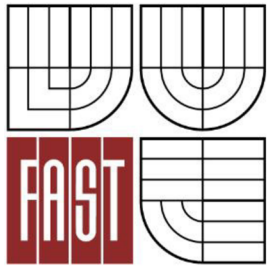




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

**STUDIE VYUŽITÍ BÝVALÝCH RAMEN ŘEKY LABE
A PROPOJENÍ S MÍSTNÍM TOKEM V OBCI HROBICE**
STUDY OF USE OF FORMER BRANCHES OF THE RIVER ELBE AND THE LINKS
WITH THE LOCAL FLOW IN THE VILLAGE HROBICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ MLÁDEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV VESELÝ, CSc.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Tomáš Mládek

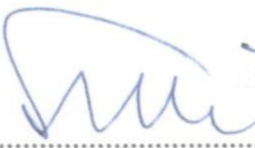
Název Studie využití bývalých ramen řeky Labe a propojení s místním tokem v obci Hrobice

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc.

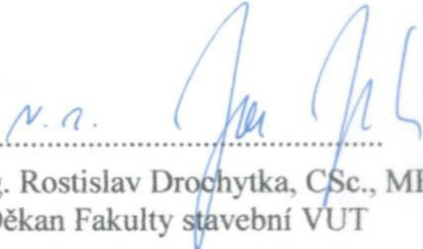
Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2014

Datum odevzdání bakalářské práce 29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014


.....
prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu




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

Podklady a literatura

Bogardi, J.: Sediment transport in aluvial streams. Akadémiai Kiadó, Budapest 1974.

Broža, V., Haindl, K., Patera, A.: Provoz vodních děl, ES ČVUT Praha 1989.

Veselý, J. a kol.: Splaveninové studie a Souhrnné hodnocení splaveninového průzkumu hlavních toků v Povodí Labe, s.p.

DP a práce STČ se zaměřením na plavbu, průzkum a hodnocení splavenin a plavenin v tocích, např. Trojan T.: Splaveninová studie Labe v úseku plánovaného plavebního stupně a kanálu Přelouč, FAST VUT v Brně 2008.

Hydrologické, projektové a mapové podklady (Povodí Labe, s.p.), obec Hrobice.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Proveďte rekognoskaci terénu, zdokumentujte současný stav a zpracujte studii využití bývalých ramen řeky Labe a propojení s místním tokem v obci Hrobice. Řešte jako sportovně - rekreační zónu se sportovní a rekreační plavbou, zohledněte blízkost elektrárny Opatovice a blízkost golfového areálu Kunětická hora u Dříteče. Zabývejte se PPO, záplavovým územím, vyjděte z povodňového plánu. Zpracujte hydrologické údaje i bilanci transportovaných částic. Poříděte reprezentativní fotodokumentaci, spolupracujte také s obcí Hrobice a navažte kontakt s Povodím Labe, s.p., závodem v Pardubicích.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

.....
doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na zhodnocení současného stavu hydrologické soustavy v oblasti katastrálního území obce Hrobice a na návrh protipovodňového opatření. V první části práce je zdokumentován současný stav a jeho zhodnocení včetně zahrnutí zkušeností obce. V následující části je navrženo několik variant opatření a její součástí je návrh rekreačního plavebního průplavu. Součástí práce je zpracování bilance transportu splavenin v toku Labe a vliv transportu splavenin na okolí toku.

Klíčová slova

řeka Labe, povodeň, protipovodňová ochrana, revitalizace, rekreační plavba, splaveny, plaveniny

Abstract

The bachelor thesis is focused on assessing the current state of the hydrological system in the cadastral area Hrobice and on a draft proposal of flood protection measures. In the first part of the thesis, there is documented the current situation and its appreciation including experiences of inhabitants. In the following part, there are designed several potential drafts. The component of the second part is a draft of the canal for a recreational boating. The bachelor thesis also includes the elaboration of the sediment transport balance in Elbe and the impact of the sediment transport on surroundings nearby.

Keywords

river Elbe, flood, flood protection, revitalization, recreational boating, sediments, suspended soils

Bibliografická citace VŠKP

Tomáš Mládek *Studie využití bývalých ramen řeky Labe a propojení s místním tokem v obci Hrobice*. Brno, 2015. 64 s., 38 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 29. 5. 2015

.....
podpis autora
Tomáš Mládek

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat za cenné rady a připomínky, ochotu a vstřícnost vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Jaroslavu Veselému, CSc. Dále bych chtěl poděkovat starostce obce Hrobice Dáše Pleskotové za poskytnuté materiály a zájem o řešenou problematiku a zájem při řešení návrhu opatření. Také bych chtěl poděkovat za spolupráci pracovníkům ze Správy ochrany přírody, zejména Ing. Jaroslavě Vopršalové za poskytnuté informace a propůjčení materiálu. Mé díky patří rovněž pracovníkům Povodí Labe, a to hlavně paní Ing. Zlatě Šámalové a Ing. Marii Fejfarové za poskytnutí historických a hydrologických podkladů. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat paní Doc. Ing. Janě Pařílkové, CSc. za výpomoc se stanovením zrnitostního rozboru a panu Ing. Janu Vrbovi za konzultace, cenné rady a připomínky.

Obsah

1	Úvod.....	9
1.1	<i>Labe</i>	9
1.2	<i>Malé Labe a plavba</i>	10
1.2.1	<i>Úsek Přelouč - Pardubice.....</i>	10
1.2.2	<i>Úsek Pardubice – Hradec Králové.....</i>	11
2	Cíl práce	11
3	Hrobice a okolí.....	12
3.1	<i>Hrobice</i>	12
3.2	<i>Geomorfologické poměry.....</i>	13
3.3	<i>Geologické poměry</i>	14
3.4	<i>Pedologické poměry.....</i>	14
3.5	<i>Hydrologické poměry.....</i>	14
3.5.1	<i>Klimatické poměry.....</i>	14
3.5.2	<i>Hydrologická data řeky Labe.....</i>	15
3.6	<i>Opatovická elektrárna</i>	17
3.6.1	<i>Opatovický kanál.....</i>	17
3.7	<i>Golfové hřiště Kunětická Hora.....</i>	18
4	Zdrže a vodoteče v Hrobicích a okolí.....	19
4.1	<i>Vývoj slepých ramen</i>	20
4.1.1	<i>Tůň u Hrobic</i>	21
4.1.2	<i>Labiště u Němčic</i>	22
4.2	<i>Rybničky v obci</i>	23
4.3	<i>Velká Čeperka.....</i>	23
4.4	<i>Vodoteče.....</i>	24
5	Povodně a záplavové území.....	27
5.1	<i>Povodeň a povodňový plán.....</i>	27
5.2	<i>Povodně v Hrobicích</i>	28
5.2.1	<i>Historické povodně.....</i>	28
5.2.2	<i>Nedávné povodně.....</i>	29
5.3	<i>Záplavové území</i>	29
5.3.1	<i>Analýza rizika a využití GIS.....</i>	29
6	Shrnutí a možné návrhy opatření.....	31

6.1	<i>Shrnutí</i>	31
6.2	<i>Návrhy opatření</i>	31
6.2.1	<i>Revitalizace vodotečí</i>	31
6.2.2	<i>Rybníček v severní části obce</i>	31
6.2.3	<i>Slepá ramena</i>	31
7	Návrh rekreačního průplavu a souvisejících objektů	32
7.1	<i>Rekreační průplav</i>	32
7.1.1	<i>Trasa a parametry plavební dráhy</i>	32
7.2	<i>Objekty související s průplavem</i>	34
7.2.1	<i>Klapkový jez</i>	34
7.2.2	<i>Zimoviště</i>	35
7.2.3	<i>Občerstvení v obci a cyklostezka</i>	37
8	Transport splavenin a plavenin	38
8.1	<i>Definice splavenin a rozdělení transportovaného materiálu</i>	38
8.1.1	<i>Dnové splaveniny</i>	39
8.2	<i>Způsob odběru vzorku a granulometrická metoda</i>	39
8.2.1	<i>Odběr vzorku</i>	39
8.2.2	<i>Granulometrický rozbor</i>	40
8.3	<i>Pohyb materiálu v toku</i>	42
8.3.1	<i>Nevymílací rychlost</i>	42
8.3.2	<i>Usazovací rychlost</i>	43
8.3.3	<i>Výpočet dnových splavenin v Labi</i>	44
8.3.4	<i>Výpočet plavenin v Labi</i>	48
9	Celkové shrnutí práce	51
10	Závěr	53
	Použitá literatura	54
	Seznam obrázků	56
	Seznam tabulek	58
	Seznam grafů	59
	Použité zkratky a symboly	60
	Seznam příloh	63

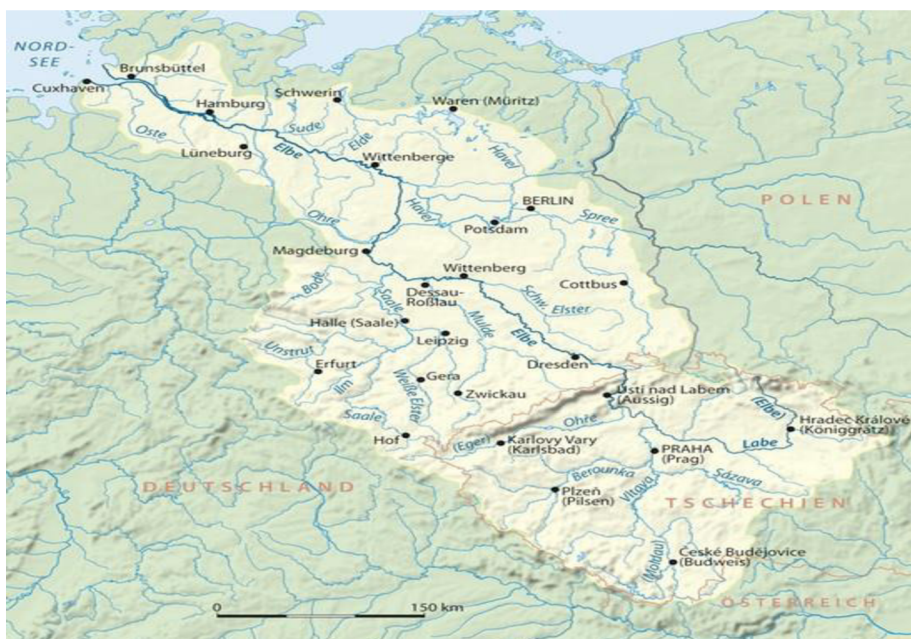
1 Úvod

V první polovině 20. století prodělaly významné části českých hlavních toků stabilizační a zesplavňovací úpravy. Jednalo se především o redukci ramen a napřímení trasy toku. Vlivem úprav z pozůstalých ramen vznikla často biocentra – slepá ramena, která v současnosti spolu s dílčími vodními tratěmi (potůčky, bývalými meliorační příkopy a odpadními kanály) tvoří hydrologickou rozvětvenou soustavu a v některých případech navyšují stupeň ohrožení při povodňovém stavu. Důvodem je především transport splavenin v blízkém veletoku, kdy se za povodňového stavu splaveniny dostávají do slepých ramen a dílčích menších toků, kde pak dále sedimentují. Díky sedimentaci dochází ke zmenšení kapacity těchto vodních celků, zvyšuje se neschopnost odvést vodu mimo ohrožené území a dochází ke zhoršení kyslíkového režimu. Proto je nutné se nezabývat pouze ochranou před povodněmi a úpravami ve větších tocích, ale také těmi menšími a mnohdy opomenutými, na jejichž správu bývá málo přidělených peněz.

1.1 Labe

Labe je páteřním tokem České republiky, nicméně svou délkou 368,7 km se na našem území řadí na druhé místo za Vltavu (cca 430 km). V rámci střední Evropy je to třetí největší a nejdelší řeka po Dunaji a Rýnu. Labe pramení v Krkonoších a ústí do Severního moře v Německu u obce Cuxhaven. Na území Čech jeho hydrologické povodí zaujímá 97,7% plochy. Trasu koryta Labe dělíme na dolní (Velké Labe), střední (Malé Labe), horní (Labe).

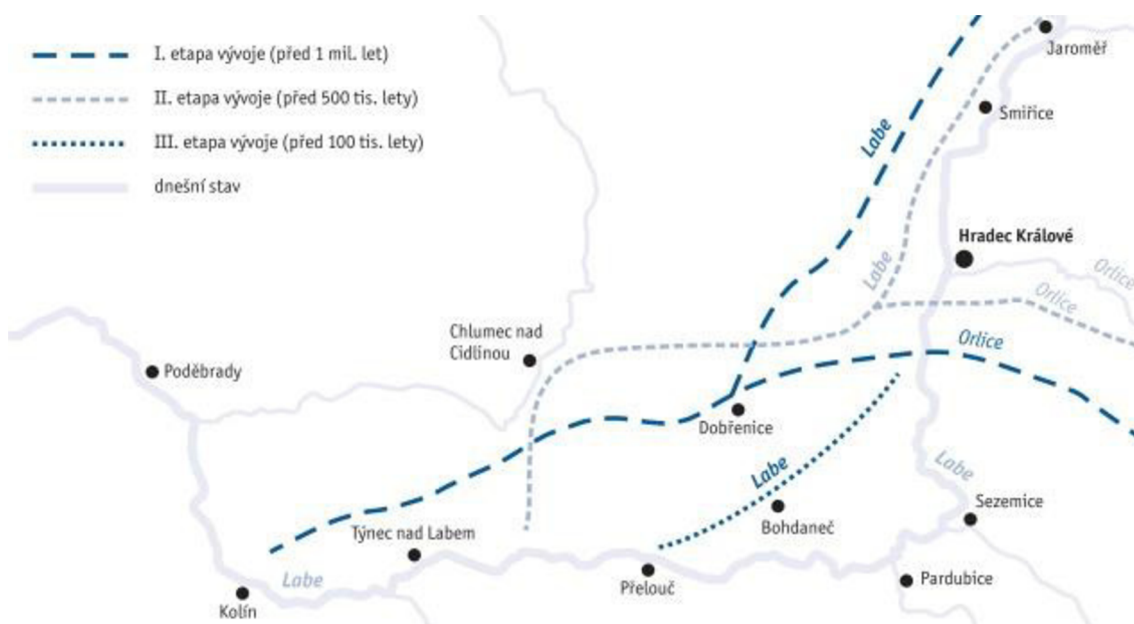
Z historického hlediska v oblasti plavby je nejdůležitější úsek Velkého Labe, kdy už od doby bronzové (1200 – 800 př. n. l.) tento úsek fungoval jako významná obchodní cesta mezi současnými Čechy a Německem. Nicméně předmětem této studie je oblast patřící k úseku Malého Labe, který je vymezen od soutoku Labe s Vltavou u Mělníka po soutok Labe s Orlicí v Hradci Králové, a pojednává o ní následující kapitola [1].



Obr. 1 – Mapa Labe v rámci Evropy [1]

1.2 Malé Labe a plavba

Vývoj říční sítě na území Čech začíná již v třetihorách, kdy část území byla odvodňována k jihu a část k východu. Vlivem tektonických pohybů před 2,6 mil. lety (počátkem čtvrtohor) se začala většina říční sítě odvodňovat do Severního moře a tak tomu zůstalo dodnes. První významné úpravy toku se datují k roku 1605, kdy byly břehy Labe u soutoku s Orlicí zpevňovány hatěmi, jakožto ochrana před povodněmi hradeckého předměstí. Do 19. století bylo Labe využíváno k plnění obranných příkopů královského města a vojenské pevnosti. V polovině 19. století připadlo udržování Labe zemskému výboru. Primární záměr byl spojen s ochranou břehů v okolí zemědělských půd a lidských sídlišť, nicméně vzhledem k nedostatku financí byly úpravy prováděny jen na nejnaléhavějších místech. Na konci 19. století správu nad Labem převzala státní správa. V roce 1901 byl vydán vodocestný zákon (č. 66 říšského zákoníku, o stavbě vodních drah a provedení úpravy řek), dle kterého měly být všechny úpravy včetně splavnění úseku Mělník – Jaroměř dokončeny do 20 let a Střední Labe po Pardubice se mělo stát součástí vodní cesty labsko-dunajské. Nicméně za nedostatku financí a četného odkládání realizace úprav se podařilo alespoň prosadit úpravy v místech s největší devastací břehů zejména na úseku Pardubice – Hradec Králové. Dále pak mezi první a druhou světovou válkou probíhala výstavba vodní cesty a Labe bylo splavněno od Mělníka až po Poděbrady. Po druhé světové válce byl splavný úsek prodloužen po Chvaletice, kde byla vybudována tepelná elektrárna. V současnosti je Střední Labe splavné po Přelouči, dále následuje 2 km úsek s peřejemi, kvůli kterému není možné řeku splavnit, a dále je Labe splavné od Pardubic po Kuněticích. Na úseku Přelouč – Pardubice – Kuněticích funguje pouze rekreační plavba [2].



