



A. SOUHRNNÁ ZPRÁVA

Akce: **Aktualizace posouzení ovlivnění odtokových poměrů Kněžné a Bělé**

Objednatel: **M - PROJEKCE s.r.o.**

Datum: **Květen 2021**

OBSAH

1	ÚVOD	3
2	PODKLADY	4
3	POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	7
4	PŘEHLED PODKLADŮ	9
5	NÁVRHOVÝ STAV	10
6	DVOUROZMĚRNÝ NUMERICKÝ MODEL SOUTOKU BĚLÉ A KNĚŽNÉ	15
7	VÝSLEDKY NUMERICKÝCH MODELŮ.....	22
8	VYHODNOCENÍ ODTOKOVÝCH POMĚRŮ.....	26
9	ZÁVĚR.....	28
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	29
	SEZNAM TABULEK.....	30
	PŘÍLOHA A - FOTODOKUMENTACE	31

1 ÚVOD

1.1 Smluvní náležitosti a náplň posouzení

Aktualizace posouzení ovlivnění odtokových poměrů Kněžné a Bělé je zpracováno na základě objednávky č. 2021/044/03 ze dne 10. 3. 2021. Aktualizace vychází z původního posouzení vlivu stavby „II/318 Častolovice, obchvat – zpracování projektové dokumentace a výkon autorského dozoru v rámci akce Rozšíření strategického průmyslové zóny Solnice – Kvasiny a zlepšení infrastruktury v Královéhradeckém regionu“ na odtokové poměry vodních toků Kněžné, Bělé a Štědrého potoka.

1.2 Identifikační údaje objednatele a zhotovitele

Objednatel:	M - PROJEKCE s.r.o.
Sídlo:	Resslova 956/13, 500 02 Hradec Králové
IČ:	05061415
DIČ:	CZ05061415
Kontaktní osoba:	Ing. Martin Stejskal, tel.: 724 511 471,
- v technických věcech	martin.stejskal@m-projekce.cz
Zhotovitel:	VHRoušar, s.r.o.
Provozovna:	Rybitví 294, 533 54 Rybitví
IČ:	05968551
DIČ:	CZ05968551
Web:	www.vhrousar.cz
Kontaktní osoba:	Ing. Ladislav Roušar, Ph.D.
Telefon:	773 085 535
E-mail:	rousar@vhrousar.cz
Koordinace, výpočtové práce:	Ing. Ladislav Roušar, Ph.D., ČKAIT 0701532 stavby vodního hospodářství a krajinného inženýrství
Mapové přílohy:	Ing. Magdaléna Komorová

1.3 Koncepce posouzení

Pro zájmovou lokalitu byl sestaven dvourozměrný (2D) numerický model soutoku vodních toků Kněžné a Bělé. Byly provedeny výpočty proudění pro stávající stav (SS) a pro průtokový scénář Q_{100} v Bělé nebo v Kněžné.

Dle předaného návrhu stavby „II/318, Častolovice, obchvat“ a postupné optimalizace průtočných rozměrů mostních objektů SO205, SO206 a SO207 byla zhotovena geometrie návrhové stavu (NS). Pro NS byly provedeny výpočty proudění s okrajovými podmínkami shodnými s výpočty SS. Výsledky výpočtů NS a SS byly vzájemně porovnány a byly vyhodnoceny vlivy stavby na odtokové poměry. Výsledky jsou dokládány mapami hloubek, rychlostí, úrovní hladiny a rozdílovými mapami hloubek a rychlostí.

2 PODKLADY

2.1 Literatura

- [1] Boor, B., Kunštátský, J., Patočka, C. Hydraulika pro vodohospodářské stavby. SNTL, Praha, 1968, str. 517.
- [2] ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů.
- [3] ČSN 73 6820 Úpravy vodních toků.
- [4] HEC-RAS. River Analysis System. 2D Modeling User's Manual. Army Corps of engineers, Hydrologic Engineering Center. Version 6.0 Beta, 2020, p. 283.
- [5] HEC-RAS. River Analysis System. Hydraulic Reference Manual. US Army Corps of engineers, Hydrologic Engineering Center. Version 6.0 Beta, 2020, p. 520.
- [6] Kolář, V., Patočka, B., Bém, J. Hydraulika. SNTL, Praha, 1983, str. 475.
- [7] Kunštátský, J. 1956. Hydraulické výpočty propustků a mostů.
- [8] TNV 75 2103 Úpravy řek.
- [9] Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích. Technické podmínky, TP 204, 2009. Ministerstvo dopravy.
- [10] Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. Praha, červen 2011.

2.2 Obecné podklady

- [20] Déšť na Rychnovsku zatopil sklepy, častolovický zámek evakuoval zvěřinec. Dostupné 14. 1. 2021 na https://www.idnes.cz/hradec-kralove/zpravy/povoden-rychnovsko-rychnov-bourka-privalovy-dest-tutleky-lupenice-hasici-skody-kralovehradecky.A200619_093304_hradec-zpravy_tuu
- [21] Digitální model reliéfu České republiky 5. generace. Český úřad zeměměřičský a katastrální, rok aktualizace 2013.
- [22] Elektronický digitální povodňový portál. Dostupné 14. 1. 2021 na <https://www.edpp.cz/>
- [23] Fotodokumentace z terénního šetření ze dne 5. 12. 2020.
- [24] Geodetické zaměření koryta Bělé a Kněžné. Geodetická kancelář GEOXYZ, Vanický, 11/2020.
- [25] Hrozba záplav po dlouhotrvajících deštích. Dostupné 14. 1. 2021 na <https://hasicicastolovice.webnode.cz/products/hrozba-zaplav-po-dlouhotrvajicich-destich/>
- [26] Hydrologické údaje povrchových vod, Bělá. Profil nad Kněžnou. ČHMÚ, 10/2020.
- [27] Hydrologické údaje povrchových vod, Bělá. Profil pod Kněžnou. ČHMÚ, 10/2020.
- [28] Hydrologické údaje povrchových vod, Kněžná. Profil ústí do Bělé. ČHMÚ, 10/2020.
- [29] Hydrologické údaje povrchových vod, Štědrý potok. Profil ústí do Bělé. ČHMÚ, 10/2020.
- [30] Katastrofální povodeň v podhůří Orlických, červenec 1998. Český hydrometeorologický ústav, pobočka Hradec Králové. Prosinec 1998. Dostupné 14. 1. 2021 na https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy/hk_1998_07.pdf
- [31] Ortofota zájmového území. Český úřad zeměměřičský a katastrální, období náletu 7. 8. 2018.
- [32] Povodňový plán městyse Častolovice. Dostupné 14. 1. 2021 na https://www.edpp.cz/cas_prirozena-povoden/

- [33] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. B. Souhrnná technická zpráva. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [34] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. C.3.1. Koordinační situace stavby – část 1. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020
- [35] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. C.3.2. Koordinační situace stavby – část 2. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [36] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 202 – most přes Štědrý potok, D1.2.2., příloha 2, dispozice. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [37] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 202 – most přes Štědrý potok, D1.2.2., příloha 1, technická zpráva. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [38] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 203 – most přes řeku Kněžná, D1.2.3., příloha 1, technická zpráva. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [39] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 203 – most přes řeku Kněžná, D1.2.3., příloha 2, dispozice. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [40] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 204 – most přes řeku Bělá, D1.2.4., příloha 1, technická zpráva. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [41] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 204 – most přes řeku Bělá, D1.2.4., příloha 2, dispozice. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [42] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. Navržená zemní tělesa v 3D křivkách. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [43] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 101 – II/318 – přeložka silnice 1. úsek, D1.1.1., příloha 3, podélný profil. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [44] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 102 – II/318 – přeložka silnice 2. úsek, D1.1.2., příloha 3, podélný profil. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [45] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 104 – II/318 napojení na stávající komunikaci, D1.1.4., příloha 3, podélný profil. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [46] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 150 – II/318 napojení polní cesty do parku, D1.1.10., příloha 3, podélný profil. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [47] Říční kilometráž vodního toku. GISyPonet, verze 4.31. Povodí Labe, s. p., dne 20. 1. 2021.
- [48] Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997. Souhrnná zpráva projektu. Český hydrometeorologický ústav. Červen 1998. Dostupné 14. 1. 2021 na <http://voda.chmi.cz/pov97/tab34.html>
- [49] Základní mapa, M 1:10 000.
- [50] Zaměření mapové podkladu „II/318 Častolovice, obchvat“. Geodézie Východní Čechy spol. s r.o., ing. Černý, 12/2019. Předáno objednatelem.
- [51] Posouzení ovlivnění odtokových poměrů Kněžné, Bělé a Štědrého potoka. VHRoušar, s.r.o., leden 2021.
- [52] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. C.3.2. Koordinační situace stavby – část 2. M – PROJEKCE s. r. o., ing. Stejskal, 04/2021.

