

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta stavební

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Brno, 2017

Bc. Tomáš Kašpar



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

**STANOVENÍ ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ NA ŘECE
KYJOVCE V KM 71 AŽ KM 74**

DETERMINATION OF FLOODPLAIN IN KYJOVKA RIVER AT KM 71 TO KM 74

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Kašpar

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ZBYNĚK ZACHOVAL, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Tomáš Kašpar
Název	Stanovení záplavového území na řece Kyjovce v km 71 až km 74
Vedoucí práce	doc. Ing. Zbyněk Zachoval, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2016
Datum odevzdání	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Digitální model terénu a hydrologická data.

Raplík, M., Výbora, P., Mareš, K., 1989. Úprava tokov. Bratislava: ALFA.

Předpis č. 236/2002 Sb. Vyhláška Ministerstva životního prostředí o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.

HEC-RAS 5.0. User´s manual.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Popis stávajícího stavu.

Pojednání o stanovení záplavových území.

Vyhotovení numerického modelu proudění za stávajícího stavu.

Porovnání platného stanoveného záplavového území s vypočítaným.

Návrh protipovodňových opatření.

Určení záplavového území za návrhového stavu.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Zbyněk Zachoval, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce pojednává o posouzení stávajícího stavu vodního toku Kyjovka a o návrhu vhodných opatření na ochranu území. Řešený úsek začíná v říčním kilometru 71,338 a končí v říčním kilometru 74,443. V řešené oblasti protéká tok městem Koryčany. V rámci práce byl zvolený úsek Kyjovky rozdělen na dva dílčí úseky. Ty dovolují přehledněji popsat jednotlivé části věnované návrhovým opatřením. V diplomové práci je navrženo několik variant opatření pro kritická místa dílčích úseků. Výpočet modelu toku a jeho kapacity s průběhy hladin pro zvolené N-leté průtoky byl proveden pomocí programu HEC-RAS 5.0.1. Navržené protipovodňové opatření je zpracováno ve výkresové dokumentaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kapacita toku, výpočet úrovně hladiny, drnost koryta toku, proudění, HEC-RAS, posouzení stavu, protipovodňová ochrana, záplavové území, Kyjovka, Koryčany

ABSTRACT

The diploma thesis discusses the current status of watercourse Kyjovka and a proposal for appropriate protection measures of the territory. The selected section starts at river-km 71,338 and ends at river-km 74,443. The selected part of the watercourse runs through the town of Koryčany. This thesis examines the selected section of Kyjovka split into two subsections. That allows for detailed presentation of several proposed appropriate measures to be applied at critical spots in the selected subsections. The calculation of the watercourse model and its capacity with the water level progresses for selected N(y.o.) flow rates were processed in HEC-RAS5.0.1. program. Proposed flood protection measures are incorporated in the drawings.

KEYWORDS

Capacity of channel, calculation water surface, channel roughness, flow, state assessment, flood protection, floodplain, Kyjovka, Koryčany

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Tomáš Kašpar *Stanovení záplavového území na řece Kyjovce v km 71 až km 74*.
Brno, 2017. 69 s., 49 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně,
Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Zbyněk Zachoval,
Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 1. 2017

Bc. Tomáš Kašpar
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Zbyňku Zachovalovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci. Poděkování patří také mé rodině za podporu během celého studia.

OBSAH

1	Úvod	10
2	Popis území	11
2.1	Správní údaje	11
2.2	Údaje o povodí	12
2.3	Geologické poměry	13
2.4	Hydrogeologické poměry	14
2.5	Pedologické poměry	15
2.6	Klimatické poměry	16
2.7	Hydrologické poměry	16
2.8	Údaje o lesnictví	17
2.9	Údaje o průmyslu	17
2.10	Údaje o zemědělství	18
2.11	Rekreační využití	18
3	Popis řešeného úseku	19
3.1	Úsek I. (Koryčany)	20
3.1.1	Trasa toku	20
3.1.2	Popis podélného sklonu a dna	20
3.1.3	Popis příčného profilu	20
3.1.4	Břehový doprovod	20
3.1.5	Objekty na toku	21
3.2	Úsek II.	23
3.2.1	Trasa a objekty toku	23
3.2.2	Popis podélného sklonu a dna	23
3.2.3	Popis příčného profilu	23
3.2.4	Břehový doprovod	24
3.2.5	Objekty na toku	24
4	Protipovodňová opatření	28
4.1	Terminologie	28
4.2	Typy PPO	29
4.3	Nestrukturální PPO	29
4.3.1	Záplavová území	30
4.3.2	Povodňové plány	30
4.4	Strukturální PPO	31
4.4.1	Zvýšení kapacity koryta	31

4.4.2	Ochranné hráze	32
4.4.3	Povodňové zdi	33
4.4.4	Mobilní povodňová opatření	34
4.4.5	Umělé retenční prostory	35
4.4.6	Přehrážky	36
5	Aktuální protipovodňové opatření	37
6	Hydrotechnické výpočty	40
6.1	Program HEC-RAS	40
6.2	Geometrická data	40
6.2.1	Okrajové podmínky	42
6.2.2	Drsnost koryta	42
6.3	Návrhový průtok	44
6.4	Posouzení kapacity stávajícího stavu koryta a objektů na toku	45
6.4.1	Úsek I.	45
6.4.2	Úsek II.	46
7	Návrh protipovodňových opatření	48
7.1	Úsek I.	48
7.2	Úsek II.	49
7.2.1	Varianta I.	49
7.2.2	Varianta II.	50
7.3	Zhodnocení úseku II.	52
8	Návrh PPO mimo vodní tok	53
8.1	Oblast I.	54
8.2	Oblast II.	57
9	Závěr	58
	Literatura	60
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	62
9.1	Zkratky	62
9.2	Veličiny	62
	Seznam příloh	67

1 ÚVOD

Práce se věnuje stanovení záplavového území, posouzení kapacity koryta, objektů na něm a návrhem protipovodňová opatření (PPO) na řece Kyjovce v ř. km 71,338 až ř. km 74,443. Začátek řešené oblasti se nachází na soutoku Kyjovky s Blišickým potokem a je ukončen pod vodním dílem Koryčany. Tok protéká okolo intravilánu obce Koryčany. Kyjovka je jedním z významných přítoků řeky Dyje.

V rámci zájmové oblasti je posouzena kapacita toku, objektů na toku a vytvořeno několik variant řešení PPO. Ta je dále rozdělena na dva úseky:

- Úsek I. - ř. km 71,338 - ř. km 73,295 (intravilán).
- Úsek II. - ř. km 73,295 - ř. km 74,443 (extravilán).

Diplomová práce se zabývá kromě toku samotného i jeho nejbližším okolím a jsou v ní navrhнутy další PPO určená k předcházení ohrožení osob a majetku v řešené lokalitě.

Posouzení kapacity toku bylo provedeno na modelu v programu HEC-RAS, na základě získaných dat byl proveden návrh vhodných opatření. Podkladové materiály řešeného úseku včetně zaměření z roku 2004 byly získány z podkladů správce toku, Povodí Moravy, s.p.

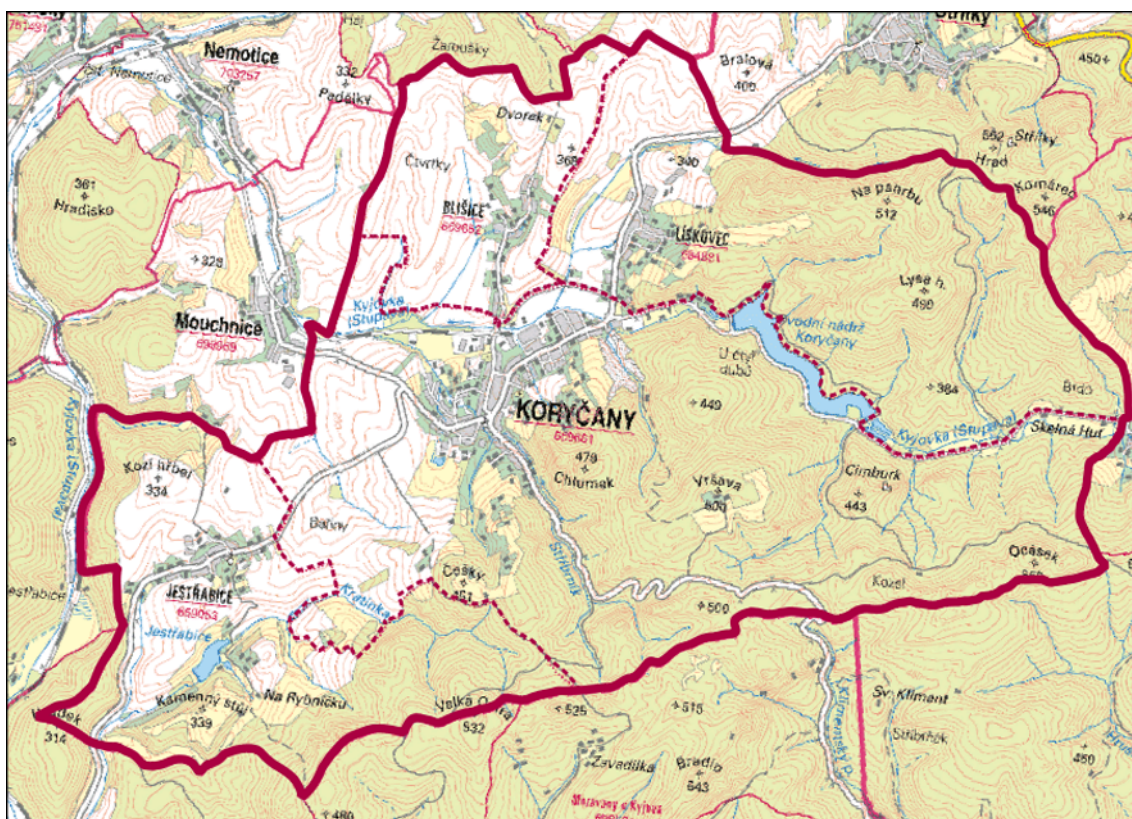
2 POPIS ÚZEMÍ

2.1 Správní údaje

Řešený úsek toku Kyjovka se nachází v ř. km 71,338 až ř. km 74,443 a protéká obcí Koryčany a okrajem obcí Lískovec a Blišice. Celá část toku leží ve Zlínském kraji. Správu úseku toku provádí Povodí Moravy, s.p. se závodem Střední Morava a provozem v Uherském Hradišti.

Správní údaje jsou:

- Povodí Moravy, s.p., Dřevařská 11, Brno 601 75
- Číslo vodohospodářské mapy je 24-44
- Číslo hydrologického pořadí je 4-17-01-0680-2-00

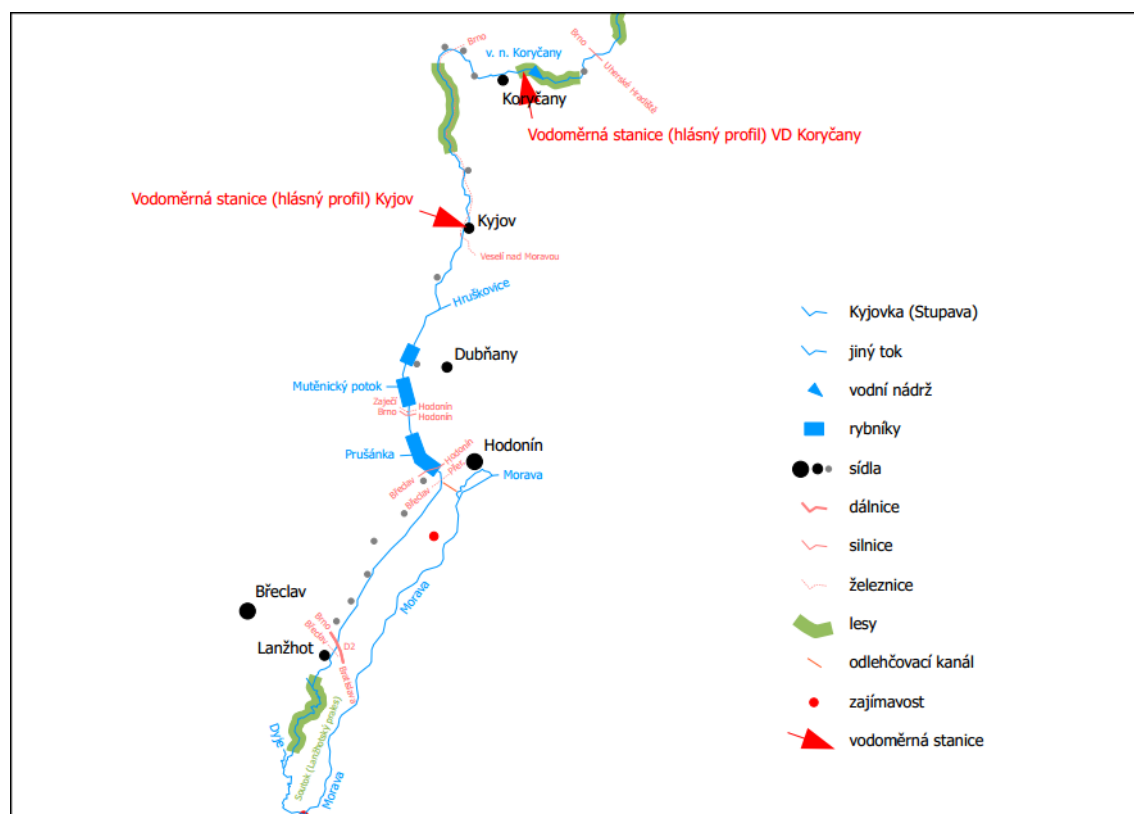


Obr. 2.1: Lokalizace zájmové oblasti na mapě [9]

2.2 Údaje o povodí

Řeka Kyjovka nazývaná taktéž Stupava pramení na jižním svahu kopce Vlčák ve výšce 540 m n. m. v oblasti Chřibů. Tok protéká Chřiby přes obce Staré Hutě a Stupava, kde slouží v zimním období jako zdroj užitkové vody k umělému zasněžování sjezdovky, až k městu Koryčany, nad kterými je zhruba jeden kilometr východně proti směru toku vytvořeno stejnojmenné vodní dílo. To se v současnosti využívá k akumulaci vody pro vodárenský odběr, zajištění protipovodňové ochrany a výrobě elektrické energie.

Za Koryčany vtéká řeka do nížinné oblasti Litenčické pahorkatiny. Dále pokračuje k obci Snovídky, kde se tok obrací na jih do údolí tvořícího okraj Ždánického lesa a okolo Vlárské dráhy teče až do Kyjova. Zde Kyjovka přechází v tok s regulovaným korytem a pod Bohuslavicemi se začíná koryto rozšiřovat.



