

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování



Hydrotechnické posouzení Mochtínského potoka  
a Bystrého potoka v k.ú. Mochtín

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Radek Roub, Ph.D.

Diplomant: Jan Smolík

2011



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: Jana Smolíka

obor: Regionální environmentální správa (DRES)

Název tématu: Hydrotechnické posouzení Mochtínského potoka a Bystrého potoka  
v k.ú.Mochtín

Název tématu v anglickém jazyce: The hydrotechnical analysis of Mochtínský stream and  
Bystrý stream in Mochtín cadastral unit

Zásady pro vypracování:

- Úvod
- Cíl práce a metodika
- Literární rešerše
- Charakteristika zájmového území
- Odvození vstupních parametrů a sestavení hydraulického modelu
- Výsledky a opatření
- Diskuze
- Závěr
- Seznam literatury
- Přílohy



Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: dle potřeby

Seznam odborné literatury:

Hec-GeoRas Users Manual (2005): US Army Corps of Engineers

Hrádek, F., Kuřík P., (2002). Hydrologie. ČZU Praha.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů (vodní zákon)

Vedoucí diplomové práce: Ing. Radek Roub, Ph.D.

Konzultant diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: 7.10.2010

Termín odevzdání diplomové práce: 30.4.2011





Vedoucí katedry



Děkan

V Praze dne .....

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Hydrotechnické posouzení Mochtínského potoka a Bystrého potoka v k.ú. Mochtín vypracoval samostatně, pod vedením Ing. Radka Rouba, Ph.D., s použitím zdrojů a pramenů, které jsou uvedeny v závěru práce.

V Praze dne 26.4.2011

.....

## **Poděkování**

Poděkování patří všem, kteří mi během přípravy diplomové práce vyšli vstříc a vyjadřovali podporu. Děkuji rodičům a přátelům. Zejména děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Radku Roubovi, Ph.D., za cenné rady a konzultace.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá posouzením současného stavu hladinového režimu z hlediska hydrotechnického a rovněž shrnuje související poznatky o povodňových situacích na našem území a možnostech protipovodňové ochrany. Pro hydraulické modelování odtokového a hladinového režimu byl vybrán úsek Mochtínského potoka a Bystrého potoka, jenž protékají intravilánem obce Mochtín v Plzeňském kraji. Výsledné výstupy pomohou posoudit úroveň povodňových N-letých kulminačních průtoků, ze kterých bude možné zjistit rozsah potencionálně ohroženého území ve vybrané lokalitě.

### **Klíčová slova:**

povodně, informační systémy, HEC-RAS, geodetické zaměření, průtok

## **Abstract**

This thesis is concerned with assessing the current state of water level regimes in terms of hydro-mechanical point of view and also summarizes relevant information on flood situations in our country and the possibilities of flood protection. For hydraulic modeling of runoff and water level regime was chosen a part of Mochtínský Stream and Bystrý Stream that both run through the urban community Mochtín in the Pilsen region. The resulting output will help assess the level of flood waves N-year floods, from which it will be possible to determine the extent of potentially endangered areas.

## **Keywords:**

floods, information systems, river basin, HEC-RAS, geodetic survey

## Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Cíle práce .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Metodika .....</b>	<b>4</b>
3.1 Teoretické poznatky .....	4
3.2 Aplikace teoretických poznatků .....	4
<b>4. Správa vodních toků a povodí v České republice .....</b>	<b>5</b>
4.1 Státní podniky Povodí .....	7
4.2 Lesy České republiky, s. p. ....	7
4.3 Zemědělská vodohospodářská správa .....	8
<b>5. Povodně .....</b>	<b>8</b>
5.1 Související právní normy.....	10
5.2 Povodňové orgány .....	14
<b>6. Informační systémy v ochraně před povodněmi .....</b>	<b>14</b>
6.1 Informační systém veřejné správy .....	15
6.2 Hydroekologický informační systém.....	17
6.3 Digitální báze vodohospodářských dat .....	17
6.4 Povodňový informační systém .....	18
6.5 Lokální výstražné systémy.....	18
<b>7. Protipovodňová opatření .....</b>	<b>19</b>
7.1 Technická opatření.....	22
7.2 Přírodě blízká opatření .....	25
7.3 Finanční zdroje v protipovodňové ochraně .....	27
<b>8. Povodňové situace na našem území .....</b>	<b>30</b>
8.1 Povodně v minulosti .....	30
8.2 Nejvýznamnější novodobé povodně .....	32
8.3 Povodňové situace v zájmovém regionu .....	35



<b>9. Popis zájmového území .....</b>	<b>36</b>
9.1 Klimatické poměry.....	38
9.2 Geomorfologie a pedologie.....	39
9.3 Hydrologické poměry.....	40
9.4 Využívání zájmového povodí.....	43
9.5 Odvodňovací stavby a úprava toku.....	44
<b>10. Geodetické zaměření zájmových úseků.....</b>	<b>47</b>
10.1 Měření délek a výšek .....	47
10.2 Příprava zaměřování .....	51
10.3 Postup geodetického zaměřování v terénu .....	52
10.4 Stavební objekty .....	54
<b>11. Hydrotechnické posouzení vodních toků .....</b>	<b>55</b>
11.1 Vlastní práce s programem .....	56
11.1.1 Zadání příčných profilů .....	59
11.1.2 Zadání stavebních objektů .....	61
11.1.3 Zadání okrajových podmínek .....	63
11.2 Způsob prezentace výsledných dat .....	65
<b>12. Výsledky .....</b>	<b>66</b>
12.1 Zjištěná rizika a možná ochranná opatření .....	69
<b>13. Diskuze .....</b>	<b>70</b>
<b>14. Závěr .....</b>	<b>72</b>
<b>15. Přehled literatury a použitých zdrojů .....</b>	<b>75</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>79</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>80</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>81</b>

# 1. Úvod

Život na Zemi by neexistoval bez vody. Díky vodě a jejímu využívání mohlo lidstvo úspěšně projít vývojem až do současné podoby. Voda kromě uspokojování základních lidských potřeb a využívání jako zdroj pro různá hospodářská odvětví rovněž slouží k relaxaci a inspiraci, je na ní závislý ekosystém naší planety. Voda však také způsobuje povodně, jejichž negativní vliv se projevuje ztrátami na lidských životech, znečištěním životního prostředí a velkými materiálními škodami.

Mezi problémy, kterým se musíme v oblasti vodního hospodářství zabývat, jsou dva hydrologické extrémy - sucho a povodně. Zatímco první zmíněný faktor zatím ještě nevstoupil do povědomí široké veřejnosti tak intenzivně, pak výskyt povodní na našem území v poslední době pocítil snad každý. Do nedávné doby si obyvatelé naší země většinou dali do souvislosti dlouho trvající deště s následným vzestupem hladiny především vodnatějších toků. Postupem času se ukázal typ povodně, který u nás způsoboval větší škody jen výjimečně a pro který se vžil pojem blesková povodeň, nebo správněji přívalová povodeň. Záludnost výskytu přívalové povodně spočívá v obtížnosti meteorologicky předpovědět a tedy včasné varovat obyvatelstvo, protože přívalové povodně zasahují především plošně malá povodí toků. Intenzivní srážky spadlé na jednotku plochy vytvářejí z drobných vodních toků v těchto malých povodích dravé řeky, které nemilosrdně smetou vše co jim stojí v cestě. Účinná ochrana proti povodním není možná bez spolupráce místních obecních samospráv se správci vodních toků, kteří také spolupracují na zajištění předpovědní a hlášené služby.

Množství menších obcí nemá dostatečný přehled o nebezpečí, které představují zvýšené hladiny vodních toků protékající v jejich správních obvodech. Zatížení představitelů samosprávy malých obcí běžnou agendou jim neumožňuje získat hlubší povědomí o povodních, souvisejících legislativních předpisech a možnostech získání finanční podpory na preventivní opatření. Mnohdy je možné vysledovat podcenění možnosti ohrožení od "potůčku", který za několik posledních generací nezpůsobil vážnější škody.

V případě zájmového katastru obce Mochtín v Plzeňském kraji, jehož intravilánem protékají dva vodní toky se jedná o značně nepřesné údaje, které nemohou spolehlivě ukázat míru ohrožení majetku v době povodní. Hydrotechnické posouzení vodních toků s výstupy z hydraulického modelu pomohou zjistit případné ohrožení při vybraných N-letých průtocích a poslouží při zjištění kritických míst v dané lokalitě, na základě čehož bude možné přistoupit k účinným protipovodňovým opatřením.

Výše materiálních škod a ztrát na lidských životech po proběhlých povodních na našem území ukazuje na nutnost zvyšování přípravy v protipovodňové ochraně, a to s ohledem na uvážlivé čerpání finančních prostředků. V rámci prevence je důležité na základě zjištěných údajů zhodnocení možných rizik a vytvoření přehledu o hrozícím nebezpečí v případech, kdy koryta vodních toků již kapacitně nestačí odvádět vodu. Zvážení rizik a jejich vyhodnocení pak může posloužit pro zvolení účinných a ekonomicky vhodných opatření.

## 2. Cíle práce

Cílem předložené práce je pomocí speciálního programu HEC-RAS hydrotechnicky posoudit vybrané úseky drobných vodních toků Mochtínský potok a Bystrý potok, které protékají intravilánem obce Mochtín v Plzeňském kraji. Na základě výstupů bude provedeno vykreslení záplavových čar v mapách odpovídajícího měřítka. Vytvořením přehledu o ohroženém území při různých průtocích bude možné vytvořit případná preventivní opatření k předcházení škodám za povodňových stavů. Pravděpodobnost povodňového ohrožení vyplývá také z charakteristiky zájmového území, která bude nedílnou součástí práce.

Obsahem diplomové práce bude rovněž literární rešerše, která svým zaměřením shrne povodňovou problematiku v regionálních i nadregionálních souvislostech. Zejména budou uvedeny základní poznatky o historických povodních, protipovodňových opatřeních, jejich financování a existujících informačních systémech v ochraně před povodněmi, které mohou být zdrojem aktuálních informací. Dále bude popsán základní legislativní rámec z oblasti povodní. Vzhledem k probíhající změně ve správcevodství vodních toků a odpovědnosti těchto institucí za přípravu protipovodňových opatření je také nutné popsat aktuální správu vodních toků v České republice, která umožní rychlejší orientaci v prováděných změnách.

Jedním z cílů je tedy seznámení s povodněmi v širších souvislostech, dostupnými opatřeními k jejich zmírnění a upozornění na možné riziko vzniku povodňového nebezpečí. Údaje obsažené v diplomové práci mohou být využity nejenom samosprávou dotčené obce Mochtín.

## **3. Metodika**

### **3.1 Teoretické poznatky**

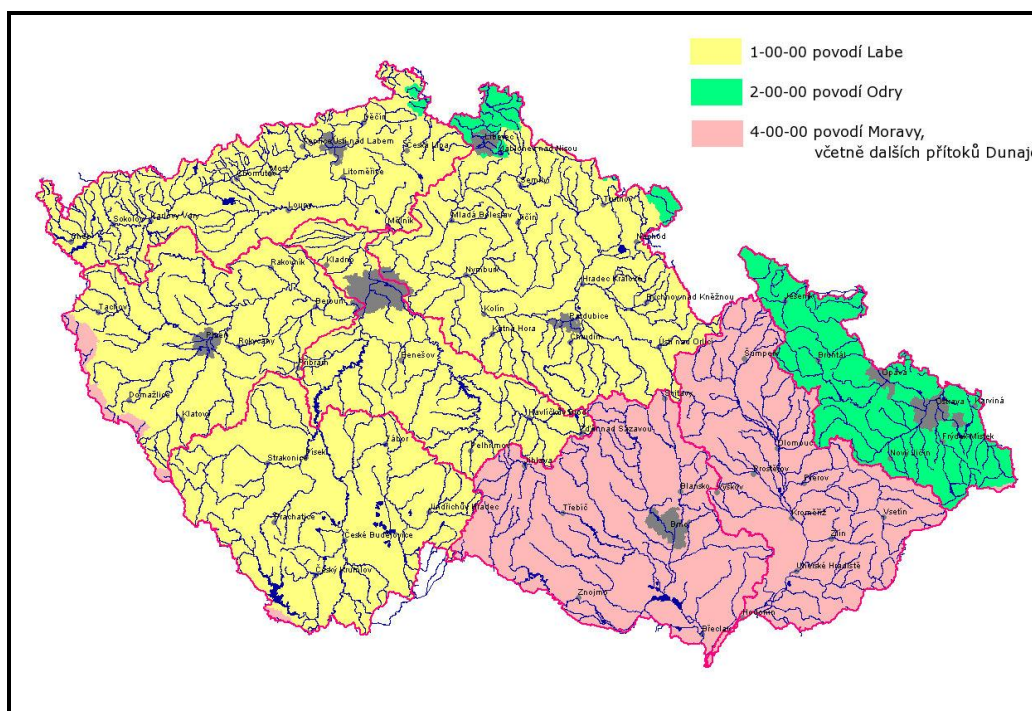
Poznatky, které se vztahují k problematice povodní, protipovodňové ochraně a charakteristice zájmové lokality spočívaly ve studiu dostupné literatury, sběru materiálových podkladů a informací. Literární rešerše shrnuje základní poznatky o povodních a protipovodňové ochraně a jsou jí také doplněny kapitoly vztahující se ke geometrickému zaměření a práce s programem HEC-RAS.

### **3.2 Aplikace teoretických poznatků**

Teoretické poznatky ve spojení s hodnotami získanými vlastním zaměřením v terénu byly aplikovány při vypracování hydrotechnického posouzení úseku vodních toků Mochtínský potok a Bystrý potok. Využití teoretických poznatků rovněž umožnilo vytvořit přehled o možnostech omezení negativního vlivu případných povodní. Vlastní hydrotechnický model vzniklý pomocí programu HEC-RAS verze 4.1, byl využit pro zjištění záplavového území a ukázal kapacitu koryta a objektů na posuzovaných částech vodních toků.

## 4. Správa vodních toků a povodí v České republice

Česká republika je vnitrozemským státem, ze kterého většina povrchové vody odtéká přes území jiných států. Zatímco průměrný roční přítok na naše území tvoří pouze 700 mil. m<sup>3</sup>, průměrný roční odtok přesahuje 40 000 mil. m<sup>3</sup> vody. Území České republiky náleží ke třem úmořím, a to Severního, Baltského, Černého. Pro plánování v oblasti vod byla stanovena tři hlavní hydrologická povodí – hlavní povodí Labe, Odry, Moravy a dalších přítoků Dunaje. Podrobnější jednotlivé oblasti povodí, které tvoří povodí Ohře a Dolního Labe, Horního a středního Labe, Berounky, Dolní Vltavy, Horní Vltavy, Dyje, Moravy, Odry, jsou do plánování v oblasti vod rovněž zahrnuty jako plány oblasti povodí (Pokorný et al. 2006).



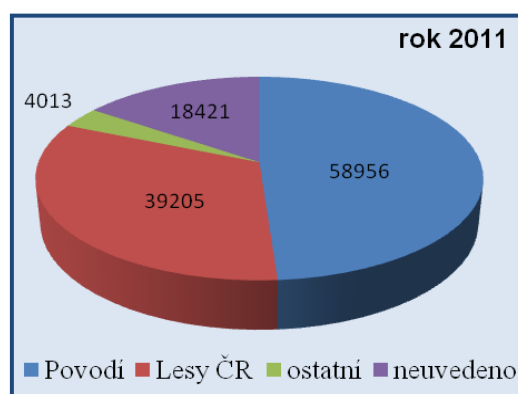
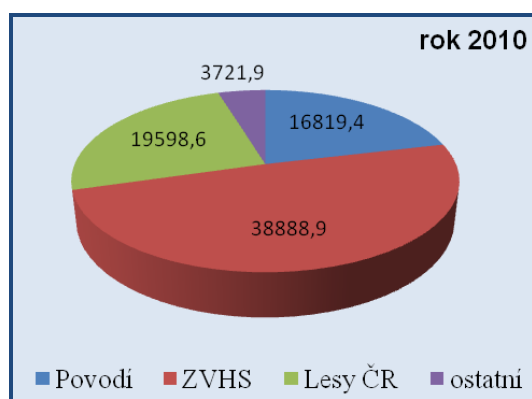
Obr. 1: Přehled hlavních povodí České republiky (Zdroj: MZe 2007)

Vzhledem k závislosti našich vodních zdrojů na atmosférických srážkách a nepříznivému poměru mezi odtokem a přítokem bylo nutné vytvořit správu v oblasti vodního hospodářství. Efektivní institucionální správa v oblasti vodních toků a povodí je zásadní při tvorbě koncepční činnosti v ochraně před povodněmi,

realizaci protipovodňových opatření, zvládnání povodňových situací a při shromažďování, předávání a vyhodnocování údajů o průběhu povodně. Stejně tak je na místní úrovni nezastupitelná spolupráce odpovědných organizací s místní samosprávou, soukromým sektorem a občany.

Vyjma necelých 5 % délky vodních toků na území České republiky, jejichž správu zajišťují národní parky, újezdní úřady, fyzické osoby nebo právnické subjekty, vykonávají správu vodních toků organizace zřízené Ministerstvem zemědělství. Jedná se o státní podniky Povodí a Lesy České republiky, s. p. Kromě zakladatelských funkcí vůči těmto státním podnikům tvoří Ministerstvo zemědělství společně s Ministerstvem životního prostředí, Ministerstvem obrany, Ministerstvem dopravy a Ministerstvem zdravotnictví ústřední vodoprávní úřady s rozdělenými kompetencemi mezi jednotlivé rezorty.

Integrace správy vodních toků zahájená v roce 2010 přinesla změnu v počtu spravovaných kilometrů dle jednotlivých správců, jak uvádí srovnání grafů (Obr. 2 a 3), a stejně tak se změnila uváděná délka vodních toků. Využitím podrobnějšího mapového měřítká 1:10 000 se zvýšila zobrazovaná délka kilometrů vodních toků z dosavadních cca 79 tis. km na více jak 120 tis. (MZe 2010).



Obr. 2: Správa vodních toků 2010 (km)

Obr. 3: Správa vodních toků 2011 (km)

Legislativní změny v roce 2010 také přinesly do oblasti správy vodních toků nové možnosti při určování správcovství. Bude-li nově určen Ministerstvem zemědělství správce drobného vodního toku státní podnik nebo organizační složka státu, přechází na takového správce právo hospodaření k příslušným nemovitostem souvisejícím s drobným vodním tokem, a to za předpokladu, že jsou tyto nemovitosti

ve vlastnictví státu. Jedná se především o vodohospodářské úpravy toků různého charakteru provedené v minulosti. Tato právní úprava urychlila a zjednodušila postup při změně správy vodních toků a převodu některých činností na příslušné státní podniky v rámci integrace správy vodních toků probíhající v současnosti.

#### **4.1 Státní podniky Povodí**

Pro účely odborné správy vodních toků a povodí jsou Ministerstvem zemědělství zřízeny státní podniky Povodí, kterých je celkem pět. Pro povodí Berounky, Dolní Vltavy a Horní Vltavy je to Povodí Vltavy, s. p., s generálním ředitelstvím v Praze a sídlem závodů v Plzni, Českých Budějovicích a Praze. Pro povodí Ohře a okrajové přítoky Labe bylo založeno Povodí Ohře, s. p., se sídlem v Chomutově. Další povodí spravují Povodí Moravy, s. p., se sídlem v Brně, Povodí Labe, s. p., se sídlem v Hradci Králové a Povodí Odry, s. p., sídlící v Ostravě. Podrobnější organizační strukturu představují provozní střediska. Uvedené podniky pokrývají svojí působností všechna povodí v České republice a spravují vybraný státní majetek v hodnotě desítek miliard korun, pečují o významné vodní toky dané vyhláškou č. 470/ 2001 Sb., o vymezení významných vodních toků, a drobné vodní toky určené jim do správy. Kromě odstraňování povodňových škod na vodohospodářském majetku je velmi významná činnost vodohospodářských dispečinků uvedených podniků manipulace na svěřených vodních dílech v době očekávané povodně a v jejím průběhu. Podniky Povodí plní řadu dalších úkolů v oboru vodního hospodářství (Blažek et al. 2006).

#### **4.2 Lesy České republiky, s. p.**

Dalším správcem vodních toků je státní podnik Lesy České republiky, který má v současné době ve správě více než 39 tis. km vodních toků. Jedním z úkolů podniku Lesy České republiky, s. p., je odborná správa drobných vodních toků v povodí s výrazným podílem lesních ploch a toků bystřinného charakteru v lesích. Sídlo podniku se nachází v Hradci Králové. Třístupňovou organizační strukturu tvoří ředitelství a regionální pracoviště, mezi které patří 6 správ toků (LČR 2011).



### **4.3 Zemědělská vodohospodářská správa**

Do 1. ledna 2011 byla nejvýznamnějším správcem drobných vodních toků protékajících především v zemědělské krajině Zemědělská vodohospodářská správa se sídlem v Brně, která se stala v roce 2001 přímou nástupnickou organizací Státní meliorační správy. Organizační uspořádání zahrnovalo kromě pěti ředitelství oblastí povodí i hustou síť regionálních pracovišť, která byla schopna reagovat na podněty zemědělských organizací a představitelů samosprávy obcí. Význam organizace spočíval hlavně v provádění údržby vodních toků, investiční protipovodňové výstavbě při ochraně menších obcí a odborné poradenské činnosti. Způsob financování organizace, absence vlastní mechanizace a výrazná závislost na státním rozpočtu však neumožňoval rychlou reakci na povodňové situace. V důsledku úspory finančních prostředků státu a pro posílení integrity správy toků bylo rozhodnuto o transformaci a převodu činností organizace na státní podniky Povodí a Lesy České republiky, s. p. Veškerá správa vodních toků a souvisejících vodních děl přešla ke dni 1.1.2011 na uvedené subjekty. Z funkce zakladatele pověřilo Ministerstvo zemědělství Zemědělskou vodohospodářskou správu péčí o některé stavby k vodohospodářským melioracím pozemků. Tímto rozhodnutím byla završena čtyři desítky let trvající správa drobných vodních toků v působnosti této organizace.

## **5. Povodně**

Povodeň je obecně označení pro situaci, kdy dojde vlivem různých okolností k překročení průtočné kapacity koryta. K překročení kapacity koryta může dojít v důsledku srážkové činnosti nebo zmenšením průtočnosti koryta, např. vytvořením ledové nebo naplaveninové bariéry. V přídech, kdy dojde k překročení úrovně břehové hrany a voda začne zaplavovat okolní území, je možné tento stav označit za potenciálně hrozící nebezpečí (Just 2005).

Úroveň škodlivosti a nebezpečí je dána charakterem a stupněm využívání okolní krajiny. Rozliv vody může způsobovat podmáčení zemědělských pozemků,

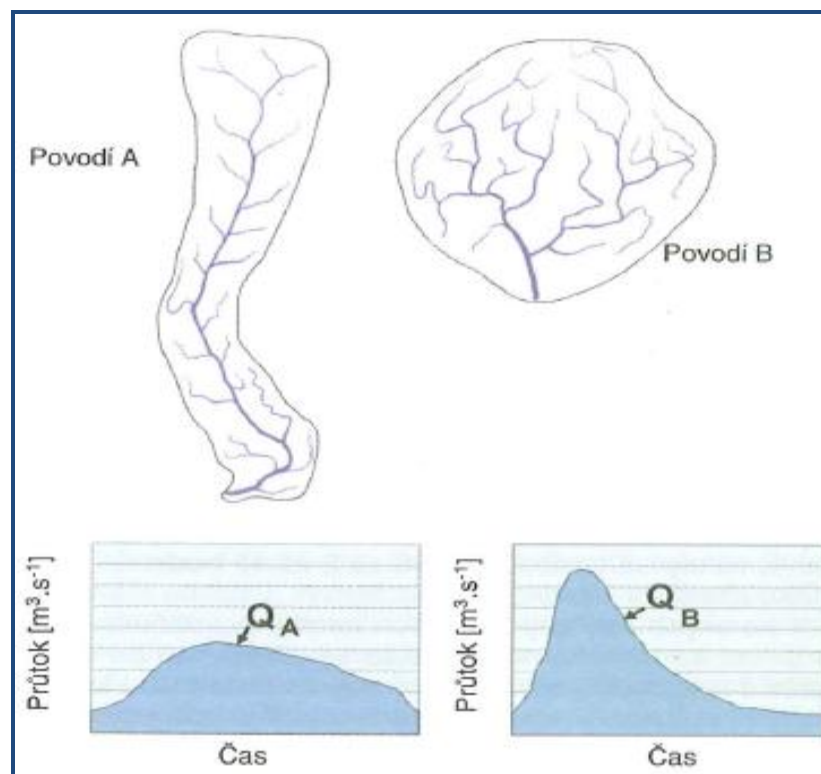
usazování kalů, erozivní činnost, ohrožení staveb a zdrojů pitné vody, ale za určitých okolností může mít také pozitivní přínos (Allaby 2003).

Mezi přírodními katastrofami, které se vyskytují na našem území, představují povodně největší nebezpečí. Jejich riziko spočívá v různém stupni extremity a nepravidelném výskytu, jak z hlediska časového, tak z hlediska prostorového. Obecně lze konstatovat, že povodně způsobuje několik meteorologických faktorů, které je možné rozdělit na předběžné a příčinné. Předběžné faktory jako je nasycenost, promrznutí půdy a zásoba vody ve sněhové pokrývce, mohou působit i několik měsíců před vznikem povodně. Naproti tomu příčinné meteorologické faktory působí několik hodin nebo dnů před vznikem povodně a jsou přirovnávány ke spouštěcímu mechanismu. Jedná se především o dešťové srážky, vyšší teploty způsobující rychlé tání sněhové pokrývky a rychlost větru, který průběh tání ovlivňuje. Zásadní význam má objem naplnění koryt vodních toků před samotným vznikem povodně a rovněž celkový stav ledových jevů na tocích (Bartoš et al. 2009).

Na základě kombinovaného pojmenování příčin a sezónního výskytu se rozlišuje několik typů povodní, jako je letní typ vyvolaný krátkodobými přívalovými dešti, nebo zimní a jarní typ způsobený táním sněhu, či vytvářením ledové masy v toku. Mezi druhy povodní, které se vyskytují na našem území, patří dešťové povodně z trvalých nebo přívalových srážek, případně takto kombinované. Dále to jsou sněhové povodně vznikající při oblevách s možností smíšených povodní v případě výskytu srážek. Při zatarasení průtočného profilu vlivem ledových zácp a nápěchů vznikají ledové povodně. Dalším možným druhem jsou zvláštní povodně bez souvislosti s meteorologickou situací, například v důsledku protržení hráze vodního díla, nebo sesuvu půdy a omezení průtoku koryta (Bartoš et al. 2010).

Během opakování povodňových událostí v posledních letech došlo k výraznému pokroku v oblasti protipovodňové prevence a ochrany, nicméně proti přívalovým povodním, nebo též bleskovým povodním, které způsobují mimořádně intenzivní srážky spadlé na relativně malém území, je vybudování účinné ochrany problematické. Směr, kterým se bude v tomto ohledu nutné ubírat, je zdokonalování předpovědní meteorologické služby, zavádění výstražných systémů na vytypovaných lokalitách a zavádění organizačně-technických opatření.

Přívalové srážky se mohou vyskytnout prakticky kdekoliv a síla následné povodně závisí na době trvání deště, velikosti zasažené plochy a charakteristice povodí (Obr. 4). V tomto kontextu patří přívalové povodně mezi typ povodní, který pravděpodobně nejvíce ohrožuje posuzovanou zájmovou lokalitu.



