba počtu trámů ovlivňuje konstrukční výšku – čím menší počet trámů v příčném směru, tím vyšší konstrukční výška.

Výhodami trámových konstrukcí je relativně malá průřezová plocha, velký moment setrvačnosti, velký průřezový modul a vysoká tuhost v kroucení. Ze zmíněných důvodů vyplývá, že trámové konstrukce jsou vhodné pro mosty větších rozpětí a pro půdorysně zakřivené mosty. Na druhou stranu jsou pracnější než deskové mosty a mají vyšší konstrukční výšku.

² doc. Ing. Pokorný, Jiří, Ing. Suchánek, Vladimír. *Betonové mosty II.* [online] Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. [cit 15.05.2019]. Dostupné z: <http://vladimirsuchanek.upce.cz/files/Betonove_mosty_2.pdf>.

³ Trámové mosty. [online] Stráský, Hustý a partneři s.r.o. [cit 15.05.2019]. Dostupné na <<http://www.shp.eu/strasky-husty-a-partneri/projekty/mosty/silnicni-mosty/nadjezdy/tramove-mosty/>>



Obr. 2 Jednotrámový most, SHP.⁴

2.3 Spřažené ocelobetonové mosty

Spřažené konstrukce mohou být různé, např. ocelobetonové, kdy hlavní nosnou konstrukci tvoří ocelové nosníky a monolitická betonová deska, ve většině případů předepnutá, nebo i prefabrikované betonové nosníky spřažené s betonovou deskou pomocí spřahující výztuže.

Princip této konstrukce spočívá v tom, že nosníky fungují ve fázi výstavby jako podpora pro zhotovení betonové desky a po jejím zatvrdnutí jsou s deskou spojeny, aby bylo zajištěno spolupůsobení jako jednoho konstrukčního celku.

Spřažené mosty spojují výhody dvou materiálů, jedná se tedy o velmi vhodnou konstrukční variantu z důvodů krátké doby výstavby, samonosnosti nosníků před betonáží, nižší stavební výšky a ekonomické náročnosti. V případě ocelobetonových mostů je značnou výhodou výrazně nižší hmotnost. Vyhovují mostům od 20 – 250 m rozpětí, v případě spřaženého obloukového mostu je možné dosáhnout rozpětí až 500 m.

⁴ Trámové mosty. [online] Stráský, Hustý a partneři s.r.o. [cit 15.05.2019]. Dostupné z <<http://www.shp.eu/strasky-husty-a-partneri/projekty/mosty/silnicni-mosty/nadjezdy/tramove-mosty/>>



Obr. 3 Detail stahovacích trnů⁵

3 Výstavba

Betonové mosty mohou být betonovány na místě nebo montovány z prefabrikovaných dílců. V této bakalářské práci byla uvažována metoda výstavby na pevné skruži a na výsuvné skruži.

Konstrukce betonovaná v celé délce mostu najednou na pevné skruži se zpravidla betonuje u mostů do 100 m délky. U delších mostů se konstrukce betonuje postupně po segmentech s přečnívající konzolou, kdy se spára mezi jednotlivými betonovanými segmenty volí v místě nulového momentu. U tohoto typu výstavby se konstrukce předepíná průběžnými kabely spojovanými v pracovní spáře.⁶

Výhodami pevné skruže je nenáročnost sestavení, jelikož skruž je postavená na zemi. Snadněji se s nimi manipuluje a vykazují vysokou únosnost. Nevýhodou jsou omezené možnosti použití, problémem jsou delší mosty s většími rozpětími, vyšší podpěrné výšky a omezená únosnost a bezpečnost právě v případě konstrukcí ve větší výšce kvůli vystavení účinkům větru.