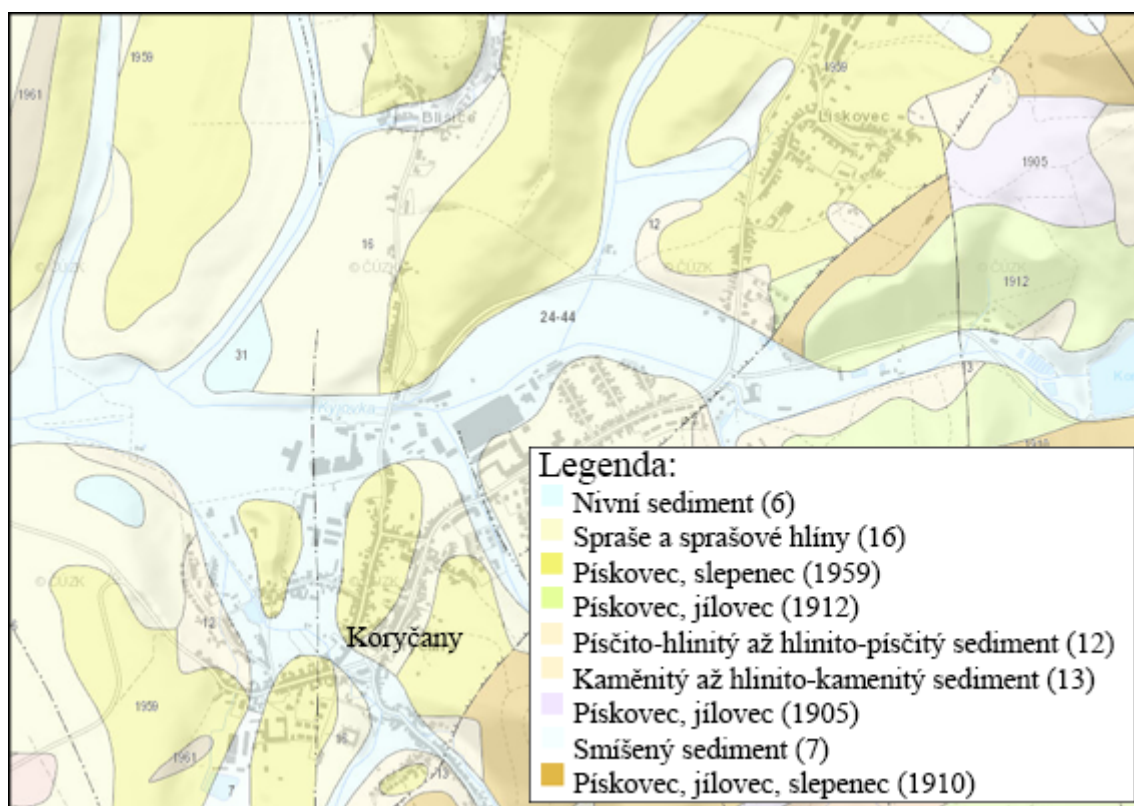
Obr. 2.2: Povodí Kyjovky [16]

V oblasti Dolnomoravského úvalu pod Místřínem do Kyjovky levostranně vtéká jeden z jejích největších přítoků Hruškovice. U Dubňan napájí Jarohněvický rybník a přes sérii kaskád končících u Hodonína pokračuje podél pravého okraje řeky Moravy na jihozápad. Zde protéká vinařskou oblastí a pod Lanžhotem se do ní jako

pravostranný přítok vlévá Svodnice. Po několika kilometrech v přirozeně meandrujícím korytě Kyjovka u rakouské obce Rabensburg ve 150 m n. m. ústí z levé strany do Dyje. Plocha celého povodí činí 665,8 km² a jeho délka je 86,7 km.

2.3 Geologické poměry

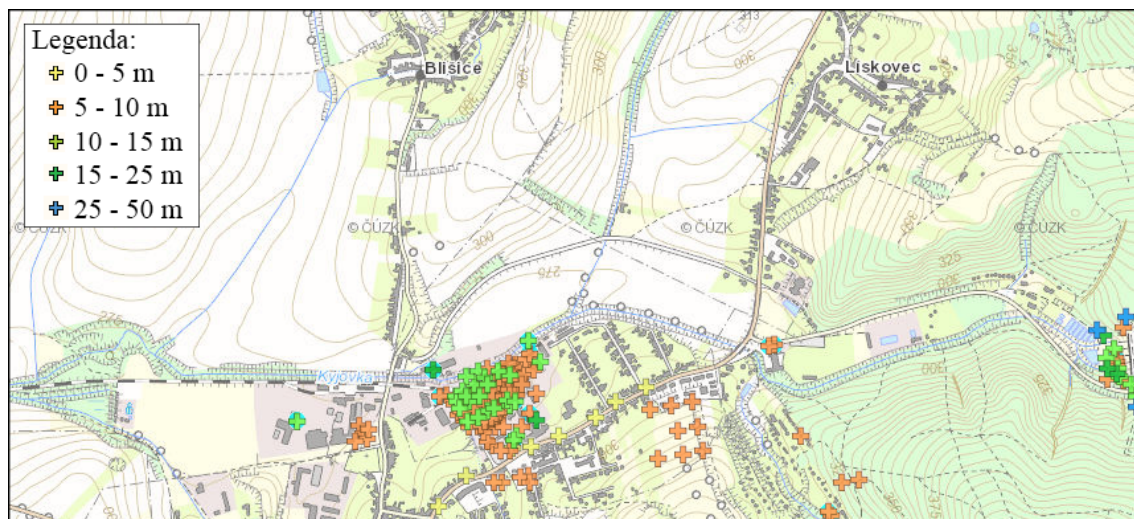
V nejbližším okolí toku se nachází nivní sediment a ve vzdálenějších oblastech je majoritně zastoupena kombinace spraše a šprašové hlíny s pískovcem, slepenec a pískovcem, jílovcem. Minoritně se v oblasti vyskytují kamenitý až hlinito-kamenitý sediment a písčito-hlinitý až hlinito-písčitý sediment[3].



Obr. 2.3: Geologická mapa 1:15 000 [3]

2.4 Hydrogeologické poměry

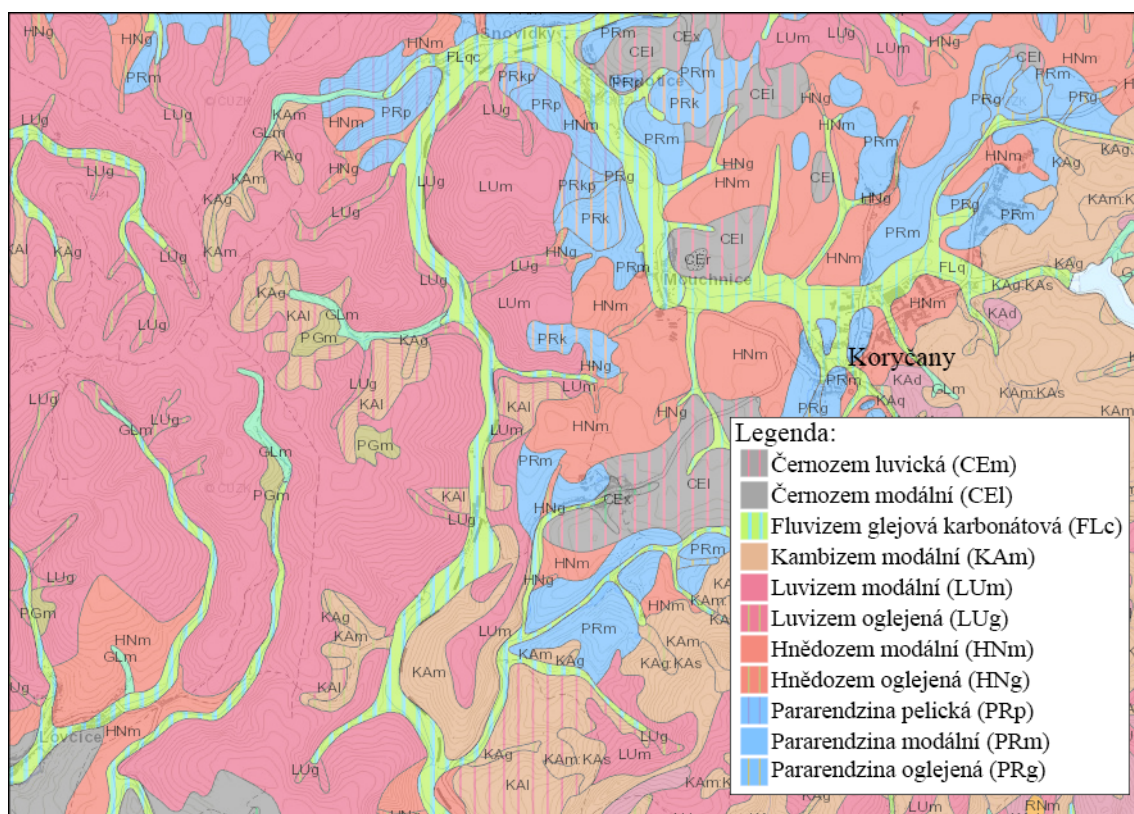
Vrtná prozkoumanost nejbližšího okolí toku a obce Koryčany je vysoká. Nachází se zde celkově 140 vrtaných studní, 3 kopané sondy a 4 šikmé nebo horizontální vrty. Jejich hloubka se pohybuje v rozmezí 0-5 m až 25-30 m, které dosahují 3 vrty v těsné blízkosti přehradní nádrže. Průměrná hloubka vrtů je 5-10 m. V bezprostředním okolí Kyjovky se nachází 5 vrtů s průměrnou hloubkou 13,26 m.



Obr. 2.4: Mapa vrtného průzkumu [3]

2.5 Pedologické poměry

Povodí Kyjovky lze rozdělit do několika půdních typů. V horní části toku po ústí do vodní nádrže Koryčany protéká koryto zejména přes kambizem oglejenou, řešená oblast okolo města Koryčany leží na kombinaci hnědozemě modální a pararendzině modální. Mezi obcemi Snovídky a Kyjov převládá luvizem modální, na kterou za Kyjovem po Svatobořice-Mistřín navazuje černozem. V dolní části toku střídá kambizem s regozemí. V údolní nivě se v horní části toku vyskytují fluvizemě. Ve střední a dolní části toku je v údolní nivě černice [3].



Obr. 2.5: Pedologická mapa [3]

2.6 Klimatické poměry

Klimatické podnebí lze rozlišovat z pohledu dvou autorů. První globálnější je Köpenova klasifikace podnebí, ta území České republiky klasifikuje jako vlhké kontinentální podnebí [1]. Druhá, Quittova klasifikace podnebí, je z hlediska kategorizace pro naše území značně podrobnější. Vyplývá z ní, že se řešená oblast nachází v oblasti mírně teplé MT11 s průměrnou roční teplotou 8,5 °C s průměrným množstvím 500-850 mm, viz. Tab.2.1 a Tab.2.2 dešťových srážek[13].

Tab. 2.1: Hodnoty průměrných úhrnů srážek za rok 2014 a 2015[11]

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
[mm]	46	27	15	53	134	39	84	139	149	73	42	41	842
[mm]	50	22	46	36	53	25	40	99	33	47	35	20	506

Tab. 2.2: Hodnoty průměrných úhrnů srážek od roku 1997 do roku 2015[11]

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
[mm]	40	34	45	43	72	94	99	71	75	47	48	43	711

2.7 Hydrologické poměry

Hodnoty N-letých průtoků jsou uvedeny v Tab.2.3. Stanovení hodnot bylo provedeno ve dvou lokalitách - v Koryčanech pod přehradou a v obci pod přítokem z Lískoveckého potoka.

Tab. 2.3: Hydrologické poměry [17]

	Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}
Pod přehradou $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	3	5,2	7	8,5	11	14,5	17
Pod Lískoveckým potokem $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	4	6	9	11,5	14,5	18,5	22

Na toku Kyjovka se nachází dva hlásné profily. První z nich je kategorie A a je umístěný ve vzdálenosti 150 m pod vodním dílem Koryčany. Správu automatického vodoměru zabezpečuje Povodí Moravy, s.p., závod Uherské Hradiště. Druhý hlásný profil je umístěn na opačném konci města u silničního mostu spojujícího Koryčany s Blišicemi. Jedná se o vodočetnou lať s vyznačenými stupni povodňového ohrožení SPA. Přehled jednotlivých výšek vodní hladiny a k nim odpovídající SPA jsou v Tab.2.4.

Tab. 2.4: Hlásné profily[9], hodnoty jsou uvedeny v centimetrech

Umístění	Tok	ř. km	Kategorie	I. SPA	II. SPA	III. SPA
VD Koryčany	Kyjovka	74,2	A	80	100	120
Koryčany	Kyjovka	73,329	C	80	190	240

2.8 Údaje o lesnictví

Oblast, do které spadá i řešené území, je organizačně začleněno pod lesní správu Buchlovice, tu spravují Lesy ČR. Ty obhospodařují v této oblasti 10 revírů s celkovou plochou 15 323,68 ha pozemků určených k funkci lesa. Z hlediska druhové struktury převládají v oblasti listnané dřeviny 65 % a z pohledu lesního vegetačního stupně zde převažuje skupina 2. a 1., ostatní listnaté dřeviny jsou v minoritním zastoupení. Zbylou část lesního pokryvu 35 % tvoří jehličnaté rostliny. Nejhojnější zastoupení má smrk ztepilý, skupina 6. dle lesního vegetačního stupně.

2.9 Údaje o průmyslu

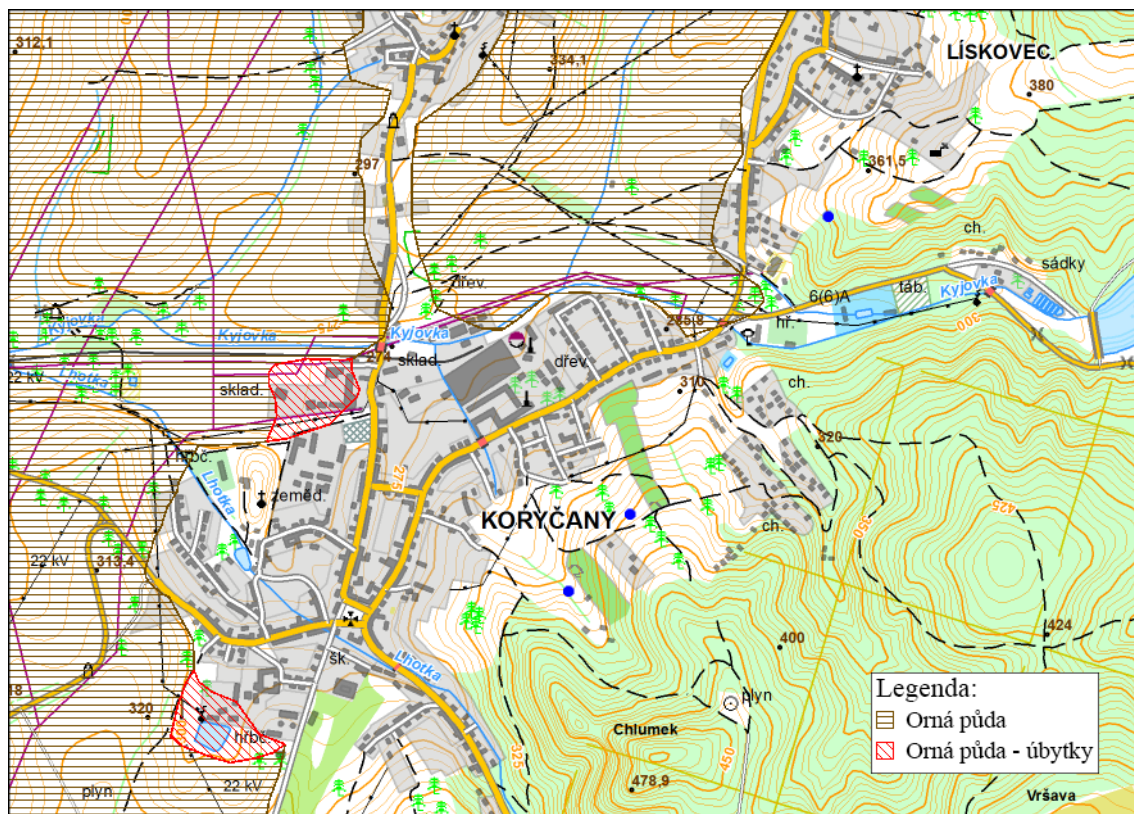
Znečišťovatelem vodního toku jsou průmyslové podniky.

Průmyslové podniky jsou:

- Dřevopodnik Hausner s.r.o.
- Pálenice Koryčany
- Úpravna vody Koryčany

2.10 Údaje o zemědělství

Jedním z faktorů ovlivnění čistoty vody v toku je zemědělská výroba. Z Obr.2.6 vyplývá, že přibližně 50 % okolních ploch je tvořeno zemědělsky využívanými plochami.