Obr. 4: Vliv tvaru povodí na tvar povodňové vlny (zdroj: Matějček et Hladný 1999)

## 5.1 Související právní normy

Dne 23. 4. 2010 byl přijat Parlamentem České republiky zákon č. 150/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 200/1990 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů (tzv. novela vodního zákona). Platnosti nabyl zveřejněním ve Sbírce zákonů České republiky s účinností k 1. 8. 2010. V oblasti ochrany před povodněmi přinesla tato novela zásadního legislativního předpisu v oblasti vodního hospodářství některé změny.

Přijetím novely došlo k transpozici evropských předpisů, zejména Směrnice 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládnání povodňových rizik. Kromě zmíněné transposice povodňové směrnice 2007/60/ES zpřesňuje novela vodního zákona definice stupňů povodňové aktivity. Dále se na 3 měsíce prodlužuje dosavadní jednoměsíční lhůta po ukončení povodně, ve které mají příslušné povodňové orgány povinnost zpracovat povodňovou zprávu. Zprávy o povodni, které byly předávány k využití vyššímu povodňovému orgánu, jsou nově předávány k evidenci správci povodí (Král 2010).

Problematice povodní se vodní zákon věnuje v Hlavě IX - Ochrana před povodněmi - v § 63 až 87 uvedeného zákona. Ustanovení § 64 zákona č. 254/2001 Sb., podrobně definuje povodeň, uvádí příčiny vzniku povodí a rozděluje povodně podle vzniku. Povodněmi se pro účely tohoto zákona 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 (VZ 2001).

Ustanovení § 65 se týká povodňových opatření, a to jak preventivního charakteru, tak opatření prováděných během povodně a po povodni. Jedním z přípravných opatření uvedených v odstavci 2 je stanovení záplavových území a zpracování povodňových plánů. Navazující § 66 upravuje tato záplavová území, jejichž rozsah stanovuje vodoprávní úřad na návrh příslušného správce vodního toku. Znalost rozsahu území ohroženého zaplavením vody je důležitá pro předcházení a snižování povodňových škody. Z důvodu finanční náročnosti nejsou záplavová území na mnoha místech stanovena. V takových případech vycházejí úřady při rozhodování z podkladů správce povodí a správce vodního toku o pravděpodobné hranici území ohroženého povodněmi. Zpracování a postupy při stanovování záplavových území upravuje vyhláška č. 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území (VZ 2001).

Povodňové plány zahrnuje § 71 a definuje je jako základní dokumenty, podle kterých se postupuje při ochraně před povodněmi. Podrobnější úprava povodňových

plánů je obsažena v normě TNV 75 29 31 "Povodňové plány". Obce zpracovávají povodňový plán, pokud povodeň může na území obce vzniknout, obce s rozšířenou působností zpracovávají povodňové plány pro své správní obvody, stejně jako kraje pro správní obvody svých krajů. Ministerstvo životního prostředí pak zpracovává povodňový plán pro celou Českou republiku (VZ 2001).

Důležitým prvkem při nebezpečí povodně je předpovědní a hlásná povodňová služba. K zabezpečení informací pro povodňové orgány a případné další účastníky v ochraně před povodněmi slouží předpovědní služba, jejíž příprava a činnost je zařazena mezi přípravná opatření a opatření při nebezpečí vzniku povodně (viz § 65 zák. č. 254/2001 Sb.). Předpovědní službu zabezpečuje Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci se správci povodí. Hlásnou povodňovou službu organizují povodňové orgány obcí, které mají možnost zřídit hlídkovou službu. Hlásná povodňová služba se řídí pokyny a pravidly upravující vyhlášení stupňů povodňové aktivity, pozorování a předávání hlášení o povodňových stavech. Ke sledování průběhu povodně a objektivnímu zjištění pohybu úrovně hladiny vody slouží hlásné profily, rozdělené podle významu do tří kategorií a umístěné na vybraných vodních tocích. Předpovědní a hlásná povodňová služba je upravena v ustanovení § 73 zákona o vodách (VZ 2001).

Povinnosti povodňových orgánů obcí a z toho vyplývající povodňové komise jsou předmětem § 78 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách. Paragraf v odstavci 1 určuje za předsedu povodňové komise obce starostu obce, který jmenuje další členy z řad obecního zastupitelstva a případně z dalších způsobilých fyzických osob. Odstavec 3 pak vyjmenovává úkoly, které zabezpečují povodňové orgány obcí v ochraně před povodněmi. Na § 78 "Povodňové orgány obcí" navazují paragrafy, které řeší povodňové orgány na úrovni obcí s rozšířenou působností, krajů a ústředního povodňového orgánu, kterým je Ministerstvo životního prostředí (VZ 2001).

Zákon o vodách rovněž nezapomíná na ostatní účastníky ochrany před povodněmi, jako jsou správci povodí, správci vodních toků, vlastníci vodních děl, vlastníci pozemků a staveb v záplavovém území, kterým ukládá různé povinnosti.



Obr. 5: Aktuální vydání vodního zákona a prováděcí předpisy

Rozsah právních norem, které se zabývají problematikou ochrany před povodněmi a protipovodňovou prevencí je relativně veliký. Některé zákonné předpisy nejsou přímo na problematiku povodní zaměřeny, ale z ustanovení vybraných paragrafů lze odvodit snahu o protipovodňovou prevenci a zmírnění průběhu a následků povodní. Kromě zmiňovaného vodního zákona mohou oblast týkající se povodní zahrnovat další právní předpisy. Působení záchranných složek v době přírodních katastrof upravuje zákon č. 239/2000, o integrovaném záchranném systému, oblast ochrany přírody a péči o krajinu pak vymezují zákony č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, zákon č. 289/1995, o lesích a zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu. Povodní se rovněž týká správa povodí, kterou zahrnuje zákon č. 305/2010, o povodích a vyhláška č. 393/2010, o oblastech povodí. V neposlední řadě je třeba zmínit zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, v platném znění.

Velké množství legislativních a prováděcích předpisů, metodických pokynů a technických norem vzniklo nebo bylo upřesněno v reakci na opakující se extrémní povodňové ohrožení v posledním období. Lze předpokládat, že s rostoucí frekvencí povodní a přívalových srážek bude postupně docházet k aktualizaci části předpisů.

## 5.2 Povodňové orgány

Povodňové orgány koordinovaně řídí organizaci povodňové ochrany a dohlížejí na ostatní účastníky ochrany před povodněmi. V případě povodňového ohrožení jsou těmito orgány příslušné povodňové obecní, městské a krajské povodňové komise, dále pak komise v rámci povodí a Ústřední povodňová komise. Ústřední povodňová komise je orgánem vlády a přísluší jí řízení ochrany před povodněmi v době, kdy povodně ohrožují velká území, a pokud krajské povodňové komise již nemohou vlastními silami a prostředky činit potřebná opatření ke zvládnutí povodně ve svých územních obvodech, nebo je žádoucí koordinace jejich aktivit. V případě vyhlášení stavu nebezpečí a nouzového stavu přecházejí práva a povinnosti na ústřední orgán krizového řízení a při této situaci se ústřední povodňová komise stává součástí Ústředního krizového štábu (Bartoš et al. 2009).

V zájmovém území tvoří povodňovou komisi vybraní zastupitelé obecního zastupitelstva Mochtín, která podléhá 8 členné povodňové komisi obce s rozšířenou působností Klatovy. Nadřízenou povodňovou komisi Plzeňského kraje představuje 25 členů, včetně 9 členů pracovního štábu. Dalšími účastníky ochrany před povodněmi v kraji je Povodí Vltavy, s. p., závod Berounka a Horní Vltava, ČHMÚ pobočka Plzeň a České Budějovice, Hasičské záchranné sbory, složky Policie ČR, armáda a další.

## 6. Informační systémy v ochraně před povodněmi

Povodňové situace vyžadují pro rychlé rozhodování přesné a včasné informace, díky kterým je možné předejít výraznějším materiálním škodám a ztrátám na lidských životech. Rozvoj informačních technologií a dostupnost počítačové techniky umožnil vývoj řady aplikací zajišťující shromažďování a operativní vyhodnocování údajů a dat s možností následného předávání dotčeným subjektům a občanům. Častější výskyt povodňových epizod v posledních 14 letech pak výrazně umocnil investice na pořízení informačních systémů.

Nejdůležitějším prvkem pro včasné varování je předpověď meteorologické situace a kvalitní přenos informací a dat. Jedním z důsledků katastrofálních povodní v roce 1997 a 2002 bylo přehodnocení ochrany a prevence, a to v celém rozsahu. Předpovědní a výstražnou službu plní Český hydrometeorologický ústav, který spolupracuje s jednotlivými správci povodí. Český hydrometeorologický ústav zveřejňuje aktuální meteorologické a hydrologické informace na internetových stránkách [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz), kde je rovněž uvedeno hrozící nebezpečí. Za přenos informací a varování obyvatel jsou pak zodpovědné povodňové orgány.

Informace o povodňovém nebezpečí, případně o průběhu stavu hladin a průtoků, může široká veřejnost zjistit z informačních systémů provozovaných veřejnými institucemi.

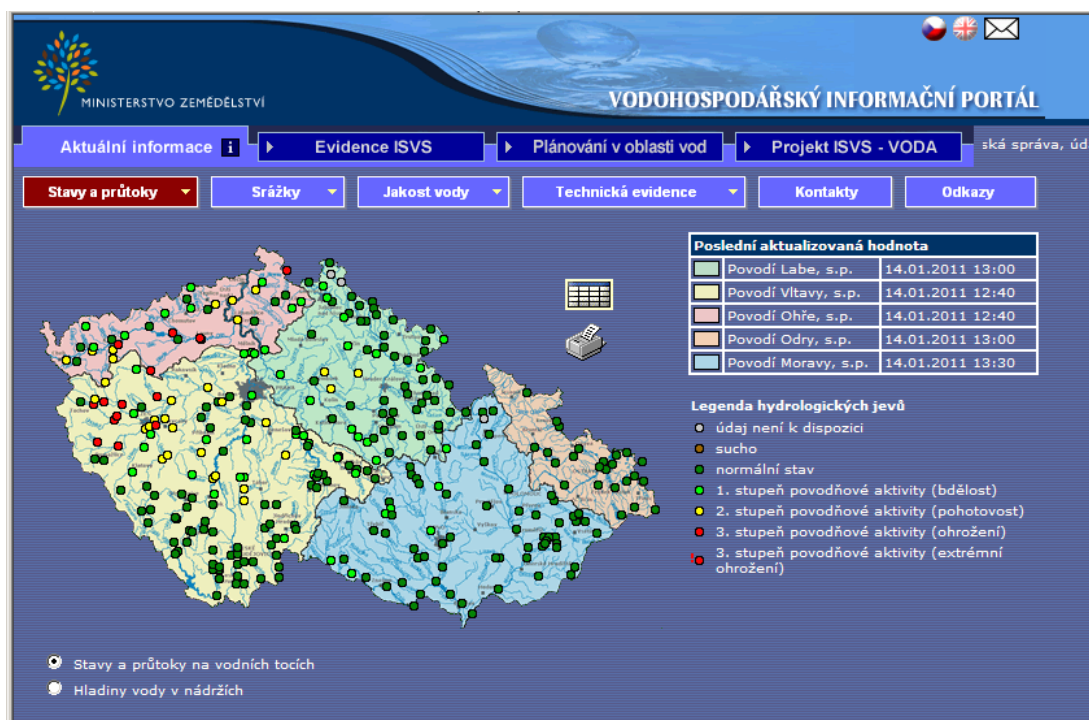
## **6.1 Informační systém veřejné správy**

V roce 2005 byl zahájen mezirezortní projekt na informačním systému veřejné správy – VODA, jehož hlavním garantem je Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí. Hlavním cílem se stala jednotná prezentace informací dotčených rezortů z oblasti vodního hospodářství na jedné internetové adrese. Do této doby bylo možné vodohospodářské informace nalézt na několika webových stránkách různých organizací, například podniků Povodí, ministerstev a dalších. Zadání a obsah projektu vycházel z ustanovení vodního zákona č. 254/2001 Sb., především z § 22, jenž upravuje povinnosti Ministerstva zemědělství a Ministerstva životního prostředí ve vztahu k informačním systémům veřejné správy (Sýs et al. 2008).

Díky spolupráci odborných subjektů v gesci rezortu zemědělství a životního prostředí (státní podniky Povodí, Lesy ČR, Český hydrometeorologický ústav, Výzkumný ústav T.G.M.) je na internetové adrese [www.voda.gov.cz](http://www.voda.gov.cz) k nalezení řada vodohospodářských údajů využitelných jak pro odbornou, tak pro širokou veřejnost. V souvislosti s povodněmi jsou nejdůležitější oblastí vodohospodářského portálu informace o stavech a průtocích na vodních tocích, přehledy hladin a manipulací na vodních nádržích a srážková činnost na našem území.



V případě povodňových situací umožňuje aplikace stavy a průtoky orgánům samosprávy, státní správě a občanům získat představu o vývoji hydrologické situace na sledovaném vodním toku. Aktuálnost zobrazovaných informací je dána půlhodinovou frekvencí aktualizace údajů z monitorovací sítě Českého hydrometeorologického ústavu a vložených profilů státních podniků Povodí. Další prezentovaná data o úrovni hladin vody v nádržích ve správě státních podniků Povodí jsou nezbytné pro případné zachycení povodňové vlny v době zvýšených průtoků. Naplněnost nádrže při povodních je barevně rozlišena a k dispozici jsou hodnoty přítoku a odtoku vody. Informace o množství spadlých srážek je zveřejňována za předcházejících 24 hodin z více jak 190 srážkoměrných stanic umístěných na celém území České republiky a lze tedy vysledovat nasycenost povodí vodou s vlivem na případný vzestup hladin toků (Sýs et al. 2008).



Obr. 6: Přehled stavů a průtoků na ISVS VODA při výskytu povodně v lednu 2011

(Zdroj: ISVS VODA, w.voda.gov.cz)

## 6.2 Hydroekologický informační systém

Hydroekologický informační systém VÚV T.G.M (HEIS VÚV) je jedním z dílčích vodohospodářských informačních systémů v ČR, který je vytvářen k zabezpečení jednotného informačního systému pro podporu státní správy ve vodním hospodářství s vazbou na Státní informační systém a další subsystémy Jednotného informačního systému životního prostředí (JISŽP). Databáze HEIS je navržena jako geodatabáze, integruje geografické a atributní údaje. Data mohou být uložena ve formě textové, grafické, tabulkové nebo geografické informace. Atributní údaje jsou uloženy v relační databázi. Data jsou vedena jako historická a údaje jsou uváděny spolu s časovým rozmezím jejich platnosti, starší data jsou v databázi ponechána a lze je zpětně vyvolat ke zvolenému referenčnímu datu. Databáze je tematicky rozdělena na několik částí (VÚV T.G.M. 2006).

V souvislosti s výskytem povodní je nejvýznamnější částí HEISu modul záplavová území, který legislativně upravuje v § 66 zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů a vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území.

Data v modulu záplavových území jsou získávána od správců vodních toků a upřesňována na základě podkladů od vodoprávních úřadů. Mapové vrstvy záplavových území České republiky vycházejí ze stejného zdroje, což zajišťuje jednotu zpracovaných dat (VÚV T.G.M. 2006).

## 6.3 Digitální báze vodohospodářských dat

Informační systém, ve kterém je možné rovněž dohledat data k některým záplavovým územím je Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD), jež je spravována Výzkumným ústavem T.G.M., v.v.i., v Praze. DIBAVOD především slouží ke shromažďování, vyhodnocování a prezentaci dat. Součástí systému je přehled o záplavových území v podobě kartografických výstupů v prostředí GIS. Tematické mapy záplavových území jsou zpracované na podkladu základních map

1:10 000. Určitou variantou map záplavových území je atlas záplavových území, kde je mapováno pouze území nivy každého jednotlivého vodního toku, na kterém jsou záplavová území vyhlášena.

## **6.4 Povodňový informační systém**

Povodňový informační systém (POVIS) slouží spíše specializovaným odborným subjektům jako podpora pro komunikační, koordinační a rozhodovací činnosti na všech organizačních stupních. Orgány, které jsou ze zákona povinny povodňovou situací řešit, mají v průběhu povodně i mimo ní zabezpečenu základní platformu pro kvalitní komunikaci mezi všemi odpovědnými subjekty. Cílem Povodňového informačního systému je také zjednodušit a zrychlit přenos informací a zajistit jednotné formáty předávaných informací.

## **6.5 Lokální výstražné systémy**

Rychlý nástup povodňových průtoků hlavně při přívalových deštích vyvolal potřebu na zajištění včasného varování. Zejména pro zabránění ztrátám na lidských životech a uskutečnění případné evakuace obyvatel jsou již více jak 10 let budovány na úrovni obcí automatické lokální výstražné systémy (LVS). Výskyt přívalových povodní ukázal, že pro malá povodí v horských a podhorských oblastech nelze úspěšně zajišťovat hláskou a předpovědní službu. V těchto případech jsou měřicí stanice provozované státními subjekty kombinovány s lokálními výstražnými systémy, které nejčastěji monitorují stavy hladin a srážek ve vybraných územích pro potřeby místního varování o mimořádné srážkové nebo povodňové situaci. Podpora instalace lokálních výstražných systémů je kromě dotací z Operačního programu Životní prostředí dána usnesením vlády číslo 382 z roku 2000, kterým byla schválena Strategie ochrany před povodněmi v České republice. Povodňové orgány mají prostřednictvím zabezpečené webové aplikace a zasíláním varovných SMS zpráv dostatek informací o srážkách a průběhu hladiny na vodoměrném profilu. Výhodou lokálních informačních systémů je jednoduchá instalace, která se nejčastěji provádí na chráněné a stabilní objekty při vodních tocích. Přes dosažení výrazného pokroku

v oblasti informačních technologií je však nezbytné stále počítat s lidským faktorem, jehož selhání může zmařit vysoké finanční náklady investované na pořízení informačních systémů (MŽP 2010).

## **7. Protipovodňová opatření**

Rozvoj lidské civilizace a rozrůstající se osídlení vyvolalo tlak na krajinu, ale zároveň v přímé úměře začalo docházet k větším škodám způsobených povodněmi. V předcházejících dobách byla místa při vodních tocích vyhledávána pro založení sídel a škody způsobené případným rozlivem vody jsou tedy v některých případech značné. Tento stav je znásoben rostoucím využíváním přírody. Škody způsobené povodněmi jsou v posledních letech násobené také tím, že lidé přestali vnímat vodu jako potenciální hrozbu. Několik opakujících se povodňových událostí od roku 1997 pak vyvolalo intenzivní snahy o vybudování protipovodňových opatření a účinných systémů včasného varování.

Povodně jsou jednou z mála přírodních katastrof, které postihují území našeho státu a způsobují značné hospodářské škody. (Čamrová et Jílková 2006) rozdělují v obecné rovině škody způsobené vodním živlem na tři kategorie:

- 1) ztráty na lidských životech
- 2) škody na majetku
- 3) škody na životním prostředí

Od roku 1997, kdy byla naše země postižena katastrofálními povodněmi, došlo v důsledku opakování tohoto přírodního jevu k materiálním škodám za více jak 170 mld. Kč (MZe 2011), jak je patrné z tabulky (Tab. č. 1). Jedná se však o souhrn přímých škod - např. na technické infrastruktuře, bytovém fondu, vodohospodářském majetku a pod. - tedy bez započtení celkových ekonomických ztrát způsobených dočasným poklesem průmyslové a zemědělské výroby v postižených oblastech. Dále se uvádí, že takové škody mají vzhledem k velikosti a ekonomické struktuře České

republiky významný dopad na národní hospodářství. Podíl škod na hrubém domácím produktu (HDP) činil například v roce 2002 významných 3,5 % (Čamrová et Jílková 2006).

rok	ztráty na lidských životech	povodňové škody (mld. Kč)	
		celkové	z toho na VH majetku
1997	60	62,6	6,6
1998	10	1,8	
2000	2	3,8	0,6
2001	0	1,0	0,1
2002	16	73,1	4,6
2006	9	6,0	2,3
2009	15	8,5	1,4
2010	6	15,0	3,4
<b>celkem</b>	<b>118</b>	<b>171,8</b>	<b>19,0</b>

Tab. 1: Povodňové škody v ČR v letech 1997 – 2010 (Zdroj: MZe-Kozlová 2011)

Detailně přesnou výši škod však prakticky vyjádřit nelze, protože není možné významnou část škod ocenit, neboť postupy při oceňování jsou tak složité, že se neprovádí. Pro dosažení objektivnějšího přehledu o výši celkových škod je nutné jejich rozdělení na nepřímé (např. nevytvořený zisk podnikatelů, ztrátu kupní síly, zvýšení nemocnosti) a přímé, tj. škody způsobené bezprostředním kontaktem s vodou, které se dále rozdělují na vyčíslitelné (tzn. reálné) a nevyčíslitelné škody zahrnující ztrátu životů, poškození historických památek, zničení biotopu apod. Oficiální statistiky operují v převážné většině s vyčíslením pouze přímých škod (Čamrová et Jílková 2006).

Výše materiálních škod a ztráta 118 lidských životů v letech 1997 až 2010 (MZe 2011), které jsou evidovány v přímé souvislosti s povodněmi, potvrzují nebezpečí plynoucí z povodní. Na základě těchto hrozivých čísel se dále pokračuje

v investicích do protipovodňových opatření, které s výrazně větší intenzitou započaly po druhé katastrofální povodni v roce 2002.

Opakující se povodňové epizody přinutily odpovědné orgány hledat další východiska, která by se nespolehala pouze na opatření technického charakteru, ale umožnila by vhodnými zásahy obnovení přirozeného potenciálu krajiny ve schopnosti zadržet vodu. Poslední desetiletí ukázalo, že se nelze zcela spolehnout na jednostranný přístup v budování povodňové ochrany, ale že je třeba protipovodňovou ochranu pojmout komplexně a navržená opatření vhodně kombinovat.

Při projektování návrhu protipovodňových opatření je třeba vycházet z hydromorfologického mapování říční sítě, ze zpracovaných koncepčních studií odtokových poměrů a studií protipovodňových opatření v ucelených povodích, zahrnujících analýzy faktorů ovlivňujících erozní a odtokové poměry s vytipováním ploch a pozemků, které jsou zdrojem eroze a povrchového odtoku. Na území České republiky dochází k častým přívalovým srážkám, jejichž úhrn překračuje počáteční schopnost akumulace vody v půdě. Proto je třeba dodržovat dobré hydrologické podmínky zemědělské a lesní půdy. Zemědělskou půdu je třeba chránit především na svazích, a to využitím vhodného protierozního opatření. Snížení výskytu negativních vlivů vodní eroze a omezování negativních důsledků povrchového odtoku vody je například možné dosáhnout výstavbou zasakovacích pásů a obnovou retenčních prostor. Jednou z možností, jak zajistit protierozní ochranu půdy jsou pozemkové úpravy (Janeček et al. 2005).

Do roku 2010 bylo ukončeno 1 142 pozemkových úprav na více jak 15 % zemědělského půdního fondu v ČR a na dalších 10 % jsou pozemkové úpravy rozpracovány. Jedním ze zásadních faktorů, které ovlivňují rychlost provádění komplexních (KPÚ), ale i jednoduchých pozemkových úprav, jsou finanční prostředky uvolňované státem. Pozemkové úpravy jsou nákladnou záležitostí, což dokazují proinvestované prostředky ve výši 2 mld. Kč na dokončení pozemkových úprav na území ČR za rok 2010 (MZe 2010).

V katastrálním území Mochtín nejsou připravované, rozpracované ani dokončené pozemkové úpravy, přestože Plzeňský kraj patří v ukončených KPÚ na přední místa ve srovnání s jinými kraji.

Uvědomování si komplexního přístupu k povodňové ochraně se projevilo i ve schváleném Plánu hlavních povodí ČR, včetně navazujících plánů 8 oblastí povodí vymezených v České republice. Jedním z úkolů plánování v oblasti vod je vymezit a vzájemně harmonizovat veřejné zájmy v oblasti ochrany před povodněmi a dalšími škodlivými účinky vod. V Plánu hlavních povodí ČR byla stanovena prioritní opatření povodňové prevence, která zajišťují v investorské působnosti správci povodí, správci vodních toků, kraje a obce. Hlavně se jedná o opatření v krajině přírodě blízkým způsobem, jako je podpora přirozených rozlivů, poldry, opatření k optimalizaci vodního režimu krajiny, kde je třeba zvýšit její retenční schopnosti a ochranu proti vodní erozi. V této souvislosti je potřeba dále pokračovat v cílených revitalizacích nevhodně upravených vodních toků a pozemkových úpravách. Do budoucna bude třeba se intenzivněji zabývat odvodněním zemědělských pozemků a koncepčně přistoupit k revitalizaci nevhodně odvodněných ploch. V přístupu k povodním je důležitá také důkladná analýza možných variant koncepcí řešení protipovodňové ochrany včetně vyhodnocení nákladů, dosažených užitků a rizik (MZe 2007).

Kromě budované protipovodňové ochrany technického charakteru v možné kombinaci s environmentálním přístupem rozlišujeme opatření netechnického charakteru, která zahrnují nestavební prvky jako je zjišťování a stanovení záplavových zón, instalace varovných systémů a preventivní informační činnost vůči veřejnosti. Všechny uvedené možnosti v protipovodňové prevenci zmírňují škody a zabraňují ztrátám na lidských životech. Nezanedbatelný vliv na výši škod je třeba vidět také v přísné regulaci výstavby v záplavových územích, jež umožňují současné právní normy.

## **7.1 Technická opatření**

Pod pojmem technická opatření se rozumí především stavební prvky, jako jsou ochranné hráze, nádrže a jiné retenční prostory, úpravy koryt vodních toků a bystřin. Nevýhodou stavebních opatření jsou vyšší investiční náklady nutné na zhotovení díla a možné selhání stavby v případě překročení navrhované kapacity

ochrany, kdy jsou technická opatření často vnímána jako absolutní ochrana a není tedy uvažováno o riziku selhání protipovodňového zabezpečení. V potaz je třeba také brát ekologické a estetické hledisko.

Ochrana území budováním protipovodňových staveb probíhá na našem území prakticky od samého počátku, kdy lidé byli nuceni zajistit ochrany svých majetků a obdělávané půdy. Nejčastěji docházelo k násypům ochranných zemních hrází, jejichž výstavba byla prováděna spíše intuitivně bez hlubších odborných znalostí vodohospodářského oboru. Soustavné plánování na ohrazování významnějších vodních toků lze zaznamenat až od konce 19. století a bylo prováděno hlavně po průchodu velkých povodní. V současné době se změnil náhled na výstavbu ochranných hrází. Již je kladen důraz na to, aby hráze v rámci možností neoddělovaly přirozené záplavové území od vodního toku a nebyla tak snižována retenční schopnost okolního území. Stejně tak je kladen daleko větší důraz na projektování a výstavbu, použití vhodných materiálů a technologických postupů při výstavbě. Moderní postupy při plánování a náročné požadavky kladené na zhotovitele při výstavbě hrází však nemohou zcela vyloučit destrukci hráze v době katastrofální povodně, a proto je třeba v chráněném území počítat i s tímto faktorem. Riziko narušení roste se složitostí hrázových systémů a v případě porušení protrhnutím vzniká povodňová vlna, která v důsledku zadržování velké masy vody může mít zcela zničující účinky. Použití a poměr stavebních materiálů závisí na parametrech hráze, ale nejčastěji se jedná o soudržné a nesoudržné zeminy, železobeton, asfalt, jílocementové směsi, geotextilie, beton. Pokud je navrženo opevnění hrázových přelivů, využívá se pro zvýšení odolnosti vegetační opevnění, cementová směs, kamenný pohoz, betonové bloky a tvárnice, nebo v poslední době využívané drátokamenné matrace. V některých případech není možné z prostorových a jiných důvodů použití hráze a dochází tedy k využití protipovodňových stěn (Říha 2010).

