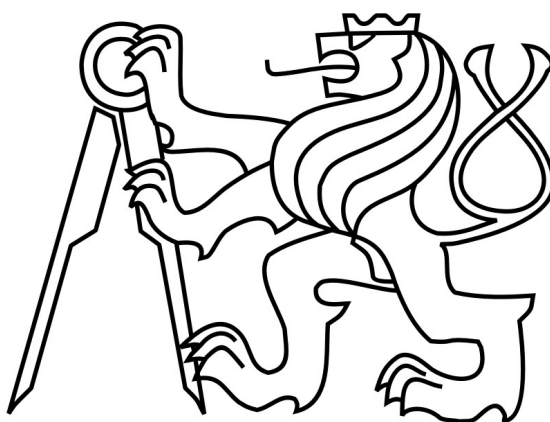


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

katedra hydrauliky a hydrologie



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Jez v obci Kamberk – ovlivnění průchodu velkých vod

Weir in Kamberk municipality – flood flows affection

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ivana Marešová, CSc.

leden 2018

Jakub FRÜHBAUER



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Frühbauer Jméno: Jakub Osobní číslo: 409816
Zadávací katedra: katedra hydrauliky a hydrologie
Studijní program: stavební inženýrství
Studijní obor: vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Jez v obci Kamberk - ovlivnění průchodu velkých vod
Název diplomové práce anglicky: Weir in Kamberk municipality - flood flows affection

Pokyny pro vypracování:

Jez v obci Kamberk na řece Blanici není v dobrém technickém stavu. Došlo k jeho porušení a tím ke snížení hladiny s následkem ovlivnění břehové vegetace. Jez byl provizorně opraven, je však třeba najít trvalé řešení problému. Jako varianty se nabízejí odstranění jezu s následnou stabilizací koryta, rekonstrukce jezu se zajištěním migrační prostupnosti, či kompromisní varianta zohledňující požadavky ochrany přírody, provozovatele a místní samosprávy. Navrhněte způsob realizace těchto variant a posuďte z hlediska průchodu velkých vod..

Seznam doporučené literatury:

Kemel, M. (2000): Klimatologie, meteorologie, hydrologie. Skripta ČVUT, 289s.
Patera, Váška, Zezulák, Eliáš (2002) Povodně: prognózy, vodní toky a krajina
Sborník příspěvků ze semináře A. P. (2014) Extrémní hydrologické jevy v povodích
Odborné články ve vědeckých časopisech, souhrnné zprávy se vztahem k problematice

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Ivana Marešová, CSc

Datum zadání diplomové práce: 2.10.2017 Termín odevzdání diplomové práce: 7.1.2018
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT 1/2009 „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

V Praze, dne

Jakub Frühbauer

.....

.....

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat paní Ing. Ivaně Marešové, CSc. za odborné vedení a pomoc při zpracování bakalářské práce. Další poděkování patří panu Bc. Tomášovi Moosovi za jeho čas a výpomoc v terénu. Nakonec bych rád poděkoval pracovníkům státního podniku Povodí Vltavy s.p. za poskytnutí potřebných podkladů.

Anotace

Cílem této práce je vypracování návrhu řešení problematiky poškozeného jezu na řece Blanici v obci Kamberk. Obec Kamberk se nachází v okrese Benešov a jez na jejím severním okraji. Před návrhem byla provedena obhlídka lokality a následně vypracována studie shrnující parametry a současný stav jezové konstrukce včetně jeho okolí. Z podkladů a ze získaných informací je vytvořen výpočetní model a zjištěn průběh povodňových průtoků. Následně jsou navrženy dle požadavků tři možné varianty řešení. Konkrétně odstranění jezu a úprava koryta, rekonstrukce jezu a jako poslední varianta mírný balvanitý skluz. U všech variant je kladen důraz na zachování či nadlepení odtokových poměrů, zajištění migrační prostupnosti a zároveň zachování přírodního charakteru toku. Pro každý návrh je následně upraven výpočetní model. Na základě jeho výsledků během zvýšených průtoků je každá z variant zhodnocena. V částech úprav, kde by pak dle výsledků mohlo docházet ke komplikacím, je navržena možnost patřičných opatření.

Klíčová slova: jez, rekonstrukce, skluzová konstrukce, úprava koryta, povodňový průtok

Annotation

The aim of this work is making a proposal to solve problem of an eroded weir structure on the Blanice river in the municipality of Kamberk. Kamberk is situated in Benešov district and the weir is located on its northern side. The proposal was preceded by visual inspection of locality and by a study of current state and parameters of weir structure. A creation of computation model from the obtained materials and informations and calculation of current structure flood flow passage has been made then. There are finally designed three different types of structure to solve current problem. In particular, it is a weir removal with a designing of new river channel, weir reconstruction and a rock chute. The aim in all proposes is to keep or to improve flood flow passage, to allow water animals migration and to keep close to natural look if possible. The computation model is then modified for every design. Then there is a summary of results for each design and proposes of improvements if needed.

Key words: weir, reconstruction, rock chute, channel design, flood flow

1 Obsah

2	ZÁKLADNÍ INFORMACE.....	11
2.1	Poloha jezu	11
2.2	Charakteristika toku	12
2.3	Hydrologické poměry	12
2.4	Odběr vody	13
2.5	Čistota vod.....	14
3	POPIS SOUČASNÉHO STAVU	14
3.1	Popis jezové konstrukce	14
3.2	Popis koryta a okolí toku nad jezem a pod jezem.....	17
3.3	Objekty v řešené lokalitě.....	19
3.3.1	Zlatohorský rybník	19
3.3.2	Jezové konstrukce.....	20
3.3.3	Silniční most a lávka.....	20
3.4	Zhodnocení	21
4	ZVOLENÉ KONSTRUKCE	22
4.1	Pevná jezové konstrukce	22
4.2	Balvanitý skluz	23
4.3	Rybí přechod	23
5	NÁVRH VARIANT A JEJICH ZHODNOCENÍ	24
5.1	Podklady pro návrh a tvorba modelu	24
5.1.1	Použitý software	24
5.1.2	Tvorba modelu a kalibrace	25
5.1.3	Výsledné hodnoty pro současný stav.....	26
5.1.4	Postup návrhu variant	27
5.2	Varianta Odstranění jezu.....	29

5.2.1	Parametry koryta.....	29
5.2.2	Výpočet návrhových parametrů koryta	31
5.2.3	Návrh a posouzení opevnění.....	33
5.2.4	Výsledky modelu a zhodnocení varianty.....	35
5.3	Varianta rekonstrukce jezu.....	39
5.3.1	Jezová konstrukce.....	40
5.3.2	Rybí přechod.....	41
5.3.3	Úpravy okolí konstrukce	41
5.3.4	Výpočet návrhových parametrů přechodu.....	43
5.3.5	Průběh hladin v jezovém profilu	44
5.3.6	Výsledky modelu a zhodnocení varianty.....	46
5.4	Kompromisní varianta.....	47
5.4.1	Skluzová konstrukce.....	48
5.4.2	Úpravy v okolí skluzové konstrukce	51
5.4.3	Výpočet návrhových parametrů skluzu	51
5.4.4	Návrh a posouzení opevnění skluzu	54
5.4.5	Výsledky modelu a zhodnocení varianty.....	55
6	ZÁVĚR	59
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ INFORMACÍ ...	60
8	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	63
9	SEZNAM PŘÍLOH.....	65

ÚVOD

Jez se nachází na toku Blanice v obci Kamberk v okrese Benešov. Objekt je již dlouhodobě ve špatném stavu. Kamenná konstrukce se rozpadá, její části se uvolňují a jez se tak pomalu bortí. Během povodně v roce 2013 došlo k poškození konstrukce, která je od té doby provizorně opravena kamenným záhozem. Je tak třeba najít vhodné řešení problému.

Jako možné varianty se nabízejí odstranění jezu a následná úprava a stabilizace koryta, rekonstrukce jezu a s tím související migrační zprůchodnění nebo kompromisní varianta mírného skluzu, která zohledňuje požadavky obce i požadavek migračního zprůchodnění a ochrany přírody.

Součástí práce je studie současného stavu. V té je z prohlídky terénu a dostupných zdrojů shrnut stav a parametry jezové konstrukce a koryta nad i pod objektem společně s charakteristikou okolí toku a popisem průběhu zvýšených průtoků. Ze získaných informací a dostupných podkladů je vytvořen a zkalibrován výpočetní model, kterým je zjištěn detailní průběh povodňových průtoků.

Cílem celé práce je pak navrhnout zmíněné varianty a ověřit jejich funkčnost pomocí výpočtu průběhu povodňových průtoků. Při návrhu byl kladen důraz zejména na zachování nebo nadlepšení stávajících odtokových poměrů, migrační propustnost a zajištění, v rámci možností, přírodě blízkého charakteru toku. Mimo varianty odstranění jezu je rovněž snahou vyhovět požadavku místní samosprávy na zachování vzduť v nadjezí a možnosti jej využívat jako požární nádrž.

V práci jsou popsány jednotlivé varianty a návrh jejich provedení. Pro názornost jsou zpracovány a přiloženy výkresy každé z variant. Výsledky z výpočetního modelu jsou shrnuty tabelárně a rovněž na přiložených mapách v podobě rozlivových čar. Na základě zjištěných hodnot a průběhu povodňových průtoků je provedeno zhodnocení každé z variant. Součástí zhodnocení je i diskuze možných úprav každé z varianty, zejména v částech, kde se výsledky modelu liší od předpokládaných hodnot.

PODKLADY

Pro zpracování diplomové práce byly použity tyto podklady:

Hydrologické podklady:

- Hodnoty N - letých průtoků (ČHMÚ)

Topologické podklady:

- Základní mapa 1: 10 000 (ČZÚK, a.s.)

Podklady poskytnuté státním podnikem Povodí Vltavy s.p., v elektronické podobě za účelem zpracování diplomové práce:

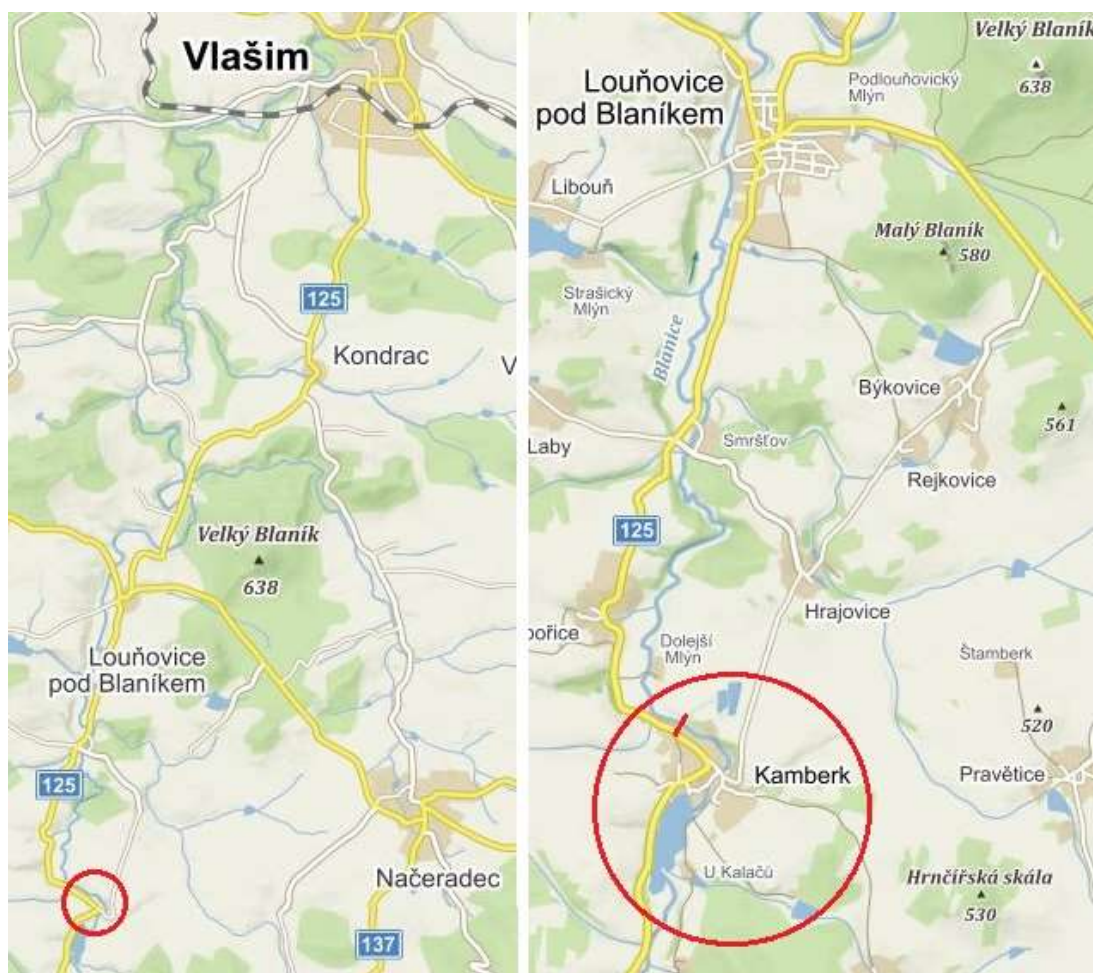
- Situace záplavy (Q₅, Q₂₀, Q₁₀₀)
- Technická zpráva o záplavovém území Blanice
- Hodnoty N - letých průtoků v jezovém profilu
- Katalogový list příčné překážky – Kamberk – Blanice
- Situace zamření koryta včetně vrstevnic z DMR 5G

2 ZÁKLADNÍ INFORMACE

2.1 Poloha jezu

Jez se nachází na řece Blanici v obci Kamberk, přibližně na 43,1 ř. km. Obec Kamberk leží necelých 15,0 km jižně od Vlašimi, nedaleko Louňovic pod Blaníkem, v okrese Benešov ve Středočeském kraji u hranic s Jihočeským krajem v takzvané Blanické brázdě. Obec se rozprostírá na území o katastrální výměře 11,32 km². Průměrná nadmořská výška obce je 398,0 m n. m. V roce 2016 bylo v Kamberku registrováno 136 obyvatel.

Do roku 1991 se obec Kamberk jmenovala Zlaté Hory a je tak pojmenován i Zlatohorský rybník, který je také součástí obce Kamberk a leží na 44,1 ř. km.



Obr. 1: Vyznačení lokality na mapě [1]

2.2 Charakteristika toku

Blanice je levostranným přítokem Sázavy. Od pramene k soutoku prochází severoseverovýchodním směrem. Do Sázavy ústí na 78,6 ř. km.

Povodí Blanice je součástí povodí Sázavy, které náleží hydrologicky k povodí Vltavy s.p., resp. Labe. Celková plocha povodí je 543,712 km², délka údolí je 61,8 km. Charakteristika tvaru povodí P/L^2 je 0,14 a lesnatost povodí je 20 %. Nejvyšší místo v povodí vrch Batkovy dosahuje výšky 721,0 m n. m., nejnižší místo (ústí do Sázavy) dosahuje výšky 304,0 m n. m. Průměrný relativní sklon toku je 0,5 %. Šířka údolí v zájmovém území se pohybuje okolo 100,0 m.

Geomorfologicky se povodí Blanice nachází převážně v celku Vlašimská pahorkatina v oblasti Středočeské pahorkatiny v subprovincii Česko – moravské provincie České vysočiny. Jihovýchodní část povodí přináleží do celku Křemešnická vrchovina oblasti Českomoravské vrchoviny v subprovincii Česko – moravské provincie České vysočiny. [2]

2.3 Hydrologické poměry

Blanice se řadí mezi vodní toky dešťovo - sněhového typu. Hydrologické poměry povodí se vyvíjejí v závislosti na hlavních činitelích utvářejících vodní poměry, tj. na srážkách, geomorfologii, geologické skladbě a půdním krytu.