Obr. 2.6: Přehled orné půdy[14]

Hlavní zemědělské výrobci jsou:

- Salix Morava, a.s.
- AGRONET Nesovice

2.11 Rekreační využití

Koupání i provozování vodních sportů je na vodním díle Koryčany zakázáno z důvodů hygienické ochrany vody pro její další využití v oblasti zásobování pitnou vodou. Samotný tok není možné využít k rekreačním účelům. Z větší části je nepřístupný z důvodů zalesnění nebo značně prudkých svahů. Rekreační nepodporuje ani průtok vody, který je příliš malý.

3 POPIS ŘEŠENÉHO ÚSEKU

Pro jednodušší orientaci byl řešený úsek rozdělen do dvou částí. Pro každou z nich byl navržen jiný systém úpravy a jejich členění znázorňuje Obr.3 a Tab.3.1. Obě části byly zpracovány jako celek, ale řešení samotné protipovodňové ochrany bylo provedeno pro jednotlivé úseky samostatně.



Obr. 3.1: Rozdělení toku na dílčí části

Tab. 3.1: Rozdělení úseků

	Úsek I.	Úsek II.
Označení	Koryčany	Extravilán
PF	203 - 210	210 - 216
ř. km	71,338 - 73,295	73,295 - 74,500

Fotodokumentace toku a přilehlých objektů byla pořízena vlastní pochůzkou řešeným úsekem v termínech 1.10, 8.10 a 3.12 roku 2016.

3.1 Úsek I. (Koryčany)

3.1.1 Trasa toku

Kyjovka byla v této části toku přizpůsobena zástavbě města Koryčany, které po celé jejich délce levobřežně obtéká. Úsek je zde převážně napřímen s několika oblouky. V pravé části toku se nachází úrodné půdy využívané k zemědělství.

3.1.2 Popis podélného sklonu a dna

V úseku I. je průměrný sklon nivelety dna 0,73%, viz. Tab.3.3 a opevnění dna i břehů bylo provedeno pod mostními konstrukcemi.

Tab. 3.2: Hodnoty podélného sklonu v úseku I.

	Staničení	Kóta dna
	[ř. km]	[m n. m.]
Dolní profil	71,34	262,23
Horní profil	73,30	276,60
Rozdíl délky/výšky [m]	1957,00	14,37
Sklon [%]	0,73	

Tab. 3.3: Hodnoty podélného sklonu v úseku I.

3.1.3 Popis příčného profilu

V části toku protékající okolo intravilánu má koryto lichoběžníkový tvar a od ř. km 73,290 do ř. km 72,600 je levá příbřežní část okolo rodinných domů značně převýšena oproti pravé straně, kde se nachází zemědělská půda. Od ř. km 72,600 se výšky obou břehů srovnají. Šířka dna koryta se pohybuje v rozmezí 2,0 m – 3,5 m a průměrná šířka je 2,8 m. Mezi břehy je průměrná šířka břehů 9,43 m. Průměrná výška koryta je 3,17 m.

3.1.4 Břehový doprovod

První část úseku protékající okolo Koryčan je silná většina úseku zalesněna a není možný bezproblémový průchod kolem toku. Náletové keře i dřeviny jsou v této oblasti značně početnější a z některých míst nešel tok vidět vůbec, viz. Obr.3.2.



Obr. 3.2: Ukázka břehového doprovodu úseku I.

3.1.5 Objekty na toku

První část toku je napřímená a kromě pravobřežně zaústěného Blišického potoka na začátku úseku zde nejsou žádné objekty. V oblasti od ř. km 71,875 do ř. km 71,338 začaly v době poslední pochůzky (1.12.2016) probíhat úpravy břehového porostu (Obr.3.3) a bylo možné vidět okousané kmeny stromů (Obr.3.4) od Bobra evropského (*Castor fiber*), který se v lokalitě nachází.



Obr. 3.3: Ukázka úpravy břehového porostu



Obr. 3.4: Ukázka okousaných kmenů Bobrem evropským

Po tomto úseku následuje betonový jez v ř. km 72,102, (Obr.3.5), silniční železobetonový most spojující Koryčany a Blišice v ř. km 72,113 a v jejich blízkosti v ř. km 72,200 byl postaven betonový spádový stupeň (Obr.3.6).



Obr. 3.5: Silniční most se spádovým stupněm ř. km 72,113 a ř. km 72,102



Obr. 3.6: Betonový spádový stupeň ř. km 72,200

Proti toku v ř. km 72,290 (Obr.3.10) a ř. km 72,370 jsou umístěny betonové mosty. Dále se po toku v ř. km 72,345 nachází dřevěný stupeň. V ř. km 72,600 je vytvořen odběrný objekt do průmyslového areálu (Koryna), který je v současné době mimo provoz. U posledních tří výše jmenovaných objektů nebylo možné přes oplocení areálu pořídit žádnou fotodokumentaci.

V ř. km 72,707 se nachází lávka pro pěší (Obr.3.8) a těsně blízkosti v ř. km 72,710 je do Kyjovky pravobřežně zaústěn přítok z Lískoveckého potoka (Obr.3.7).



Obr. 3.7: Zaústění Lískoveckého potoka ř. km 72,710



Obr. 3.8: Ocelová lávka pro pěší ř. km 72,707

Mezi ř. km 73,000 a ř. km 72,750 se nachází zhruba v ř. km 72,890 dřevěný spádový stupeň (bobří hráz) Obr.3.9 vytvořený pravděpodobně Bobrem evropským (Castor fiber). Stupeň je složen z největší části z organického materiálu, jako jsou stromy, klády a v době pochůzky i listí.



Obr. 3.9: Spádový stupeň vytvořený uživateli toku ř. km 72,950



Obr. 3.10: Železobetonový most ř. km 72,290

3.2 Úsek II.

3.2.1 Trasa a objekty toku

V minulosti byla tato část toku z důvodů stavby vodního díla Koryčany značně upravena a narovnána. S postupem let si samotná Kyjovka v tomto úseku vytvořila lehce meandrující koryto toku, ale i tak byla v této oblasti značně snížena retenční schopnost krajiny.

3.2.2 Popis podélného sklonu a dna

Průměrný podélný sklon II. úseku byl vypočítán 0,83 % (viz. Tab.3.4). Dno koryta toku bylo opevněno pouze pod mostními objekty a ve všech dalších částech necháno v přirozeném nezpevněném stavu.

Tab. 3.4: Hodnoty podélného sklonu v úseku II.

	Staničení	Kóta dna
	[ř. km]	[m n. m.]
Dolní profil	73,30	276,60
Horní profil	74,44	286,12
Rozdíl délky/výšky [m]	1148,00	9,52
Sklon [%]	0,83	

3.2.3 Popis příčného profilu

Z projektové dokumentace získané od správce bylo koryto vyhodnoceno jako lichoběžníkové. Při pochůzce byl tento stav potvrzen, ve větší části úseku bylo znát

působení vodní eroze a lichoběžníkový tvar nebyl pravidelný. Šířka koryta ve dně se pohybovala od 1,5 m do 3,8 m a průměrná šíře byla 2,96 m. Šířka v břehové linii je v průměru 5,81 m. Průměrná výška je stanovena na 3,82 m.

3.2.4 Břehový doprovod

Celý druhý úsek řešeného toku je značně zarostlý náletovými dřevinami i keři. Průchod kolem toku je ve větší části toku bezproblémový, viz. Obr.3.11.



Obr. 3.11: Ukázka břehového doprovodu druhého úseku

3.2.5 Objekty na toku

Druhý úsek začíná dvěma silničními mosty v těsné blízkosti v ř. km 73,290 (Obr.3.12) a ř. km 73,320, konstrukce obou z nich je železobetonová.



Obr. 3.12: Železobetonový silniční most ř. km 73,290



Obr. 3.13: Železobetonový silniční most ř. km 73,320 [4]

V ř. km 73,405 je do Kyjovky zaústěn propustek vejcovitého tvaru Obr.3.14 z nedaleké suché nádrže Obr.3.15. Ta není v současné chvíli udržovaná.



Obr. 3.14: Propustek ze suché nádrže
ř. km 73.405



Obr. 3.15: Stav suché nádrže
na ř. km 73.405

V toku se nachází i několik objektů nezaznamenaných v dokumentaci poskytnuté správcem toku. Prvním z nich je malý vzdouvací objekt umístěný cca v ř. km 73,720. Je vytvořen z různorodého materiálu, mezi nímž převažují betonové hranoly, textilie a dřevo. V jeho blízkosti se nachází odběrný objekt, kvůli kterému bylo pravděpodobně toto těleso vytvořeno. Odběrné místo je chráněno česlemi.



Obr. 3.16: Spádový stupeň vytvořený
uživateli toku ř. km 73,720



Obr. 3.17: Odběrné místo s česlemi
ř. km 73,720

Dále po toku jsou umístěny na jeho pravém břehu rekreační objekty: fotbalový stadion, koupaliště a kemp. V této části je umístěn v ř. km 73,880 betonový spádový stupeň ve špatném stavu vyobrazeném na Obr.3.18 a v ř. km 73,900 železobetonový most Obr.3.19.



Obr. 3.18: Betonový spádový stupeň
ř. km 73,800



Obr. 3.19: Cestní ocelový most s
betonovou mostovkou ř. km 73,900

V těsné blízkosti před silničním mostem v ř. km 74,210 ústí do Kyjovky lichoběžníkové koryto odvádějící dešťové vody z okolních svahů Obr.3.22, na které směrem od toku navazuje propustek převádějící dešťové vody pod komunikací viz. Obr.3.21.

Dále proti toku je Kyjovka v ř. km 74,210 křižována železobetonovým silničním mostem propojujícím Koryčany se Stupavou (Obr.3.20). Úsek ukončuje v ř. km 74,450 lávka pro pěší umístěná pod VD Koryčany (Obr.3.24).



Obr. 3.20: Železobetonový silniční most
ř. km 74,210



Obr. 3.21: Kruhový propustek
ř. km 74,120

Propustek na Obr.3.23 převádí dešťové srážky pod silnicí třetí třídy č. 43231. Tok vody od srážek je vyznačen žlutými šipkami. Koryto za propustkem je neudržované, nemá vytvořený žádný sklon nivelety dna a voda se zdržuje v oblasti za vyústěním potrubí.



Obr. 3.22: Koryto od propustku k soutoku ř. km 74,210



Obr. 3.23: Soutok koryta od dešťové vody a Kyjovky ř. km 74,120



Obr. 3.24: Lávka pro pěší ř. km 74,420

4 PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ

Práce se zabývá posouzením kapacity řešeného úseku a následným návrhem vhodného protipovodňového opatření. Z toho důvodu jsou v následující kapitole popsány teoretické možnosti řešení povodňových opatření netechnického i technického rázu. Hlavním účelem PPO je omezení rozsahu zaplaveného území na přijatelnou míru.

4.1 Terminologie

Dle Vodního zákona 254/2001 Sb.[19]:

- Povodeň: začíná vyhlášením druhého nebo třetího povodňového stupně a jedná se o přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Povodeň může být způsobena přirozeně přírodními jevy, zejména dešťovými srážkami, táním nebo chodem ledů nebo jinými vlivy (umělými), zejména poruchou vodního díla, ať už havárií nebo nouzovým řešením.
- Povodňová opatření: jsou přípravná opatření, opatření prováděná při nebezpečí povodně, za povodně a opatření prováděná po povodni.
- Povodňové riziko: jedná se o kombinaci pravděpodobnosti výskytu povodně a jejich možných nepříznivých účinků na zdraví lidí, životní prostředí, kulturní dědictví nebo hospodářskou činnost[19].

4.2 Typy PPO

Protipovodňová opatření se obecně dělí na nestrukturální a strukturální (technická) opatření[2].

Nestrukturální (netechnická) opatření jsou:

- definování záplavových zón,
- právní zajištění záplavových zón,
- předpovědní a varovné systémy,
- výchova veřejnosti k odpovědnému chování při povodni.

Strukturální (technická) opatření proti účinkům na vodních tocích jsou:

- zkapacitnění koryta vodního toku,
- snížení hloubkové a vodní eroze,
- údržba a čištění koryt,
- ochranné hráze,
- retenční prostor v údolních nádržích a poldrech.

Strukturální (technická) opatření proti účinkům vody v ploše povodí jsou:

- regulace rozsahu, druhové a věkové skladby lesů,
- budování retenčních a protierozních opatření na vodních tocích,
- regulace zemědělské činnosti v ploše povodí[2].

4.3 Nestrukturální PPO

Jedná se o netechnická protipovodňová opatření, ta jsou dále rozdělena na 3 podskupiny[2]:

- Opatření přípravná: řeší stanovení záplavových území, vymezení směrodatných limitů stupňů povodňové aktivity, povodňových plánů a přípravu přepovědní a hlasné povodňové služby.
- Opatření prováděná při nebezpečí: jedná se o činnosti předpovědní a hlasné protipovodňové služby, řízené ovlivňování průtoků, koordinaci povodňové záchranné služby a zajištění funkcí a služeb v území zasaženém povodní.
- Opatření prováděná po povodni: určuje jak budou probíhat evidenční a dokumentační práce, vyhodnocování povodňové situace včetně škod a odstranění povodňových škod včetně obnovy území zasaženého povodní [2].

4.3.1 Záplavová území

Jedná se dle zákona 254/2001 Sb. [19] o administrativně určená území, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou. Návrh rozsahu záplavových území může stanovit na žádost vodoprávního úřadu správce vodního toku, ve kterém vodoprávní úřad na návrh správce vodního toku vymezí aktivní zónu záplavového území. Ta je stanovena podle nebezpečnosti povodňových průtoků v zastavených územích, zastavitelných plochách podle územně plánovací dokumentace nebo podle potřeby v dalších územích. Záplavová území a jejich formy se stanovují formou opatření obecné povahy.

V aktivní zóně záplavových území se nesmí umisťovat, povolovat ani provádět stavby s výjimkou vodních děl a staveb dopravní a technické infrastruktury. Je zde zakázáno těžit nerosty nebo zeminy způsobem zhoršujícím odtok povrchových vod. Stupeň povodňové aktivity je míra povodňového nebezpečí vázaná na směrodatné limity, jimiž jsou zpravidla vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech nebo mezní a kritické hodnoty jiného jevu uvedeného v příslušném povodňovém plánu [19].

Rozsah operativních opatření se řídí nebezpečím nebo vývojem povodňové situace, která se vyjadřuje třemi stupni povodňové aktivity:

- První stupeň (bdělost)
- Druhý stupeň (pohotovost)
- Třetí stupeň (ohrožení)

4.3.2 Povodňové plány

Dle zákona 254/2001 Sb. [19] se jedná o dokumenty, které obsahují způsob zjištění včasných a spolehlivých informací o vývoji povodně, možnosti ovlivnění odtokového režimu, organizaci a přípravu zabezpečovacích prací [19].

Povodňové plány se dělí na část věcnou, organizační a grafickou.

4.4 Strukturální PPO

Strukturální neboli technické protipovodňové opatření se týká zejména realizací staveb úpravy toků a přilehlých inundačních územích na ochranu před povodněmi nebo zmírnění zranitelnosti potencionálně ohrožených objektů.

Z hlediska funkce a lokalizace se rozlišují technická protipovodňová opatření na tři typy:

- PPO v ploše povodí: provádí se za účelem zvýšení retenční schopnosti území. Účinek těchto opatření je významný z hlediska péče o krajinu a s ní spojenou erozní ochranu.
- PPO na kanalizační síti: opatření jsou prováděná ve velké míře v intravilánu, kde je jejich hlavním cílem zabránit zaplavení území srážkovými vodami v důsledku nedostatečného odtoku kanalizační sítě nebo z důvodů zpětného vzduť vody z toku do kanalizace.
- PPO ve vodních tocích a údolních nivách: tím se rozumí zejména zásah do příčného profilu koryta, jeho trasy nebo sklonových poměrů. Tyto úpravy zpravidla zahrnují i realizaci nových nebo rekonstrukci stávajících objektů jako jsou stupně, jezy, mosty a vegetační doprovod [2].