Obr. 2 – Morfologický vývoj Středního Labe [1]

1.2.1 Úsek Přelouč - Pardubice

V současné době je snaha propojit 2 km úsek Přelouč – Pardubice pomocí bočního průplavu „Nová Přelouč“, avšak stavební povolení v roce 2008 bylo zamítnuto kvůli biotopu s chráněnými druhy rostlin a živočichů. V roce 2010 probíhalo opětované soudní líčení, jehož výsledkem bylo, že Pardubický soud musel znovu prozkoumat celou kauzu. V rámci projektu je brán veškerý ohled na faunu a flóru chráněného území

a snaha navržení prvků tak, aby co nejméně zasahovaly, ohrožovaly a měnily ráz krajiny. Začátek výstavby je naplánován na tento rok, tedy 2015, avšak spory probíhají nadále.

1.2.2 Úsek Pardubice – Hradec Králové

Na tomto úseku je splavných jen několik kilometrů a to po obec Kunědice. Dále pak není možnost splavování díky Opatovickému jezu, kde by bylo třeba vybudovat plavební komoru. Vybudováním tohoto stavebního díla by vedlo k celkovému splavnění Středního Labe. V průběhu výstavby by bylo zajištěno mnoho pracovních míst, a tudíž snížení nezaměstnanosti. Díky vybudování vodní cesty by došlo také k odlehčení silniční a železniční dopravy.

2 Cíl práce

Cílem práce je zdokumentovat a zpracovat současný stav slepých ramen Labe a bývalých odvodňovacích vodních tratí u obce Hrobice. Dále pak navrhnout opatření, případně propojení vodotečí a vodních ploch za účelem ochrany proti povodni a jejich využití v rámci sportovně – rekreační zóny. Součástí práce budou zpracovány hydrologické údaje a bilance transportovaných částic v toku Labe. V neposlední řadě pak také navázání kontaktu s povodím Labe a spolupráce s obcí Hrobice. Posledním bodem práce je pořízení reprezentativní fotodokumentace.

3 Hrobice a okolí

3.1 Hrobice

Obec Hrobice se nachází v Pardubickém kraji, necelých 9 km severně od krajského města Pardubice. Polohopisné souřadnice obce jsou následující: 50°6'12" N, 15°47'20" E a nadmořská výška v okolí obce se pohybuje okolo 223 m n. m., z pohledu laika se jedná o „placku“. Katastrální výměra obce je 6,14 km², žije zde 200 obyvatel. Současnou starostkou obce je Dáša Pleskotová.

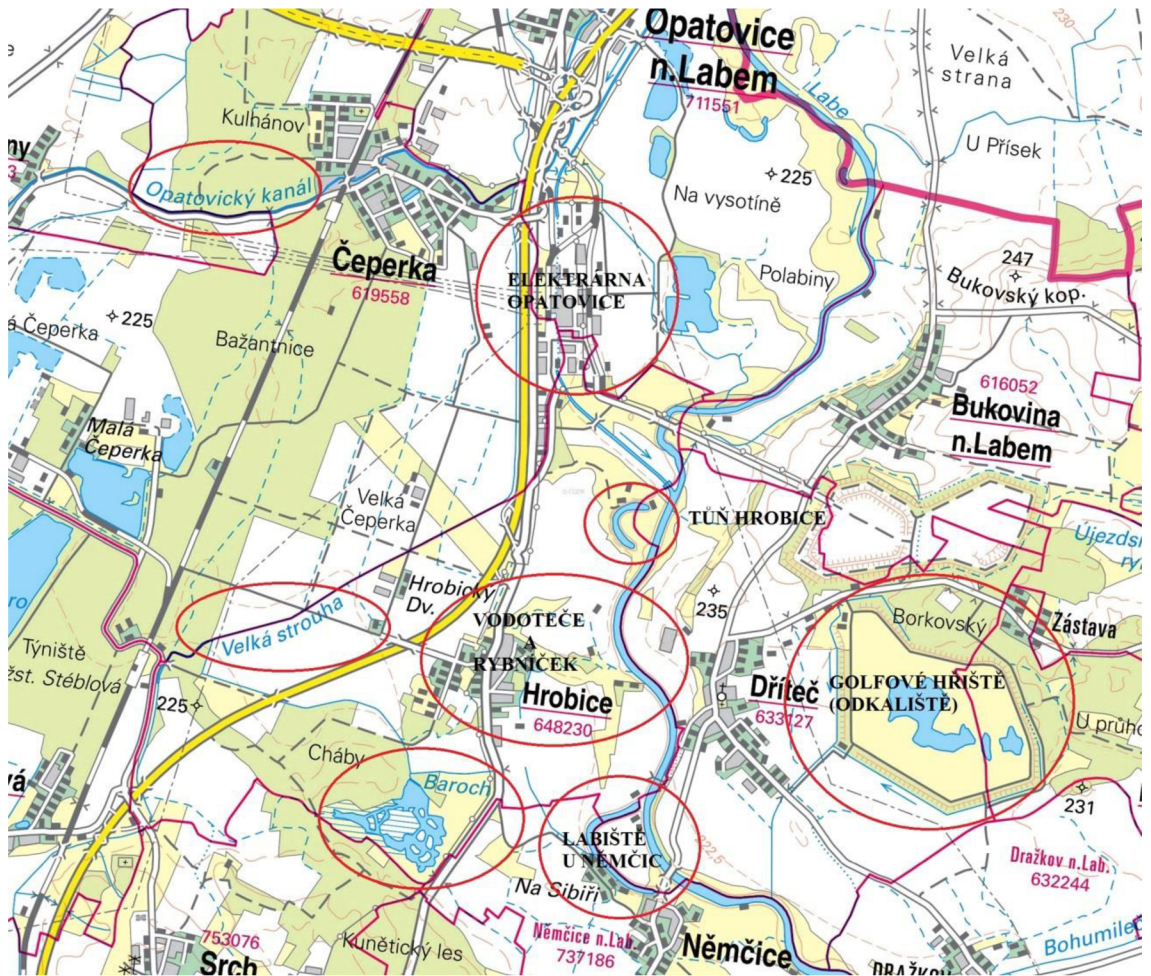
První písemné zmínky o obci pocházejí z roku 1371, kdy obec patřila Opatovickému klášteru, v 15. století byla majetkem spolu s dalšími obcemi v okolí Diviše Bořka z Miletínka a následně pánům z Perštejna. V souvislosti s tématem lodní plavby je nutno upozornit, že na počátku 20. století vzniká v Hrobicích obecní převoz spojující obce Hrobice a Dříteč [3]. V druhé polovině 20. století fungoval v obci významný průmyslový podnik – lihovar, po pozemkové reformě v roce 1992 bylo založeno Lihovarské a zásobovací družstvo zemědělců. V současnosti je zde několik významných podniků v rámci kraje: Mingau (prodej, půjčování a servis stavebních strojů) a Stáj Hasák (sportovní jezdecká činnost a výcvikové středisko parkurových koní).

V obci se nachází rovněž Úpravna pitné vody a. s. Vak Pardubice, odkud je upravená voda čerpána výtlačným řadem do vodojemu na Kunětické hoře a dále pak distribuována zásobním řadem do vodárenské soustavy v městech Pardubice a Hradec Králové. Kanalizace je zde řešena tlakově a je napojena na čističku Pardubice – Semtín.

V okolí obce se nacházejí přírodní rezervace Bachor a Tůň u Hrobic. Z rekreačního hlediska je zde možnost navštívit nedaleké golfové hřiště Dříteč, Opatovický kanál a hrad Kunětická hora. Významným průmyslovým podnikem, který se nachází v této oblasti, je tepelná elektrárna Opatovice [4].



Obr. 3 – Hrobice v rámci Pardubického kraje [23]



Obr. 4 – ZM50 obce Hrobice s vyznačením zájmových objektů [26]

3.2 Geomorfologické poměry

Z hlediska geomorfologického členění území České republiky se daná oblast řadí do:

System:	Hercynský
Provincie:	Česká vysočina
Subprovincie:	Česká tabule
Oblast:	Východočeská tabule
Celek:	Východočeská tabule
Podcelek:	Pardubická kotlina
Okresk:	Královehradecká kotlina

Mapa geomorfologických poměrů je součástí přílohy 1.

3.3 Geologické poměry

Jelikož se jedná z geomorfologického hlediska o Pardubickou kotlinu, která je součástí rozsáhlých terénních sníženin rozprostírajících se podél toku Labe, je geomorfologický ráz dán rozsáhlými středno a mladopleistocénními terasovými plošinami a širokou nivou Labe. Terasové plošiny jsou místně překryty mocnými sprašovými akumulacemi, celky z kvarterního navátého písku a dále pak z kvarterních nivních sedimentů.

Mapa geologických poměrů je součástí *přílohy 1*.

3.4 Pedologické poměry

V zájmovém území a v okolí obce Hrobice se nacházejí tyto typy půdního typu: fluvizem modální (FLm), regozem arenická (RGr), pelozem (PE). Klasifikovat typy půd můžeme dle Taxonomického klasifikačního systému půd v ČR.

Fluvizem modální (FLm) – půda složená z nivních sedimentů, pod ornici tvořena hlinitým sedimentem a v hloubce přebývá písek

Regozem arenická (RGr) – půda vyvinutá ze sypkých sedimentů, a to hlavně z písků, půda minerálně chudá na substrát

Pelozem (PE) – půda s kambickým pelickým horizontem vzniklým pedoplasmací slabě zpevněných jílu a slínů v hlavním souvrství svahovin jílovitě zvětrávajících břidlic [5]

Mapa pedologických poměrů je součástí *přílohy 1*.

3.5 Hydrologické poměry

3.5.1 Klimatické poměry

Oblast obce Hrobice můžeme podle klasifikace E. Quitta zařadit do teplé oblasti T2, pro kterou je charakteristické dlouhé teplé léto, mírně teplé jaro a podzim a krátká mírně teplá zima s krátkou dobou sněhové pokrývky.

Stanice:	Pardubice
Průměrná roční teplota:	8,4 °C
Nejteplejší měsíc:	červenec (18,4 °C)
Nejchladnější měsíc:	leden (- 1,8 °C)
Roční úhrn srážek:	599 mm
Nejvyšší srážky:	81 mm (červenec)
Nejnižší srážky:	32 mm (únor)

Tabulka 1 – Výpis územních teplot [24]

	MĚSÍC												PRŮMĚR ZA ROK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
T	0,5	2,2	6,3	9,7	12,2	15,9	19,5	16	14,2	9,8	6,4	1,5	9,5
N	-3,1	-1,4	2,2	7,1	12,2	15,3	16,6	16,3	12,7	8	2,5	-1,3	7,2
O	3,6	3,6	4,1	2,6	0	0,6	2,9	-0,3	1,5	1,8	3,9	2,8	2,3

T - teplota vzduchu [°C]

N - dlouhodobý normál teploty vzduchu [°C]

O - odchylka od normálu [°C]

Tabulka 2 – Výpis územních srážek [24]

	MĚSÍC												PRŮMĚR ZA ROK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
S	26	8	49	44	110	43	96	93	103	33	18	45	668
N	47	40	42	46	77	87	82	84	56	45	52	54	711
%	55	20	117	96	143	49	117	111	184	73	35	83	94

S - úhrn srážek [mm]

N - dlouhodobý normál úhrnu srážek [mm]

% - úhrn srážek v % normálu

3.5.2 Hydrologická data řeky Labe

Nejbližší hydrologickou stanicí k obci Hrobice po směru toku řeky Labe je měrná stanice Němčice nacházející se na 143,3 km toku. Hodnota dlouhodobého průměrného průtoku Q_a je stanovena na $47,10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Údaje s dalšími hydrologickými daty jsou uvedeny v tabulkách: *Tabulka 3 – N-leté průtoky Labe*, kde jsou uvedeny N-leté průtoky, a *Tabulka 4 – M-denní průtoky Labe*, kde jsou uvedeny M-denní průtoky. Na základě charakteristik koryta, jakými jsou průtočný profil, drsnost a sklon, se určí průtoky, které definují stupeň povodňové aktivity. V tabulce *Tabulka 5 – Stupeň povodňové aktivity* je uvedena závislost stupně ohrožení na výšce hladiny v toku.

Tabulka 3 – N-leté průtoky Labe [24]

Tok:		Labe				
Hydrologické pořadí:		1-03-01-019				
Km toku:		978,75				
Profil:		Němčice - limnigraf				
N - leté průtoky [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]						
Q_{N1}	Q_{N2}	Q_{N5}	Q_{N10}	Q_{N20}	Q_{N50}	Q_{N100}
227,00	305,00	415,00	504,00	597,00	725,00	826,00

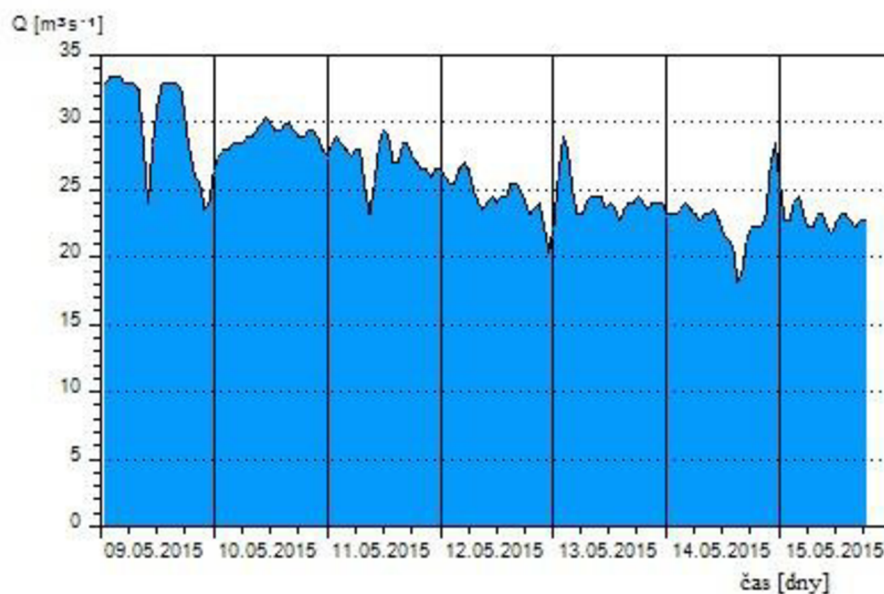
Tabulka 4 – M-denní průtoky Labe [24]

Tok:		Labe						
Hydrologické pořadí:		1-03-01-019						
Km toku:		978,75						
Profil:		Němčice - limnigraf						
M - denní průtoky [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]								
Q_{M30}	Q_{M60}	Q_{M90}	Q_{M120}	Q_{M150}	Q_{M180}	Q_{M210}	Q_{M240}	Q_{M270}
105,00	73,80	57,50	46,10	38,20	32,50	27,70	23,80	20,60
Q_{M300}	Q_{M330}	Q_{M355}	Q_{M364}					
17,80	15,50	13,00	10,20					

Tabulka 5 – Stupně povodňové aktivity [24]

Stupně povodňové aktivity	
SPA	Výška hladiny [cm]
1. stupeň povodňové aktivity - bdělost	350
2. stupeň povodňové aktivity - pohotovost	400
3. stupeň povodňové aktivity - ohrožení	450
3. stupeň povodňové aktivity (extrémní povodeň)	597

V současné době se hladina pohybuje mezi 85 až 115 cm. Oblast se tedy momentálně nachází mimo oblast s povodňovou aktivitou.



