

**Česká zemědělská universita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování



**Hydrotechnické posouzení části vodního toku Úhlava, objektů  
na toku a vykreslení záplavových čar**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vypracovala: Iva Šrámková**

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

**Praha 2011**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně. Všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu své diplomové práce Ing. Radku Roubovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, připomínky a podnětné rady. Dále pak děkuji Povodí Vltavy a.s. a MÚ Přeštice za poskytnutí podkladů.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá hydraulickým modelováním povrchového odtoku na části řeky Úhlavy mezi obcemi Lužany a Příchovice. Soustřeďuje se na stanovení záplavového území řešené části vodního toku, na základě stanovení výšky hladin při jednotlivých N-letých vodách a hydrotechnické posouzení objektů na této části toku Úhlava. Zpracování bylo provedeno v hydraulickém modelu HEC-RAS nekomerční verze 4.0. Práce je založena na terénním průzkumu a na získaných informacích, na základě kterých se snaží především komplexně popsat sledované území v souvislosti se stanovením záplavového území pro jednotlivé N-leté průtoky.

## **Klíčová slova**

vodní tok, Hec-RAS, příčný profil, průtok, hydraulický model, podélný profil, povodně, hydrologické poměry

## **Abstract**

This thesis deals with the hydraulic modeling of surface runoff in the river between the villages Uhlava Luzany and Prichovice. It focuses on the determination of the flood plain area for the portion of the watercourse, based on a specified level for each N-year water and hydro-mechanical assessment of buildings in this part of the flow Uhlava. Processing was carried out in the hydraulic model HEC-RAS version 4.0 non-commercial. The work is based on field survey and information obtained on the basis of which primarily aims to comprehensively describe the monitored area in connection with the determination of the flooded area for each N-year flows.

## **Keywords**

water flow, HEC-RAS, cross section, discharge, hydraulic model, profil plot, flood, hydrological conditions

## Obsah:

1. Úvod.....	8
2. Cíle.....	9
3. Metodika .....	9
3. Charakteristika území a přírodní poměry .....	11
3.1 Údaje o území .....	11
3.2. Klimatické poměry .....	12
3.2.1 Teplotní poměry .....	12
3.2.2 Srážkové poměry .....	12
3.2.3 Větrné poměry .....	14
3.3 Geologické poměry.....	14
3.4 Hydrogeologické poměry .....	18
3.5 Geomorfologické poměry.....	20
3.6 Pedologické poměry .....	21
3.7 Biogeografické poměry .....	21
3.8 Vegetační podmínky .....	22
3.9 Hydrologické poměry .....	25
3.9.1 Hydrologické údaje .....	25
3.9.2 Popis toku Úhlava a jeho povodí.....	27
3.9.3 Přítoky řeky Úhlavy .....	30
4. Povodňová situace .....	34
4.1 Povodně .....	34
4.2 Stupně povodňové aktivity .....	37
4.3 Povodňové plány .....	38
4.4 Záplavová území.....	39
4.5 Území určená k rozlivům povodní .....	40
4.6 Historické povodně v Západních Čechách .....	41
4.6.1 Nejvýznamnější povodně na Otavě.....	41
4.6.2 Nejvýznamnější povodně na Úhlavě a Berounce.....	42

4.6.3	Největší povodně v Plzni.....	42
4.6.4	Povodeň v srpnu 2002.....	43
5.	Stanovení záplavového území části toku řeky Úhlavy .....	46
5.1	Podklady a vstupní veličiny.....	46
5.2	Vlastní modelování programem HEC-RAS řešeného území .....	48
4.2.1	Základní nastavení .....	48
5.2.2	Schematizace toku a inundace .....	48
5.2.3	Zadání příčných profilů .....	49
5.2.3	Zadání příčných objektů na toku .....	54
5.2.4	Zadání součinitele drsnosti .....	56
5.2.5	Zadání okrajových podmínek .....	58
5.2.6	Spuštění výpočtu.....	59
5.2.7	Výstupy a výsledky hydrotechnického posouzení.....	59
9.	Diskuze .....	63
10.	Závěr .....	63
	Použitá literatura .....	65
	Seznam zkratk .....	67
	Seznam příloh .....	68
	Seznam příloh v textové části: .....	68
	Seznam příloh v přílohové části: .....	69

# 1. Úvod

Voda je jednou ze základních podmínek života. Je součástí biosféry a většiny živých organismů. Má mnoho funkcí a je důležitým faktorem životního prostředí. Povodně na tocích se vyskytují a projevují po tisíciletí. Jejich průběh a důsledky se výrazně nemění. V poslední době však přibývá jejich četnost a také rozsah.

Větší výskyt povodní se přisuzuje probíhajícím změnám klimatu, jehož následkem dochází k častému výskytu nerovnoměrných a intenzivních srážek. Vliv na průběh povodní a škody jimi způsobené má bezesporu nevhodná urbanizace krajiny a nevhodné zásahy do ní, většinou v rámci zemědělské výroby, jako je rozrušování mezí a vytváření velkých lánů monokultur, regulace vodních toků a další. Uvedené skutečnosti mají za následek zvyšování povrchového odtoku. Takto proměněná krajina si nedokáže poradit s velkým množstvím vody a vlivem rychlého povrchového odtoku dochází k následné destrukci krajiny.

Snaha lidí ochránit svůj majetek a před škodami způsobené povodní se projevovala již v minulosti. Tehdy spíše tím, že se obytné stavby stavěly v bezpečné vzdálenosti od vodních toků. Člověk v tomto ohledu respektoval krajinu a její zákonitosti. Postupně přibyla i technická opatření s různou účinností. V minulém století, kdy výskyt povodní nebyl tak častý, přibývalo v blízkosti toků mnoho staveb, které jsou nejen vystaveny nebezpečí velké vody, ale mohou sami ohrozit další území pod sebou. Stavební úřady v součinnosti s vodoprávním úřadem by měly účinně korigovat výstavbu v zátopových územích.

## 2. Cíle

Cílem diplomové práce bylo

- odvození vstupních parametrů hydraulického modelu HEC-RAS a sestavení matematického modelu
- charakteristika území a přírodních poměrů, povodňových událostí obecně a v povodí Úhlavy
- stanovení záplavových čar pro N-leté průtoky na části vodního toku Úhlava mezi obcemi Lužany a Příchovice s využitím softwarových prostředků pro hydrologické modelování a hydrotechnické posouzení příčných objektů na řešené části toku Úhlava

## 3. Metodika

Pro vypracování diplomové práce bylo nutné zjistit a shromáždit a zpracovat podklady potřebné pro modelaci záplavového území. Toto spočívalo především v rekognoskaci terénu a provedení výškopisného zaměření zájmového území. Toto území jsem několikrát podrobně prozkoumala za různých vodních stavů a v různých ročních obdobích, s cílem posoudit stav vodního toku a jeho průchodnost, zaměřila jsem se na určení hodnot součinitele drsnosti pro další výpočty. Podstatnou součástí zpracování práce bylo zaměření dna koryta vodního toku v potřebných profilech na podzim roku 2010.

Dále byla provedena charakteristika zájmového území a jeho přírodních podmínek např. klimatické poměry, geologické a hydrogeologické, geomorfologické, vegetační, hydrologické a další poměry. Součástí shromažďování potřebných údajů



je i posouzení a popis celého území povodí Úhlavy a charakteru tohoto toku a jeho významných přítoků.

Část práce je zaměřena na povodňovou situaci obecně a dále se zaměřením na oblast Západních Čech, jejich nejvýznamnějších toků a na samotnou řeku Úhlavu a její řešenou část.

Následuje získání a příprava podkladů, které jsou následně zadávány a zpracovány v modelu HEC-RAS. Zpracování výsledků – stanovení zátopových čar pro jednotlivé N-leté průtoky a posouzení průtočnosti pevných objektů na zájmové části řeky Úhlavy.