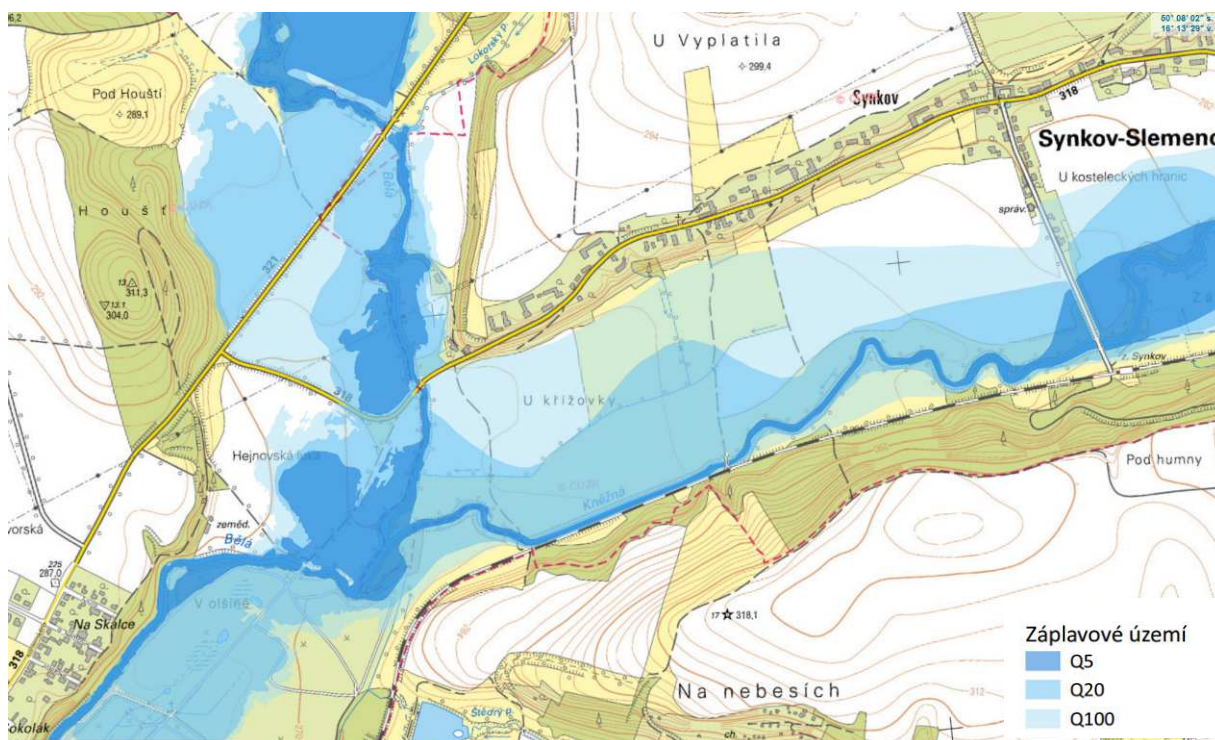
- [53] Meze pohybu a kvantifikace množství dnových splavenin pro šterkonosné toky. Disertační práce. VUT v Brně, fakulta stavební, ing. Roušar, 2014.
- [54] Ochranné hráze na vodních tocích. Grada Publishing, a.s., prof. Říha, 2010.

2.3 Seznam použitých veličin a zkratk

1D	jednorozměrným
2D	dvourozměrným
Bpv	Balt po vyrovnání
DMR5G	digitální model reliéfu 5. generace
DMT	digitální model terénu
DOP	dolní okrajová podmínka
GNSS	globální družicový polohový systém
GROUND	dno
HOP	horní okrajová podmínka
JTSK	jednotná trigonometrická síť katastrální
KN	katastr nemovitostí
LB (LOB)	levý břeh
MVN	malá vodní nádrž
NS	návrhový stav
PB (ROB)	pravý břeh
PD	projektová dokumentace
SS	stávající stav
VT	vodní tok

3 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Soutok řek Bělé a Kněžné se nachází severovýchodně od městyse Častolovice. Bělá teče od severu k jihu, Kněžná od východu na západ. Území je rovinaté, terén se výrazně zvyšuje až při okrajích nivy. Přirozené rozlivy toků jsou ovlivněny zemními tělesy silnice II/321 Častolovice – Solnice, silnice II/318 Častolovice – Synkov a železnice Častolovice – Rychnov nad Kněžnou. V inundačním území se nachází zemědělsky obhospodařované pozemky (pole, louky), lesy, nezpevněné polní cesty a na levém břehu Bělé tři rodinné domy. Pod soutokem toků přechází zemědělské pozemky do parkových úprav zámeckého parku. Koryta řek se přirozeně vyvíjí, opevněna jsou pouze v místech objektů. Podrobná fotodokumentace terénního šetření je doložena v příloze A.



Obr. 1 Přehledná mapa zájmového území s aktuálně stanovenými rozlivy [22]

Předmětem řešení je Bělá v ř. km od 2,2 do 3,7 a Kněžná v ř. km od 0,0 do 1,3. Na Bělé jsou umístěny 3 mosty a stupeň ve dně. Na Kněžné je umístěn jeden most. Paralelně s Kněžnou je v pravobřežní inundaci veden otevřený meliorační příkop, který v místech přejezdů je zatrubněn DN1000. Potrubí je následně vyvedeno do Bělé. Ostatní propustky malých průměrů umístěné pod silničními tělesy jsou v pohledu ovlivnění průběhu povodně nevýznamné - nekapacitní.

Tok: Bělá

IDVT: 10100100

Číslo hydrologického pořadí: 1-02-01-0660, 1-02-01-0800

Tok: Kněžná

IDVT: 10100210

Číslo hydrologického pořadí: 1-02-01-0790

3.1 Historické povodně

Městys Častolovice zasáhly nejvíce povodně v roce 1997 a 1998. V roce 1997 kulminovala nejvíce Divoká Orlice [48], červencovou povodeň z roku 1998 způsobila Bělá. Ze záznamu stanice Častolovice byla vyhodnocena hodnota kulminačního průtoku Bělé 131 m³/s [30]. Průtok Kněžné v Rychnově nad Kněžnou odpovídal kulminačnímu průtoku 1-2 leté povodni (11,8 m³/s).

V červenci 2011 na žádost povodňové komise zasahovala výjezdová jednotka sboru dobrovolných hasičů Častolovice kvůli dlouhotrvajícím deštům, které zvedaly hladiny řek Kněžné a Bělé. Kulminační průtok Bělé dosáhl 91 m³/s [25].

Poslední zaznamenaná povodeň je z června 2020, kde v Rychnově nad Kněžnou byl zaznamenán denní srážkový úhrn 120 mm. Voda ze Štědrého potoka zaplavila zámecký park v Častolovicích [20].



Obr. 2 Odstraňování spláví na lávce u zámeckého parku (povodeň 24. 6. 1997) [32]



Obr. 3 Silnice Častolovice - Synkov (povodeň 22. 7. 2011) [25]

4 PŘEHLED PODKLADŮ

4.1 Geodetická zaměření

V prostoru posuzované stavby bylo objednatelem předáno geodetické zaměření území z prosince 2019 [50].

Koryta Bělé a Kněžné včetně objektů byly doměřeny v listopadu 2020 [24] příčnými profily po vzdálenostech od 20 do 50 m. Příčnými profily byly změřeny břehy koryta, střed koryta a terén za břehovou hranou ve vzdálenosti 10 m. Měření bylo provedeno ve 3. třídě přesnosti se střední souřadnicovou polohovou chybou 0,14 m a se střední chybou v určení výšky 0,12 m. Výškový systém je balt po vyrovnání (Bpv), souřadnicový systém JTSK.

4.2 Digitální model reliéfu 5. generace

Digitálním modelem reliéfu [21] ČR 5. generace (DMR 5G) jsou doplněny nezaměřené úseky inundace. DMR představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,30 m ve vegetací pokrytém terénu. DMR je polohově určený v systému JTSK, výškově v Bpv.

4.3 Hydrologické údaje

Uvedené hodnoty N-letých průtoků [26], [27], [28] a [29] jsou pro Štědrý potok stanoveny ve III. třídě přesnosti, pro Bělou a Kněžnu ve II. třídě přesnosti. Datum pořízení údajů 13. 10. 2020.

Tab. 1 N-leté průtoky [$m^3 \cdot s^{-1}$]

Tok, profil	Plocha povodí (km^2)	Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}
Štědrý potok, ústí do Bělé	11,28	1,69	2,86	5,06	7,27	10,0	14,4	18,5
Kněžná, ústí do Bělé	94,20	10,3	16,2	26,0	35,1	45,3	61,0	74,5
Bělá, nad Kněžnou	107,37	12,4	19,1	31,2	42,7	56,3	78,0	97,3
Bělá, pod Kněžnou	201,56	21,5	31,7	47,6	61,4	76,7	99,1	118

4.4 Ortofoto zájmového území

Pixel rastrového obrazu ortofota ČR zobrazuje přibližně 0,20 m území ve střední rovině terénu. Polohová přesnost charakterizovaná střední souřadnicovou chybou v rovinatém terénu je 0,25 m, ve členitých terénech dosahuje hodnoty 0,5 m.

4.5 Místní šetření

Místní šetření proběhlo 5. 12. 2020 s cílem určit a zaměřit parametry objektů (mostní profily, propustky) ovlivňujících charakter proudění. Prošetřeno bylo také území ve vazbě na zastavěnost, výrazné překážky v podobě neprůtočných plotů nebo zdí a druh vegetačního pokryvu. Z terénního průzkumu vznikla rozsáhlá fotodokumentace [23], která mimo uvedených fotografií ve zprávě je uložena v archivu zpracovatele.

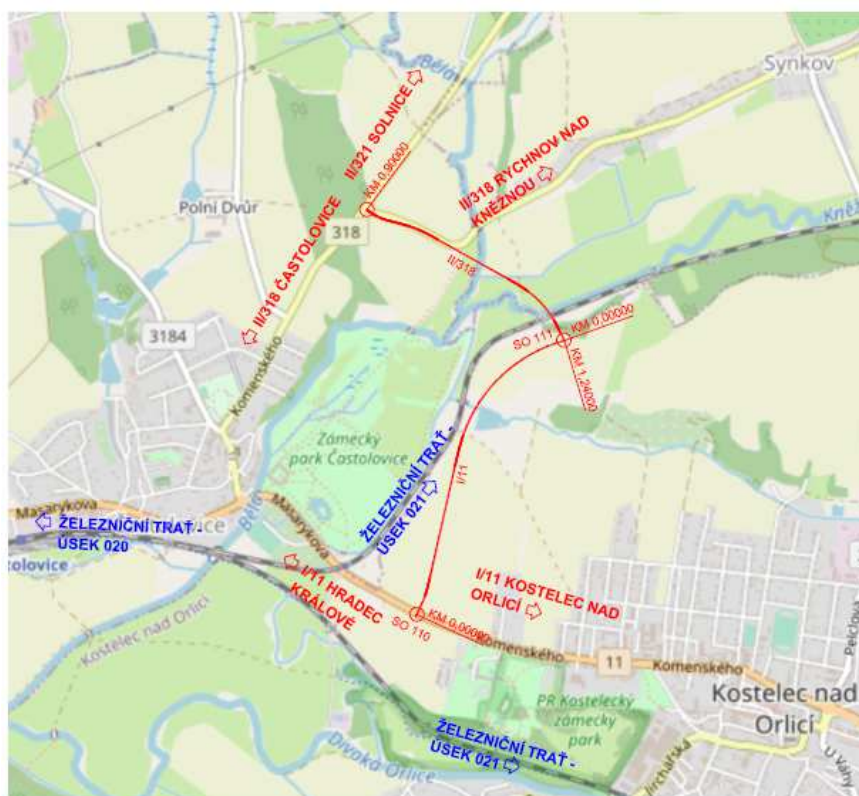
5 NÁVRHOVÝ STAV

Vliv stavby dle původního návrhového řešení na odtokové poměry Kněžné, Bělé a Štědrého potoka byl posouzen podkladem [51]. Posouzení zahrnuje stavební objekty popsané v kapitole 5.1. Odtokové poměry Bělé, Kněžné a Štědrého potoka nebyly stavbou negativně ovlivněny. Výpočty bylo prokázáno přelévání navržené silnice II/318 u mostu na Synkov inundačním průtokem Bělé.