⁵ Most na silnici I/67 v km 0,360, přes Bohumínskou Stružku, trať ČD a ul. J. Palacha. [online] FEVIA, projekční a inženýrská kancelář pro nosné konstrukce a opláštění. [cit 15.05.2019]. Dostupné z: <http://www.fevia.cz/czf_proj_13_SKREC.html>

⁶ Prof. Ing. Stráský, Jiří, DSc., Ing. Nečas, Radim, Ph.D. *Betonové mosty II, Technologie výstavby mostů*. [online] Brno 2007: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. [cit 15.05.2019] Dostupné z: <<http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/CL02-Betonov%C3%A9%20mosty%20II%20%28KON%29/M01-Technologie%20v%C3%BDstavby%20most%C5%AF.pdf>>



Obr. 4 Pevná skruž⁷

Za určitých podmínek, kdy není možné použít pevnou skruž, lze použít skruž výsuvnou. Ta se uplatní v situacích, kdy most překlenuje takovou překážku, která znemožňuje postavení skruže na zemi, např. řeka, jiná dopravní cesta nebo hluboké údolí.⁸ Výsuvná skruž je pohyblivý bednicí systém, jehož hlavní výhodou je rychlá výstavba.

Pro dvoutrámovou mostní konstrukci by bylo vhodné použít výsuvnou skruž s horním nosným systémem. Hlavní nosník horní výsuvné skruže je umístěn nad osou mostu a pomocí příčníků a závěsů je na něj osazeno bednění. Výsuvná skruž by také měla zajistit pracovní plošinu, která umožní předpínací práce.⁹

⁷ Bednění nosné konstrukce mostů. [online] ASB, 2012. [cit 15.05.2019] Dostupné z: <<https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/inzenyrsk-stavby/mosty/bedneni-nosne-konstrukce-mostu>>

⁸ Bednění nosné konstrukce mostů. [online] ASB, 2012. [cit 15.05.2019] Dostupné z: <<https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/inzenyrsk-stavby/mosty/bedneni-nosne-konstrukce-mostu>>

⁹ Skanska a.s. *Katalog, Mosty a mostní technologie*. Divize Morava. [cit 15.05.2019] Dostupné z: <<https://www.skanska.cz/4a6886/siteassets/co-delame/stavebni-obory/silnicni-stavitelstvi/katalog-mosty.pdf>>



Obr. 5 Výsuvná skruž s horním nosným systémem¹⁰

4 Uložení nosné konstrukce

Uložení mostu tvoří důležitou součást návrhu, jelikož musí být navrženo tak, aby byl umožněn pohyb konstrukce vznikající v důsledku objemových změn. Jinak by mohlo dojít k výrazným deformacím z důvodu nepřiměřeného namáhání konstrukce. Uložení nosné konstrukce je možné několika způsoby.

4.1 Betonové klouby

První možností jsou tzv. betonové klouby, které působí jako pevná ložiska. Betonové klouby mohou být vrubové nebo pérové.

Vrubový kloub se označuje oslabený průřez dvěma protilehlými vruby, jehož pevnost je díky sevření mezi tlačnými plochami zvýšena. Kloub musí být vyztužen kvůli zachycení vodorovných sil. Tato výztuž se zpravidla navrhuje zkřížená.

Pérový kloub využívá jako nosný prvek zkříženou betonářskou výztuž, která je obalena betonem pouze pro ochranu výztuže.¹¹

¹⁰ Skanska a.s. *Katalog, Mosty a mostní technologie*. str. 8. Divize Morava. [cit 15.05.2019] Dostupné z: <<https://www.skanska.cz/4a6886/siteassets/co-delame/stavebni-obory/silnicni-stavitelstvi/katalog-mosty.pdf>>

¹¹ Ing. Panáček, Josef. *Betonové mosty I, Modul M03, Spodní stavba a příslušenství mostních objektů*. [online] Brno 2006: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. [cit 15.05.2019] Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BL12-Betonove_mosty/BL12-Betonove_mosty_I--M03-Spodni_stavba_a_prislusenstvi_mostnich_objektu.pdf>