Průměrný roční úhrn srážek v povodí je 661 mm, odtokový součinitel je 0,26 a specifický odtok z povodí je 5,39 l.s⁻¹.km⁻².

V povodí není žádný významný odběr vody, který by výrazně měnil hydrologické poměry. [2]

Nejbližší hlásný profil, se nachází na 37,2 ř. km v Louňovicích pod Blaníkem na levém břehu Blanice. Profil je přibližně 6,0 km pod jezem v Kamberku. Hodnoty N - letých průtoků a nejvyšší zaznamenané povodně v tomto profilu jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1: N-leté průtoky a historické povodně Louňovice [3]

N-leté průtoky [m ³ .s ⁻¹]						
Q1	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
18,0	24,0	35,0	44,0	52,0	66,0	76,0
Historické povodně (3 nejvyšší zaznamenané po dobu pozorování)						
02.6.2013	154,0 [m ³ .s ⁻¹]		N ~>100			
28.3.2006	26,0 [m ³ .s ⁻¹]		N ~>2			
13.2.1997	14,0 [m ³ .s ⁻¹]		N ~<2			

Pro zájmový úsek v profilu jezu Kamberku, který se nachází nad Louňovicemi, jsou uvedeny přesnější hodnoty v Tab. 2.

Tab. 2: N-leté průtoky Kamberk [4]

N-leté průtoky [m ³ .s ⁻¹]						
Q1	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
16,0	22,4	32,1	40,1	48,7	60,8	70,8
M-denní průtoky [m ³ .s ⁻¹]						
M30	M60	M90	M120	M150	M180	M210
2,48	1,721	1,331	1,077	0,890	0,743	0,622
M240	M270	M300	M330	M355	M364	
0,516	0,422	0,333	0,243	0,149	0,083	
Průměrný dlouhodobý roční průtok [m ³ .s ⁻¹]						
Qa						
1,079						

2.4 Odběr vody

Na pravém břehu se nachází náhon k malé vodní elektrárně (dále jen MVE), která je v současné době nefunkční a její majetkové poměry jsou nejasné. Na pravém břehu je rovněž náhon k takzvanému Dolejšímu Mlýnu, o kterém jsou zmínky již z 17. století, v současné době však nemá využití a je takřka neprůtočný. Záměrem obce je jez zachovat z důvodu použití vzduší jako zásobárnu vody nahrazující požární nádrž.

2.5 Čistota vod

Vyhodnocení jakosti vody je v ČR prováděno pomocí ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod. Dle informací z let 2009 - 2010 je průměrná třída jakosti vody Blanice, do které spadá i daná lokalita v okolí Kamberku, 2,7 z 5 základních ukazatelů. To odpovídá mírně znečištěné až znečištěné vodě. Nevyhovující je zejména vysoký obsah dusičnanového dusíku. [5]

Z hlediska rybího pásma se zájmová lokalita řadí do parmového až cejnového pásma a zastupují jej zejména kaprovité druhy ryb. Přírozené populace ryb jsou limitovány v rozmnožování četnými migračními bariérami na toku, mezi něž patří například Zlatohorský rybník nebo i samotný jez v Kamberku, či jez v nedalekých Předbořicích. Dalším limitním faktorem jsou zejména nedostatečné průtoky v letním období. [6],[8]

3 POPIS SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Popis jezové konstrukce

Jez je situovaný u severního okraje obce Kamberk na 43,122 ř. km. Z historických pramenů je patrné, že v těchto místech se nacházel náhon k nedalekému Dolejšímu mlýnu již v 17. století. Pravděpodobně zde byl již tehdy vybudován objekt sloužící ke vzduť hladiny a částečné akumulaci vody. Na současném místě byl jez vybudován ve 20. letech 20. století. [7]

Jedná se o pevný přímý jez. Na výstavbu byl použit kámen, pravděpodobně prolitý a zpevněný betonem. V současné době je většina kamenů uvolněná, jezové těleso se rozpadá, koruna jezu je rovněž zpevněná betonem, ale značně poškozená a nepravidelná. Celá konstrukce je obrostlá vegetací viz obr. 4 - 6. Na jezu se nenachází žádná pohyblivá hradící konstrukce. Není tedy umožněna žádná manipulace s úrovní hladiny, ani z hlediska vodohospodářského, ani z hlediska protipovodňové ochrany. Délka přelivné hrany je přibližně 40,0 m. Spád se pohybuje okolo 2,0 m. Koruna hráze se nachází v nadmořské výšce přibližně 390,86 m n. m. Na jezové konstrukci se nenachází žádná propust. Podjezí není opatřeno vývarem. Součástí konstrukce není ani rybí přechod, jez tak tvoří migrační bariéru a nevyhovuje současným požadavkům na zprůchodnění toků.

Na pravém břehu se nachází náhon k MVE, který je již dlouhodobě zahrazen. Elektrárna je v současné době nefunkční. Z ekonomického hlediska se její rekonstrukce jeví jako nevýhodná, převážně kvůli nedostatečnému průtoku. Maximální možný odběr je stanoven na 0,12 m³/s. Na pravém břehu se také nachází původní náhon, k již zmíněnému Dolejšímu Mlýnu. Náhon rovněž není dlouhodobě využíván. V současné době lze stěží rozeznat, je zanesený takřka na úroveň okolního terénu a jedná se spíše o jakýsi mokřad s minimálním průtokem. [6]



Obr. 2: Náhon na MVE[6]



Obr. 3: Zarostlý nátok k náhonu na pravém břehu

V současné době jez dlouhodobě chátrá. Samotná konstrukce jezu se nachází již několik let v havarijním stavu. Viz fotografie z jara roku 2012 na obr. 4 - 6. Většina průtoku za běžného vodního stavu je přes jez převáděna v jeho levé polovině, kde je koruna poškozena a nachází se na nižší úrovni.



Obr. 4: Celkový pohled na jez [6]



Obr. 5: Detail poškození jezu z levého břehu [6]

Po povodni v roce 2013 a pak i po jarní oblevě v roce 2017 proběhla rekonstrukce jezového tělesa viz obr. 6. Jedná se však jen o provizorní zasypaní nátrží a míst, které byly v nejhorším stavu a kde hrozil kolaps konstrukce. V případě

průchodu větší vody by se mohla konstrukce znovu poškodit. Pokud by se objevila povodeň většího významu, hrozí i nadále protržení jezového tělesa, které by negativně ovlivnilo průchod povodňové vlny a pravděpodobně způsobilo značné škody dále po toku.



Obr. 6: Detail opravy jezu z levého břehu

3.2 Popis koryta a okolí toku nad jezem a pod jezem

Koryto v zájmovém úseku leží v přibližně sto metrů širokém otevřeném údolí. Na pravém břehu se nachází terénní zlom, na levém břehu terén stoupá pozvolně. Blízké okolí toku je lemováno pásem stromů. Levý břeh pokrývá intravilán obce Kamberk. Na pravém břehu se v nadjezí nachází les, v podjezí je pak na levém břehu ještě několik nemovitostí a dále na pravém i levém břehu louka.

Koryto v těsné blízkosti pod jezem je zarostlé a zanesené viz obr. 7, z velké části i původními kameny a materiálem z jezové konstrukce pravděpodobně po povodni v roce 2013. Dále tok přechází v přírodě blízké meandrující koryto miskovitého tvaru s šířkou dna v rozmezí 5,0 až 10,0 metrů. Průměrný sklon toku pod jezem je 0,3 %. Průměrný sklon dna přímo v podjezí je okolo 0,7 %. Hloubka vody se za normálních vodních stavů pohybuje okolo 0,15 až 0,5 m. Vypočtená hloubka při Q_a je v podjezí okolo 0,3 m. Kapacita koryta v podjezí odpovídá přibližně Q_2 .



Obr. 7: Stav koryta pod jezem

Hloubka vody v nadjezí se za normálních vodních stavů pohybuje okolo 0,5 m. Koryto v těsné blízkosti nad jezem je široké zhruba 40,0 m. Dále se směrem proti proudu koryto zužuje, po patnácti metrech na šířku 20,0 m a poté pozvolna až na šířku 10,0 m, které dosahuje v místech konce vzduť. Délka vzduť je okolo 550,0 m, končí přibližně v místech železobetonového mostu místní komunikace. Dále proti proudu se koryto zužuje na šířku okolo 6,0 m a vede až k přelivu Zlatohorského rybníku. Průměrný sklon dna v ose toku v nadjezí je 0,15 %. Tok se během let přizpůsobil umístění jezu. Koryto není upravené a je v přírodě blízkém stavu včetně okolní vegetace. Viz obr. 8.



Obr. 8: Stav koryta nad jezem

Během zvýšených průtoků dochází k vyběžení Blanice v prostorech náhonu na pravém břehu, kde je okolní terén jen přibližně o 0,2 m převýšen nad úroveň

hladiny. K většímu rozlivu dochází již při průtoku menším než Q_1 , který odpovídá přibližně $10,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Samotný jez je pak během povodně zatopen dolní vodou a na pravém břehu dochází k jeho obtékání viz obr. 9 z povodně v roce 2006, kdy průtok odpovídal přibližně Q_2 . Během povodně v roce 2013, kdy byl průtok větší než Q_{100} a jeho hodnota při kulminaci dosáhla $70,8 \text{ m}^3/\text{s}$ vystoupala hladina přibližně o $1,0 \text{ m}$ výš.

Intravilán obce je z větší části v dostatečné vzdálenosti a dostatečně převýšen oproti toku, avšak níže položené domy a domy nacházející se v blízkém okolí toku bývají během závažnějších povodní zaplaveny.



Obr. 9: Pohled na MVE a okolí jezu během povodně 2006 [6]

3.3 Objekty v řešené lokalitě

Na toku Blanice se v zájmovém úseku v okolí obce Kamberk nachází celkem pět objektů. Jedná se o jeden rybník, dva jezy, jeden most a jednu lávku.

3.3.1 Zlatohorský rybník

Součástí Kamberku je Zlatohorský rybník o výměře $13,5 \text{ ha}$. Nachází se na $44,122 \text{ ř. km}$. Rybník je vybaven bezpečnostním přelivem, který je dimenzovaný na více než Q_{100} , což se ověřilo i během povodně v roce 2013, kterou rybník včetně všech objektů přečkal bez poškození. Z hlediska migrační průchodnosti toku je Blanice

nevyhovující. Zlatohorský rybník není vybaven rybím přechodem, stejně jako jezové konstrukce dále po toku. [2]



Obr. 10: Zlatohorský rybník během povodně 2006 [9]

3.3.2 Jezové konstrukce

Na 43,122 ř. km se nachází řešený jez u Dolejšího mlýna, jehož detailní popis je uveden v předešlé kapitole.

Další jezová konstrukce se nachází na 41,354 ř. km. Tedy necelé 2 kilometry dále po toku od jezu v Kamberku. Jez je stavidlový, hrazený dřevěnými hradidly v pěti polích. Tento jez není vybaven rybím přechodem, jedná se rovněž o migrační bariéru. [8]

3.3.3 Silniční most a lávka

Železobetonový most místní komunikace v Kamberku se nachází na 43,760 ř. km. Mostní konstrukce se skládá ze tří polí. Na jednom z pilířů jsou vyznačeny značky SPA (stupně povodňové aktivity) a rovněž povodňová značka z roku 2006. Během povodně 2013 nebyla mostovka zatopena. Převýšení mostovky nad hladinou při Q_{100} je 1,8 m.



Obr. 11: Silniční most v Kamberku

Na 43,880 ř. km. se nachází lávka pro pěší z ocelové konstrukce. Během povodní dochází k zatopení mostovky. Při Q_{100} je mostovka 1,2 m pod hladinou.



Obr. 12: lávka v Kamberku

3.4 Zhodnocení

Současný stav jezu v Kamberku je nevyhovující až nebezpečný. V následující kapitole jsou navrženy a zhodnoceny tři varianty řešení. První varianta představuje odstranění jezu a vytvoření přírodě blízkého koryta. Druhá varianta počítá s návrhem nové jezové konstrukce, a tak splněním požadavků obce na využití vzdutí jako požární nádrže. Současně nevzniknou ani problémy při změnách úrovně hladiny a s tím související úrovně hladiny podzemní vody, která ovlivňuje zejména stabilitu porostu, stabilitu koryta samotného a rovněž okolních pozemků. Třetí variantou je přírodě bližší návrh a částečná kombinace variant, dlouhá skluzová konstrukce. Tato

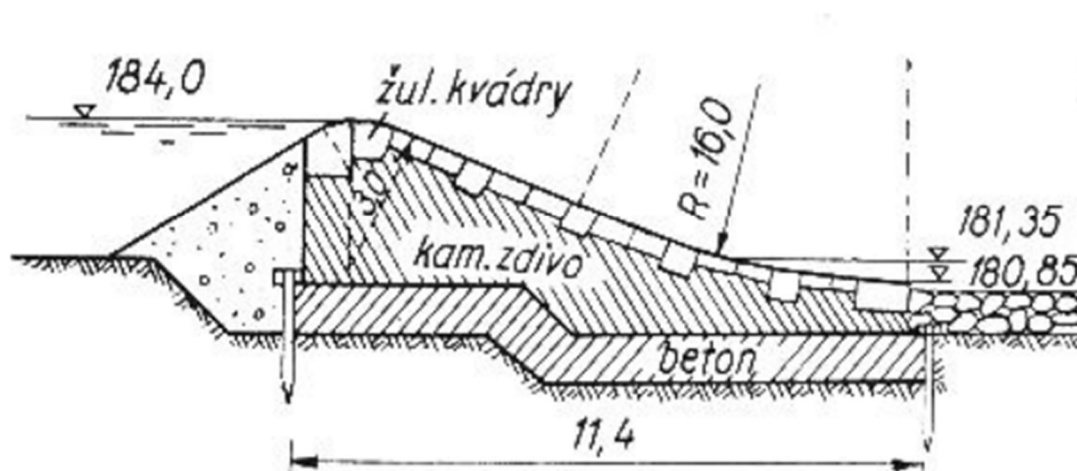
varianta navrhuje snížení současné úrovně hladiny, ale zároveň zachovává dostatečný objem vody a splňuje tak požadavek na využití objektu i jako požární nádrž.

4 ZVOLENÉ KONSTRUKCE

K překonání výškového spádu slouží řada objektů. V této kapitole jsou stručně popsány typy konstrukcí, které jsou zvoleny pro jednotlivé varianty.