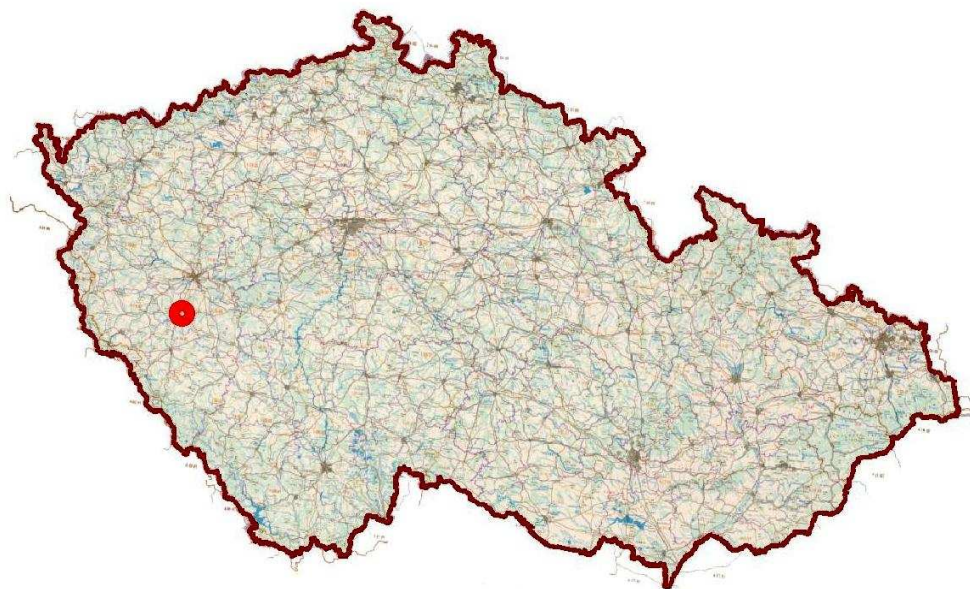
V závěru diplomové práce je popsáno zhodnocení zjištěných výsledků. V příloze jsou zpracované mapy, výstupy a fotodokumentace zájmového území.

### 3. Charakteristika území a přírodní poměry

#### 3.1 Údaje o území

Řešená lokalita se nachází v Plzeňském kraji cca 17 km jižně od Plzně, okres Plzeň jih, mezi obcemi Lužany a Příchovice. Jedná se o úsek řeky Úhlavy ř.km 34,100 – 36,205. Orientační umístění zájmové lokality je patrné z obr. č.1: Poloha zájmové lokality. Úhlava výrazně meandruje na východním okraji obce Lužany, dále pokračuje k Příchovicím. Místy mírně meandruje v lukách a nad soutokem s Příchovickým potokem, pravostranným přítokem na jižním okraji obce Příchovice, končí řešený úsek toku. Zájmová lokalita se nachází v rovinatém území Přešticko-Blovické vrchoviny v nadmořské výšce 360 – 370 m n.m.

Řešené území zasahuje do dvou katastrálních území: Lužany u Přeštic 689181 a Příchovice u Přeštic 735949. Dané obce spadají pod působnost obce s rozšířenou působností Města Přeštice.



*Obr.1: Poloha zájmové lokality*

## **3.2. Klimatické poměry**

„Podnebí v povodí Úhlavy je určeno geografickou polohou uprostřed mírného klimatického pásma. Toto situování se v oblasti Čech projevuje mísením podnebních vlivů – oceánského a kontinentálního. Oceánské ovlivňování se výrazně projevuje zejména za přecházení cyklonálních oceánických níží, směřujících generelně od západu k východu. Proto rozpětí teplot denních a nočních je zde menší než ve východní Evropě. Oblačnost a množství srážek je značně proměnlivé a výrazně kolísá. Celkově lze klima zařadit do skupiny atlanticko-kontinentální“. [8]

### **3.2.1 Teplotní poměry**

Na teplotní poměry v povodí řeky Úhlavy má velký vliv nadmořská výška. V pramenné oblasti toku jsou průměrné teploty jen 4°C, v Klatovské kotlině vystoupí na 7°C a od Švihova k Plzni dosahují 8°C. V ČR na každých 100 m nadmořské výšky, klesá teplota asi o 0,6° C. S rostoucí nadmořskou výškou, roste i množství srážek.

„Velkou proměnlivost počasí způsobují rychle se střídající změny vzdušného tlaku v důsledku poměrně rychlého pohybu cyklonálních vzdušných mas níží ve střídání s anticyklonálními výšemi, probíhající nejčastěji od západu a severozápadu k východu“. [8]

Dlouhodobá pozorování ukazují, že nejstudenější měsíce jsou prosinec, leden a únor, někdy i listopad. Nejteplejší jsou červenec a srpen, občas červen. Teplotní rozmezí dosahuje 23° C, v horských oblastech okolo 19 °C. [8]

### **3.2.2 Srážkové poměry**

Srážky jsou dalším významným klimatickým faktorem. „Množství srážek je významně závislé na expozici převládajících větrů, které přinášejí cyklonální tahy od

Atlantiku. Do značné míry se uplatňuje poloha okrajových pohoří návětrné a závětrné strany. Srážky přinášejí převážně západní a severozápadní větry. V povodí Úhlavy převládají západní větry“. [8]

Roční průměrné srážky v povodí Úhlavy v 50-ti letém pozorování dosahují průměrně 698 mm. V nevyšších polohách jsou zaznamenány průměrné roční srážky s hodnotami 1300 mm, v Lužanech 710 mm a v Plzni 496 mm.

Průměrné rozdělení srážek během roku a průměrné množství srážek v mm z dlouhodobého průměru v % pro jednotlivé měsíce je zpracováno do tabulek viz Tabulka č. 2: Průměrné rozdělení srážek během roku a Tabulka č. 3: Průměrné množství srážek v mm z dlouhodobého průměru. [8]

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
% sum/rok	5	6	7	7	10	12	13	13	8	6	7	6

Tabulka č. 1: Průměrné rozdělení srážek během roku [8]

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ročně	IV- IX	X - III
Pancfř	101	91	80	87	107	123	153	127	108	105	82	106	1269	705	564
Nýrsko	43	42	40	53	69	95	99	76	59	54	44	44	721	454	267
Klatovy	30	27	28	46	63	76	82	70	51	42	32	33	582	390	192
Plzeň	23	18	33	39	62	75	79	63	53	39	24	26	534	361	173

Tabulka č. 2: Průměrné množství srážek v mm z dlouhodobého průměru [9]

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ročně
Stará Lhota	86,9	72,9	83,1	77,7	99,9	114	115,7	107,5	87,1	73,6	83,1	97,9	<b>1101,7</b>
Klatovy	57,7	50,2	58,8	60,7	83,3	85,9	94,2	91,7	68,3	54,5	58,7	64,7	<b>835,4</b>
Štěnovice	42,9	39,8	48,2	54,3	75,8	83,1	85,9	84,8	58,7	45,5	47,8	48,2	<b>715,9</b>

Tabulka č. 3: Průměrné měsíční a roční srážky v mm za období 196 –90 [9]

### 3.2.3 Větrné poměry

Významným klimatickým faktorem jsou větry a směry proudění, které ovlivňují srážkovost. V povodí Úhlavy jsou směry větrů proměnlivé, výrazně převládají západní větry a to zejména ve vyšších polohách. Směry větrů souvisí s vlhkostí, tu přináší JZ – Z – SZ větry. Větry od V – JV jsou suché. Připovrchové proudění vzduchu má proměnlivé rychlosti, vyjímečně přes 14 km/h. Za bouřek a přesunech rychlých front se mohou vyskytnout smrště s rychlostmi cca 150 km/h. [8]

### 3.3 Geologické poměry

Povodí Úhlavy je celé situováno v metastruktúře Českého masivu: jižní část povodí se nalézá v oblasti Moldanubika, severní oblast převážně v Bohemiku.

Řešená lokalita se nachází v oblasti Barrandienské proterozoikum, do něhož zasahuje část Úhlavy ř. km 62,0 - 20,5 a ř. km 13,5 - 0,0.

Převážná část povodí se nachází v rozsáhlém komplexu metasedimentů proterozoika, kadomsky provrásněného a později rozčleněného směrnými i příčnými zlomy na dílčí bloky. Celé tvoří rozlehlé synklinorium severovýchodního směru, šířky až 30 km mezi karbonem a moldanubickým krystalinikem. Údolní pásmo jej protíná šikmo napříč v délce 35 km a kříží výrazně příčné zlomy. Tyto zlomy v jinak monotónním souvrství jsou zdůrazněny v dislokačních posunech tvrdých odolných vložek a pásem lyditů a spilitů. V severní sekci povodí je souvislost komplexu lokálně přerušena intruzí menšího masivu granodioritů.