Z důvodu strategické dopravní významnosti obchvatu je řešení aktualizováno o tři nové inundační mosty, které zabrání přelévání obchvatu při průtoku Q_{100} . Objekty jsou popsány v kapitole 5.2. Průtočné rozměry a poloha mostních objektů byly optimalizovány tak, aby nedošlo k výrazné změně úrovně hladiny a bylo zachováno obdobné dělení průtoků mezi koryto Bělé a inundaci v porovnání se stávajícím stavem.

5.1 Původní řešení

Projektová dokumentace stavby obchvatu Častolovice řeší návrh východního obchvatu městyse Častolovice v rozsahu přeložky silnice II/318 s napojením na silnice I/11, II/318 a II/321. Součástí stavby je výstavba 4 úrovnových křižovatek, 4 nových mostních objektů a souvisejících přeložek dopravní a technické infrastruktury. Vizualizace návrhového stavu je patrná z titulní strany posudku, koncepce stavby je zobrazena na Obr. 4.



Obr. 4 Situační výkres širších vztahů [33]

Směrové vedení přeložky silnice SO 101 je vedeno podél železniční trati, kde je umístěno mezi železniční trať a hráz bezejmenné vodní nádrže. Zde přemostňuje SO 202 Štědrý potok. Na konci úseku se napojuje na novou okružní křižovatku SO 111, která bude v budoucnu sloužit pro odpojení na I/11 obchvat Kostece nad Orlicí.

Směrové vedení přeložky silnice SO 102 překračuje estakádou SO 203 železniční trať a řeku Kněžná, pokračuje násypem nad záplavovým územím na most přes řeku Bělá (SO

204), poté se novou stykovou křižovatkou napojuje na stávající silnice II/318 a pokračuje v její stávající trase až do nové okružní křižovatky SO 112, kde se napojuje na II/321.

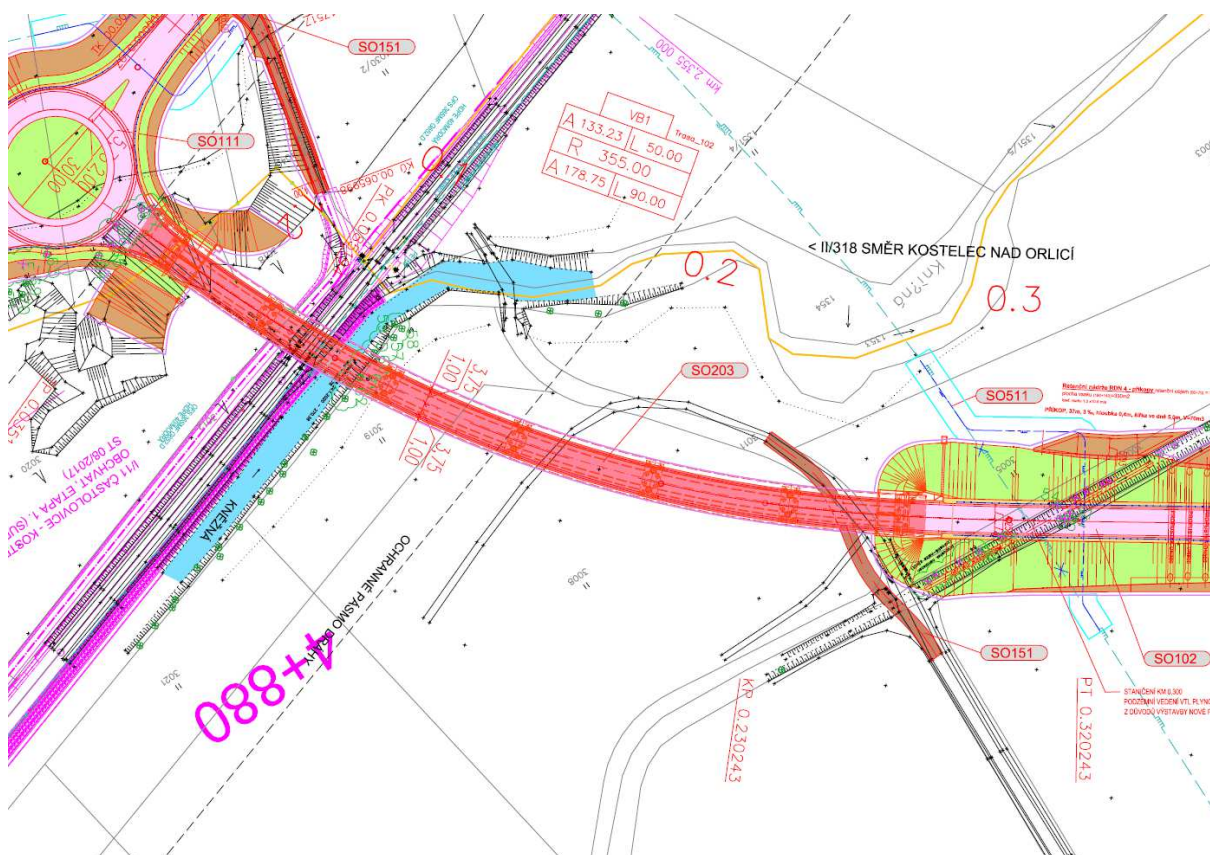
SO 203 – Most přes řeku Kněžná

Počet polí: 6

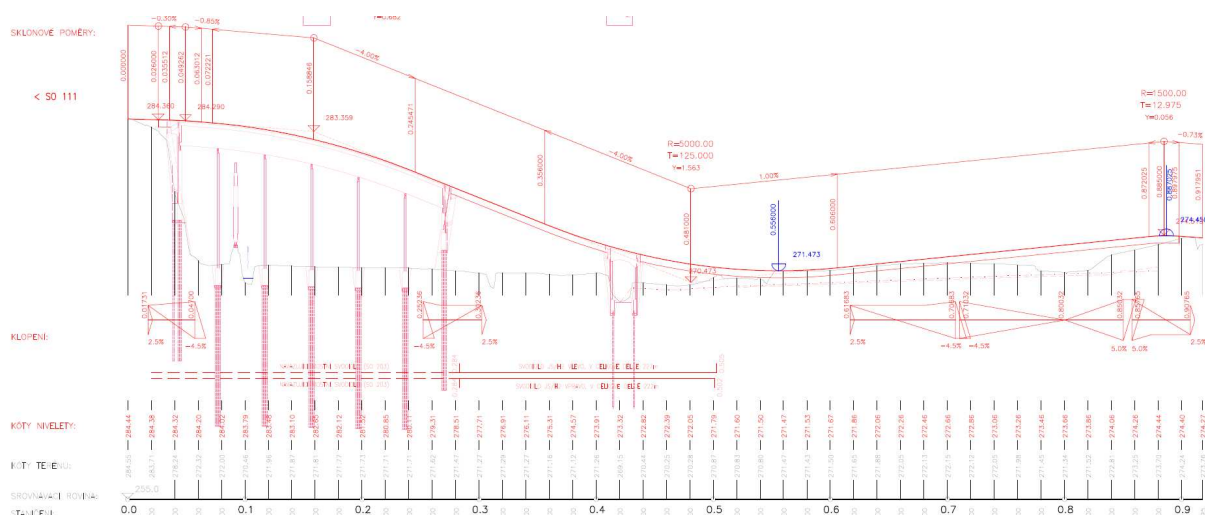
Délka přemostění: 222,00 m

Délka rozpětí pole: $32,00 + 4 \times 40,00 + 32,00 = 224,00$ m

Popis mostu: Účelem mostu je převedení přeložky silnice II/318 přes železniční trať č. 022 Častolovice – Solnice a vodní tok Kněžná s inundačním územím. Most je navržen jako spojitý nosník o 7 polích. Vlastní nosná konstrukce je navržena jako dvoutrámová z dodatečně předpjatého betonu uložena na masivních železobetonových opěrách a štíhlých železobetonových pilířích. U obou opěr je navrženo služební schodiště, terén před opěrami je vysvahován a opevněn lomovým kamenem, ostatní plochy pod mostem se obnoví do původního stavu.



Obr. 5 Situační výkres přemostění Kněžné [35]



Obr. 6 Podélný profil přeložky silnice SO 102 s mosty SO 203 a SO 204 [44]