Graf 1 – Průtoky Labe ve stanici Němčice v období 9. 5. – 15. 5. 2015[24]

3.6 Opatovická elektrárna

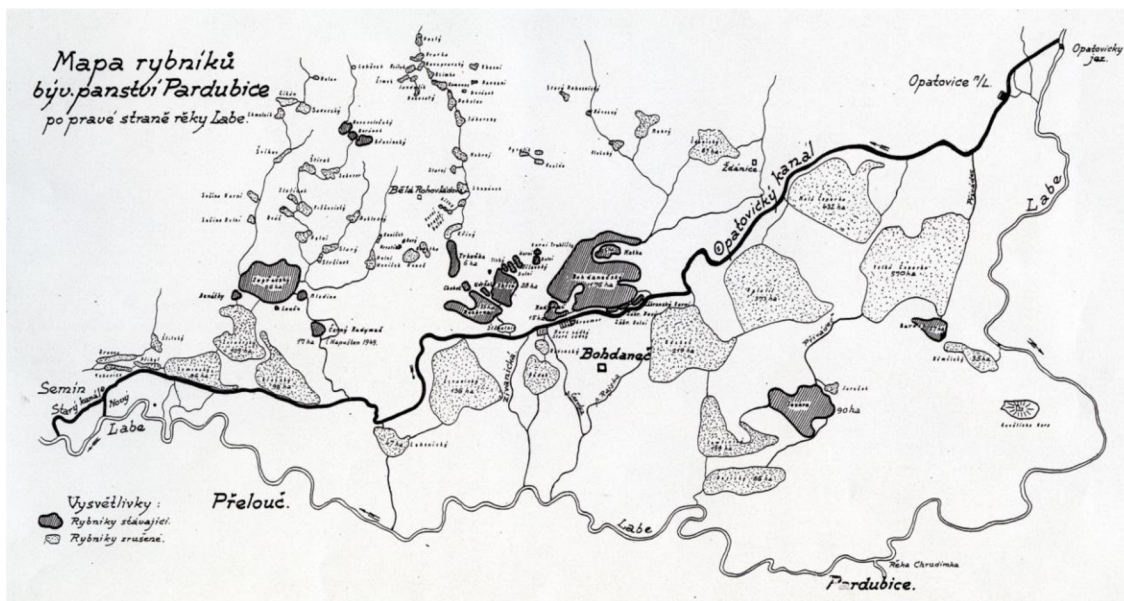
Tepelná elektrárna pod obchodním jménem Elektrárny Opatovice, a. s. se nachází severně od Hrobic v blízkosti napojení na komunikaci D11, přesněji na polohopisných souřadnicích 50°7'28.227"N, 15°47'19.451"E. Díky svému celkovému výkonu 698 MW se elektrárna řadí mezi přední dodavatele energie v ČR. Celý objekt zabírá plochu cca 73 ha a z toho cca 56 ha je plochou využitelnou. Průmyslový areál je rozdělen na tři části EOP, P1, P2, z nichž jediná oblast P2 je v záplavovém území stoleté vody toku Labe. Z toku Labe je na elektrárnu přiváděna technologická voda, sloužící k chlazení. Přivaděč surové vody je napojen na Opatovický kanál a od elektrárny sveden nad přírodní rezervaci Tůň u Hrobic zpět do Labe. Maximální průtok oběhové vody je stanoven na $5\,100\ t\cdot h^{-1}$, maximální teplota výpustní vody se pohybuje okolo 180 °C a trvalá teplota vratné vody je 80 °C. Délka distribuční sítě je rovna 310 km [6].



Obr. 5 – Areál Opatovické elektrárny [6]

3.6.1 Opatovický kanál

První zmínku o předchůdci Opatovického kanálu můžeme nalézt v písemnostech z konce 15. století, kdy byl k tehdejšímu rybníku Rosický vystavěn umělý napájecí kanál. Na přelomu století pak zdejší oblast spravoval Vilém z Perštejna. Za jeho správy probíhal velký rozsah výstavby rybníční sítě, výstavba rybníku Čeperka a v důsledku toho byl Opatovický kanál (dříve „Velká strůha“) přestavěn do podoby, v jaké se dochoval dodnes. V 16. století sloužilo jako regulátor přítoku vody tzv. Ždánické stavidlo situované v Opatovicích, další pak v Bohdanči odkud se kanál napojoval do Rajske strůhy. V tomto období bylo na kanálu vystavěno také několik mlýnů, jakožto využití vodní energie. V 19. století bylo zbudováno nové vyústění do Labe u Semtína. Ve 20. století byl Opatovický kanál využíván k dopravě vody pro zavlažování okolních zemědělských pozemků a díky tomu poklesl i počet funkčnosti mlýnů. Po roce 1960, kdy byla postavena Elektrárna Opatovice, plní kanál funkci přivaděče surové vody. Za hranicí elektrárny slouží jako přivaděč vody do pozůstalých rybníků u Bohdanče a přivaděč hnací síly do malých vodních elektráren např. ve Starých Ždánicích a v Lázních Bohdaneč. Opatovický kanál je prohlášen za kulturní památku a stal se rozmanitým biocentrem. Jeho celková délka je 32,69 km [7].



Obr. 6 – Trasa Opatovického kanálu a soustava rybníků [11]

3.7 Golfové hřiště Kunětická Hora

Nedílnou součástí průmyslových objektů uhelných elektráren, tepláren je odkaliště – úložiště sypkých odpadů, které jsou plaveny a usazovány za pomoci vody. Pro Elektrárnu Opatovice až do roku 2005 sloužilo pro hydraulické plavení popelovin odkaliště Dřiteč. V současnosti je na místě odkaliště vybudováno jedno z největších golfových hřišť v České republice a pro účely odkalování je používáno jen v případě poruch či odstávek zařízení na odsíření. V současné době se u však u bývalého odkaliště ukazuje problematika těsnosti hrází. Porušením těsnosti by došlo k ohrožení podzemních vod. Hřiště je situováno na polohopisných souřadnicích 50.11° N, 15.81° E. Jeho celková plocha činí 140 ha. Autorem golfového hřiště je australský designer Graham Marsh. Jakožto vodní dílo je odkaliště zařazeno do III. kategorie [8].



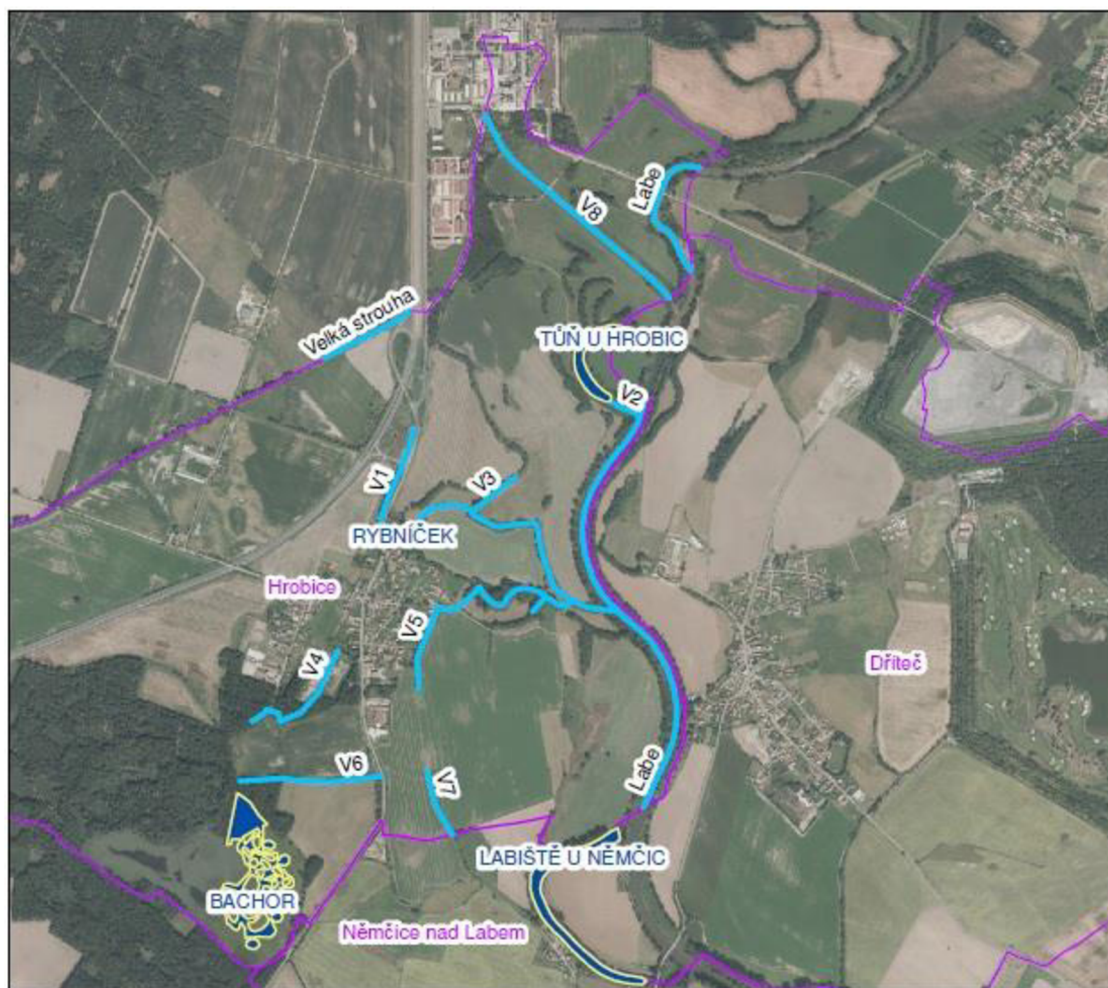
Obr. 7 – Golfové hřiště Kunětická Hora [8]

4 Zdrže a vodoteče v Hrobicích a okolí

Na ploše činící 6,14 km² účelově využitou převážně k provozu zemědělské činnosti lze najít několik vodních objektů, které svým současným stavem navyšují nebezpečnost při povodni a které jsou zanedbané. Jedná se zejména o pozůstalá slepá ramena, odpadní kanál od historického rybníku Velká Čeperka a meliorační příkop.

Tabulka 6 – Plochy zdrží a délek vodotečí [26]

Výpis prvků hydrologické soustavy na Hrobicku				
	označení	název	délka [m]	plocha [m ²]
VODOTEČE	V1	Odpadní kanál od rybníka Velká Čeperka	1634,08	x
	V2	Vpustní/výpustní kanál Tůň u Hrobic	141,27	x
	V3	Pozůstalé vodoteče z rybníční soustavy	214,97	x
	V4	Pozůstalé vodoteče z rybníční soustavy	517,5	x
	V5	Meliorační příkop část 1	958,63	x
	V6	Pozůstalé vodoteče z rybníční soustavy	548,38	x
	V7	Meliorační příkop část 2	267,02	x
	V8	Odvodní kanál technické vody z elektrárny	1004,29	x
	x	Velká strouha	372,86	x
	x	Labe	2331,02	x
STOJATÉ VODY	x	Tůň u Hrobic	x	21848,39
	x	Bachor	x	94769,82
	x	Rybníček v obci	x	799,37
	x	Labiště u Němčic	x	35318,36



Legenda

stojatá voda (tůň, nádrž, rybník,...)
 vodoteč
 hranice katastrálního území

Obr. 8 – Situace zdrží a vodotečí [26]

Význam zkratk viz Tabulka 6 – Plochy zdrží a délek vodotečí.

4.1 Vývoj slepých ramen

Veletok Labe tvoří východní katastrální hranici obce Hrobice a obce Dříteč. Počátkem 20. století byly projektovány stabilizační úpravy strhaných břehů Labe, napřímení trati toku a splavnění tohoto toku do budoucna. Celkově byly navrženy tři průkopy o délkách 400 m, 460 m a 400 m se spádem dna 3‰. Byly projektovány příčné profily složeného lichoběžníkového tvaru se sklony břehů 1:2 a 1:5. V důsledku těchto úprav a nedostatku množství hmoty k zasypaní bývalého řečiště vznikla slepá ramena, dnes známá jako Tůň u Hrobic a Labiště u Němčic [9]. V příloze 8 jsou znázorněny průkopy v rámci celé situace z roku 1902.



Obr. 9 – Labe Hrobice 1907 [11]



Obr. 10 – Historická fotografie plavby [11]



Obr. 11 – Úsek Labe Hrobice-Dráteč 1908 [11]



Obr. 12 – Stabilizace koryta 1908 [11]

4.1.1 Tuň u Hrobic

Vlivem regulace Labe vzniklo v 20. století toto oddělené rameno od aktivního toku. Celková plocha vodní plochy a přilehlé vegetace zaujímá necelých 2,75 ha. Jedná se o přírodní chráněnou památku, nacházející se severně od Hrobic. Někdejší propojení s tokem dokazuje zachovalá vodní a pobřežní vegetace. Postupem času v rozmezí 50 – 100 let dochází k zazemňování odstaveného ramena vlivem vysokého vstupu organické hmoty, smyvem z okolních ploch a vstupem bahnitých sedimentů přelitím z hlavního toku Labe. Důsledkem toho narůstá mocnost sedimentů (1 – 5 cm/rok) a snižuje se retenční kapacita zdrže. Přívod vody je zajištěn buď přelitím, nebo infiltrací z Labe, přičemž díky konfiguraci terénu nedochází k propláchnutí. Jedná se tedy o vodní stojatou plochu bez přirozené nebo uměle zajištěné regulace průtoku. Ekosystém ramene je ovlivněn především spadem organické hmoty, kdy dochází k zastínění hladiny a nedochází k výměně plynů při rozkladných procesech. V roce 2003 byla vypracována studie obsahující tři varianty řešení revitalizačních opatření, které jsou následující.

První varianta řešení je bez revitalizačního zásahu, kdy se zachová současný stav lokality a postupné zazemňování bez opatření. Vlivem faktorů by k celkovému zazemnění mělo dojít v průběhu 20 – 30 let.

Druhou variantou je odstranění sedimentů v dolní části ramene a odbahnění v břehových partiích, kdy by po realizaci měly břehy sklon 1:10.

Třetí variantou je odstranění sedimentů a zprůtočnění ramene [10].



Obr. 13 – Pohled na Tůň u Hrobic [10]



Obr. 14 – Vyschlý náпустní kanál [10]



Obr. 15 – Tůň u Hrobic v zimě [10]



Obr. 16 – Nefunkční náпустní objekt [10]

4.1.2 Labiště u Němčic

Jedná se o jedno z dalších odstavených ramen, nacházející se na pravém břehu Labe. Labiště u Němčic částečně spadá do katastrálního území obce Hrobice, druhá část spadá pod obec Němčice. Toto slepé rameno se nachází na úrovni říčního kilometru Labe 978,00 (bráno od ústí toku). Stejně jako Tůň u Hrobic vzniklo při regulaci Labe. Lokalita Labiště není prozatím prohlášena za chráněnou oblast. Podobně jako předchozí rameno je vlivem smyvu z okolních polností a spadem organického materiálu zanášeno a nedochází zde k výměně vody. Rovněž postupem času klesá retenční kapacita a navyšuje se stupeň ohrožení při povodni. Voda se do ramene dostává převážně infiltrací z Labe a průsaku podzemních vod. Částečný odvod je zajištěn spodní výpustí. Prozatím k tomuto rameni nebyla vypracována žádná studie ani návrh revitalizačního opatření.