Ochranné nádrže patří k hlavním vodohospodářským opatřením k prevenci škod způsobených nepříznivými účinky velkých vod. Jejich hlavním posláním je zploštění vrcholu povodňové vlny a zachycení splavenin. Rozhodující úlohu v retenci vody mají přehradní nádrže, kterých je u nás přes 130 a celkový ovladatelný



objem tvoří 3,6 mld. m<sup>3</sup>. Také malé vodní nádrže (MVN) a rybníky, kterých je u nás přes 24 tis., svojí akumulací přesahující 0,4 mld. m<sup>3</sup> významně přispívají k omezování povodňových škod, tím spíše, že retence v době povodní dosahuje prakticky dvojnásobku běžně akumulovaného objemu. Hodnota akumulace vody by však měla být zvýšena odbahněním a novou výstavbou až na 4,0 mld. m<sup>3</sup>, čímž by došlo k posílení retenční schopnosti. Ochranná kapacita nádrží však závisí na skutečném naplnění před příchodem zvýšeného přítoku a na včasné manipulaci vodohospodářských dispečinků s vodním dílem dle manipulačních řádů (Pokorný, 2009).

Po povodních v roce 2002 došlo k vyhodnocení vlivu nádrží na průběh povodně v povodí Vltavy. Bylo konstatováno, že většina nádrží jsou víceúčelová vodní díla, které protipovodňovou ochranu mohou plnit jen částečně, ale nejsou dostatečně účinnou ochranou, zejména před mimořádnými povodněmi. Pozitivní vliv na zmírnění povodní mají především nádrže situované v horních úsecích toků. Díky zdržení části povodňových vln a jejich transformaci došlo k časovému posunu kulminací a oddálení maximálních průtoků v nižších polohách (MŽP 2003).

Malé vodní nádrže jsou charakterizovány jako nádrže o objemu do 2 mil. m<sup>3</sup> a největší hloubkou do 9 m. Protipovodňový efekt malých vodních nádrží je úměrný velikosti prostoru mezi kótou provozní hladiny a hranou bezpečnostního přelivu. S velikostí tohoto prostoru se zvětšuje objem zadržené vody při povodni a časové zdržení odtoku povodňové vlny. V ČR je v současnosti v rybnících odhadováno asi 200 mil. m<sup>3</sup> sedimentů, které byly splaveny z povodí a ubírají prostor pro možnou retenci (Pokorný 2009).

Poldry, tedy ohrazované území schopné zadržet část povodňových průtoků z mimořádných srážek, jsou stavěny jako suché, nebo se stálým minimálním nadržением vody pro plnění ekologických funkcí. Suché poldry nemají žádné stálé nadržением vody a jejich objem je celý využit pro zachycování vody z povodní, což je problematické z technických důvodů, protože suchá hráz musí odolat náhlému zatížení. Poldry mají účel v místech silně exponovaných povodněmi s rychlým odtokem a jsou velmi dobře účinné na malých povodích velikostí do desítek km<sup>2</sup>.

V České republice má charakter poldrů území přesahující 200 tis. hektarů (Pokorný 2009).

Dalším technickým opatřením jsou úpravy koryt vodních toků, zejména zvyšování jejich průtočné kapacity a zajištění stability. Cílem úprav v rámci protipovodňové ochrany je zajištění odvedení vody při zvýšených průtocích a tím zabezpečení okolních pozemků a staveb. Kapacitně jsou koryta navrhována na průtoky  $Q_2$  u drobných vodních toků v zemědělské krajině až po největší stupeň ochrany při  $Q_{100}$ , který je používán v zejména v městské zástavbě a při ochraně důležitých objektů. Úpravy toků v intravilánech menších obcí jsou navrhována na průtok  $Q_{20}$  až  $Q_{50}$ . Využití stavebních materiálů při opevňování koryta je závislé na vypracovaném projektu (Sobota 2007).

Významné škody, které vznikají při vysokých srážkách v povodích toků bystřinného charakteru, vedly k hrazení bystřin a strží. Specifický obor hrazení bystřin má v našich podmínkách dlouholetou tradici a účelem je především zabránit škodám, které vznikají nejen prudce tekoucí vodu, ale i uvolňováním a transportem velkého množství hornin a organického materiálu. Využití stavebních, biologických a lesnicko-hospodářských opatření při hrazení bystřin a strží zabraňuje katastrofálním škodám a ztrátám na lidských životech (Zuna et Jařabáč 2002).

## **7.2 Přírodě blízká opatření**

Přírodě blízká opatření jsou uplatňována pro celkové zlepšení stavu krajiny, kvality povrchových vod a dalších složek životního prostředí. Jedním z efektů je také řešení povodňové ochrany. Zkušenosti s povodněmi a jejich následky vedou k uplatňování přírodě blízkých opatření, která jsou považována za ekologicky přijatelná, na rozdíl od přísně technických opatření. Bylo zjištěno, že jednostranná orientace na opatření technického charakteru vedou v řadě případů k vyvolání dalších vodohospodářských problémů a mnohdy negativně ovlivňují životní prostředí.

Za příklad přírodě blízkého řešení úprav vodních toků může sloužit odstranění opevnění koryta, obnova meandrů, zvýšení členitosti dna a úprava sklonů

břehů. Vhodná kombinace technických a přírodě blízkých opatření je cestou k omezování negativních účinků povodní (Just et al. 2005).

V povodí jde především o opatření, která umožňují snížit vodní erozi a zvýšit retenci vody v krajině při zachování produkční schopnosti půdy. Tato opatření souvisí s naplňováním správné zemědělské praxe reprezentované organizačními, agrotechnickými a biotechnickými protierozními opatřeními, která je nutné podpořit ekonomickými nástroji a osvětovou činností. Retenci vody a zmírnění eroze rovněž významně podporuje správné hospodaření v lesních porostech a zvyšování podílu vhodných porostů.

Mezi preventivní opatření v zemědělství patří zásady řádného hospodaření s půdou a trvale udržitelné zemědělství. V tomto směru se u nás podporují podmínky dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC), které zajišťují hospodaření na zemědělské půdě ve shodě s ochranou životního prostředí. GAEC se týká pěti tematických okruhů jako je eroze půdy, organické složky půdy, struktura půdy, minimální úroveň péče, ochrana vody a hospodaření s ní (MZe 2009).

Po roce 1990 se ve větší míře začaly uplatňovat vodohospodářské revitalizace, jejichž účelem je napravení škod způsobených technickou úpravou některých vodních toků. Ukazuje se, že přílišné technické úpravy prováděné prakticky v posledních 150 letech pro účely protipovodňové a odvodňovací nemají v současné době již opodstatnění a škodí přírodě. Revitalizace vodních toků mají řadu přírodovědeckých a krajinářských pozitiv, ale jejich využití v ochraně před povodněmi bylo rozpoznáno jako jakýsi vedlejší efekt. V současném pojetí jsou ve vztahu k protipovodňové ochraně chápány revitalizace jako součást komplexní ochrany, nikoliv jako jediný nástroj. Revitalizační přístupy v ochraně před povodněmi mají několik uplatnění. Jde hlavně o podporu přirozeného rozlivu v nivách, vytváření odlehčovacích průlehů s vyvedením do rozlivných ploch a podporu retenčních kapacit ve sníženinách a mokřadních biotopech. Dále je doporučována podpora a usměrňování plošného rozlivu vody a její retardace zemními valy jako ekonomicky a stavebně výhodnější náhrada poldrů. (Just et al. 2005).

### 7.3 Finanční zdroje v protipovodňové ochraně

Ochrana před povodněmi vyžaduje nemalé finanční prostředky, které je třeba využívat koncepčně a s rozvahou. Důležitým aspektem budování ochranných opatření je zajištění finančních prostředků na uvažované projekty. Financování projektů na jejich realizaci je možné zajistit z fondů Evropské unie, prostřednictvím národních programů, případně prostřednictvím dotačních titulů vyhlášených v některých případech kraji. Struktura a účel vyhlášených programů a podpor je různá, některé se zaměřují na zlepšení hospodaření a péči o krajinu, jiné přímo podporují stavební opatření ve formě výstavby protipovodňových a retenčních staveb.

Evropské finanční zdroje zahrnují velmi významný objem finančních prostředků, které je možné čerpat v rámci evropských fondů. Na protipovodňovou ochranu jsou určeny prostředky ze strukturálního fondu Evropský fond pro regionální rozvoj (ERDF), který umožňuje čerpání pomocí Operačního programu Životního prostředí (OPŽP), stejně jako v případě čerpání z Fondu soudržnosti. Získání finančních prostředků je možné prostřednictvím schválených programů Ministerstva zemědělství. Jako zdroj prostředků pro jednotlivé programy slouží úvěr poskytnutý Evropskou investiční bankou, státní rozpočet, vlastní zdroje správců vodních toků a výnosy z privatizace. Ministerstvo zemědělství, jako správce programů, rovněž zajišťuje administraci Programu rozvoje venkova, který využívá prostředky z Evropského zemědělského fondu pro rozvoj venkova (EAFRD) a který je mimo jiné určen na zlepšení péče o krajinu (MZe 2009).

Prevence před povodněmi byla v České republice podporována v rámci vytvořených programů v I. etapě, uskutečněné mezi roky 2002 – 2007. V těchto letech došlo k rozdělení prostředků ve výši 4,15 mld. Kč. Vyhlášená II. etapa Projektu Prevence před povodněmi pokrývá období let 2007 – 2013 a umožňuje vyčerpat až 15,2 mld. Kč. II. etapa má koncepční charakter a navazuje na Strategii ochrany před povodněmi pro území České republiky, která byla schválena usnesením vlády ČR. Etapa zahrnuje program Podpora prevence před povodněmi II (číslo 129 120), program Podpora obnovy, odbahnění a rekonstrukce rybníků a výstavby

vodních nádrží (129 130), kde je možné čerpat 4,2 mld. Kč. Další prostředky ve II. etapě je možné získat z protipovodňových opatření v rámci pozemkových úprav, kdy je 1 mld. Kč určena k řešení protipovodňových opatření v rámci jednoduchých pozemkových úprav, nebo je využití možné na směny státní půdy pro usnadnění uspořádání majetkoprávních vztahů k pozemkům pro realizaci akcí v rámci programu.

Největší objem prostředků je alokovan v programu Podpora prevence před povodněmi II (129 120) v rozsahu ve výši 10 mld. Kč. Program se člení na 5 podprogramů a umožňuje cíleně zaměřit zdroje na podporu protipovodňových opatření s retencí (podprogram 129 122), tedy na výstavbu, obnovu poldrů a nádrží, rekonstrukci stávajících nádrží a poldrů a výstavbu a rekonstrukci objektů území určených k rozlivům povodní. Podpora protipovodňových opatření podél vodních toků (129 123) zahrnuje zvyšování kapacity koryt vodních toků, ochranné hráze, odlehčovací koryta a štoly, zvyšování průtočné kapacity jezů, rekonstrukce hrází, stabilizace koryt vodních toků a budování objektů pro zachycování splavenin. Zajištění a zvýšení bezpečnosti vodních děl je možné z podprogramu Podpora zvyšování bezpečnosti vodních děl (129 124). Pro vymezení záplavových území, pořízení studie odtokových poměrů a vymezení rozsahu území ohrožených zvláštními povodněmi je určen podprogram č. 129 125 Podpora vymezení záplavových území a studií odtokových poměrů. Posledním podprogramem je Podpora zadržování vody v suchých nádržích na drobných vodních tocích (129 126), který v podstatě doplňuje podprogram č. 129 123 Programu Podpora prevence před povodněmi II umožňuje čerpání správcům vodních toků, jako jsou státní podniky Povodí a státní podnik Lesy ČR. Z podprogramu č. 129 126 mohou čerpat také obce (Kozlová 2011).

Program Podpora obnovy, odbahnění a rekonstrukce rybníků a výstavby vodních nádrží (129 130) dotuje kromě činností obsažených v názvu také odstraňování povodňových škod na stavebních objektech rybníků a nádrží. Program se skládá ze dvou podprogramů č. 129 132 a č. 129 133 a žadatelem o dotaci mohou být právnické a fyzické osoby podnikající v zemědělství, Česká zemědělská

univerzita, Jihočeská univerzita a vybrané jednotky Českého rybářského svazu a Moravského rybářského svazu (MZe 2009).

Významným subjektem při poskytování podpor, ze kterých je možné zajistit povodňovou prevenci, je Státní fond životního prostředí ČR. Fond je zaměřen zejména na ochranu a zlepšování stavu životního prostředí. V současné době je poskytovatelem finančních prostředků na kofinancování projektů podporovaných z fondů Evropské unie a stejně tak poskytuje podpory v rámci vyhlášených národních programů. Řídícím orgánem Fondu je Ministerstvo životního prostředí (SFŽP 2011).

Státní fond životního prostředí je mimo jiné odpovědným orgánem za procesování podpor z Operačního programu Životní prostředí na roky 2007 - 2013. Na snižování rizika povodní je cílena prioritní osa 1 Zlepšování vodohospodářské infrastruktury a snižování rizika povodní a prioritní osa 6 Zlepšování stavu přírody a krajiny. Podporovanou oblastí v rámci osy 1 je omezování rizika povodní (bod 1.3) se zaměřením na zlepšení systému povodňové služby a omezení povodňových průtoků systémem přírodě blízkých protipovodňových opatření. Mezi typy podporovaných projektů patří zejména výstavba a modernizace systému předpovědní a hlásné povodňové služby a výstražných systémů ochrany před povodněmi, investiční podpora zpracování digitálních povodňových plánů a mapových podkladů o povodňovém nebezpečí a povodňovém riziku, úprava koryt přírodě blízkým způsobem v současně zastavěných územích obcí a výstavba poldrů. Prioritní osa 6 pak nabízí podporu přirozených rozlivů v nivních plochách, budování a obnovu retenčních prostor, revitalizace vodních toků a mokřadů, opatření k ochraně proti vodní a větrné erozi, opatření obsažená v plánech oblastí povodí a podporu při zpracování studií podélných revitalizací toků a niv. Podpora je určena hlavně pro města, obce, kraje, svazky obcí a krajů, státní podniky a jiné státní organizace (SFŽP 2010).

## **8. Povodňové situace na našem území**

Území našeho státu bylo ve své historii zasaženo řadou povodňových událostí. Průběh některých rozlivů nezpůsobil větší škody, důsledky jiných byly v mnoha ohledech katastrofální. Záznamy o historických povodních ukazují, že období, kdy lidé nebyli zkoušeni nebezpečím povodně, se vyskytují i v delších časových prodlevách. V těchto obdobích bez výskytu větších povodní obecně postupně klesalo povědomí o nebezpečí tohoto přírodního fenoménu a další generace si přestaly uvědomovat zrádnost zvýšených hladin řek a potoků, a to až do příchodu "velké vody". Nepřípravenost a nevhodně rozmístěné osídlení území pak vedlo k větším ztrátám na hospodářství a lidských životech. Sledování četnosti, okolností výskytu a rozsahu historických povodní může tedy vyvolat ponaučení, díky kterému bude možné předejít některým zbytečným škodám v budoucnosti.

Zhodnocením, popisem a analýzou povodní je věnována celá řada odborných materiálů. Mezi nejstarší dochované práce můžeme řadit spisy staré více jak 250 let. Zájem o zpracování tématu povodní vzrůstal s proběhlou povodňovou epizodou a kvalita výsledných materiálů odpovídala dosaženému stupni technického rozvoje.

### **8.1 Povodně v minulosti**

Území dnešní České republiky bylo postihováno povodněmi již v tisíciletích před písemnými záznamy, o čemž svědčí geologické a morfologické průzkumy se zaměřením na vývoj vedení říčních tras, výsledky průzkumů sedimentačních nánosů a archeologické výzkumy.

S drobnou výjimkou prakticky až do 1. poloviny 19. století neexistují cílená hydrologická měření povodňových stavů a průtoků na našich vodních tocích. Je třeba tedy vycházet ze zápisů v kronikách, které však nelze vždy považovat za spolehlivý zdroj informací. Pomocným zdrojem informací o povodních jsou také značky velkých vod vytesané do volných kamenů nebo zabudované na různých stavbách. Tyto nejstarší značky u nás nalezené pocházejí z 15. století, výjimku tvoří značka na děčínské skále z roku 1118. Bez založení odborných institucí se zaměřením na

shromažďování údajů a jejich studiu nebylo možné seriózní hodnocení. Až důsledky velkých lokálních záplav v povodí Berounky vedly k založení Hydrografické komise, která od roku 1875 zaznamenávala potřebná data na velkých tocích. Další vývoj pak vedl ke kombinaci meteorologických a hydrologických oborů, který vyústil ve vznik speciálního oboru - hydrometeorologii (Brázdil et al. 2005).

Záznamy o "potopách" se v dílech kronikářů objevují před začátkem 11. století, ale pro neurčitost záznamů je v současné době možné považovat za věrohodný až zápis z kroniky pocházející z roku 1002 n.l., který se zmiňuje o velmi deštivém létu a povodních na Vltavě a Labi. Stejná kronika potom připomíná zimní povodeň 1029 v důsledku oblevy z okolí Prahy a Berouna. Sdílnější zápisy jsou obsaženy v díle kronikáře Kosmy, jehož zápis z roku 1118 hodnotí katastrofální povodeň, která postihla celé Čechy (Votruba et Patera 2004 ex. Kosmas 1125).

Povodeň z roku 1118 je s určitými výhradami považována za největší povodeň v období tisíce let, protože pravděpodobná výška hladiny Vltavy tehdy dosáhla 9 m nad běžnou hladinu (Brázdil et al. 2005).

Další záznamy o mimořádném rozlivu vody z koryt řek pocházejí z roku 1141, 1250 a 1272. V případě povodně z roku 1272 je připomenuto množství materiálních škod a ztrát na lidských životech, stejně jako u záplav v jihozápadních a východních Čechách z roku 1310. Velmi významnou byla červencová povodeň 1432, která měla vliv na zničení úrody a následný nedostatek jídla. Za lokální pohromu je možné považovat zatopení vesnic ve středních Čechách, způsobenou přívalovým deštěm v roce 1519. Výše škod rostla úměrně vzhledem k rostoucímu počtu obyvatel a tím zvýšenému osidlování krajiny a zemědělskému hospodaření. Proto v létech 1770 - 1772 nastal vlivem deštivého období a častého rozvodnění toků na obhospodařovanou půdu hladomor. Rok 1784 a 1785 přinesl také povodně, z nichž ta z roku 1784 je považována za jednu z historicky největších. Na rozdíl od předcházejících povodní bylo díky technickému pokroku možné zaznamenat na fotografiích povodeň, která přišla skoro sto let po jarní povodni 1784 a poškodila pražské mosty a domy. Přibližně od záplav roku 1890 - 1891 jsou pak povodně odborně zdokumentovány (Votruba et Patera 2004).



V průběhu 11. až 19. století je možné vysledovat téměř 114 záznamů o povodňových situacích především větší intenzity. Nejvíce záznamů o velkých záplavách se vyskytuje v 16. a 19. století (Votrub et Patera 2004).

Je zřejmé, že v průběhu těchto 8 století došlo k daleko většímu počtu záplav, některé ani nemusely být v dřívějších dobách z různých důvodů zaznamenány, případně se záznam nedochoval.

Úplný počet všech zaznamenaných povodní pouze na řece Labe, Morava, Vltava, Ohře a Odra za období 12. až 19. století je 549 a největší četnost výskytu odpovídá 16. a 19. století (Brázdil et al. 2005).

červenec 1897	září 1890	květen 1872	únor 1862	březen 1845	červen 1675	únor 1655
březen 1598	srpen 1598	srpen 1501	červenec 1432	leden 1342	září 1118	léto 1002

Tab.2: Přehled největších povodní od 11. do 19. století (Zdroj: Brázdil et al. 2005)

## 8.2 Nejvýznamnější novodobé povodně

Výrazný nárůst počtu obyvatel, změny v oblasti zemědělství, zastavěnost území objekty pro bydlení, průmysl a rozšiřování technické a dopravní infrastruktury způsobil, že novodobé povodně způsobují škody, jejichž konečné finanční vyjádření narůstá, a to i s ohledem na srovnatelný rozsah záplav v minulosti. Naproti tomu možnosti meteorologických předpovědí a výstražné systémy umožňují v mnohých případech přípravu na zabezpečení majetku a záchranu lidských životů. Díky rozvoji hydrologie a intenzivnějšímu sběru hydrologických dat na větším pokrytém území můžeme především v 2. pol. 20. století sledovat vývoj průtoků a vodních stavů i na menších tocích a tím dospět k lepšímu vyhodnocení průběhu povodně. Dalším přínosem je modernizace techniky a současné využívání informačních technologií. Ale i přes tento civilizační pokrok nelze stejně jako v minulosti hrozbu povodní

odvrátit, pouze je možné zmírnit její průběh a následky. Přírodní pohromou ve formě záplav, bylo naše území postiženo i ve 20. století.

Již v roce 1903 postihly velké povodně oblast dnešního Moravskoslezského kraje. Vlivem nasycenosti povodí Odry a nadprůměrným červencovým srážkám došlo k výraznému vzestupu hladin Odry, Opavy a Ostravice a tím k obrovským škodám a utonutí několika lidí. Do roku 1997 se jednalo o největší záplavy ve 20. století v daném regionu. Od velkých povodní si naše území oddychlo až do srpna a září roku 1938, kdy pohroma v podobě mnichovských událostí byla místy umocněna dosažením až stoletých průtoků. Přestože záznamy neuvádí žádné lidské oběti, materiální škody vzniklé především v zemědělství byly veliké (Brázdil et al. 2005).

Červenec rok 1997 přinesl nejrozsáhlejší povodňovou katastrofu 20. století. Projevem a setkáním několika meteorologických jevů ve střední Evropě došlo ke spadnutí vydatných a dlouhodobých srážek ve dvou epizodách především v oblasti východní části území s rozšířením na Moravu. Samotný začátek první povodňové epizody 4. července 1997 byl ukončen o 4 dny později, ale již za 17 dní došlo k dalšímu vývoji atmosférické situace, kdy srážky dosahovaly 50% první srážkové epizody, avšak díky nasycenosti půd v oblasti došlo k vytvoření a soustředění intenzivního povrchového odtoku. Při extrémních záplavách došlo k úmrtí 60 lidí, z toho 10 utonulo a 80 tisíc bylo evakuováno. Zasaženo bylo 538 obcí, zcela zničeno, nebo vážně poškozeno bylo 5621 domů a rozloha zaplaveného území činila 1248 km<sup>2</sup>. Celková výše škod přesáhla 60 mld. Kč (Matějček et Hladný 1999).

Pokud nebereme v úvahu povodně z roku 1997, je možné na základě proběhlých povodňových epizod 20. století považovat za relativně klidné, což nelze s jistotou tvrdit o začátku 21. století.

Druhý rok v novém století přinesl ničivé záplavy na celém území České republiky. Na začátek první vlny intenzivních srážek v převážně v jižních a západních Čechách ve dnech 6. a 8. srpna 2002 navázala 11. srpna druhá vlna trvalých a vydatných dešťů zesílených v horských pásmech působením návětrných efektů. Během tří dnů trvání druhé vlny srážek došlo opětovně k zasažení území jižních a západních Čech s rozšířením do středních a 13. srpna do východních Čech

a na jižní Moravu. Srpen 2002 přinesl v Čechách průměrný měsíční úhrn srážek 202 mm, což odpovídalo 235% normálu a v nejvíce zasažené jižní části byl překročen měsíční úhrn dokonce o 307%. Na Moravě a ve Slezsku přesáhly srážky 130 % normálu (Hladný et al. 2005).

Samotné extrémní srážky způsobily již na začátku první vlny velké povodně v povodí Vltavy, kdy se v počátcích povodňové epizody podařilo díky manipulacím na vodních dílech Vltavské kaskády transformovat povodňovou vlnu a v Praze tedy protékal neškodný průtok. Vlivem nasycení povodí s následným velkým povrchovým odtokem a zaplněním retenčních prostor nádrží se však již při druhé vlně srážek nebylo možné vypořádat s další povodňovou vltavskou vlnou a setkání průtoků z povodí Berounky způsobilo zatopení části hlavního města. Přímé majetkové škody způsobené velkým objemem spadlých srážek byly vyčísleny na 73,1 mld. Kč. Na zasaženém území o rozloze 17 tis. km<sup>2</sup> bylo postiženo 986 obcí v deseti krajích. Přestože extremita povodně byla srovnatelná s rokem 1997, kdy zahynulo 60 lidí a zasažené území v srpnu bylo celkově větší s hustší infrastrukturou, přišlo v roce 2002 o život 19 obyvatel, což lze vysvětlit celkově lepší připraveností zapříčiněné předešlou povodňovou událostí (Hladný et al. 2005).

V sérii dalších méně významných povodňových událostí, jejichž relativně nízké způsobené škody lze přičítat také vlivu velkých nádrží, se vymykají povodně z roku 2006, které nejvíce zasáhly kraj Středočeský, Ústecký, Pardubický, Jihočeský, Jihomoravský, Olomoucký a kraj Vysočina. Určitým nemilým překvapením byl výskyt specifických přívalových (bleskových) povodní v létě 2009, které způsobily překvapivě velké škody a ztrátu několika lidských životů. Zatím poslední povodňová epizoda proběhla v druhé polovině roku 2010.

červenec 1903	srpen, září 1938	červenec 1997
---------------	------------------	---------------

Tab. 3: Přehled největších povodní ve 20. století (Zdroj: Brázdil et al. 2005)

### 8.3 Povodňové situace v zájmovém regionu

Nejstarší historické písemné zprávy o povodních v oblasti Města Klatovy se vztahují k blízké řece Úhlavě a Drnovému potoku, do nějž se pravostranně vlévá také zájmový Mochtínský potok. Ve srovnání s jinými místy v kraji bylo okolí Drnového potoka osídleno relativně pozdě, a to převážně kvůli nepříznivému terénu a jeho častému zaplavování. (Baier 2001) uvádí v této souvislosti překlad německého názvu Grassbach, dle grass, což je možné přeložit jako děsivý, strašný, či hrozný potok.

Drnový potok byl do 2. pol. 16. století, kdy je popisován trvalý úbytek vody, považován za bystrou řeku již v horní části toku a od soutoku s Mochtínským potokem za velkou řeku, která způsobovala značné škody. V kronikách jsou zaznamenány rozsáhlé povodně v roce 1510, 1515, 1558, 1675, 1676 a poslední z roku 1854 (Baier 2011).

Také o jedné z velikých povodní na řece Úhlavě u Klatov se zmiňuje zápis v kronice z roku 1310. Údaje hovoří o utonutí dvou tisíc lidí a obrovském množství materiálních škod, které lze přičítat zvětšujícímu se osidlování a rozrůstání vesnic podél vodních toků (Votruba et Patera 2004).

V prosinci 1392 způsobila rozlitá voda z Úhlavy poškození domů a ztrátu neuvedeného počtu lidských životů. Regionální prameny povodně nepřipomínají až do hospodářsky značně neúspěšného období v posledním desetiletí 17. století, kdy kromě neúrody a úhynu hospodářských zvířat udeřily také blíže nelokalizované povodně v roce 1692, které jistě ztížily již tak nelehkou situaci obyvatel. Období mezi roky 1880 a 1890 bylo ve znamení opakujících se povodní, které ničily úrodu a způsobily značné zadlužení drobných rolníků (Weinmann 1997).