4.1 Pevná jezové konstrukce

Jezy se dle konstrukčního hlediska dělí na pevné a pohyblivé. Práce je zaměřena na rekonstrukci pevného jezu. Jedná se o běžný typ vzdouvací stavby často umístěvaný zejména na menších a středních tocích. Původně jejich konstrukce bývala z kombinace dřeva a kamene. V současné době se používá nejčastěji beton, který je na podobných tocích na pohledové straně většinou opatřen kamennou dlažbou. Proti zamezení průsaku v základové spáře jsou konstrukce opatřeny štětovými stěnami. Podjezí konstrukce je opatřeno vývarem nebo kamenným záhozem k tlumení kinetické energie. Hlavními výhodami pevných jezů je jejich jednoduchost, absence obsluhy, relativní bezúdržbovost a nižší cena než u jezů pohyblivých. Nevýhodami je zejména zanášení jezové zdrže, absence možnosti regulovat hladinu a průtok za normálních i zvýšených vodních stavů. [20]



Obr. 13: Příklad řezu konstrukce pevného jezu [20]

4.2 Balvanitý skluz

Balvanitý skluz oproti jezové konstrukci neslouží primárně ke vzduť hladiny, ale k utlumení vznikající energie při překonávání velkého spádu na krátké délce. Možnost využití je až přibližně do sklonu 1:6, a je tak využíván v částech toku s velkým podélným sklonem. Jeho konstrukce napodobuje přirozeně se vyskytující útvary na horských a podhorských tocích. Obvykle je skluzová plocha rovinná nebo prostorově zakřivená a k zaručení její odolnosti je opatřena kamennými balvany uloženými na filtrech, složených z několika vrstev různého kameniva. Mezi hlavní výhody těchto konstrukcí patří většinou jednoduchost a rychlost provedení, při vhodném návrhu migrační průchodnost, ve většině případů nižší pořizovací cena a rovněž jejich lepší začlenění na přirozených tocích. Hlavní nevýhodou je většinou celková nižší životnost konstrukce. Ta bývá při větších průtocích poškozena, proto je třeba její častější údržba oproti pevné jezové konstrukci. [16]

Balvanité skluzy bývají často navrženy jako náhrada podobně poškozených jezů jako je ten v Kamberku a jezů, které již ztratily svůj původní účel. Vzhledem k nutnosti zachování stability dna většinou nelze podobné konstrukce zcela odstranit bez rozsáhlých úprav toku, ale je možné snížit jejich výšku a propojit dno v nadjezí a podjezí. Zbytkový spád je pak řešen právě balvanitým skluzem zároveň navrženým tak, aby umožňoval migraci živočichů, většinou návrhem kynety. Během realizace lze často využít i původní konstrukce k zajištění stability celé rampy. [25]

4.3 Rybí přechod

Vybudováním rybího přechodu dojde ke zprůchodnění migrační překážky na toku. Jedná se o standartní řešení zprůchodnění jezů. Jeho konstrukce může být zvolena jako obtoková nebo může být umístěn přímo v jezovém tělese. Další rozdělení rybích přechodů je pak dle použitých materiálů na technické a přírodě blízké nebo kombinace obou variant. Technické rybí přechody bývají obvykle z betonových žlabů opatřených příčnými přepážkami rovněž z betonu, popřípadě z lamel z různých umělých i přírodních materiálů. Vhodným rozmístěním přepážek jsou ve žlabu vybudovány podmínky pro protiproudou migraci ryb. Přírodě blízké rybí přechody bývají většinou tvořeny ve formě obtokových konstrukcí, kde je pomocí balvanitých

přepážek vytvořena kaskáda bazénů či tůní, kde dochází k tlumení energie a vznikají tak obdobné podmínky pro živočichy jako v samotném toku. Dalším přírodě blízkým řešením je již zmíněný balvanitý skluz, který je při vhodném návrhu rovněž prostupný a u podobných rekonstrukcí je často upřednostňován. Ve variantě rekonstrukce jezu je pro zprůchodnění zvolena rovněž přírodě blízká varianta rybího přechodu, a to migrační rampa. Tato konstrukce je součástí jezu a stejně jako u obtokového přechodu je vytvořena kaskádou tůní. Vzniká tak přírodní biotop a podobné podmínky jako na zbytku toku vhodné k migraci živočichů. [25]

Pro parmové pásmo jsou dle metodických materiálů požadovány následující parametry: hloubka min 0,3 m, podélný sklon 1:20 a mírnější, velikost bazénů min. 2,0 x 1,8 m, průtok alespoň 0,15 m³/s a rychlost proudění vody okolo 0,5 m/s. Rybí přechod (dále jen RP) může být i lomený tak, aby navazoval na směr převládajícího proudění pod jezem. [13]

5 NÁVRH VARIANT A JEJICH ZHODNOCENÍ

5.1 Podklady pro návrh a tvorba modelu

5.1.1 Použitý software

Vzhledem k charakteru území a nízké kapacitě koryta, kdy dochází už během relativně nízkých průtoků k rozsáhlému rozlivu v okolí jezu Kamberk, je pro výpočet zvolen 2D model v programu HEC-RAS 5.03.

Jedná se o programový prostředek vyvinutý US Army Corps of Engineers. Řeší ustálené i neustálené nerovnoměrné proudění v otevřených neprizmatických korytech v oblastech říčního i bystřinného proudění. Konkrétně použitý 2D model řeší neustálené nerovnoměrné proudění. Délka výpočtu byla nastavena tak, aby se získaly ustálené hodnoty. [25]

Nesmí se opomenout, že výsledky výpočtů jsou pouze orientační. Velký vliv na výsledky mají zvolené hodnoty drsnostního součinitele, jehož hodnoty jsou závislé na aktuálním stavu vegetačního pokryvu. Výpočetní 2D model zjednodušeně popisuje přírodní trojrozměrný děj měnící se v čase. Zejména pak v okolí konstrukcí je svislicové rozdělení rychlostí a prostorový tvar proudnic důležitý pro návrh jednotlivých částí konstrukce a potřebného opevnění. Pro přesnější simulaci dané

problematiky jsou vhodné 3D modely. Nicméně ty jsou náročnější na realizaci i na výpočetní techniku. Tvorba tokového modelu by měla smysl až při přesnějším návrhu či realizaci konkrétní varianty.

5.1.2 Tvorba modelu a kalibrace

Vytvoření numerického modelu předcházela tvorba modelu terénu v programu AutoCAD Civil 3D 2018. Model terénu je vytvořen ze zaměřeného úseku koryta v okolí jezu (ř. km 41.836 – 43.722) a z vrstevnic, které pocházejí z digitálního modelu reliéfu území České republiky 5. generace (DMR 5G). Kalibrace modelu probíhala především pomocí určení Manningova drsnostního součinitele pro jednotlivé oblasti, konkrétní rozmezí hodnot viz Tab. 3. [24] Kvůli nedostatku povodňových značek v okolí nemohl být model kalibrován podle skutečných povodní. Byly tak využity výsledky z modelu od Povodí Vltavy s.p. a model byl zkalibrován tak, aby navzájem odpovídaly výsledné úrovně hladin pro Q_5 , Q_{20} a Q_{100} . [2] Vzhledem k použití jiných výpočetních modelů, konkrétně 1D HEC-RAS s profily po přibližně 40,0 m oproti 2D modelu, který obsahuje podrobně popsany terénní reliéf a i s přihlédnutím k jinému výpočetnímu postupu 1D oproti 2D modelu se v některých profilech výsledky částečně liší, rámcově do 0,15 m. Směrodatné tak byly pro kalibraci i fotografie z povodně v roce 2006. [9] Dolní okrajová podmínka pro model byla zvolena jako konstantní úroveň hladiny pro dané Q_N , převzatá z výpočtů od Povodí Vltavy s.p. na 41,836 ř. km. Horní okrajová podmínka je zvolena jako konstantní hodnota průtoku, konkrétně Q_2 , Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_a . Hodnoty N-letých průtoků jsou převzaty z podkladů od ČHMÚ.

Tab. 3: Použité hodnoty drsnostního součinitele

povrch	n
koryto	0,03 - 0,045
břehy	0,04 - 0,08
les	0,06-0,12
louka	0,035-0,05
zástavba	0,1 - 0,2

5.1.3 Výsledné hodnoty pro současný stav

Z výsledků modelu bylo zjištěno, že v nadjezí dochází k vybřežení již okolo 5,0 m³/s. K rozsáhlejšímu rozlivu a obtékání konstrukce dochází při průtoku okolo 10,0 m³/s. Při Q₁ – Q₂ tedy přibližně 20,0 m³/s začíná být jez výrazně zaplaven dolní vodou. Současně byly zjištěny průběhy průtoků pro Q₂, Q₅, Q₂₀, Q₁₀₀ a Q_a. Výsledné hodnoty hladin pro Q₅, Q₂₀ a Q₁₀₀ jsou shrnuty tabelárně v příloze 12 – Hladiny N - letých průtoků. Je třeba zmínit, že hodnoty v tabulce jsou uvedené v ose toku a platí tak pro úroveň hladin v korytě. Hodnoty v inundačním území se liší. Mapa rozlivových čar je v příloze 13 - Mapa rozlivu současný stav.

Pro přehledné zobrazení úrovně hladiny pro daný průtok ve stávajícím profilu byl vypočítán průběh Q - H křivky. Pro výpočet byla použita stejná rovnice přepadu, s jakou počítá 2D model. [18] Kvůli nízké kapacitě koryta v nadjezí, kdy velká část průtoku proudí náhonem, je rovnice pro výpočet použita jen do kapacitního průtoku, tedy přibližně 5,0 m³/s, zbylé hodnoty jsou převzaty z výsledků 2D modelu. Pro výpočet je vzhledem k nízkým rychlostem nad jezem do kapacitního průtoku použito zjednodušení, kdy se přepadová výška rovná energetické výšce. Výsledný tvar přepadové rovnice je

$$Q = C \cdot b \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad (4.1)$$

kde:

$b = 40 \text{ m}$... šířka přelivné hrany,

h ... přepadová výška,

$$C = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g} \quad (4.2)$$

$\mu = 0,51$... součinitel přepadu pro lichoběžníkový příčný průřez – odpovídá pro danou šířku koruny a sklon návodní a vzdušní stěny, který je poníženy vzhledem k současnému stavu koruny, [18]

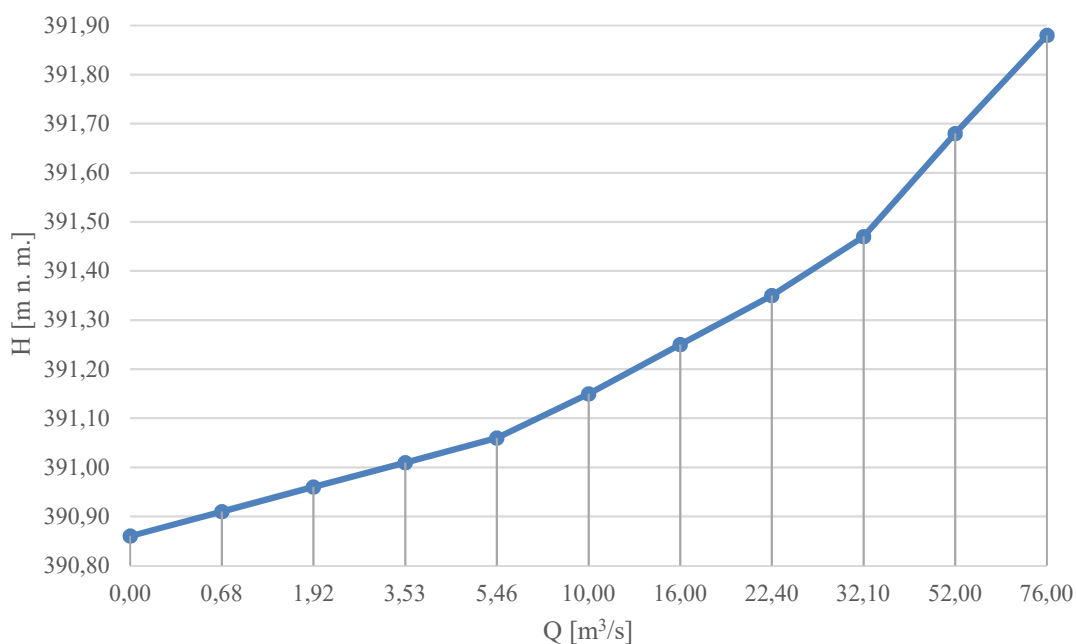
$C = 1,51$... upravený tvar součinitele přepadu,

Výpočet byl proveden pomocí programu Microsoft Excell, výsledky jsou přiloženy v Tab. 4, která je již doplněna i o hodnoty získané z modelu.

Tab. 4: Výpočet Q-H křivky stávající jezové konstrukce

h [m]	H [m n. m.]	Q [m ³ /s]
0.00	390.86	0.00
0.05	390.91	0.68
0.10	390.96	1.92
0.15	391.01	3.53
0.20	391.06	5.46
0.29	391.15	10.00
0.39	391.25	16.00
0.49	391.35	22.40
0.61	391.47	32.10
0.82	391.68	52.00
1.02	391.88	76.00

Výsledná Q - H křivka z profilu stávající jezové konstrukce je na obr. 14.



Obr. 14: Q-H křivka v profilu současného jezu

5.1.4 Postup návrhu variant

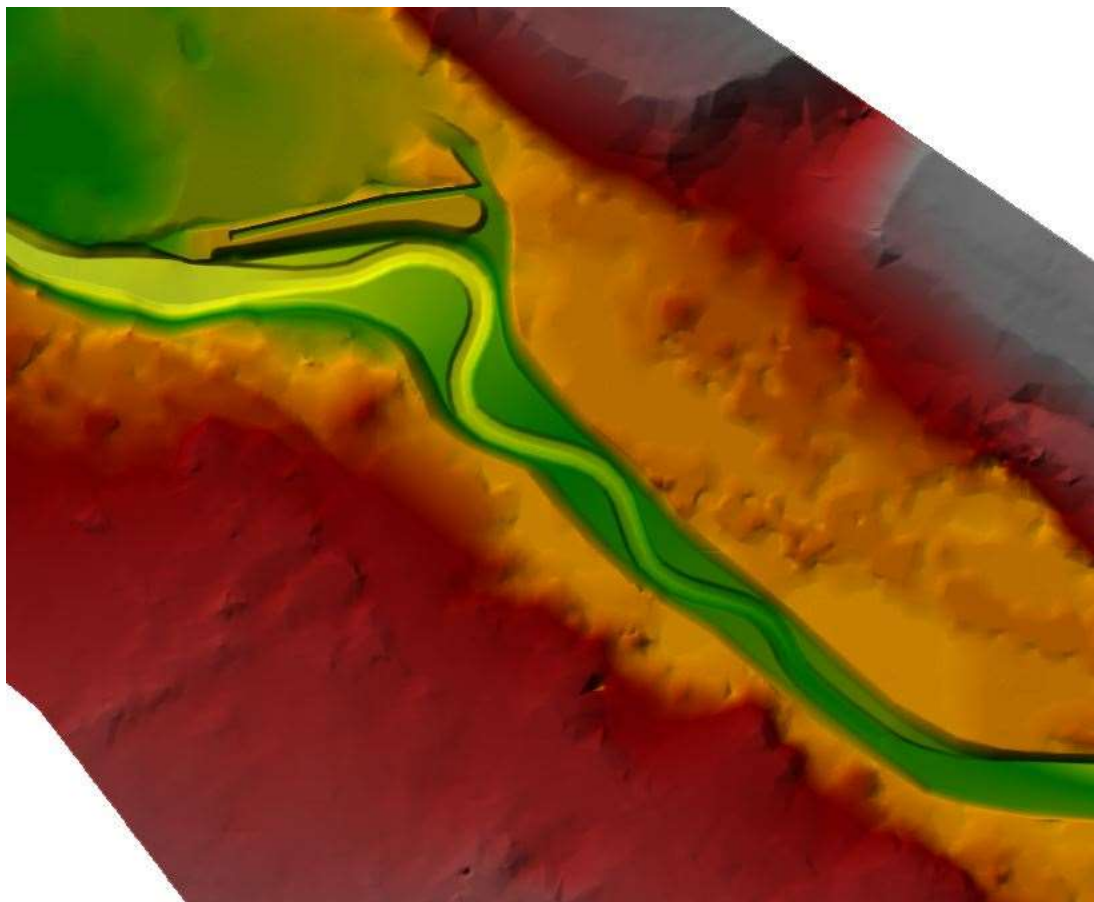
Ze zjištěných informací o současném stavu byl proveden návrh a prvotní výpočty jednotlivých variant. Na základě těchto výpočtů byl dle jednotlivých návrhů upraven model terénu v programu AutoCAD Civil 3D 2018 a následně vytvořen model

v programu HEC-RAS, pomocí kterého je ověřena funkčnost a chování každé z variant pro vybrané průtoky, konkrétně Q_2 , Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_a .