Obr. 17 – Pohled na vodní plochu I
[21]



Obr. 18 – Pohled na vodní plochu II
[21]

4.2 Rybníčky v obci

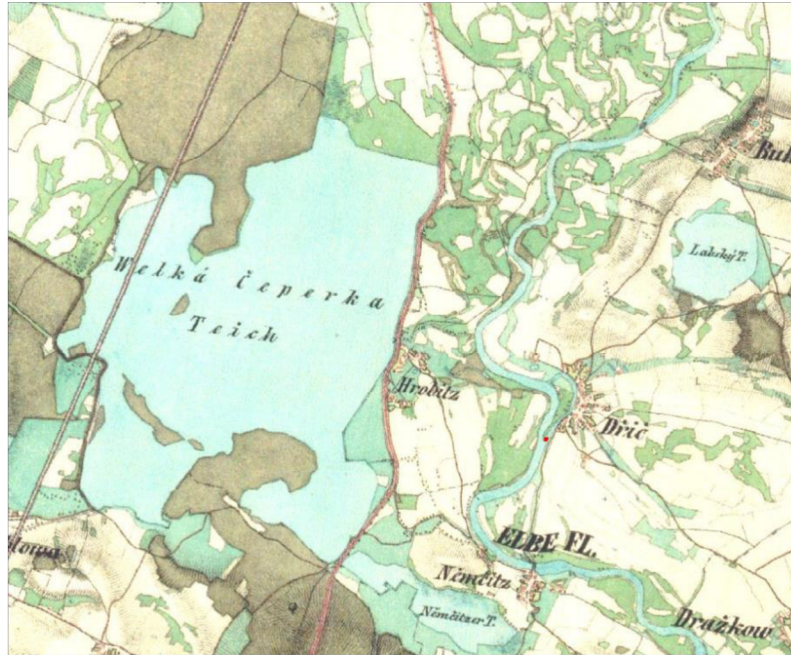
V minulosti byly v obci dva rybníčky, větší Ksalka a menší Štégrovka. Dnes je zachován pouze rybníček nacházející v severní části obce. Ten byl sice v nedávné době „revitalizován“ soukromou firmou, nicméně jednalo se pouze o okolní úpravy a vybudování malého posezení. Rybníček nemá zajištěný stálý přívod vody, odtokový objekt je zajištěn troubou, dochází tak rovněž k sedimentaci a malé výměně kyslíku.



Obr. 19 – Rybníček v severní části obce [21]

4.3 Velká Čeperka

V období 15. století byla na Pardubicku budována rozsáhlá rybníční síť, do níž patřil i rybník Velká Čeperka, řadící se svou velikostí na první místo. Jeho plocha zaujímala okolo 1000 ha a přívod vody byl zajištěn Opatovickým kanálem (dříve Velká struha). V dnešní době však tato vodní zdrž již neexistuje, zachovaným pozůstatkem je jihovýchodní část, dnes přírodní rezervace Bachor [3]. Hráz tehdejšího rybníka sloužila jako císařská silnice z Pardubic do Hradce Králové, nyní je na jejím místě vystavěna rychlostní silnice S37 (R37). V minulosti i současnosti tvořila hráz západní hranici obce Hrobice. Přes obec směrem k Labi vedl odpadní kanál, v dnešní době z poloviny revitalizovaná vodoteč [11].



Obr. 20 – Historická mapa s tehdejším rybníkem Čeperka [11]

4.4 Vodoteče

V obci Hrobice jsou dvě vodoteče, kterými je nutno se zabývat. Jedná se převážně o bývalý odpadní kanál od rybníka Čeperka a meliorační příkop, který vede od Hrobic až po Němčice.

Bývalý odpadní kanál je rozdělen dle parcel na část patřící obci a část patřící Povodí Labe, s. p. Část patřící obci byla před časem revitalizována (pročistění od polomů), nicméně část patřící povodí zůstává nedotčena a bylo by třeba ji revitalizovat.

Meliorační příkop je ve stejně zanedbaném stavu jako část odpadního kanálu patřící Povodí Labe. Původně trasa příkopu vedla od Hrobic po Němčice, nyní je však rozdělat na dvě části, mezi kterými se nachází cca 30 m široký pás pole.

V obou vodotečích zasahuje do průtočného profilu hustá vegetace, místy jsou napříč polomy. Ani u jedné není zajištěn pravidelný průtok, v některých úsecích tak vznikají nánosy půdy při smyvu z okolních polností nebo zanesení bahnitými sedimenty při vylití Labe. Okolní louky a pole by měly fungovat jako suché poldry, nicméně obě vodoteče, které by měly následně vodu odvést, svou funkci neplní, a tak se voda dostává do jihovýchodních částí obce.



*Obr. 21 – Meliorační
příkop – směr Němčice
[21]*



*Obr. 22 – Meliorační
příkop [21]*



*Obr. 23 – Meliorační
příkop – Hrobice [21]*



*Obr. 24 – Propustek
Hrobice [21]*



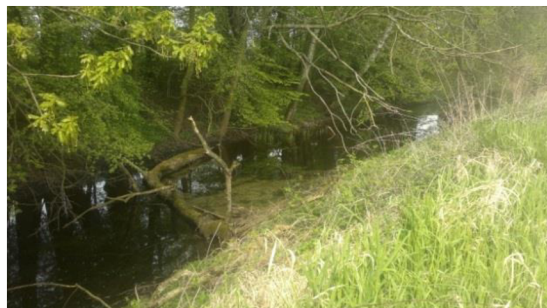
*Obr. 25 – Přechod
melioračního příkopu
do vodoteče odpadního
kanálu [21]*



*Obr. 26 – Vyschlá
strouha [21]*



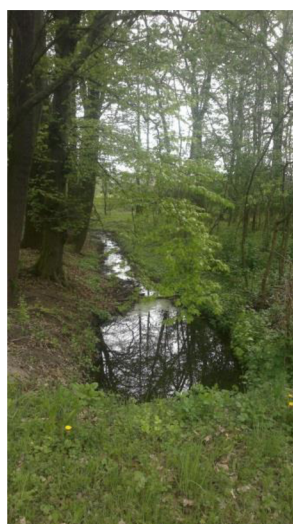
Obr. 27 – Polomy v odpadním kanálu [21]



Obr. 28 – Pohled na odpadní kanál [21]



Obr. 29 – Vyschlý odpadní kanál před zaústěním do Labe [21]



Obr. 30 – Tůň na trase kanálu [21]



Obr. 31 – Zarostlý odpadní kanál [21]



Obr. 32 – Odpadní kanál v zimním období [21]

5 Povodně a záplavové území

5.1 Povodeň a povodňový plán

Definice pojmu povodeň dle vodního zákona (Zákon č.254/2001, o vodách a o změně některých zákonů) zní takto: Povodní se rozumí přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Povodní je i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod. Povodeň může být způsobena přírodními jevy, zejména táním, dešťovými srážkami nebo chodem ledů (přirozená povodeň), nebo jinými vlivy, zejména poruchou vodního díla, která může vést až k jeho havárii (protržení), nebo nouzovým řešením kritické situace na vodním díle (zvláštní povodeň).

Povodeň začíná vyhlášením druhého nebo třetího stupně povodňové aktivity a končí odvoláním třetího stupně povodňové aktivity, není-li v době odvolání třetího stupně povodňové aktivity vyhlášen druhý stupeň povodňové aktivity. V tom případě končí povodeň odvoláním druhého stupně povodňové aktivity. Povodní je rovněž situace, při níž nebyl vyhlášen druhý nebo třetí stupeň povodňové aktivity, ale stav nebo průtok vody v příslušném profilu nebo srážka dosáhla směrodatné úrovně pro některý z těchto stupňů povodňové aktivity podle povodňového plánu příslušného územního celku. Pochybnosti o tom, zda v určitém území a v určitém čase byla povodeň, rozhoduje, je-li splněna některá z těchto podmínek, vodoprávní úřad.

Dokumentem, který obsahuje způsob zajištění včasných a spolehlivých informací o vývoji povodně, možnosti ovlivnění odtokového režimu, organizaci a přípravu zabezpečovacích prací; dále obsahuje způsob zajištění včasné aktivizace povodňových orgánů, zabezpečení hlásné a hlídkové služby a ochrany objektů, přípravu

a organizace záchranných prací a zajištění povodní narušených základních funkcí v objektech a v území a stanovené směrodatné limity stupňů povodňové aktivity, tímto se dle Zákona o vodách č. 254/2001 Sb., §71, rozumí povodňový plán.

Odpovědnost za vypracování povodňového plánu má zástupce veřejné správy, což je v případě obcí starosta. Pokud není zpracován povodňový plán a dojde (dle §87 Zákona o vodách) k majetkové újmě, která vznikla v důsledku nečinnosti povodňové komise nebo nedostatečného opatření v době povodně, hradí náhradu škody obec. Pro stavby ohrožené povodněmi, objekty a průmyslové zóny, které se nacházejí v záplavovém území nebo mohou zhoršit průběh povodně, zpracovávají povodňové plány pro svou potřebu a pro součinnost s povodňovým orgánem obce jejich vlastníci. Na které navazují protipovodňové plány správce toku a kraje [12].

5.2 Povodně v Hrobicích

5.2.1 Historické povodně

V pamětní knize je zmíněna povodeň ze dne 18. 12. 1912, kdy bylo zatopeno přes $\frac{3}{4}$ tehdejšího katastrálního území.

Jedna z největších povodní byla na přelomu let 1925 a 1926, kdy bylo zatopeno celé katastrální území až ke státní silnici. V obci bylo tehdy zatopeno 11 domů, ostatní domy byly „pouze“ obklopeny vodou. V obci působily povodňové hlídky a zasahovalo vojsko.

V létě roku 1926 opět povodeň zasáhla celou obec, stav vody byl o něco vyšší než při povodni o půl roku dříve.

Nicméně ve vzpomínkách občanů zůstala povodeň z roku 1929, jejíž důsledky byly téměř totožné jako při povodni 1848. Obec tehdy přišla o veškerou zemědělskou úrodu a dobytek. Závažnějším problémem však bylo zatopení studní s pitnou vodou a nebezpečí rozšíření tyfu.



Obr. 33 – Povodeň roku 1926 [13]

5.2.2 Nedávné povodně

V posledních 20 letech na katastrálním území obce proběhly dvě větší povodně.

První v roce 1998, kdy se na začátku listopadu (od 29. 10. – 6. 11.) hladina v záplavovém území pod obcí (louky od Labe směrem k obci a silnici S37) zvýšila o 40 cm a každou hodinu přibývala o 4 cm. Povodeň zaplavila zahrady u čtyř rodinných domů. Na pravé straně Labe bylo zatopeno 150 ha a bylo zaplaveno patnáct chat.

Druhá povodeň je vázána k jaru 2000, kdy se značně zvýšila hladina v záplavovém území a hladina stoupala o 10 cm za hodinu. Došlo k protržení protipovodňové hrázky a voda se dostala přes cestu k rodinným domům. Celkem bylo zaplaveno 200 ha, vytopeno 15 chat, zaplaveno 16 dvorů a zahrad, 5 stavebních parcel, 1 sklep a 1 garáž. Škody na obecním majetku (protipovodňová hráz) byly vyčísleny na 50 tisíc Kč [13].

5.3 Záplavové území

Ve smyslu s ustanovením zákona 254/2001 Sb. se záplavovým územím rozumí administrativně určená území, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou. Jejich rozsah je povinen stanovit na návrh správce vodního toku vodoprávní úřad. Vodoprávní úřad může uložit správci vodního toku povinnost zpracovat a předložit takový návrh v souladu s plány hlavních povodí a s plány oblastí povodí. V zastavěných územích obcí a v územích určených k zástavbě podle územních plánů vymezí vodoprávní úřad na návrh správce vodního toku aktivní zónu záplavového území podle nebezpečnosti povodňových průtoků.

V aktivní zóně záplavových území se nesmí umisťovat, povolovat ani provádět stavby s výjimkou vodních děl, jimiž se upravuje vodní tok, převádějí povodňové průtoky, provádějí opatření na ochranu před povodněmi nebo jinak související s vodním tokem, dále pak staveb pro jímání vody, odvádění odpadních a srážkových vod a dále pak staveb dopravní a technické infrastruktury [12].

5.3.1 Analýza rizika a využití GIS

Analýza rizika je systematický postup, v rámci něhož jsou využívány všechny informace týkající se daného problému. Cílem analýzy rizika je určit nežádoucí události, zjistit jejich příčiny a následky, určit pravděpodobnost výskytu a míru rizika. Analýza rizika se zabývá některými z činností, jakými jsou například: identifikace nebezpečí, určení pravděpodobnosti výskytu nebezpečných situací, získání všech dostupných informací a dat pro analýzu zranitelnosti lidí (objektů, přírody...), výpočet rizik v jednotlivých částech dané oblasti a sestavení mapy rizik jako jedné z možných forem informace o výsledku analýzy rizika [14].

Jedním z nástrojů využívaných pro řešení rizikové analýzy je zejména geografický informační systém (GIS). V tomto programovém prostředí jsou zpracovávány metody rizikové analýzy, které by měly splňovat základní požadavky, jakými jsou například: metodický standard, srozumitelnost, flexibilita (obecnost), použití nástrojů a postupů na současné úrovni vědeckého poznání. Dále je nutné brát na zřetel další faktory, kterými jsou kvalita vstupních dat a simulační modul [14].

V rámci programu GIS s poskytnutými daty bylo zpracováno znázornění ploch záplavového území 5ti-leté, 20ti-leté a 100leté povodně. Jednotlivě jsou tyto plochy

znázorněny v příloze *příloha 2*. Při povodni 5ti-leté vody je ohrožena severovýchodní část obce a při povodních 20ti-leté a 100leté je navíc ohrožena východní část obce nacházející se na pravém břehu Labe a rovněž jsou zaplaveny všechny louky a polnosti. Plocha aktivního záplavového území viz *obr. 34 – Záplavové území při 20ti-leté povodni*.

Tabulka 7 – Plocha zatopeného území dle jednotlivých letých povodní [26]

Povodně v na území Hrobic	
N-letá povodeň	plocha zatopeného území [ha]
5	168,61
20	237,62
100	254,49



Obr. 34 – Záplavové území při 20ti-leté povodni [26]

6 Shrnutí a možné návrhy opatření

6.1 Shrnutí

Obec Hrobice a příslušné okolí se sice řadí k územím s menší katastrální výměrou, nicméně i na tak malém území se nachází mnoho významných objektů (Opatovická elektrárna, rychlostní silnice, teplovod), u kterých by měla být zajištěna protipovodňová ochrana. Dále je zde množství vodotečí, které nejsou v celé své délce zprůtočněny a dochází tak v některých částech k úplnému přerušení toku. V neposlední řadě se zde nacházejí slepá ramena řeky Labe, u kterých není zajištěn stálý přívod a odvod vody, díky kterým by došlo k omezení sedimentace a ke zlepšení kyslíkového režimu.

6.2 Návrhy opatření

6.2.1 Revitalizace vodotečí

V rámci prací revitalizace vodotečí by mělo dojít k odstranění polomů a k prořezání vegetace. Při březích by měly být rovněž odstraněny nánosy a břehy by měly být následně stabilizovány. V místech, kde by to bylo nutné, by mělo dojít k prohloubení a odstranění dnových sedimentů. Dále by měl být zajištěn trvalý průtok.

Jednou z variant zajištění průtoku je napojení na vodoteč Velká strouha, dále vést vodu k rybníčku v obci a napojit se na vodoteč bývalého odpadního kanálu.

Druhou variantou je přívod vody rekreačním plavebním průplavem, jehož trasa by byla vedena na odpadní kanál kolmo. Touto variantou by však byl zajištěn trvalý průtok jen v jedné polovině. Rekreační plavební průplav by nahradil v jižní části území meliorační příkop.

Třetí varianta vychází ze spojení obou předchozích variant.

6.2.2 Rybníček v severní části obce

Jak už bylo v předchozích částech zmíněno, rybníčku chybí jako vodotečím trvalý přívod vody. Řešením by bylo napojení přívodního kanálu na vodoteč Velkou strouhu. Díky trvalému přívodu vody by bylo zajištěno pravidelné provzdušnění a nedocházelo by k oxygenaci jen za atmosférické reareace. Dále by pak bylo vhodné zbudovat požerák namísto současné trouby sloužící jako výpusť, aby byla možná regulace odpouštění a aby se zabránilo v případě povodně zpětnému vlití. V neposlední řadě by bylo vhodné navýšit hrázky zhruba o 30 cm.

6.2.3 Slepá ramena

Jelikož návrh na revitalizaci slepého ramene Tůně u Hrobic byl již vypracován a varianty jsou zmíněny v jedné z předchozích kapitol, budu se zabývat návrhem opatření Labišť u Němčic.

Prvním krokem opatření je rovněž zajištění trvalého přítoku, který by byl zajištěn vyústěním rekreačního plavebního průplavu. Dále by bylo třeba odstranění polomů, prořezání vegetace, odbahnění a stabilizace břehů. Protože se návrh opatření slepého ramene vztahuje k návrhu rekreačního plavebního průplavu, budu se jím zabývat podrobněji v následující kapitole.