Litologicky je komplex složen z monotónní série metapelitů až drob, v nejširší jižní části povodí jsou na západní straně fylity a fylitické břidlice, dále stejný soubor břidlic a drob se vyskytuje severně do granitoidů klatovských (ř. km 56,0 – 46,0).

V celém souboru se rozptýleně vyskytují drobné směrné vložky lyditů. V zúženém krátkém úseku údolí (ř. km 41) vede šikmo napříč údolím větší výrazné

pásmo lyditů doprovázených spility, které je příčnou zlomovou tektonikou dislokováno sérií zlomů. Tvoří výraznou strukturní elevaci a dělí neogenní relikt v údolí na dvě sekce. Podél západní strany povodí se souběžně s údolím táhne mohutné hlavní pásmo paleovulkanitů - spilitů a jejich tufů, kterými údolí prochází napříč (mezi ř.km. 27,0 - 21,0). Místy se jako vložky výjimečně vyskytují také grafitické a černé kyzové břidlice.

Kvartérní pokryv údolního dna tvoří štěrkopískové aluviony, kryté holocenními náplavovými hlínami. Svahy kryjí sutě i hlinitopísčité koluvia a eluvia a málo zachované rozptýlené relikt terasových uloženin.

Z průběhu známých reliktů neogénu lze rekonstruovat průběh směru miocenního odtoku od Klatov ve směru údolí až po Přeštice, kde se stáčí do rozlehlé lakustrinní sedimentační oblasti Dobřanské kotliny mimo povodí. Dnešní údolí se dále k severu nápadně zužuje a z části kříží a obchází obloukem blok spilitů podél jeho jihovýchodní strany. [8]

Řešený úsek Úhlavy – Dobřanská kotlina ř.km. 43,0 – 24,0: geologicky se skládá v povodí Úhlavy z proterozoických metasedimentů, břidlic a drob, lyditů a spilitů, karbonských slepenců, pískovců a jílovců a neogenních sedimentů.

Z následujících tabulek získaných z Geofondu jsou patrné geologické profily v zájmové lokalitě.

## Geologická sonda HV-II Lužany

Souřadnice - X: 1090659.90 Y:829381.90

Nadmořská výška: 353.87 m n.m. (balt po vyrovnání)

Hloubka : 27,20 m (vrt svislý)

Realizace: IGHP Žilina, závod Praha a České Budějovice v r.1966

hloubkový interval (m)	<b>stratigrafie</b> základní popis polohy <i>rozšířený popis polohy</i>
0,00-0,20	<b>Kvartér</b> humus
0,20-1,10	Hlína jílovitá
1,10 – 1,50	šterkopísek jemně hlinitý
1,50 – 4,50	Šterk hrubozrnný, slabě písčité, hlinitý
4,50 – 7,50	jíl pevný, světle šedý
7,50 – 9,20	Písek; příměs balvan <i>přítomnost valouny</i>
9,20 – 19,50	písek jílový, příměs valouny <i>přítomnost balvan</i>
99,50 – 21,30	jíl písčité, světle šedý <i>přechod: jíl písčité světle zelený</i>
21,30 – 26,70	Písek; příměs valouny <i>přítomnost balvan</i>
26,70 – 27,20	<b>Proterozoikum</b> Břidlice zvětralá, fylitická
Hladina podzemní vody – hloubka 0.00 m; druh hladiny - ustálená	

Tabulka č.4: Popis sondy **HV-II Lužany** [1]

## Geologická sonda P-1 Příchovice

Souřadnice - X: 1089462.50 Y:828922.40

Nadmořská výška: 351.22 m n.m. (balt po vyrovnání)

Hloubka : 25,5 m (vrt svislý)

Realizace: Vodní zdroje, a.s. Praha v r. 1992

hloubkový interval (m)	<b>stratigrafie</b> základní popis polohy <i>rozšířený popis polohy</i>
	<b>Kvartér</b>
0,00-0,50	hlína humosní
0,50-1,50	jíl tuhý, šedohnědý; příměs písek
1,50 – 4,00	šterkopísek částice řádově centimetrové
4,00 – 4,50	šterkopísek max. velikost částic 1 dm
	<b>Neogén - miocén</b>
4,50 – 5,50	jíl tuhý, hnědočervený
5,50 – 7,00	písek prachový, světle šedý
7,00 – 9,00	písek jílový., světle šedý; příměs valouny
9,00 – 11,00	jíl písčité, světle šedý; příměs valouny
11,00 – 12,00	šterkopísek
12,00 – 15,00	jíl tuhý. šedý
15,00 – 22,00	písek, příměs valouny
	<b>Proterozoikum</b>
22,00 – 25,00	eluvium jílovité, šedo zelené
Hladina podzemní vody – hloubka 2.52 m; druh hladiny - ustálená	

Tabulka č.5: Popis sondy **P-1 Příchovice** [1]



### 3.4 Hydrogeologické poměry

Hydrogeologický rajón :

622 - Krystalinikum a proterozoikum v povodí Mže pod Stříbrem

Z hydrogeologického hlediska se jedná většinou o území převážně jen méně vhodné ke získání vyššího množství podzemní vody.

Nositelem zvodnění zájmového území je průlinově propustný kvartérní kolektor, který je hydraulicky spojený s hlubším kolektorem vytvořeným v zóně přípovrchového rozvolnění a puklinového porušení hornin skalního podkladu. Porušení skalních hornin do větších hloubek se vyskytuje pouze v případě výraznějšího tektonického porušení.

Můžeme zde rozlišit v podstatě dva základní typy hydrogeologických kolektorů - puklinový v podložních skalních proterozoických a paleozoických horninách (spility, fylitizované břidlice a droby, rohovce) a průlinový v kvartérních a terciérních sedimentech. [7]

Kolektor puklinový

Horniny, které budují geologické podloží zájmové oblasti, se vyznačují jen méně intenzivním oběhem podzemní vody. Přírodní doplňování zásob podzemní vody je přímo závislé na atmosférických srážkách. V závislosti na litologickém charakteru hornin se podzemní voda vyskytuje pouze jako voda puklinová. Oběh podzemní vody je vázán převážně na pásmo povrchového rozvolnění puklin, případně na hlubší průběžné pukliny tektonického původu. Množství puklinové vody je závislé na stupni rozpukání a navětrání hornin a na délce, rozevřenosti, výplni a hloubkovém dosahu puklin. S ohledem na změny ve tvaru reliéfu (v kombinaci s rozdílnou úrovní propustnosti jednotlivým horninovým typů a zemin) se většinou jen ojediněle vyskytují pramenní vývěry, uplatňuje se především plynulé (skryté) odvodňování prostřednictvím deluviálních a fluviálních sedimentů. [7]

## Kolektor průlinový

V pokryvných útvarech (kvartér a terciér) se zde vytvářejí v příznivých podmínkách místy i relativně významnější zvodně. Ve svažitéjším terénu voda stéká po skalním podkladu, přičemž místy vyvěrá na povrch ve formě periodických pramenů.

V části pokryvných útvarů (deluviální hlinité sedimenty, případně sutě) se vytvářejí v příznivých podmínkách pouze dočasné zvodně. Ve svažitém terénu voda stéká po skalním podkladu a místy vyvěrá na povrch nejčastěji ve formě periodických pramenů. Podmínky pro vytvoření zvodní v případě kvartérních svahových sedimentů nízké mocnosti a současně i propustnosti jsou málo vhodné a zvodnění je ve velké většině pouze nevýznamné.

V případě výskytu rozsáhlých náplavů větších vodních toků (fluviální písčité a štěrkovité sedimenty s přímou souvislostí s povrchovými toky), kdy došlo ke zvodnění kvartérních údolních teras, jsou využitelné vydatnosti podzemní vody velmi vysoké. Vzhledem k vysokým mocnostem náplavů (i více než 10 metrů), příznivému litologickému složení náplavů (písky, štěrkopísky, štěrky) a přímé hydraulické souvislosti s povrchovými toky je i vydatnost podzemní vody poměrně vysoká. Může tak dosahovat až vyšších litrů za vteřinu.