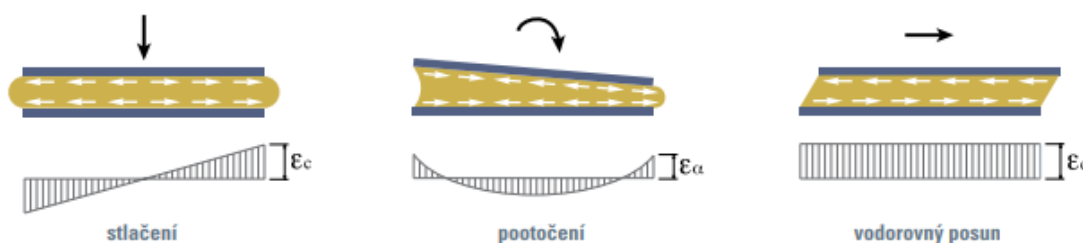
U tohoto typu uložení má velmi nepříznivý vliv i malá šikmost mostu, což je značnou nevýhodou.¹²

4.2 Mostní ložiska

Mostních ložisek existuje několik typů, všechny ale slouží k tomu, aby přenesly vypočtenou sílu působící z hlavní nosné konstrukce na spodní stavbu. Dále umožňují určitý pohyb nosné konstrukce, například z důvodu objemových změn, aby nevznikala namáhání, která by zapříčinila deformace konstrukce.

4.2.1 Elastomerová ložiska

Základem elastomerových ložisek je elastomerový blok, který umožňuje posun v jakémkoliv směru a pootočení kolem jakékoliv osy. Mohou být ale konstruována i tak, že posunu v jednom nebo obou směrech je zamezeno. Elastomerová ložiska bývají vyztužena několika ocelovými plechy.¹³



Obr. 6 Změna tvaru a polohy vrstev elastomerových ložisek¹⁴

Mezi výhody elastomerových ložisek patří bezúdržbový provoz, malá hmotnost a snadné osazení. Tento druh ložisek je velmi vhodný u půdorysně zakřivených mostů. Na druhou stranu elastomerová ložiska neumožňují přenos tak vysokého zatížení jako jiné typy, maximální síla se uvádí 3000 kN.¹⁵

4.2.2 Hrcnová ložiska

Hrcnová ložiska jsou vhodnou variantou u mostů větších rozpětí, kde vznikají velké tlaky a posuny. Skládají se z elastomerové vložky, která je uzavřena v ocelovém hrnci. Jedná se o pevné ložisko, které je ale možné úpravou pomocí kluzné vrstvy z polytetrafluoretylenu využít i jako

¹² Ministerstvo dopravy České Republiky, Obor pozemních komunikací. *Uložení nosných konstrukcí mostů pozemních komunikací*. [online] Praha 2005. PRAGOPROJEKT, a.s. [cit 15.05.2019] Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_75.pdf>

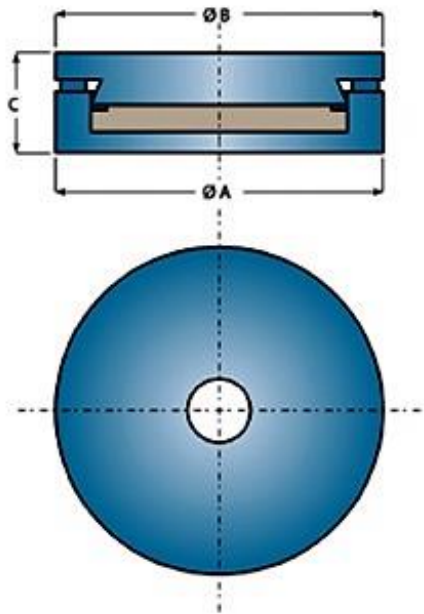
¹³ Ministerstvo dopravy České Republiky, Obor pozemních komunikací. *Uložení nosných konstrukcí mostů pozemních komunikací*. [online] Praha 2005. PRAGOPROJEKT, a.s. [cit 16.05.2019] Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_75.pdf>

¹⁴ Freyssinet CS. *Elastomerová ložiska - Návrh, osazení, údržba*. [online] Freyssinet CS, © 2011. [cit 16.05.2019] Dostupné z: <http://www.freyssinet.cz/gallery/loziska_elastomerova.pdf>

¹⁵ Ing. Nečas, Radim, Ph.D. *Uložení mostů, mostní závěry*. [online] Brno. [cit 16.05.2019] Dostupné z: <https://www.bzk.fce.vutbr.cz/wp-content/uploads/sites/6/2017/02/BL12_prednaska.pdf>

všesměrně pohyblivé ložisko. V případě použití bočních vodících lišt vznikne jednosměrně pohyblivé ložisko.