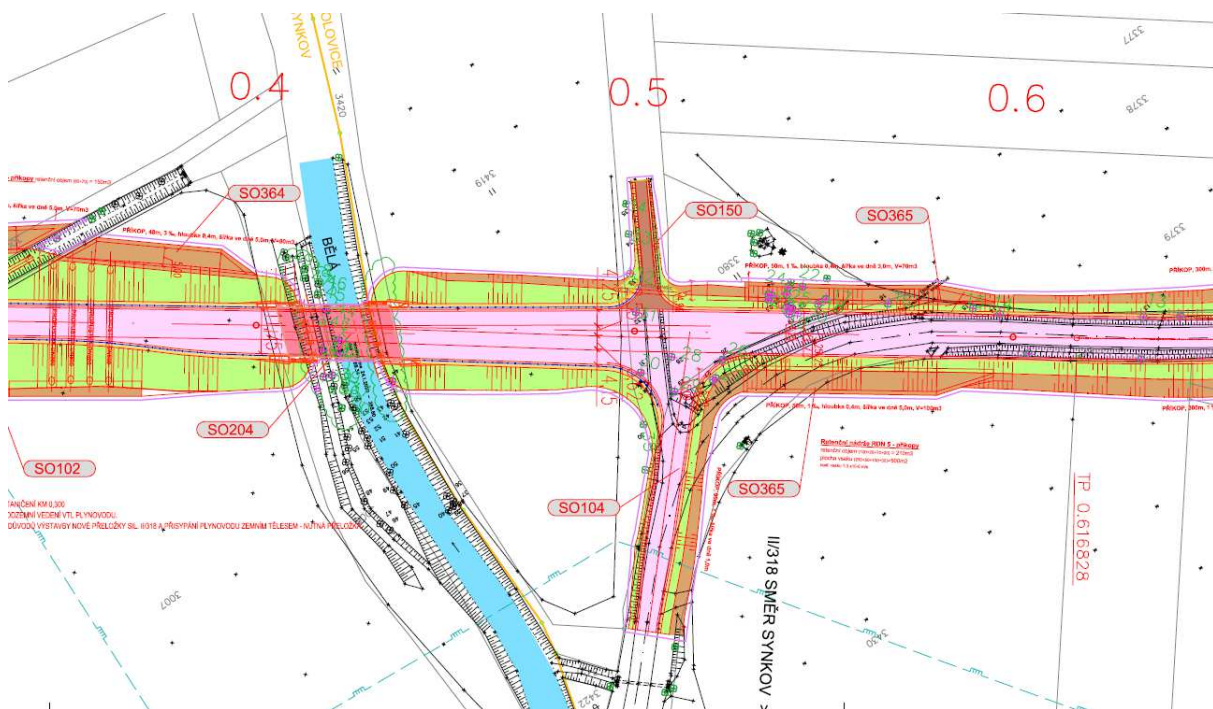
SO 204 – Most přes řeku Bělá

Počet polí: 1

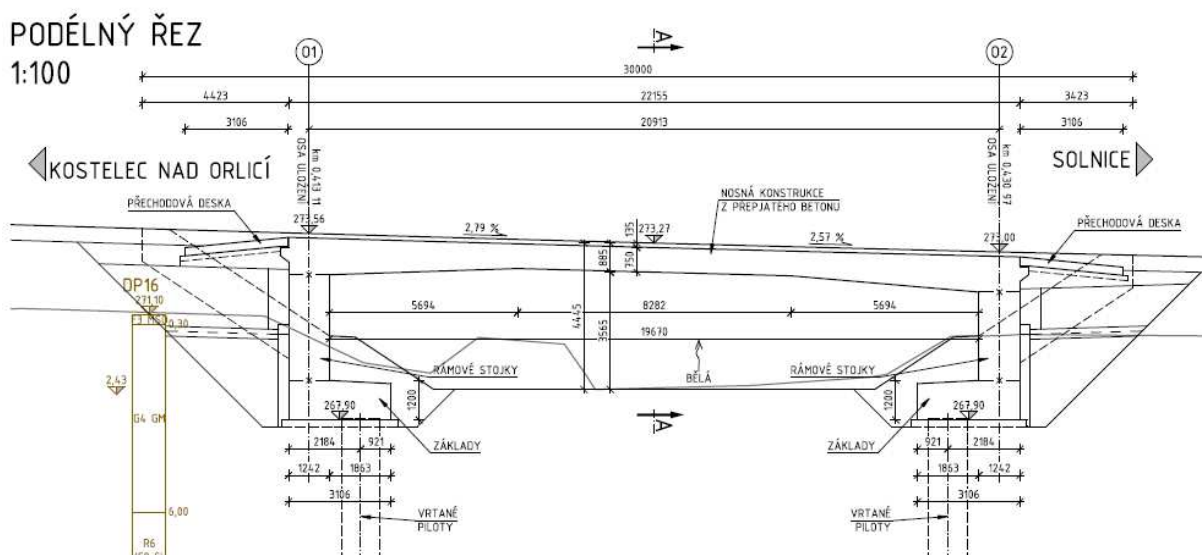
Délka přemostění: 19,67 m

Délka rozpětí pole: 20,91 m

Popis mostu: Účelem mostu je převedení přeložky silnice II/318 přes vodní tok Bělá. Most je navržen jako polorámová konstrukce o jednom poli. Vlastní nosná konstrukce je navržena jako deska z dodatečně předpjatého betonu vetknutá do krajních opěr. U obou opěr je navrženo služební schodiště, terén před opěrami je vysvahován a opevněn lomovým kamenem, ostatní plochy pod mostem se obnoví do původního stavu.



Obr. 7 Situační výkres přemostění Bělé a napojení komunikací [35]



Obr. 8 Příčný řez přemostění SO204 [41]

5.2 Aktualizované řešení

Pro zajištění průtočné výšky inundačních mostů byla niveleta vozovky silnice II/318 přibližně na délce jejího přelévání zvýšena. Zvýšením nivelety se vytvořil prostor pro vložení sérií monolitických železobetonových mostů. Počet, poloha a průtočné rozměry mostů byly optimalizovány tak, aby proudové poměry co nejvíce odpovídaly stávajícímu stavu. Výsledná optimalizace představuje 2 inundační mosty SO205 a SO206 na obchvatu a 1 inundační most SO207 na silnici směrem na Synkov. Umístění inundačních mostů je patrné z Obr. 9.

Na obchvatu byl navrhován pouze jeden širší most ve směru hlavní proudnice inundace, který společně s mostem SO207 zajistil převedení povodňových průtoků bez vlivu na dělení průtoků a změnu úrovně hladiny. Zvětšené rychlosti na výtoku z mostu a tedy erozní účinek proudu přesahoval vzdálenost pro výkup pozemků, proto bylo po konzultacích s objednatelem řešení změněno na dva mosty. Více než dva mosty na obchvatu modelovány nebyly, jelikož hlavní proudnice převádějící většinu průtoku je situována blíže k silnici na Synkov a terén na pravém břehu se postupně zvyšuje, což snižuje efektivní využití případných dalších mostů. Navržené šířky mostů jsou dostatečné proti ucpávání profilů plávím a zlepšují výtokové poměry, kde je erozní účinek proudu vody snížen a více rozptýlen na větší plochu. Poloha mostů je dále omezena umístěním historického vrtu na povodňové straně a limitními návrhovými parametry obchvatu. S ohledem na hlavní proud inundace a zajištění obdobného dělení průtoků jsou mosty šířkově asymetrické.

Mosty jsou navrženy jako polorámové konstrukce o jednom poli. Vlastní nosné konstrukce jsou navrženy jako desky z dodatečně předpjatého betonu vetknuté do krajních opěr. U opěr je terén vysahován a opevněn lomovým kamenem.

SO 205 – inundační most na obchvatě

Počet polí: 1

Průtočná šířka: 15,0 m

Průtočná výška: 2,31 m

Úroveň dolní mostovky: 273,06 m n. m.



Obr. 9 Situační výkres přemostění Bělé s inundačními mosty [52]

SO 206 – inundační most na obchvatě

Počet polí: 1

Průtočná šířka: 10,0 m

Průtočná výška: 2,31 m

Úroveň dolní mostovky: 273,19 m n. m.

SO 207 – inundační most na silnici na Synkov

Počet polí: 1

Průtočná šířka: 18,0 m

Průtočná výška: 1,99 m

Úroveň dolní mostovky: 272,60 m n. m.

6 DVOUROZMĚRNÝ NUMERICKÝ MODEL SOUTOKU BĚLÉ A KNĚŽNÉ

Proudění v zájmovém území bylo simulováno 2D numerickým modelem, který pro plošný charakter a soutok dvou řek dokáže věrohodně simulovat proudění při všech průtokových stavech.

6.1 Programový prostředek

Programový prostředek použitý pro výpočty byl HEC-RAS 6.0.0. Beta 2. Jedná se o prostředek, který umožňuje vytvářet výpočetní sítě, vyhodnocovat a zobrazovat vypočítané výsledky.

Programový prostředek využívá při řešení 2D proudění vody v ortogonálním souřadném systému x, y rovnici spojitosti

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hv_x)}{\partial x} + \frac{\partial(hv_y)}{\partial y} + q = 0,$$

kde H je úroveň hladiny, t je čas, h je hloubka vody, v_x je rychlost ve směru x , v_y je rychlost ve směru y a q je odběr nebo zdroj vody.

Navier-Stokesovy rovnice se zanedbáním vertikální složky rychlosti jsou popsány rovnicemi mělkého proudu

$$\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial x} + \nu_t \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} \right) - c_f v_x + f v_y,$$

$$\frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial y} + \nu_t \left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} \right) - c_f v_y + f v_x,$$

kde g je tíhové zrychlení, ν_t je turbulentní viskozita, c_f je třecí součinitel a f je Coriolisův parametr.

Turbulentní viskozita ν_t je definována

$$\nu_t = D h u_* + (C_s \Delta)^2 |\bar{S}|,$$

kde D je matice součinitele modelu turbulence, u_* je třecí rychlost, C_s je Smagorinského součinitel, Δ je velikost výpočtového prvku a $|\bar{S}|$ je poměr změny rychlosti. První součin vpravo popisuje model proudění, které je ovlivněno třením o dno. Druhý součin zohledňuje v modelu proudění ovlivněné vodorovnými třecími silami, např. v místech pevných překážek. Matice součinitele modelu turbulence je složena z dílčích součinitelů modelu turbulence D_L a D_T popisujících vliv podélné a příčné složky součinitele turbulence. V modelu je zadán izotropní model turbulence, kde $D_L = D_T = 0,5$. $C_s = 0$.

Třecí součinitel c_f je

$$c_f = \frac{n^2 g |\mathbf{v}|}{R^{4/3}},$$

v němž n je součinitel drsnosti (Manning), \mathbf{v} je hodnota vektoru rychlosti a R je hydraulický poloměr.

Coriolisův parametr f zahrnuje Coriolisovy síly v horizontální rovině, kde v důsledku rotace Země dochází k zakřivení trajektorie pohybu tělesa. V modelu byl parametr zanedbán. Jeho vliv lze připustit u nádrží, pokud je hloubka vody v porovnání k ploše velká.

$$f = 2\omega \sin \varphi,$$

kde ω je úhlová rychlost zemské rotace a φ je zeměpisná šířka.

K diskretizaci řídicích rovnic je použita metoda konečných objemů, což umožňuje použití strukturované i nestrukturované výpočetní sítě od čtyřúhelníkových až po osmiúhelníkové prvky. Program pro zkrácení výpočetního času využívá přístup subgridní batymetrie dna, kdy lze použít hrubší výpočetní síť. Pro výpočetní prvky sítě jsou předem stanoveny závislosti hydraulického poloměru, průřezové plochy a objemu na hloubce zaplavení.

Proudění mosty je řešeno konceptem 2D. Tlakové proudění mostními profily bylo automaticky řešeno zavedením skupin konsumpčních křivek a řešením upravených pohybových rovnic. Ztráty třením, rozdíly tlaku a složky prostorového zrychlení jsou převzaty z rozdílů úrovní hladin ze skupin konsumpčních křivek. Přepočtené síly jsou rozděleny po výpočtových prvcích v mostním profilu dle hodnoty převáděného průtoku.