4.4.1 Zvýšení kapacity koryta

V souvislosti se zajištěním požadavků na ochranu před povodněmi se nejčastěji realizují úpravy koryta toku s ohledem na zjištění jeho dostatečné průtočné kapacity. Navrhované úpravy jsou tvořeny několika primárními částmi. Nejčastěji se využívá nového návrhu břehů, směrového vedení osy koryta a návrhu nivelety dna s návrhem nového příčného profilu, případně druhu opevnění.

Všechna návrhová opatření nelze řešit odděleně. Je nutné uvažovat ve vzájemných souvislostech, protože jsou vzájemně ovlivňovány. Příkladem je změna délky trasy, která vyvolá změnu sklonových poměrů a tím i charakter a rozdělení rychlostí a tečných napětí v korytě, což vzájemně souvisí s druhem a rozsahem použitého opevnění. Se změnou opevnění pak nastává změna drnlosti koryta, která ovlivňuje kapacitu koryta a tím i jeho velikost [15].

4.4.2 Ochranné hráze

Jsou technickým opatřením, jehož účelem je soustředit povodňové průtoky do mezihrází a zabránit zaplavování přilehlých území až do návrhové výšky.

Budování ochranných hrází je opodstatněno v případech, kdy nelze vyhodnými úpravami zajistit požadovanou kapacitu koryta toku. Nejčastěji se využívá v místech, kde voda vybíje na přilehlé plochy, jako jsou zemědělské pozemky bohaté na úrodu. Jejich výhodou je, že umožňují po ohrázování ponechání dřevin podél toku. Největší nevýhodou je pak majetkové vyrovnání s majiteli pozemků.

V normě ČSN 75 0120 [23] je ochranná hráz definována jako podélná konstrukce toku, která zajišťuje ochranu pozemků a staveb před zaplavením při zvýšených vodních stavech vodního toku. Jsou tvořeny převážně z homogenních materiálů, případně je do hráze vložen těsnicí prvek z materiálu o malé propustnosti[2].



Obr. 4.1: Ochranná hráz na toku Labe [2]

Technické parametry návrhu

Podle vyhlášky 590/2002 Sb. [24] v platném znění a ČSN 75 2101 je doporučeno navrhovat převýšení hráze oproti návrhovému průtoku o 0,3 m až 1,0 m [18] pro území chráněné na Q_{100} . Z hlediska trasy ochranných hrází je možné navrhnout hráze rovnoběžně s kynetou, ale není to nutný požadavek. Šířka mezihrází by se neměla prudce měnit, při případném zúžení nebo rozšíření je potřebné provádět plynulý přechod např. přechodovými oblouky.

Koruna ochranné hráze se navrhuje na minimální šířku 3,0 m a u ochranných hrází nižších než 2,0 m je možné připustit šířku 2,0 m. Svahy s korunou hráze je nutné chránit vhodným opevněním, pro ohumusované a zatravněné svahy je maximální přípustný sklon 1:2 [18].

4.4.3 Povodňové zdi

Povodňové zdi jsou dalším technickým opatřením s podobným účelem jako ochranné hráze. Slouží k soustředění povodňového průtoku do prostoru mezi zdmi a obvykle se navrhují v omezených prostorových podmínkách, kde není možná realizace ochranné hráze, například v intravilánu obcí, mezi komunikacemi nebo tam, kde není možné majetkoprávní vypořádání s majiteli okolních pozemků.

V současnosti je nejčastěji konstrukce povodňových zdí železobetonová gravitační, vetknutá, pilířová nebo úhlová. Při jejich návrhu je důležité dbát kromě statické rovnováhy konstrukce i na odolávání prosakující vody, proto se často provádí s vloženým vertikálním prvkem, jako je štětová stěna[2].



Obr. 4.2: Železobetonová vetknutá protipovodňová zeď ve Veselí nad Lužnicí [2]

4.4.4 Mobilní povodňová opatření

Mobilní povodňové opatření se obvykle navrhuje v místech, kde není možné realizovat ať už z prostorových nebo estetických důvodů opatření stabilní (trvalé). Typickým příkladem může být například křížení PPO s dopravní infrastrukturou nebo stavbami s vysoce kulturně historickou hodnotou. Je možná i jejich kombinace s trvalými opatřeními.



Obr. 4.3: Ukázka mobilního protipovodňového hrazení v kombinaci s pevnou hradicí zídkou v Praze Holešovicích [2]

Vybranými typy mobilní protipovodňové ochrany jsou:

- Pytle: jednoduché, tandemové, samozávazné pytle aj.
- Svislé hradidlové systémy.
- Šikmé deskové systémy: systémy tvořené panely, šikmými hradidlovými systémy aj. [2].

4.4.5 Umělé retenční prostory

Slouží především k zmírnění účinků povodně zachycením její části nebo celého objemu a tím zmenší kulminační průtok [8].

Umělé retenční prostory se dělí na:

- Suché ochranné nádrže (poldry): jedná se o nádrže primárně určené k ochraně před účinky povodní, ve kterých tvoří celkový objem nádrže zhruba součet ovladatelného a neovladatelného prostoru. Vyznačuje se tím, že má v poměru k celkovému objemu zanedbatelné stálé nadržení, které potom plní krajinotvornou nebo ekologickou funkci. Nádrže mohou být také využity pro zemědělské účely[2].
- Dešťové nádrže: jsou určené k zachycení dešťových vod, jejich akumulaci a následnému využití podle potřeb, např. jako zdroj požární vody.
- Vsakovací nádrže: mají obdobnou funkci jako nádrže dešťové, ale v posledním kroku dochází místo užívání vody k jejímu pozvolnému vsakování a tím možné zvedání hladiny podzemní vody.
- Protierozní nádrže: obecně slouží ke snížení podélného sklonu údolí, zachycení splavenin nebo plní funkci ochrannou.



Obr. 4.4: Vizualizace suché nádrže na vodním toku Velká [2]

4.4.6 Přehrážky

Jedná se o příčné objekty v toku na úrovni dna, které vytvoří nad objektem zádržný prostor k zachytávání splavenin.

Používají se dva typy přehrážek:

- Retenční přehrážky: jejich účel je zastavit přenos splavenin do nižších částí tratí toku.
- Konsolidační přehrážky: zamezují dalšímu prohlubování koryta bystřin, zachycují nánosy splavenin a poskytují oporu sesunutým nebo podemletým svahům [12].

Podle statického působení se přehrážky dělí na tížné konzolové, tížné monolitické, klenbové, klenbové s tížným účinkem a deskové.

Na jejich výstavbu se obvykle používá kamenné zdivo, železobeton, srubové konstrukce, drátokamenné gabiony nebo kombinace těchto materiálů. Tyto objekty by neměly plnit pouze funkci účelovou, ale také estetickou [12].



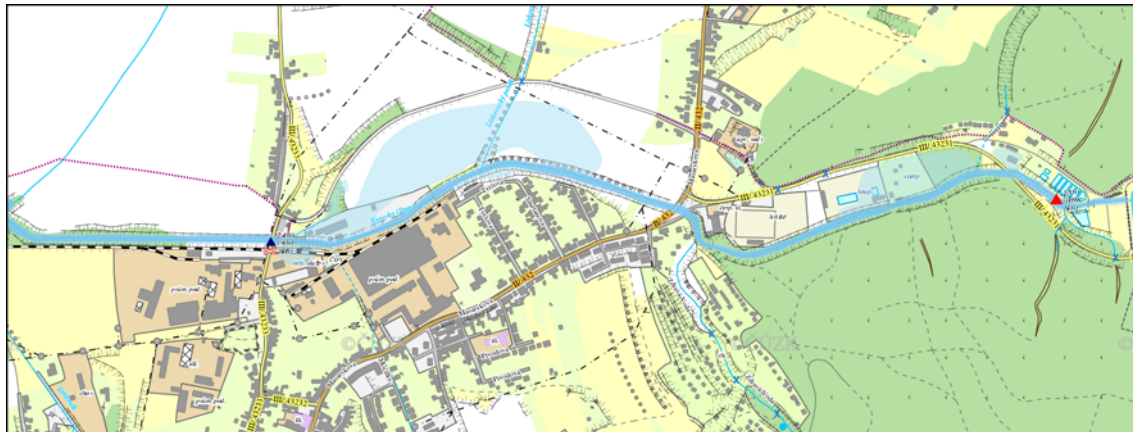
Obr. 4.5: Ukázka kamenné přehrážky na Nerudově potoce [12]

5 AKTUÁLNÍ PROTIPOVODŇOVÉ OPATŘENÍ

Město Koryčany má vytvořený protipovodňový plán, který je základním dokumentem při řízení ochrany před povodněmi ve správním území Koryčan. Zde bylo oficiálně od 30. 7. 2004 stanovené záplavové území v úseku ř. km 70,200 až ř. km 74,680, to vyhlásil Krajský úřad Zlínského kraje. Tento plán řeší opatření potřebná pro odvrácení nebo zmírnění povodňových škod. Poslední aktualizace plánu byla provedena 2.12.2016.

Při povodni je město Koryčany ohroženo tokem Kyjovka a Stříbrníkem, který se do Kyjovky vlévá až za koncem řešené oblasti. V případě povodňového nebezpečí se na toku nachází vodní dílo Koryčany, s jeho hladinou je možné manipulovat a minimalizovat dopady případné povodně.

V roce 2004 bylo aktualizováno záplavové území pro průtoky Q_5, Q_{20} a Q_{100} a vytvořeny mapy potencionálního rozlivu Obr.5. Ze zpracované studie [17] vyplynulo, že se v řešeném úseku nachází dvě místa s doporučeným rozlivem vody. Prvním z nich je oblast okolo města Koryčany, kde voda pravobřežně vybřežuje do prostoru využívaného k zemědělské činnosti. Druhá oblast se nachází pod vodní dílo (VD) Koryčany v ř. km 73,905 až ř. km 74,110, kde voda pravobřežně vybřežuje do areálu autokempu, koupaliště a fotbalového hřiště.



Obr. 5.1: Povodňová mapa města Koryčan[10]

V obci se nachází čtyři potencionálně ohrožované objekty povodní. Jedná se o Dřevopodnik Housner, Odpadové centrum, Výrobce nábytku Koryna (mimo provoz) a Čistírnu odpadních vod - Koryčany. ČOV je umístěná za řešeným územím. Žádný z výše uvedených objektů nemá trvale přihlášené obyvatele, ale mohou se na tomto území vyskytovat zaměstnanci nebo rekreanti, kteří mohou být potenciálně ohroženi.

Při plném obsazení objektů se jedná o 81 obyvatel. Tyto objekty je nutné v případě ohrožení evakuovat.

V rámci přirozené povodně ovlivněné mimořádnými příčinami je město ohroženo ucpáním propustků a mostů na vodních tocích. Plán stanovuje i chování při zvláštní povodni, kterou je město potencionálně ohroženo vodním dílem II. kategorie z hlediska technicko bezpečnostního dozoru. V případě hrozícího nebezpečí bude nádrž řízena dle manipulačního řádu. V dokumentu je stanovena komise odpovídající za celkový průběh povodně. Ta má na starosti vyhlášení stupňů povodňové aktivity.

Na území města nastává I. SPA:

- Dosažením stavu 80 cm na hlásném profilu A VD Koryčany, Kyjovka.
- Dosažením stavu 80 cm na hlásném profilu kategorie C Koryčany, Kyjovka.
- Při vydání výstrahy Českého hydrometeorologického ústavu.
- Při srážkách větší intenzity (přivalového charakteru) na území města, zvláště, je-li půda nasycena z předchozích dešťů nebo v případě srážek nižší intenzity s trvalejším charakterem trvající déle než 4 hodiny.

Na území města je II. SPA vyhlášen při:

- Dosažením stavu 100 cm na hlásném profilu kategorie A VD Koryčany, Kyjovka.
- Dosažením stavu 190 cm na hlásném profilu kategorie C Koryčany, Kyjovka.
- Dosažením stavu 120 cm na hlásném profilu kategorie C Koryčany, Stříbrník.
- Dlouhodobějších srážkách trvalejšího charakteru nízké intenzity (doba trvání srážky přesahuje 8 hodin), nebo při současném tání sněhové pokrývky.
- Intenzivním táním sněhové pokrývky v kombinaci se srážkovou činností.
- Vyhlášením II. SPA vyšším povodňovým orgánem (povodňovou komisí ORP Kroměříž nebo povodňovou komisí Zlínského kraje).

III. SPA se na území města vyhláší při:

- Dosažením stavu 120 cm na hlásném profilu kategorie A VD Koryčany, Kyjovka.
- Dosažením stavu 240 cm na hlásném profilu kategorie C Koryčany, Kyjovka.
- Dosažením stavu 140 cm na hlásném profilu kategorie C Koryčany, Stříbrník.
- Dlouhodobějších srážkách trvalejšího charakteru, ale nízké intenzity, jejíž doba přesahuje 16 hodin, nebo současném tání sněhové pokrývky.
- Vyhlášením III. SPA povodňovým orgánem vyššího stupně.

Další organizace, jako je zpřístupnění únikových tras apod., se řídí podle vývoje povodňového ohrožení povodňovým plánem a provedená opatření musí být zaznamenána do povodňové knihy.

6 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

Hydrotechnické výpočty průběhu hladiny byly provedeny pro průtoky Q_5, Q_{20} a Q_{100} . Podkladová data byla poskytnuta správcem toku Povodí Moravy, s.p.

6.1 Program HEC-RAS

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center River Analysis System) [5] je program vyvinutý americkou armádou pro modelování hydraulických dějů jako je proudění vody v říčních korytech. Od svého vzniku v roce 1995 prošel řadou změn. Poslední verze č. 5.0 dokáže provádět výpočty dvoudimenzonálního proudění.

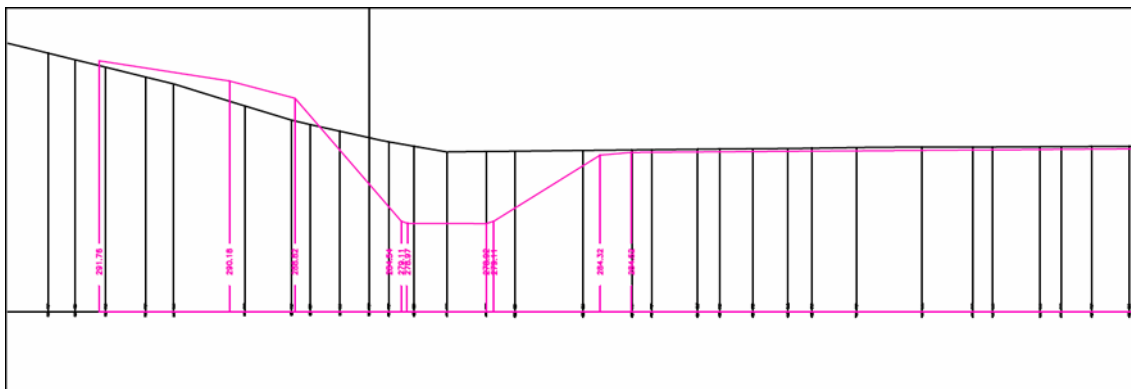
Je možné řešit proudění ustálené, neustálené s možností zadání transportu sedimentů. Samotný program pro svůj výpočet rozlišuje, zda se jedná o proudění říční, bystřinné nebo kritické. Řešení probíhá na základě metody po úsecích, která vychází z Bernoulliho rovnice. Nástroje pro modelování toků umožňují vytvořit samotný tok nebo složitou říční síť s jednotlivými objekty na toku, jako jsou mosty, propustky nebo spádové stupně.