Při návrhu bylo třeba vyhovět požadavku na zachování či nadlepšení stávajících odtokových poměrů společně se snahou zachovat přírodě blízký charakter a rovněž zajistit možnost migrace živočichů. Je třeba zmínit, že u každé z variant se jedná o primární návrh a jakousi studii možného řešení problematiky poškozeného jezu v Kamberku. Detailnější návrhy jednotlivých variant by vyžadovaly provést přesnější výpočty na základě podrobnějších podkladů. Zejména by bylo třeba zajistit přesnější zaměření koryta, geologický a hydrogeologický průzkum, údaje o průběhu a objemu ledochodů atd. [15] Informace o geologické skladbě podloží a okolí stavby jsou stěžejní pro posouzení stability konstrukce a při přesném návrhu rozměrů a složení jednotlivých prvků konstrukce. Jako jsou štětové stěny, podkladní filtry, úpravy základové spáry, hloubky založení jednotlivých částí atd. V jednotlivých variantách se také počítá s odbahněním a úpravou koryta v nadjezí, včetně jeho zahloubení a ve dvou variantách i se snížením úrovně hladiny v nadjezí. Pro zjištění rozsahu a možnosti provedení těchto úprav by byly rovněž potřeba přesnější informace o stavu koryta a složení jeho podloží včetně přilehlého okolí. Z daných informací by měl vycházet i výpočet, jak ovlivní snížení hladiny v nadjezí úroveň hladiny podzemní vody v okolí vzdutí. Na základě tohoto výpočtu by bylo třeba určit, zdali jsou navržené úpravy břehových svahů dostačující a zda je zajištěna jejich stabilita, a tak i stabilita okolí toku a přilehlých staveb, nebo by břehy vyžadovaly rozsáhlejší změnu, popřípadě návrh některé z pevných variant opevnění namísto zatravnění jako kamenný zához, či rovnaninu. V neposlední řadě by také bylo třeba vyřešit jednotlivé varianty a jimi dotčené pozemky z hlediska majetkoprávních vztahů, což bývá u podobných staveb někdy největší překážka.

Veškeré návrhy tak vycházejí z obecných doporučení shrnutých v normách, nicméně jednotlivé varianty se zaměřují spíše na možné dispoziční řešení konstrukcí než na konkrétní provedení a detailní návrh jejich prvků. [15]

5.2 Varianta Odstranění jezu



Obr. 15: Model návrhu koryta

Tato varianta počítá s odstraněním jezové konstrukce a úpravou koryta v celkové délce přibližně 270,0 m. Začátek úpravy se nachází na konci oblouku na 43,330 ř. km, přibližně 200,0 m nad stávajícím tělesem jezu. Konec úpravy se nachází v prostorách současné MVE na 43,061 ř. km. Návrh vychází ze stávajícího půdorysu koryta. Je navržen nový sklon nivelety a úprava břehových svahů. Důležitým prvkem návrhu je kyneta, která slouží k zajištění vodohospodářsko - ekologické funkce za běžných vodních stavů.

5.2.1 Parametry koryta

Nově navržené koryto zachovává stávající půdorysné rozměry toku viz příloha 1 – Situace navrženého koryta. Břehové hrany přibližně odpovídají současnému stavu. Sklon levého i pravého břehu je zmenšen na hodnotu 1:3 v některých místech dosahuje maximálně 1:2. Šířka koryta ve dně se pohybuje v rozmezí 10,0 až 15,0 m. Hloubka

koryta je okolo 1,0 až 2,0 m. V prostoru stávající jezové konstrukce je koryto ve dně široké až 25,0 m. Dno na začátku úpravy přímo navazuje na koryto nad úpravou na úrovni 390,00 m n. m. Na konci úpravy je kóta dna 388,39 m n. m. Celkové překonané převýšení je tak 1,61 m a vzniklý průměrný sklon 0,62 %.

Vzhledem ke kapacitě nově vzniklého koryta je pro zajištění dostatečné ekologické funkce toku za běžných a malých průtoků navržena kyneta. Snahou jejího návrhu je zajistit v daných prostorových podmínkách co největší tvarovou členitost, prodloužení nivelety, snížení celkového sklonu úpravy a zpomalit tak průchod vody. Šířka navržené kynety ve dně je 5,0 m s dostředným sklonem 1:10, sklon svahů je navržen 1:3. Celková šířka kynety je tak 7,0 m a hloubka 0,6 m viz příloha 7 Vzorový příčný řez navrženého koryta. Celkový sklon úseku v ose kynety je rozvolněním snížen na 0,58 %. Kapacita je okolo 3,0 m³/s, což je přibližně o 0,5 m³/s více než Q_{30d}. Rychlost v kynetě za běžných průtoků dosahuje přibližně 0,6 m/s. Hloubka při Q_{350d} je okolo 0,2 m, což by mělo být dostatečné k zajištění migrační propustnosti. [13] Začátek a konec kynety je pozvolna napojen na stávající koryto. Na začátku je k zajištění stability nátoku do kynety koryto opevněno kamenným záhozem a následně ohumusováno a oseto. Opevnění kynety je navrženo z makadamu o průměru 60 mm, aby se zabránilo nežádoucímu zahlubování a vymílání břehů při zvýšených průtocích. Dno bermy je nad úrovní Q_{30d} a lze jej opevnit zatravněním. Svahy bermy budou rovněž ohumusovány a zatravněny. Vzhledem k dostatečné kapacitě koryta, jako celku, je možné do průtočného profilu osázet i vhodné dřeviny. Konkrétní druhy a množství je třeba zvolit na základě jejich vlastností, umístění v příčném profilu a rovněž na základě druhů, které se nacházejí v okolí toku nad a pod úpravou.

Takto navržené koryto by mělo být schopné odolat do průtoků Q₂₀, což je pro návrh s přihlédnutím k normě dostačující. [14] Nicméně, dle výpočtů byla zjištěna kapacita větší než Q₁₀₀. Při Q₁₀₀ se v korytě vyskytují rychlosti až 3,5 m/s. Zejména v první třetině úpravy, kde je koryto nejužší, jen okolo 10,0 m, jsou zvýšené rychlosti v celé šířce profilu. Vzrostlé vegetační opevnění je schopné takové namáhání krátkodobě snášet, ale pravděpodobně by při takto velké povodni došlo k poškození koryta. Pak je třeba zvážit, na základě ekonomického rozboru, jestli je vzhledem k frekvenci výskytu takovéto povodně výhodnější koryto po průchodu velké vody

opravit nebo navrhnout nějaký druh pevného opevnění, například kamenný pohoz. Diskuze možných variant návrhu koryta je pak v kapitole 4.2.4.



Obr. 16: Podobný návrh koryta z revitalizace řeky Loděnice [22]

5.2.2 Výpočet návrhových parametrů koryta

Pro návrh koryty byl použit pouze orientační výpočet rovnoměrného proudění, podle vztahu

$$Q = C \cdot S \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (4.3)$$

kde:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \dots \text{Chézyho rychlostní součinitel,} \quad (4.4)$$

S ... průtočná plocha,

O ... omočený obvod,

$R = \frac{S}{O}$... hydraulický poloměr,

$n = 0,035$... Manningův drsnostní součinitel,

$i = 0,058$... sklon dna,

$b = 5,0 \text{ m}$... šířka kynety ve dně,

$m' = 10$... dostředný sklon dna,

$m = 3$... sklon břehů kynety,

Výpočet byl proveden pomocí programu Microsoft Excell, výsledky jsou přiloženy v Tab. 5.

Tab. 5: Výpočet rovnoměrného proudění v navržené kynetě

h[m]	S	O	R	C	Q [m³/s]	v [m/s]
0.00	0.00	0.00	0.00	1.73	0.00	0.00
0.05	0.03	1.00	0.02	15.44	0.00	0.19
0.10	0.10	2.01	0.05	17.33	0.03	0.29
0.15	0.23	3.01	0.07	18.54	0.09	0.39
0.20	0.40	4.02	0.10	19.45	0.19	0.47
0.25	0.63	5.02	0.12	20.19	0.34	0.54
0.30	0.88	5.34	0.17	21.16	0.58	0.66
0.35	1.16	5.66	0.20	21.92	0.87	0.75
0.40	1.44	5.97	0.24	22.55	1.22	0.84
0.45	1.75	6.29	0.28	23.07	1.62	0.93
0.50	2.06	6.61	0.31	23.53	2.07	1.00
0.55	2.40	6.92	0.35	23.94	2.57	1.07
0.60	2.74	7.24	0.38	24.30	3.13	1.14

Při Q_{355d} , který je $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ by tak měla být zajištěna dostatečná hloubka v korytě okolo $0,2 \text{ m}$. Kapacitní průtok kynety je stanoven na $3,13 \text{ m}^3/\text{s}$. [14]

Pro přibližné zjištění kapacity bermy byl použit stejný způsob výpočtu podle vzorce 3.3.

kde:

$n = 0,035$... Manningův drsnostní součinitel,

$i = 0,006$... sklon dna,

$b = 10,0 \text{ m}$... šířka koryta dně,

$m = 3$... sklon břehů koryta,

Tab. 6: Výpočet rovnoměrného proudění v navržené bermě

h [m]	S	O	R	C	Q [m ³ /s]	v [m/s]
0.00	0.00	10.00	0.00	2.03	0.00	0.00
0.10	1.30	10.63	0.12	20.13	0.71	0.55
0.20	2.60	11.26	0.23	22.38	2.17	0.83
0.30	3.90	11.90	0.33	23.72	4.10	1.05
0.40	5.20	12.53	0.42	24.68	6.40	1.23
0.50	6.50	13.16	0.49	25.40	8.99	1.38
0.60	7.80	13.79	0.57	25.98	11.80	1.51
0.70	9.10	14.43	0.63	26.46	14.81	1.63
0.80	10.40	15.06	0.69	26.86	17.98	1.73
0.90	11.70	15.69	0.75	27.21	21.29	1.82
1.00	13.00	16.32	0.80	27.51	24.72	1.90
1.10	14.30	16.96	0.84	27.77	28.25	1.98
1.20	15.60	17.59	0.89	28.01	31.87	2.04
1.30	16.90	18.22	0.93	28.22	35.57	2.10
1.40	18.20	18.85	0.97	28.40	39.34	2.16
1.50	19.50	19.49	1.00	28.57	43.18	2.21
1.60	20.80	20.12	1.03	28.73	47.07	2.26
1.70	22.10	20.75	1.06	28.87	51.01	2.31
1.80	23.40	21.38	1.09	29.00	54.99	2.35
1.90	24.70	22.02	1.12	29.12	59.02	2.39
2.00	26.00	22.65	1.15	29.24	63.09	2.43

5.2.3 Návrh a posouzení opevnění

Opevnění kynety bylo navrženo pomocí vzorce pro nevymílací rychlosti. Konkrétně porovnáním rychlosti v nejvíce namáhaném profilu v_{max} s vymílací rychlostí dovolenou pro daný kámen, hloubku vody a sklon koryta v_{vs} .

Pro stabilní koryto platí

$$v_{max} < v_{vs} \quad (4.5)$$

Výpočet vymílací rychlosti v_{vs} pro navržené opevnění byl proveden podle následujícího vztahu [16]

$$v_{vs} = 6,8 \cdot D^{\frac{1}{3}} \cdot h^{\frac{1}{6}} \cdot C_s^{\frac{1}{2}} \quad (4.6)$$

kde:

$D = 0,063 \text{ m}$... rozměr kamene,

h ... hloubka vody na skluzu v metrech v nejnamáhanějším profilu,

$$C_s = \frac{\tan \varphi - \tan \alpha}{\tan \varphi} \dots \text{součinitel vlivu sklonu na skluz kamene,} \quad (4.7)$$

$\varphi = 41^\circ$... úhel vnitřního tření kamene,

α ... sklon dna.

$$C_s = \frac{0,869 - 0,006}{0,869}$$

$$C_s = 0,99$$

Výpočet byl proveden pomocí programu Microsoft Excell, výsledky jsou přiloženy v Tab. 7. Hodnoty hloubek a rychlostí pro Q₂, Q₅, Q₂₀ a Q₁₀₀ jsou převzaty z výsledků výpočetního modelu.

Tab. 7: Výpočet vymilací rychlosti v korytě

	Q2	Q5	Q20	Q100
h [m]	1.10	1.30	1.67	1.85
v _{max} [m/s]	2.20	2.50	2.90	3.50
v _{vs} [m/s]	2.74	2.82	2.94	2.99

Podmínka stability by tak měla být splněna až do Q₂₀. Do tohoto průtoku se největší rychlosti vyskytují v profilu kynety přibližně 90,0 m od začátku úpravy. Při Q₁₀₀ jsou pak největší rychlosti ve stejném profilu, ale v podstatě v celé jeho šířce. Nemá tak cenu zvyšovat odolnost kynety, protože by pravděpodobně došlo k poškození koryta i v jejím okolí.

Z výsledků modelu je sestavena i Tab. 8 ve které jsou shrnuty maximální hodnoty rychlostí a jim odpovídající hloubky vyskytující se v bermě. Stejně jako u kynety jsou hodnoty z profilu přibližně 90,0 m vzdáleného od začátku úpravy.

Tab. 8: Maximální rychlosti a odpovídající hloubky v bermě

	Q2	Q5	Q20	Q100
h [m]	0.59	0.77	1.08	1.37
v _{max} [m/s]	1.60	1.85	2.20	3.20

K vybřežení z kynety dojde až při průtoku větším, než je Q_{30d} , proto lze opevnit dno bermy travní směsí. Ta by měla společně s vyvinutým kořenovým systémem dřevin odolat i rychlostem okolo 2,5 m/s [14]. Do Q_{20} by měla být navržená úprava dostatečně odolná. Při návrhu opevnění na větší průtok by již bylo nutné zvolit nějaký druh pevného opevnění v celém průtočném profilu nebo alespoň v nejvíce namáhaných částech viz obr.16 podobné revitalizace, kdy je opevněn kamenným záhozem pouze břehový svah a oblouk kynety. A nevzniká tak zbytečně předimenzovaná, unifikovaná konstrukce.

5.2.4 Výsledky modelu a zhodnocení varianty

Podrobný průběh hladin, zjištěný výpočtem v programu HEC - RAS je přiložen v tabulce v příloze 12 Hladiny N – letých průtoků. Výsledek výpočtů je rovněž znázorněn na mapě záplavových území viz příloha 14 Mapa rozlivu odstranění jezu, kde jsou znázorněny rozlivové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} a Q_{100} .

Z modelu byl rovněž stanoven kapacitní průtok úpravy. V horní části přibližně na 50,0 m³/s, to odpovídá Q_{20} ve spodní části úpravy koryto převede i Q_{100} , oproti stávajícímu stavu dojde k výraznému zkapacitnění koryta a navýšení ochrany během povodňových průtoků, společně se snížením úrovně hladiny. V nadjezí je úroveň hladiny snížena během Q_{100} asi o 1,0 m, při Q_2 a Q_5 o přibližně 1,3 m. Oproti ostatním variantám nedochází v prostoru náhonu k vybřežení na přilehlou louku. K snížení hladiny dojde v celé délce úpravy, na jejím začátku tedy asi 200,0 m nad stávajícím jezem je při všech vypočtených průtocích přibližně o 0,3 m níž než u současného stavu. V profilech nad úpravou se hladina také sníží, po dalších 200,0 m je její úroveň přibližně o 0,1 m níž. V profilu těsně pod jezem dojde zvednutím bermy nad současnou úroveň dna k mírnému zvýšení hladin v rozmezí 0,1 - 0,05 m. V prostoru na konci úpravy je pak rozdíl hladin po úpravě zanedbatelný.

Odstraněním jezu bude úsek toku migračně zprůchodněn. Navržená kyneta byla ověřena rovněž výpočtem v modelu při Q_a . Hloubka v korytě při tomto průtoku

je okolo 0,35 m a rychlosti se pohybují kolem 0,6 m/s. Úpravou koryta a jeho okolí dle návrhu by vznikl přírodě blízký biotop podobného charakteru jako je zbytek toku.