Vzhledem ke vzájemné poloze kvartérních říčních uloženin vůči úrovni hladin podzemní vody v kvartérních náplavech pak může jít o funkci toku drenážní nebo dotační. Funkce se mění periodicky v závislosti na srážkách a průtoku vody.

Podzemní vody údolních teras poměrně často nevyhovují po stránce kvality a vyžadují úpravu, nejčastěji se jedná o odželeznění, případně i o vyšší obsah síranů. Bakteriální znečištění bývá v převážné většině odstraněno přirozeným filtračním účinkem písčitých náplavů. [7]

### 3.5 Geomorfologické poměry

Povodí Úhlavy je situováno na jižní straně rozlehlého povodí Berounky. Geomorfologicky náleží do provincie České vysočiny.

Z hlediska vyšších geomorfologických jednotek náleží povodí Úhlavy do dvou subprovincií: Šumavské soustavy a Poberounské subprovincie. Povrchové tvary reliéfu plochy povodí jsou výsledkem dlouhodobého geomorfologického vývoje, závislého na geologické stavbě, geohistorii a determinovány vlivy endogenních i exogenních geodynamických procesů.

Spádová křivka Úhlavy vykazuje téměř vyrovnaný podélný profil jen s místními nerovnostmi. [8]

#### Orografické charakteristiky:

Z geomorfologického-orografického aspektu se v povodí Úhlavy vyskytuje 5 hlavních typů reliéfů:

**Akumulační roviny** – v povodí tvoří poměrně úzké, táhlé rozlohy podél Úhlavy s fluviálními sedimenty. Největší rozsah ploch je v Janovickém úvalu, sever Dobřanské kotliny a Plzeňská kotlina.

**Sníženiny** - pánve, kotliny, brázdy, úvaly, prolomy vzniklé tektonickými poklesy nebo prohyby dílčích ker. V povodí je to Janovický úval, okraj Klatovské kotliny a východní část Dobřanské kotliny a jih Plzeňské pánve.

**Pahorkatiny** – se vyskytují z menší části jen na severu, dle výškové relativní členitosti se dělí na ploché a členité.

**Vrchoviny** - vytvářejí v povodí Úhlavy nejrozsáhlejší orografické soubory, dle výškové členitosti se dělí na ploché a členité vrchoviny. V povodí jsou postupně od jihu: Strážovská, Všerubská, Jezvinecká, Radyňská vrchovina s dílčími Hodousická, Neznašovská, Havranická, Chudenická, Kamýcká a Štěnovická.

**Hornatiny:** V jižní části Šumavy je to tektonická elevace Šumavy – Železnorudská (Královský Hvozd, Pancíř) [8]

### **Geomorfologie řešené části Úhlavy**

Úhlava v ř.km 43,0 – 24,0 protéká Dobřanskou kotlinou. Dobřanská kotlina je strukturně denudační sníženina podél západního rozvodí mezi Úhlavou a Radbuzou. Má plochý reliéf, pliocénně zarovnaný, s neogenním pláštěm štěrkopísků a s hluboce fosilně zvětralými povrchy starších horninových souborů, na mnoha místech s výraznými tvary antropické těžební činnosti (haldy, jámy, lomy, odvaly, důlní hlubinná díly). Podél Úhlavy zasahuje protáhlým úvalem se široce rozevřeným asymetrickým údolím. Na východě je ohraničena Kamýckou vrchovinou s horními částmi pravostranných bočních přítoků Úhlavy. Na západě hraničí s Roupovskou pahorkatinou, tvořící rozvodí k Radbuze. [8]

### **3.6 Pedologické poměry**

Pedologické poměry jsou určeny charakterem zvětralé povrchové vrstvy horního podkladu. V pásmu povodí podél Úhlavy se vyskytují v podstatě všechny hlavní druhy půd. V řešeném území se vyskytují především těžké jílovito - hlinité půdy, které se vyskytují na zvětralinách jílovitých metasedimentů, na některých břidlicích proterozoika, na některých pararulách i na pelitických sedimentech karbonu a neogénu, lokálně i na aluvionech niv. V této lokalitě se dále vyskytují středoevropské hnědozemě. Tvoří rozlehlé pásmo podél Úhlavy až k jejímu ústí. Vyskytují se na nejrozmanitějších druzích hornin, pokud jsou hlouběji eluviálně rozložené. Pedologické podmínky mají vliv na infiltraci a následně na velikost povrchového odtoku. V území převládá mělká infiltrace s volnou hladinou. Hlubší infiltrace je tvořena puklinově tektonickými systémy.

### **3.7 Biogeografické poměry**

Biogeografický region je individuální jednotkou biogeografického členění krajiny na regionální úrovni. V povodí Úhlavy se vyskytují tyto biogeografické

regiony: Šumavský, Plánický a Plzeňský. Údaje o nich jsou uvedeny v následující tabulce č. 7.

<b>Říční km Od -do</b>	<b>Biogeografický region</b>	<b>Vegetační stupeň</b>	<b>Rozloha Km2</b>	<b>Lesy %</b>	<b>Ttp %</b>	<b>Orná půda</b>
<b>108,8-3,0</b>	1.62 Šumavský	bukový jedlobukový	2 051	62	15	8
<b>93.0 -90,0</b>	1.41 Plánický	jedlobukový	561	31	20	37
<b>90,0 – 0,0</b>	1.28 Plzeňský	bukový jedlobukový smrkojedlový	2 890	32	10	45

Tabulka č. 6: Biogeografické regiony - skladba [9]

Niva Úhlavy, vzhledem k pozvolným geomorfologickým tvarům přilehlých svahů a absenci větších skalních útvarů a skalnatého kaňonu, byla i přes méně vhodné klimatické podmínky příhodná pro zemědělskou činnost. V důsledku to znamenalo v první řadě odstranění přirozených lužních porostů a jejich přeměnu na zemědělsky využívané plochy. Z hlediska kvality byly nivní půdy ty nejlepší. Došlo k jejich odvodnění a postupnou orbou i změnu i jejich vlastností. Na celém toku Úhlavy není žádný zbytek přirozených lužních porostů s nenarušeným chemismem půdy bez cizorodých látek. Přesto je ekologická funkce těchto porostů významná. Mimořádnou funkci mají břehové porosty řeky travinné, křovinné s ojedinělými stromy. Vyskytují se po celém toku a umožňují migraci živočichů, mají vliv na infiltraci vody, omezují erozi a zpomalují povrchový odtok. [9]

### **3.8 Vegetační podmínky**

Vegetace v blízkosti vodního toku má významný vliv na stabilizaci koryta, omezení eroze, infiltraci vody a tím zadržení určitého objemu vody při povodni.

Porosty ovlivňují rychlost povrchového odtoku, tím zpomalení povodňové vlny. Nadměrná a neudržovaná vegetace může naopak průběh povodně zkomplikovat. Zastoupení vegetačních jednotek na celém toku Úhlavy je následující: Pch, Fm (F, LF), AU (C, Qa, Q) [9]

### **Pch – podmáčené smrčiny**

Jednotka zahrnuje společenstva rašelinných a mechových smrčin na silně podmáčených půdách, zastoupená nejčastěji v dolním smrkovém stupni. Podmáčené smrčiny jsou přirozenými smrčinami s bohatě vyvinutým mechovým patrem. Vyskytují se jen v okolí pramene Úhlavy v kontaktu s acidofilními bučinami.

### **Fm – acidofilní horské bučiny**

Tvoří mezičlánek spojující květnaté bučiny s horskými klimaxovými smrčinami ve vysokých polohách. Vyskytují se pouze v prvním úseku Úhlavy v nadmořských výškách 1000 – 1100 m

### **F – květnaté bučiny**

Květnaté bučiny, jedlobučiny a jedliny představují primární, klimaxovou vegetaci submontánního až montánního stupně. Rozšíření na severních a jižních svazích. Severní svahy a hluboká údolí umožňují i výskyt v nižších nadmořských výškách. Rozšíření této jednotky je ve vyšších polohách. Ve středním a dolním toku Úhlavy se nevyskytují.