7 Návrh rekreačního průplavu a souvisejících objektů

Poněvadž je jedním z cílů této práce řešení situace v rámci rekreačně sportovní zóny pro obyvatele převážně Pardubického kraje, ale také pro obyvatele z okolních krajů, rozhodl jsem se zpracovat a více se zabývat návrhem malého plavebního rekreačního průplavu a návrhem zimoviště u Labiště u Němčic.

7.1 Rekreační průplav

7.1.1 Trasa a parametry plavební dráhy

Trasa průplavu povede od slepého ramene Labiště u Němčic směrem k obci Hrobice a dále pak směrem k přírodní chráněné oblasti Tůň u Hrobic, kde se napojí na veletok Labe v ř. km 980,00. Staničení km 0,00 je stanoveno v místě napojení na Labiště dle podložených map na dnovou čáru. Celková délka průplavu je 1,76671km. Na trase průplavu se budou nacházet tři směrové oblouky o poloměrech 100 m. Ve staničení km 1,643 00 je umístěn klapkový jez, který bude zajišťovat stálost hladiny v průplavu. Na daném území nejsou výrazné výškové rozdíly, a proto není třeba na úseku budovat kaskádu zdymadel.



Obr. 35 – Vyznačení trasy [27]

Parametry průplavu jsou stanoveny na základě zvolení typových lodí, které by se v průplavu měly pohybovat. Jedná se například o motorový člun *Suomi 465 CC*,

Sloep 650, další typové lodě jsou uvedeny v *příloze 3*. Hlavními parametry lodí, které nás zajímají při návrhu průplavu, jsou délka, šířka a ponor lodě. Po porovnání parametrů typových lodí byla stanovena imaginární loď *Thomas 1* s maximálními parametry: *délka* = 6,5 m, *šířka* = 2,5 m a *ponor* = 0,6 m. Na základě parametru lodě byly stanoveny parametry průplavu. Šířka průplavu v koruně je 19,5 m, maximální hladina ve výšce 2,5 m. Průřez průplavu je tvaru pravidelného lichoběžníku s hodnotou $b_{dno} = 7$ m a poměrem svahů 1:2,5. Svahy jsou opevněny do výšky 2,25 m, jedná se o kamennou rovnatinu o velikosti kamene 0,25 m, dno je opevněno lomovým odpadem o velikosti 0,20 m. Paty svahů jsou zpevněny záhozovými patkami s velikostí kameniva 0,15 – 0,20 m. Pod kamennými opevněními je vodotěsná fólie o tloušťce 0,02 m. Od výšky 2,25 m do 2,50 m je provedeno ohumusování a zatravnění. Při návrhu byly voleny materiály blízké přírodě. Podélný sklon průplavu je stanoven na 1,5 ‰. Minimální provozní hladina je stanovena na výšku hladiny 1,1 m a maximální provozní hladina na hodnotu 2,0 m. Na levém břehu (pohled proti směru proudění) bude navýšena hrázka, na jejíž koruně bude zbudována cyklostezka o šířce 2 m, která povede od Němčic po obec Hrobice. Od Hrobic po napojení průplavu na Labe bude hrázka bez cyklostezky. Mezi průplavem a Labem vznikne uzavřená oblast nivních luk.

Výkresy vzorových příčných řezů v měřítku 1:50 jsou uvedeny jako *příloha 9*. V *příloze 4* je dále uveden postup výpočtu při stanovení parametrů průplavu, výpočet vlivu vln, stanovení minimální a maximální hladiny a výpočet kapacity průplavu jako přirozeného koryta. Výkres situace průplavu se schematicky znázorněnými přidruženými objekty je obsahem *přílohy 10*. Soupis dotčených parcel byl v rámci práce zpracován ve spolupráci s obcí, nicméně kvůli svému rozsahu není začleněn do obsahu práce. Použité vztahy a způsob výpočtu byly stanoveny dle zdroje [15]. Výpočet vlivu vln byl stanoven na základě zdroje [16].



Obr. 36 – Motorový člun Sloep 650 [29]



Obr. 37 – Motorový člun Suomi 465 CC [29]

7.1.1.1 Hrázky

Jak již bylo uvedeno v předchozí části, průplav bude z jedné strany obehán bezpečnostními hrázkami, čím se vytvoří hranice inundačního území od toku Labe. V rámci návrhu lze hrázky rozdělit na dva dílčí objekty, a to na hrázku, na níž bude zbudována cyklostezka, a na hrázku bez cyklostezky.

Hrázka, jejíž součástí bude cyklostezka, bude zbudována od úrovně průplavu na *km 0,124 44* a bude končit na *km 1,092 00*. Výška hrázky bude *1 m*, šířka v koruně *3,25 m*, sklony svahu jsou stanoveny na *1:1*, mezi hrázkou a průplavem bude zbudována lavička o šířce *0,5 m*.

Hrázka bez cyklostezky bude zbudována mezi *km 0,000 00 – 0,124 44* a následně pak od *km 1,100 00 – 1,776 71*. Výška hrázky bude rovněž *1 m* (bráno od úrovně původního terénu), šířka v koruně je stanovena na *2 m*, sklony svahu jsou *1:1* a *1:2* mezi hrázkou a průplavem bude zbudována lavička o šířce *0,5 m*.

Hrázky jsou znázorněny v situaci návrhu rekreačního průplavu – *příloha 10* a rovněž v *příloze 9*.

7.2 Objekty související s průplavem

Prvním objektem, souvisejícím bezprostředně s průplavem je klapkový jez situovaný na *km 1,643 00*. Díky němuž je v průplavu zajištěn pravidelný průtok, při čemž průtok, při kterém byla vypočtena minimální a maximální hladina, byl stanoven na $3,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Druhým objektem souvisejícím s průplavem je zimoviště nacházející se u Labiště u Němčic. Třetím objektem je rekreační zóna park v obci Hrobice a cyklostezka vedoucí od Němčic.

7.2.1 Klapkový jez

Klapkový jez nebo také klapkový uzávěr patří v dnešní době k jednomu z často navrhovaných konstrukcí. Jedná se o celistvý uzávěr s osou otáčení na spodní stavbě udržující vzduší hladiny na požadovanou úroveň vhodným sklopením. Díky možnosti sklápění je možné nejen regulovat průtok, ale je zde také možnost přes jez přepouštět plovoucí předměty (větve, ledové kry atd.), v neposlední řadě při vyrovnání hladiny horní a spodní vody je možnost přeplutí menšího plavidla [17].

Dle příčného řezu lze klapkové jezy rozdělit na troubové, deskové a duté. Jelikož hladina v průplavu přesahuje *2 m*, je vhodné zvolit typ duté klapky, která je vytvořena ze dvou plechů – zaoblený na návodní straně a válcovitě zaoblená výztužná stěna na straně vzdušní. Příčné diafragmy z ocelového plechu o výrobní řadu tlustšího, než je navrhován hradící plech, slouží k příčnému vyztužení klapky, kde bývají průlezné otvory. Další otvory nacházející se v dolní části jsou otvory pro vypouštění vody a v horní části otvory zavzdušňovací, bez nichž by se klapka ve sklopené poloze chovala jako plovák. Klapka je připojena ke spodní stavbě buď závěsnými, nebo čepovými ložisky. Tvar příčného řezu klapky by měl být takový, aby byla konstrukce co nejméně namáhána hydrodynamickým zatížením. V ideálním případě by měla mít konstrukce takový tvar, aby při návrhovém průtoku byla vytvořena beztlaková plocha. Sklon klapky se pohybuje mezi hodnotami 75° až 85° včetně [17].

V rámci projektu je návrh pohybu klapky jednostranný a dále je klapka podpírána hydromotorem nacházejícím se na vzdušní straně ve spodní stavbě. Volba konstrukce klapkového jezu je dle mého názoru pro rekreační průplav nejvhodnější volbou. Nejenže díky možnosti sklápění lze přes jez propouštět plavidla, ale také díky možnosti regulovatelnosti průtoku a účinku provzdušnění vodní masy, což by například u stavidlového nebo vakového jezu nebylo možné.

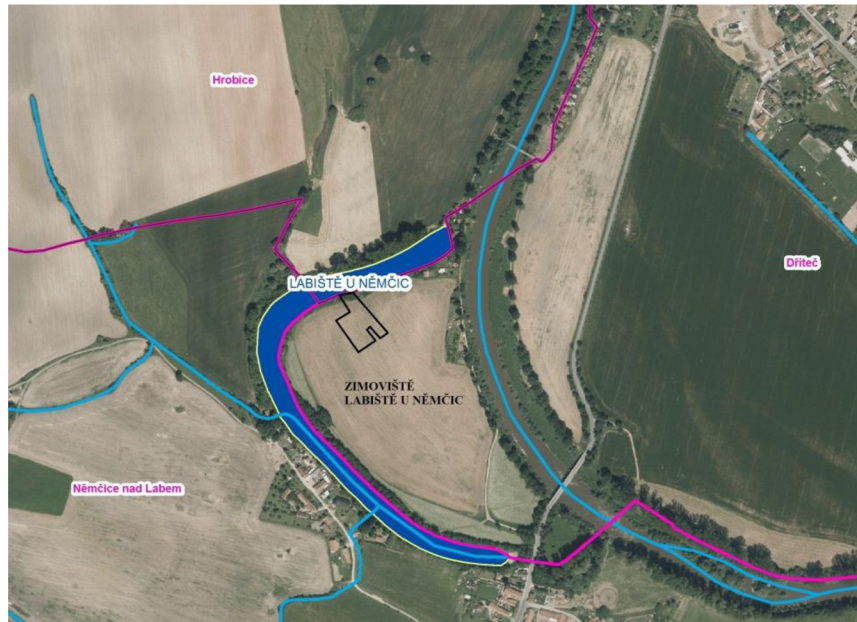


Obr. 38 – Klapkový jez Přebouč [23]

7.2.2 Zimoviště

Důvod k vytvoření loděnice (zimoviště) pro sportovně rekreační plavbu je v první řadě ten, že se jedná o podstatnou součást návrhu umělého plavebního kanálu, kdy životní prostředí zůstává biotopem, kde žijí živočichové, rostou rostliny a plavba se stává součástí života této dopravní cesty. V druhé řadě se jedná o jednu z mála možností, jak dále rozšířit rekreační zónu v okolí Kunětické hory, v jejíž blízkosti se nachází jedno z nejluxusnějších golfových hřišť v České republice.

Zimoviště bude umístěno mezi pravým břehem Labe a pozůstatkem slepého ramena u obce Němčice v nadmořské výšce 222,00 m n. m. Přístavní těleso bude tvořeno pevnou betonovou částí, rozděleno na tři koridory, kde ve dvou koridorech mohou lodě kotvit a ve třetím se dají spustit na vodní plochu jeřábem a to buď ze strany příjezdu, nebo strany zimoviště. Vjezdové koryto bude sestaveno z betonových panelů. Lávky, které tvoří přístupové plochy k lodím, budou zhotoveny ze dřeva a bude na nich umístěno vždy po devíti pacholatech. Vstup do loděnice bude umožněn po schodech v jižní části zimoviště. Zimoviště bude opatřeno ze tří stran bezpečnostním zábradlím, jižní strana v místech, kde se nachází schodiště, zůstává tedy bez zábradlí. V rámci výstavby zimoviště bude zhotovena výstavba policejní a zdravotnické záchranné stanice, stavba určena k pronájmu lodí, garáže a administrativní budovy. Stavby budou propojeny komunikací s přílehlými parkovišti pro zákazníky půjčovny lodí a personál. Součástí výstavby zimoviště bude dodání lodě typu *Adex 29* sloužící k policejním a záchranným účelům. Záchranná stanice bude mít k dispozici 2 čluny. Seznam lodí určených k rekreačně sportovní plavbě pro loděnici je uveden v příloze 3.



Obr. 39 – Schématické umístění zimoviště [26]

Účelem stavby je doplnění potřeb pro kvalitní a plnohodnotnou rekreačně sportovní plavbu. Předmětem stavby je vybudování zimoviště a provedení souvisejících terénních úprav. Provoz zimoviště bude odpovídat provozu plavebního kanálu, který bude stanoven od dubna do listopadu. Přes zimní měsíce bude možnost uskladnění lodí. Provoz přílehlých administrativních budov bude odpovídat provozu zimoviště, otevírací doby od 8:00 do 19:00 včetně víkendu. Minimální provozní hladina je stanovena na kótě 220,50 m n. m. a maximální provozní hladina je stanovena na kótě 221,30 m n. m. Jelikož se umístění zimoviště nachází v záplavové zóně je nutné celý objekt ochránit bezpečnostními hrázkami. Parametry zimoviště a vliv vln na vstupu do zimoviště jsou uvedeny v příloze 5. Situace zimoviště s výpisem dotčených parcel je součástí přílohy 11.

Výstavba přístaviště bude mít minimální vliv na životní prostředí. Jedná se o malou stavbu, nezasahující příliš do okolního prostředí. V rámci objektu by bylo vhodné provozovat školy v přírodě a další akce tohoto typu.

7.2.2.1 *Stavební části*

SO 1 - Vtokový objekt

Účelem vtokového objektu je přivádět průtok vody ze slepého ramene a zamezit vniknutí sunutých splavenin, ledových ker, popř. jiných předmětů do přístaviště. Z tohoto důvodu je úhel mezi břehem přehradní nádrže a vtokovým objektem v ose 90°. Vtokový objekt bude zhotoven a sestaven z jednotlivých prefabrikovaných dílců viz příloha 12. Jedná se o objekt beztlakový s volnou hladinou. Vtokový objekt bude opatřen vzpěrnými vraty o výšce 2,50 m.

SO 2 - Loděnice

Konstrukčně je navržena jako železobetonová monolitická konstrukce na půdorysu 85,0 x 45,0 m s dřevěnými lávkami, umožňující přístup na palubu lodí. Ve východní části přístavu bude umístěn jeřáb k manipulaci s loděmi mezi akvatoriální a teritoriální částí zimoviště.

SO 3 – Výtokový objekt

Jedná se o dvě spodní výpusti o *DN 2000 mm*, umožňující plynulý odtok vody z každého koridoru do slepého ramena. Kóta dna výtokového objektu je stanovena na *219,00 m n. m.*

SO 4 – Související objekty

Součástí objektové skladby přístaviště budou další související objekty, jakými jsou např.: policejní stanice, zdravotní záchranářská stanice, stavba určena k pronájmu lodí, garáže, administrativní budovy, příjezdová komunikace, parkoviště, jednoduchý kamerový monitorovací systém ostrahy, bezpečnostní prvky (zábradlí, lávky, apod.).

7.2.3 Občerstvení v obci a cyklostezka

7.2.3.1 Občerstvení v obci

Necelých *100 m* vzdušnou čarou od obecního úřadu Hrobic se nachází fotbalové hřiště, zpevněná plocha s basketbalovými koši a dětské hřiště s pískovištěm a prolézačkami. Dále se zde nachází nevyužitý prostor, kde je v současné době pouze trávník. V rámci zbudování rekreačního průplavu by bylo vhodné, vybudovat na tomto prostranství občerstvení a posezení pro návštěvníky, čímž by obec nabyla jistého finančního příjmu. Tyto prostory „rekreační zóny obce Hrobice“ jsou vzdáleny od navrhovaného rekreačního průplavu necelých *150 m*, a proto by na staničení *km 1,092 00* byl vybudován prostor pro ukotvení lodí, aby byl umožněn přístup k zóně návštěvníkům, plavícím se na lodích. Návštěvníci mohou rovněž využít služby penzionu Parkur a pivnice U Petříčků.

7.2.3.2 Cyklostezka

Současná trasa cyklostezky spojující obce Němčice a Hrobice je vedena mezi poli po převážně nezpevněném terénu, místy jsou výmoly zasypany a zpevněny štěrkovou drtí. Stezka se *300 m* před obcí Hrobice napojuje na okresní komunikaci.

V rámci návrhu rekreačního průplavu je navržena cyklostezka vybudována na koruně bezpečnostní hrázky. Napojení cyklotrasy dle staničení průplavu bude v *km 0,124 44*. Úsek bude končit na *km 1,092 00* a cyklostezka bude napojena na místní komunikaci v obci. Šířka cyklostezky je stanovena na *3,25 m*, což odpovídá šířce hrázky v koruně. Skladba cyklostezky včetně odvodnění je popsána a znázorněna v *příloze 9a*.