Z hlediska převedení povodňových průtoků a celkově odtokových poměrů dojde po celé délce úpravy i nad ní k výraznému zlepšení. S velkou kapacitou koryta souvisí i zmíněný nárůst rychlostí shrnutý v kapitole 4.2.1. Ze získaných informací z modelu o průběhu hladin a rychlostí a s přihlédnutím na situaci a tvar podélného profilu, viz příloha 4 Podélný profil navrženého koryta, byly navrženy následující možnosti úprav, které by zmírnily negativní dopad průchodu zvýšených průtoků.

Stávající návrh je proveden tak, aby nebylo třeba koryto oproti současnému stavu výrazně zahlubovat a upravovat jej v přílišné délce. Je tak navrženo ekonomické řešení s ohledem na finanční náročnost i dobu výstavby. Návrh by měl odolat do Q_{20} , nicméně při větších průtocích by mohlo dojít k jeho poškození. Co se týče možných úprav, aby bylo dosaženo vyváženějšího poměru kapacity a navržené odolnosti, se nabízí dvě základní varianty.

V okolí stávajícího jezu, kde upravené koryto dosahuje ve dně šířky až 25,0 m, rychlosti i při Q_{100} nepřesahují hodnotu 1,7 m/s, přitom v tomto profilu teče v podstatě celý průtok. Z hodnot nad a pod tímto profilem, kde se koryto rozšiřuje a následně zase zužuje, vychází, že při šířce ve dně okolo 18,0 m nedochází při Q_{100} ke vzniku větších rychlostí než 2,0 m/s. Rozšířením koryta a zmírněním sklonu svahů bermy by se dosáhlo požadovaného snížení rychlostí na přijatelnou hodnotu. Dalo by se namítnout, že rozšířením koryta se sice ještě navýší jeho kapacita, nicméně výskyt průtoku, který by v takovéto bermě zvedl rychlost nad 2,0 - 2,5 m/s je jen velmi málo pravděpodobný. Další výhodou rozšíření koryta by byla možnost ještě více prodloužit koryto, a tím by se zvýšila hladina vody během nízkých průtoků. Ve variantě odstranění jezové konstrukce se výrazně snížila hladina a i související hladina podzemní vody. Zmenšení sklonu břehů by bylo výhodné i z hlediska stability svahu a okolních pozemků. Snížením hladiny by byl pravděpodobně negativně ovlivněn i les na pravém břehu. Část stromů by se nejspíš musela pokácet. Rozšířit koryto by tak bylo pravděpodobně možné právě do prostor na pravém břehu. Pozemky na pravém břehu by měly zároveň dle katastru nemovitostí patřit obci. Rozšíření by tedy mělo být proveditelné i vzhledem k majetkoprávním vztahům. [27]

Druhou variantou by bylo prodloužit úpravu dále do nadjezí. Z tvaru podélného profilu, viz příloha 4 Podélný profil navrženého koryta, se jeví jako výhodný začátek úpravy na 43,499 ř.km, což je na konci předešlého oblouku toku. Koryto již má nad tímto místem větší sklon než v prostoru současného jezu, okolo 0,3 %. Celková délka úpravy by byla okolo 450,0 m, tedy skoro dvojnásobná a překonaný výškový rozdíl okolo 0,9 m. Vzniklý sklon úpravy by byl přibližně 0,2 %. Přibližně v tomto průměrném sklonu je i tok pod jezovou konstrukcí. Břehové hrany by sice byly i nadále oproti zbytku toku víc převýšené nicméně výsledný sklon by odpovídal zbytku toku a oproti kratší variantě by tak byla výrazně snižená kapacita koryta. Pro představu byl proveden výpočet rovnoměrného proudění viz Tab. 9 ze kterého vyplývá zmenšení kapacitního průtoku i rychlostí o více než polovinu oproti výpočtu rovnoměrného proudění původního návrhu viz. kapitola 4.2.2. Kapacitní průtok by odpovídal přibližně Q_{20} , což je vzhledem k vzniklým rychlostem ideální z hlediska zajištění odolnosti koryta. Zároveň by oproti variantě rekonstrukce jezu či návrhu balvanitého skluzu byla stále výrazně navýšena ochrana během povodňových průtoků. Vzhledem k nízkému sklonu, který delší úpravou vznikne, by pravděpodobně ani nebylo třeba navrhovat kynetu. Stačilo by osu koryta půdorysně trochu zvlnit, zmírnit sklon svahů a zúžit koryto ve dně na šířku, jako je v podjezí, průměrně 7,0 m. Vzhledem k mírnému sklonu dna by nebylo nutné jej zásadně opevňovat a mělo by tak možnost samovolného dotvarování. Celkově by vznikla přírodě nejbližší varianta, nicméně vzhledem ke své délce by byla finančně a časově náročnější.

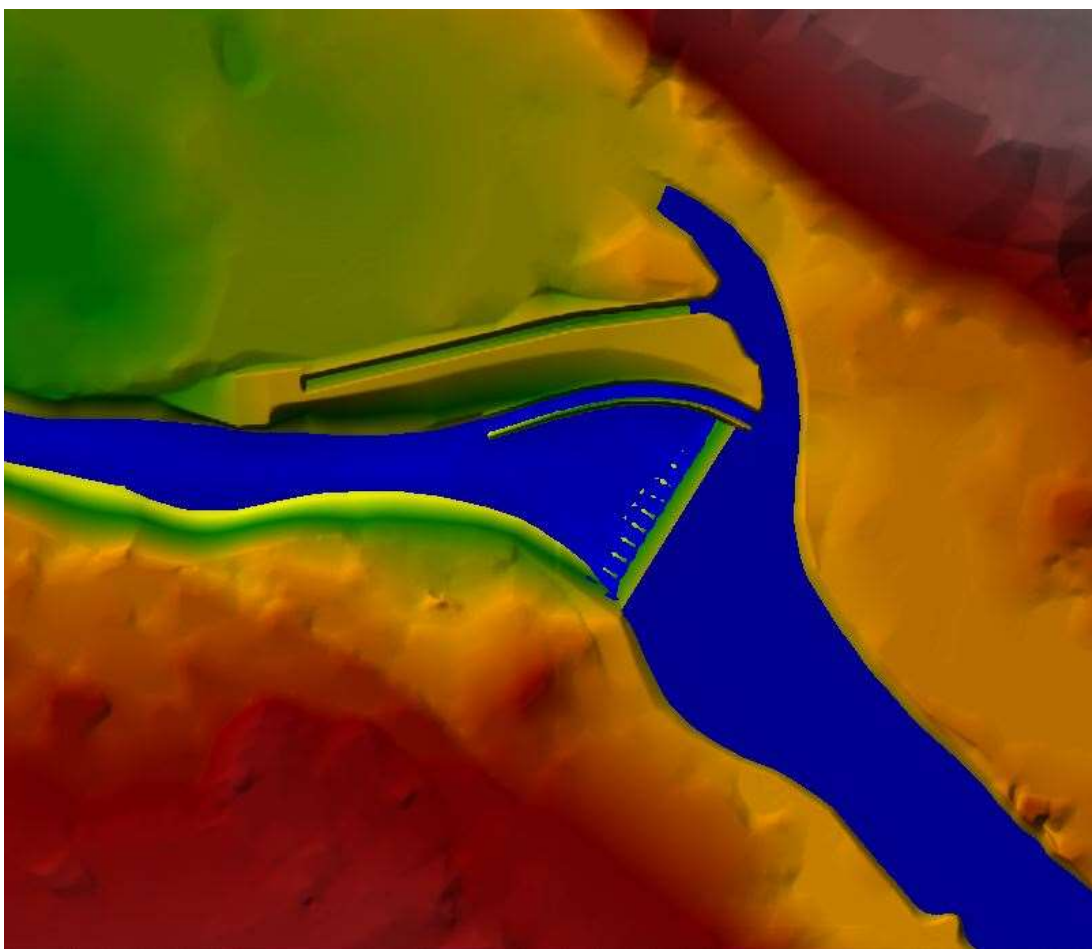
Tab. 9: Výpočet rovnoměrného proudění delší úpravy

h [m]	S	O	R	C	Q [m ³ /s]	v [m/s]
0.00	0.00	7.00	0.00	2.07	0.00	0.00
0.10	1.00	7.63	0.13	20.36	0.33	0.33
0.20	2.00	8.26	0.24	22.55	0.99	0.50
0.30	3.00	8.90	0.34	23.84	1.86	0.62
0.40	4.00	9.53	0.42	24.72	2.87	0.72
0.50	5.00	10.16	0.49	25.39	3.98	0.80
0.60	6.00	10.79	0.56	25.91	5.18	0.86
0.70	7.00	11.43	0.61	26.33	6.45	0.92
0.80	8.00	12.06	0.66	26.68	7.78	0.97
0.90	9.00	12.69	0.71	26.98	9.14	1.02
1.00	10.00	13.32	0.75	27.24	10.55	1.06
1.10	11.00	13.96	0.79	27.46	11.99	1.09
1.20	12.00	14.59	0.82	27.66	13.46	1.12
1.30	13.00	15.22	0.85	27.83	14.95	1.15
1.40	14.00	15.85	0.88	27.99	16.46	1.18
1.50	15.00	16.49	0.91	28.12	18.00	1.20
1.60	16.00	17.12	0.93	28.25	19.54	1.22
1.70	17.00	17.75	0.96	28.37	21.10	1.24
1.80	18.00	18.38	0.98	28.47	22.68	1.26
1.90	19.00	19.02	1.00	28.57	24.26	1.28
2.00	20.00	19.65	1.02	28.66	25.86	1.29

Vysoké rychlosti okolo 3,0 m/s se vyskytují ještě v zúženém profilu pod úpravou v okolí stávající MVE, nicméně ty se v daném profilu vyskytují dle výpočtů i u současné konstrukce. Pravděpodobně je dno koryta v těchto místech již vytríděné. Pokud ne, bylo by vhodné jej opevnit kamenným pohozením.

Přesné chování uvedených úprav by vyžadovalo vytvořit nový model terénu a následně upravit i model v HEC - RASu, práce se však těmito variantami již podrobněji nezabývá. Pro detailnější návrh by bylo rovněž vhodné přesnější zaměření koryta a zjistit z jakého materiálu se skládá dno, podloží a okolí toku. Následně by bylo třeba udělat ekonomický rozbor a na jeho základě vybrat tu nejvýhodnější variantu.

5.3 Varianta rekonstrukce jezu



Obr. 17: Model navržené jezové konstrukce

Druhou variantou je zachování jezového tělesa. Návrh vychází ze stávajícího dispozičního řešení s několika úpravami. Mezi ně patří umístění rybiho přechodu na pravý břeh, díky němuž bude jez migračně zprůchodněn. Dále pak odtěžení nánosů na pravém břehu a jeho menší úprava společně s nátokem k náhonu. Poslední hlavní úpravou je odbahnění a zvětšení hloubky v nadjezí. Návrh vychází z předpokladu, i s přihlédnutím na současný tvar podélného profilu, viz příloha 5 Podélný profil rekonstrukce jezu, že se vzhledem ke stáří jezu v nadjezí nachází značná vrstva nánosů a usazenin. V nadjezí bude po odbahnění hloubka kolem 1,0 m a zvětší se i objem zadržené vody, což je výhodné vzhledem k využití vzduť jako požární nádrže. Z hlediska energetického využití není místo výhodné, prostor náhonu k MVE a budova samotná bude zachována ve stávajícím stavu. Tok v těchto místech není využíván

k plavbě ani sportovními a rekreačními plavidly. Z tohoto hlediska není třeba navrhovat další konstrukci k překonání spádu.

5.3.1 Jezová konstrukce

Navržen je pevný přímý jez, tvarově vycházející ze stávajícího stavu, viz příloha 2 Situace rekonstrukce jezu, a z podobných konstrukcí na samotné Blanici viz obr. 18. Přelivná hrana je umístěna na přibližně stejném místě, tedy 43,122 ř. km. Její úroveň je sjednocena na kótě 390,86 m n. m. Dno v podjezí je navrženo na kótu 389,00 m n. m. Celkový spád konstrukce je 1,86 m. Délka koruny jezu je 34,0 m. Jezové těleso je navrženo lichoběžníkového tvaru mezi dvojicí štětových stěn typu Larsen, viz příloha 9 Vzorový podélný řez rekonstrukce jezu. Celková šířka jezového tělesa je 7,0 m. Sklon návodního líce je 1:2, sklon vzdušního líce 1:3. Šířka koruny je 500 mm a je tvořena žulovými kopáky. Vlastní jezové těleso je tvořeno z betonu. Přelivná plocha je tvořena kamennou dlažbou 400 mm ukládanou do podkladního betonu, spáry jsou vyplněny cementovou maltou. Vzdušní líc a celá přelivná plocha je ukončena na kótě 389,30 m n. m a je tak převýšená přibližně o 300 mm nade dnem. Vzhledem k mírnému sklonu vzdušního líce a poměrně malému spádu je namísto vývaru podjezí stabilizováno těžkým záhozem z lomového kamene 600 mm tloušťky 1,0 m a v délce 10,0 m. [19]



Obr. 18. Podobná jezová konstrukce níže po toku ve Vlašimi [22]

5.3.2 Rybí přechod

Na pravém břehu je nově navržen rybí přechod. Konstrukce se skládá ze dvou kamenných zdí, mezi kterými je pomocí balvanitých prahů vytvořena kaskáda bazénů, viz příloha 8 Příčný řez rekonstrukce jezu. Pravá zeď je zavázána přímo do svahu pravého břehu. Levá zeď tvoří pilíř a kolmé ukončení koruny jezu. Její výška dosahuje maxima dvou metrů v podjezí a pozvolna se snižuje podle sklonu skluzu až na necelý metr u vstupu do přechodu. Obě zdi vedou paralelně po celé délce přechodu. Sklon obou zdí je směrem k ose rybího přechodu 2:1. Šířka vzniklého koryta ve dně je 2,0 m. Celková délka rybího přechodu je 43,0 m a výsledný sklon 1:22. K zajištění dostatečné hloubky jsou prahy rybího přechodu navrženy přibližně po dvou metrech. Jsou tvořeny z balvanů průměru 600 mm, mezery mají vyplněny menšími kameny a vše je zpevněno vodostavebním betonem. Otvory přepážek jsou navrženy v rozmezí 400 - 600 mm. V prostoru mezi přepážkami je navržen šterkový zához o průměru 80 mm. Konstrukce výstupu z rybího přechodu je navržena stejným způsobem jako přepážky s otvorem 500 mm. Dno vstupu do přechodu je stanoveno na kótě 390,50 m n. m. Vršek kamenů přibližně na úrovni 391,1 m n. m a vršek zdí pak na kótě 390,30 m n. m. Tím by měl být zajištěn dostatečný průtok $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ a hloubka na výstupu okolo 0,3 m i během Q_{355d} . Maximální kapacita rybího přechodu je okolo $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ a za zvýšených průtoků by nemělo docházet k jeho poškození. Celá konstrukce se nachází v oblouku a plynule tak kopíruje pravý břeh. Pata levé zdi je po celé délce opevněna záhozem z lomového kamene 600 mm, aby nedocházelo ke vzniku výmolu a ohrožení stability. Břeh v prostoru u vstupu rybího přechodu je opevněn kamennou rovnaninou 300 mm do úrovně kamenné zídky v délce 3,0 m. Koryto pod vstupem je upraveno, prohloubeno a napojeno na tok tak, že vzniká malá kyneta, ve které se bude koncentrovat průtok za normálních vodních stavů. Je tak zajištěna dostatečná hloubka a rychlost, která láká živočichy ke vstupu.