6.2 Sestavení hydrodynamického modelu

6.2.1 Rozsah modelu

Podélný rozsah modelu je od ř. km Bělé 2,2 do 3,7 a Kněžné od ř. km 0,0 do 1,3. Nátok Bělé je ohraničen silničním tělesem a mostem. Nátok Kněžné je určen šířkou inundace. Konec modelu je ukončen v zámeckém parku.

6.2.2 Schematizace výpočtové sítě

Celá výpočtová oblast je tvořena sítí 33 531 prvků od čtyřúhelníkových tvarů po osmiúhelníkové. Pro koryta toků, většinu cest a inundační území byla použita strukturovaná síť, pro ostatní území byla použita nestrukturovaná síť. 2D byly zohledněny mostní pilíře a mostní opěry. Proudění hydraulicky málo významnými propustky nebylo řešeno, uvažovalo se s jejich ucpáním plávlím. Síť byla v oblasti rodinných domů, pilířů a mostů zhuštěna.

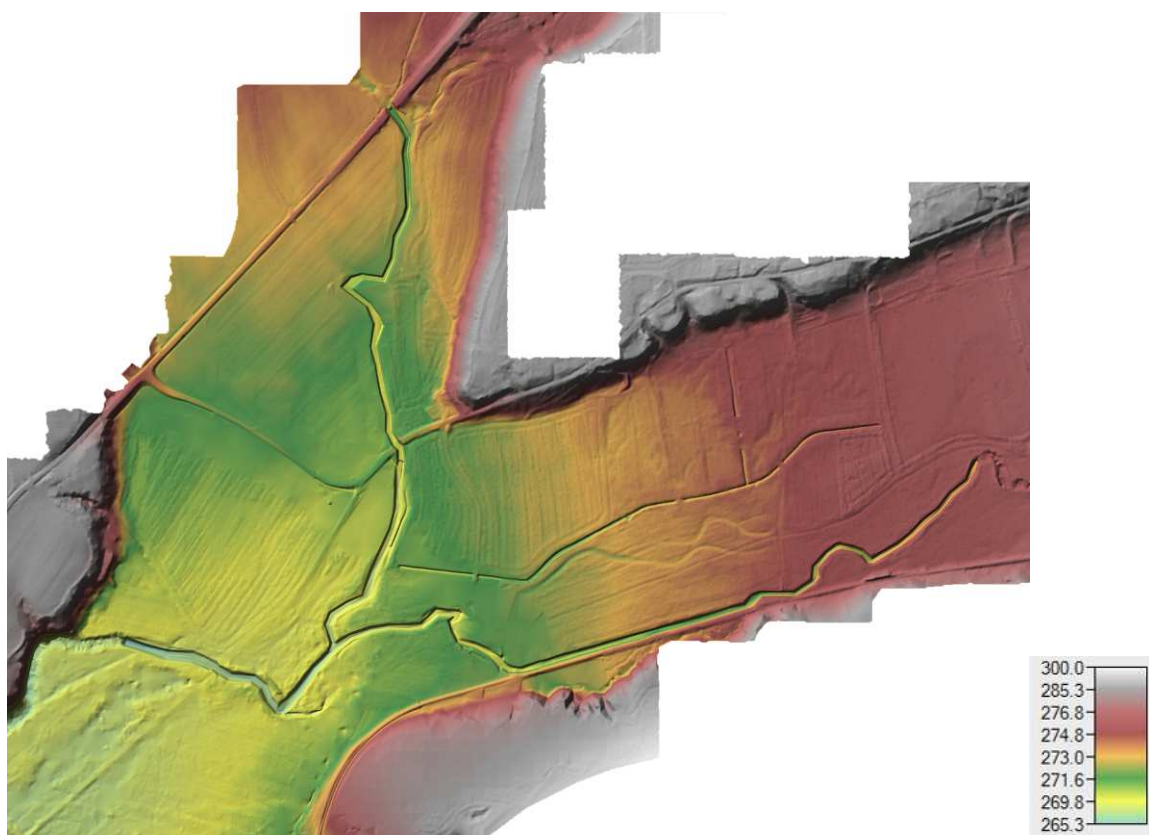


Obr. 10 Schematizace výpočetní sítě – SS

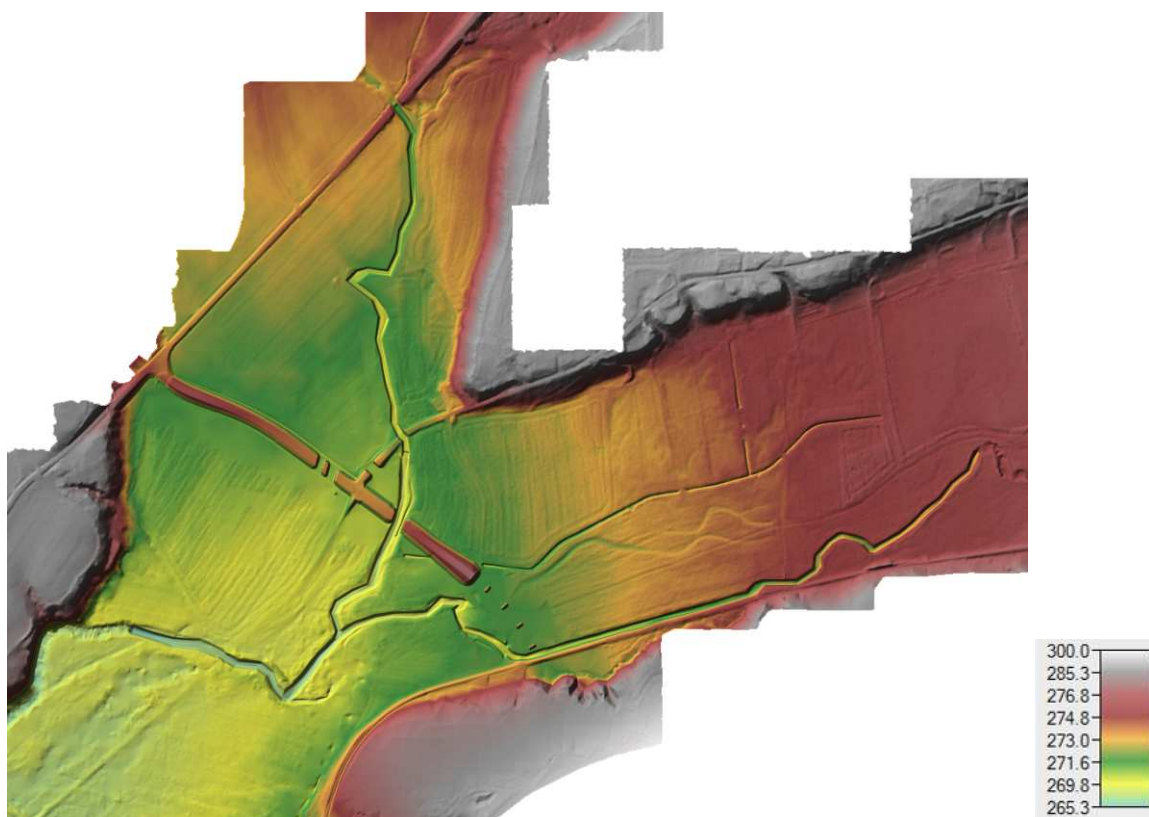
6.2.3 Geometrie

Podkladem pro sestavení numerických modelů je digitální model terénu (DMT). DMT stávajícího stavu (SS) byl vyhotoven sloučením geodetických zaměření [24], [50] a DMR 5G [21], viz Obr. 11. V místech sloučení byla provedena úprava sítě, aby přechod byl plynulý.

DMT návrhového stavu (NS) byl zhotoven zahrnutím návrhových opatření v podobě 3D křivek do DMT stávajícího stavu, viz Obr. 12.



Obr. 11 DMT – SS



Obr. 12 DMT – NS

6.2.4 Materiálové vlastnosti

Rozdělení oblasti dle typu drsnosti povrchu a hodnoty součinitele drsnosti bylo stanoveno dle ortofoto snímku a pochůzky terénu. Plošné rozdělení typů drsností je zobrazeno na následujících obrázcích. V případě stavebních objektů, které jsou zaplaveny a nedochází k proudění vody, byl zadán součinitel drsnosti $n = 99$. Hodnoty součinitelů drsností jsou konstantní, nejsou proměnné v závislosti na hloubce zaplavení.



Obr. 13 Materiálové vlastnosti – SS



Obr. 14 Materiálové vlastnosti – NS

Tab. 2 Hodnoty součinitelů drsnosti uvažovaných ve výpočtech

Typ povrchu (označení v modelu)	Hodnota
Břehy Bělá (beh bela levý, břeh bela pravý)	0,060
Břehy Kněžná (břeh kněžna levý, břeh kněžna pravý)	0,070
Dno Bělá (dno bela)	0,032
Dno Kněžná (dno kněžna)	0,036
Dlažby inundačních mostů	0,025
Les (les)	0,120
Louka (louka)	0,045
Pole (pole)	0,050
Příkop (příkop)	0,080
Přítok (přítok)	0,060
Silnice (komunikace - asfalt)	0,018
Štěrková cesta (cesta - sterka)	0,036
Zastavěné území (zastavěné území)	0,500
Železnice (železnice)	0,030

6.2.5 Podmínky jednoznačnosti

Za horní okrajové podmínky byly brány hodnoty N-letých průtoků (kap. 4.3) pro Q_{100} . S ohledem na hydrologické stanovení hodnot průtoků a malou pravděpodobnost souběžného výskytu povodní stejné N-letosti byly simulovány dva scénáře:

- Bělá: průtok v Bělé $Q_{100} = 97,3 \text{ m}^3/\text{s}$, průtok v Kněžné doplněk $20,7 \text{ m}^3/\text{s}$ do průtoků Q_{100} pod soutokem;
- Kněžná: průtok v Kněžné $Q_{100} = 74,5 \text{ m}^3/\text{s}$, průtok v Bělé doplněk $43,5 \text{ m}^3/\text{s}$ do průtoků Q_{100} pod soutokem.

Za dolní okrajovou podmínku (DOP) byl zadán sklon čáry energie, který byl aproximován sklonem hladiny při říčním proudění. Sklon čáry energie byl ověřen citlivostní analýzou změny hodnoty sklonu na úroveň hladiny a tedy určení vlivu dosahu DOP.