Aby cyklostezka tvořila okruh, bylo by nutné podél okresní komunikace a dále pak na hranici pozemků zahrad a polností postavit rovněž novou cyklostezku. V rámci výstavby cyklostezky by bylo potřeba zpevnit i povrch současně vyznačené cyklotrasy, aby bylo možné provozovat na okruhu kromě cyklistiky a pěší turistiky také in-line bruslení. Výstavbou tohoto návrhu trasy cyklostezky by vznikl okruh o délce *3,35 km*. Napojení cyklostezky na polní cestu u Němčic a její celková trasa je znázorněna v *příloze 10*.

8 Transport splavenin a plavenin

Jedním z důvodů snižování kapacity slepých ramen je zanášení splaveninami za povodňového stavu z toku Labe a jejich následnou sedimentací na dně těchto zdrží. Proto byl v ř. km 982,00 Labe odebrán vzorek č. 1 ze šterkové lavice nacházející se v pravé části toku, následně byl proveden zrnitostní rozbor a výpočet splaveninových pochodů. Šířka toku ve dně je 28,78 m. Kóta dna profilu je 217,28 m n. m. Kóta hladiny 5ti-leté vody je 222,92 m n. m, 20ti-leté vody 223,43 m n. m, 100leté vody 224,00 m n. m a 500leté vody 224,40 m n. m. Pravý břeh se nachází na výškové kótě 222,64 m n. m a výšková kóta levého břehu je 222,08 m n. m. Sklony svahů jsou stanoveny v poměru 1:1,5. Břehy jsou porostlé trávou a nízkým břehovým porostem. V blízkosti zvoleného profilu se nachází mostní konstrukce s označením SEV_ID: 400059576, jedná se o most Hrobice AKM: 982,021 km. Kóta dolní mostovky je 235 m n. m a horní mostovky 235,80 m n. m.



Obr. 40 – Pohled na Labe [22]

Před samotným výpočtem množství splavenin a posouzením výsledků je nutno zmínit několik definic a objasnění pojmů související s transportem splavenin.

8.1 Definice splavenin a rozdělení transportovaného materiálu

Důsledkem vodní eroze, ať už se jedná o erozi hloubkovou, boční nebo zpětnou, dochází k transportu vyerodovaných materiálů – obecně nazývaných splaveniny. Podle velikosti zrna a charakteru pohybu zrna ve vodě dělíme splaveniny na dvě skupiny – splaveniny a plaveniny.

Pojmem splaveniny označujeme materiál, jehož velikost tzv. „středního, efektivního zrna – d_s “ je větší jak 0,1 mm. Dále se tento materiál pohybuje po dně toku.

Pojmem plaveniny následně označujeme materiál, jehož velikost zrna je menší jak 5 mm a tento materiál se vznáší ve vodním proudu.

Hranici mezi plaveninami a splaveninami nelze jednoznačně určit. Se změnou průtoku, příčného profilu koryta, tvaru částic a velikosti zrna se mohou plaveniny stát splaveninami a naopak [18].

8.1.1 Dnové splaveniny

Transportem a následnou sedimentací dnových splavenin vznikají mělčiny, nánosy a šterkové lavice při konvexních březích, tím se zmenšuje průtočná plocha koryta a vodní proud se přizpůsobuje změněným podmínkám. Díky tomu u splavných toků dochází ke snižování jejich splavnosti. Dnové splaveniny jsou součástí průtoku při výskytu velkých vod. Vlivem odnosu větších zrn při velkých vodách vzniká dnová dlažba, která napomáhá k větší odolnosti koryta před náporem proudící vody.

Při stanovení množství splavenin vstupuje do většiny vztahů základní charakteristika splavenin, kterou je efektivní zrno. K určení efektivního zrna lze použít několikero vztahů, nejjednodušší je vážený průměr, dále pak vztah vyjadřující poměr ploch křivky zrnitosti [18].

8.2 Způsob odběru vzorku a granulometrická metoda

8.2.1 Odběr vzorku

Odběr vzorku, jak už bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, byl proveden na ř. km 982,00 řeky Labe ze šterkové lavice. Vzorek byl odebrán lopatou, dále byly na odběrný pytel zaznamenány základní informace o odběru (datum, čas, lokalita, označení) a vzorek byl následně přepraven do laboratoře, kde bylo před jeho samotným rozbořením provedeno vysušení vzorku na teplotu 105 °C po dobu 24 hodin.



Obr. 41 – Odběr vzorku I [22]

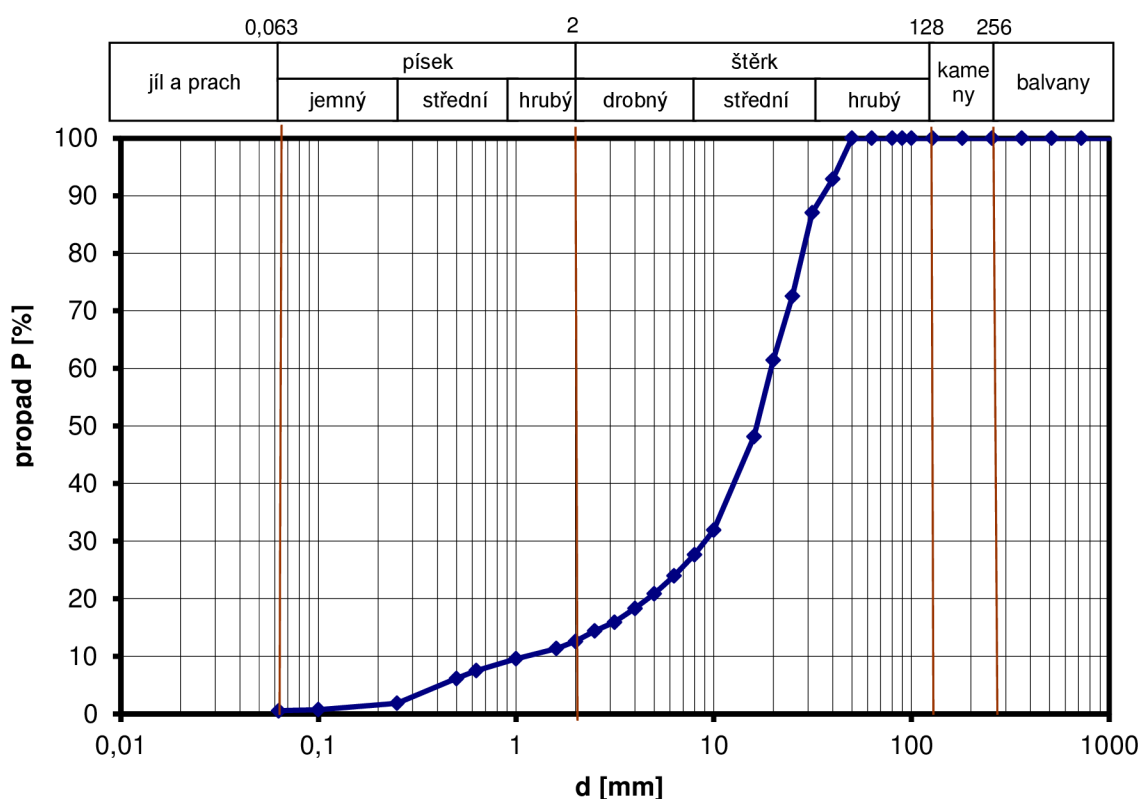


Obr. 42 – Odběr vzorku II [21]

8.2.2 Granulometrický rozbor

Granulometrický rozbor udává přehled o poměru velikosti částic zastoupených v půdě, v našem případě přehled poměru velikosti částic splavenin, které tvoří štěrkovou lavici. Existuje několik metod rozboru zrnitosti. Zvolení dané metody závisí na tom, jakou mají částice velikost. Nejjednodušším způsobem rozboru zrnitosti je prosévání přes sadu sít. V rámci měření byla použita síta čtvercových ok o velikosti 0,063; 0,100; 0,250; 0,500; 0,630; 1,00; 1,60; 2,00; 2,50; 3,15; 4,00; 5,00; 6,30; 8,00; 10,00; 16,00; 20,00; 25,00; 31,50; 40,00; 50,00 mm dle normy ČSN 933-1, Zrnitostní rozbor. Jednotlivá síta naskládána na sebe, od síta s nejmenším průměrem ok po síto s největšími oky, byla umístěna na třepací stroj. Doba třepání byla nastavena na 15 minut a amplituda byla stanovena na hodnotu 10. Po uplynulé době byla sada sít rozebrána a jednotlivé obsahy na sítích byly zváženy. Každý vzorek byl vážen dvakrát. Výsledná hodnota stanovená aritmetickým průměrem byla zaznamenána do tabulky. Na základě stanovených hmotností vzorku na jednotlivých sítích bylo stanoveno procentuální zastoupení jednotlivých frakcí. Byl rovněž zpracován graf křivky zrnitosti. Dle naměřených charakteristik vzorku byl vzorek označen jako štěrkový nestejnzrnitý špatně zrněný. Velikost efektivního zrna byla stanovena na 17,6 mm, tato hodnota bude použita v nadcházejících částech práce pro výpočet splavenin v toku.

Granulometrická křivka vzorku



Graf 2 – Granulometrická křivka vzorku č. 1

Z grafu granulometrické křivky vzorku č. 1 můžeme vidět plynulý průběh a je tedy zřejmé, že jsou ve vzorku zastoupeny všechny frakce v rozmezí jíl – štěrk.

Tabulka 8 – Zrnitostní složení vzorku č. 1

Granulometrický rozbor

Identifikační data vzorku:

Povodí: Labe
 Tok: Labe
 Č. h. p.: 1-03-01-019
 Kilometr: 982,00 km
 Označení vzorku: Vzorek č. 1

Hmotnost vysušeného vzorku:

m	9742	[g]
---	------	-----

Stanovení zrnitosti vzorku

	frakce [mm]	m _{frakce} [g]	m _{složky} [g]
jíl a prach	0	52,2	52,2
písek	0,063	18,5	1174,5
	0,1	108,7	
	0,25	420,3	
	0,5	133,4	
	0,63	197,9	
	1	174,8	
	1,6	120,9	
štěrk	2	177,4	8515,3
	2,5	147,4	
	3,15	233,8	
	4	246,4	
	5	301,7	
	6,3	359,9	
	8	415,3	
	10	1584	
	16	1292,4	
	20	1084,1	
	25	1414	
	31,5	565,6	
	40	693,3	
	50	0	
	63	0	
80	0		
90	0		
100	0		
kameny	128	0	0
	181	0	
balvany	256	0	0
	362	0	
	512	0	
	724	0	
	1024	0	

Tabulka 9 – Zrnitostní charakteristika vzorku č. 1

Procentuální zastoupení složek zeminy ve vzorku

jíl a prach	písek			šterk			kameny	balvany
	jemný	střední	hrubý	drobný	střední	hrubý		
0,5 %	12,1 %			87,4 %			0 %	0 %
	1,3 %	7,7 %	3 %	15,1 %	59,4 %	12,9 %		

Procentuální zastoupení frakcí zeminy menších než d

<d [mm]	0,063	0,25	1	2	8	32	128	256
P [%]	0,5	1,8	9,6	12,6	27,6	87,1	100,0	100,0

Průměr efektivního zrna

d_{ef}	17,6	[mm]
Pd_{ef}	53,4	[%]

Charakteristická čísla

C_U	17,0	[-]
C_C	3,7	[-]

Charakteristické hodnoty zrn vzorku

d_{10}	1,1	[mm]
d_{15}	2,8	[mm]
d_{30}	9,1	[mm]
d_{50}	16,6	[mm]
d_{60}	19,6	[mm]
d_{85}	30,6	[mm]
d_{90}	35,8	[mm]

8.3 Pohyb materiálu v toku

Při překročení kritické rychlosti dojde k pohybu splavenin v toku. Jedná se o složitý jev, kterému je věnována pozornost na celém světě. Splaveniny jsou do pohybu uváděny postupně, počínaje od malých zrněk až po velká zrna. Pohyb splavenin je tedy závislý na rychlosti proudění a na specifických vlastnostech splavenin (granulometrii).

Plaveniny se ve vodním toku pohybují převážně v oblacích nebo pruzích. Se zmenšujícím se podélným sklonem a rychlostmi se následně plaveniny od největších až po nejmenší zrna ukládají.

V rámci pohybu splaveniny v příčném profilu, rozdělujeme profil do čtyř částí: část bez pohybu splavenin, přechodná část s pohybem ojedinělých zrn, část s intenzivním pohybem splavenin a část pravé dnové dlažby [19].

8.3.1 Nevymílací rychlost

Při rovnovážném stavu sil zabraňujících pohybu splavenin a sil způsobujících jejich pohyb definujeme nevymílací rychlost. Překročením této rychlosti dochází k pohybu splavenin. V závislosti na typu splavenin můžeme nevymílací rychlost rozdělit na dnovou nebo nevymílací rychlost průřezovou.

Pro výpočet nevymílací rychlosti na dně toku lze užít následující vzorec dle Gončarova:

$$v_v = \log\left(\frac{8,8 \cdot h}{d_{95}}\right) \cdot \left[\frac{g \cdot (\rho_s - \rho_v)}{1,75 \cdot \rho_v} \cdot d_e\right]^{1/2} \quad (8.1)$$

g	tíhové zrychlení [m·s ⁻²]
ρ	měrná hmotnost vody [kg·m ⁻³]
ρ _s	měrná hmotnost materiálu splavenin [kg·m ⁻³]
d _e	průměr efektivního zrna [m]
h	výška hladiny [m]
d ₉₅	průměr 95% zrna [m]

Při stanovení nevymílací rychlosti v měrném profilu jsem došel k hodnotě 0,611 m·s⁻¹. Jestliže porovnáme vypočtenou hodnotu a maximální přípustné hodnoty nevymílací rychlosti závislé na typu dnové zeminy a na parametrech profilu, zjistíme, že rychlost nepřekračuje maximální hodnotu a je zde jistá rezerva.

Tabulka 10 – Maximální hodnoty nevymílací rychlosti [28]

Typ zeminy		Průměr zrn [mm]	Nevymílací rychlost při střední hloubce toku [m·s ⁻¹]		
			0,4 m	1,0 m	2,0 m
štěrk	jemný	5 - 10	0,65 - 0,80	0,80 - 1,00	0,90 - 1,10
		10 - 15	0,80 - 0,95	1,00 - 1,20	1,10 - 1,30
		15 - 25	0,95 - 1,20	1,20 - 1,40	1,30 - 1,60
	středně	25 - 40	1,20 - 1,50	1,40 - 1,80	1,60 - 2,10
	hrubý	40 - 75	1,50 - 2,00	1,80 - 2,40	2,10 - 2,80

V tabulce 10 jsou znázorněny a zvýrazněny maximální hodnoty nevymílací rychlosti pro měrný profil, jehož výška hladiny při Q_a je 1,27 m, a dle typu zeminy se jedná o štěrk (viz kapitola 8.2.2 Granulometrický rozbor).

8.3.2 Usazovací rychlost

Splaveniny jsou produktem erozní činnosti a nadpoloviční množství se vyskytuje ve velikostech okolo 0,05 mm a menší. A proto jen nepatrně závisí pohyb splavenin na hydraulických parametrech koryta. Jejich pohyb nastává tehdy, když svíslé složky turbulentního proudění jsou větší než rychlost pádu částic, kterou v podmínkách stojatých vod nazýváme usazovací rychlost závislou na povaze materiálu a vlastnostech kapaliny. Pro laminární proudění stanovil Stokes vzorec pro usazovací rychlost (vztah 8.2) [19].

$$w = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 \cdot (\rho_s - \rho)}{\eta} \quad (8.2)$$

r	poloměr částice [m]
ρ	měrná hmotnost vody [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
ρ_s	měrná hmotnost materiálu splavenin [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
η	dynamická viskozita vody [$\text{N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$]

8.3.3 Výpočet dnových splavenin v Labi

K výpočtu množství dnových splavenin lze užít několikero vztahů od různých autorů, k nimž patří například Meyer – Peter, Rickenmann, Scholkitsch, Einstein, Smart, Jaeggi, Bathurst a další. Pro vlastní výpočet jsem zvolil vztahy od prvních čtyř autorů, které jsem jmenoval. Výsledky jsem pak sepsal do souhrnné tabulky a stanovil průměrnou hodnotu. Výsledky jsem rovněž graficky znázornil. Podrobný postup výpočtu a vstupní hodnoty jsou zaznamenány v příloze 6.