5.3.3 Úpravy okolí konstrukce

Jak již bylo zmíněno, prostor nadjezí bude odbahněn, dno je nově navržena na kótě 390,00 m n. m. Hladina vody by se za normálních vodních stavů měla pohybovat okolo 390,90 m n. m. a hloubka v nadjezí se tak pohybuje okolo 1,0 m.

Nátok k jezu na levém břehu bude upraven a jeho sklon sjednocen na 1:3. Stejný sklon 1:3 je na levém břehu navržený po celé délce úpravy. Břehová hrana je

v nadjezí navržena na 391,40 m n. m. Poté klesá stejně jako okolní terén. Svah levého břehu bude v délce 10,0 m v nadjezí a 25,0 m v podjezí opevněn kamennou rovnaninou z kamenů o průměru 400 mm, aby byla zajištěna jeho stabilita i stabilita přilehlé nemovitosti.

Pravý břeh bude v nadjezí upraven tak, aby voda lépe natékala k jezovému tělesu a k náhonu. V celém prostoru nátoky k náhonu budou odstraněny nánosy a náletová vegetace. Součástí úpravy je i prohrábka a drobná úprava koryta náhonu samotného viz příloha 2 Situace rekonstrukce jezu. V současné době proudí náhonem a následně po celé louce již od Q_2 , který odpovídá $22,0 \text{ m}^3/\text{s}$ velká část průtoku. Dalo by se říct, že louka v současné době slouží částečně jako jakýsi poldr, který se výrazněji zaplavuje při dosažení hladiny v nadjezí úrovně 391,10 m n. m, to odpovídá průtoku okolo $10,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Přihlédneme-li i k požadavkům na návrhový průtok dle normy [14], není třeba zvyšovat ochranu tohoto prostoru. Z hlediska ochrany zástavby na levém břehu se naopak jeví jako výhodné tento prostor využívat během povodňových průtoků pro odlehčení i nadále. Úpravou a vyčištěním náhonu, tak bude moci voda lépe proudit na pole a společně se zrekonstruováním jezového tělesa se v celém prostoru zlepší odtokové poměry a sníží se tak úroveň hladiny v nadjezí během povodňových průtoků. Prostor náhonu bude v délce 15,0 m opevněn kamenným záhozem 200 mm.

Na pravém břehu bude nově navržena konstrukce rybího přechodu. Pravá zeď konstrukce bude zavázána do pravého břehu koryta. Tvar koryta nad její úrovní bude upraven ve sklonu 1:6 a po asi 30,0 m pak bude pozvolna přecházet do sklonu 1:4, ve kterém se nachází koryto pod úpravou. Svah bude opevněn do výšky 0,4 m nad zeď kamenným pohozením 300 mm. Bude tak zajištěna jeho stabilita v patě a tím i stabilita zdi během přelití. Zídka bude v prostoru nátoky do rybího přechodu protažena v délce asi 5,0 m až do náhonu, za jejím koncem bude svah opevněn kamenným záhozem 300 mm. Celý břeh tak bude v těchto místech sjednocen na úrovni 391,30 m n. m.

Dno koryta v podjezí bude přímo pod konstrukcí na kótě přibližně 389,00 m n. m. Z celého prostoru budou odstraněny nánosy a koryto bude pozvolně klesat na kótu 388,55 m n. m. v okolí vstupu do rybího přechodu, kde pak bude koryto upraveno navrženou kynetou. Sklon koryta v podjezí je 1,6 %. Za kamenným záhozem

navrženým k tlumení energie v podjezí v délce 10,0 m bude koryto rovněž opevněno, a to kamenným pohozením o průměru 200 mm až do konce úpravy.

5.3.4 Výpočet návrhových parametrů přechodu

Pro návrh výškové úrovně dna a vršku balvanů na vtoku do rybího přechodu byl použit následující vztah pro lichoběžníkový přeliv

$$Q = \sigma \cdot A \cdot K \cdot M \cdot b_1 \cdot h_0^{\frac{3}{2}} \quad (4.8)$$

kde:

$\sigma = 1$... součinitel zatopení,

$A = 1$... součinitel půdorysného uspořádání koruny přelivu,

$K = 1$... součinitel bočního zužení přelivného otvoru,

$M = 1,66$... součinitel přepadu,

$b_1 = 0,5 \text{ m}$... šířka přelivné hrany,

$h_0 = 0,19$... přepadová + rychlostní výška,

$$Q = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,66 \cdot 0,5 \cdot 0,19^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = 0,17 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h = h_0 - \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g} \quad (4.9)$$

$$h = 0,34 - \frac{1 \cdot 1,11^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h = 0,30 \text{ m}$$

Pro navrženou šířku otvoru 0,5 m by tak měla být zajištěna hloubka 0,3 m pro průtok 0,17 m³/s, který odpovídá přibližně Q_{355d}. Pro vtok do rybího přechodu by tak měla být splněna základní podmínka migrační prostupnosti.

Pro návrh otvorů v balvanitých přepážkách byl použit pouze orientační výpočet rovnoměrného proudění, podle vztahu

$$Q = C \cdot S \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

kde:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \dots \text{Chézyho rychlostní součinitel,}$$

S ... průtočná plocha,

O ... omočený obvod,

$$R = \frac{S}{O} \dots \text{hydraulický poloměr,}$$

$n = 0,035$... Manningův drsnostní součinitel,

$i = 0,046$... sklon dna,

$b = 0,5 \text{ m}$... šířka dna – otvor,

Výpočet byl proveden pomocí programu Microsoft Excell, výsledky jsou přiloženy v Tab. 10.

Tab. 10: Výpočet rovnoměrného proudění v přepážce rybiho přechodu

h [m]	S	O	R	C	Q [m ³ /s]
0.00	0.00	0.40	0.00	6.16	0.00
0.15	0.06	0.70	0.09	18.97	0.07
0.30	0.12	1.00	0.12	20.07	0.18

Z výpočtu vychází, že by tak hloubka v otvorech širokých okolo 0,5 m měla být přibližně požadovaných 0,3 m při Q_{355d} , který odpovídá průtoku 0,15 m³/s. Nicméně se jedná jen o prvotní odhad rozměrů, a jak již bylo zmíněno výš, pro přesný návrh a uspořádání jednotlivých prvků konstrukce by bylo třeba vytvořit podrobný model.

5.3.5 Průběh hladin v jezovém profilu

Průběh hladin v profilu jezové konstrukce je shrnut v Q - H křivce na obr. 19. Výpočet vychází z rovnice 3.1 a stejně jako při výpočtu hladin současného jezu jsou hodnoty nad kapacitní průtok převzaty z výsledků 2D modelu.

Pro výpočet je vzhledem k nízkým rychlostem nad jezem do kapacitního průtoku použito zjednodušení, kdy se přepadová výška rovná energetické výšce. Výsledný tvar přepadové rovnice je

$$Q = C \cdot b \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

kde:

$b = 34 \text{ m}$... šířka přelivu,

h ... přepadová výška,

$$C = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g}$$

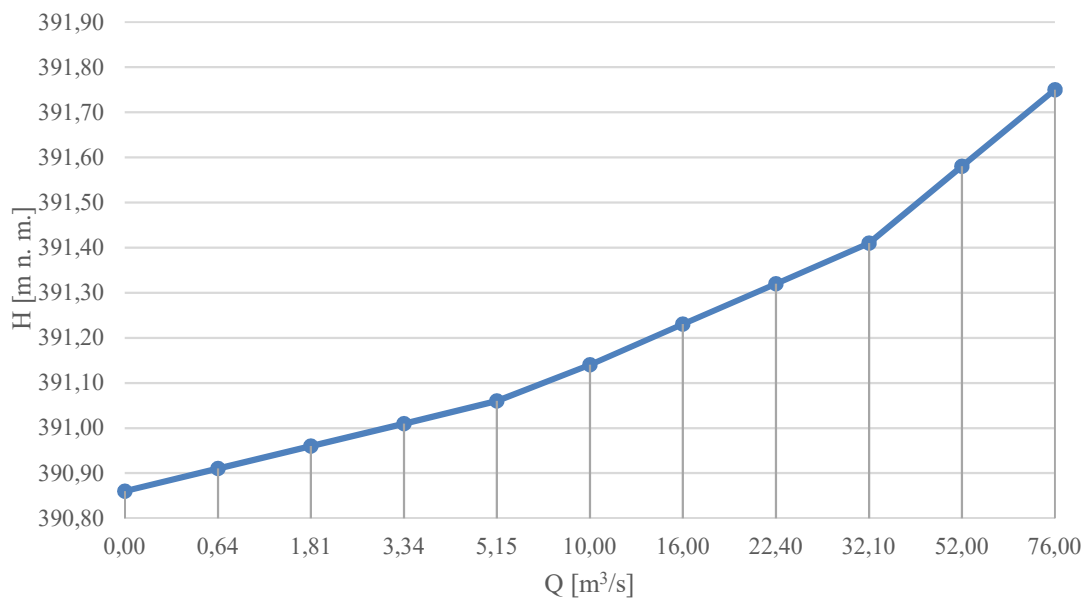
$\mu = 0,57$... součinitel přepadu pro lichoběžníkový příčný průřez – odpovídá pro danou šířku koruny a sklon návodní a vzdušní stěny, [18]

$C = 1,68$... upravený tvar součinitele přepadu,

Výpočet byl proveden pomocí programu Microsoft Excell, výsledky jsou přiloženy v Tab. 11, která je již doplněna i o hodnoty získané z modelu.

Tab. 11: Výpočet Q-H křivky navržené jezové konstrukce

h [m]	H [m n. m.]	Q [m ³ /s]
0.00	390.86	0.00
0.05	390.91	0.64
0.10	390.96	1.81
0.15	391.01	3.34
0.20	391.06	5.15
0.28	391.14	10.00
0.37	391.23	16.00
0.46	391.32	22.40
0.55	391.41	32.10
0.72	391.58	52.00
0.89	391.75	76.00



Obr. 19: Q-H křivka v profilu nově navrženého jezu

5.3.6 Výsledky modelu a zhodnocení varianty

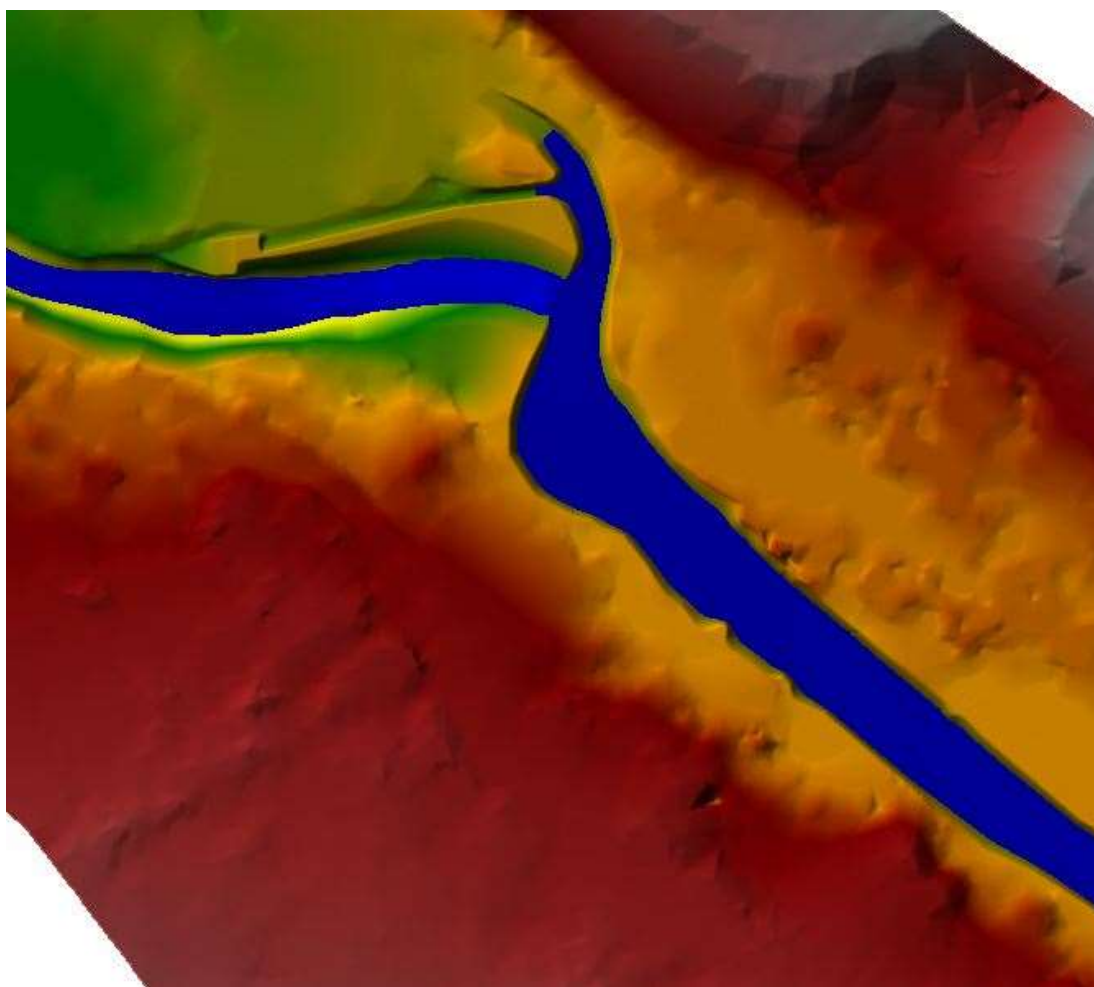
Podrobnější průběh hladin pro řešené území, zjištěný výpočtem v programu HEC - RAS je shrnut v tabulce v příloze 12 Hladiny N - letých průtoků. Výsledek výpočtů je rovněž znázorněn na mapě záplavových území, kde jsou znázorněny rozlivové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} a Q_{100} , viz příloha 15 Mapa rozlivu rekonstrukce jezu.

Výpočtem v modelu byl rovněž ověřen kapacitní průtok navržené úpravy, který je shodný se současným stavem $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Z výsledků je patrné, že v prostoru nadjezí dojde po úpravě ke snížení hladiny o přibližně $0,1 - 0,15 \text{ m}$ při Q_{20} a při Q_{100} . Na louce na pravém břehu se úpravou náhonu zvedne hladina přibližně o $0,06 \text{ m}$ při Q_{100} , nicméně z hlediska zvětšení rozlivu a vzniklých škod to není významné. V prostoru podjezí se úroveň hladiny jen nepatrně sníží, přibližně u vstupu do RP je pak téměř na stejné úrovni.

Navržená varianta tak vyhovuje požadavku z hlediska zlepšení odtokových poměrů, zároveň splňuje požadavek na zachování zásob vody ve vzduší v nadjezí a navrženým odbahněním ještě navyšuje zásobní objem. Požadavek na zprůchodnění migračních bariér při jejich rekonstrukci je splněn návrhem rybího přechodu.

Návrh vychází ze současné konstrukce a několika dalších na Blanici, nicméně by bylo možné úpravou typu a tvaru přelivné plochy ještě zlepšit odtokové poměry. Práce se tímto rozbořem nezabývá, v případě realizace dané varianty by se však vyplatilo spočítat i alternativy. Při návrhu rybího přechodu byla zvažena i varianta umístit jej u levého břehu, to by bylo výhodnější zejména v případě nutnosti jeho oprav, čištění, popřípadě úprav některého z prvků. Nicméně u levého břehu se vzhledem k tvaru koryta v nadjezí koncentrují zvýšené průtoky. Celá konstrukce rybího přechodu by měla být při umístění k pravému břehu méně namáhána během zvýšených vodních stavů. Zároveň je u pravého břehu více prostoru k protáhnutí celé konstrukce a zajištění ideálního sklonu. Tím, že bude přechod převádět podstatnou část malých průtoků by mělo být rovněž omezeno zanášení koryta u pravého břehu.