Pro účely zpracování práce je využito základní modelování pomocí 1D. Vzhledem k rozsahu zde není uveden teoretický aparát, je možné ho nalézt[5].

6.2 Geometrická data

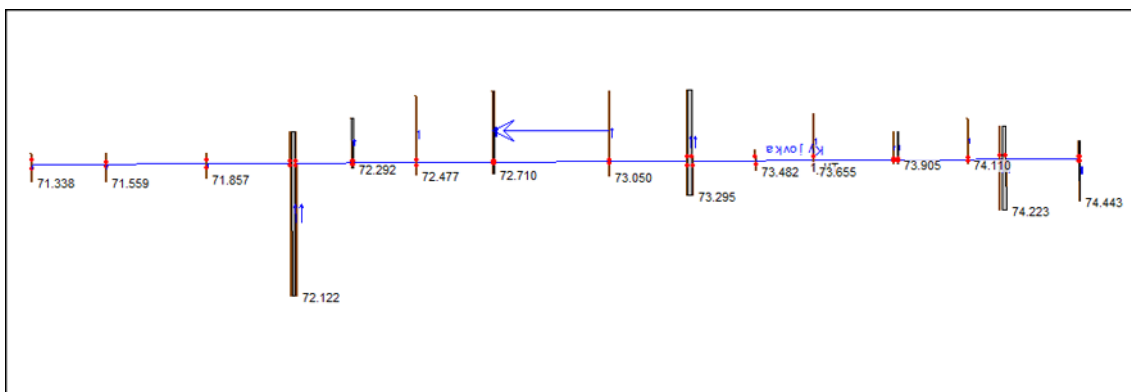
Modelování toku bylo provedeno v programu HEC-RAS podle 13 známých příčných profilů a 7 mostních objektů s 2 spádovými stupni. V profilech 213, 212, 211, 209, 208 a 207 byly možné inundanční plochy rozšířeny za pomoci dat z digitální model terénu (DMT). Ve všech zvolených profilech se jednalo o oblasti, kde se nachází zemědělské nebo zatravněné plochy. DMT nebylo možné využít k rozšíření množství samotných profilů koryta, protože zde hodnoty vykazovaly příliš velké odchylky od známých hodnot.

Na Obr.6.2 jsou vykresleny dva profily ze stejného staničení toku. Barevně je znázorněn zaměřený profil z podkladových dat od správce toku a černá čára reprezentuje výstup z DMT. Jejich hodnoty se nejvíce liší v oblasti koryta toku a jeho okolí, kde je poměrně hustý lesní porost. Do těchto míst se obtížně dostává signál měřicího paprsku, který stanovuje výšku terénu. Z důvodu velké odchylky nebylo možné použít hodnoty z podkladového DMT pro celé profily a využít ho tak ke stanovení dalších pomocných profilů toku, které by byly použity v geometrických datech.



Obr. 6.1: Porovnání zaměřeného terénu s DMT

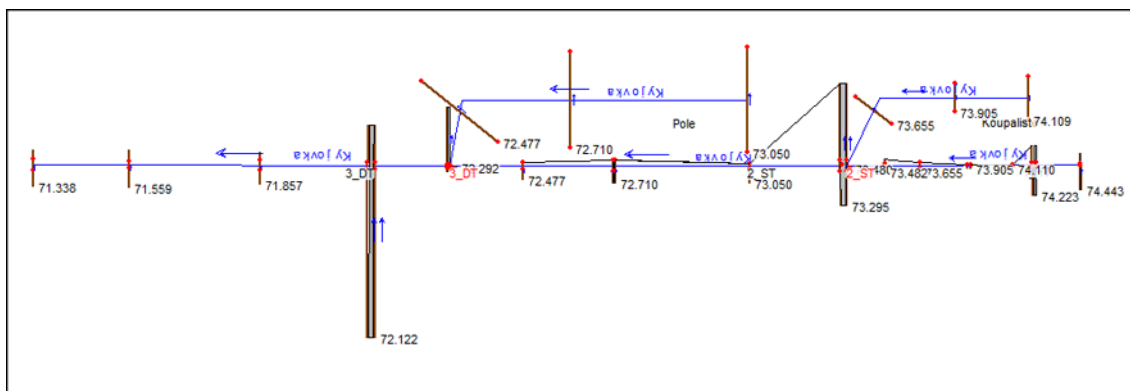
Pro řešenou oblast byly zvoleny dva rozdílné přístupy modelování. V prvním z nich byl vymodelován jeden tok, ve kterém všechny profily zahrnovaly i inundanční oblasti, kde podle správce toku měla voda tendenci vybřezit.



Obr. 6.2: Schéma první (použité) verze modelu

Druhý model rozdělil hlavní koryto a inundanční plochy na samostatné toky propojené pomocí bočního přelivu (Lateral structure v programu HEC-RAS) po celé délce oddělených koryt. Výška bočního přelivu byla v každém místě nastavená jako výška břehové hrany.

Oba způsoby zadání modelu vykazovaly totožné výsledky. Z toho důvodu bylo v následujícím textu uvažováno pouze s první jednodušší a vizuálně snáze interpretovanou variantou.



Obr. 6.3: Druhá verze modelu s oddělenou částí inundančních oblastí

6.2.1 Okrajové podmínky

Výše zmíněná výpočtová metoda po úsecích je aplikována na tento výpočtový model, jedná se o říční proudění řešené metodou po úsecích od dolní okrajové podmínky profilu 203 v ř. km 71,338 protiproudě k hornímu profilu 216 v ř. km 74,443. Dolní okrajová podmínka je do programu zadána pomocí známé výšky hladin vody při daném průtoku.

Hydrologická data byla převzata z tabulky N-letých průtoků studie záplavového území toku Kyjovky z roku 2004 [17] (Tab.6.1). Stanovení průtoku v původní zprávě bylo provedeno na základě odvození a projednání s objednavatelem z dostupných podkladů hlásných profilů.

Tab. 6.1: Průtoky dle N-letosti s výškami hladiny v ř. km 71,338 [17]

	Q_5	Q_{20}	Q_{100}
Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	8,14	9,36	21,13
Výška hladiny [m n. m.]	263,950	264,100	264,600

6.2.2 Drsnost koryta

Jedním z nejproblematictějších hodnot při zadávání výpočtových dat jsou jednoznačně součinitelé drsnosti n . I malé zmenšení nebo zvětšení hodnoty se značně projevuje v hodnotách průběhu hladin. Základní velikost součinitele byla stanovena pomocí prvotního odhadu vytvořeného při pochůzce.

Použité hodnoty součinitele drsnosti jsou uvedeny v Tab.6.2

Po provedení prvních výpočtů bylo nutné výpočtový model kalibrovat pomocí úpravy součinitele drsnosti n . Jeho konečné použité hodnoty jsou uvedeny v Tab.6.4.

Tab. 6.2: Původní nekalibrované drsnosti n

Drsnost n	Úsek I.	Úsek II.
Kyneta	0,30	0,30
Berma a ostatní plochy	0,30	0,30

Pro určení drsnosti v oblasti dna toku a opevněných svahů kynety byl použitý výpočtový vzorec dle Stricklera 6.1. Hodnoty součinitele drsnosti neopevněných částí koryta byly stanoveny dle katalogu drsnosti.

$$n = \frac{d_{50}^{1/6}}{21,1} \quad (6.1)$$

Stanovení drsnosti bermy a přilehlých ploch toku proběhlo na základě pochůzek v terénu a ohodnocení pomocí tabulky drsností [7]. Stanovena byla hodnota součinitele drsnosti n pro každý profil samostatně, viz. Tab6.3 a Tab6.4. Úroveň hladiny při povodňových průtocích v řešeném úseku nebyla známá, proto nebylo možné hodnoty stupně drsnosti stanovit přesněji.

Tab. 6.3: Použité hodnoty součinitele drsnosti n pro úsek I.

PF	LB	Kyneta	PB
[-]	[-]	[-]	[-]
203	0,09	0,090	0,1
204	0,09	0,087	0,1
205	0,09	0,081	0,09
206	0,06	0,067	0,08
207	0,06	0,061	0,07
208	0,06	0,062	0,07
209	0,12	0,099	0,09

Výsledné součinitele drsnosti n jsou v prvním úseku značně proměnlivé. Tok protéká oblastmi, kde je jeho okolí udržované, ale i místy, kde se přes hustý porost nedá k samotnému korytu projít. Proto se u těchto hodnot nachází lokálně zvětšené hodnoty.

Malá hodnota na začátku úseku II. je z důvodu, že samotné koryto i jeho nejbližší okolí je udržované. Do profilu 214 protéká Kyjovka částečně lesem a tomuto faktu bylo přihlédnuto.

Tab. 6.4: Použité hodnoty součinitele drsnosti n pro úsek II.

PF	LB	Kyneta	PB
[-]	[-]	[-]	[-]
210	0,035	0,034	0,035
211	0,09	0,080	0,09
212	0,06	0,068	0,07
213	0,06	0,069	0,07
214	0,08	0,070	0,09
215	0,035	0,035	0,035
216	0,035	0,035	0,035

6.3 Návrhový průtok

Určení návrhového průtoku bylo provedeno dle Plánu hlavních povodí České republiky, který vešel v platnost 23.05.2007. Stanovuje míru ochrany území podle N-letých kulnimačních průtoků, které byly vyznačeny v Tab.6.5.

Tab. 6.5: Doporučená ochrana území dle Plánu hlavních povodní ČR

Návrh ochrany	Typ území
Q_{100}	Historická centra měst, historická zástavba
Q_{50}	Souvislá zástavba, průmyslové areály
Q_{20}	Rozptýlená obytná, průmyslová a souvislá chatová zástavba
Individuální ochrana	Izolované objekty

Pro stanovení návrhového průtoku se vycházelo z Tab.6.5, kde pro úsek toku I. je doporučen průtok Q_{20} . Jedná se o oblast rozptýlené zástavby s částečnou souvislou chatovou oblastí.

Na základě žádosti majitele jednoho z přilehlých objektů se pro zvolený úsek uvažovalo s návrhovou hodnotou Q_{100} , který by se v případě potřeby a realizace navrhnutých opatření plně podílel na jejich financování.

V úseku II. procházejícího okrajem města byl navrhnutý návrhový průtok Q_{50} . Zástavba je v tomto místě souvislá a obytné zástavby přechází do průmyslové části.

6.4 Posouzení kapacity stávajícího stavu koryta a objektů na toku

Jednotlivým řešeným profilům a objektům ve všech úsecích byla stanovena jejich kapacita. Ta byla spolu s výškami hladin zaznamenána do Tab.6.6, Tab.6.8, které řeší hodnoty v jednotlivých profilech. Dosažené hodnoty výšky hladin na objektech byly zaznamenány do Tab.6.7 a Tab.6.9.

6.4.1 Úsek I.

Výsledné hodnoty výšek hladin vody pro stanovené průtoky Q , které odpovídají danému N , zvolenému v předchozí kapitole, byly zapsány do Tab.6.8 a Tab.6.9. Kromě těchto hodnot je v tabulce zaznamenáno i jaký N -letý průtok je schopné koryto převést N_{max} .

Seznam zkratk a symbolů v následujících tabulkách:

- St [-] - staničení,
- PF [-] - profil,
- H_v [m n. m.] - nadmořská výška hladiny vody,
- H_{LB} [m n. m.] - nadmořská výška levého břehu,
- h_{LB} [m] - rozdíl výšky vodní hladiny a levého břehu,
- H_{PB} [m n. m.] - nadmořská výška pravého břehu,
- h_{PB} [m] - rozdíl výšky vodní hladiny a pravého břehu,
- Q [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] - průtok,
- N [-] - návrhová hodnota N -letosti,
- N_{max} [-] - N -letost, kterou je koryto schopné převést.

Tab. 6.6: Stanovení kapacity toku úseku I.

St	PF	H_v	H_{LB}	h_{LB}	H_{PB}	h_{PB}	Q	N	N_{max}
[km]	[-]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m]	[m n. m.]	[m]	[m ³ ·s ⁻¹]	[-]	[-]
71,338	203	264,1	267,78	3,68	270,07	5,97	9,36	20	100
71,559	204	265,77	266,19	0,42	269,51	3,74	9,36	20	100
71,857	205	267,98	270,32	2,34	271,76	3,78	9,36	20	100
72,104		270,38	270,95	0,57	271,99	1,61	9,36	20	20
72,113	M88	Most							
72,122	206	270,49	270,95	0,46	271,99	1,5	9,36	20	20
72,287	BO	271,26	272,93	1,67	272,5	1,24	9,36	20	100
72,290	M89	Most							
72,292	BO	271,3	272,93	1,63	272,5	1,2	9,36	20	100
72,477	207	272,2	273,62	1,42	274,92	2,72	9,36	20	100
72,704		273,79	274,17	0,38	274,09	0,3	9,36	20	20
72,707	M89b	Lávka							
72,710	208	273,95	274,17	0,22	274,09	0,14	9,36	20	20
73,050	209	276,52	277,29	0,77	276,9	0,38	9,36	20	100

Úsek I. převede ve všech profilech zadaný návrhový průtok $Q_{20} = 9,36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a 7 z 11 profilů v této části je schopné bez vybřežení převést průtok $Q_{100} = 21,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Tab. 6.7: Stanovení kapacity objektů úseku I.

Objekt	St	PF	Ozn	H_h	H_m	h	Q	N	N_{max}
[-]	[km]	[-]	[-]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m]	[m ³ ·s ⁻¹]	[-]	[-]
Most	72,113	206		270,49	271,46	0,97	9,36	20	20
Most	72,290	BO	M98	271,3	271,9	0,6	9,36	20	20
Lávka	72,707	208	M89b	273,95	274,09	0,14	9,36	20	5

Z objektů v úseku I. byla jako nekapacitní zjištěna lávka v ř. km 72,707. Ta není schopná převést návrhový průtok $Q_{20} = 9,36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V případě potřeby není možná její demontáž, protože je částečně ukotvena v betonu. Z toho důvodu byla ve výpočtech brána v potaz jako možný nežádoucí prvek v korytě při zvýšené hladině toku, ve kterém se bude pravděpodobně zachytávat pláví.

6.4.2 Úsek II.

V úseku II. se nachází dva profily 213 a 214, které nemají dostatečnou kapacitu v ř. km 73,905 a ř. km 74,110 pro zvolený průtok $Q_{100} = 21,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V tomto místě

Tab. 6.8: Stanovení kapacity toku úseku II.

St	PF	H_v	H_{LB}	h_{LB}	H_{PB}	h_{PB}	Q	N	N_{max}
[km]	[-]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m]	[m n. m.]	[m]	[m ³ ·s ⁻¹]	[-]	[-]
73,280		277,78	283,64	5,86	283,37	5,59	9,36	20	100
73,288	M90	Most							
73,295	210	277,94	283,64	5,7	283,37	5,43	9,36	20	100
73,482	211	279,46	282,37	2,91	282,79	3,33	21,13	100	20
73,655	212	280,8	288,82	8,02	284,32	3,52	21,13	100	100
73,890		285,58	286,13	0,87	285,58	0,32	21,13	100	100
73,898	M92	Most							
73,905	213	285,78	286,13	0,35	285,58	-0,20	21,13	100	20
74,110	214	286,57	286,61	0,04	286,53	-0,04	21,13	100	100
74,205		286,33	287,34	1,01	286,54	0,21	9,36	20	20
74,214	M93	Most							
74,223	215	286,39	287,34	0,95	286,54	0,15	9,36	20	20
74,440		286,99	289,04	2,05	288,98	1,99	9,36	20	100
74,442	M94	Lávka							
74,443	216	287,27	289,04	1,77	288,98	1,71	9,36	20	100

dochází k vyběžení vody do oblasti autokempu, koupaliště a sportovního areálu. Jedná se o poměrně rovinatou zatravněnou plochu. Celý úsek II. dle sestaveného modelu v programu HEC-RAS je kromě výše uvedené části kapacitní i pro návrhový průtok $Q_{100} = 21,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Tab. 6.9: Stanovení kapacity objektů úseku II.