Dle Meyer – Petrera:

$$q_b = 8 \cdot \left(g \cdot \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \cdot d_e^3 \right)^{1/2} \cdot (\mu \cdot \theta - 0,047)^{3/2} \quad (8.3)$$

q_b	specifický (měrný) průtok splavenin [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]
g	tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]
ρ	měrná hmotnost vody [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
ρ_s	měrná hmotnost materiálu splavenin [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
d_e	průměr efektivního zrna [m]
μ	dnový parametr [-]
θ	Shieldsův parametr [-]

Dle Rickenmanna:

$$q_b = 2,5 \cdot \frac{\rho}{\rho_s} \cdot i_0^{\frac{3}{2}} \cdot (q - q_{cr}) \quad (8.4)$$

$$q_{cr} = 0,065 \cdot \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1,67} \cdot g^{1/2} \cdot d_{50}^{3/2} \cdot i_0^{-1,12} \quad (8.4.1)$$

q_b	specifický (měrný) průtok splavenin [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]
q_{cr}	kritický průtok [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]
g	tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]
ρ	měrná hmotnost vody [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
ρ_s	měrná hmotnost materiálu splavenin [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
i_0	sklon dna [‰]
d_{50}	průměr 50% zrna [m]

Dle Scholkitsche:

$$q_s = \frac{0,01363}{n} \cdot i_0^{7/6} \cdot \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{5/3} \cdot d_e^{5/3} \quad (8.5)$$

$$n = 0,0525 \cdot d_e^{1/6} \quad (8.5.1)$$

q_s	specifický průtok splavenin [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$]
n	
i_0	sklon dna [‰]
d_e	průměr efektivního zrna [m]
ρ	měrná hmotnost vody [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
ρ_s	měrná hmotnost materiálu splavenin [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

Dle Einsteina:

$$q_s = \phi \cdot \left(\rho \cdot g^2 \cdot \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) \cdot T \cdot d_{40}^{3/2} \right) \quad (8.6)$$

$$\phi = \frac{2}{10\psi^{1/6}} \quad (8.6.1)$$

$$\psi = \frac{d_{40} \cdot (\rho_s - \rho)}{h_{roz} \cdot i_0 \cdot \rho \cdot g} \quad (8.6.2)$$

$$T = \frac{w_s}{\sqrt{\rho_s \cdot g \cdot d_{40}}} \quad (8.6.3)$$

$$w_s = \left(\frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) \cdot g \cdot d_{40} + \frac{36 \cdot \mu'^2}{\rho^2 \cdot d_{40}^2} \right)^{1/2} - \frac{6 \cdot \mu'}{\rho \cdot d_{40}} \quad (8.6.4)$$

q_s	specifický průtok splavenin [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$]
i_0	sklon dna [%o]
T	časový faktor [s]
μ'	dynamický součinitel vazkosti vody při 15°C [$\text{Pa} \cdot \text{s}$]
ϕ	parametr průtoku splavenin [-]
ρ	měrná hmotnost vody [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
ρ_s	měrná hmotnost materiálu splavenin [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
ψ	parametr intenzity proudění [-]
g	tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]
w_s	sedimentační rychlost [-]
d_{40}	průměr 40% zrna [m]
h_{roz}	výškový rozdíl dna a hladiny v profilu [m]

Tabulka 11 – Souhrnná tabulka množství splavenin dle jednotlivých autorů

Výpočet dle	Množství splavenin [$\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$]
Meyer-Peter	113 499,18
Rickenmann	577 903,59
Scholkitsche	1 317 318,56
Einsteina	296 434,50
Průměrné množství	576 288,96



Graf 3 – Grafické znázornění množství splavenin

Jelikož byla možnost odebrat pouze jeden vzorek, nelze vypočtené výsledky porovnat a říci na základě výpočtu, zda dochází v toku k nadměrné sedimentaci. Nicméně z mapových podkladů je zřetelné, že šterkové lavice vznikají na celém úseku mezi opatovickým a němčickým mostem. Jedná se zejména o úseky před a za mostními konstrukcemi. Při porovnání s hodnotami, které uvádí Povodí Labe, vychází nejpřesněji stanovení dle Meyer-Petera. Povodí Labe uvádí v rozmezí let 1997 – 2005 průměrnou hodnotu množství 96,9 tis. tun.



Obr. 43 – Šterková lavice most Hrobice [21]



Obr. 44 – Štěrková lavice most Němčice [21]

8.3.4 Výpočet plavenin v Labi

Hmotnostní množství plavenin můžeme stanovit na základě N-letých průtoků, které v dlouhodobém měřítku vystihují charakter toku. Pro toky s velkou masou průtočného množství vody lze užít vztah dle Szolgaye, pro střední průtoky můžeme použít závislost dle rakouského Bundesstormbauamt (BSBA) a jako další vztah můžeme použít závislost dle Bogárdiho [20]. Jednotlivé výpočty jsou součástí *přílohy 7*.

Dle Szolgaye:

$$Q_{plav} = 4,514 \cdot 10^{-7} \cdot Q^{2,56} \quad (8.7)$$

Q_{plav}	množství plavenin [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]
Q	průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

Dle BSBA:

$$Q_{plav} = 1,227 \cdot 10^{-8} \cdot Q^3 \quad (8.8)$$

Q_{plav} množství plavenin [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]
 Q průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

Dle Bogárdiho:

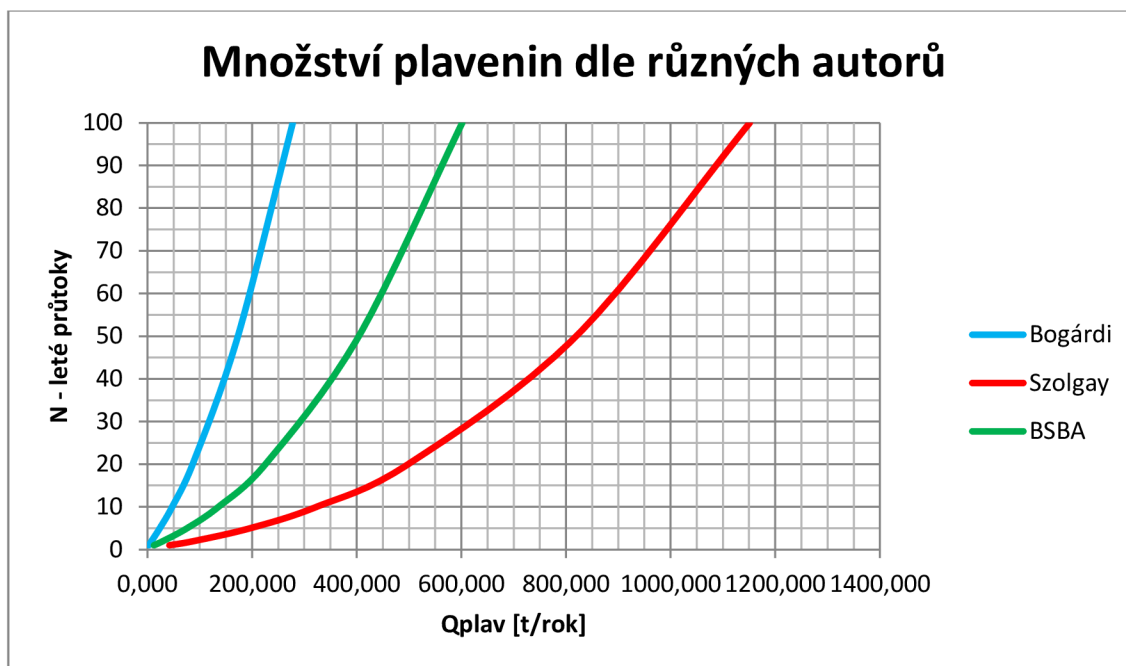
$$Q_{plav} = 1,23 \cdot 10^{-10} \cdot Q^{3,57} \quad (8.9)$$

Q_{plav} množství plavenin [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]
 Q průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

Tabulka 12 – Výsledná tabulka množství plavenin dle jednotlivých autorů

N - leté průtoky	Q [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Bogárdi	Szolgay	BSBA
		Q_{plav} [$\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$]	Q_{plav} [$\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$]	Q_{plav} [$\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$]
1	227	999,365	15303,626	4526,148
2	305	2868,548	32596,859	10978,694
5	415	8612,781	71708,608	27656,388
10	504	17234,105	117920,778	49538,492
20	597	31545,694	181912,461	82333,042
50	725	63112,939	299111,739	147456,931
100	828	101409,822	420267,517	219655,550

Po povodni v roce 2002 a roce 2006 byly vypracovány zprávy týkající se transportu množství plavenin během povodní a transportovaného množství během celého roku. Velikosti průtoků povodní byly 518 a 530 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a odpovídaly Q_{N10-20} . Na základě odběrů byla stanovena množství plavenin na 67 120 t a na 76 000 t. Při porovnání těchto hodnot s vypočtenými hodnotami vycházejí výsledky vypočtené dle BSBA nejlépe.



Graf 4 – Množství plavenin dle různých autorů

Z vypočtených hodnot vychází největší, a tudíž od ostatních dvou použitých metod nejvíce vzdálené hodnoty, množství plavenin za použití vzorce dle Szolgaye. Nicméně po zvolení větších hodnot průtoků než je Q_{100} a jejich aplikaci do uvedených vzorců, dojdeme k závěru, že hodnoty za použití výpočtového vzorce dle Szolgaye se sice zvyšují, ale na tak extrémně jako u vztahu dle Bogárdiho a BSBA. Při zvolení průtoků od $4\,500\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ se hodnoty za použití BSBA a Szolgaye přibližují a jsou téměř shodné, naproti tomu hodnota dle Bogárdiho je o 1/3 vyšší. Důvod je ten, že vztah dle Bogárdiho je aplikovatelný na velkokapacitní řeky velikostně odpovídající Dunaji. Metoda výpočtu dle BSBA je aplikovatelná na rakouské toky, kde je dno tvořeno materiálem o velkém efektivním zrnu. A proto, i když v předchozím porovnání vychází nejlépe BSBA, se přikláním k hodnotě vycházející dle vztahu Szolgaye. Přikláním se k této hodnotě, protože v toku Labe dochází zejména k transportu drobných částic. Ty pocházejí ve velkém množství ze smyvu z okolí.

Tabulka 13 – Množství splavenin za průtoku $4\,500\text{ m}^3/\text{s}$

	Bogárdi	Szolgay	BSBA
Q [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$]	Q_{plav} [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$]	Q_{plav} [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$]	Q_{plav} [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$]
4500	1354,80	1015,75	1118,10

9 Celkové shrnutí práce

V rámci studie jsem se snažil získat a seskupit v co největší míře informace o současném stavu hydrologické soustavy a vodohospodářských objektech nacházejících se převážně v katastrálním území obce Hrobice. Navázal jsem kontakt s Povodím Labe, Správou CHKO Železné hory a starostkou obce. Zpracoval jsem vstupní údaje o slepých ramenech, vodotečích a vodních zdržích, kterými je dle mého názoru nutno se zabývat. Následně jsem zdokumentoval jejich současný stav a navrhl jsem, jakým způsobem by bylo možné jejich stav zlepšit. Souhrnně se jedná především o pročištění od nánosů ze splachů okolních polností, které snižují kapacitu jednotlivých prvků, dále o prořezání a pročištění vegetace a v neposlední řadě o zprůtočnění všech vodních celků. Aby nedošlo k opět ke zhoršení stavu po revitalizaci, doporučil bych pravidelné obchůzky a případné dílčí úpravy.

Dále jsem se zabýval rozlivy Labe při 5ti-leté, 20ti-leté a 100leté povodni. Od obce mi byly rovněž poskytnuty zprávy s výpisy škod, ke kterým došlo za povodňového stavu v posledních dvaceti letech, a jejich kalkulaci. Na základě mapových podkladů a poskytnutých informací od paní starostky mohu konstatovat, že zabývat se protipovodňovým opatřením celé obce nemá v širším smyslu význam. Dle výpisů se jedná stále o ty samé nemovitosti situované v blízkosti hráze řeky Labe. V rámci obce se jedná o zasažení jen několika zahrad. V obci někteří občané na vlastní náklady a svépomocí staví bezpečnostní hrázky, nicméně bez odborného vedení mohou hrázky stavět opakovaně po přejití povodně, a proto by bylo vhodné na určitých místech případně navrhnout a zbudovat dílčí bezpečnostní hrázky pod odborným vedením. Jelikož obce v současné době nemá vypracovaný povodňový plán, doporučil bych jej zhotovit.

Neboť nemělo velký význam se ve směru protipovodňové ochrany zabývat návrhem opatření, rozhodl jsem se vyřešit otázku zprůtočnění vodních tratí a slepých ramen. Uvedl jsem tři varianty řešení. V jedné z uvedených variant je součástí řešení vybudování rekreačního průplavu. Tuto variantu jsem podrobněji zpracoval. Díky rekreačnímu průplavu by došlo v okolí obce ke zvýšení turistického ruchu, průplav by rovněž sloužil částečně i jako protipovodňové opatření a v neposlední řadě by bylo zajištěno trvalé zprůtočnění dílčích částí hydrologické soustavy v území. Nicméně v závěru musím říci, že tato varianta je z ekonomického hlediska neproveditelná, i kdyby se do tohoto projektu zapojily okolní obce, kterými jsou Dříteč a Němčice. V úvahu by tato varianta přišla pouze tehdy, kdyby se do projektu zapojil významný investor, jakým by byla například EOP.

V poslední části studie jsem se zabýval splaveninovým režimem toku Labe. Výsledky dnových splavenin jsem porovnal s měřenými výsledky Povodí Labe a k reálné hodnotě jsem se přiblížil za použití vzorce pro stanovení množství dle Mayer-Petera. Při stanovení nevymílací rychlosti jsem došel k závěru, že za hodnoty dlouhodobého průměrného průtoku nedochází k transportu dnových splavenin. A proto mohu dle mého názoru říci, že se řeka Labe dobře vyrovnává s transportem dnových splavenin. Při výpočtu plavenin jsem užil výpočtové vztahy od tří různých autorů a opět

jsem výsledky porovnal s naměřenými daty, poskytnutými od Povodí Labe. K reálným hodnotám se přiblížily výsledky za použití vztahu dle BSBA. Na zkoumaném úseku dochází zejména k transportu jemných částic, pocházejících ze smyvu z okolních polností, které sedimentují, a u mostních profilů tak vznikají štěrkové lavice. Díky vzniku štěrkových lavic dochází k postupnému zmenšení průtočného profilu a ke snižování kapacity koryta, čímž se navyšuje stupeň ohrožení při povodňovém stavu. A proto bych doporučil podrobné prozkoumání této problematiky.

10 Závěr

Za prvé bych chtěl konstatovat, že vybudování nového komplexního protipovodňového opatření je vzhledem k velikosti škod nadbytečné. Revitalizace slepých ramen a zprůtočnění vodotečí jsou však nezbytné. Díky pročištění a zvýšení kapacity těchto objektů dojde ke zlepšení současného stavu a jejich úprava by prospěla životnímu prostředí.

V druhé řadě bych chtěl říci, že pro větší ekonomické zapojení obce do rekreační oblasti pod Kunětickou Horou, by bylo vhodné vybudovat sportovně – rekreační vodní cestu včetně propojení s cyklotrasami. Tento projekt by byl však ekonomicky vysoce nákladný.

Dále bych chtěl konstatovat, že vypočtené množství splavenin a plavenin dle uvedených vztahů (BSBA) se téměř shoduje s naměřenými hodnotami z internetové databáze Povodí Labe, s. p. Dle mého názoru je třeba z ekologického hlediska vhodná realizace protierozního opatření na polnostech, které přiléhají k toku.

Na závěr bych chtěl říci, že ač se jedná o poměrně malé katastrální území, nachází se zde mnoho objektů, kterými se lze do budoucna detailně zabývat a u kterých je potřeba zhodnotit jejich vliv na okolí a využitelnost.