### **LF - bikové bučiny a jedliny**

Do této jednotky spadají chudé acidofilní bučiny a jedliny představující primární vegetaci na minerálně chudých horninách. V zájmovém území se vyskytuje jako zástupce bikových bučin, maloplošně se vyskytují kyselé jedliny a metlicové jedliny. Bikové bučiny a jedliny jsou v území mapovány jen velmi vzácně (severně od Nezdic)

### **AU - luhy, olšiny a jejich sukcesní stadia**

Uvedená jednotka zahrnuje lužní lesy v nivě Úhlavy a na přilehlých přítocích. Tvoří ji převážně listnaté lesy. Tyto jednotky zahrnují především primární vegetaci zaplavovaných a podmáčených poloh, společenstva vrbových a vrbotopolových luhů a společenstva bažinných olšin a vrbin. Tato společenstva vytvořila souvislý pás podél celého toku Úhlava, na území se však díky odlesnění a zemědělské činnosti téměř nedochovala.

### **C – dubohabrové háje**

Tuto jednotku reprezentují středoevropské květnaté dubohabřiny. Vyskytují se v rovinných polohách a na mírně skloněných svazích, ve výškách do 400 m n. m. Na slunných svazích až do výšky 500 m n. m. V území je velkoplošně rozšířena asociace černýšovských dubohabřin.

### **Qa – acidofilní doubravy a jedlové doubravy**

Jednotka je vázána na živinami slabší substráty acidofilní povahy. Vyskytují se na slunných stanovištích na mělkých a sušších půdách a chudých půdách s malým podílem humusu. V povodí Úhlavy se vyskytují na zvlněné parovině a strmějších svazích s mělkou půdou a výraznou erozí i silně kyselých terasách. Jsou nerozšířenou doprovodnou jednotkou luhů a vyskytují se velkoplošně.

### **Q – subxerofilní teplomilné doubravy**

Teplomilné doubravy se vyskytují na mělkých skalních půdách, spadají sem i asociace břehové doubravy, mochnové kamejkové doubravy. Jsou rozšířeny v xerothermních oblastech na termicky příznivých stanovištích. V porostech chybějí některé mezofilní listnáče – buk, habr. V zájmovém území jsou mapovány 2 místa: SV od Dolní Lukavice a jižně od Plzně.

V řešeném úseku v těsné blízkosti toku Úhlavy od Lužan k Příchovicím se vyskytují luhy, olšiny a jejich sukcesní stadia. [9]

### 3.9 Hydrologické poměry

#### 3.9.1 Hydrologické údaje

Vodní tok:	Úhlava
Obec:	Lužany
Číslo hydrologického pořadí:	1-10-03-076
Profil:	ř.km 36,0
Plocha povodí:	727,64 m <sup>2</sup>
Dlouhodobý průměrný průtok $Q_a$ :	5,33 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>

N	[roky]	1	2	5	10	20	50	100
$Q_N$	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	36,2	54,0	82,0	106,0	133,0	173,0	206,0

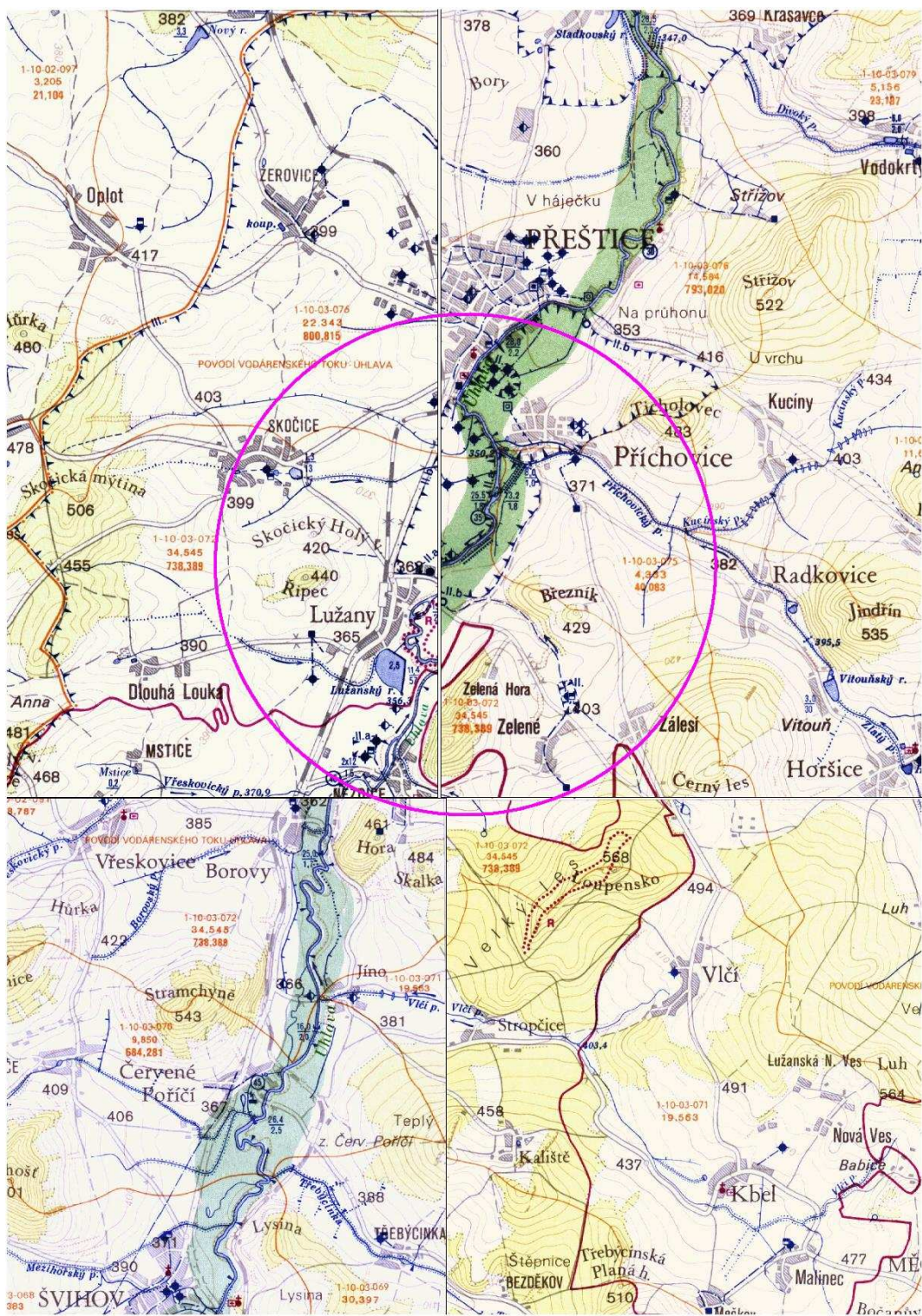
Tabulka č.7: N-leté průtoky [9]

M	[dny]	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
$Q_{Md}$	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	11,6	8,13	6,38	5,24	4,41	3,76	3,21	2,74	2,31	1,90	1,48	1,00	0,63

Tabulka č.8: M-denní průtoky [9]

Povodí Úhlavy je tvořeno dílčími hydrologickými povodími čtvrtého řádu o celkové výměře 915,12 km<sup>2</sup>.





Obr.2: Zájmové území ve vodohospodářské mapě 1:50 000

<i>Měsíc</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>ročně</i>
<i>Stará Lhota</i>	1,94	1,59	1,52	2,21	2,03	1,47	1,58	1,29	1,16	0,99	1,08	1,57	<b>1,54</b>
<i>Klatovy</i>	4,35	4,54	5,11	5,68	4,66	4,02	3,17	2,76	2,43	2,41	2,52	3,98	<b>3,80</b>
<i>Štěnovice</i>	7,00	7,85	9,56	9,41	7,30	6,48	5,29	4,50	3,72	3,77	4,00	6,42	<b>6,27</b>

*Tabulka č. 9: Průměrné měsíční a roční průtoky v m<sup>3</sup> za období 1961 – 90 [9]*

### **3.9.2 Popis toku Úhlava a jeho povodí**

Úhlava se řadí mezi středoevropské vodní toky dešťovo-sněhového typu. Tyto vodní toky jsou odkázány na sběrnou oblast uvnitř území povodí. Místní rozdíly ve srážkách způsobují velké rozdíly ve specifických odtocích v dlouhodobém průměru. Hlavní hydrologický význam má oblast Šumavy.