Další katastrofu v 19. století způsobily lokální přívalové srážky spadlé během 16. května 1889, které ničily severně od Klatov majetek a dokonce v důsledku rozvodnění Vlčího potoka zahynulo 25 lidí v obci Jíno a jejím okolí (Pouza 2011). Podobná tragédie proběhla ve vzdálenějších Příchovicích ležících na Zlatém potoce, kdy průtrž mračen způsobila utonutí 53 lidí (Klepsová 2010). Další katastrofa těchto rozměrů způsobená přívalovými dešti se v regionu již nevyskytla, na což mělo vliv vybudování regulačních opatření na některých vodních tocích.

Především Úhlava způsobovala vcelku pravidelné rozlivy do inundací podél jejího koryta, při kterých však nedošlo k větším škodám. Výjimku tvořily letní povodně 1943, 1965 a zimní povodeň 1955 způsobená prudkou oblevou a zatarasením koryta ledovou tříští. Intenzita záplav způsobených řekou Úhlavou polevila po vybudování vodního díla Nýrsko na horním úseku toku v roce 1969. Poté k větším rozlivům vodních toků v popisované oblasti došlo v prosinci 1993, lednu 2003 a březnu 2005. Stejně jako v jiných částech našeho území došlo i na Klatovsku k průběhu povodňových epizod v letech 1997, 2002, 2006, 2009 a 2010.

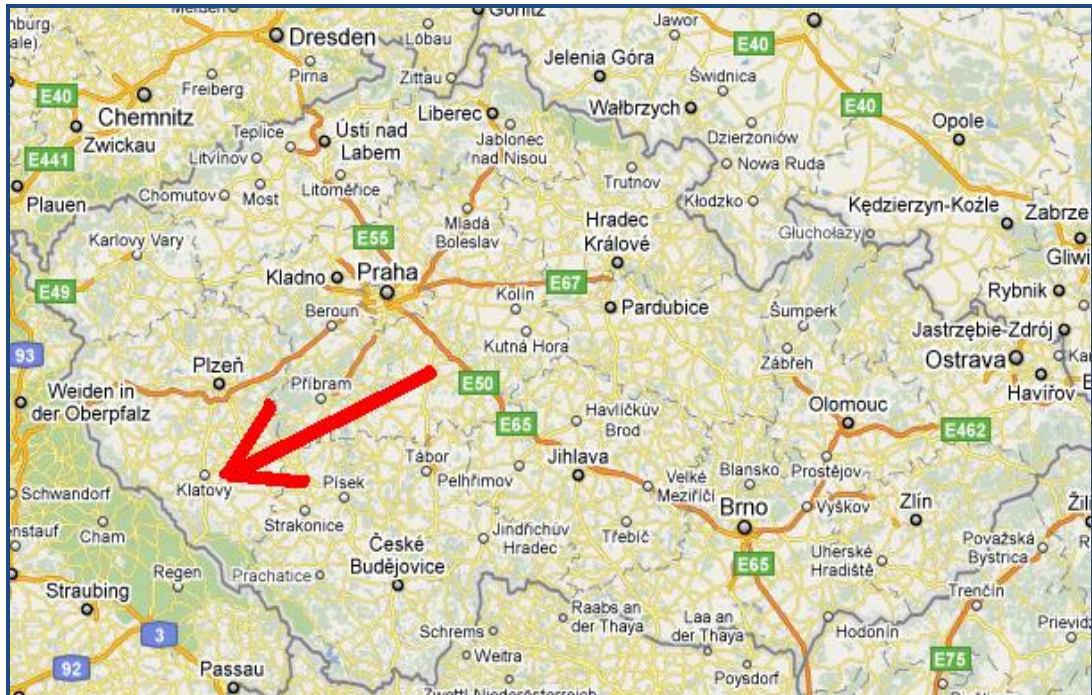


*Obr. 7: Povodeň v obci Mochtín, Mochtínský potok, srpen 2002 (Zdroj: Kantová 2002)*

## **9. Popis zájmového území**

Zájmové povodí a správní území obce Mochtín se nalézá v jihovýchodní části Plzeňského kraje, okrese Klatovy, v obvodu obce s rozšířenou působností Klatovy (Obr. 5). Správním střediskem Plzeňského kraje je město Plzeň vzdálené od obce 50 km. Vzdálenost od města Klatovy je přibližně 7 km.





Obr. 8: Širší přehled zájmového území

(Zdroj: Google.cz 2011)

Správní území Obecního úřadu v Mochtíně se rozkládá na rozloze 2396 ha. Z této výměry tvoří 29,5 ha zastavěná plocha, 781,3 ha lesní půdy, 11,5 ha vodní plocha, 1437,7 ha zemědělská půda a 136,0 ha ostatní plochy. Obec Mochtín se skládá z deseti samostatných částí, a to Těšetiny, Srbice, Lhůta, Hoštičky, Kocourov, Srbice, Újezdec, Mochtín, Bystré, Nový Čestín. Počet obyvatel je 919, z toho 325 tvoří obyvatelé samotného Mochtína. Celkový počet podnikatelských subjektů je 188 s převažující činností v obchodě a prodeji, dále pak v zemědělství a lesnictví. Občanskou vybavenost představuje základní škola, mateřská škola, pošta, obecní úřad, veřejné hřiště a obchod s potravinami. Důležitým prvkem je regionální sklad civilní ochrany, nevhodně umístěný v blízkosti vodního toku. Počet domů v obci Mochtín je 267 (ČSÚ 2005).

Mochtínem prochází důležitá komunikace číslo I/22 ve směru Klatovy - Horažďovice. Obec a okolní sídla jsou zásobeny pitnou vodou ze dvou podzemních vrtů. Z tohoto důvodu jsou v blízkosti Mochtínského potoka vyhlášeny 2 lokality ochranných pásem vodních zdrojů. První vodovod v obci byl postaven již počátkem 20. století a další zkapacitnění probíhalo v 70. letech 20. století, kdy byl vybudován

také vodojem. V roce 2006 byla zprovozněna úpravna vody. Další technickou infrastrukturu tvoří plynovod a telekomunikační systém. Napojení na čistírnu odpadních vody obec nemá (Kříž et Kantová 2009).

Pro objektivní posouzení území je třeba vzít v úvahu existenci samostatného správního obvodu Obecního úřadu v Chlistově, které zahrnuje nejhornější část povodí Mochtínského potoka. Celková výměra správního obvodu je 392 ha. Z této rozlohy připadá 216 ha na zemědělskou půdu, 136 ha tvoří lesní půdy a zbytek představují ostatní druhy pozemků, jako vodní plochy, zastavěné plochy a pod. (ČSÚ 2005).

## 9.1 Klimatické poměry

Území Klatovska má podnebí mírně teplé (rozhraní podtypů MW11 a MW7), mírně suché s mírně chladnou zimou. V regionu nedochází k významnějším ročním výkyvům teplot a srážek, což svědčí o působení oceánských vlivů. Průměrná teplota vzduchu v roce 2009 byla 8,1°C a roční úhrn srážek ve stejném roce dosáhl 564,3 mm (Tab. 4). Prvním mrazovým měsícem bývá říjen a posledním květen. Průměrné trvání sněhové pokrývky je 30 dní. Místní zvláštností je především fénové proudění přinášející teplý a suchý vzduch, který je příčinou častých oblev. Nejbližší meteorologická stanice se nachází v areálu Střední zemědělské školy v Klatovech (Nikl 1997).

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
<b>Prům. teplota vzduchu (°C)</b>	0,7	-3,4	1,9	9,4	13,2	16,7	18	15,7	14,1	9,3	2,2	-0,7
<b>Pr. úhrn srážek (mm)</b>	33,6	54,8	12,2	36,6	70	69,2	119	84,8	22,4	20,4	15,2	25,9

Tab. 4: Přehled průměrných teplot a úhrn srážek za jednotlivé měsíce na Klatovsku  
(Zdroj: ČHMÚ)

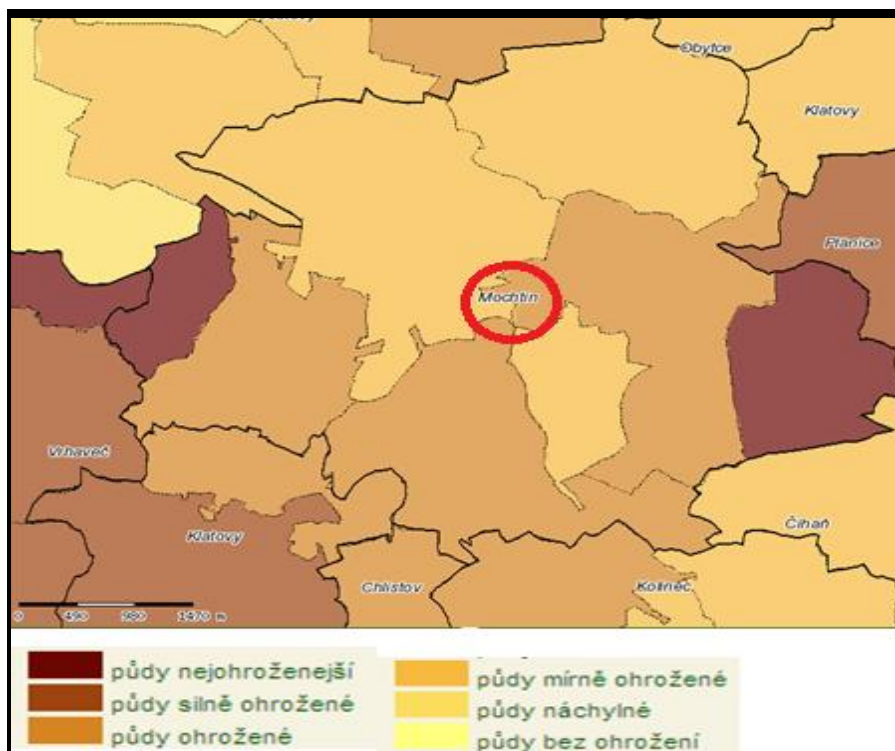
## 9.2 Geomorfologie a pedologie

Zdejší reliéf lze zařadit do Poberounské soustavy, podsoustavy Plzeňská pahokartina, celku Švihovská vrchovina a podcelku Klatovská kotlina. Výšková značka státní nivelace umístěná na budově Základní školy v Mochtíně označuje nadmořskou výšku 450 m n.m. Nejvyšší body v území tvoří vrcholy Drkolná s nadmořskou výškou 729 m n.m., Na Skále 705 m n.m., Žďárovský vrch 637 m n.m. a Pavlova hora 674 m n.m. (Níkl 1997).

Geologicky je celek tvořen algonkickými horninami. Území patří ke krystaliniku Českého masivu, tzv. moldanubiku, které je tvořeno především metamorfovanými horninami. Horniny jsou překryty zvětralinami kamenitohlinitých sutí s jílovitohlinitými pokryvy, které lze půdním typem zařadit mezi podzoly. Ve střední části prochází Mochtínský potok poměrně mocnými fluvialními sedimenty, které jsou uloženy na zarovnaném tělese středočeského žulového plutonu, procházejícím od severovýchodu k jihozápadu Klatovskou kotlinou. V tomto úvalu se nachází pestřejší série půdních typů, spoluvytvářených vodní a větrnou erozí. Vyskytují se zde půdy jílovité, jílovitopísčité až písčité se slabě vyvinutými genetickými horizonty, které je možné charakterizovat jako nivní typ. Dolní část toku se v krátkém úseku prořezává kontaktně metamorfovanými algonkickými břidlicemi, přecházejícími postupně v nepřeměněné nebo slabě přeměněné horniny, prostoupené na několika místech v severovýchodním směru buližníky. Na svahových sutích a údolních sedimentech se vytvořily hnědozemě se slabým humusovým horizontem a nivní jílovité, jílovitohlinité, hlinitopísčité a písčité půdy, které mají slabě vyvinuté genetické horizonty (Zuna 1994).

Na základě posouzení zájmového území z hlediska ohroženosti půdy vodní erozí je možné konstatovat, že v povodí se nejčastěji vyskytují půdy ohrožené (Obr. 9). Tento stav může mít velmi nepříznivý vliv na škody způsobené případnou intenzivní srážkovou činností. Příznivý není ani faktor délky a sklonu svahu, kdy míra erozního ohrožení ukazuje na relativně velký podíl svahů ohrožených až silně ohrožených.





Obr. 9: Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí v zájmové lokalitě  
(výřez z mapy 1:30 000, zdroj: VÚMOP, v.v.i., 2011)

### 9.3 Hydrologické poměry

Vymezená lokalita je součástí povodí Úhlavy (ČHP 1-10-03) náležejícího do hlavního povodí Labe, úmoří Severního moře. Celková plocha povodí Mochtínského potoka (ČHP 1-10-03-042) představuje 35,09 km<sup>2</sup>.

Mochtínský potok, jehož identifikátor vodního toku je 10250426, pramení pod Žďárovským vrchem 637 m n.m. v k.ú. Chlístov, protéká intravilánem obce Mochtín a u Klatov se vlévá do Drnového potoka, který je u Svrčovce zaústěn do významného vodního toku Úhlava. Celková délka Mochtínského potoka od pramene po soutok s Drnovým potokem je 10,8 km. Mochtínský potok tvoří recipient pro 7 levostranných přítoků a 8 přítoků pravostranných. Významným přítokem Mochtínského potoka je Srbický potok, který je zaústěn z levé strany v ř. km 2,500 a neovlivňuje tedy průtok v obci Mochtín. Na Mochtínském potoce je v k.ú. Sobětice

umístěn od roku 1986 limnigraf 2. kategorie, který je ve správě Českého hydrometeorologického úřadu.

Mezi nejvydatnější přítoky patří Bystrý potok, který pramení u obce Bystré pod Pavlovou horou (674 m n.m.), protéká jejím intravilánem, a po šesti kilometrech se pravostranně vlévá v obci Mochtín do Mochtínského potoka. Povodí Bystrého potoka má rozlohu 9,5 km<sup>2</sup> a je do něho zaústěno 12 menších přítoků charakteru vodního toku.

Zájmové povodí, ze kterého je voda odváděna do recipientů, tj. posuzovaných vodních toků, má celkovou rozlohu 25,8 km<sup>2</sup>. Vzhledem k tomu, že hranice území správních celků Mochtín a Chlistov (27,8 km<sup>2</sup>) a ohraničená plochy povodí nevykazuje větší odchylky, jsou údaje o druhu a kultuře pozemků statisticky vztažená ke správním uspořádání dobře použitelná i pro zájmové povodí.

<b>N-leté průtoky</b>	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
<b>Průtok (m3/s)</b>	2,87	4,43	6,62	8,81	13,62	11,14

Tab. 5: N-leté průtoky na Mochtínském potoce - přepočet

(Zdroj: ČHMÚ)

<b>N-leté průtoky</b>	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
<b>Průtok (m3/s)</b>	1,88	2,05	3,19	6,33	8,50	9,45

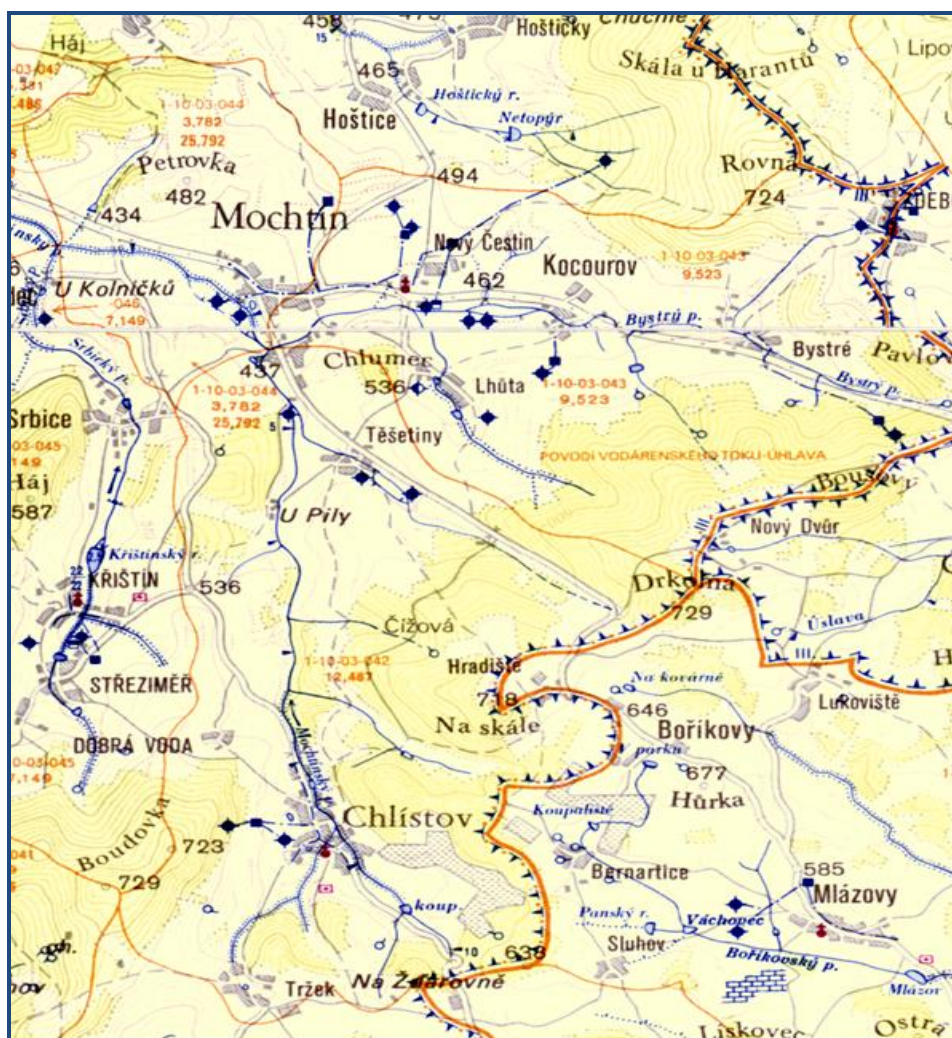
Tab.6: N-leté průtoky na Bystrém potoce

(Zdroj: Hydroprojekt)

Podle charakteristických znaků, jako je velikost a vlastnosti povodí, délka toku, podélný sklon a průtokové poměry, lze předmětné vodní toky zařadit svým typem mezi potoky pahorkatin a nížin. Průměrný podélný sklon se pohybuje u středního úseku Mochtínského potoka od 5 ‰ do 10 ‰ v horní části (Zuna 1994).

Správce povodí je Povodí Vltavy, státní podnik, v územní působnosti závodu Berounka se sídlem v Plzni. Správce Mochtínského potoka jsou v současné

době Lesy ČR, s.p., s Oblastní správou toků Benešov se sídlem detašovaného pracoviště v Plzni. Správu Bystrého potoka vykonává Povodí Vltavy, s. p. Od založení Státní meliorační správy v roce 1970, respektive od vzniku nástupnické organizace v podobě Zemědělské vodohospodářské správy v roce 2001, byly zmíněné vodní toky ve správě této organizace. Změna příslušnosti k výkonu správy uvedených vodních toků nastala k 1.1.2011 v souvislosti s přechodem některých činností ze Zemědělské vodohospodářské správy na státní podniky Povodí a Lesy ČR, s. p., a je důsledkem transformace této organizační složky státu.



Obr. 10: Zájmové povodí - výřez z vodohospodářské mapy 1:50 000

(Zdroj: VÚV T.G.M.)

## 9.4 Využívání zájmového povodí

Podrobná znalost charakteru povodí drobných vodních toků je velmi důležitá, protože rozhoduje o vzniku a průběhu srážkového odtoku. Velikostně malá povodí vytvářejí rychle probíhající odtoky se specifickými hodnotami. Je to dáno tím, že mohou být zasažena na celé rozloze přívalovými dešti, které se vyznačují krátkým trváním, ale vysokou intenzitou. Mezi další významné charakteristiky povodí patří tvar povodí, sklonitost a půdní vlastnosti (Jůva et al. 1984).

Vzhledem k vybranému úseku uvedených vodních toků je nutné brát v úvahu tomu odpovídající vymezené povodí, které má vliv na popisované recipienty. Pro tento účel byl zvolen uzávěrový profil povodí přibližně nad místem levostranného přítoku Srbského potoka. Celková plocha povodí, které svým odtokem ovlivňuje průtoky v zájmovém úseku vodních toků tedy podle odvození z vodohospodářské mapy dosahuje přibližně 23 km<sup>2</sup>.

Lze konstatovat, že zájmové povodí je charakteru protáhlého, což může mít pozitivní vliv na průběh odtoku, protože tyto typy povodí nevytvářejí veliké a časově rychle probíhající odtoky, na rozdíl od povodí plošně zaokrouhlených (Jůva et al. 1984).

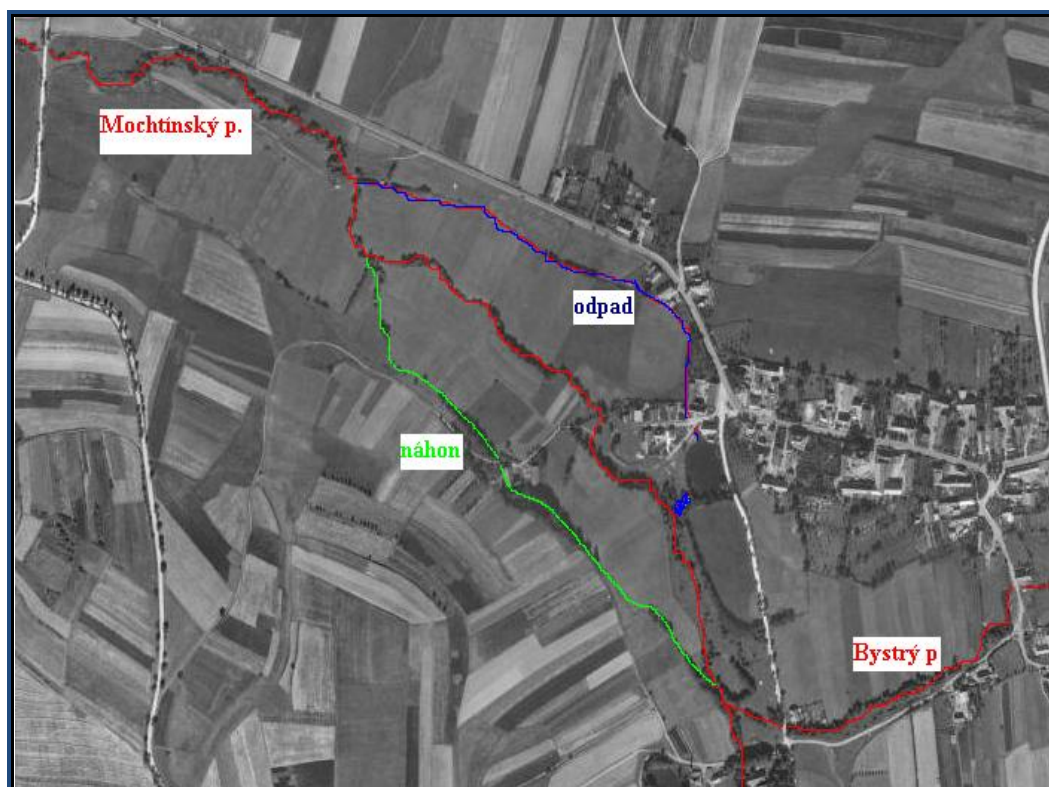
Povodí Mochtínského a Bystrého potoka je využíváno především pro zemědělskou výrobu, horní část povodí je využívána pro lesní hospodaření. Trvalý travní porost tvoří menší část zemědělských pozemků využívaných pro výrobu suché píce. Naprosto převažující rostlinná výroba zahrnuje pěstování především obilovin, řepky a kukuřice.

Lesní porosty pokrývají přibližně 30 % plochy povodí. Převažující dřevinou je smrk doplněný modřínem a v některých částech listnatými stromy. Doprovodný břehový porost tvoří převážně topol, olše, vrby, různé druhy keřů a místy nevhodný smrkový porost.

V povodí se nevyskytují nádrže s významnější retencí, které by měly vliv na zpomalení odtoku v době povodně. Celkem 29 menších rybníků je využíváno pro chov ryb, některé slouží jako požární nádrže, případně je funkce kombinována.

Největší vodní plocha o rozloze 0,9 ha v horní části povodí u obce Chlistov slouží jako přírodní koupaliště s kvalitní vodou.

Antropogenní činnost v povodí se vyznačuje především zemědělskou výrobou. Přibližně 60 % plochy povodí zaujímá zemědělská půda, která je ze 62 % tvořena ornou půdou. Antropogenní činnost se projevila také zásahem do hlavního toku v podobě jeho regulace spojenou s úpravou trasy a nivelity dna. Na leteckém snímku z 50. let 20. století (Obr. 11) je vidět trasa toku ve spodní části zájmového úseku pod obcí Mochtín před provedením vodohospodářských úprav. K dalšímu souvisejícímu ovlivnění došlo vybudováním melioračních odvodňovacích staveb na zemědělských pozemcích.



Obr. 11: Část trasy posuzovaných vodních toků v 50. letech 20. století  
(Zdroj: Národní geoportál 2011)



## 9.5 Odvodňovací stavby a úprava toku

Vzhledem k tomu, že v minulosti bylo přistoupeno na některých lokalitách v zájmovém povodí k provedení plošného odvodnění systematickou drenáží, je nutné vzít v úvahu možnost ovlivnění hladiny vody ve vodním toku vlivem odtoku z drenážních systémů (Příloha č. 3).

Drenážní odtok je zvláštním případem mělkého podpovrchového odtoku. Pokud podíl odvodnění povodí vykazuje vysokou hodnotu, přibližně přes 30 %, může být za určitých odtokových podmínek také zvýšen podíl složky drenážního odtoku na odtoku celkovém. Obecně však platí, že podíl drenážních vod je nízký u významné srážko-odtokové epizody, to znamená, že odvodnění výrazně nezhoršuje povodňové stavy. Některé studie dokládají pozitivní přínos drenáže snížením povrchového odtoku při určitých, časově vymezených, středně intenzivních srážkách. Podíl drenážních vod je vyšší v období sušším a někdy může v delším období beze srážek odtékat z povodní drobného vodního toku po určitý čas pouze voda drenážní (Kulhavý et al. 2007).

(Matějček et Hladný 1999) uvádějí, že při povodních v roce 1997 odvodnění pozemků výrazně nezhoršovalo průběh povodňové situace a jejich vliv se vytrácel s dobou trvání povodně. Bylo konstatováno, že působení melioračního detailu tedy mělo nepodstatný celkový vliv.

V roce 1973 bylo z důvodu úprav vláhového režimu v půdě pro zvýšení její úrodnosti přistoupeno k vybudování odvodňovacích ploch systematickou trubkovou drenáží v zájmovém povodí. Výsledkem několika etap prací v následujících letech bylo odvodnění 188,6 ha zemědělských pozemků (ÚIS ZVHS 2008). Vzhledem k charakteru a svažitosti pozemků posloužil jako recipient pro meliorační detail převážně vodní tok Mochtínský a Bystrý. K vybudování hlavního odvodňovacího zařízení, převážně trubního charakteru, bylo přistoupeno spíše ojediněle. Při odvodňovacích pracích byla v povodí podchycena pramenními jímkami řada pramenných vývěrů.