Objekt	St	PF	Ozn	H_h	H_m	h	Q	N	N_{max}
[-]	[km]	[-]	[-]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m]	[m ³ ·s ⁻¹]	[-]	[-]
Most	73,288	210	M90	277,94	283,14	5,2	9,36	20	100
Most	73,898	213	M92	285,79	285,44	-0,35	21,13	100	5
Most	74,214	215	M93	286,39	287,76	1,37	9,36	20	100
Lávka	74,442	216	M94	287,27	288,57	1,3	9,36	20	100

Z objektů v úseku II. není kapacitní most M92. Nepřevede návrhový průtok Q_{100} a pro průtok Q_{20} nesplňuje podmínku minimální výšky vodní hladiny od spodní hrany konstrukce dle [22].

7 NÁVRH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ

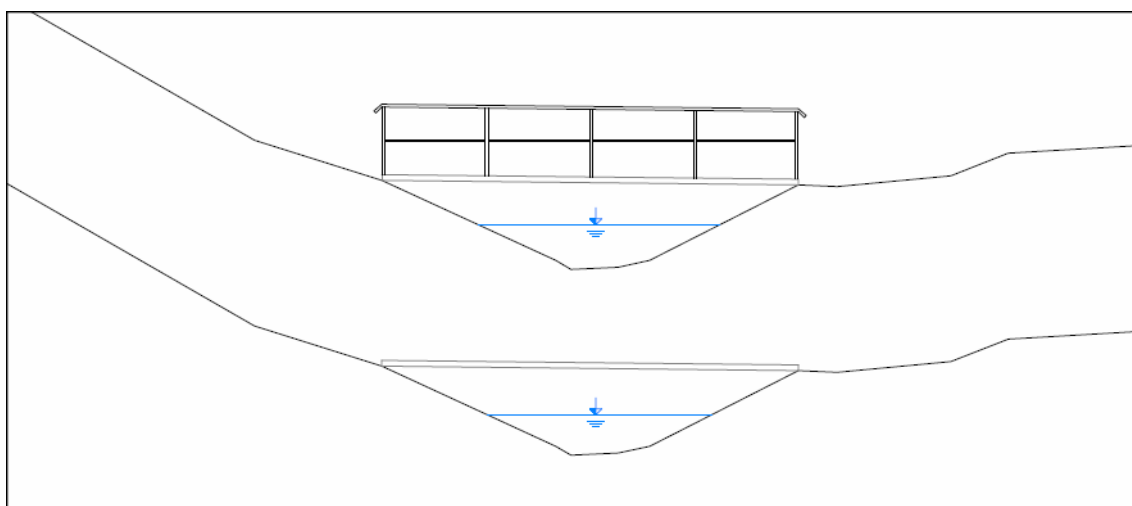
Výsledky uvedené v předchozí kapitole ukazují, že v úseku I. je nutné navrhovout bezpečnostní opatření pro lávku M89b. V případě úseku II. je podle výsledků žádoucí navrhnout vhodné opatření ke zvýšení ochrany přilehlého území.

Všechny úpravy toku byly navrženy na průtoky stanovené v kapitole 6.3 Návrhový průtok na straně 44. Pro jednotlivé úseky bylo vypracováno několik variant řešení, které jsou podrobněji rozebrány v následujících kapitolách.

Pro oba řešené úseky toku by měla být stanovená pravidelná údržba toku. Ta je v současné době silně zanedbána a z toho důvodu mohou nastat v toku ještě další neočekávané situace, které nebyly na modelu aplikovány. Jedná se zejména o údržbu zeleně a odstranění uměle vytvořených překážek v toku, které jsou zdokumentovány v kapitole 3 na straně 22 a 25.

7.1 Úsek I.

V prvním řešeném úseku není kapacitní pěší lávka M89b v ř. km 72,707, kterou není možné v případě zvýšené hladiny Kyjovky demontovat a při vyšších průtocích než $Q_5 = 8,14 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ by mohlo docházet k zachytávání spláví, které by mohlo způsobit ucpání a následné vybřežení toku. Kyjovka by se v tomto místě vylévala na pravou stranu toku, kde se nachází zemědělské plochy, s přihlédnutím k tomuto faktu by bylo vhodné provést pouze částečnou úpravu lávky oproti jejímu zkapacitnění. Stávající pevné zábradlí by bylo nahrazeno snímatelnou variantou, která by se v případě potřeby dala snadno a rychle demontovat viz. Obr.7.1.



Obr. 7.1: Schéma návrhu pěší lávky demontovatelným zábradlím v ř. km 72,707

Na Obr.7.1 je možné vidět dva stavy, první kdy je v korytě normální stav vody (horní schéma) a druhý s průtokem $Q_{20} = 9,36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ s demontovaným zábradlím (dolní schéma).

7.2 Úsek II.

Vyhodnocením úseku v programu HEC-RAS bylo zjištěno, že je část koryta nekapacitní pro návrhový průtok $Q_{100} = 21,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ od staničení ř. km 73,905 do ř. km 74,110. Proto byly pro tuto část úseku zpracovány dvě varianty návrhového protipovodňového opatření:

Varianta I.:

- Pravobřežní ochranná hráz
- Úprava mostu M92
- Odstranění spádového stupně J27

Varianta II.:

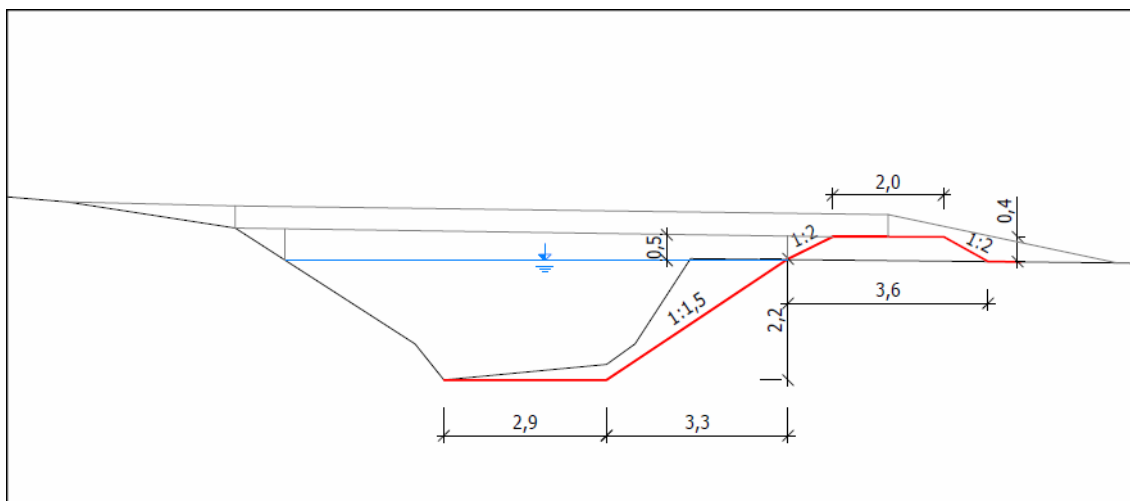
- Návrh nového lichoběžníkového koryta
- Úprava mostu M92
- Odstranění spádového stupně J27

7.2.1 Varianta I.

První možné řešení je úprava pouze pravé strany koryta, kde voda vybřežuje. Svah je příliš strmý, neuchycuje se zde vegetace a bude nutné jej prvotně upravit do mírnějšího sklonu v poměru 1:1,5. Na ten bude navazovat po celé délce hráz od ř. km 73,905 do ř. km 74,110 o délce 205 m a výšce 0,4 m. Šířka koruny hráze je 2,0 m se sklony svahů 1:2. Hráz bude ohumusována a oseta travní směsí. Po levé straně toku se nachází les, sklon břehu je 1:1,5 a není nutné tuto část koryta upravovat. Návrhový stav je schématicky znázorněn na Obr.7.2. V přílohové části je přiložen vzorový příčný řez návrhového stavu B.5 a příčný řez novým mostem B.6.

Současně s vybudováním hrádky dojde k přepracování cestního mostu. Mostovka je vytvořená z ocelových nosníků, na kterých jsou umístěny železobetonové pojízdné panely. Ty budou zachovány. Na obou březích budou vytvořeny nové železobetonové patky ve výšce 286,36 m n. m. na levém břehu a 285,98 m n. m. na pravém břehu, aby byl zajištěn minimální požadovaný rozdíl 0,5 m mezi návrhovou výškou hladiny a spodní hranou mostovky [22].

První varianta uvažuje s odstraněním spádového stupně J27, který na toku neplní žádnou funkci (založení pilířů mostu je dostatečné).



Obr. 7.2: Schéma návrhu pravobřežní hráze v úseku ř. km 73,905 do ř. km 74,110

V Tab.7.1 je uvedená nadmořská výška hladiny Q_{100} s nově navrhnutými hodnotami součinitele drsnosti n . Ta byla doplněna o hodnotu hladiny stanovenou s původní hodnotou drsnosti.

Tab. 7.1: Návrh součinitele drsnosti n pro nové koryto varianty I. s výškami hladin

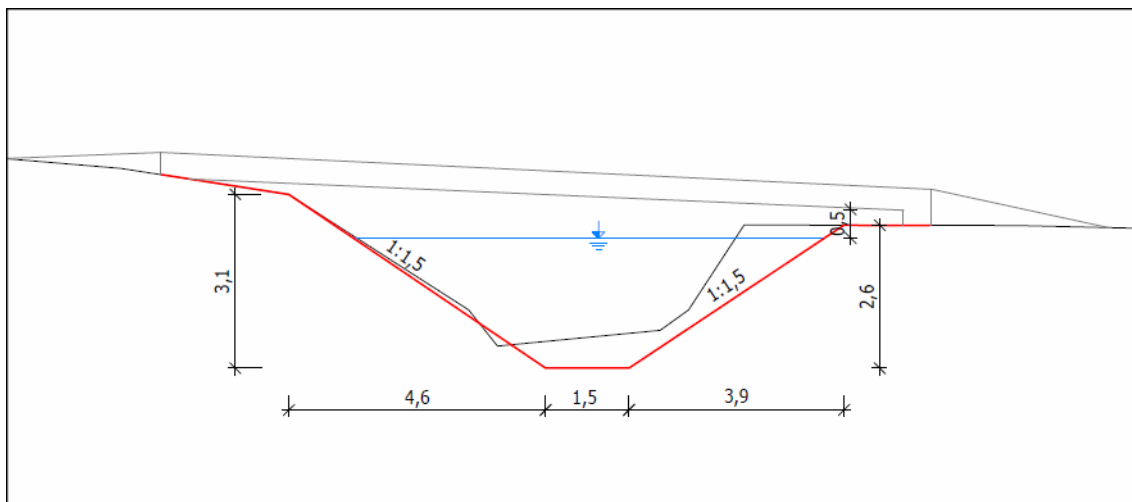
	LB	Kyneta	PB	H_v
	[-]	[-]	[-]	[m n. m.]
Návrhový stav	0,6	0,35	0,4	285,39
Původní stav	0,6	0,99	0,7	285,35

Nově vytvořená rezerva v místě nejvyšší hladiny a nejnižší výšky mostovky bude 0,60 m.

7.2.2 Varianta II.

Druhá varianta řeší celé koryto a upravuje ho jako celek do návrhového lichoběžníkového tvaru. Dno toku je posunuto o 0,4 m níže do výšky 283,00 m n. m. Šířka dna koryta bude 1,5 m. Sklony svahů na obou stranách jsou navrženy v poměru 1:1,5. Koryto je v místě břehových hran na levé straně rozšířeno o 1,8 m a na pravé straně o 2,87 m. Výška břehové hrany je změněna pouze u levého břehu. Na jeho vyrovnání bude použitý materiál vytěžený z pravého břehu, aby nemusel být odvážen na skládku. Na obou březích je dostatek prostoru k provedení změn a nezasahují do soukromých pozemků. Změny jsou schématicky vykresleny na Obr.7.3. K navrhnutým změnám náleží výkresová dokumentace B.2, B.4, B.7 a B.8.

S úpravou břehu bude nutné provést úpravu břehových porostů, které nemají v současné chvíli jasně daný systém údržby a výsadby.



Obr. 7.3: Schéma návrhu lichoběžníkového koryta ř. km 73,905 do ř. km 74,110

U varianty II. je uvažováno stejně jako v předchozím návrhu s přestavbou cestního mostu. Je počítáno s užitím části železobetonových pojízdných panelů, ze kterých je vytvořena současná konstrukce mostovky. Ta bude u nového mostu doplněna o další panely. Na obou březích je nutné vytvořit železobetonové patky, levobřežní v úrovni terénu 286,13 m n. m. a pravobřežní převýšená o 0,15 m, aby byl splněn požadovaný rozdíl výšky hladiny a spodní kóty mostní konstrukce 0,5 m dle ČSN 73 6201 [22].

Při návrhu byl odstraněn stávající betonový spádový stupeň, který neplní v toku žádnou funkci.

Tab. 7.2: Součinitel drnosti n pro variantu II. s výškami hladin podle návrhové a původní drnosti

	LB	Kyneta	PB	H_v
	[-]	[-]	[-]	[m n. m.]
Návrhový stav	0,6	0,35	0,4	285,17
Neudržovaný stav	0,6	0,99	0,7	285,59

V Tab.7.2 je uvedena výška hladiny Q_{100} pro návrhové hodnoty součinitele drnosti n . Je zde také hodnota výšky hladiny, kterou by tok dosáhl při původních hodnotách drnosti. Pro nový návrhový stav bude rozdíl nejvyššího stavu hladiny a nejnižšího místa mostovky 0,60 m

7.3 Zhodnocení úseku II.

Z pohledu správce toku, je druhý úsek dostatečně chráněný a investice do nových navržených úprav by nebyla opodstatněná. V případě soukromých investic majitele autokempu by mohlo dojít k vybudování jednoho z výše navrhovaných stavů. V takovém případě by byla vhodnější varianta II., která by více vyhovovala celému rázu okolí. Jedná se o návrh jednoduchého lichoběžníkového koryta se sklony svahů 1:1,5. Důležitým aspektem je i značně zmenšená šířka dna koryta na 1,5 m, která zabezpečí dostatečnou výšku vody v toku i při běžných průtocích. Celková délka úprav činí 205 m.