V dnešní době se standardně vyrábějí ložiska schopná přenést podporové tlaky v rozmezí od 2000 do 20 000 kN. U některých výrobců je možnost dosáhnout až na 80 000 kN.¹⁶



Obr. 7 Hrnčové ložisko pevné¹⁷

4.2.3 Kalotová ložiska

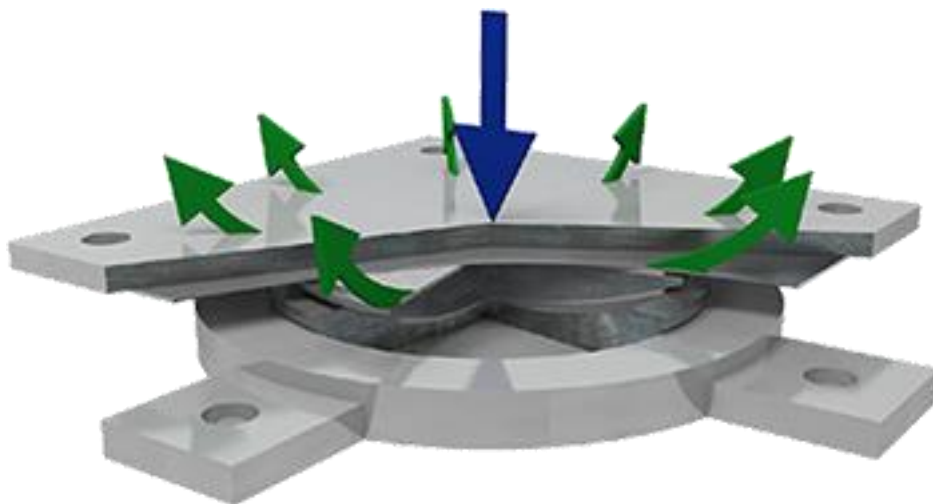
Kalotová ložiska se skládají z vypuklé a vyduté ocelové desky, které jsou vyloženy kluznou teflonovou vrstvou. Jedná se o pevná ložiska, která je možno úpravami uzpůsobit jako jednosměrně a všesměrně pohyblivá, např. použitím vodící lišty, nebo leštěné desky s vyložení kluznou vrstvou. Velikost přenášených podporových sil se pohybuje v rozmezí od 1000 – 12 000 kN. Tato ložiska umožňují významná pootočení až $\pm 2\%$.¹⁸

Dalším typem ložisek jsou např. cylindrická, která se od kalotových liší pouze tím, že použitá horní deska není sférická, nýbrž válcová.

¹⁶ Ing. Nečas, Radim, Ph.D. *Uložení mostů, mostní závěry*. [online] Brno. [cit 16.05.2019] Dostupné z: <https://www.bzk.fce.vutbr.cz/wp-content/uploads/sites/6/2017/02/BL12_prednaska.pdf>

¹⁷ Hrnčová mostní ložiska TETRON CD. [online] Freyssinet, CS a.s. [cit 18.05.2019] Dostupné z <<http://www.freyssinet.cz/203-hrnцова-mostni-loziska-tetron-cd>>

¹⁸ Ing. Nečas, Radim, Ph.D. *Uložení mostů, mostní závěry*. [online] Brno. [cit 16.05.2019] Dostupné z: <https://www.bzk.fce.vutbr.cz/wp-content/uploads/sites/6/2017/02/BL12_prednaska.pdf>



Obr. 8 Kalotové mostní ložisko ¹⁹

¹⁹ Kalotová mostní ložiska. [online] Freyssinet, CS a.s. [cit 18.05.2019] Dostupné z: <http://www.freyssinet.cz/265-kalotova_mostni_loziska>

5 Závěr

Tématem této teoretické rešerše jsou různé varianty mostních konstrukcí, možností výstavby a možností uložení mostu, mezi kterými jsem v průběhu zpracování bakalářské práce při návrhu volila. Součástí je jak obecná charakteristika daných systémů, tak výpis výhod a nevýhod, které ukazují, proč bylo vhodné dané uspořádání zvolit.