Využití vodního toku jako recipientu pro odvodnění zemědělských pozemků, zvýšení výměry a zlepšení přístupu pro obhospodařování si vyžádalo úpravu

Mochtínského potoka. V souvislosti se stavební činností byly v 70. letech 20. století rekultivovány okolní pozemky. Náhon na historický mlýn byl zasypán, stejně jako část původního koryta toku, stromy vykáceny. Úprava byla provedena v celé trase toku od zaústění do Drnového potoka až po začátek intravilánu obce Mochtín. V zájmovém úseku došlo k napřímení trasy toku a prohloubení koryta pro možnost snížení hladiny podzemní vody v okolí a zajištění výtoku z drenážních hlavnků. Dále byl vybudován mostek typu Beneš. Pro samotné opevnění lichoběžníkového profilu koryta byl zvolen laťový plůtek ve čtyřech řadách se šterkovým záhozem tloušťky 20 cm a kamenným pohozením dna. Nad šterkovým záhozem byl zvolen pás drnů. Opevnění koryta betonovými tvárnici, tak jako v některých spodních úsecích toku, nebylo nutné (Hydroprojekt 1978).

V současné době je laťový plůtek vlivem kolísání hladiny vody místy silně poškozen a profil koryta zúžen narůstajícím drnem, zarůstáním vegetace a působením kořenového systému břehových porostů. Břehy vykazují relativní stabilitu bez větších nátrží. V úseku při fotbalovém hřišti zasahují keřové porosty vrby do samotného toku a způsobují zachytávání různého splávi. Prakticky v celé zájmové trase toku není prováděna péče o břehový porost a v některých místech jsou v průtočném profilu spadlé větve z přestárlych stromů. V intravilánu obce Mochtín jsou v korytě Mochtínského potoka naplaveniny, především písčitohlinitého charakteru. Na Bystrém potoce, přibližně u skladu civilní ochrany, jsou pak naplaveniny o mocnosti několika desítek centimetrů. Bystrý potok je v obci neupravený, pouze při oplocení skladu CO je patrná provizorní panelová úprava, jako ochrana proti podemílání břehu. Další panely jsou umístěny při vedlejší komunikaci na křižovatce směrem na obec Lhůta. Betonové panely doplňuje kamenný zához, který sanuje nátrž po minulých povodních. Velkou hrozbu v případě povodňových stavů představuje drátěné pletivo použité k oplocení některých soukromých pozemků, které je vedeno přímo do toku. Na různých místech je patrné vyústění odpadů, které však nezpůsobuje překážku v toku. Určitým problémem může být vyvedení pevných sacích zařízení pro odběr vody v letních měsících, jež se zcela jistě budou objevovat. Stejně tak je potencionálním rizikem při zvýšených průtocích fošnové hradítko v betonovém "U" profilu sloužící jako odběr přivádějící vodu trubním náhonem do bývalého koupaliště v odpočinkovém areálu "V Lipkách".

## 10. Geodetické zaměření zájmových úseků

Předpokladem pro úspěšné sestavení hydrologického modelu je provedení geodetického zaměření území. Především je třeba zjistit převýšení a výškové poměry příčných profilů a veškerých stavebních objektů umístěných na vymezeném úseku vodních toků Mochtínský a Bystrý. Provedení geodetického zaměření je možné několika způsoby s využitím různých technických prostředků. Vždy se však v rámci zvoleného způsobu musí jednat o maximálně pečlivou práci, aby nedocházelo při sestavování modelu ke zkreslení výstupních dat.

Veškeré zaměřovací práce byly prováděny podle zásad odpovídajícím rovinné geodezii, pomocí které jsou zaměřovány a zobrazovány menší územní plochy a zadání je řešeno v rovině. Z toho vyplývá, že veškeré výpočty jsou sestavovány na základě pravidel rovinné geometrie.

Pro sestavení výsledného přehledu o zaměřovaném území bylo využito měření délek a měření výšek podle daných postupů. K měření délek je možné využít přímé měření a nepřímé měření. Vzhledem k technickým možnostem, kdy při nepřímém měření jsou využívány optické nebo elektronické dálkoměry, byla zvolena metoda přímého měření.

### 10.1 Měření délek a výšek

Určení vodorovné vzdálenosti mezi dvěma krajními body přímky, tedy měření délek, je možné provádět pomocí krokování, při kterém však může docházet k nepřesnostem při měření, a to s ohledem na problém při dodržení rozpětí při krokování. Využití postupu krokování je přijatelné pouze v rovinném terénu a i v tom případě je udávaná relativně nízká přesnost. Přesto je metoda doporučována v případě, kdy postačuje hrubý přehled o vzdálenostech. Pro zvýšení přesnosti při zaměřování nebyl vlastní krok násoben udávanou průměrnou hodnotou 0,75 m, ale byla změřena délka deseti vlastních kroků. Desetina této vzdálenosti byla brána za skutečnou délku vlastního kroku. Tento postup zpřesnění délky lidského kroku je doporučován odborníky.



Z důvodu přesnosti při zaměřování bylo krokování využito pouze jako pomocné, a to jen v některých místech lokality. Ve většině případů došlo k využití ocelového pásma o délce 50m. Jako další nezbytné pomůcky bylo třeba využít olovnice, výtyček se stojánky a měřičské jehly v podobě provizorních kolíků.

(Chamout 2008) uvádí rozlišení měřičského pásma podle jejich délky na 20 m, 30 a 50 metrová, podle nosiče zda jsou upnuty na kruhu, vidlici, nebo v pouzdře a podle materiálu použitého při výrobě, kdy je jako nejvhodnější zmíněno ocelové pásmo. Při měření pásmem je také třeba se vyvarovat nebo minimalizovat výskyt hrubých a nevyhnutelných chyb, jež se dále dělí na chyby systematické a nahodilé.

Důležitým prvkem při získávání geodetických dat v katastru obce Mochtín bylo měření výšek, což (Chamout 2008) definuje jako určování výškových rozdílů (převýšení) mezi body s danou výškou a body určovanými.

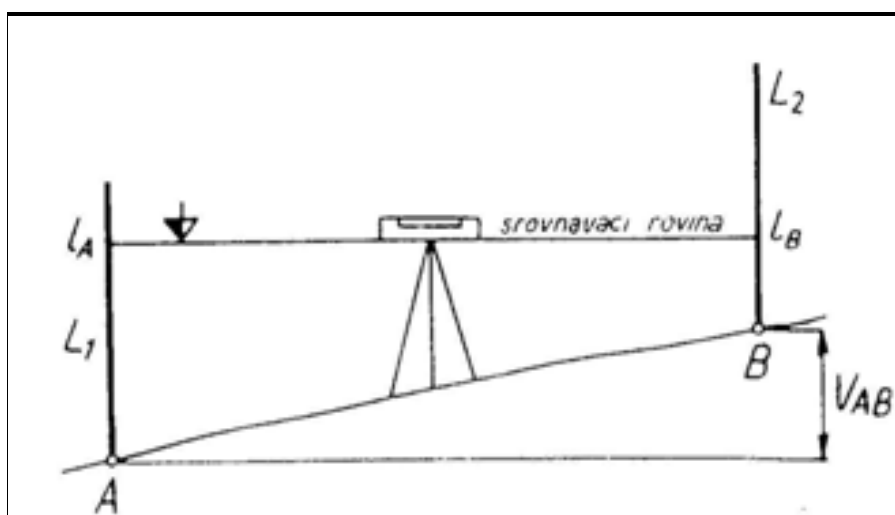
Převýšení je možné charakterizovat jako nejkratší (svislou) vzdálenost mezi dvěma hladinovými plochami proloženými výchozím a koncovým bodem. V geodézii se pro určování výšek používá metoda barometrická, trigonometrická, nivelační a GPS metoda.

Barometrické měření využívá zjištění, že barometrický tlak vzduchu se zmenšuje s přibývajícím výškou od mořské hladiny, k čemuž složí v geodézii používané kovové barometry. Následným výpočtem je určeno převýšení mezi zjišťovanými body. Barometrické měření má vzhledem k nepřesnosti pouze orientační charakter a využívá se v hornatějších územích.

Přesnější metodou, která se využívá také k určení výšky předmětu je trigonometrické měření, založené na řešení pravoúhlého trojúhelníku s naměřeným úhlem a délkou. Pro určení nadmořské výšky se pak využívá totální stanice nebo teodolit.

Při práci ve vybraném území byla použita nivelační metoda, která je dostatečně přesná, pokud se při nivelaci pracovník vyvaruje obvyklým chybám. Chyby lze opět rozdělit na hrubé a nevyhnutelné, jež se dále člení na systematické a nahodilé. Klasické hrubé chyby lze snadno eliminovat a patří mezi ně například neurovnání nivelačního přístroje, přehlédnutí při odečítání nebo chyba při zápisu

hodnot. Výrazný problém mohou představovat systematické chyby, mezi které patří chyba ze zanedbání rozdílu mezi zdánlivým a skutečným horizontem, kdy záměrná přímka ustáleného nivelačního přístroje může vytvářet zdánlivý horizont, který se v místě nivelační latě odklání od reálného horizontu, dále pak chyba ze svislé složky refrakce vznikající při nivelaci ve velmi svažitém terénu v důsledku pronikání záměrného paprsku různě ohřátými vrstvami vzduchu a chyba z nesprávné délky laťového metru, ke které může dojít vlivem teploty a vlhkosti (Chamout 2008). Výslednou práci nejvíce ovlivňuje chyba z nesvislé polohy nivelační latě, které bylo při zaměřování v terénu věnována velká pozornost. Snahou bylo stavění nivelační latě do svislé polohy s využitím krabicové libely.



Obr. 12: Princip určování výškového rozdílu nivelací vycházející ze vztahu  
 pro výpočet výšky bodu B:  $v_b = v_a + l_a - l_b = v_a + \Delta v_{ab}$   
 (Zdroj: Sládková 2002)

Geometrická nivelační metoda vychází z podstaty určování rozdílu výšek dvou zemských bodů od zvoleného horizontu, při čemž se využívá nivelační přístroj a nivelační lať.

Principem nivelačních přístrojů je vytýčení vodorovné roviny a je možné je rozdělit do několika kategorií podle různých hledisek. Následující rozdělení je pouze základní a vytváří pouze orientační přehled.

Rozdělení nivelačních přístrojů:

- podle realizace vodorovné záměry
  - s nivelační libelou
  - s kompenzátorem
- podle zdroje světla
  - optické
  - laserové
- podle způsobu odečítání
  - vizuální
  - automatické
- podle přesnosti
  - velmi přesné
  - přesné
  - technické
  - s nižší přesností

Při zaměřování výšek bylo využito zapůjčeného optického, vizuálního nivelačního přístroje s nivelační libelou značky Zeiss 021 A se stativem. Dále pak základní nivelační pomůcky jako duralová výsuvná nivelační lať s krabicovou libelou a další příslušenství.

Při geometrické nivelaci je možné využít dvou metod, a to geometrické nivelace vpřed a geometrické nivelace ze středu.

Geometrická nivelace vpřed, nebo též kupředu, se využívá sporadicky. Převažujícím důvodem je menší možnost užití v členitém terénu. Principem je měření převýšení mezi jednotlivými body. V určeném bodě se zhorizontuje nivelační přístroj. Pomocí běžného metru změří vzdálenost mezi středem okuláru a určeným bodem tak, aby bylo možné určit reálnou výšku okuláru od bodu. Na zvoleném místě druhého bodu se ve svislé poloze umístí nivelační lať a na její stupnici určí hodnota, která je poté odečtena od změřené výšky nivelačního přístroje nad prvním bodem. Výsledkem je převýšení mezi těmito body (Sládková 2002).

Využívanější metoda geometrické nivelace ze středu se odlišuje od metody vpřed tím, že nivelační přístroj se nehorizontuje přímo nad zvoleným bodem, ale je horizontován mezi dva body. Základním prvkem geometrické nivelace ze středu je geometrická sestava, kterou představuje přemísťování latě a otáčení nivelačním přístrojem. V tomto případě není třeba znát výšku okuláru nivelačního přístroje od

povrchu. Dané hodnoty jsou odečítány na nivelační lati umístěné na prvním bodu a otočením dalekohledu vzad a po přesunu nivelační latě na druhý bod se odečte hodnota také tam. V případě, že je třeba zjistit převýšení více než dvou bodů, sestavuje se nivelační oddíl, jenž se sestává z několika nivelačních sestav (Sládková 2002).

Nivelační oddíly se sdružují do větších celků, tzv. nivelačních pořadů, které rozlišujeme na volné, vložené a uzavřené. Volný nivelační pořad se skládá pouze z jednoho oddílu a v praxi není využíván, protože není možné zjistit hrubou chybu. Naproti tomu vložený nivelační pořad je nejvhodnější. Vychází se ze známého nivelačního bodu s ověřenou výškou a končí na jiném známém bodě s ověřenou výškou. Vložený pořad může mít volně zvolený počet nivelačních oddílů a lze tedy v jeho rámci určit výšky většího počtu nových neznámých bodů. Uzavřený nivelační pořad je pak zvláštním případem vloženého nivelačního pořadu. Výchází a koncový nivelační bod je stejný, ale v případě uzavřeného pořadu je nutné spolehlivě ověřit výšku nivelačního bodu před začátkem prováděného měření (Chamout 2008).

Na základě požadované přesnosti měření při určování nových bodů se využívá různě přesných způsobů, které využívají principu nivelace ze středu. Jedná se o technické nivelace (přesnost centimetrová), přesné nivelace (přesnost milimetrová a velmi přesné nivelace, která také vyžaduje nejpřesnější techniku zaměřování (Chamout 2008). Technická nivelace byla zvolena jako dostačující i v případě práce na zadání diplomové práce.

## **10.2 Příprava zaměřování**

Než došlo k samotnému zaměření v terénu bylo nutné zjistit přehled o výškových bodech v zájmové lokalitě. Databáze bodových polí je volně přístupná prostřednictvím internetové stránky Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního. V katastrálním území Mochtín se nachází několik bodových polí a vzhledem k jejich rozložení ve vztahu k zaměřovaným vodním tokům byl jako nejvhodnější zvolen nivelační bod s označením Heg-47 na souřadnicích S-JTSK: Y - 830790, X - 1111725, který je umístěn na neobydlené cihlové budově s kamennou podezdívkou

č.p. 59 nacházející se po levé straně při vjezdu do obce Mochtín ve směru od Klatov. Nadmořská výška (Bpv) bodu udává hodnotu 431,626 m. Pro výběr bodu byla rovněž rozhodující přiměřená vzdálenost od Mochtínského potoka, dobré rozhledové podmínky a volná přístupnost. Určité riziko spočívalo v pohybu při frekventované silnici I/22.

Vzhledem k tomu, že zájmové vodní toky protékají jak volnou krajinou, tak intravilánem obce, byl o zaměřovacích pracích s předstihem informován starosta obce. Samotné zaměřování bylo naplánováno na mimovegetační období, kdy vegetace nebrání ve výhledu při zaměřování a v pohybu. Termín stanovený na měsíc listopad byl vhodný také z důvodu nízkého průtoku v korytech zájmových toků.

### **10.3 Postup geodetického zaměřování v terénu**

Základním předpokladem pro získání přehledu o výškových poměrech zájmových toků protékajících v katastrálním území Mochtín bylo zaměření příčných profilů a objektů na tocích (Příloha č. 4). Na základě zjištěných dat mohl být vytvořen matematický model.

Od výškového bodu značky Heg-47 byl s využitím geometrické nivelace ze středu veden nivelační oddíl na první příčný profil, který byl umístěn na Mochtínském potoce v ř. km 3,500. Na zvolený výškový bod na domě č.p. 59, byla umístěna nivelační lať s ukazatelem hodnot směrem k nivelačnímu přístroji a prvnímu zaměřovanému profilu. Nivelační přístroj na stativu, umístěný mezi zájmovým profilem a nivelační latí byl zhorizontován za využití krabicové libely vestavěné na přístroji. Záměrný kříž dalekohledu přístroje byl nasměrován na nivelační lať a následně byla zapsána hodnota. Po provedení pečlivého záznamu hodnoty přesunul asistent lať na druhou stranu mezi nivelační přístroj a zájmové místo, následně byl okulár přístroje horizontálně otočen o 180° kolem své osy a zacílení na stupnici latě. Následovalo opět odečtení zjištěné hodnoty, její záznam a přesun přístroje mezi lať a zájmové místo. Asistent s latí zůstal na místě a přetočil nivelační lať směrem k nivelačnímu přístroji. Po zafixování a horizontaci přístroje byla odečtena hodnota na lati. Tento postup se opakoval do doby, než se asistent

s nivelační latí dostal k zájmovému místu. Měřičskou jehlou, resp. provizorním kolíkem, došlo k zafixování bodu, jehož nadmořská výška byla zjištěna výpočtem z hodnot odečtených na lati v měřeném oddílu. Zjištěný bod byl zároveň prvním bodem příčného profilu.

V každém příčném profilu bylo potřeba polohopisně a výškopisně zaměřit jednotlivé body, které vyžaduje zadávání do matematického modelu HEC-RAS. V každém profilu byl určen bod vymezující levý a pravý břeh koryta, levé a pravé dno koryta, střed koryta a další body pro získání dat k vykreslení okolního terénu toku. V některých úsecích byly pro zjištění objektivnějších dat zaměřeny body vymezující bermu koryta, která vznikla narůstáním drnu.

Dalším postupem při zaměřování bylo umístění přístroje tak, aby se nacházel v prostoru mezi zafixovaným bodem a korytem toku. Po stabilizaci a horizontaci nivelačního přístroje umístil asistent nivelační lat' na první bod stupnicí směrem k přístroji. Následně byl zvolen 2. bod směrem k vodnímu toku v přímce mezi 1. bodem a nivelačním přístrojem co možná nejvíce v ose budoucího profilu. Následným odečtem hodnoty na lati a změřením vodorovné vzdálenosti mezi 1. a 2. bodem byla zjištěna nadmořská výška 2. bodu a vzdálenost od bodu 1. Další body v profilu byly získány podobným postupem. Asistent si pomocí pásma a měřičských jehel určoval místa a vzdálenosti jednotlivých bodů, kde umíšťoval nivelační lat' a zaměřovatel jej zaznamenával. Při větších vzdálenostech bylo měření pásmem kombinováno s krokováním za předpokladu dodržení záměrné kolmice příčného profilu ke dnu vodního toku. Zjištěním posledního bodu na druhém břehu vodního toku byl ukončen nivelační oddíl. Tímto postupem byl zaměřen první příčný profil.

Vzhledem k tomu, že byly známy hodnoty z prvního profilu, mohlo se přistoupit k zaměření druhého profilu. Z nivelačního oddílu se začal stávat nivelační pořad o více oddílech. Určení vzdálenosti ve směru osy toku bylo prováděno krokováním po břehu a výběr umístění profilu byl podle terénních podmínek na břehu, nebo podle objektů na zájmovém toku. Poloha druhého profilu byla označena na břehu měřičskou jehlou a toto místo bylo rovněž výškově zaměřeno. Po skončení měření prvního profilu začalo měření druhého profilu od břehu, kde jsme měli

změřený bod. Následné zaměření bylo obdobné, jako u předcházejícího příčného profilu a tímto způsobem probíhalo zaměření všech příčných profilů v zájmovém území. Tímto způsobem bylo na Mochtínském a Bystrém potoce zaměřeno 25 příčných profilů.

#### **10.4 Stavební objekty**

Na zaměřovaném úseku se nalézají několik stavebních objektů, které za určitých okolností mohou ovlivnit plochu záplavového území. Jedná se především o cestní propustek přibližně v ř. km 3,800 a jeden mostek na Bystrém potoce. Tyto objekty bylo třeba pro hydrotechnické posouzení zaměřit.

Propustek tvoří hladká ocelová roura, která je svépomocí zabudována do tělesa asfaltové komunikace, jež spojuje historický mlýn na pravém břehu Mochtínského potoka se samotnou obcí (Obr. 13). Zároveň umožňuje přístup k podzemním vrtům pitné vody pro obec. Ocelová roura je usazena pouze ve dně toku a není na nátokové ani výtokové straně opevněna.



*Obr. 13: Propustek na Mochtínském potoce v ř. km 3,800*

Kamenný obloukový most na Bystrém potoce v obci Mochtín, který představuje historickou zajímavost obce, je umístěn na vedlejší komunikaci vedoucí do osady Hradiště a dále směrem na obec Kolinec.

Vlastní zaměření objektů představovalo zaměření kót s nadmořskými výškami pomocí nivelačního přístroje a změření parametrů staveb. Pro objektivní zobrazení objektu v programu HEC-RAS bylo nutné formou příčných profilů zaměřit místa na začátku a na konci objektů.

## **11. Hydrotechnické posouzení vodních toků**

Hydrotechnické posouzení vybraného úseku Mochtínského a Bystrého potoka jsem provedl programem pro tvorbu hydrologických modelů, který byl zvolen z důvodu snadné dostupnosti a relativně jednoduchého, intuitivního ovládání. Výstupní hydrotechnické výpočty pomohly provést modelaci a simulaci jednotlivých povodňových vln při zvolených průtocích. Pro účely splnění zadání diplomové práce byl použit program HEC-RAS verze 4.1 - Hydrologic Engineering Centers River Analysis System, který pracuje na bázi jednorozměrných modelů.

Program HEC-RAS je freeware, původně vyvinutý Hydrologic Engineering Centers pro ženisty americké armády. Instalační soubor programu HEC-RAS aktuální verze 4.1 o velikosti 49,7 MB se nachází na internetové adrese <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/hecras-download.html>.

Vlastní stažení souboru do počítače nevyžaduje žádnou uživatelskou registraci, ale je bráno jako souhlas s přiloženými licenčními podmínkami.

Primárním cílem organizace Hydrologic Engineering Centers (HEC) bylo od 60. let 20. století podporovat řízení vodního hospodářství a zvyšování technických dovedností v hydrologickém inženýrství, plánování v oblasti vodních zdrojů a řízení na armádní úrovni. Současné využití je také v civilním sektoru (US Army Corps of Engineers 2003).

Pro správnou funkci programu je třeba v operačním systému v rámci místního nastavení - ovládací panely - zvolit jako desetinný oddělovač tečku (standardně je



nastavena čárka). Dále je pro funkci softwaru HEC-RAS nutné změnit národní prostředí, jinak není další práce s programem možná. Vzhledem k tomu, že se jedná o americký program, jsou jako standardní nastaveny angloamerické měrné jednotky. Proto je třeba změnit jednotky na metrický systém SI, a to v základním menu - *Option - Unit system*. Další rozšíření funkce programu je využití nadstavby v podobě systému HEC-GeoRas, který umožňuje importovat geometrická data pomocí ArcView GIS do HEC-RAS a výsledky výpočtů zpětně exportovat do prostředí GIS (KTI & Aqualogic 2004).

Podklady pro zadání do hydraulického modelu tvoří vstupní data, stavové veličiny, parametry modelu a počáteční a okrajové podmínky. Stavové veličiny představují základní hodnoty, nutné pro vykreslení hydraulického modelu. Jedná se o hloubku, průtok, vodní stavy a rychlosti proudění. Pro každý příčný řez je udávána jedna hodnota veličiny a součástí výstupu v programu jsou pak jednotlivé průtočné plochy, nebo šířky příčného řezu. Parametry modelu slouží k hydraulickému popisu koryta příslušného vodního toku. V první řadě se jedná o hodnotu udávanou drsnostním součinitelem  $n$  podle Manninga, kdy tato hodnota odpovídá reálnému složení dna koryta v zájmovém toku. Dále se za parametr modelu koryta vodního toku považuje geometrie příčných řezů, typologie koryta a parametry objektů na vodním toku. Program HEC-RAS vyžaduje zadat stavové veličiny nutné pro výpočet, zejména hodnoty jednotlivých  $N$ -letých průtoků ( $Q$ ).

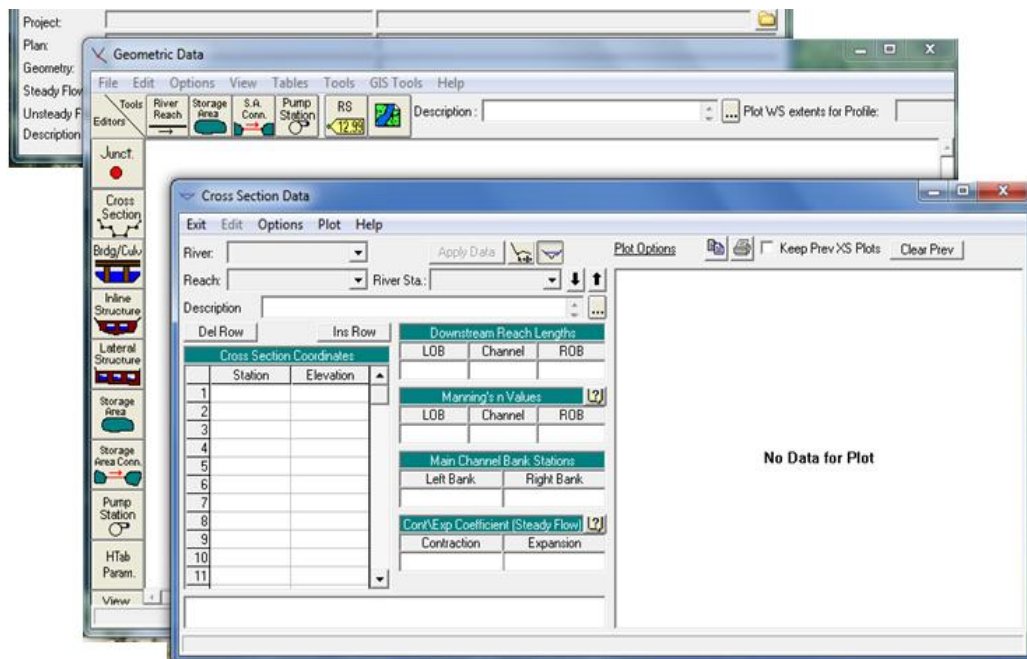
Výsledný matematický model je založen na principu výpočtu proudění v příčném profilu. Zadané území tvoří soustava příčných profilů na vodním toku a případně další objekty v profilu toku.

## **11.1 Vlastní práce s programem**

Použitý program nevyužívá podpory českého jazyka, veškeré názvy jsou uváděny v anglickém jazyce, nicméně práci s programem usnadňuje dostupný český manuál společnosti KTI & Aqualogic.

Po stažení a instalaci programu se na ploše obrazovky automaticky vytvoří spouštěcí ikona programu HEC-RAS 4.1.0. Prostřednictvím položky *File - New*

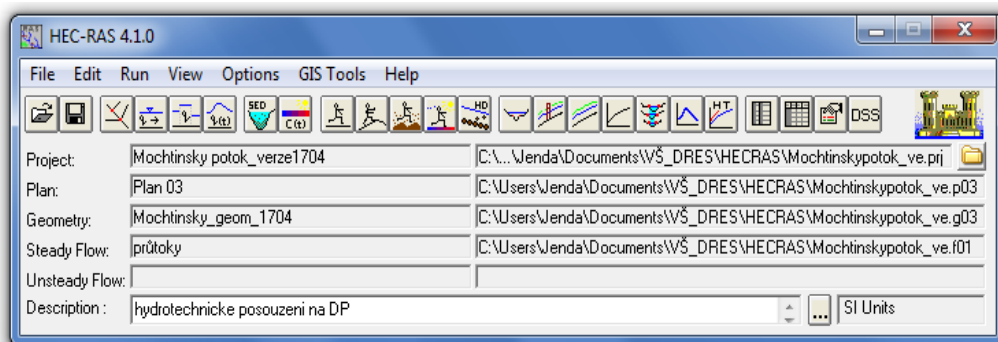
*Project* na základním panelu aplikace jsem založil nový projekt s názvem Mochtínský potok. Položka *File* se nalézá v základním okně po spuštění programu a umožňuje dalších 14 činností, jako otevření existujícího projektu, uložení, přejmenování, přesun dat z nižších verzí programu, exportování dat a jiné. Kromě položky *File* obsahuje základní panel položky další. Jedná se o *Edit*, *View*, *Options GIS Tools* a *Help*. Položky *File*, *Edit*, *View*, *Options* se většinou opakují při otvírání jednotlivých pracovních panelů a obsahují funkce podle řešeného záměru (Obr. 15).