Úhlava a její přítoky odvodňují úzký pruh území. Úhlava je významný vodohospodářský tok. Je zdrojem pitné vody pro město Plzeň. Její přítoky jsou málo vodné, mají pouze místní význam.

Povodí Úhlavy, jako dílčí povodí Berounky je součástí hlavního povodí Vltavy a Labe, leží v jeho jihozápadní části. Rozloha povodí je 919,425 km<sup>2</sup>. Povodí Úhlavy je protáhlé. Maximální šířka ve své střední části v okolí Klatov dosahuje jen cca 20 km, u soutoku s Radbuzou se povodí se zužuje na šířku jen několika kilometrů. To má za následek, že přítoky, až na výjimky (Jelenka a Drnový potok) jsou poměrně krátké a jejich voda tak odtéká často dříve, než přichází vlna z horní části povodí. Povodňová vlna v závěrovém profilu bývá často dvouvrcholová. Zápavy v povodí Úhlavy, bývají rozsáhlé, jejich celková plocha se odhaduje téměř na 300 ha s objemem rozlité vody kolem 20 mil. m<sup>3</sup>. Nejvíce bývá postiženo území od Nýrska do Klatov a od Malechova až pod Přeštice. Šířka zatopené plochy místy přesahuje 1 km.

Úhlava je pravostranným přítokem Radbuzy, pramení na západním úbočí Pancíře na Šumavě v nadmořské výšce 920 m n.m. Délka toku od pramene k ústí je 108,8 km a výškový rozdíl od pramene k ústí je 834 m. Průměrný relativní spád toku je 7,65 ‰. Na horním toku protéká Úhlava lesnatým územím a přijímá několik horských levostranných přítoků: výtok z Černého jezera, jehož přítoky pramení pod Jezerní horou, Bílý potok pod Svarohem a Ostrý potok pod Ostrým. Všechny tyto přítoky pramení ve výšce cca 1300 m n.m. V této horní části toku dosahuje Úhlava průměrného spádu 17,05 ‰, z hlediska geomorfologického režimu vodního toku se jedná o erozní údolí. Úhlava zde má charakter větvičího se toku. Na horním toku se nachází vodní nádrže Černé jezero a Nýrsko.

### **Vodní dílo Černé jezero**

Hráz se nachází na Úhlavě v ř.km 104.900. VD bylo zbudováno jako vyrovnávací nádrž přečerpávací vodní elektrárny Černé jezero, odtud se voda přečerpává zpět do Černého jezera, kde je v elektrárně umístěna Peltonova turbína o výkonu 1500 kW. Stavba této první přečerpávací elektrárny v Československu byla dokončena v r. 1930. Investorem byly Západočeské elektrárny. Spodní vyrovnávací nádrž má objem vody 25 tis m<sup>3</sup>, voda odtékající z VD Černé jezero je rovněž energeticky zpracována. V samostatném objektu je umístěn turbogenerátor o výkonu 40 kW s horizontální kaplanovou turbínou a ve strojovně je instalován turbogenerátor o výkonu 370 kW s Peltonovou turbínou.

Pod VD Černé jezero protéká Úhlava zčásti lesnatým územím, v obci Hamry se do ní vlévá významný přítok Ostrý potok, který spolu s Bílým potokem pramení rovněž v horských polohách Šumavy. Nad VD Nýrsko se údolí otevírá do úzké nivy a Úhlava zde částečně meandruje.

### **Vodní dílo Nýrsko**

V ř.km 93.690 se nachází hráze VD Nýrsko. Jedná se o vodárenskou nádrž, která je ve správě Povodí Vltavy, závod Berounka Plzeň. Stavba přehrady byla dokončena v r. 1969. Hráz je vysoká 35 m a dlouhá v koruně 320 m. Celková zatopená plocha nádrže je 141,59 ha a dokáže zadržet 20,76 mil m<sup>3</sup> vody. Kóta koruny přelivu 523,00

m n.m. Patří do I. Kategorie TBD. Nádrž je opatřena jedním bezpečnostním šachtovým přelivem s kapacitou 86 m<sup>3</sup>/s, dále dvěma rozstřikovacími uzávěry o kapacitě 2 x 4,45 m<sup>3</sup>/s. V tělese hráze jsou umístěny 2 Bánkiho turbíny s instalovaným výkonem 177,5 kW. K odpouštění vody se přednostně využívá malé vodní elektrárny, případně v kombinaci se spodními výpustmi do hodnoty neškodného průtoku 9 m<sup>3</sup>/s. Při dosažení hladiny kóty bezpečnostního přelivu se spodní výpustě postupně uzavírají tak, aby nedošlo k překročení neškodného průtoku.

Vodní nádrž Nýrsko je stabilně teplotně stratifikovaná nádrž s velmi nízkým obsahem živin, nízkou přítomností planktonu a vysokou průhledností vody.



*Obr.3: Vodní nádrž Nýrsko (20.7.2010)*

Pod hrází protéká Úhlava údolní nivou, v níž výrazně meandruje. Koryto je stabilizováno vegetací v konkávních obloucích. Na toku se nachází několik jezů.

V úseku nad Nýrskem je průměrný spád 1,98 %,

Dále protéká Úhlava Nýrskem, kde je koryto systematicky upraveno, nachází se zde 4 jezy a 3 malé vodní elektrárny. Pod Nýrskem je tok Úhlavy opět neupravený, přírodě blízký. Až do Klatov meandruje v široké údolní nivě Klatovské kotliny. Tato údolní niva je cenná pro přírodě blízký charakter, jsou zde určeny 2 lokality pro

ochranu: V ř. km. 80,0 (Dubová Lhota) se nachází pozůstatek Lužního lesa a nátrže břehů a v ř.km 76,5 – 76,8 (Janovice n. Úhlavou) zachovaný přirozený vývoj koryta se štěrkopískovými náplavy.

U Švihova došlo v minulosti k napřímení a stabilizaci koryta soustavou jezů, Úhlava zde protéká zemědělskou krajinou, přilehlé pozemky jsou zatravněné, někdy i obdělávané orbou.

Pod Švihovem je zachovalá trasa koryta, stabilizace pouze břehovými porosty.

Spád Úhlavy ve středním toku 0,27 %.

Úhlava mezi Švihovem a Lišicemi protéká zemědělskou krajinou. V této části toku se nachází řešený úsek Úhlavy Lužany – Příchovice. Trasa koryta je zde zachovaná, tok zde vytváří výrazné meandry. Stabilizace je břehovými porosty a soustavou jezů, které zpomalují tok řeky. Přilehlé pozemky jsou zatravněné v některých místech dosahuje orná půda téměř na břehovou hranu. V lokalitě Červené Poříčí ř.km 48,700 – 46,849 je zachováno živé meandrování toku.

Pod Lišicemi se údolní niva zužuje a mizí a dochází k větvení vodního toku. Koryto je neupravené, břehy stabilizovány břehovými porosty. Částečně protéká zalesněným údolím a před Plzní se opět rozšiřuje údolní niva a tok meandruje. Na dolním toku, před ústím do Radbůzy, je spád toku Úhlavy 0,13 %.

Řeka Úhlava je ve správě Povodí Vltavy a.s. závod Berounka.

### **3.9.3 Přítoky řeky Úhlavy**

Nejvýznamnější přítoky řeky Úhlavy:

- Pravostranné: Dešenický potok (ř.km 91,348)
- Jelenka (ř.km 75,96)
- Drnový potok (ř.km 61,439)
- Točnický potok (ř.km 50,648)
- Třebýcinka (ř.km 46,994)
- Vlčí potok (ř.km 43,473)
- Příchovický potok (ř.km 33,996)

Divoký potok (ř.km 27,318)

Nebílovský potok (ř.km 91,348)

Levostranné: Černý potok (ř.km 104,10)

Ostrý potok (ř.km 100,14)

Chodská Úhlava (ř.km 84,215)

Poleňka (ř.km 56,258)

**Černý potok** č.h.p. 1-10-03-001, pramení na Šumavě pod Jezerní Horou ve výšce 1300 m n. m., ústí do Úhlavy zleva pod VD Černé jezero jižně od obce Hamry ve výšce 700 m n. m., plocha povodí 24,414 km<sup>2</sup>.