Seznam použitých pramenů

- doc. Ing. Pokorný, Jiří, Ing. Suchánek, Vladimír. *Betonové mosty II*. [online] Pardubice: Univerzita Pardubice, Doprvní fakulta Jana Pernera. [cit 15.05.2019]. Dostupné z: <http://vladimirsuchanek.upce.cz/files/Betonove_mosty_2.pdf>.
- Trámové mosty. [online] Stráský, Hustý a partneři s.r.o. [cit 15.05.2019]. Dostupné z <<http://www.shp.eu/strasky-husty-a-partneri/projekty/mosty/silnicni-mosty/nadjezdy/tramove-mosty/>>
- Most na silnici I/67 v km 0,360, přes Bohumínskou Stružku, trať ČD a ul. J. Palacha. [online] FEVIA, projekční a inženýrská kancelář pro nosné konstrukce a opláštění. [cit 15.05.2019]. Dostupné z: <http://www.fevia.cz/czf_proj_13_SKREC.html>
- Bednění nosné konstrukce mostů. [online] ASB. [cit 15.05.2019] Dostupné z: <<https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/inzenyrske-stavby/mosty/bedneni-nosne-konstrukce-mostu>>
- Skanska a.s. *Katalog, Mosty a mostní technologie*. Divize Morava. [cit 15.05.2019] Dostupné z: <<https://www.skanska.cz/4a6886/siteassets/co-delame/stavebni-obory/silnicni-stavitelstvi/katalog-mosty.pdf>>
- Ing. Panáček, Josef. *Betonové mosty I, Modul M03, Spodní stavba a příslušenství mostních objektů*. [online] Brno 2006: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. [cit 15.05.2019] Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BL12-Betonove_mosty/BL12-Betonove_mosty_I--M03-Spodni_stavba_a_prislusenstvi_mostnich_objektu.pdf>
- Ministerstvo dopravy České Republiky, Obor pozemních komunikací. *Uložení nosných konstrukcí mostů pozemních komunikací*. [online] Praha 2005. PRAGOPROJEKT, a.s. [cit 15.05.2019] Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_75.pdf>
- Freyssinet CS. *Elastomerová ložiska - Návrh, osazení, údržba*. [online] Freyssinet CS, © 2011. [cit 16.05.2019] Dostupné z: <http://www.freyssinet.cz/gallery/loziska_elastomerova.pdf>
- Ing. Nečas, Radim, Ph.D. *Uložení mostů, mostní závěry*. [online] Brno. [cit 16.05.2019] Dostupné z: <https://www.bzk.fce.vutbr.cz/wp-content/uploads/sites/6/2017/02/BL12_prednaska.pdf>
- Hrncová mostní ložiska TETRON CD. [online] Freyssinet, CS a.s. [cit 18.05.2019] Dostupné z <http://www.freyssinet.cz/203-hrncova_mostni_loziska_tetron_cd>
- Kalotová mostní ložiska. [online] Freyssinet, CS a.s. [cit 18.05.2019] Dostupné z: <http://www.freyssinet.cz/265-kalotova_mostni_loziska>
- Prof. Ing. Stráský, Jiří, DSc., Ing. Nečas, Radim, Ph.D. *Betonové mosty II, Technologie výstavby mostů*. [online] Brno 2007: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. [cit 15.05.2019] Dostupné z: <<http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/CL02-Betonov%C3%A9%20mosty%20II%20%28KON%29/M01-Technologie%20v%C3%BDstavby%20most%C5%AF.pdf>>