Obr.14 : Pracovní panely programu HEC-RAS

Při práci na projektu obsahuje nejdůležitější možnosti položka *Edit*, která umožňuje zadat naměřená geometrická data (položka *Geometric data*), okrajové podmínky pro řešení rovnoměrného (položka *Steady flow data*) a nerovnoměrného proudění (položka *Unsteady flow data*), dále pak například model pohybu splavenin (*Sediment data*). Zejména po zadání dat obsahuje další důležité činnosti položka *View*, kde je možné spustit vykreslení příčných profilů (*Cross sections*) a podélných profilů (*Water surface profiles*), průběh jednotlivých veličin v podélném profilu (*General profile plot*), konsumpční křivky profilů (*Rating curves*), prostorové vykreslení koryta (*X-Y-Z perspective plots*) a další charakteristické činnosti.

Rychlejší volbu některých vybraných činností umožňují ikony (piktogramy) zobrazené na hlavním panelu programu HEC-RAS, které lze pro usnadnění práce využít (Obr. 15).



Obr. 15: Hlavní panel s načteným projektem

Pomocí položky *Edit – Geometric data – ikona Background Picture* jsem do vytvořeného okna načtl připravený výřez z mapy 1:10 000 a provedl příkazem *River Reach* vykreslení trasy zájmových vodních toků. Tahem kurzoru myši probíhalo vytvoření říční sítě, jejichž jednotlivé úseky ukončilo dvojkliknutí tlačítkem myši. Tok (*River*) a úsek (*Reach*) byl následně pojmenován. Tímto způsobem vznikl úsek 1 a úsek 2 Mochtínského potoka a úsek 3 (úsek bystrý), jako pravostranný přítok v podobě Bystrého potoka.

V menu *Geometric data* pod položkou *Edit* lze měnit schematizaci říční sítě. Je možné změnit název toku nebo úseku, přidat bod polygonu vedení trasy, odstranění bodu a jeho přemístění, dále lze změnit typ použitých čar, barvy textu a značek, vymazat trasy, vymazat přítoku a další.

Pod položkou *View* je možné následné ovládání kresby schematizace. Zde je možné například zvětšit zobrazení okna, předchozí pohled, nebo oddálení, posun a zadání rozměru náhledu. Funkci položky lze rovněž vyvolat pravým tlačítkem myši.

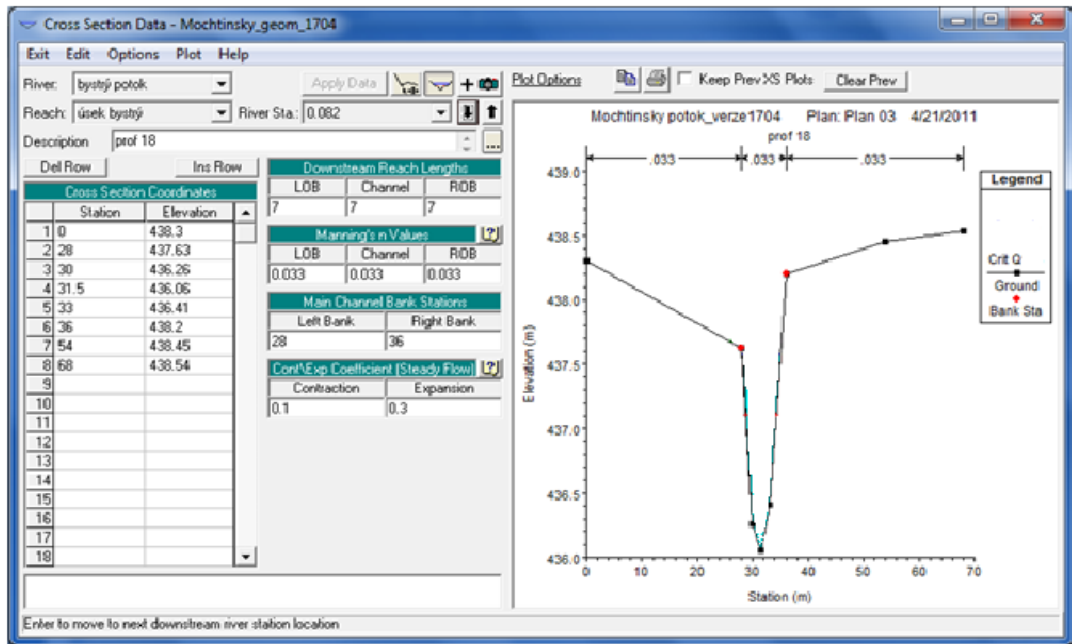
Pomocí dalších funkcí *Tables* či *Tools* lze dále upravovat celou řadu nejrůznějších nastavení, např. součinitele drsnosti, vzdálenosti mezi profily, staničení, nastavení parametrů, grafický editor příčných profilů, vykreslení zátopových čar a jiné.

### 11.1.1 Zadání příčných profilů

Příčné profily v zájmovém území byly geodeticky zaměřeny v terénu pomocí geodetické nivelace. Celkem bylo zaměřeno 25 příčných profilů na zájmové trase. Vzdálenosti mezi jednotlivými profily nebyly pravidelné, protože určení polohy profilu vždy záviselo na stupni složitosti hydrologické situace, tj. byla vybrána místa, která mohla co nejpřesněji charakterizovat jednotlivý úsek z části nad a z části pod profilem (Příloha č. 6).

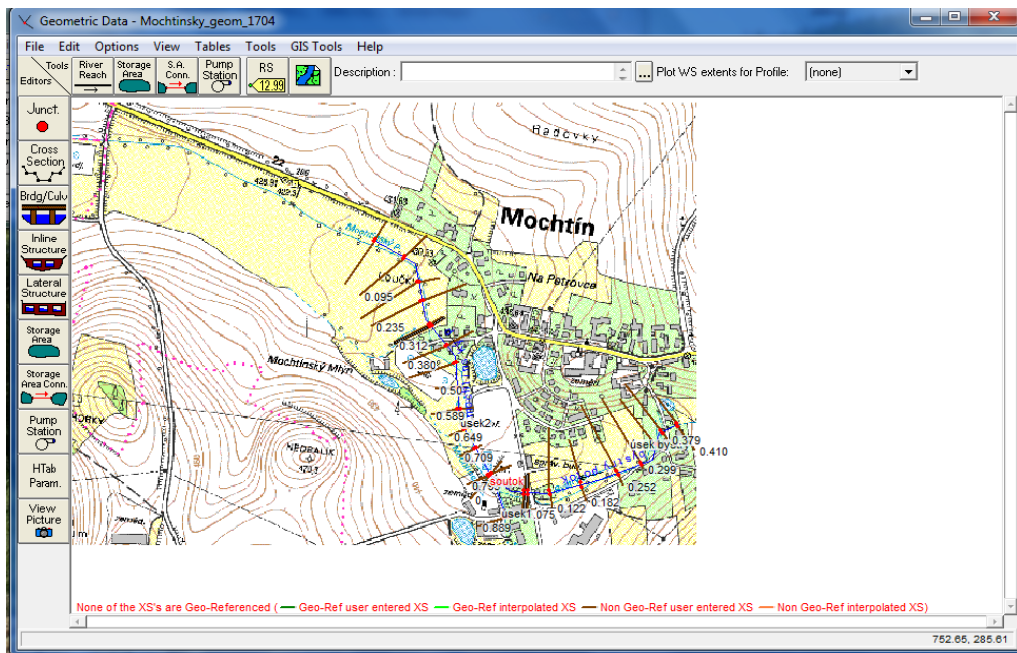
Vlastní zadávání příčných profilů do programu bylo provedeno pomocí položky *Cross Sections*. Po otevření okna jsem postupně zadal u jednotlivých profilů naměřené hodnoty. Bylo potřeba rozlišit, které hodnoty je třeba uvádět v jednotkách metrů a které v jednotkách kilometrů. Po zadání nezbytných hodnot dojde k automatickému vykreslení tvaru příčného profilu v pravé části okna (Obr. 16). Jedná se o zadání do kolonky:

- *River Sta* (staničení profilu) – značí se v jednotkách (km). První profil má hodnotu 0.
- *Description* (název) – zvoleno označení příčného profilu od 1 do 25
- *Cross Section X-Y Coordinates* (hodnoty staničení a nadmořské výšky) – do sloupce *Station* jsem zadal hodnoty staničení příčného profilu a do sloupce *Elevation* naměřené nadmořské výšky staničení
- *Downstream Reach Lengths* (vzdálenost kynety, levého a pravého břehu od předchozího profilu)
- *Manning's n Values* (součinitelé drsnosti podle Manninga) – hodnoty jsou doustupné v standardní tabulce ( v rámci práce byla stanovena odpovídající drsnost 0,033)
- *Main Channel Bank Stations* (souřadnice oddělující hlavní koryto od okolí) – hodnoty naměřené jako levá a pravá strana koryta toku
- *Cont/Exp Coefficients* (hodnoty součinitele místních ztrát) – vypočteny programem automaticky



Obr. 16: Zadané hodnoty pro vykreslení příčných profilů v okně Cross Section Data

Vložení dalších příčných profilů bylo provedeno přes ikonu *Options* pomocí příkazu *Add a New Cross Section*. Po zadání hodnot všech 25 zaměřených příčných profilů byla přes ikonu *Edit* a příkaz *Geometric Data* zobrazena schematizace zájmového území s rozmístěním profilů podle skutečnosti (Obr. 18).



Obr. 17: Příčné profily zakreslené v zájmovém území

Jednotlivé příčné profily je možné zobrazit pomocí příkazu *Edit Cross Section* zaklikatím kurzoru myši na profil v zobrazení a levým kliknutím jej aktivovat. Dále je možné zobrazit podélný profil celého zájmového území. Ten se aktivuje pomocí příkazu *Plot Profile*. Příkaz *XYZ Plot* pak zobrazí podélný profil v prostorovém provedení.

### 11.1.2 Zadání stavebních objektů

Součástí zájmového úseku jsou dva stavební objekty, které představuje propustek a kamenný mostek na Bystrém potoce. Program umožňuje řešit a zobrazovat proudění těmito objekty.

Zadávání mostního objektu do programu jsem provedl pomocí ikony *Brdg/Culv - Bridge Culvert Data* v nabídce panelu *Geometric data*. Následovalo vložení nového objektu přes *Options - Add a Bridge and/or Culvert* a vložení hodnoty staničení objektu, podle kterého je objekt umístěn mezi profily označené jako profil 17 (staničení 0,075) a profil 18 (staničení 0,082). V pracovním okně byla zadána geometrie mostu pomocí *Deck/Roadway*, kde se dále zadala data zaměřené konstrukce mostu.

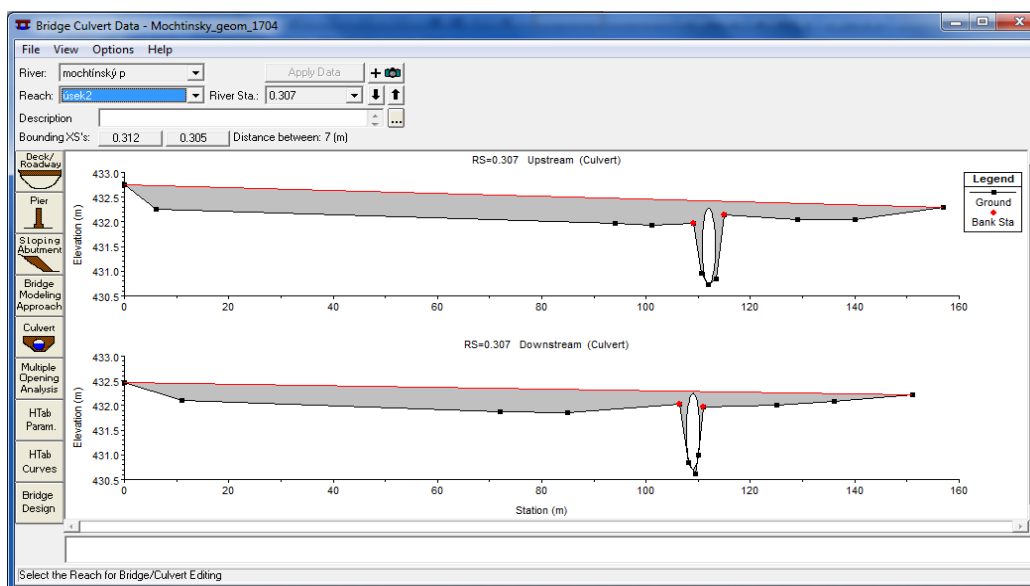
Příčné profily byly naměřeny ve vzdálenosti cca 1 m od horního okraje objektu. Existence blízkých profilů pod a nad objektem je důležitou podmínkou vložení nového objektu. Hodnota 1 m byla zadána do políčka *Distance*. Šířka mostu byla zapsána do políčka *Width*. Řádek *Weir Coef* představuje hodnotu součinitele přepadu, kde byl nastaven koeficient 1.4. Dále bylo nutné zadat hodnoty do tabulky *Upstream* a *Downstream Bridge*. V této tabulce představuje sloupec *Station* vodorovné staničení, sloupec *high chord* představuje horní úroveň mostovky a sloupec *low chord* její spodní úroveň. Po zadání geometrických hodnot byl vykreslen model profilu mostu.

Způsob proudění mostním objektem se zadává pomocí ikony *Bridge Modelling Approach*. Zde bylo zaškrtnuto políčko výpočtu *Energy (Standard Step)*, což představuje výpočet energetickou rovnicí, jež je nastavena automaticky a v rámci řešení zájmového území je vyhovující. Posledním krokem bylo vykreslení

vzhledu mostu. Pro tento účel byla použita ikona *Bridge Desing* s potvrzením výběru stisknutím *Make Deck/Rodway*.

Dalším stavebním objektem, který může ovlivnit hladinu vody při určitých průtocích, je propustek, který se nalézá na Mochtínském potoce. Počáteční zadání probíhalo obdobně jako v případě mostního objektu přes ikonu *Brdg/Culv - Bridge Culvert Data* v nabídce panelu *Geometric data*. Po výběru názvu a úseku vodního toku byla opět zvolena ikona *Options - Add a Bridge and/or Culvert*. Zadání mostku a propustku začalo být rozdílné při zakliknutí na ikonu *Culvert*. Do následné tabulky *Culvert data Editor* bylo pak nutné vyplnit tvar propustku do kolonky *Shape*, *Span* a *Rise*. Další charakteristika propustku byla upřesněna v kolonce *Chart* a *Scale*. Upřesnění vzdálenosti horního okraje propustku k hornímu příčnému profilu, délka propustku, součinitel ztrát a drsnosti, horní a dolní kóta dna propustku jsou údaje, které je nutné vyplnit do dalších kolonek. Propustek byl takto vložen mezi ř.km 0,305 a 0,312. Zde je třeba připomenout, že staničení zvolené pro účely vyhodnocení zájmových úseků není totožné se staničením vodních toků Mochtínský a Bystrý. Počáteční kilometr nula je tedy pro účely práce zvolen na začátku posuzovaného úseku Mochtínského potoka.

Po zadání vyžadovaných dat do tabulky v okně *Culvert data Editor*, program automaticky vykreslil horní a dolní profil propustku (Obr. 18).

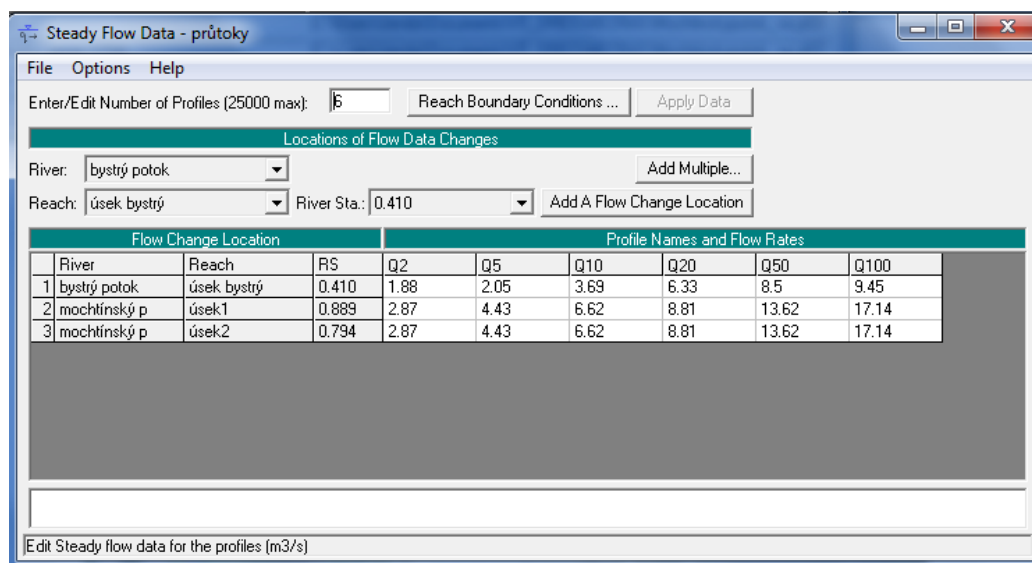


Obr. 18: Vykreslení profilu propustku na Mochtínském potoce

### 11.1.3 Zadání okrajových podmínek

Zadáním příčných profilů a geometrických dat objektů bylo možné pokračovat v práci, a to formou zadání tzv. okrajových podmínek. Okrajové podmínky, které jsou nutné pro simulaci proudění, v podstatě představují hydrologická data vztažená k předmětnému vodnímu toku. Základní hydrologickou veličinou, která vyjadřuje objem vody, který proteče daným profilem vodního toku za jednotku času je průtok ( $Q$ ) udávaným v  $m^3/s$ .

Údaje o dlouhodobých průtocích v lokalitě byly zpracovány Českým hydrometeorologickým ústavem (viz kapitola 9). Pro simulaci ustáleného proudění bylo potřeba hodnoty jednotlivých N-letých průtoků zadat spuštěním položky *Edit* v hlavní nabídce panelu HEC-RAS a následně příkazem *Steady Flow Data*. Pro rychlejší spuštění je možné využít ikony (piktogramy) ve spodní nabídce.



Obr. 19: Zadané okrajové podmínky pro ustálené proudění

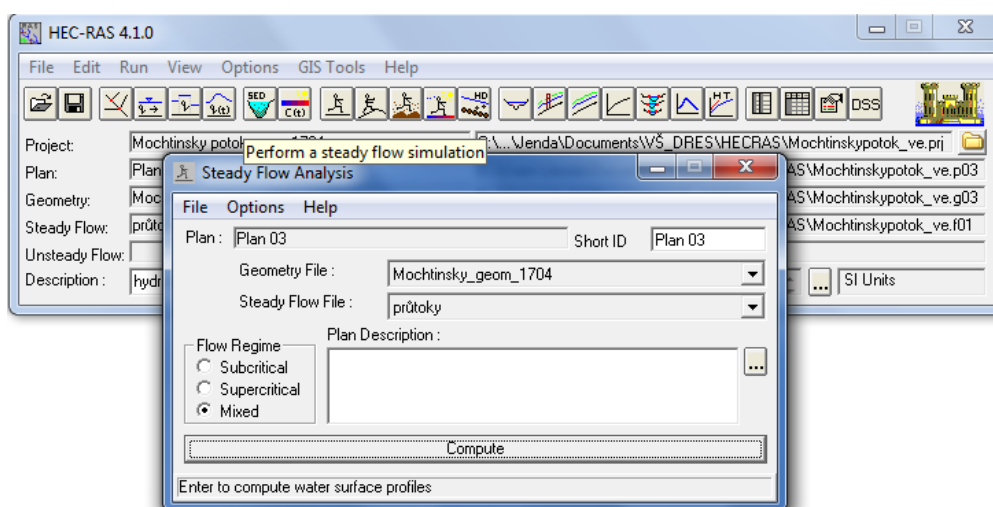
Po otevření pracovního panelu byl do políčka *Enter/Edit Number of Profiles* zadán počet simulací, které bylo třeba řešit. V případě řešených vodních toků se jedná o 6 simulací. Po zadání počtu simulací automaticky naskočil počet polí pro zadávání průtoků. Do těchto polí byly vepsány hodnoty jednotlivých N-letých průtoků ( $Q_2$ ,  $Q_5$ ,  $Q_{10}$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$ ). Následně byly ve sloupcích *Profile Names and*



*Flow Rates*, pomocí ikony *Options* a *Edit Profiles Names*, přejmenovány kolonky  $Q_2$  až  $Q_{100}$ . Dále byla v poličku *Reach Boundary Conditions* dána možnost určení dolní okrajové podmínky. Zde byla zadána kritická hloubka *Critical Depth* v horním profilu (*Upstream*) Bystrého potoka (úsek bystrý), úseku 1 Mochtínského potoka a horním profilu (*Downstream*) úseku 2 Mochtínského potoka. Zadaná data byla uložena pomocí *Save Flow Data*.

Po zadání okrajových hodnot představujících 6 různých N-letých průtoků bylo potřeba vypočítat proudění v zájmovém území. Pro aktivaci výpočtu se otevřelo dialogové okno *Steady Flow Analysis*. Otevření proběhlo přes ikonu *Run* v hlavním menu. V kolonce *Plan* se objeví název plánu a v kolonce *Short ID* jeho krátké označení. Slovo *Plan* charakterizuje kombinaci některého z vytvořených souborů s geometrickými daty a s daty s okrajovými podmínkami. Údaje ke spuštění výpočtu nerovnoměrného proudění jsou tak uchovávány v každém plánu. V kolonce *Geometry File* a *Steady Flow File* lze volit různé kombinace z nabídky již vytvořených souborů. Pro výpočet byl zadán v kolonce *Geometry File* název *Mochtinsky\_geom\_1704* a v kolonce *Steady Flow File* byly zadány průtoky. Dále bylo třeba rozlišit a nastavit charakter proudění. Ve *Flow Regime* je možné zvolit proudění, kde bylo vybráno *Mixed* (smíšené).

Po zadání všech geometrických dat, okrajových podmínek pro N-leté průtoky a nastavení charakteru proudění byl proveden výpočet pomocí příkazu *Compute* (Obr. 20).



Obr. 20: Dialogové okno pro výpočet proudění

## 11.2 Způsob prezentace výsledných dat

Program HEC-RAS nabízí široké možnosti prezentace výsledných výstupů. V případě, že se po dokončení výpočtu pomocí příkazu *Compute* neobjeví chybová hláška, která upozorní na případné nesoulady v datech, je možné výsledky práce prohlížet. Prohlížení výsledků je možné pomocí přehledných grafických výstupů, případně tabelárních výstupů.

Grafické výstupy je možné aktivovat pomocí příkazů v hlavním menu panelu HEC-RAS. Položka *File* umožňuje tisk a kopírování do běžných programů jako je například aplikace Microsoft Word a Excel. Další položkou *View* je možné spustit výsledné vykreslení jednotlivých příčných profilů (příkaz *Cross section*), vykreslení podélného profilu (příkaz *Water Surface Profiles*), průběh jednotlivých veličin v podélném profilu (příkaz *General Profile Plot*), konsumpční křivky profilů (*Rating Curves*) a prostorové vykreslení koryta (*X-Y-Z Perspective Plots*). Nastavení různých veličin a grafické změny je možné uskutečnit v položce *Options*.

Tabulkové výstupy (Obr. 21) lze spustit pomocí příkazu *View* v hlavním menu a zjistit tak podrobné výsledkové tabulky pro jednotlivé profily (*Detailed Output Tables*), souhrnné výsledky v tabulce (*Profile Summary Table*) a zprávu o průběhu výpočtu (*Summary Err, Warn, Notes*).

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)
mochtlínský p	úsek1	0.889	Q2	2.87	435.74	436.35	436.24	436.45	0.007171	1.42	2.03	4.67
mochtlínský p	úsek1	0.795	Q2	2.87	434.91	435.43	435.30	435.51	0.005722	1.25	2.30	5.49
mochtlínský p	úsek2	0.794	Q2	2.87	434.91	435.12	435.30	435.85	0.171738	3.79	0.76	4.49
mochtlínský p	úsek2	0.709	Q2	2.87	434.32	434.93	434.80	435.02	0.006065	1.27	2.25	5.47
mochtlínský p	úsek2	0.649	Q2	2.87	433.83	434.27	434.27	434.45	0.016249	1.84	1.56	4.54

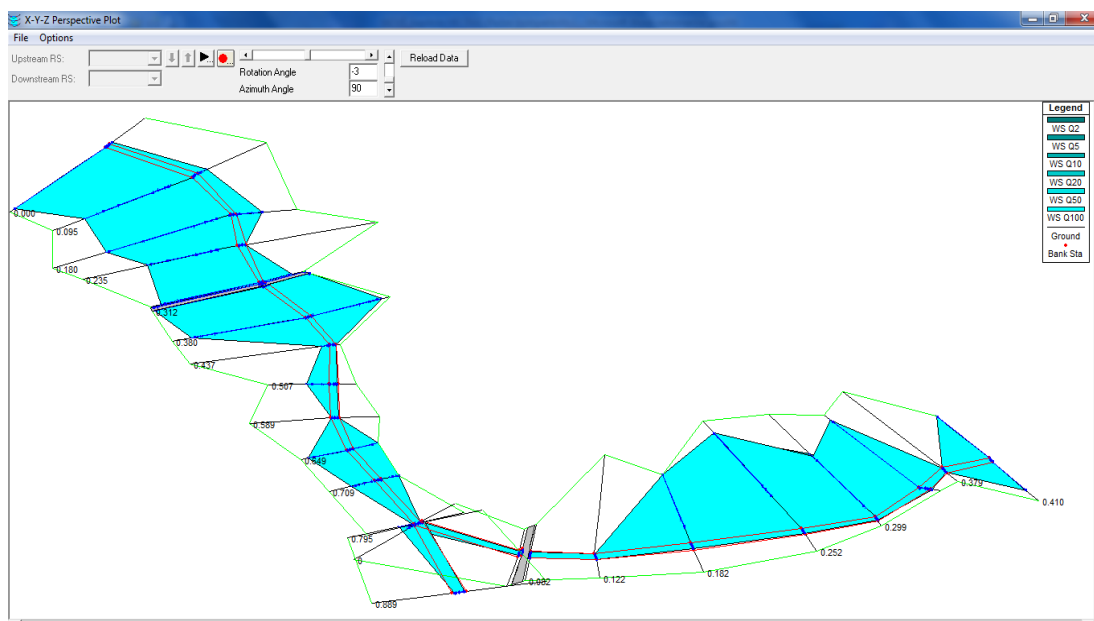
Total flow in cross section.