**Ostrý potok** č.h.p. 1-10-03-002 ( IV.), pramení na Šumavě pod horou Ostrý ve výšce 950 m n. m., ústí do Úhlavy zleva v obci Hamry ve výšce 590 m n. m., plocha povodí 13,123 km<sup>2</sup>.

**Dešenický potok** č.h.p. 1-10-03-008 ( IV.), pramení na Šumavě, nad Zelenou Lhotou, pod horou Prenet ve výšce 960 m n. m., ústí zprava do Úhlavy v obci Dešenice v 460 m n. m., plocha povodí 13,084 km<sup>2</sup>, délka toku 6,3 km.

**Chodská Úhlava** č.h.p. 1-10-03-021 ( IV.), pramení na Šumavě pod Královským Hvozdem poblíž státní hranice v Německu ve výšce 630 m n. m., ústí zleva do Úhlavy v obci Úborsko ve výšce 400 m n. m., plocha povodí 80,235 km<sup>2</sup>, délka toku 18,2 km.

**Jelenka** č.h.p. 1-10-03-029 ( IV.), pramení na Šumavě pod Můstkem ve výšce 1130 m n. m., ústí zprava do Úhlavy v obci Janovicích ve výšce 395 m n. m., plocha povodí 62,312 km<sup>2</sup>, délka toku 17,8 km.

**Drnový potok** č.h.p. 1-10-03-047 ( IV.), pramení pod obcí Nemilkov ve výšce 630 m n. m., ústí zprava do Úhlavy v Klatovech pod Husínem ve výšce 396 m n. m., plocha povodí 94,466 km<sup>2</sup>, délka toku 21,2 km.

**Poleňka** č.h.p. 1-10-03-057 ( IV.), pramení jihozápadně od Klatov u Libkova, ve výšce 620 m n. m., ústí zleva do Úhlavy v obci Dolany ve výšce 370 m n. m., plocha povodí 69,993 km<sup>2</sup>, délka toku 18,2 km.

**Točnický potok** č.h.p. 1-10-03-067 ( IV.), pramení na západním svahu vrchu Rovná ve výšce 595 m n. m., ústí pod obcí Kokšín v 369 m n. m. zprava do Úhlavy, plocha povodí 96,999 km<sup>2</sup>, délka toku 17,2 km.

**Třebýcinka** č.h.p. 1-10-03-069 ( IV.), pramení nad obcí Měčín pod vrchem Chlumec ve výšce 510 m n. m., ústí v ř.km 46.994 mezi Švihovem a Červeným Poříčím ve výšce 365 m n. m., plocha povodí 30,397 km<sup>2</sup>, délka toku 12,5 km.

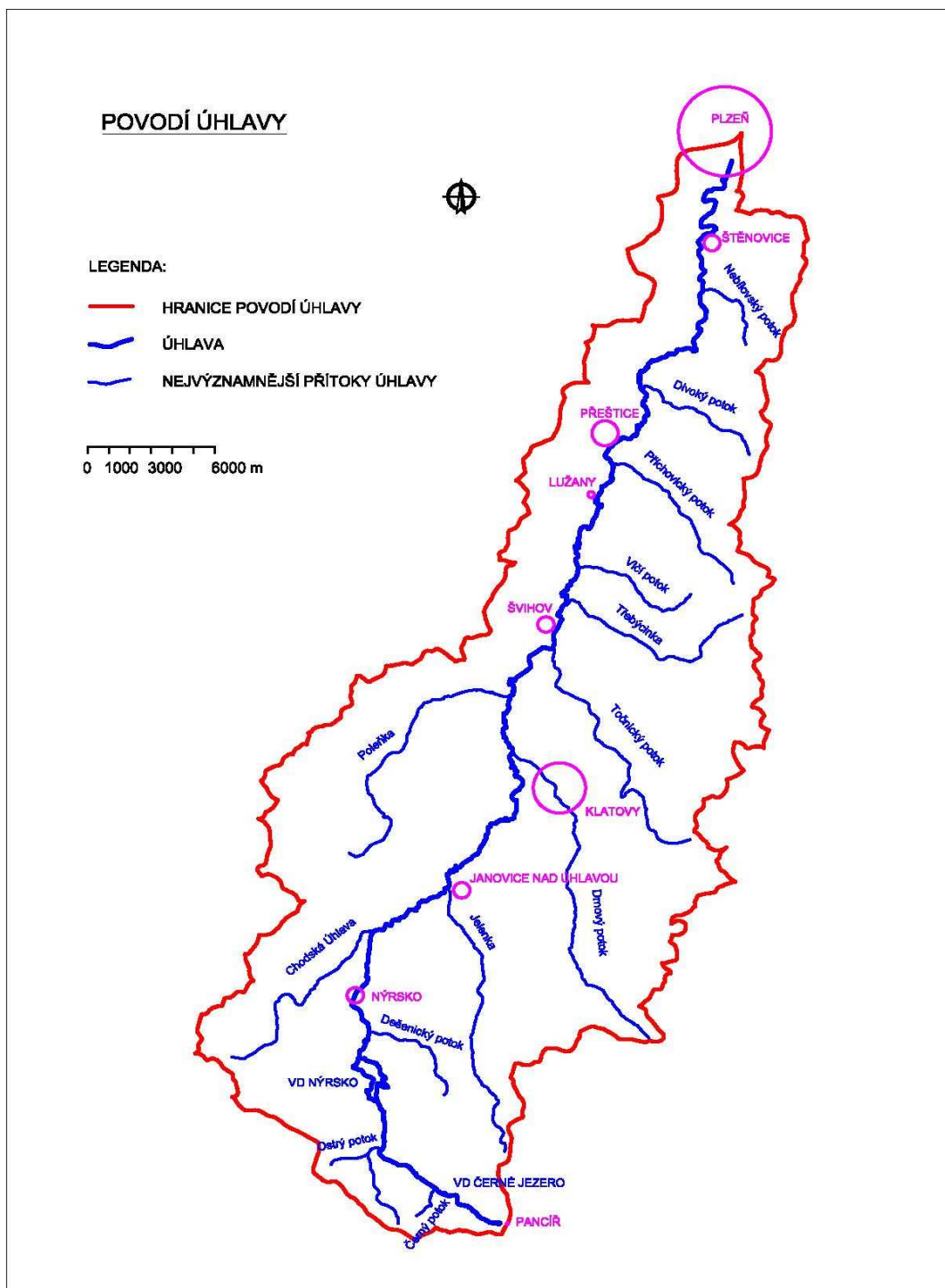
**Vlčí potok** č.h.p. 1-10-03-071 ( IV.), pramení nad obcí Babice ve výšce 500 m n. m., ústí v obci Jíno ř.km 43.473 v 360 m n. m., plocha povodí 19,563 km<sup>2</sup>.

**Příchovický potok** č.h.p. 1-10-03-075 (IV.), vzniká soutokem Zlatého a Kucínského potoka., ústí do Úhlavy zprava v ř.km 33.996 na západním okraji Příchovic ve výšce 351 m n. m., plocha povodí 40,083 km<sup>2</sup>, délka toku 10,5 km.

**Divoký potok** č.h.p. 1-10-03-079, 1-10-03-077 ( IV.), pramení na západním okraji obce Libákovice ve výšce 440 m n. m., ústí v ř.km 27.318 nad obcí Dolní Lukavice v nad. Výšce 347 m n. m., plocha povodí 15,148 km<sup>2</sup>.

**Nebílovský potok** č.h.p. 1-10-03-083, 1-10-03-082 ( IV.), pramení v obci Netanice ve výšce 330 m n. m., ústí na západním okraji obce Čížice v 329 m n. m., plocha povodí 17.597 km<sup>2</sup>. [15]

Uspořádání nejvýznamnějších přítoků Úhlavy je patrné z obr. č.3 Povodí Úhlavy.