Počítáno bylo ustálené proudění s využitím řešiče simulujícího neustálené proudění. Počáteční podmínkou proto byl suchý terén.

6.2.6 Parametry simulace

V zadání parametrů výpočtu byl specifikován způsob výpočtu, vlastnosti hranic, vstupní soubory dat, konvergenční kritéria, výstupní soubory dat atd. Délka výpočtového kroku použitá při výpočtech byla nastavena tak, aby výpočet byl stabilní. Uvedené definuje hodnota Courantova kritéria pro stabilitu výpočtu, a aby rezidua byla dostatečně malá. Hodnota časového kroku byla v průběhu výpočtu automaticky nastavována v závislosti na aktuálním Courantově kritériu a základním časovém kroku. Na základě testů stability bylo stanoveno, že vhodným základním časovým krokem pro řešení rovnic mělkého proudu, tzv. full momentum, je $0,5 \text{ s}$.

Na základě testů ustálenosti proudění bylo stanoveno, že celková doba výpočtu pro ustálený stav byla 3 hodiny. Po 3 hodinách se nemění úroveň hladiny a rozsah rozlivu v celé oblasti.

6.2.7 Kalibrace a verifikace modelu

Kalibrace modelu nebyla z důvodu chybějících povodňových značek provedena. Verifikace modelu byla ověřena pouze vizuálně dle rozsahu a průběhu historických záplav. V inundacích je vytvářeno více proudnic, dochází k přelévání silnice II/318 Častolovice – Synkov, vyběžená voda z Kněžné zaplavuje celé inundační území. Výsledky modelu odpovídají rozsahu historických záplav.

7 VÝSLEDKY NUMERICKÝCH MODELŮ

Výsledky v podobě map hloubek, map rychlostí a úrovní hladin jsou dokládány v mapových přílohách. Mapy byly vyhotoveny pro stávající a návrhový stav (aktualizovaný). S ohledem na hydrologické stanovení hodnot průtoku a malou pravděpodobnost souběhu povodní stejné N-letosti byly simulovány dva scénáře:

- Bělá: průtok v Bělé Q_{100} , průtok v Kněžné doplněk;
- Kněžná: průtok v Kněžné Q_{100} , průtok v Bělé doplněk.

Pro vyhodnocení vlivu stavby obchvatu na odtokové poměry Bělé a Kněžné byly zpracovány rozdílové mapy hloubek a rychlostí.

Seznam mapových příloh:

B.1.	Stávající stav - Bělá	
B.1.1.	Mapa hloubek - Bělá, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.1.2.	Mapa rychlostí - Bělá, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.1.3.	Mapa úrovní hladiny - Bělá, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.2.	Stávající stav - Kněžná	
B.2.1.	Mapa hloubek - Kněžná, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.2.2.	Mapa rychlostí - Kněžná, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.2.3.	Mapa úrovní hladiny - Kněžná, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.3.	Návrhový stav - Bělá	
B.3.1.	Mapa hloubek - Bělá, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.3.2.	Mapa rychlostí - Bělá, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.3.3.	Mapa úrovní hladiny - Bělá, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.4.	Návrhový stav - Kněžná	
B.4.1.	Mapa hloubek - Kněžná, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.4.2.	Mapa rychlostí - Kněžná, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.4.3.	Mapa úrovní hladiny - Kněžná, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.5.	Rozdílové mapy - Bělá	
B.5.1.	Rozdílová mapa hloubek - Bělá, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.5.2.	Rozdílová mapa rychlostí - Bělá, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.6.	Rozdílové mapy - Kněžná	
B.6.1.	Rozdílová mapa hloubek - Kněžná, Q_{100}	M 1 : 5 000
B.6.2.	Rozdílová mapa rychlostí - Kněžná, Q_{100}	M 1 : 5 000

7.1.1 Záplavová čára pro průtok Q_{100}

Záplavová čára tvoří obalovou křivku mapám hloubek, rychlostí a úrovní hladiny. Zobrazuje maximální rozsah povodně pro daný průtok.



Obr. 15 Definice záplavové čáry rozlivu Q_{100}

7.1.2 Mapy hloubek pro průtok Q_{100}

Podstatou zpracování map hloubek je určení prostorového rozdělení hloubek uvnitř záplavového území. Mapy hloubek jsou doplněny o příslušnou záplavovou čáru a jsou zobrazeny na podkladě ortofoto mapy v měřítku 1 : 5 000.

Hloubka vody [m]

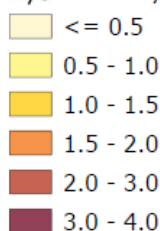


Obr. 16 Definice barev a intervalů pro mapy hloubek

7.1.3 Mapy rychlostí pro průtok Q_{100}

Podstatou zpracování map rychlostí je určení prostorového rozdělení rychlostí uvnitř záplavového území. Mapa je doplněna vektory rychlosti, které naznačují směr proudění a poměrovou hodnotu rychlosti. Vektory jsou vyobrazeny pro rychlosti větší než 0,3 m/s. Mapy rychlostí jsou doplněny o příslušnou záplavovou čáru a jsou zobrazeny na podkladě ortofoto mapy v měřítku 1 : 5 000.

Rychlost vody [m/s]

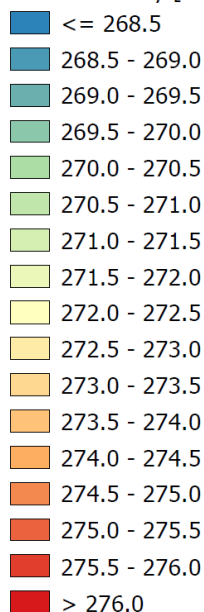


Obr. 17 Definice barev a intervalů pro mapy rychlostí

7.1.4 Mapy úrovní hladiny pro průtok Q_{100}

Podstatou zpracování map úrovní hladiny je určení prostorového rozdělení úrovní hladiny uvnitř záplavového území. Mapy úrovní hladiny jsou doplněny o příslušnou záplavovou čáru a jsou zobrazeny na podkladě ortofoto mapy v měřítku 1 : 5 000.

Úroveň hladiny [m n. m.]

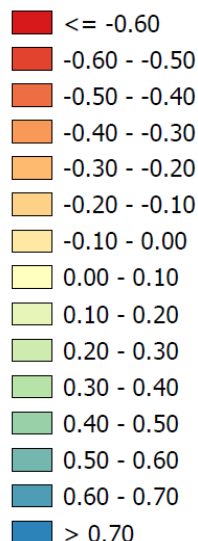


Obr. 18 Definice barev a intervalů pro mapy úrovní hladiny

7.1.5 Rozdílové mapy hloubek pro průtok Q_{100}

Podstatou zpracování rozdílových map hloubek je určení prostorové změny hloubek vyvolané návrhovým stavem. Rozdíl hloubek byl vyhodnocen jako rozdíl hloubek návrhového a stávajícího stavu. Kladná hodnota rozdílu hloubky představuje zvětšení hloubky oproti stávajícímu stavu. Záporná hodnota rozdílu hloubky představuje zmenšení hloubky oproti stávajícímu stavu. Rozdílové mapy hloubek jsou doplněny o záplavovou čáru stávajícího stavu, kde lze přímo porovnat změny rozsahu záplavy. Mapy jsou zobrazeny na podkladě ortofoto mapy v měřítku 1 : 5 000.

Rozdíl hloubek vody [m]

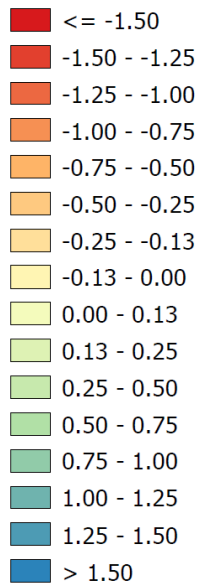


Obr. 19 Definice barev a intervalů pro rozdílové mapy hloubek

7.1.6 Rozdílové mapy rychlostí pro průtok Q_{100}

Podstatou zpracování rozdílových map rychlostí je určení prostorové změny rychlostí vyvolané návrhovým stavem. Rozdíl rychlostí byl vyhodnocen jako rozdíl rychlostí návrhového a stávajícího stavu. Kladná hodnota rozdílu rychlosti představuje zvětšení rychlosti oproti stávajícímu stavu. Záporná hodnota rozdílu rychlosti představuje zmenšení rychlosti oproti stávajícímu stavu. Rozdílové mapy rychlostí jsou doplněny o záplavovou čáru stávajícího stavu, kde lze přímo porovnat změny rozsahu záplavy. Mapy jsou zobrazeny na podkladě ortofoto mapy v měřítku 1 : 5 000.

Rozdíl rychlosti vody [m/s]



Obr. 20 Definice barev a intervalů pro rozdílové mapy rychlostí

8 VYHODNOCENÍ ODTOKOVÝCH POMĚRŮ

S ohledem na hydrologické stanovení hodnot průtoku a malou pravděpodobnost souběhu povodní stejné N-letosti byly simulovány dva scénáře:

- Bělá: průtok v Bělé Q_{100} , průtok v Kněžné doplněk;
- Kněžná: průtok v Kněžné Q_{100} , průtok v Bělé doplněk.

Při povodňovém průtoku Q_{100} v Bělé jsou ve stávajícím stavu mezi silnicemi II/318 a II/321 zaplaveny přilehlé zemědělské pozemky. Proudění v silničním mostu silnice II/318 Častolovice - Synkov je tlakové a v pravé inundaci dochází k přelévání vozovky. Rodinné domy u silnice jsou ochráněny zídka plotu až na výjimku zahradních domků. Rodinný dům umístěný v levé inundaci Bělé je zaplaven. Za mostem voda proudí v korytě toku a v pravé inundaci souběžně s cestou k zámeckému parku. Rozsah záplavy Kněžné není výrazný, voda je udržována převážně v korytě a v pravé inundaci je vytvořeno několik drobných proudů pravděpodobně v místech historické tresy toku. Pod soutokem Bělé a Kněžné se voda z pravé inundace Bělé vlévá zpět do koryta a je vytvořen proud směrem do zámeckého parku. Most pod soutokem u zámeckého parku je v tlakovém režimu proudění. Výsledky viz mapové přílohy B.1.