Obr. 21: Souhrnné tabelární výsledky

## 12. Výsledky

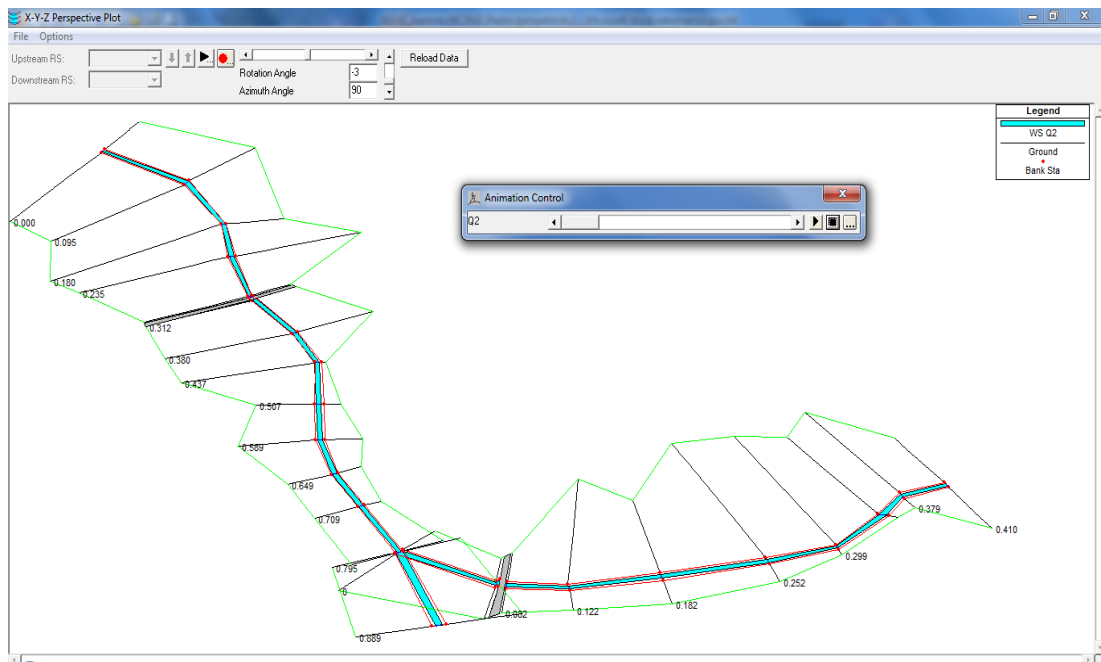
Program HEC-RAS umožňuje spuštění modelové simulace záplavového území při různých průtocích. Simulace byla spuštěna pomocí položky *X-Y-Z perspective Plots* na hlavním panelu programu HEC-RAS (stejně tak je možné využít spodní ikonu *View 3D multiple cross section plot*).

Při hydrotechnickém posouzení vybraných úseků vodních toků Mochtínský potok a Bystrý potok bylo pomocí vytvořeného modelu zjištěno záplavové území v intravilánu obce Mochtín a v jeho blízkém okolí při N-letých průtocích  $Q_2$ ,  $Q_5$ ,  $Q_{10}$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{50}$  a  $Q_{100}$  (Obr. 22). Přenesením do základní mapy v měřítku 1:5000 byl vytvořen přehled možného ohrožení při povodňových stavech.



Obr. 22: Celkový pohled na prostorové vykreslení koryta

Na základě provedené simulace zvolených jednotlivých průtoků je možné konstatovat, že při průtoku  $Q_2$  nedochází v žádném úseku posuzovaných toků k vybřežení vody z koryta (Obr. 23). Z tohoto důvodu nebylo nutné zakreslovat situaci do mapových příloh.

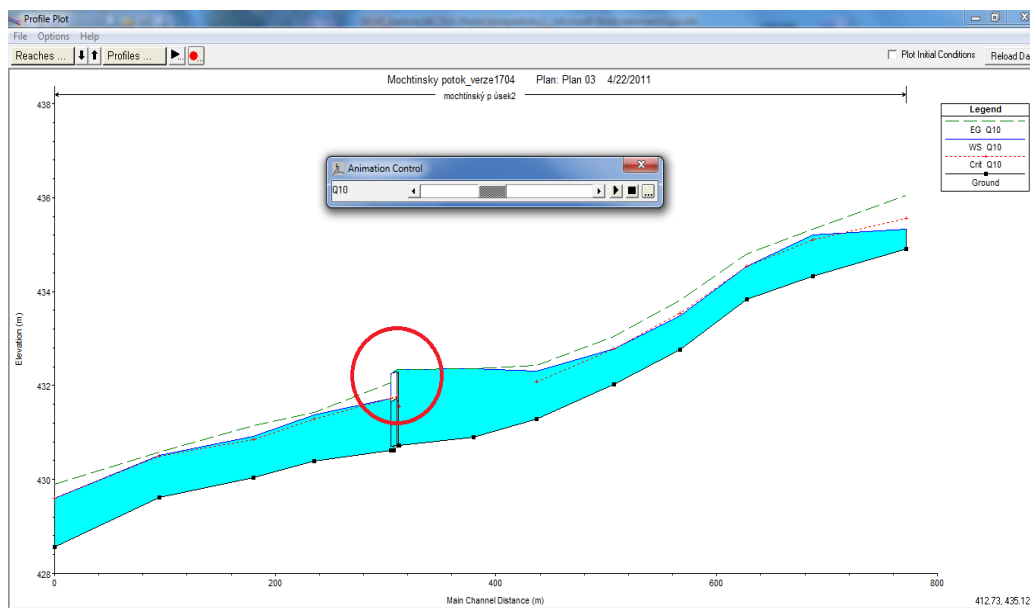


Obr. 23 : Stav na posuzovaném úseku toků při průtoku odpovídající  $Q_2$

Při průtoku na Mochtínském potoce, který odpovídá  $Q_5$  dochází v úseku č. 2 přibližně v profilu 2 a profilu 4 k mírným rozlivům na okolní louku. Tento stav není nijak nebezpečný a odpovídá situacím, které se v území většinou vyskytují několikrát do roka.

Zadáním průtoků odpovídajících desetileté vodě již dochází k naplnění kapacity koryta Bystrého potoka a voda se v profilu 21 začíná rozlévat v intravilánu obce. Složitější situace při průtoku  $Q_{10}$  nastává na Mochtínském potoce, kde propustek umístění mezi profilem 5 a 6 již kapacitně nestačí (Obr. 24) a vzdutá hladina vody tak může zasáhnout spodní část přilehlé plochy a provozní budovu sklenářství. Plošně malý rozliv je také možné zaznamenat na soutoku zájmových toků. Rozliv dále způsobuje zaplavení louky na levé straně potoka Mochtínského potoka (Příloha č. 7).

Louka pod obcí Mochtín tvoří přirozenou rozlivnou plochu a je zaplavována periodicky. Tento stav je z hlediska doplnění zásob podzemní vody prospěšný. Rozliv do plošně rozsáhlé inundace vytváří také dostatečný retenční prostor pro omezení průtoků dále po toku.



Obr. 24: Podélní profil Mochtínského potoka - vzdutí hladiny na propustku při  $Q_{10}$

Pokračováním průběhu simulace na  $Q_{20}$  je již možné zjistit výrazné zaplavení louky v intravilánu Mochtína. Záplavová čára se přibližuje ke stavebním parcelám za obecním úřadem (v mapě označeno jako správní budova) a pokračuje rozliv na louce v úseku č. 2 Mochtínského potoka (Příloha č. 8). V případě průtoku odpovídajících dvacetileté vodě lze usoudit, že při rozsahu zaplaveného území lze jednoznačně hovořit o 2. stupni povodňového ohrožení.

Pokud by na zájmových tocích došlo k vzestupu hladiny na úroveň padesátileté vody (Příloha č. 9) bude dle vytvořeného matematického modelu zaplavena větší část ochranného pásma vodních zdrojů, tedy podzemních vrtů, které leží při Mochtínském potoce, zhruba v ř. km 0,380 - 0,507. Stejně tak dojde k ohrožení dalších obytných budov v místě propustku a zaplavení části sportovního areálu "V Lipkách". Zaplavena bude také skladovací plocha soukromé zemědělské společnosti, stejně jako dvůr před skladem civilní ochrany v místě soutoku Bystrého a Mochtínského potoka. Na Bystrém potoce se povodeň projeví zaplavením zahrad a sklepů domů na pravém břehu ve spodní části toku. Rozliv zasáhne větší část stavebních parcel za obecním úřadem a místní komunikaci v místě křižovatky Mochtín - Lhůta.

Průtok odpovídající  $Q_{100}$  je na základě hydrotechnického posouzení možné charakterizovat jako vysoce nebezpečný (Příloha č. 10 ). Přímou je ohroženo přibližně 11 obytných budov, zdroje pitné vody, požární nádrž, provozní plochy soukromých firem, zahrady a část místní komunikace Mochtín - Lhůta.

## 12.1 Zjištěná rizika a možná ochranná opatření

Ohrožení způsobené vzestupem hladiny posuzovaných toků se začíná projevovat od průtoků odpovídajících desetileté vodě ( $Q_{10}$ ). Největší problémy způsobuje propustek na Mochtínském potoce v úseku č. 2 (Obr. 25). Nízká kapacita propustku vytváří vzduť v km 0,312, které úměrně stoupá s vyššími průtoky. Možným řešením nevyhovujícího stavu by byla výměna provizorně vybudovaného propustku za standardní mostní objekt. Lze se domnívat, že důvodem pro nevybudování mostku jsou finanční náklady spojené se stavbou objektu a úpravou komunikace, které je využívána pouze jako příjezdová cesta k bývalému mlýnu a zdrojům podzemní vody pro obec Mochtín. Propustek může rovněž vytvářet překážku pro splávi, které se i v případě menších průtoků může zachytit na objektu a zamezit odtoku vody. Tento stav je možné ovlivnit průběžnou kontrolou objektu v době povodňového ohrožení a včasným odstraňováním zachycených předmětů.



Obr. 25: Propustek na Mochtínském potoce v km 0,312 (Zdroj: vlastní)

Dalším místem, které již při průtocích  $Q_{10}$  způsobuje rozliv je terénní sníženina na pravém břehu Bystrého potoka přibližně v km 0,252. V těchto místech začíná voda zaplavovat část přilehlé louky za obecním úřadem, která je v územním plánu obce Mochtín určena k zástavbě. Za nejvhodnější opatření lze považovat vybudování ochranné zemní hráze a pročištění koryta od naplavenin, což zvýší jeho kapacitu. Je pravděpodobné, že k vybudování ochranné hráze bude muset obec přistoupit, a to z důvodu plánované výstavby obytných domů v lokalitě.

Hydrotechnickým posouzením bylo zjištěno, že kamenný most na komunikaci vedoucí z Mochtína na osadu Hradiště je dostatečně dimenzován i na průtok při stoleté vodě. Opět je však potřebná kontrola objektu v době povodní a rychlé odstranění případně zachyceného materiálu.

### **13. Diskuze**

Využití speciálního programu HEC-RAS pro hydrotechnické posouzení vybraných úseků Mochtínského a Bystrého potoka se ve výsledku ukázalo jako vhodné řešení, a to s ohledem na náročnost ovládání aplikace a s ohledem na dobrou dostupnost programu bez potřeby významnějších nákladů na jeho pořízení. Největším problémem při samotné práci s programem bylo vykreslení konstrukce mostního objektu, kdy některé nejasnosti pramenily z překladu odborných termínů. Zhotovení modelu záplavového území a posouzení kapacity koryta vodních toků při vybraných průtocích, stejně jako posouzení technických staveb v korytě toků, může být zatíženo určitou drobnou nepřesností vyplývající z menší hustoty geometricky zaměřených bodů. Na této skutečnosti se podílí obtížná dostupnost moderních technických prostředků pro zaměřování a rovněž zvolený způsob zaměření. Podrobnější geometrické zaměření je obecně problematické také hlavně v intravilánu obce, protože je zde mnoho nejrůznějších překážek. Přesto je možné konstatovat, že naměřené hodnoty jsou pro provedení věrohodného hydrotechnického posouzení koryta vodních toků dostačující a výsledky ukazují na konkrétní místa potenciálního ohrožení při narůstajících průtocích.

Navrhovaná opatření k omezení rozlivu na louce za Obecním úřadem v Mochtíně, která vycházejí z výsledných výstupů modelu, bude nutné dále posoudit. Zejména se jedná o provedení nového hydrotechnického posouzení ve vztahu ke kamennému mostku, protože v případě výstavby uvažovaných ochranných hrází dojde k ovlivnění hladinového režimu na vodním toku. Konstatování o dostatečné kapacitě mostku i při vyšších průtocích ve výsledcích předkládané práce nebere v úvahu technický stav samotné stavby, který se může i v průběhu povodňových stavů projevit nestabilitou konstrukce.

Přestože zjištěná rizika mohou být relativně snadno odstraněna, nelze pominout finanční nároky. Rozpočet malé obce těžko umožňuje financovat odborná protipovodňová opatření z vlastních zdrojů. Systém státem garantované podpory formou dotačních programů vykazuje zatím relativní dostatek finančních zdrojů, ale důležitá je rovněž finanční podpora na přípravu samotné projektové dokumentace k záměru, protože paradoxně často dochází k situacím, kdy obec nemusí mít potíže se získáním finančních prostředků na realizaci akce, ale z pozice žadatele nemůže předložit potřebnou dokumentaci z důvodu nedostatku několika desítek, či stovek tisíc korun na její pořízení. V této věci je velmi zásadní spolupráce místní samosprávy se správcem dotčeného toku. Změna ve správcovství vodních toků, která se uskutečnila začátkem roku 2011, komplikuje případné investiční akce v zájmovém území, protože každý z posuzovaných vodních toků má v současné době jiného správce. Také je třeba zmínit, že nově určeným správcům bude určitou dobu trvat, než se seznámí se svěřeným územím a naváže na práci předcházejícího správce. Vyhodnocení stavu zájmových vodních toků ukazuje na nutnost provedení běžných údržbových prací, které by se neměly odkládat.

Jednou ze záležitostí, kterou samotné výstupy z programu HEC-RAS neobsahují je vliv nejrůznějších překážek v blízkosti vodních toků na průběh povodně. Existence oplocení pozemků zasahujícího do koryta toku, nepovolených zařízení na odběr povrchové vody, uskladnění různých materiálů na břehu a přemostění formou různých lávek vytváří riziko zatarasení průtočného profilu. Stejně jako v případě příprav na zmírnění povodňového ohrožení, je i v případě



omezení těchto rizikových faktorů nutná spolupráce samosprávy obce a správce vodního toku.

V souvislosti s N-letými hodnotami, které jsou v práci často zmiňovány je třeba si uvědomit, že N-leté průtoky vyjadřují průměrnou dobu opakování hydrologického jevu, kdy se v případě povodní jedná o posouzení extrémnosti kulminačního průtoku. Kulminační průtok například 50leté povodně je průměrně dosažen 1x za 50 let. Vzhledem k tomu, že se jedná o statistickou hodnotu, nelze předpokládat, že další stejně velká povodeň se vyskytne až za dalších 50 let. V daném území se tak může stejně velká povodeň vyskytnout následující rok od proběhlé povodně, stejně tak se ale nemusí za dalších 50 let vyskytnout v tom samém území vůbec. Pro předmětné vodní toky nejsou zpracovány hydrologické údaje, které ukazují na kulminační průtok při minulých povodních, tj. nelze ověřit zda například povodeň z roku 2002 odpovídá tzv. padesátileté vodě. Jistý úsudek lze získat posouzením záplavové čáry zjištěné pomocí programu HEC-RAS.

## **14. Závěr**

Posouzení hydrotechnického stavu části Mochtínského potoka a Bystrého potoka v k.ú. Mochtín ukázalo na několik rizikových míst, která mohou v případě zvýšených průtoků způsobit zaplavení některých částí v intravilánu obce Mochtín. Zejména se jedná o málo kapacitní propustek umístěný na Mochtínském potoce a terénní sníženinu na pravostranném břehu Bystrého potoka. Optimální náprava stavu, spočívající v provedení protipovodňové stavby ochranné hráze, byla navržena na základě prostudované literatury. Geometrické zaměření koryta vybraných úseků vodních toků pomohlo vytvořit jednorozměrný model pravděpodobného rozsahu záplavového území při dvouletých až stoletých průtocích. Pro vytvoření modelu byl použit speciální program HEC-RAS, jehož grafické výstupy byly přeneseny do základních map přehledného měřítka.

Přípravnými pracemi v terénu byly zjištěny další faktory, které nemohly být obsaženy ve výstupech z použitého programu. Tyto faktory spočívají v umístění

překážek v průtočném profilu vodních toků a na jejich břehu. Zjištěné překážky, na jejichž základě bylo nastíněno možné řešení, mohou výrazným způsobem zkomplikovat povodňovou situaci v zájmové lokalitě. Při odstraňování nevyhovujícího stavu bude nezbytná součinnost místní samosprávy se správci vodních toků, kterými jsou nově určeny státní podniky Lesy České republiky a Povodí Vltavy.

Spolupráce s příslušným správcem vodního toku zajistí odborným provedením údržbových prací zvýšení kapacity koryt vodních toků a v delším časovém horizontu může umožnit lepší čerpání finančních prostředků z existujících dotačních titulů na navrženou protipovodňovou investiční akci.

Samospráva obce, stejně jako široká veřejnost, může v případě hrozícího nebezpečí povodně využít vodohospodářské informační systémy, které umožní vytvořit přehled o množství spadlých srážek a aktuálních stavech na vodních tocích. Informace získané z internetových vodohospodářských portálů lze využít pro rozhodování a koordinaci další činnosti podle platných legislativních předpisů.

Povodí Mochtínského potoka a jeho pravostranného přítoku Bystrého potoka, nejsou svojí rozlohou příliš rozsáhlá, přesto se v minulosti vyskytlo několik povodňových situací, které ohrozily majetek v obci Mochtín. Nejvýznamnější povodňová epizoda způsobená dlouhotrvajícím deštěm proběhla v srpnu 2002. Největší nebezpečí však mohou představovat bleskové povodně způsobené intenzivní srážkovou činností v povodí. V regionu lze historicky doložit katastrofální následky přívalových srážek v podobě lidských obětí. Přestože typ zájmového povodí působí kladně na zpomalení rychlosti povrchového odtoku, není celkový charakter povodí příznivý, protože orná půda ve velkých obhospodařovaných celcích tvoří na svažitých pozemcích dominantní podíl ze zemědělského půdního fondu. Určitou nápravou nepříznivého stavu může být vhodné hospodaření dané dodržováním podmínek dobrého zemědělského a environmentálního stavu a snaha o provedení pozemkových úprav.

Předkládaná diplomová práce může být využita samosprávou Mochtína jako podklad pro přehodnocení některých plánovaných akcí zahrnutých do územního

plánu obce. Stejně tak je využitelná jako zdroj základního přehledu o možnostech v protipovodňové ochraně.

Vysoké materiální škody a ztráty na lidských životech po povodních, které v poslední době opakovaně postihují naše území, ukazují na nutnost být na tento hydrologický extrém připraven. Je ale třeba si také uvědomit, že povodně nezpůsobují jen negativa, ale mají mnohdy pozitivní přínos. Určitým směrem v protipovodňové ochraně by mělo být naučit se s povodněmi žít a respektovat vodu jako živel, který nejen přináší užitek, ale je někdy také hrozbou.

## 15. Přehled literatury a použitých zdrojů

- Baier M., 2011: Luby – Drnový potok a povodně v minulosti. Klatovan 1/11: str. 10.
- Blažek V., Cílek V., Ehrlich P., Král M., Punčochář P., Satrapa L., Gergel J., Maníček J., Matoušek V., Němec J., Nesměrák I., Hladný J., Řádek T., Hofmeister T., Vrabc M., Vylita T., Zeman O., Nietschová J., Pokorný D., Plesník J., 2006: Voda v České republice. Consult Praha, Praha.
- Brázdil R., Dobrovolný P., Elleder L., Kakos V., Macková J., Tolasz R., Valášek H., 2005: Historické a současné povodně v České republice. Masarykova univerzita v Brně, ČHMÚ, Brno, Praha.
- Čamrová L., Jílková J., 2006: Povodňové škody a nástroje jejich snížení. IEEP, Vysoká škola ekonomická, Praha.
- Český statistický úřad , 2005: Statistický lexikon obcí České republiky. Český statistický úřad, Ministerstvo vnitra ČR, Praha.
- Hydroprojekt, 1978: Odvodnění pozemků Luby - Mochtín. Hydroprojekt, Praha.
- Chamout L., Skála P., 2008: Základy geodézie. Skriptum ČZU, Praha.
- Janeček M., Bohuslávka J., Dumbrovský M., 2005: Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISVN, Praha.
- Just T., Matoušek V., Dušek M., Fischer D., Karlík P., 2005: Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. 3.ZO ČSOP Hořovicko, Praha.
- Jůva K., Hrabal A., Tlapák V., 1984: Malé vodní toky. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Klepsová E., 2010: O zaniklém příchovickém mlýnu. Přeštické noviny 6: str. 3.
- Kozlová N., 2011: Prevence před povodněmi - prezentace. MZe, Praha.
- Král M., 2010: Novela vodního zákona schválena. Vodní hospodářství 6: 153-157.
- Kříž M., Kantová H., 2009: Mochtín - toulky minulostí obce. OÚ Mochtín, Arkády, Klatovy.

- KTI & Aqualogic, 2004: HEC-RAS stručný manuál (česká verze). Praha.
- Kulhavý Z., Soukup M., Doležal F., Čmelík M., 2007: Zemědělské odvodnění drenáží. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i, Praha.
- Michael Allaby, 2003: Floods. VBH New York, USA.
- Ministerstvo zemědělství, 2009: GAEC. MZe, Praha.
- Ministerstvo zemědělství, 2007: Plán hlavních povodí České republiky. MZe, Praha.
- Ministerstvo zemědělství, 2010: Pozemkové úpravy. MZe, Praha.
- Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo životního prostředí, 2010: Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky. MZe, Praha.
- Ministerstvo zemědělství, odbor programového financování, 2009: Přehled dotačních titulů protipovodňové ochrany v ČR, MZe, Praha.
- Ministerstvo životního prostředí, 2003: Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 a návrhu úpravy systému prevence před povodněmi. MŽP, Praha.
- Ministerstvo životního prostředí, 2010: Lokální hlásné a varovné systémy, MŽP, Praha.
- Ministerstvo životního prostředí, 2010: Příručka pro žadatele o dotace z Operačního programu Životní prostředí. MŽP, SFŽP, Praha.
- Němec J. (ed.), Kopp J. (ed.), Buček, Cílek V., Černý M., Hladný J., Klimet Z., Metelka, Šobr, Zagorski P., Pretel, Vácha, Punčochář P., Máčka, Ložek V., Lošťák P., Kukul Z., 2009: Vodstvo a podnebí v České republice v souvislosti se změnou klimatu. MZe, Consult Praha, Praha.
- Nikl I., Tremml V., Smolík L., Tremlová M., Čejka V., Hubený, Michálková, 1997: Vlastivěda Klatovska, Okresní muzeum v Klatovech, Chodské nakl., Domažlice.
- Pokorný D., Pešek V., Medunová A., 2006: Voda v ČR do kapsy. Ministerstvo zemědělství, Praha.
- Pokorný J., 2009: Vodní hospodářství – stavby v rybníkářství. Informatorium, Praha.
- Pouza L., 2011: Potok v Jíně prý do konce března vyčistí hasiči. Klatovský deník 16/3/11: str. 6.

- Říha J., 2010: Ochranné hráze na vodních tocích. Grada, Praha.
- Sládková D., 2002: Měření výšek. Vysoká škola báňská-technická univerzita Ostrava, Ostrava.
- Sobota J., 2007: Vodní hospodářství. ČZU, Praha.
- Sýs L., Němcová J., Zoubek P., Pokorný D., 2008: Informační systém voda České republiky. MZe, Praha.
- US Army Corps of Engineers, 2003: HEC- RAS River Analysis System - user's manual. Hydrologic Engineering Center, USA .
- Votruba L., Patera A., 2004, et Hrdina K., Bláhová M., 1972, ex. Kosmas, 1125: Kosmova kronika česká. Praha.
- Votruba L., Patera A., 2004: Povodně v Čechách v dílech Českých historiků a kronikářů (11. - 19. století). ČVTVHS, Praha.
- Výzkumný ústav T.G.M., 2006: Hydroekologický informační systém VÚV. VÚV T.G.M, Praha.
- Weinmann J., 1997: Zajímavosti z historie Klatov. JUDr. J. Weinmann, Typos, Klatovy.
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů v úplném znění po novele zákonem č. 150/2010 Sb., Praha, 2011.
- Zemědělská vodohospodářská správa, 2008: Územní informační systém. Meliorační investiční výstavba, ZVHS, Klatovy.
- Zuna J., 1994: Revitalizace říčního systému Úhlavy. CIFA, Chomutov.
- Zuna J., Jařabáč M., 2002: Technická doporučení pro hrazení bystřin a strží. Ministerstvo zemědělství, Praha.

#### **Internetové zdroje:**

- Agentura ochrany přírody a krajiny, 2010: Ochrana přírody a krajiny. Praha, online: <http://www.dotace.nature.cz/>, cit. 25.3.2011.
- Český úřad zeměměřičský a katastrální: Katastr nemovitostí - mapy. Praha, online:<http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&>

MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=698091&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka, 2011.