Použitá literatura

- [1] ŠÁMALOVÁ, Zlata. *Historie vodní cesty na dolním Labi*. Vyd. Hradec Králové: GARAMON s. r. o, 2009, 32 s. Účelová publikace Povodí Labe, státní podnik.
- [2] ŠÁMALOVÁ, Zlata. *Labe a Orlice v Hradci Králové*. Vyd. Hradec Králové: GARAMON s. r. o, 2007, 32 s. Účelová publikace Povodí Labe, státní podnik.
- [3] SALAVEC, Miroslav a Petr VOREL. *Almanach k 650. výročí trvání obce a dalších významných výročí*. Vyd. obecní úřad Hrobice, 1996, 38 s.
- [4] *Hrobice* [online]. [cit. 2015-01-20].
Dostupné z: <http://www.obec-hrobice.cz/o-obci/>
- [5] *Taxonomický klasifikační systém půd v ČR* [online]. [cit. 2015-01-15].
Dostupné z: <http://www.klasifikace.pedologie.cz/>
- [6] *EOP – Elektrárny Opatovice* [online]. [cit. 2015-01-11].
Dostupné z: <http://www.eop.cz/>
- [7] LEMBERK, Vladimír. *Opatovický kanál* [online]. [cit. 2015-01-11].
Dostupné z: <http://lembek.vcm.cz/publikace/opatak1.htm>
- [8] *Golf club Kunětická Hora* [online]. [cit. 2015-01-11].
Dostupné z: <http://www.gckh.cz/>
- [9] *Technická zpráva z roku 1937*. Poskytnuté informace z Povodí Labe, státního podniku.
- [10] *Studie poměrů odstavených ramen v přírodní památce Tuň u Hrobic a Hrozná*. Ing. Šindlar a kol., 2009. Poskytnuté informace z Agentury ochrany přírody a krajiny ČR, Správa chráněné krajinné oblasti Železné hory a Krajské středisko Pardubice.
- [11] *Poskytnuté informace z Povodí Labe, státní podnik*.
- [12] Zák. č. 254/2001 Sb. ZÁKON O VODÁCH a předpisy, směrnice a dokumenty na něj navazující
- [13] *Zpráva o průběhu povodně*. Poskytnuté informace od Obce Hrobice.
- [14] ŘÍHA, Jaromír. *Riziková analýza záplavových území*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 286 s. Práce a studie Ústavu vodních staveb FAST VUT v Brně, seš. 7. ISBN 8072044044.

- [15] MEDŘICKÝ, Vladimír. *Hydrotechnické stavby 2: vodní cesty*. Vyd. 1. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006, 100 s. ISBN 80-01-03423-2.
- [16] ČSN 73 6500 – Výpočet účinku vln. ÚNV, Praha 1972 a navazující dokumenty
- [17] MEDŘICKÝ, Vladimír a Petr VALENTA. *Hydrotechnické stavby 1: navrhování jezů*. Vyd. 2., přeprac. V Praze: České vysoké učení technické, 2009, 151 s. ISBN 978-80-01-04309-7.
- [18] *Studijní podklady v rámci Bc. studia na FAST VUT v Brně*
- [19] STARÝ, Miloš. *Hydrologie. Modul 02*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2005, 156 s.
- [20] KALIŠ, Jiří. *Usazovanie plavenin v zdrži Hrušov a v prívodnom kanáli ve Gabčíkovo*. Bratislava, 1980, 96 s.
- [21] MLÁDEK, Tomáš. Fotodokumentace. Hrobice 2014 – 2015.
- [22] VESELÝ, Jaroslav. Fotodokumentace. Hrobice 2014.
- [23] MAPOVÁ DATA: *Google*, 2015.
- [24] *Povodí Labe* [online]. [cit. 2015-05-13].
Dostupné z: <http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/default.aspx>
- [25] Labe [online]. [cit. 2015-05-13].
Dostupné z: <http://cs.wikiedia.org/wiki/Labe>
- [26] MLÁDEK, Tomáš. *ArcMap 10.1* [2D, 3D grafika]. Brno: 2015.
- [27] MLÁDEK, Tomáš. *AutoCAD* [2D, 3D grafika]. Brno: 2015.
- [28] ČÁBELKA, Jaroslav a Jaroslav ČÁBELA. *Vodní cesty a plavba*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1976, 689 s.
- [29] *AVAR-YACHT* [online]. [cit. 2015-05-13].
Dostupné z: <http://www.avaryacht.cz>

Seznam obrázků

Obr. 1 – Mapa Labe v rámci Evropy [1].....	9
Obr. 2 – Morfologický vývoj Středního Labe [1].....	10
Obr. 3 – Hrobice v rámci Pardubického kraje [23].....	12
Obr. 4 – ZM50 obce Hrobice s vyznačením zájmových objektů [26].....	13
Obr. 5 – Areál Opatovické elektrárny [6].....	17
Obr. 6 – Trasa Opatovického kanálu a soustava rybníku [11].....	18
Obr. 7 – Golfové hřiště Kunětická Hora [8].....	18
Obr. 8 – Situace zdrží a vodotečí [26].....	20
Obr. 9 – Labe Hrobice 1907 [11].....	21
Obr. 11 – Úsek Labe Hrobice-Dříteč 1908 [11].....	21
Obr. 10 – Historická fotografie plavby [11].....	21
Obr. 12 – Stabilizace koryta 1908 [11].....	21
Obr. 13 – Pohled na Tůň u Hrobic [10].....	22
Obr. 15 – Tůň u Hrobic v zimě [10].....	22
Obr. 14 – Vyschlý náпустní kanál [10].....	22
Obr. 16 – Nefunkční náпустní objekt [10].....	22
Obr. 17 – Pohled na vodní plochu I [21].....	23
Obr. 18 – Pohled na vodní plochu II [21].....	23
Obr. 19 – Rybníček v severní části obce [21].....	23
Obr. 20 – Historická mapa s tehdejším rybníkem Čeperka [11].....	24
Obr. 21 – Meliorační příkop – směr Němčice [21].....	25
Obr. 22 – Meliorační příkop [21].....	25
Obr. 23 – Meliorační příkop – Hrobice [21].....	25
Obr. 24 – Propustek Hrobice [21].....	25
Obr. 25 – Přejechod melioračního příkopu do vodoteče odpadního kanálu [21].....	25
Obr. 26 – Vyschlá strouha [21].....	25
Obr. 27 – Polomy v odpadním kanálu [21].....	26
Obr. 28 – Pohled na odpadní kanál [21].....	26
Obr. 29 – Vyschlý odpadní kanál před zaústěním do Labe [21].....	26
Obr. 30 – Tůň na trase kanálu [21].....	26
Obr. 31 – Zarostlý odpadní kanál [21].....	26
Obr. 32 – Odpadní kanál v zimním období [21].....	27
Obr. 33 – Povodeň roku 1926 [13].....	28
Obr. 34 – Záplavové území při 20ti – leté povodni [26].....	30
Obr. 35 – Vyznačení trasy [27].....	32
Obr. 36 – Motorový člun Sloep 650 [29].....	33
Obr. 37 – Motorový člun Suomi 465 CC [29].....	33
Obr. 38 – Klapkový jez Přelouč [23].....	35
Obr. 39 – Schématické umístění zimoviště [26].....	36
Obr. 40 – Pohled na Labe [22].....	38
Obr. 41 – Odběr vzorku I [22].....	39

Obr. 42 – Odběr vzorku II [21]	39
Obr. 43 – Štěrková lavice most Hrobice [21]	47
Obr. 44 – Štěrková lavice most Němčice [21]	48

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Výpis územních teplot [24].....	15
Tabulka 2 – Výpis územních srážek [24].....	15
Tabulka 3 – N-leté průtoky Labe [24].....	15
Tabulka 4 – M-denní průtoky Labe [24].....	16
Tabulka 5 – Stupně povodňové aktivity [24].....	16
Tabulka 6 – Plochy zdrží a délek vodotečí [26].....	19
Tabulka 7 – Plocha zatopeného území dle jednotlivých letých povodní [26]	30
Tabulka 8 – Zrnitostní složení vzorku č. 1.....	41
Tabulka 9 – Zrnitostní charakteristika vzorku č. 1	42
Tabulka 10 – Maximální hodnoty nevymílací rychlosti [28]	43
Tabulka 11 – Souhrnná tabulka množství splavenin dle jednotlivých autorů	46
Tabulka 12 – Výsledná tabulka množství splavenin dle jednotlivých autorů	49
Tabulka 13 – Množství splavenin za průtoku 4 500 m ³ /s	50

Seznam grafů

Graf 1 – Průtoky Labe ve stanici Němčice v období 9. 5. – 15. 5. 2015[24].....	16
Graf 2 – Granulometrická křivka vzorku č. 1	40
Graf 3 – Grafické znázornění množství splavenin	47
Graf 4 – Množství plavenin dle různých autorů	50

Použité zkratky a symboly

A	plocha řezu průplavu [m ²]
b	šířka koryta ve dně [m]
b _{dno}	šířka plavební dráhy [m]
b _{lod'}	šířka typové lodě [m]
Δb	bezpečnostní vzdálenost [m]
B	šířka hladiny [m]
c	kritická rychlost plavidla [m·s ⁻¹]
c _M	rychlostní součinitel dle Manninga [-]
C _C	číslo křivosti [-]
C _T	tvarový součinitel zrna [-]
C _U	číslo nestejnospzrnosti [-]
ČR	Česká republika
d	průměr zrna [m]
d _e	průměr efektivního zrna [m]
d _{ef}	průměr efektivního zrna [m]
d ₁₀	průměr 10% zrna [m]
d ₁₅	průměr 15% zrna [m]
d ₃₀	průměr 30% zrna [m]
d ₄₀	průměr 40% zrna [m]
d ₅₀	průměr 50% zrna [m]
d ₆₀	průměr 60% zrna [m]
d ₈₅	průměr 85% zrna [m]
d ₉₀	průměr 90% zrna [m]
d ₉₅	průměr 95% zrna [m]
D11	dálnice
EOP	elektrárna Opatovice
g	tíhové zrychlení [m·s ⁻²]
GIS	geografický informační systém
h _c	výška vlny od plavidla [-]
h _c '	výška rozbíhané a příčné vlny [m]
h _{ns}	výška výběhu vlny od plavidla na svah [m]
h _{os}	výška seběhnutí vlny [m]
h _{průp}	výška průplavu [m]
h _{roz}	výškový rozdíl dna a hladiny v profilu [m]
h ₁	kóta dna horního profilu [m n. m.]

h_2	kóta dna dolního profilu [m n. m.]	
H	rozdíl výšek dna profilů [m]	
H_P	podjezdová výška [m]	
H_{plav}	plavební hloubka [m]	
$i_{\text{průp}}$	sklon průplavu [-]	
i_0	sklon dna [‰]	
k_o	kamenné opevnění [-]	
L	vzdálenost mezi profily [m]	
$L\check{c}$	délka lodě [m]	
m_L	sklon levého břehu [-]	
m_P	sklon pravého břehu [-]	
m_{svah}	sklon svahu [-]	
n	drsnost koryta [-]	
n_s	drsnost svahu [-]	
n_d	drsnost dna [-]	
n_l	charakteristika vodní cesty [-]	
O	omocný obvod [m]	
P	Procentuální zastoupení frakcí zeminy menších než d [‰]	
P_{def}	procentuální zastoupení efektivního zrna ve vzorku [‰]	
P_1	plocha 1, součást EOP	
P_2	plocha 2, součást EOP	
q	specifický průtok [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	
q_{cr}	kritický průtok [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	
q_b	specifický (měrný) průtok splavenin [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	
q_s	specifický průtok splavenin [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$]	
Q	průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	
Q_a	dlouhodobý průměrný průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	
Q_b	průtok splavenin [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	
Q_M (např.: Q_{M30} , Q_{M90} , $Q_{M150} \dots$)		M-denní průtoky [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
Q_N	návrhový průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	
Q_{NI} (např.: Q_{N1} , Q_{N2} , $Q_{N5} \dots$)		N-leté průtoky [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
Q_{plav}	množství plavenin [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$], [$\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$]	
Q_{splav}	množství splavenin [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$], [$\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$]	
r	poloměr částice [m]	
R	hydraulický poloměr [-]	
R_{ed}	Reynoldsovo číslo splavenin [-]	
R_{min}	nejmenší poloměr směrového oblouku [m]	
R_{obl}	poloměr směrového oblouku [m]	

S	plocha řezu koryta [m^2]
SPA	stupeň povodňové aktivity
T	časový faktor [s]
T_{MAX}	maximální ponor [m]
ΔT	marže [m]
v	rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
v_v	nevymílací rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
v^*	třecí rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
w_s	sedimentační rychlost [-]
β	rychlostní součinitel závislý na n_1 [-]
ε	součinitel vlnové délky [-]
η	dynamická viskozita vody [$\text{N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$]
θ	Shieldsův parametr [-]
θ_A	Shieldsův parametr v případě A [-]
θ_B	Shieldsův parametr v případě B [-]
λ_c	délka vlny od plavidla [-]
μ	dnový parametr [-]
μ'	dynamický součinitel vazkosti vody při 15°C [$\text{Pa} \cdot \text{s}$]
ϕ	parametr průtoku splavenin [-]
ρ	měrná hmotnost vody [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
ρ_s	měrná hmotnost materiálu splavenin [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
τ_k	kritické tečné napětí [$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$]
$\varphi_{\text{člumu}}$	plocha příčného řezu ponořené části lodi [m^2]
ψ	parametr intenzity proudění [-]
Ω	plocha příčného řezu průplavu [m^2]

Seznam příloh

Příloha 1: Podkladové mapy [26]

- 1.1 Mapa geomorfologických poměrů 1:25 000*
- 1.2 Geologická mapa zájmového oblasti 1:50 000*
- 1.3 Mapa pedologických poměrů 1:25 000*
- 1.4 Mapa klimatických poměrů 1:1 000 000*
- 1.5 Mapa typů krajiny dle využití 1:100 000*

Příloha 2: Mapy záplavových území [26]

- 2.1 Záplavové území 5 – leté povodně 1:25 000*
- 2.2 Záplavové území 20 – leté povodně 1:25 000*
- 2.3 Záplavové území 100 – leté povodně 1:25 000*
- 2.4 Porovnání rozlivů mezi jednotlivými letými povodněmi 1:25 000*

Příloha 3: Typové lodě pro rekreační průplav a zimoviště

- 3.1 Motorové čluny*
- 3.2 Kánoe, kajak*
- 3.3 Veslice*
- 3.4 Typová loď Thomas 1*

Příloha 4: Rekreační průplav

- 4.1 Návrh parametrů rekreačního průplavu*
- 4.2 Vliv vln*
- 4.3 Hydrotechnické výpočty*
 - 4.3.1 Dopočet minimální a maximální hladiny*
 - 4.3.2 Průtok vody v průplavu jako v přírodním korytě*

Příloha 5: Zimoviště

- 5.1 Vliv vln*
- 5.2 Návrh parametrů zimoviště*

Příloha 6: Výpočet dnových splavenin

6.1 Výpočet nevymílací rychlosti

6.2 Parametry měrného profilu

6.3 Výpočet kritického tečného napětí

6.4 Výpočet a stanovení Shieldova parametru

6.5 Výpočet specifického (měrného) průtoku splavenin a množství splavenin

6.5.1 dle Meyer – Peter

6.5.2 dle Rickenmanna

6.5.3 dle Scholkitsche

6.5.4 dle Einsteina

6.6 Shrnutí výsledků a grafické znázornění

Příloha 7: Výpočet plavenin

7.1 Dle Bogárdiho

7.2 Dle Szolgaye

7.3 Dle BSBA

7.4 Výpočet s průtokem $4\,500\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ - přibližné množství 500 – letého průtoku

7.5 Výsledné tabulky a graf

Příloha 8: Situace projektu z první poloviny 20. Století [11]

Příloha 9: Vzorový příčný řez rekreačního průplavu 1:50 [27]

9.1 Vzorový příčný řez rekreačního průplavu km 0,124 44 – 1,092 00 1:50

*9.2 Vzorový příčný řez rekreačního průplavu km 0,00 000 – 0,124 44
a km 1,100 00 – 1,766 71 1:50*

Příloha 10: Situace rekreačního průplavu 1:2500 [27]

Příloha 11: Situace zimoviště včetně výpisu dotčených parcel 1:1 000 a výřezu části mola 1:200 [27]

Příloha 12: Řez vtokovým objektem zimoviště 1:50 [27]