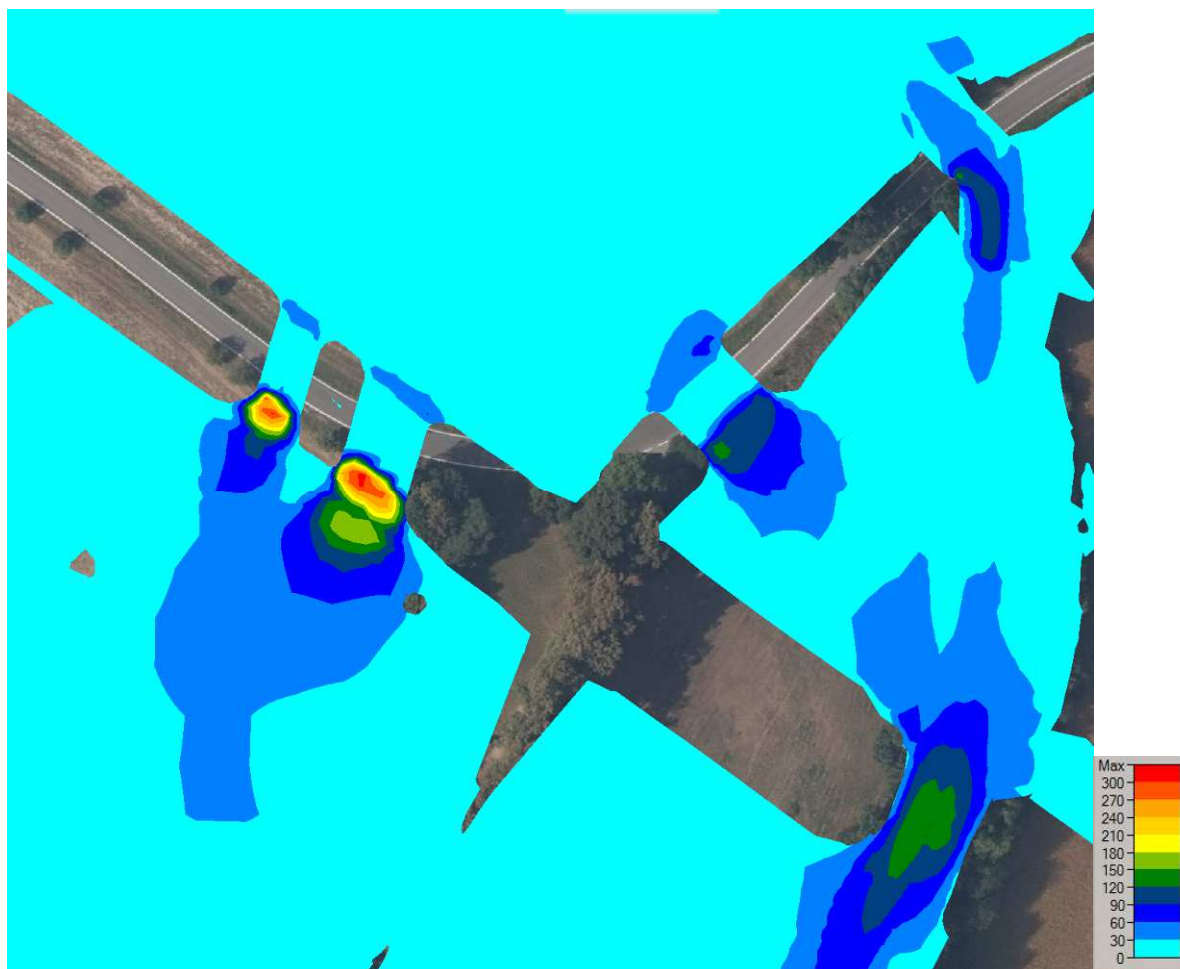
V návrhovém stavu je dosaženo téměř totožných rozlivů jako v případě stávajícího stavu. Největší rozdíl je dosažen v místě původně přelévané vozovky. Inundačními mosty je převeden průtok Q_{100} bez přelití vozovky. Proud je inundačními mosty dělen dále do inundace a do profilu mostu SO 204. Úroveň hladiny na nátoku do mostu je 271,20 m n. m., proudění je o volné hladině. Mezi mostem SO 204 a silnicí II/318 na Synkov je oproti stávajícímu stavu zvýšena úroveň hladiny o 0,4 m, na výtoku ze stávajícího mostu o 0,15 m. V korytě je vlivem zvětšené hloubky zmenšena rychlost proudění. Dělení průtoku mezi dva hlavní proudy (1. proud = inundační mosty pod obchvatem SO 205 a SO 206 a 2. proud = most SO 204) je v poměru 1:1,53. Přičemž inundační mosty SO 205 a SO 206 převedou 38,4 m³/s, což je o necelé 1% méně než v porovnání se stávajícím stavem při přelévání silnici. Kromě míst za silničním tělesem obchvatu, kde voda oproti stávajícímu stavu neproudí, jsou rozdíly úrovně hladiny v porovnání se stávajícím stavem v rozmezí hodnot od +0,05 m do -0,05 m. V inundaci před zámeckým parkem je rozdíl do -0,02 m. Rozdíly úrovně hladiny v inundaci Kněžné jsou od +0,02 do -0,02 m, lokálně u násypového tělesa obchvatu +0,05. Výsledky viz mapové přílohy B.3. a B.5.

Soustava navržených mostů koncentruje proud vody a vlivem erozní činnosti narušuje povrchy území. Vliv erozní činnosti je vyhodnocen smykovými napětími na Obr. 21. Dle využití území jsou povrchy různě odolné. Travní směs s méně hustým travním kobercem je odolná pro oblasti s hodnotou smykového napětí do 48 Pa [54]. V oblasti tmavě modré výseče s hodnotou smykového napětí do 90 Pa je po přepočtu Shieldsova kritéria [53] zajištěna stabilita pro kamenný zához o minimální velikosti středního rozměru kamene 0,13 m (hmotnost kamene 3 kg). V oblastech největšího namáhání s hodnotou smykového napětí 300 Pa je stabilita zajištěna pro kámen se středním rozměrem větším než 0,43 m (hmotnost kamene 110 kg).

Při povodňovém průtoku Q_{100} v Kněžné voda proudí po celé šířce inundace s hloubkou vody do 0,5 m. Silnice II/318 je přelévána v menším rozsahu než v případě scénáře Q_{100} v Bělé. Charakter proudění pod soutokem je obdobný jako v případě scénáře Q_{100} v Bělé. Výsledky viz mapové přílohy B.2.

V návrhovém stavu je dosaženo totožných rozlivů Kněžné jako v případě stávajícího stavu. Došlo ke zmenšení rozlivu Bělé nad silnicí II/318 z důvodu zkapacitnění inundačními

mosty. Rozdíly úrovně hladiny v inundaci Kněžné jsou oproti stávajícímu stavu totožné, rozdíly jsou do $\pm 0,01$ m. Nejvýraznější změny jsou dosaženy u silničního tělesa obchvatu. Mezi estakádou SO 203 a soutokem se úroveň hladiny Kněžné zvýšila maximálně o $+0,06$ m. V inundaci Bělé nad obchvatem jsou dosaženy rozdíly úrovně hladiny v rozsahu hodnot od $+0,02$ do $-0,28$ m (před inundačními mosty). Pod obchvatem se úroveň hladiny v inundaci snížila o $-0,02$ m. V prostoru mezi mostem SO 204 a mostem silnice II/318 došlo ke zvýšení hladiny o $+0,28$ m. Změny rychlostí jsou patrné pouze v úplavech pilířů. Výsledky viz mapové přílohy B.4. a B.6.



Obr. 21 Mapa smykových napětí (Pa) – NS, Bělá Q_{100}

9 ZÁVĚR

Pro posouzení vlivu stavby „II/318, Častolovice, obchvat“ na odtokové poměry vodních toků Bělé a Kněžné byl zhotoven 2D numerický model stávajícího s návrhového stavu.

Optimalizací počtu, polohy a rozměrů inundačních mostů bylo zajištěno nepřelévání vozovky obchvatu při Q_{100} s volným prostorem mezi hladinou a dolní mostovkou min. 0,58 m (SO 207). Optimalizace byla provedena tak, aby proudové poměry co nejvíce odpovídaly stávajícímu stavu. Poměr dělení průtoku při Q_{100} v Bělé je oproti stávajícímu stavu do 1%.

Byla zvýšena průtočnost inundačního území Bělé nad obchvatem, kde stávající most není kapacitně vyhovující. Nově je třeba počítat, že vlivem zprůtočnění inundačními mosty bude pravobřežní inundace častěji zaplavována, jelikož stávající komunikace a nekapacitní most vytvářely určitý inundační prostor a transformovaly tak povodně s malou N-letostí.

Maximální rychlosti v profilech mostů dosahují hodnoty 3 m/s, pro opevnění je doporučena kamenná dlažba do betonu. Výtoky a nátoky inundačních mostů v rozsahu dle Obr. 21 doporučuji od hodnoty smykového napětí 60 Pa opevnit kamenným záhozem. Pro sjednocení velikosti kamenů a zajištění stability doporučuji hmotnost kamenného záhozu min. 200 kg. Kamenný zához bude disipovat mechanickou energii proudu a dojde k většímu snížení erozního účinku.

Ačkoliv výtok z inundačních mostů je směřován co nejvíce mimo stávající vrt, jsou dosaženy rychlosti u pláště 1 m/s. Doporučuji zhlaví vrtu zabezpečit ochrannou betonovou zdí.

Vzájemným porovnáním výsledků byly vyhodnoceny odtokové poměry celého posuzovaného území. Odtokové poměry Bělé a Kněžné nebudou stavbou negativně ovlivněny. Změna úrovně hladiny nebude výrazná. Nedojde ke zvětšení rozsahu záplavy.