5.4 Kompromisní varianta



Obr. 20: Model navržené skluzové konstrukce

Jako poslední varianta je navržen balvanitý skluz u pravého břehu toku s přelivnou hranou přibližně na stejném místě, tedy 43,122 ř. km. viz. příloha 3 Situace balvanitého skluzu. K zajištění dostatečné kapacity toku, aby nedošlo ke zhoršení odtokových poměrů, a hlavně zaplavení přilehlých nemovitostí u stávajícího jezu na levém břehu, je třeba snížit stávající korunu přelivné hrany o přibližně 0,5 m na kótu 390,30 m n. m. Dno koryta v nadjezí se v současné době pohybuje právě okolo 390,30 m n. m. Stejně jako ve variantě rekonstrukce jezu tak vychází i tato varianta z předpokladu, že se v nadjezí nachází vrstva nánosů a usazenin. Součástí návrhu je tedy odtěžení této vrstvy a prohloubení koryta na kótu 389,70 m n. m. Tím vznikne dostatečný prostor a objem zadržené vody, který bude i nadále možné využít jako požární nádrž.

5.4.1 Skluzová konstrukce

Koruna přelivné hrany se nachází na kótě 390,30 m n. m. Pata skluzu se nachází v 388,55 m n. m. Celkové překonané převýšení je 1,75 m. Celková délka v ose skluzu dosahuje 47,0 m. Z těchto parametrů vychází sklon skluzové plochy 1:27. Šířka dna konstrukce je 8,00 m, viz příloha 10 Vzorový příčný řez balvanitého skluzu. Sklon levého břehu balvanitého skluzu je navržen 1:6 po celé jeho délce. Pod balvanitým skluzem dále sklon levého břehu pozvolna přechází do 1:3, ve kterém je koryto pod úpravou. Pravý břeh je navržen ve sklonu 1:6 v místech přelivné hrany, po 28,0 m, tedy za půlkou, postupně přechází ve sklon 1:5 a dále u konce skluzu až na sklon 1:4, který odpovídá původnímu sklonu svahu v prostoru před MVE. Konec balvanitého skluzu navazuje na část koryta, která se v těchto místech hruškovitě rozšiřuje. Tím by se mělo docílit menšího namáhání v patách koryta pod skluzem a měl by se tak rovněž omezit vznik výmolu. [16]

Vzhledem k malému sklonu skluzu se jeví, jako dostačující opevnění kamenný zához o průměru kamene 200 mm, v mocnosti alespoň 600 mm. [14] Dno skluzové konstrukce bude mít možnost dotvarování. Součástí konstrukce jsou příčná žebra složená z kamenů o průměru 600 mm, zpevněná kameny menších rozměrů, které vyplňují mezery. Žebra budou rozmístěna v řadách po přibližně 4,5 m a s otvory okolo 1,1 m. Za menších průtoků se tak podpoří vlásenkovité proudění na celé konstrukci, dojde ke zpomalení vody a zvýšení vodního sloupce.

Požadavkem pro zajištění migrační propustnosti skluzu pro kaprovité ryby je dodržení sklonu 1:20 a menší společně se zajištěním minimální hloubky 0,15 m při Q_{355d} . [13] Dle základního výpočtu by měla být na skluzu hloubka okolo 0,16 m při Q_{355d} . Sklon celé konstrukce je 1:27, dle těchto parametrů by měl skluz vyhovovat základním požadavkům na migrační propustnost. Pro detailnější návrh a určení přesného konstrukčního řešení a rozmístění prvků, které by zajistilo funkčnost skluzu i jako RP by však bylo potřeba udělat samostatný hydraulický model.



Obr. 21: Příklad podobné konstrukce balvanitého skluzu na řece Wertach [12]



Obr. 22: Vlásokovitý proudění vzniklé podobnou úpravou níže po toku ve Vlašimi [12]

Profil, kde se nachází koruna skluzu bude v celé šíři opatřen štětovou stěnou dostatečně zavázanou na levém i pravém břehu. Zamezí se tak průsaku skrz nově navržený násep u levého břehu a zajistí se stálá úroveň hladiny nad objektem, viz příloha 3 Situace balvanitého skluzu. Štětová stěna bude zaberaněna pod navrženou úroveň terénu a její vršek bude obetonován. V místech přelivné hrany skluzové konstrukce bude štětová stěna upravena dle navrženého tvaru přelivné plochy a z obou stran zarovnána kamennou rovnaninou. Celá přelivná hrana bude ještě zpevněna vodostavebním betonem. Stejně jako na zbytku konstrukce bude i na koruně umístěn otvor šířky 1,1 m kudy bude proudit voda během menších průtoků. Otvor v koruně bude umístěn u pravého břehu, rovněž šíře 1,1 m a jeho dno bude na kótě 390,0 m n. m. Zbytek přelivné hrany pak na kótě 390,30 m n. m.

Složení podloží toku ani míst kde se nachází navržená konstrukce není zjištěno. Nicméně větší část konstrukce se bude nacházet na náspu, tudíž je třeba pod balvanitý skluz navrhnout filtr tvořený z několika vrstev kameniva různých frakcí, aby se zamezilo vyplavování jemných částic a nebyla ohrožena stabilita celé konstrukce. [16]

5.4.2 Úpravy v okolí skluzové konstrukce

Vzhledem k doporučením k návrhu balvanitých skluzů [16] a výsledkům výpočtů, kdy se v korytě přibližně v místech stávající MVE koncentruje velká část průtoku a objevují se zde rychlosti až 3,0 m/s, bude koryto pod skluzem opevněno v délce přibližně 50,0 m rovněž kamenným pohozením o průměru 200 mm. Zabrání se tak tvorbě výmolů a celkovému zahlubování koryta, viz příloha 3 Situace balvanitého skluzu. Zároveň je větší drsnost povrchu vhodná i k disipaci zbylé energie, kterou voda na skluzu nabere. Podobný problém s vysokou rychlostí vzniká i před nátokem na skluz a přibližně v prvních 10,0 m náhonu. Celý prostor nadjezí tak bude rovněž opevněn kamenným pohozením o průměru 200 mm. Kamenným záhozem o průměru 300 mm bude opevněn i nově vzniklý svah náspu podél štětové stěny.

Pravý břeh skluzu bude vzhledem k vysokému namáhání a vysokým rychlostem až 3,0 m/s celý opevněn kamenným pohozením o rozměrech kamene 200 mm, viz příloha 10 Vzorový příčný řez balvanitého skluzu. Nad úrovní 0,7 m od paty skluzu bude svah ohumusován a zatravněn. Levý břeh skluzu bude opevněn kamenným pohozením stejných rozměrů. Z kamenného pohozu bude tvořen i vzniklý násep u levého břehu za štětovou stěnou. Minimální vrstva pohozu je 600 mm. Celý násep bude ohumusován a zatravněn. V prostoru nátoku na skluz bude levý břeh v náspu na úrovni 391,30 m n. m. v celé délce až ke stávajícímu břehu, který se pak pozvolně zvedá. Pravý břeh bude v okolí nátoku sjednocen na úroveň 391,20 m n. m.

Na pravém břehu v prostoru nad skluzem bude stejně jako v návrhu jezové konstrukce provedena prohrábka nánosů a drobná úprava včetně prohloubení náhonu a pevnění přibližně prvních 20,0 m kamenným pohozením. Vzhledem ke snížení kóty dna a hladiny v prostoru nadjezí tak bude úpravou zajištěno vyběžení zhruba při 10,0 m³/s. Louka tak bude i v tomto případě využita pro odlehčení a převedení části povodňových průtoků viz kapitola 4.2.1.

5.4.3 Výpočet návrhových parametrů skluzu

Kapacitní průtok návrhu byl stanoven na 10,0 m³/s, při kterém dochází k většímu rozlivu i v okolí stávající konstrukce. Výpočet kapacity přelivné hrany skluzu pro primární návrh uspořádání a určení výškové úrovně koruny byl proveden dle následujícího vztahu [16]

$$Q = \sigma \cdot A \cdot K \cdot M \cdot b_1 \cdot h_0^{\frac{3}{2}} + \sigma' \cdot \frac{4}{5} \cdot M' \cdot m' \cdot h_0^{\frac{5}{2}} \quad (4.10)$$

kde:

$\sigma = 1$... součinitel zatopení – pro dokonalý přepad roven jedné,

$A = 0,65$... součinitel půdorysného uspořádání koruny přelivu. Je-li osa přelivu kolmá k ose toku je roven jedné. Převzat z tabulek,

$K = 1$... součinitel bočního zúžení přelivného otvoru,

$M = 1,77$... součinitel přepadu – převzat z tabulek, běžná hodnota 1,45 - 1,85

$b_1 = 8 \text{ m}$... šířka přelivné hrany,

$h_0 = 0,77 \text{ m}$... přepadová + rychlostní výška,

$\sigma' = 1$... součinitel zatopení pro přepadové množství nad skloněnými bočními plochami – pro dokonalý přepad roven jedné,

$M' = 1,68$... součinitel přepadu nad skloněnými bočními plochami - tabulková hodnota pro běžné použití,

$m' = 6$... $\cotg \alpha$ – odpovídá sklonu svahů,

$$Q = 1.1.1.1,77.8.0,79^{\frac{3}{2}} + 1. \frac{4}{5} . 1,68.6.0,79^{\frac{5}{2}}$$

$$Q = 15,59 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h = h_0 - \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g}$$

$$h = 0,77 - \frac{1.1,19^2}{2.9,81}$$

$$h = 0,7 \text{ m}$$

Z výpočtu vyplývá, že při dosažení kóty 391,0 m n. m., která odpovídá přepadové hloubce 0,7 m je kapacita přelivu okolo 10,0 m³/s. Konstrukce by tak při navrženém uspořádání a kótě přelivné hrany 390,3 m n. m. měla být schopna převést větší kapacitní průtok než současná jezová konstrukce a nedojde tak ke zhoršení odtokových poměrů. Pro ověření primárního návrhu a zjištění průběhu hladin během

povodňových průtoků je další výpočet vzhledem k charakteru území a rozsáhlým rozlivům do inundačního území proveden pomocí 2D modelu.

Stejný postup výpočtu byl aplikován i pro návrh otvoru v koruně přelivu k zajištění migrační propustnosti konstrukce, s tím zjednodušením, že je otvor považován za obdélníkový

$$Q = \sigma \cdot A \cdot K \cdot M \cdot b_1 \cdot h_0^{\frac{3}{2}}$$

kde:

$\sigma = 1$... součinitel zatopení,

$A = 1$... součinitel půdorysného uspořádání koruny přelivu,

$K = 1$... součinitel bočního zužení přelivného otvoru,

$M = 1,77$... součinitel přepadu,

$b_1 = 1,1 \text{ m}$... šířka přelivné hrany,

$h_0 = 0,19$... přepadová + rychlostní výška,

$$Q = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,77 \cdot 1,1 \cdot 0,19^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = 0,16 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h = h_0 - \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g}$$

$$h = 0,19 - \frac{1 \cdot 0,71^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h = 0,16 \text{ m}$$

Pro navrženou šířku otvoru 1,1 m by tak měla být zajištěna minimální požadovaná hloubka 0,15 m pro průtok 0,16 m³/s, který odpovídá Q_{355d} a pro přeliv by tak měla být splněna základní podmínka migrační prostupnosti.

Pro návrh otvorů v žebrech byl použit pouze orientační výpočet rovnoměrného proudění, podle vztahu

$$Q = C \cdot S \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

kde:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \dots \text{Chézyho rychlostní součinitel,}$$

S ... průtočná plocha,

O ... omočený obvod,

$$R = \frac{S}{O} \dots \text{hydraulický poloměr,}$$

$n = 0,045$... Manningův drsnostní součinitel,

$i = 0,037$... sklon dna,

$b = 1,1$ m ... šířka dna – otvor,

Výpočet byl proveden pomocí programu Microsoft Excell, výsledky jsou přiloženy v Tab. 12.

Tab. 12: Výpočet rovnoměrného proudění na skluzu

h [m]	S	O	R	C	Q [m³/s]
0.10	0.08	1.00	0.08	14.59	0.06
0.15	0.12	1.10	0.11	15.36	0.12
0.20	0.16	1.20	0.13	15.88	0.18
0.50	0.40	1.80	0.22	17.29	0.63
0.60	0.48	2.00	0.24	17.52	0.79

Z výpočtu vychází, že by tak hloubka v otvorech širokých 1,1 m měla být požadovaných 0,15 m při Q_{355d} , který odpovídá průtoku 0,15 m³/s. Nicméně se jedná jen o prvotní odhad rozměrů a jak již bylo zmíněno výš, pro přesný návrh a uspořádání jednotlivých prvků konstrukce by bylo třeba vytvořit podrobný model.

5.4.4 Návrh a posouzení opevnění skluzu

Dimenzování opevnění skluzové plochy bylo provedeno porovnáním rychlosti v nejvíce namáhaném profilu skluzu v_{max} s vymílací rychlostí dovolenou pro daný kámen, hloubku vody a sklon skluzu v_{vs} .

Pro stabilní skluzovou plochu platí [16]

$$v_{max} < v_{vs}$$

Výpočet vymílací rychlosti v_{vs} pro navržené opevnění skluzu byl proveden podle následujícího vztahu [16]

$$v_{vs} = 6,8 \cdot D^{\frac{1}{3}} \cdot h^{\frac{1}{6}} \cdot C_s^{\frac{1}{2}}$$

kde:

$D = 0,2 \text{ m}$... největší rozměr kamene,

h ... hloubka vody na skluzu v metrech v nejnamáhavějším profilu,

$C_s = \frac{\tan \varphi - \tan \alpha}{\tan \varphi}$... součinitel vlivu sklonu na skluz kamene,

$\varphi = 41^\circ$... úhel vnitřního tření kamene,

α ... sklon skluzové plochy,

$$C_s = \frac{0,869 - 0,037}{0,869}$$

$$C_s = 0,96$$

Výpočet byl proveden pomocí programu Microsoft Excell, výsledky jsou přiloženy v tabulce Tab. 13. Hodnoty hloubek a rychlostí pro Q₂, Q₅, Q₂₀ a Q₁₀₀ jsou převzaty z výsledků výpočetního modelu.

Tab. 13: Výpočet vymílací rychlosti na skluzu

	Q2	Q5	Q20	Q100
h [m]	0.57	0.68	0.81	0.92
v_{max} [m/s]	2.86	2.90	2.98	3.00
v_{vs} [m/s]	3.54	3.65	3.76	3.84

Ve všech případech je podmínka stability splněna. Opevnění záhozem o rozměrech kamene 200 mm se tak jeví jako dostatečné.

5.4.5 Výsledky modelu a zhodnocení varianty

Podrobný průběh hladin, zjištěný výpočtem v programu HEC - RAS je přiložen v tabulce v příloze 12 Hladiny N – letých průtoků. Výsledek výpočtů je rovněž znázorněn na mapě záplavových území, viz příloha 16 Mapa rozlivových čar balvanitého skluzu, kde jsou znázorněny rozlivové čáry pro průtoky Q₅, Q₂₀ a Q₁₀₀.

Z modelu byl rovněž stanoven kapacitní průtok navržené úpravy $10,0 \text{ m}^3/\text{s}$, který je tak oproti stávajícímu stavu dvojnásobný. Z výsledků je vidět, že v prostoru nadjezí dojde po úpravě ke snížení hladiny o přibližně $0,10 - 0,15 \text{ m}$ při Q_{20} a Q_{100} . Na louce na pravém břehu se úpravou náhonu zvedne hladina přibližně o $0,08 \text{ m}$ při Q_{100} , nicméně z hlediska zvětšení rozlivu a vzniklých škod to není významné. V profilu těsně pod jezem vznikne nově terén vyspádovaný ke skluzu na pravém břehu. Úroveň hladiny se tak během zvýšených průtoků zvýší společně s terénem o desítky centimetrů, nicméně při Q_{20} a Q_{100} je rozdíl ve zmíněném profilu okolo $0,10 - 0,15 \text{ m}$. Na velikost rozlivu a s tím spojené škody to nemá výrazný efekt. V profilu vzdáleném přibližně $20,0 \text{ m}$ dále po toku, což je přibližně v půlce skluzové konstrukce, je již úroveň terénu a skluzové plochy dostatečně nízko a oproti stávajícímu stavu je hladina v daném profilu přibližně o $0,1 \text{ m}$ níž.