- Internetový portál Google: Mapy, online: [www.maps.google.cz](http://www.maps.google.cz), 2011.
- Internetový portál Seznam: Mapy, online: [www.seznam.cz](http://www.seznam.cz), 2011.
- Lesy ČR, státní podnik, 2010: Správa vodních toků, Hradec Králové, online: <http://www.lesy-cr.cz>, cit. 16.3.2011.
- Ministerstvo zemědělství, 2009: Plánování v oblasti vod. Praha, online: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/planovani-v-oblasti-vod/>, cit. 20.2.2011.
- Národní geoportál INSPIRE: Mapy, online: [www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz), 2011.
- Státní fond životního prostředí, 2011: Dotační programy. Praha, online: <https://www.sfzp.cz/sekce/88/op-zivotni-prostredi/>, <http://www.opzp.cz/sekce/16/strucne-o-op-zivotni-prostredi/>, cit. 16.3.2011.
- Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2011: Vodní a větrná eroze půd ČR. Mapa, Praha, online: [http://ms.sowacgis.cz/mapserv/dhtml\\_eroze](http://ms.sowacgis.cz/mapserv/dhtml_eroze)

## Seznam obrázků

- (1) Přehled hlavních povodí České republiky
- (2) Správa vodních toků 2010
- (3) Správa vodních toků 2011
- (4) Vliv tvaru povodí na tvar povodňové vlny
- (5) Aktuální vydání vodního zákona a prováděcí předpisy
- (6) Přehled stavů a průtoků na ISVS VODA při výskytu povodně v lednu 2011
- (7) Povodeň v obci Mochtín
- (8) Širší přehled zájmového území
- (9) Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí v zájmové lokalitě
- (10) Zájmové povodí - výřez z vodohospodářské mapy 1:50 000
- (11) Část trasy posuzovaných vodních toků v 50. letech 20. století
- (12) Princip určování výškového rozdílu nivelací
- (13) Propustek na Mochtínském potoce v ř. km 3,800
- (14) Pracovní panely programu HEC-RAS
- (15) Hlavní panel s načteným projektem
- (16) Zadané hodnoty pro vykreslení příčných profilů
- (17) Příčné profily zakreslené v zájmovém území
- (18) Vykreslení profilu propustku na Mochtínském potoce
- (19) Zadané okrajové podmínky pro ustálené proudění
- (20) Dialogové okno pro výpočet proudění
- (21) Souhrnné tabelární výsledky
- (22) Celkový pohled na prostorové vykreslení koryta
- (23) Stav na posuzovaném úseku toků při průtoku odpovídající  $Q_2$
- (24) Podélní profil Mochtínského potoka - vzdutí hladiny na propustku při  $Q_{10}$
- (25) Propustek na Mochtínském potoce v km 0,312

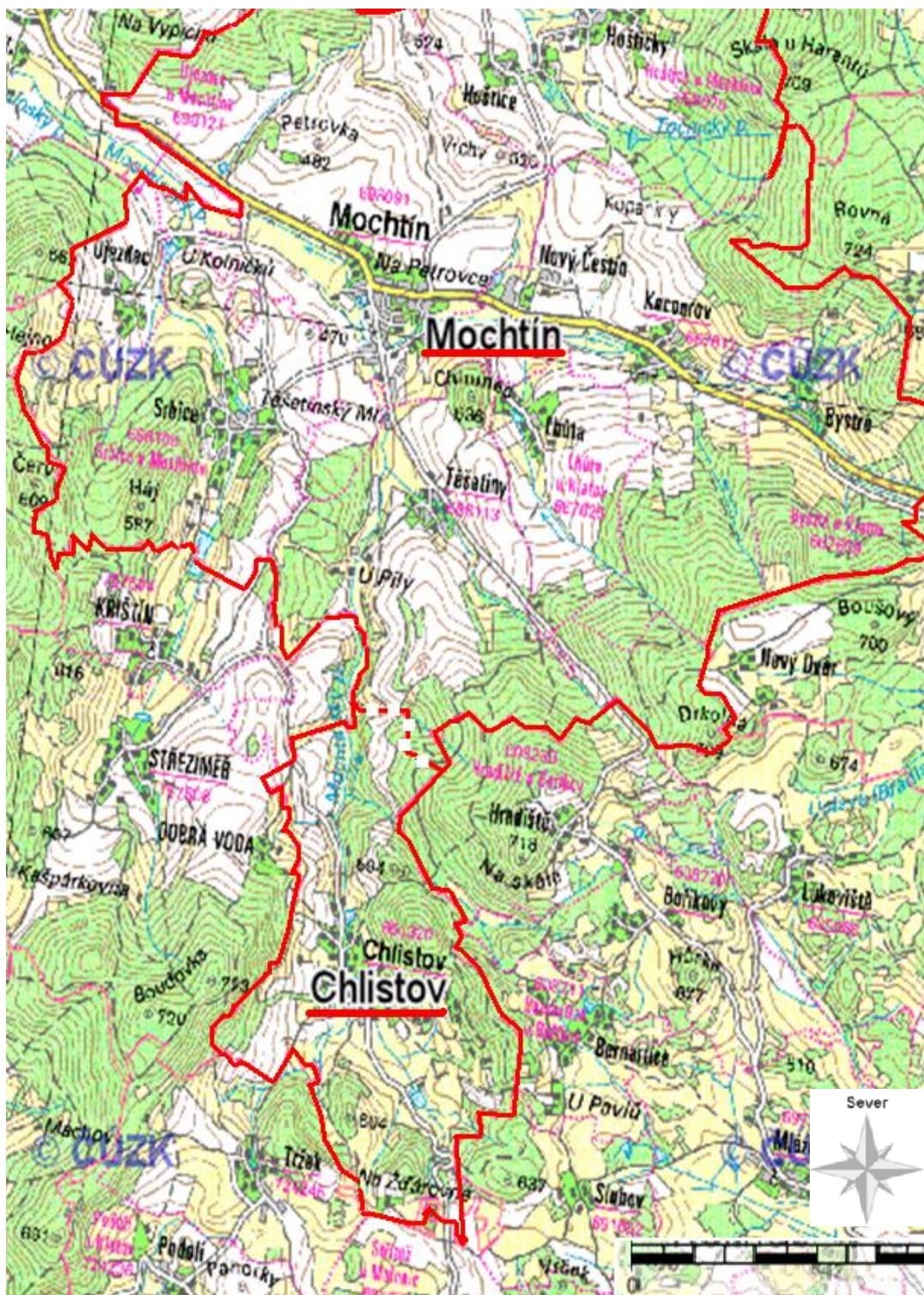


## Seznam tabulek

- (1) Povodňové škody v ČR v letech 1997 – 2010
- (2) Přehled největších povodní od 11. do 19. století
- (3) Přehled největších povodní ve 20. století
- (4) Přehled průměrných teplot a úhrn srážek na Klatovsku
- (5) N-leté průtoky na Mochtínském potoce
- (6) N-leté průtoky na Bystrém potoce

## Seznam příloh

- (1) Správní území obce Mochtín a Chlistov
- (2) Bližší vymezení zájmové lokality
- (3) Mapa se zákresem odvodněných ploch v zájmové oblasti
- (4) Geodetické zaměření - body (str. 1 až 4).
- (5) Letecký snímek s vyznačením posuzovaných úseků
- (6) Přehled vykreslených příčných profilů v mapě 1:10 000 (HEC-RAS)
- (7) Rozsah ohroženého území při průtoku  $Q_{10}$  v mapě 1:5000
- (8) Rozsah ohroženého území při průtoku  $Q_{20}$  v mapě 1:5000
- (9) Rozsah ohroženého území při průtoku  $Q_{50}$  v mapě 1:5000
- (10) Rozsah ohroženého území při průtoku  $Q_{100}$  v mapě 1:5000
- (11) Fotodokumentace

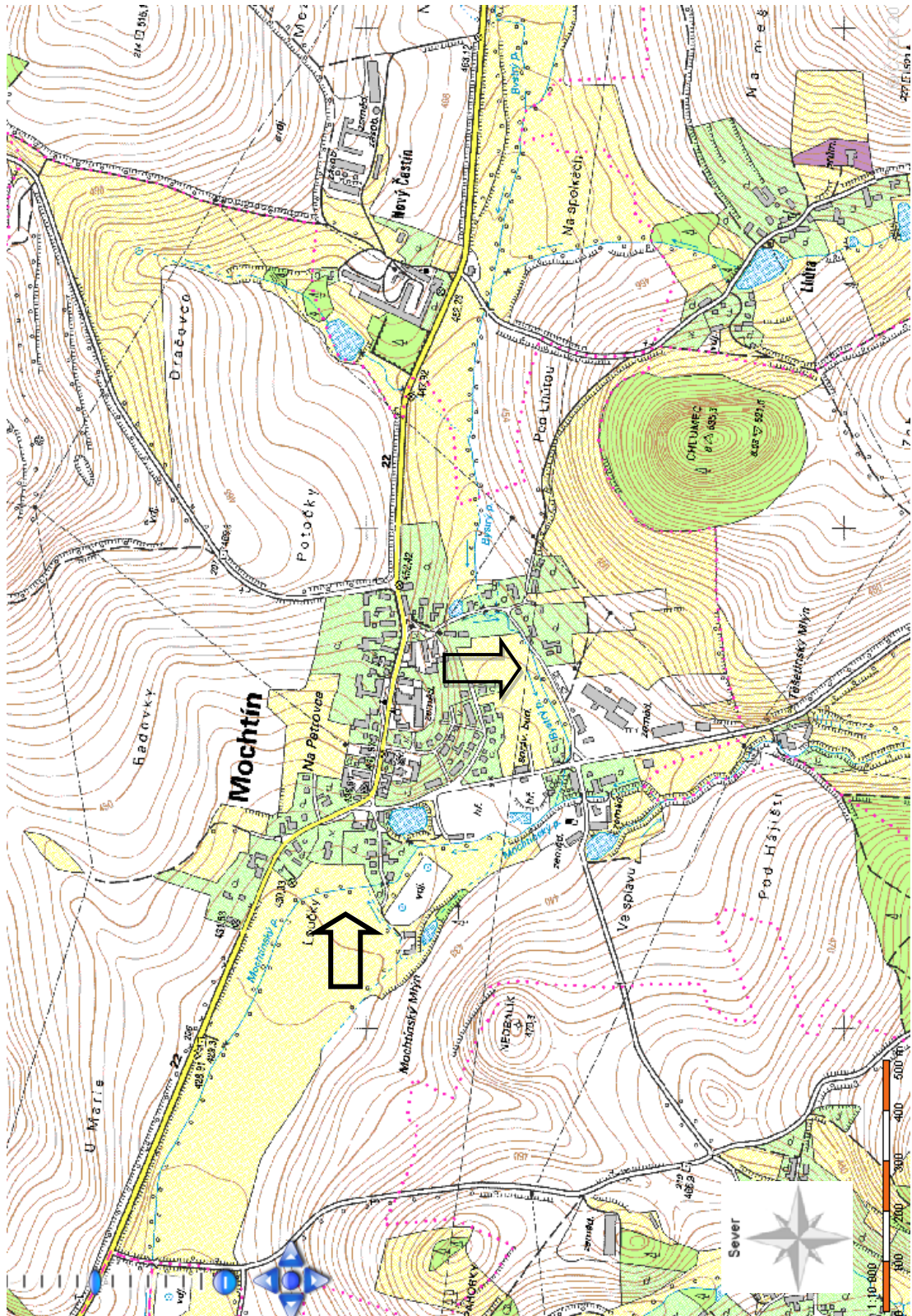


Příloha č. 1

Správní území obce Mochtín a Chlistov – výřez z mapy 1:50 000

(Zdroj: ČÚZK)





Příloha č. 2

Bližší vymezení zájmové lokality M 1:10 000 (Zdroj: ČÚZK)





### Příloha č. 3

Mapa se zákresem odvodněných ploch v zájmové oblasti - výřez z mapy

1:10 000 (Zdroj: ÚIS ZVHS)

	<b>profil 1</b>	
0	430.8	
7.5	429.92	
94.5	429.8	
144.5	429.95	LB
146.5	428.72	PK
147	428.57	S
147.5	428.62	LK
150.5	429.89	PB
180.5	430.37	
191.5	430.71	
192.5	431.07	
207.5	430.82	

	<b>prof 2</b>	95m	
	0	431.47	
	9	430.72	
	118	430.37	
	138	430.69	
	158	430.63	LB
	162	429.62	PK
	163	429.61	S
	164	429.62	LK
	166	430.54	PB
	241	431.18	
	246	431.62	
	249	432.37	

<b>prof 3</b>	85m	+180m
0	431.5	
12	431.24	
136	430.96	
158	430.88	
175	431.19	
184	431.28	
187	430.9	LB
188.5	430.04	PK
189.2	430.03	S
190.5	430.04	LK
192	430.88	PB
195	431.07	
199	430.99	
212	431.1	
227	431.26	
247	431.84	

	<b>prof 4</b>	55m	+235m
	0	432.05	
	5	431.54	
	100	431.29	
	122	431.12	
	134	431.4	
	152	431.88	LB
	155	430.4	PK
	156	430.39	S
	157.5	430.6	LK
	160	431.69	PB
	179	431.77	
	193	431.55	
	205	431.54	
	285	432.12	

<b>profil 25</b>		Bystrý p.
0	440.5	
15	440.01	
54.5	439.85	LB
56.5	438.95	
57	438.82	PK
57.5	438.91	S
58.5	439.25	LK
60	439.95	PB
105	439.85	
120	440.02	

Příloha č. 4

Geodetické zaměření - body (str. 1/4)

<b>prof 5</b>	70 m - pod pr.	
0	432.46	+305m
11	432.1	
72	431.87	
85	431.85	
106.5	432.03	LB
108.2	430.84	PK
109.5	430.61	S
110	431	LK
111	431.97	PB
125	432.01	
136	432.08	
151	432.21	

propustek	<b>prof 6</b>	7m	+312m
	0	432.76	
	6	432.26	
	94	431.97	
	101	431.94	
	109	431.96	LB
	110.5	430.95	PK
	112	430.73	S
	113.5	430.85	LK
	115	432.14	PB
	129	432.05	
	140	432.04	
	157	432.29	

<b>prof 7</b>	68 m	+380m
0	432.92	
32	432.39	
102	432.09	
127	432.07	LB
129	430.94	PK
130	430.9	S
131	431.08	LK
133	432.03	PB
167	432.19	
212	432.7	

	<b>prof 8</b>	57 m	+437m
	0	433.27	
	18	432.74	
	81	432.67	LB
	123	432.54	PK
	128.5	432.42	S
	130.5	431.43	LK
	132	431.31	PB
	133	431.29	
	134.5	431.91	
	136.5	432.72	
	140	433.19	

<b>prof 9</b>	70 m	+507m
0	434.01	
35	433.36	
45	433.03	LB
55.5	432.84	PK
57.5	432.13	S
59	432.02	LK
60.5	432.19	PB
64	434.28	
80	434.61	

	<b>prof 10</b>	60 m	+589
	0	434.96	
	13	434.74	
	54	434.21	
	73.5	434.37	LB
	76	432.76	PK
	77.5	432.86	S
	79	432.93	LK
	82	434.52	PB
	102	434.68	
	118	434.87	

prof 11	60 m	649 m
0	435.38	
7	435.05	
38	434.86	LB
44	434.94	PK
46	433.88	S
47.5	433.83	LK
49	433.88	PB
51	434.87	
75	435.06	

	prof 12	60 m	709 m
	0	436.09	
	14	435.65	
	45.5	434.99	
	47	434.51	LB
	48.5	434.32	PK
	50.5	434.49	S
	52	435.51	LK
	57	435.55	PB
	69	435.26	

prof 13	85 m	ús2,794m
0	436.65	
42	436.29	
44.5	435.72	
46	435.7	LB
47.5	434.94	PK
49.5	434.91	S
51.5	435.02	LK
53	436.23	PB
55	436.38	
95	436.46	

	prof 14	94 m	ús1,889
	0	438.29	
	42	438.04	
	54	437.69	LB
	58	435.88	PK
	59	435.76	S
	60.5	435.74	LK
	64	437.64	PB
	98	437.88	
	118	438.14	

prof 15	37 m	
0	436.65	
42	436.29	
44.5	435.72	
46	435.7	PB
47.5	434.94	PK
49.5	434.91	S
51.5	435.02	LK
53	436.23	LB
55	436.38	
95	436.46	

	prof 16		Bystrý
	0	437.8	
	30	437.15	
	55	436.08	PB
	57	435.39	PK
	58.5	435.43	S
	60	435.65	LK
	62	436.61	LB
	92	436.33	

profil 17		
0	438.52	
19	438.34	
36	438.04	LB
39.5	436.31	PK
40.5	436	S
42	436.48	LK
44	437.78	PB
70	438.15	

	profil 18		
mostek	0	438.3	
	28	437.63	LB
	30	436.26	
	31.5	436.06	PK
	33	436.41	S
	36	438.2	LK
	54	438.45	
	68	438.54	PB



<b>profil 19</b>		
0	439.21	
12	438.67	
22.5	438.05	LB
24.5	436.86	
26.5	436.4	PK
27	436.39	S
27.5	436.44	LK
28	436.89	
30	437.94	PB
55	437.8	
80	437.69	
150	437.99	

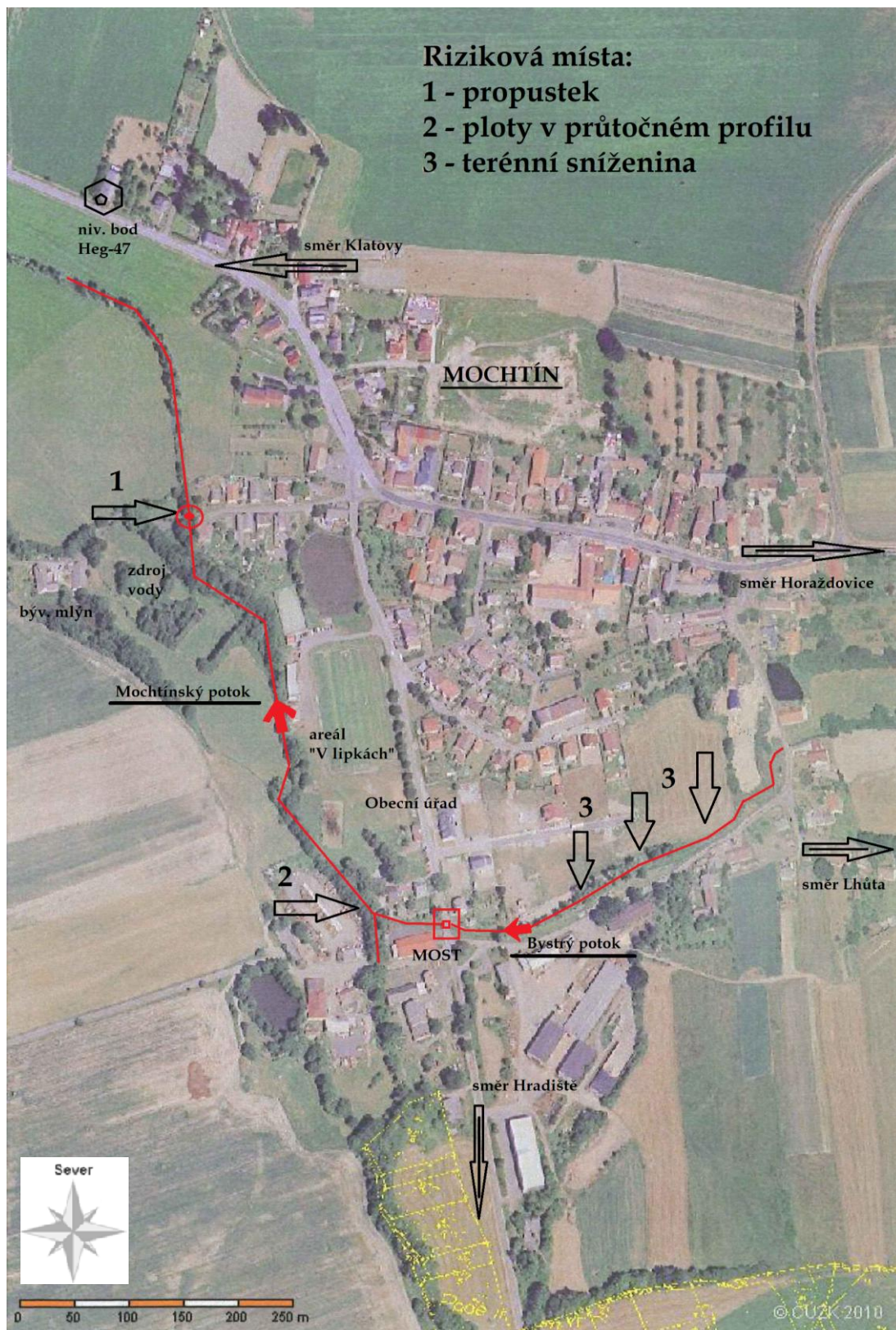
	<b>prof 20</b>		
	0	439.99	
	7.5	439.52	
	27.5	438.73	LB
	31.5	436.87	
	32	436.71	PK
	32.5	436.59	S
	33	436.67	LK
	34	437.24	
	37	438.24	PB
	76	437.59	
	121	437.64	

<b>prof 21</b>		
0	440.17	
8	439.6	
21	438.77	LB
23	437.28	
23.5	437.17	PK
24	437.21	S
26	437.68	LK
29	438.67	PB
39	438.4	
81	437.96	
121	437.98	
149	437.98	
172	438.24	

	<b>prof 22</b>		
	0	439.74	
	6	439.1	LB
	8	438.22	
	9.5	437.68	PK
	10	437.6	S
	10.5	437.65	LK
	11	438.98	PB
	12.5	438.79	
	39.5	438.47	
	96.5	438.65	
	151.5	438.92	

<b>prof 23</b>		
0	439.61	
6	439.13	LB
10	438.35	
10.5	437.94	PK
11	437.92	S
12	438.29	LK
13.5	439.13	PB
72.5	439.08	
118.5	439.18	

	<b>profil 24</b>		
	0	440.13	
	12	439.61	LB
	14	438.82	
	15	438.53	
	15.5	438.17	PK
	16	438.36	S
	17.5	438.71	LK
	19.5	439.55	PB
	28.5	439.75	
	30	439.6	
	49	439.54	
	129	439.68	

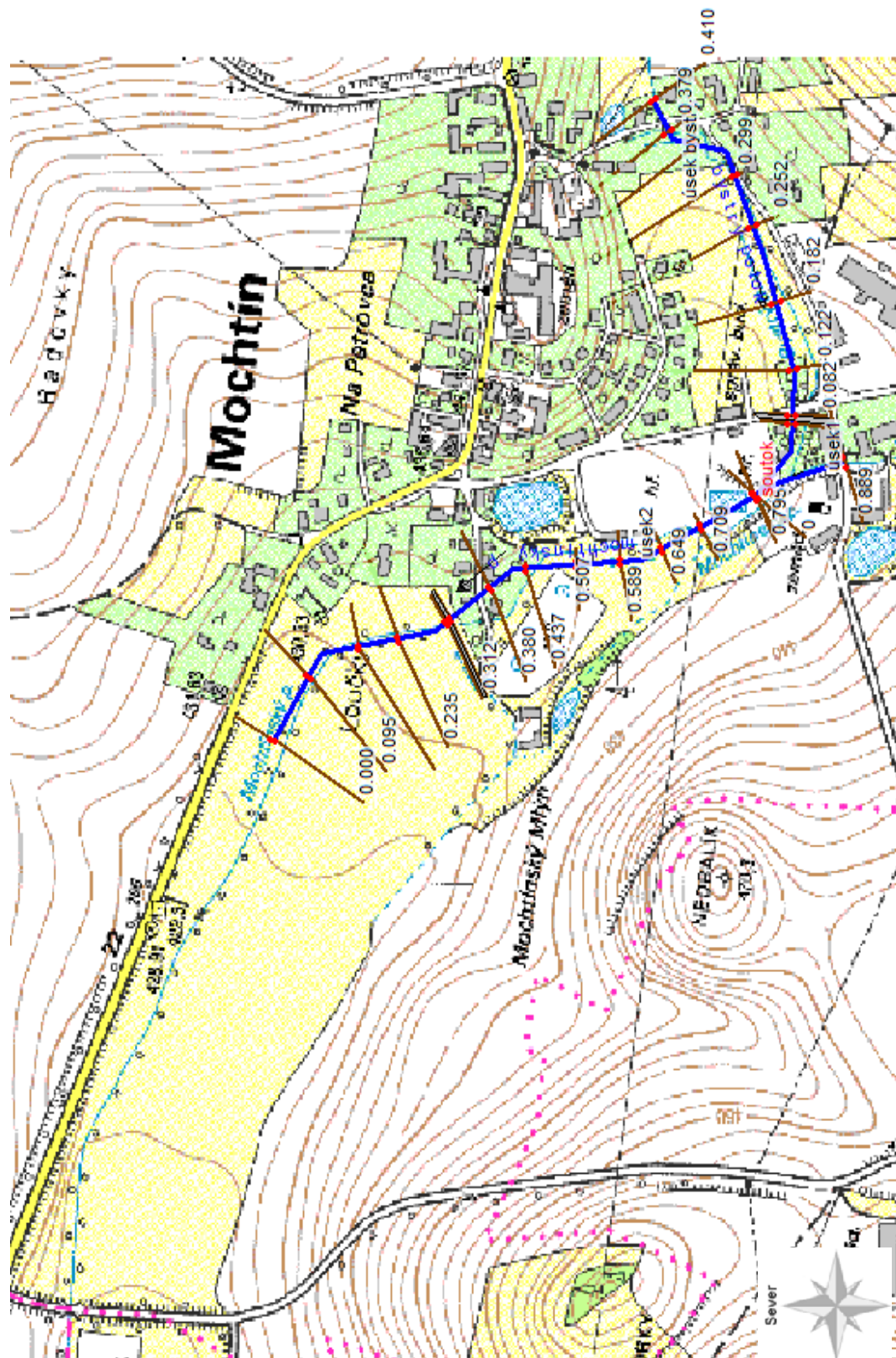


Příloha č. 5

Letecký snímek s vyznačením posuzovaných úseků

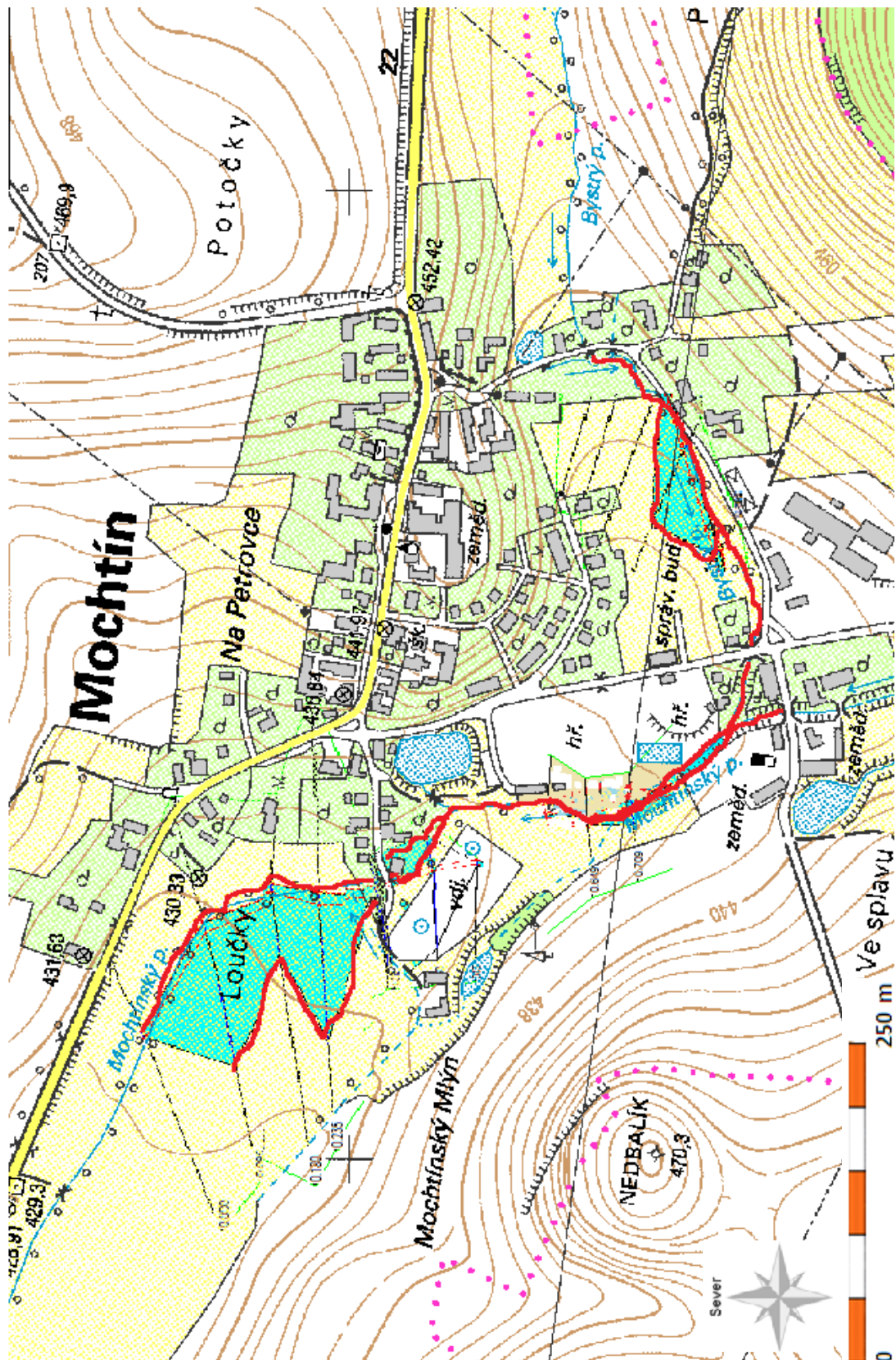
(Zdroj mapy: ČÚZK)





Příloha č. 6

Přehled vykreslených příčných profilů - výřez v mapě 1:10 000  
(HEC-RAS)



Příloha č. 7

Rozsah ohroženého území při Q<sub>10</sub> (HEC-RAS)













Obec Mochtín (Zdroj: vlastní)



Trasa Mochtínského potoka pod obcí Mochtín (Zdroj: vlastní)





Zvýšená hladina vody při jarním tání v březnu 2005  
Propustek na Mochtínském potoce - vpravo objekt sklenářství (Zdroj: J. Kantová)



Mochtínský potok - běžný průtok (Zdroj: vlastní)





Povodeň na Bystrém potoce v srpnu 2002 (Zdroj: J. Kantová)



Bystrý potok - běžný průtok v září 2010 (Zdroj: vlastní)