V Rybitví, 19. května 2021
Ing. Ladislav Roušar, Ph.D.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Přehledná mapa zájmového území s aktuálně stanovenými rozlivy [22]	7
Obr. 2 Odstraňování spláví na lávce u zámeckého parku (povodeň 24. 6. 1997) [32]	8
Obr. 3 Silnice Častolovice - Synkov (povodeň 22. 7. 2011) [25]	8
Obr. 4 Situační výkres širších vztahů [33]	10
Obr. 5 Situační výkres přemostění Kněžné [35]	11
Obr. 6 Podélný profil přeložky silnice SO 102 s mosty SO 203 a SO 204 [44]	12
Obr. 7 Situační výkres přemostění Bělé a napojení komunikací [35]	12
Obr. 8 Příčný řez přemostění SO204 [41]	13
Obr. 9 Situační výkres přemostění Bělé s inundačními mosty [52]	14
Obr. 10 Schematizace výpočetní sítě – SS	17
Obr. 11 DMT – SS	18
Obr. 12 DMT – NS	18
Obr. 13 Materiálové vlastnosti – SS	19
Obr. 14 Materiálové vlastnosti – NS	20
Obr. 15 Definice záplavové čáry rozlivu Q_{100}	23
Obr. 16 Definice barev a intervalů pro mapy hloubek	23
Obr. 17 Definice barev a intervalů pro mapy rychlostí	23
Obr. 18 Definice barev a intervalů pro mapy úrovní hladiny	24
Obr. 19 Definice barev a intervalů pro rozdílové mapy hloubek	24
Obr. 20 Definice barev a intervalů pro rozdílové mapy rychlostí	25
Obr. 21 Mapa smykových napětí (Pa) – NS, Bělá Q_{100}	27
Obr. 22 Pohled po proudu na silniční most silnice II/321 Častolovice-Solnice, ř. km 3,7	31
Obr. 23 Pohled z pravého břehu na silniční těleso II/321 Častolovice-Solnice, ř. km 3,7	31
Obr. 24 Pohled po proudu, ř. km 3,68	31
Obr. 25 Pohled proti proudu, ř. km 3,3	31
Obr. 26 Pohled proti proudu na levou inundaci a rodinný dům, ř. km 3,16	31
Obr. 27 Pohled na levou inundaci a rodinný dům, ř. km 3,05	31
Obr. 28 Pohled proti proudu na levou inundaci, ř. km 3,05	32
Obr. 29 Pohled na pravou inundaci od křižovatky silnic II/321 a II/318	32
Obr. 30 Pohled proti proudu na most, ř. km 3,0	32
Obr. 31 Pohled na levý břeh a stupeň ze štětovnic, ř. km 2,98	32
Obr. 32 Pohled proti proudu na levou inundaci a silnici II/318 Častolovice-Synkov, ř. km 3,01	32
Obr. 33 Pohled na sjezd a cestu k zámeckému parku, ř. km 3,01	32
Obr. 34 Pohled po proudu na pravou inundaci, ř. km 3,01	33
Obr. 35 Pohled na levou inundaci Bělé a proti proudu Kněžné, ř. km 2,9	33
Obr. 36 Pohled po proudu, ř. km 2,86	33
Obr. 37 Pohled po proudu, ř. km 2,72	33
Obr. 38 Pohled po proudu na soutok Bělé a Kněžné, ř. km 2,64	33
Obr. 39 Pohled proti proudu na soutok Bělé a Štědrého potoka, ř. km 2,52	33
Obr. 40 Pohled po proudu, ř. km 2,46	34
Obr. 41 Pohled po proudu a most v parku	34
Obr. 42 Pohled proti proudu na pravou inundaci, ř. km 1,0	34
Obr. 43 Pohled po proudu na pravou inundaci, ř. km 1,0	34
Obr. 44 Pohled proti proudu, ř. km 0,94	34
Obr. 45 Pohled proti proudu na most, ř. km 0,89	34
Obr. 46 Pohled proti proudu, ř. km 0,7	35

Obr. 47 Pohled po proudu, ř. km 0,23	35
--	----

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 N-leté průtoky [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	9
Tab. 2 Hodnoty součinitelů drsnosti uvažovaných ve výpočtech	20

PŘÍLOHA A - FOTODOKUMENTACE

Bělá, ř. km 2,2-3,7



Obr. 22 Pohled po proudu na silniční most silnice II/321 Častolovice-Solnice, ř. km 3,7



Obr. 23 Pohled z pravého břehu na silniční těleso II/321 Častolovice-Solnice, ř. km 3,7



Obr. 24 Pohled po proudu, ř. km 3,68



Obr. 25 Pohled proti proudu, ř. km 3,3



Obr. 26 Pohled proti proudu na levou inundaci a rodinný dům, ř. km 3,16



Obr. 27 Pohled na levou inundaci a rodinný dům, ř. km 3,05



Obr. 28 Pohled proti proudu na levou inundaci, ř. km 3,05



Obr. 29 Pohled na pravou inundaci od křižovatky silnic II/321 a II/318



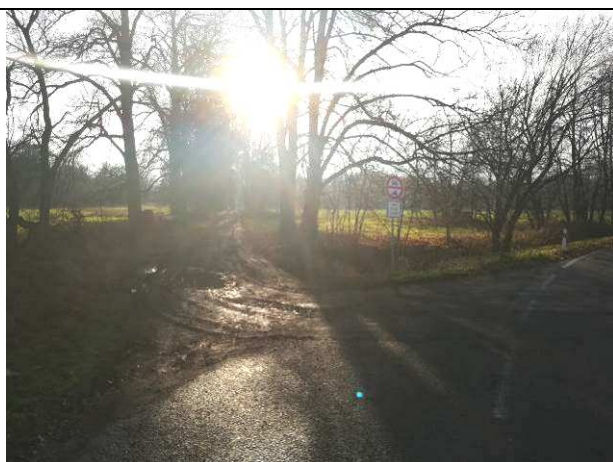
Obr. 30 Pohled proti proudu na most, ř. km 3,0



Obr. 31 Pohled na levý břeh a stupeň ze štětovic, ř. km 2,98



Obr. 32 Pohled proti proudu na levou inundaci a silnici II/318 Častolovice-Synkov, ř. km 3,01



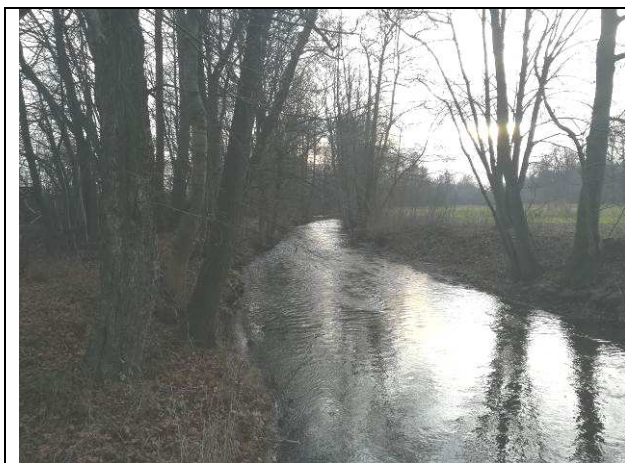
Obr. 33 Pohled na sjezd a cestu k zámeckému parku, ř. km 3,01



Obr. 34 Pohled po proudu na pravou inundaci, ř. km 3,01



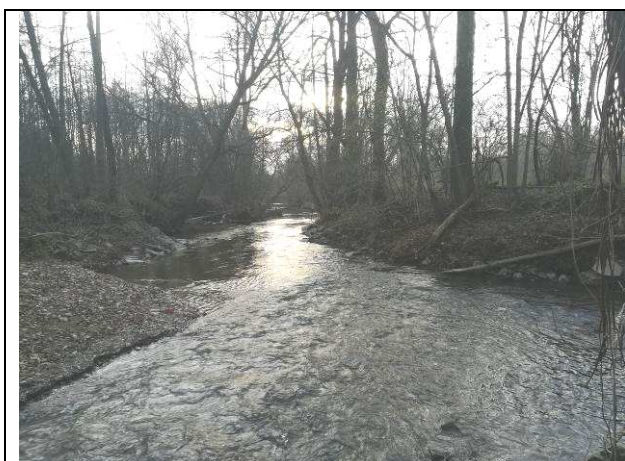
Obr. 35 Pohled na levou inundaci Bělé a proti proudu Kněžné, ř. km 2,9



Obr. 36 Pohled po proudu, ř. km 2,86



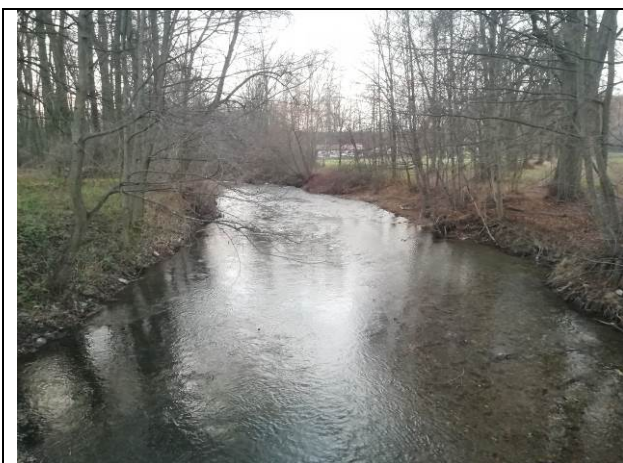
Obr. 37 Pohled po proudu, ř. km 2,72



Obr. 38 Pohled po proudu na soutok Bělé a Kněžné, ř. km 2,64



Obr. 39 Pohled proti proudu na soutok Bělé a Štědrého potoka, ř. km 2,52



Obr. 40 Pohled po proudu, ř. km 2,46



Obr. 41 Pohled po proudu a most v parku, ř. km 2,39

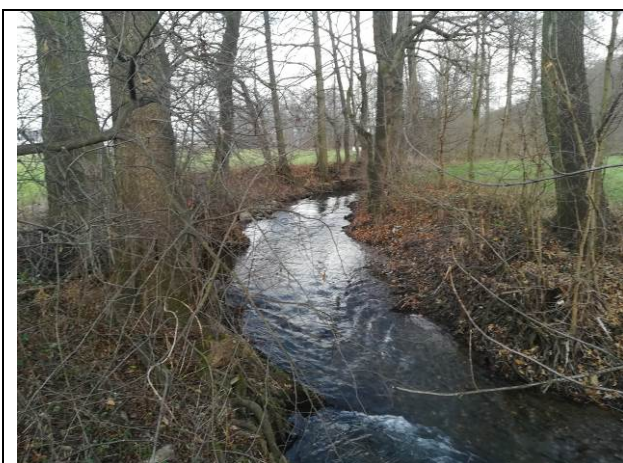
Kněžná, ř. km 2,2-3,7



Obr. 42 Pohled proti proudu na pravou inundaci, ř. km 1,0



Obr. 43 Pohled po proudu na pravou inundaci, ř. km 1,0



Obr. 44 Pohled proti proudu, ř. km 0,94



Obr. 45 Pohled proti proudu na most, ř. km 0,89



Obr. 46 Pohled proti proudu, ř. km 0,7



Obr. 47 Pohled po proudu, ř. km 0,23