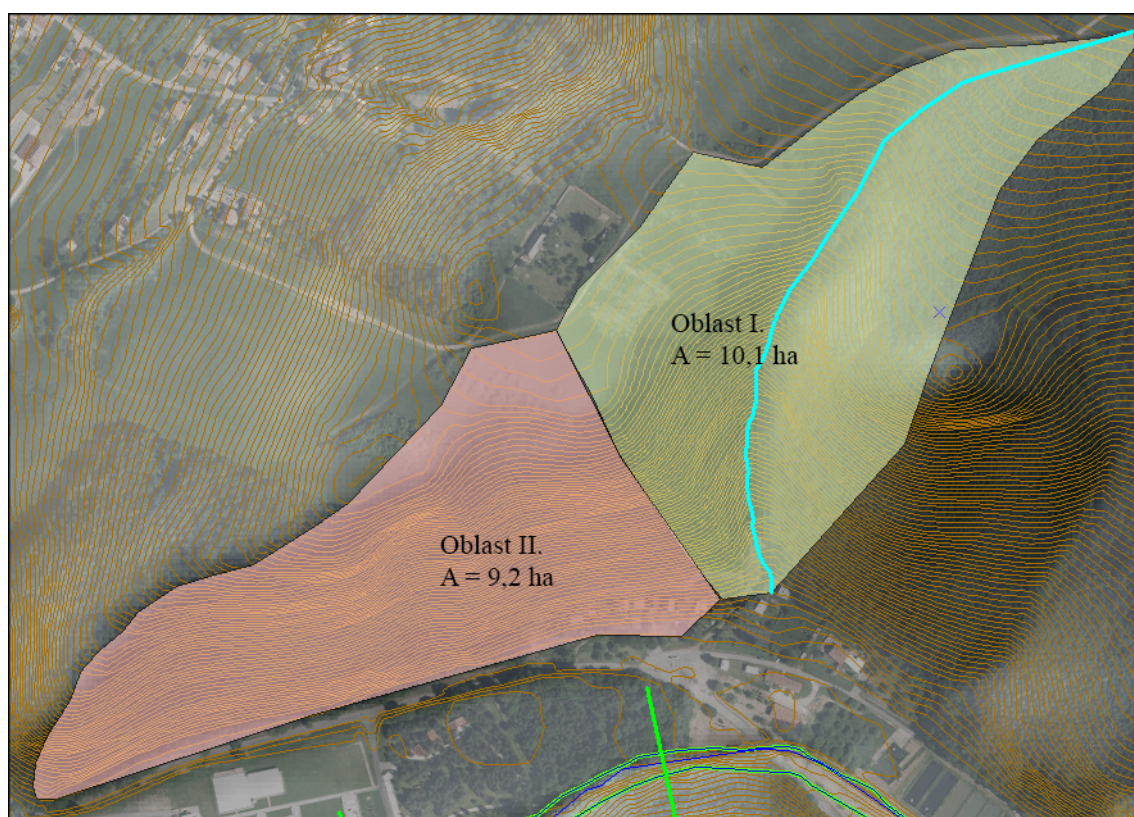
U obou variant úpravy je navrhnutá přestavba cestního mostu v ř. km 73,898. Jeho současná konstrukce by nevyhovovala v žádné z možných modelových situací. Druhá varianta uvažuje se zvednutím spodní hrany mostovky na pravém břehu o 0,15 m. Důležité by bylo v případě přestavby mostu zjistit informace o jeho využití všemi dotčenými stranami. Na levé straně navazuje na lesní cestu a na pravé straně je ukončen vstupní bránou do areálu autokempu.

Navržené opatření je graficky zpracováno v příloze B.2 Podrobná situace s navrženými opatřeními, B.4 Podélný profil s navrženými opatřeními, B.7 Vzorový příčný řez varianta II a B.8 Příčný řez mostem varianta II

8 NÁVRH PPO MIMO VODNÍ TOK

Oblast úseku II. není ohrožována pouze tokem, jedním z hlavních problémů této oblasti jsou srážkové vody, které dopadají na okolní kopcovitý terén, viz. Obr.8.1 a stékají z nich dolů do údolí, kde není vytvořený žádný zachytňvý prvek.

Problematické území lze rozdělit do dvou samostatných oblastí Obr.8.1.



Obr. 8.1: Schéma rozdělení oblastí pro doplňkové PPO

8.1 Oblast I.

Jedná se o část území, kde se dešťové srážky akumulují v jednom závěrném profilu, kam se kromě vody dostává značné množství splavenin. Voda z této oblasti je svedena do propustku vyfoceného na Obr.3.22 v kapitole 3.2.5 na stránce 27, který je dále sveden pomocí lichoběžníkového koryta, které na něj navazuje až k soutoku s Kyjovkou, viz. Obr.3.23.

Srážková voda v první oblasti ohrožuje rozptýlenou chatovou zástavbu spolu s rybářským areálem. V době silných dešťů umísťují majitelé objektů na přístupovou cestu k lesům dřevěné klády, aby v případě potřeby usměrnili proud dešťové vody směrem od chat.

Pro dané místo bylo za pomoci racionální metody stanovený průtok dešťových vod, podle vztahu $Q = S_S \cdot q_S \cdot \psi$. Kde $S_S = 10,3 \text{ ha}$ je plocha povodí, q_S intenzita náhradního deště [$\text{s}^{-1} \cdot \text{hs}^{-1}$] zjištěná z Truplových tabulek pro nejbližší město (Kyjov) a ψ součinitel odtoku [-]. Racionální rovnice byla zvolená záměrně. V celé oblasti jsou stejné sklonové poměry terénu i jeho využití a není zde nutné stanovovat hodnotu požadovaného množství deště složitější metodou jako je např. Bartošková metoda.

Po dosazení hodnot do vztahu vyšel průtok $Q = 0,11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 410,87 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Ve výpočtu sedimentační nádrže bylo počítáno s potřebnou dobou zdržení vody $t = 15 \text{ min}$. Jedná se o dobu nutnou k sedimentaci splavenin zeminy, která je smývána z plochy povodí. Zemina nebude sedimentovat dále po toku a nedojde např. k nežádoucímu ucpání vstupního otvoru propustku vedoucího pod komunikací nebo v samotném korytě toku Kyjovky.



Obr. 8.2: Odběrné místo vzorku zeminy

Ke zjištění doby zdržení byl v místě plánované nádže proveden odběr vzorku sedimentů. Odběr, viz. Obr.8.2, proběhl 3.12.2016 v době sucha. Z obrázku je patrné, že odběrné místo je značně zaneseno kládami, listím a dalšími přírodními materiály.

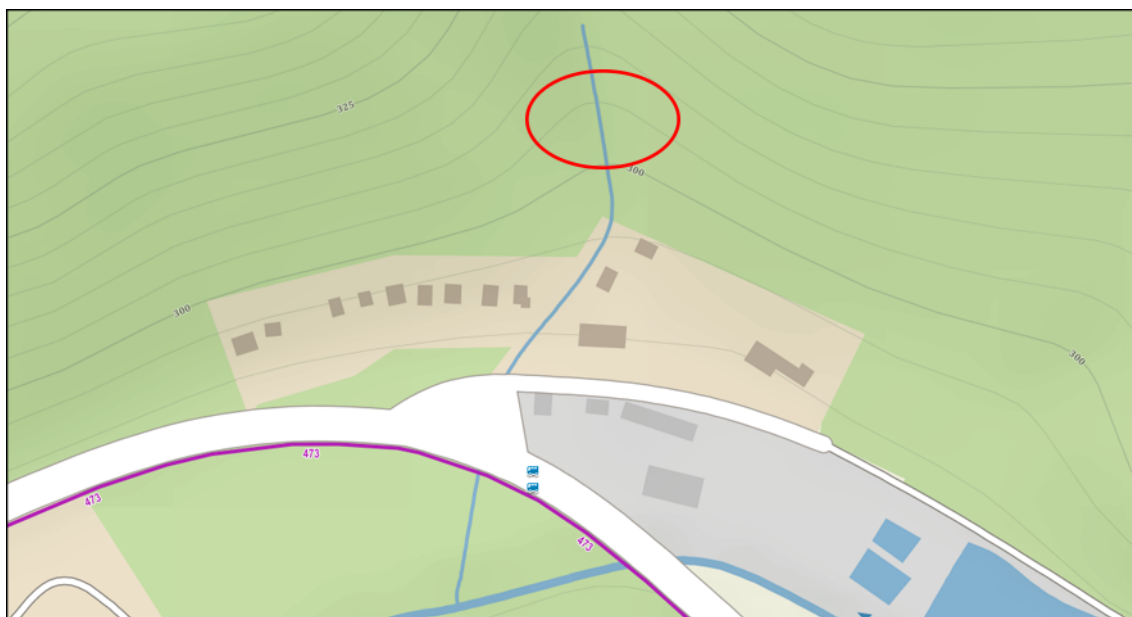
Vzorek byl vyhodnocen v Laboratoři vodohospodářského výzkumu Ústavu vodních staveb Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně. Nejdříve proběhlo vysušení vzorku při 105 °C, poté byly ze vzorku odstraněny zjevné organické materiály a sestavena soustava zkušebních sít s průměry ok od 0,500 mm do 25,000 mm. Na ty byl materiál umístěn a proset. Poté se jednotlivé vzorky zvážily a hodnoty zaznamenaly do Tab.8.1.

Tab. 8.1: Vyhodnocení zrnitostní zkoušky odebraného vzorku sedimentů

Průměr ok	Hmotnost	Zastoupení frakcí
[mm]	[g]	[%]
<0,500	137,8	12,55
0,500	24,6	2,24
0,630	87,7	7,99
1,000	69,1	6,29
1,600	157,5	14,34
2,000	39,3	3,58
2,500	34,6	3,15
3,125	31,8	2,90
4,000	39,8	3,62
5,000	35,5	3,23
6,300	42,9	3,91
8,000	48,9	4,45
10,000	84,4	7,69
16,000	78,1	7,11
20,000	93,5	8,52
25,000	92,5	8,42
Celkem vzorku [g]	1098	100,00

Objem nádrže pro dobu zdržení $t = 15$ min byl s 25 % rezervou stanovený na $V = 130 \text{ m}^3$.

Navrhnutá nádrž bude postavena nad chatovou oblastí, viz. Obr.8.3. Místo je vyznačeno červeně. Její konstrukce bude z drátokamenných košů, spodní patro v rozměrech 1,0 m x 1,2 m, prostřední patro 1,0 m x 1,0 m, a horní část 1,0 m x 0,8 m ty budou vyplněny kamenivem. Do košů bude umístěno výpustné potrubí DN 300. V horní části objektu bude vytvořen bezpečnostní přeliv. Výška maximální hladiny vody je 306,84 m n. m.. K místu nádrže vede lesní cesta, ta bude upravena na zpevněnou šterkovou komunikaci sloužící pro příjezd nákladních automobilů, které vyberou a odvezou usazeniny.



Obr. 8.3: Umístění sedimentační nádrže

Pod nádrží bude provedeno prohrábnutí stávajícího dostatečně kapacitního koryta od usazenin mechanickým strojem. Toto koryto svádí vodu k silničnímu propustku, který vyústí do lichoběžníkového koryta zaústěného do toku Kyjovka. Stávající koryto bude vyčištěno od dřevin a pomocí mechanického stroje bude provedeno prohrábnutí koryta s navrhnutým sklonem. Ten je uveden s výpočtem kapacity koryta v Tab.2 Místo pod přehrázkou bude postaveno z balvanitého záhozu, aby nedocházelo k vymýlání koryta. Propustek pod komunikací bude zachován původní betonový DN 300.

Navržené opatření je graficky zpracováno v příloze B.2 Podrobná situace s navrženými opatřeními, B.9 Podélný řez hrází a B.10 Příčný řez nádrží.

8.2 Oblast II.

Druhou oblast tvoří lesy s prudkými kopci, které se nachází přímo nad areály kempu, koupaliště a fotbalového hřiště. Ty nejsou z této strany jakkoliv chráněny s výjimkou zhruba 100 m dlouhého silničního příkopu na táhnoucího se od začátku silnice č.43231 z Koryčan do Stupavy. Srážková voda má v případě dlouhotrvajícího nebo přívalového deště tendenci proudit do výše uvedených rekreačně-sportovních areálů viz. Obr.8.4, kde červená šipka ukazuje problémové místo svahů a žlutě je naznačené návrhové opatření, které spočívá ve vytvoření silničního příkopu, který vodu svede k propustku, který bude vyústěn v odvodňovacím korytě oblasti I. a tímto korytem odteče do Kyjovky.



Obr. 8.4: Místo návrhu silničního příkopu pro odvedení dešťových srážek

Tento problém nastává v důsledku chybějících silničních příkopů mezi stráněmi a areály.

Záchytný silniční příkop i propustek pod silnicí byl navrhnutý na $Q = 0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Příkop bude mít jednoduchý trojúhelníkový tvar s počáteční výškou 0,35 m se sklonem 0,5 % a bude dlouhý 480 m. Na konci úseku se vlivem sklonu zahlubí o 0,25 m. Příkop bude zaústěn do betonového propustku DN 400, délky 12 m a sklonu 2 %. Výpočet proudění v propustku je uveden v Tab. 1. Vyústovat bude do lichoběžníkového koryta uvedeného pro oblast I. v předchozí kapitole. Návrh počítá s umístěním směrových sloupků komunikace.

Navržené opatření je graficky zpracováno v příloze B.2 Podrobná situace s navrženými opatřeními a B.11 Vzorový příčný řez silničním příkopem.

9 ZÁVĚR

Diplomová práce pojednává o zhodnocení stávajícího kapacity toku Kyjovka v ř. km 71,338 až ř. km 74,443 a následném navrhnutí vhodného protipovodňového opatření k ochraně osob a majetku se zohledněním požadavků majitele autokempu v druhém úseku.

Řešený úsek byl rozdělený na dvě části. První úsek protéká intravilánem okolo obce Koryčany. Druhý úsek přechází z intravilánu do extravilánu a pokračuje ním až k vodnímu dílu Koryčany.

V obou úsecích byl proveden terénní průzkum, na jehož základě byla stanovena pro každý profil jiná hodnota součinitele drnosti n , dosazovaná do vymodelovaného toku pomocí programu HEC-RAS, který stanovil průběh hladin pro průtoky Q_5 , Q_{20} a Q_{100} .

Pro první úsek nebylo nutné volit žádné zásahy do koryta, ve všech profilech je tok kapacitní na návrhový průtok Q_{20} . Navrhuto zde bylo opatření pro jeden ze stávajících objektů na toku, který ale nevytváří při návrhovém průtoku $Q_{20} = 9,36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ bezprostřední ohrožení osob nebo majetku.

V druhém úseku byla pro zlepšení odtokových poměrů v krajině stanovena jako nejvhodnější úprava podle varianty II. Ta navrhuje změnu koryta na tvar jednoduchého lichoběžníku od ř. km 73,905 do ř. km 74,110 v délce 205 m, šířka ve dně bude zmenšena a břehy rozšířeny. Koryto zde bude navrhuto na ochranu před průtoky Q_{100} . V případě okolní zástavby se jedná o ochranu značně předimenzovanou. Návrh ochrany pro průtoky Q_{100} byl zpracován po dohodě s jedním z vlastníků okolních staveb, který by případnou realizaci plně financoval. Všechny další profily úseku II. jsou schopny převést povodňové průtoky Q_{100} . Úprava koryta toku počítá s přestavbou cestního mostu v ř. km 73,898, který nesplňuje požadavky stanovené normou.

Navržené opatření je graficky zpracováno v příloze B.2 Podrobná situace s navrženými opatřeními, B.4 Podélný profil s navrženými opatřeními, B.7 Vzorový příčný řez varianta II. B.8 Příčný řez mostem varianta II.

V rámci návrhu protipovodňového opatření řešeného úseku toku Kyjovky byla poslední kapitola zaměřená i na širší okolí toku, kde dochází k ohrožení osob a majetku vlivem srážkového úhrnu. Byla navrhuta opatření pro minimalizaci vzniku škod. Pro první zvolenou oblast bylo navrhuto vytvoření sedimentační nádrže. Ta bude zadržovat erodovanou zeminu a dešťové srážky stékající z okolních kopcovitých strání. V druhé oblasti byl navrhnutý odvodňovací příkop, který zachytává stážky z druhé části kopců. Obě ochranná opatření budou svedena propustky, stávajícím

DM 300 pro oblast I. a nově navrhnutým DN 400 pro oblast II., do lichoběžníkového koryta, které ústí do řeky Kyjovky.

Navržené opatření je zpracováno v přílohách B.9 Podélný řez hrází B.10 Příčný řez nádrží a B.11 Vzorový příčný řez silničním příkopem.

První úsek je na návrhový průtok Q_{20} dostatečně chráněný. Navržené protipovodňové opatření druhého úseku toku i širšího okolí by měla zabezpečit dostatečnou ochranu úseku před průtoky Q_{100} . Jejich výstavbou by se změnila mapa povodňových rozlivů. Mapa rozlivů s návrhovými opatřeními je graficky zpracována pro oba úseky dohromady v příloze B.13 Mapa záplavového území.