Co se týče návrhu byla zvážena i varianta umístit celý skluz k levému břehu, kde se vzhledem k tvaru koryta v nadjezí koncentruje velká část průtoku. Nicméně při stejném sklonu skluzu by byl terén se zástavbou v přilehlém okolí jen nepatrně převýšena nad skluzovou plochou. Pokud by mělo být zachováno požadované vzdutí, tak by skluz nemohl zajistit dostatečnou kapacitu. Konstrukce by musela být navržena ve větším sklonu a s opevněním z většího kameniva a vznikal by problém s nedostatečnou hloubkou při malých průtocích a s tím spojený problém s migrační propustností a estetickou funkcí. Součástí konstrukce by musela být ještě migrační rampa. Proto byla zvolena varianta umístit konstrukci k pravému břehu, kde je víc prostoru a možnost ji prodloužit. Snahou bylo zároveň vytvarovat levý břeh tak, aby byl od kapacitního průtoku $10,0 \text{ m}^3/\text{s}$, který je oproti současnému stavu dvojnásobný, proud vody naváděn k náhonu, a tím by došlo k odlehčení celé konstrukce na louku, kde se rozlije na velkou plochu a neměla by tak způsobit větší škody. Až do Q_2 se návrh chová dle předpokladu. Při průtoku $30,0 \text{ m}^3/\text{s}$, tedy skoro Q_5 , voda břeh nepřelívá a průtok proudí přes skluz a náhon na pole. Nicméně dojde k přelítí na pravém břehu. Během větších průtoků pak voda proudí po celé šířce toku. Bez větších problémů tak převede konstrukce i Q_{100} z tohoto hlediska tedy návrh vyhovuje. Nicméně přelítím břehových hran dojde k jejich poškození, ke ztrátě zatravněné vrstvy a pravděpodobně i výmolům v kamenném záhozu, který je navržen pod vrstvu trávy právě pro zajištění stability koryta v případě přelítí. K přelítí břehů tak dojde dřív, než

bylo při návrhu předpokládáno a s tím spojené opravy by musely být pravděpodobně prováděny častěji, než je u podobné rekonstrukce žádoucí z hlediska požadavků správce toku.

Řešením problému by byl přírodě méně blízký návrh, kdy by bylo nutné rozšířit přelivnou hranu skluzu a tím jej celý zkapacitnit. Vznikla by tak podobná konstrukce současnému stavu jezu, která by při snížení hladiny v nadjezí mohla být navržena v menším sklonu, například 1:6. Pro zajištění stability takového svahu je však třeba navrhnout opevnění z většího kameniva a s tím pak souvisí jeho obnažení během menších průtoků, což z ekologického hlediska nebude nejlepší dojem. Součástí návrhu by pak musela být pravděpodobně rampa k zajištění migrační průchodnosti přes kterou by tekla většina menších průtoků. Obdobný projekt je realizovaný rovněž na Blanici níže po toku ve Vlašimi viz. obr. 23. Celkově by tak vzrostly pořizovací náklady a vznikl objekt podobný navrženému jezu v předešlé části práce. Proto se práce zabývá možností návrhu přírodě bližší varianty.



Obr. 23: Skluz s migrační rampou ve Vlašimi [12]

První navržená varianta tak vyhovuje požadavku z hlediska zachování odtokových poměrů, zároveň splňuje požadavek na zachování zásob vody ve vzdutí v nadjezí, z technického hlediska se jeví jako realizovatelná a z hlediska ekologického vznikne úpravou přírodě bližší objekt, než je stávající jezová konstrukce anebo navržená varianta. Ta by ale byla na druhé straně výrazně odolnější. Co se týče historických povodní, tak mimo povodně z roku 2013 se za posledních 20 let nevyskytl průtok větší než Q_2 . Při výběru varianty by však bylo třeba vycházet z ekonomického rozboru.

6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout variantní řešení problematiky poškozeného jezu v obci Kamberk. Z dostupných podkladů a obhlídky lokality byla vypracována studie současného stavu a následně pak 2D matematický model proudění v programu HEC - RAS 5.03. Na základě výsledků a získaných informací o průběhu povodňových průtoků v okolí současné jezové konstrukce byl vypracován návrh jednotlivých variant. Konkrétně možnost odstranění jezu s následnou úpravou koryta, návrh rekonstrukce jezu a jako třetí kompromisní varianta, mírný balvanitý skluz. Dle jednotlivých návrhů byl upraven terénní model v programu AutoCAD Civil 2018 a následně vytvořen 2D matematický model jednotlivých variant. Na modelu bylo následně vypočteno ovlivnění povodňových průtoků jednotlivých variant. Výsledky byly zpracovány v podobě tabulky s úrovní hladin a mapy rozlivových čar pro každou z variant Q_5 , Q_{20} a Q_{100} .

Všechny varianty se z hlediska převedení povodňových průtoků projeví jako účinné a splňují požadavek na zachování či zlepšení odtokových poměrů. K největšímu snížení hladin, a i k nejlepšímu navýšení protipovodňové ochrany, došlo při výpočtu varianty odstranění jezu.

Varianta rekonstrukce jezu a varianta balvanitého skluzu splňují požadavek na zachování vzdušnosti jako protipožární nádrž. Výsledky průchodu velkých vod jsou pro obě varianty podobné, dochází při nich k mírnému zlepšení oproti současnému stavu.

U všech variant byla snaha zachovat přírodě blízký charakter toku a migrační propustnost. Z tohoto hlediska se jeví jako nejvhodnější varianta odstranění jezu a návrh nového koryta včetně kynety, nebo varianta balvanitého skluzu sloužícího zároveň jako migrační rampa.

Z hlediska odolnosti konstrukce a s tím související náročnosti na údržbu se jeví jako nejlepší varianta rekonstrukce jezu. Souvislost ceny výstavby a následných nákladů na opravy by však bylo nutné shrnout v ekonomickém rozboru.

Na jeho základě společně s přihlédnutím k požadavkům na ochranu přírody a požadavkům správce toku a místní samosprávy by bylo možné vybrat nejvhodnější z variant.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ INFORMACÍ

- [1] Mapy.cz [online]. [cit. 2017-09-11]. Dostupné z:
<https://mapy.cz/zakladni?x=14.8429082&y=49.5950578&z=14&q=kamberk>
- [2] Záplavové území Blanice. Technická zpráva. *Povodí Vltavy, státní podnik*. 2005 [cit. 2017-09-11].
- [3] Stavby a průtoky na vodních tocích. *Povodí Vltavy, státní podnik* [online]. [cit. 2017-09-11]. Dostupné z:
<http://www.pvl.cz/portal/SaP/pc/>
- [4] Hydrologické údaje Blanice – Kamberk. *Český hydrometeorologický ústav*. 2012 [cit. 2017-09-11].
- [5] Zpráva o hodnocení jakosti povrchových vod v oblasti povodí Dolní Vltavy za období 2009–2010. *Povodí Vltavy, státní podnik*. 2010 [online]. [cit. 2017-10-11]. Dostupné z:
http://www.pvl.cz/files/download/Bilance2010/DV_text_jakost_09-10.pdf
- [6] Katalogový list příčné překážky – Kamberk – Blanice. *Povodí Vltavy, státní podnik*. 2011 [cit. 2017-10-11].
- [7] Vodní mlýny. *Rudolf Šimek*. 2012 - 2017 [online]. [cit. 2017-10-11]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/no/mlyny/estates/detail/5292>
- [8] Studie proveditelnosti zprůchodnění migračních překážek na vodních tocích v povodí Vltavy. *Povodí Vltavy, státní podnik*. [online]. [cit. 2017-10-11]. Dostupné z:
http://www.pvl.cz/migrace-vltava/projekt/3_TEXTOVA_CAST/3_textova_cast_Blanice.pdf
- [9] Povodně Kamberk - Blanice. [online]. [cit. 2017-10-11]. Dostupné z:
http://epidem.rajce.idnes.cz/povodne_Kamberk_-_Blanice/#Snimek_037.jpg
- [10] Souhrnná zpráva o povodni v oblastech povodí Horní Vltavy, Berounky a Dolní Vltavy březen-duben 2006. *Centrální vodohospodářský dispečink Povodí Vltavy, státní podnik* [online]. 2006 [cit. 2017-11-11]. Dostupné z:
<http://www.pvl.cz/files/download/hydrologicke-informace/zpravy-o-povodni/2006-0304-zprava-o-povodni.pdf>

- [11] Zpráva o povodni správce vodních toků v dílčích povodích Horní Vltavy, Berounky a Dolní Vltavy červen 2013. *Centrální vodohospodářský dispečink Povodí Vltavy, státní podnik*. [online]. 2013 [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/files/download/hydrologicke-informace/zpravy-o-povodni/2013-06-zprava-o-povodni-vt.pdf>
- [12] Migrační propustnost vodních toků. *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR*. [online]. [cit. 2017-10-12]. Dostupné z: <http://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/migracni-prostupnost-vodnich-toku/>
- [13] TNV 75 2321 – Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody. *Ministerstvo zemědělství*. [online]. leden 2011. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/104412/TNV_75_2321.pdf
- [14] TNV 75 2103 – Úpravy řek. *Ministerstvo zemědělství ČR, Ministerstvo životního prostředí ČR*. [online]. prosinec 2014. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/366341/TNV_75_2103_Upravy_rek.pdf
- [15] TNV 75 2303 – Jezy a stupně. *Ministerstvo zemědělství ČR, Ministerstvo životního prostředí ČR*. [online]. prosinec 2014. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/366339/TNV_75_2303_Jezy_a_stupne.pdf
- [16] ZÁSTĚRA, Zdeněk a kol. *Balvanité skluzy*. Vyd. 1. Brno: Hydroprojekt, 1984, 60s.
- [17] ŘÍHA, Jaromír. *Ochranné hráze na vodních tocích*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2010, 223 s. ISBN 978-80-247-3570-2
- [18] HAVLÍK, Vladimír, MAREŠOVÁ, Ivana. *Hydraulika 10: příklady*. Vyd. 2. Praha: ČVUT, 2001, 243s. ISBN 80-01-02403-2
- [19] MEDŘICKÝ, Vladimír, VALENTA, Petr. *Hydrotechnické stavby I: navrhování jezů*. Vyd. 2. Praha: ČVUT, 2009, 151s. ISBN 978-80-01-04309-7
- [20] GABRIEL Pavel. *Jezy*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1989, 453 s.
- [21] Úprava Blanice. *Jiskra regiony*. [online]. [cit. 2017-20-12]. Dostupné z: <http://www.jiskra-benesov.cz/clanek/ve-vlasimi-v-patek-otevrou-upravenou-blanici-5007>
- [22] Blanice. *AOPK ČR*. [online]. [cit. 2017-20-12]. Dostupné z: http://strednicechy.ochranaprirody.cz/res/archive/194/024949_05_128323.jpg?seek=1407399048

- [23] Nenačovice: revitalizace řeky. *Jakub Karlíček*. [online]. [cit. 2017-29-12]. Dostupné z: <http://jakubkarlicek.cz/nenacovice-revitalizace-reky/>
- [24] Hodnoty Manningova drsnostního součinitele n pro otevřená koryta dle Chowa. [online]. [cit. 2017-29-12]. Dostupné z: <http://hydraulika.fsv.cvut.cz/>
- [25] Podpora migrace lososa obecného - PR Pavlínino údolí, Chřibská Kamenice. *VRV a.s.* [online]. [cit. 2017-30-12]. Dostupné z: <http://www.ochranaprirody.cz/res/archive/369/056417.pdf?seek=1505913963>
- [26] Gary W. Brunner. *HEC-RAS 5.0 2D Modeling Users Manual*. 2016
- [27] Nahlížení do katastru nemovitostí. *ČÚZK*. [online]. [cit. 2018-2-1]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/Uvod.aspx>

8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázky

Obr. 1: Vyznačení lokality na mapě [1]	11
Obr. 2: Náhon na MVE[6]	15
Obr. 3: Zarostlý nátok k náhonu na pravém břehu.....	15
Obr. 4: Celkový pohled na jez [6].....	16
Obr. 5: Detail poškození jezu z levého břehu [6].....	16
Obr. 6: Detail opravy jezu z levého břehu	17
Obr. 7: Stav koryta pod jezem.....	18
Obr. 8: Stav koryta nad jezem.....	18
Obr. 9: Pohled na MVE a okolí jezu během povodně 2006 [6].....	19
Obr. 10: Zlatohorský rybník během povodně 2006 [9]	20
Obr. 11: Silniční most v Kamberku	21
Obr. 12: lávka v Kamberku.....	21
Obr. 13: Příklad řezu konstrukce pevného jezu [20].....	22
Obr. 14: Q-H křivka v profilu současného jezu	27
Obr. 15: Model návrhu koryta.....	29
Obr. 16: Podobný návrh koryta z revitalizace řeky Loděnice [22]	31
Obr. 17: Model navržené jezové konstrukce.....	39
Obr. 18. Podobná jezová konstrukce níže po toku ve Vlašimi [22].....	40
Obr. 19: Q-H křivka v profilu nově navrženého jezu	46
Obr. 20: Model navržené skluzové konstrukce.....	47
Obr. 21: Příklad podobné konstrukce balvanitého skluzu na řece Wertach [12].....	49
Obr. 22: Vláškovité proudění vzniklé podobnou úpravou níže po toku ve Vlašimi [12].....	50
Obr. 23: Skluz s migrační rampou ve Vlašimi [12]	57

Tabulky

Tab. 1: N-leté průtoky a historické povodně Louňovice [3]	13
Tab. 2: N-leté průtoky Kamberk [4]	13
Tab. 3: Použité hodnoty drsnostního součinitele	25
Tab. 4: Výpočet Q-H křivky stávající jezové konstrukce	27
Tab. 5: Výpočet rovnoměrného proudění v navržené kynetě	32
Tab. 6: Výpočet rovnoměrného proudění v navržené bermě	33
Tab. 7: Výpočet vymílací rychlosti v korytě	34
Tab. 8: Maximální rychlosti a odpovídající hloubky v bermě	35
Tab. 9: Výpočet rovnoměrného proudění delší úpravy	38
Tab. 10: Výpočet rovnoměrného proudění v přepážce rybího přechodu	44
Tab. 11: Výpočet Q-H křivky navržené jezové konstrukce	45
Tab. 12: Výpočet rovnoměrného proudění na skluzu	54
Tab. 13: Výpočet vymílací rychlosti na skluzu	55

9 SEZNAM PŘÍLOH

- 1) Situace navrženého koryta
- 2) Situace rekonstrukce jezu
- 3) Situace balvanitého skluzu
- 4) Podélný profil navrženého koryta
- 5) Podélný profil rekonstrukce jezu
- 6) Podélný profil balvanitého skluzu
- 7) Vzorový příčný řez navrženého koryta
- 8) Vzorový příčný řez rekonstrukce jezu
- 9) Vzorový podélný řez rekonstrukce jezu
- 10) Vzorový příčný řez balvanitého skluzu
- 11) Vzorový podélný řez balvanitého skluzu
- 12) Hladiny N – letých průtoků
- 13) Mapa rozlivu současný stav
- 14) Mapa rozlivu odstranění jezu
- 15) Mapa rozlivu rekonstrukce jezu
- 16) Mapa rozlivu balvanitý skluz