LITERATURA

- [1] ČESKÁ GEOGRAFICKÁ SPOLEČNOST, *Geografické rozhledy* [online]. 2010 [cit. 20. 10. 2016]. Dostupné z URL: <<http://geography.cz/geograficke-rozhledy/wp-content/uploads/2010/10/12-152.pdf>>.
- [2] DRÁB, A., L. DVOŘÁK, J. KOZUBÍK, T. KACÁLEK, Z. HANZLÍKOVÁ a V. HROMÁDKOVÁ. *Katalog protipovodňových opatření kulturních památek*. Brno: Ministerstvo životního prostředí, obor ochrany vod, 2014, 56 s. ISBN 9788072126019 [online]. [cit. 23. 12. 2016]. Dostupné z URL: <http://lms.fce.vutbr.cz/pluginfile.php/14282/mod_resource/content/10/KPP0.pdf>.
- [3] GEOINFO - geovědní informace na území ČR. *Česká geologická služba* [online]. 2002 [cit. 7. 9. 2016]. Dostupné z URL: <<http://mapy.geology.cz/>>.
- [4] GOOGLE.com, *Maps - Street view* [online]. 2016 [cit. 27. 12. 2016]. Dostupné z URL: <<https://goo.gl/maps/33P2SHDkVGB2>>.
- [5] U.S. Army Corps of Engineers, *The Hydrologic Engineering Center* [online]. 2016 [cit. 12. 01. 2011]. Dostupné z URL: <<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation.aspx>>.
- [6] JACA-JASA, a.s. *Klimatické regiony ČR* [online]. 2016 [cit. 20. 10. 2016]. Dostupné z URL: <<http://www.migesp.cz/klimaticke-regiony-cr>>.
- [7] KATALOG DRSNOSTÍ, *Katalog drsností: Tabulkový* [online]. 2011 [cit. 20. 10. 2016]. Dostupné z URL: <<https://sites.google.com/site/katalogdrsnosti/home/>>.
- [8] KATEGRA HYDROMELIORACÍ A KRAJINNÉHO INŽENÝRSTVÍ, *Protipovodňová opatření - Možnost financování studie, D26PEU* ČVUT, 2011.
- [9] KORYČANY *Povodňový plán města. Lokalizace zájmové oblasti na mapě* [online]. 2015 [cit. 21. 12. 2016]. Dostupné z URL: <<https://www.edpp.cz/povodnovy-plan/korycany/>>.
- [10] KORYČANY, *Povodňový plán města* [online]. 2016 [cit. 20. 10. 2016]. Dostupné z URL: <https://www.edpp.cz/kor_mapa-povodnoveho-planu-mesta/>.
- [11] KORYČANY.cz, *Koryčanský zpravodaj* [online]. 2016 [cit. 21. 12. 2016]. Dostupné z URL: <http://www.korycany.cz/e_download.php?file=data/editor/183cs_1.pdf&original=Zpravodaj2016-2.pdf>.

- [12] KŘOVÁK, F., KOVÁŘ a V. KADLEC. *Technická protierozní opatření: Hrazení bystřin a strží*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2014. ISBN 9788087361313.
- [13] LESY ČR, *Lesní správa Buchlovice* [online]. 2016 [cit. 20.10.2016]. Dostupné z URL: <<http://www.lesy.cz/ls138/charakteristika/Stranky/charakteristika.aspx>>.
- [14] MAPY, *Geoportál* [online]. 2015 [cit. 21.12.2016]. Dostupné z URL: <<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map/>>.
- [15] MAREŠ, K. *Úpravy toku: (návrování koryt)*. 2. vyd. Praha: ČVUT, 1993. ISBN 8001009033.
- [16] PATAKI E., *Kyjovka* [online]. 2014 [cit. 20.10.2016]. Dostupné z URL: <http://herber.kvalitne.cz/Lgs_2014/kyjovka.pdf>.
- [17] ŘÍHA J., *Záplavové území pro tok Kyjovka - Technická zpráva* Brno, 2003.
- [18] ŘÍHA, J. *Ochranné hráze na vodních tocích*. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 9788024735702.
- [19] TUREČEK, K. *Zákon o vodách č. 254/2001 Sb., v úplném znění k 1. lednu 2003 s rozšířeným komentářem a prováděcími předpisy. 2. vyd. se změnami reformou veřejné správy.*, Praha: Soudy, 2003. ISBN 8090313434.
- [20] ČSN 01 3466, *Výkresy inženýrských staveb. Výkresy pozemních komunikací*, 1997.
- [21] ČSN 01 3469, *Výkresy inženýrských staveb. Výkresy hydrotechnických a hydroenergetických staveb - Stavební část.*, 2007.
- [22] ČSN 73 6201, *Projektování mostních objektů.*, 2008.
- [23] ČSN 75 0120, *A Vodní hospodářství - Terminologie hydrotechniky: Water management - Terminology of hydrotechnics structures.*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009. Česká technická norma.
- [24] Vyhláška č. 590/2002 Sb., *O technických požadavcích pro vodní díla*. Praha, 2002, [cit. 26.12.2016]. Dostupné z URL: <http://eagri.cz/public/web/ws_content?contentKind=regulation§ion=1&id=54193&name=590/2002>.

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

9.1 Zkratky

DMT	digitální model terénu
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center River Analysis System
LVS	Lesní vegetační stupeň
LB	
m n. m.	metry nad mořem
PF	profil
PB	pravý břeh PF profil
PPO	protipovodňová opatření
VD	vodní dílo
ř. km	říční kilometr
SPA	stupeň povodňové aktivity
St	staničení

9.2 Veličiny

A	$[\text{m}^2]$ plocha
C	$[\text{m}^{-0,5} \cdot \text{s}^{-1}]$ Manningův rychlostní součinitel
h	$[\text{m}]$ vzdálenost mezi hranou mostovky a vodní hladinou
H_h	$[\text{m n. m.}]$ nadmořská výška hladiny pro danou n-letost
H_{LB}	$[\text{m n. m.}]$ nadmořská výška levého břehu
h_{LB}	$[\text{m n. m.}]$ nadmořská rozdíl výšky levého břehu a hladiny vody
H_m	$[\text{m n. m.}]$ nadmořská výška dolní hrany mostovky

H_{PB}	[m n. m.] nadmořská výška pravého břehu
h_p	[m] výška vody v propustku
h_{PB}	[m] rozdíl výšky pravého břehu a hladiny vody
h_s	[m] střední hloubka průřezu
i	[‰] sklon terénu
m	[-] sklon svahů
n	[m] součinitel drsnosti
N	[-] návrhová hodnota N-letosti
N_{max}	[-] N-letost, kterou je koryto schopné převést
O	[m] omočený obvod
Q	[m ³ ·s ⁻¹] průtok
Q_5	[m ³ ·s ⁻¹] povodňový průtok dosažený nebo překročený jedenkrát za 5 let
Q_{20}	[m ³ ·s ⁻¹] povodňový průtok dosažený nebo překročený jedenkrát za 20 let
Q_{100}	[m ³ ·s ⁻¹] povodňový průtok dosažený nebo překročený jedenkrát za 100 let
R	[m] omočený obvod
v	[m·s ⁻¹] rychlost vody
ϕ	[rad] středový úhel

SEZNAM OBRÁZKŮ

2.1	Lokalizace zájmové oblasti na mapě [9]	11
2.2	Povodí Kyjovky [16]	12
2.3	Geologická mapa 1:15 000 [3]	13
2.4	Mapa vrtného průzkumu [3]	14
2.5	Pedologická mapa [3]	15
2.6	Přehled orné půdy[14]	18
3.1	Rozdělení toku na dílčí části	19
3.2	Ukázka břehového doprovodu úseku I.	21
3.3	Ukázka úpravy břehového porostu	21
3.4	Ukázka okousaných kmenů Bobrem evropským	21
3.5	Silniční most se spádovým stupněm ř. km 72,113 a ř. km 72,102	22
3.6	Betonový spádový stupeň ř. km 72,200	22
3.7	Zaústění Lískoveckého potoka ř. km 72,710	22
3.8	Ocelová lávka pro pěší ř. km 72,707	22
3.9	Spádový stupeň vytvořený uživateli toku ř. km 72,950	23
3.10	Železobetonový most ř. km 72,290	23
3.11	Ukázka břehového doprovodu druhého úseku	24
3.12	Železobetonový silniční most ř. km 73,290	24
3.13	Železobetonový silniční most ř. km 73,320 [4]	24
3.14	Propustek ze suché nádrže ř. km 73.405	25
3.15	Stav suché nádrže na ř. km 73.405	25
3.16	Spádový stupeň vytvořený uživateli toku ř. km 73,720	25
3.17	Odběrné místo s česlemi ř. km 73,720	25

3.18	Betonový spádový stupeň	
	ř. km 73,800	26
3.19	Cestní ocelový most s	
	betonovou mostovkou ř. km 73,900	26
3.20	Železobetonový silniční most	
	ř. km 74,210	26
3.21	Kruhový propustek	
	ř. km 74,120	26
3.22	Koryto od propustku k	
	soutoku ř. km 74,210	27
3.23	Soutok koryta od dešťové	
	vody a Kyjovky ř. km 74,120	27
3.24	Lávka pro pěší ř. km 74,420	27
4.1	Ochranná hráz na toku Labe [2]	32
4.2	Železobetonová vetknutá protipovodňová zeď ve Veselí nad Lužnicí [2]	33
4.3	Ukázka mobilního protipovodňového hrazení v kombinaci s pevnou	
	hradící zídka v Praze Holešovicích [2]	34
4.4	Vizualizace suché nádrže na vodním toku Velká [2]	35
4.5	Ukázka kamenné přehrážky na Nerudově potoce [12]	36
5.1	Povodňová mapa města Koryčan[10]	37
6.1	Porovnání zaměřeného terénu s DMT	41
6.2	Schéma první (použité) verze modelu	41
6.3	Druhá verze modelu s oddělenou částí inundačních oblastí	42
7.1	Schéma návrhu pěší lávky demontovatelným zábradlím v ř. km 72,707	48
7.2	Schéma návrhu pravobřežní hráze v úseku ř. km 73,905 do ř. km 74,110	50
7.3	Schéma návrhu lichoběžníkového koryta ř. km 73,905 do ř. km 74,110	51
8.1	Schéma rozdělení oblastí pro doplňkové PPO	53
8.2	Odběrné místo vzorku zeminy	54
8.3	Umístění sedimentační nádrže	56
8.4	Místo návrhu silničního příkopu pro odvedení dešťových srážek	57

SEZNAM TABULEK

2.1	Hodnoty průměrných úhrnů srážek za rok 2014 a 2015[11]	16
2.2	Hodnoty průměrných úhrnů srážek od roku 1997 do roku 2015[11] . .	16
2.3	Hydrologické poměry [17]	16
2.4	Hlásné profily[9], hodnoty jsou uvedeny v centimetrech	17
3.1	Rozdělení úseků	19
3.2	Hodnoty podélného sklonu v úseku I.	20
3.3	Hodnoty podélného sklonu v úseku I.	20
3.4	Hodnoty podélného sklonu v úseku II.	23
6.1	Průtoky dle N-letosti s výškami hladiny v ř. km 71,338 [17]	42
6.2	Původní nekalibrované drsnosti n	43
6.3	Použité hodnoty součinitele drsnosti n pro úsek I.	43
6.4	Použité hodnoty součinitele drsnosti n pro úsek II.	44
6.5	Doporučená ochrana území dle Plánu hlavních povodní ČR	44
6.6	Stanovení kapacity toku úseku I.	46
6.7	Stanovení kapacity objektů úseku I.	46
6.8	Stanovení kapacity toku úseku II.	47
6.9	Stanovení kapacity objektů úseku II.	47
7.1	Návrh součinitele drsnosti n pro nové koryto varianty I. s výškami hladin	50
7.2	Součinitel drsnosti n pro variantu II. s výškami hladin podle návrhové a původní drsnosti	51
8.1	Vyhodnocení zrnitostní zkoušky odebraného vzorku sedimentů	55
1	Proudění vody v potrubí	67
2	Výpočet kapacity lichoběžníkového koryta pro Oblast I. a II.	68

SEZNAM PŘÍLOH

Textová část

A.1 Návrh dimenze potrubí

V kapitole jsou uvedeny výpočtové tabulky pro navrhnuté PPO mimo vodní tok. V Tab.1 je uveden hydraulický výpočet proudění vody v potrubí DN 400 s vhodně upravenou vtokovou částí.

Tab. 1: Proudění vody v potrubí

Plnění	A	h_p	ϕ	O	R	C	v	Q	h_s
%	[m ²]	[m]	[rad]	[m]	[m]	[m ^{0,5} ·s ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m]
1	0,000	0,004	0,401	0,080	0,003	26,578	0,203	0,000	0,003
5	0,002	0,020	0,902	0,180	0,013	34,645	0,586	0,001	0,013
10	0,007	0,040	1,287	0,257	0,025	38,729	0,916	0,006	0,027
15	0,012	0,060	1,591	0,318	0,037	41,260	1,180	0,014	0,041
20	0,018	0,080	1,855	0,371	0,048	43,096	1,404	0,025	0,056
25	0,025	0,100	2,094	0,419	0,059	44,523	1,599	0,039	0,071
30	0,032	0,120	2,319	0,464	0,068	45,676	1,772	0,056	0,086
35	0,039	0,140	2,532	0,506	0,077	46,629	1,924	0,075	0,103
40	0,047	0,160	2,739	0,548	0,086	47,427	2,059	0,097	0,120
45	0,055	0,180	2,941	0,588	0,093	48,099	2,178	0,119	0,138
50	0,063	0,200	3,142	0,628	0,100	48,664	2,283	0,143	0,157
55	0,071	0,220	3,342	0,668	0,106	49,135	2,372	0,168	0,178
60	0,079	0,240	3,544	0,709	0,111	49,522	2,448	0,193	0,201
65	0,087	0,260	3,751	0,750	0,115	49,829	2,509	0,217	0,227
70	0,094	0,280	3,965	0,793	0,118	50,060	2,556	0,240	0,256
75	0,101	0,300	4,189	0,838	0,121	50,212	2,587	0,262	0,292
80	0,108	0,320	4,429	0,886	0,122	50,281	2,601	0,280	0,337
85	0,114	0,340	4,692	0,938	0,121	50,256	2,596	0,296	0,399
90	0,119	0,360	4,996	0,999	0,119	50,110	2,566	0,306	0,496
95	0,123	0,380	5,381	1,076	0,115	49,780	2,499	0,308	0,707

A.2 Výpočet kapacity lichoběžníkového koryta

Výpočet kapacity lichoběžníkového koryta pro odvod dešťové vody z oblasti I. a II. do Kyjovky.

Tab. 2: Výpočet kapacity lichoběžníkového koryta pro Oblast I. a II.

b	0,40	[m]
h	1,00	[m]
m	1,50	[-]
n	0,035	[-]
i	0,001	[-]
A	1,90	[m ²]
R	0,474	[m]
C	25,232	[m ^{0,5} ·s ⁻¹]
v	0,550	[m·s ⁻¹]
Q	1,044	[m ³ ·s ⁻¹]

Grafická část

B.1 Podrobná situace M 1:2000

B.2 Podrobná situace s navrženými opatřeními M 1:2000

B.3 Podélný profil M 1:2000/100

B.4 Podélný profil s navrženými opatřeními M 1:2000/100

B.5 Vzorový příčný řez varianta I. M 1:100

B.6 Příčný řez mostem varianta I. M 1:100

B.7 Vzorový příčný řez varianta II. M 1:100

B.8 Příčný řez mostem varianta II. M 1:100

B.9 Podélný řez hrází M 1:100

B.10 Příčný řez nádrží M 1:100

B.11 Podélný řez silničním příkopem M 1:100

B.12 Mapa stávajícího záplavového území M 1:10 000

B.13 Mapa záplavového území s navrženými opatřeními M 1:10 000