Obr. 4 Povodí Úhlavy



## 4. Povodňová situace

### 4.1 Povodně

Definice: „Povodněmi se rozumí přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Povodní je i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod“. [17]

Povodeň bývá způsobena přírodními vlivy, nejčastěji dlouhotrvajícími nebo intenzivními srážkami, táním sněhu, případně chodem ledů. Povodeň může být způsobena i jinými vlivy vznikající lidskou činností. Výskyt povodně bývá nepravidelný s různou intenzitou, mohou v jejím důsledku vznikat materiální škody, devastace krajiny, případně až ztráty na životech. Vhodným opatřením lze částečně zmírnit následky.

Povodní je stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo odtéká nedostatečně, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod. Povodeň může být způsobena přírodními jevy nebo umělými vlivy.

Povodeň nastává vyhlášením druhého nebo třetího stupně povodňové aktivity a končí odvoláním třetího stupně povodňové aktivity, není-li v době odvolání třetího stupně povodňové aktivity vyhlášen druhý stupeň povodňové aktivity. V tom případě končí povodeň odvoláním druhého stupně povodňové aktivity. [17]

Průběh a trvání povodně ovlivňuje více faktorů. Jedním z faktorů, které neovlivní lidská činnost je tvar a velikost povodí. Povodí protáhlého tvaru je výhodnější při přívalových deštích, protože povodňové vlny přítoků se dostávají do hlavního toku postupně a postupně odtékají k hlavnímu uzávěrovému profilu. Vějířovité povodí při přívalových deštích naopak je nevýhodné, protože najednou se sejdou všechny maximální průtoky v hlavním toku. Čím je velikost povodí větší, odtéká z plochy povodí za sekundu méně vody a tím je menší povodeň na hlavním

řadu. Velikost povodňové vlny a nástup povodně ovlivňuje intenzita a doba trvání deště. Některé faktory dokáže člověk ovlivnit, a tím i do určité míry i průběh povodně. Je to například tvar a průběh koryta, jeho kapacita, možnost rozlivu vody v nivě, vzdálenost zástavby a její charakter.

Odtokové poměry nepříznivě ovlivňuje urbanizace. Následkem velkého podílu zastavěných a nepropustných ploch, se zvyšuje povrchový odtok a tím dochází ke zvýšení povodňové vlny. Současně s tím v zastavěných oblastech dochází ke snížení infiltrace v povodí.

Povodně se dělí dle způsobu vzniku na přirozené a zvláštní:

Povodeň přirozená její příčinou jsou přírodní vlivy, při nichž hrozí zaplavení území. Jsou to nejčastěji *dlouhotrvající deště menší intenzity s vysokými srážkovými úhrny*. Tyto deště se vyskytují většinou na všech tocích v dotčené oblasti s důsledky na dolních tocích, kde ani ke srážkám nedošlo. K těmto povodním dochází většinou v letních měsících. Dále v letních měsících může docházet ke *krátkodobým srážkám velké intenzity*. Tyto povodně se projeví především na malých tocích, zasahují poměrně malá území. Škodlivé účinky mohou mít na povodích vějířovitého tvaru s vysokým sklonem. V zimních měsících může docházet k povodním v důsledku *ledových jevů* a to buď v období mrazů za vzniku ledových nápěchů, nebo na konci mrazivého období dochází k tvorbě ledových zácp. Na jaře nebo v průběhu zimy se nejčastěji vyskytují *povodně v důsledku oblevy*, kdy dojde k tání sněhu případně v kombinaci se srážkami. Nejvíce postihuje tato povodeň horní toky v podhůří, projeví se dále i na středním a dolním toku.

Vliv na tvorbu povodní mají 1. fyzicko-geografické činitele. Tyto činitele se většinou nemění, nebo jen pomalu. Jedná se např. o velikost a tvar povodí, spádové poměry, hustota a uspořádání říční sítě, geologické a pedologické poměry, vegetační pokryv povodí.

2. Specifické činitele jsou pro každý případ a povodňovou událost jiné, jedná se o nasycenost půdy před příchodem povodně, promrznutí půdy, výška sněhové

pokrývky, množství srážek a jejich plošné rozložení, v zimním období teplota vzduchu a ledové jevy.

Povodí Úhlavy má neobvyklý kyjovitý tvar, značnou délku a naopak malou šířku v dolním úseku. Horní tok bývá postižen krátkodobými přívalovými dešti i dlouhodobými šumavskými dešti. Krátké přítoky Úhlavy odtékají v předstihu, povodňová vlna mívá 2 vrcholy s výrazným zploštěním následkem transformace v úseku Klatovy – Plzeň. [9]

Řešená lokalita není výrazně povodněmi řeky Úhlavy ohrožena. V Lužanech se jedná o 3 rodinné domy na jižním okraji obce. Dále po toku je částečně ohrožena obec Příchovice. Protipovodňová ochrana obce Příchovice je řešena ochrannou hrází podél Příchovického potoka a dále společně s městem Přeštice navrženým odlehčovacím průlehem a pravobřežním inundačním korytem mezi obcemi Příchovice a Přeštice.

Oblasti ohrožené povodněmi a erozí v povodí Úhlavy jsou především horní část Úhlavy tj. oblast s velmi rychlým odtokem. Další nebezpečím jsou místa omezující průtočnost Úhlavy, především mosty na toku. K významným místům kde hrozí omezující průtočnost vodních toků, patří v řešeném úseku Úhlavy most v Lužanech. Některé mostní otvory se při povodni 2002 ucpaly větvemi a kmeny stromů, což mělo za následek zaplavování zastavěných území zpětným vzdutím.

Zvláštní povodeň je způsobená umělými vlivy. Může k nim dojít následkem narušení hráze vodní nádrže nebo jiné poruše při provozu nebo stavbě vodního díla např. porucha hradící konstrukce výpustného zařízení. Tento výskyt není častý, ale může k němu dojít i v povodí Úhlavy.

Vodní nádrže na vodních tocích mohou vhodným a včasným snížením provozní hladiny zajistit transformaci povodňové vlny. Naopak nevhodnou manipulací v průběhu povodně, může nastat zvýšení průtoku a to může povodňovou vlnu způsobit. Tyto manipulace s hladinou ve vodní nádrži řeší manipulační řád, který schvaluje vodoprávní úřad a je závazný pro provozovatele a obsluhu vodní nádrže.

Na vodních dílech je povinnost zajišťovat technickobezpečnostní dohled. Vodní díla jsou podle rizika ohrožení lidských životů a možných škod na majetku v území pod vodním dílem zařazena do I – IV kategorie, podle rizika ohrožení lidských životů a možných škod na majetku v přilehlém území při jeho případné havárii. Pro díla I. a II. kategorie je vlastník (uživatel) nebo správce povinen zajistit provádění technickobezpečnostního dohledu prostřednictvím pověřené odborné organizace, kterou je v České republice Vodní díla – technickobezpečnostní dohled, a.s. U děl III. a IV. kategorie provádí vlastník (uživatel) nebo správce technickobezpečnostní dohled sám. Pro vznik zvláštních povodní mají význam vodní díla I – III. kategorie. V povodí Úhlavy se nachází jedno dílo I. Kat – VN Nýrsko.

## 4.2 Stupně povodňové aktivity

Stupně povodňové aktivity (SPA) (§ 70 vodního zákona) jsou, dle míry povodňového nebezpečí, tři (v závorce je uvedeno případné barevné značení) „Směrodatné limity pro vyhlášení stupňů povodňové aktivity jsou zpravidla vodní stavy nebo průtoky měřené (sledované) v hlásných profilech na vodních tocích, popřípadě mezní nebo kritické hodnoty jiného jevu uvedeného v povodňovém plánu“. [17]

Opatření při řízení ochrany před povodněmi jsou prováděna dle vývoje a nebezpečí povodňové situace.

**„I. stupeň povodňové aktivity - stav bdělosti** (barva zelená) se nevyhlašuje, nastává při nebezpečí přirozené povodně a zaniká, pominou-li příčiny takového nebezpečí; vyžaduje věnovat zvýšenou pozornost vodnímu toku nebo jinému zdroji povodňového nebezpečí, zahajuje činnost hlásná a hlídková služba; na vodních dílech nastává tento stav při dosažení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností z hlediska bezpečnosti díla nebo při zjištění mimořádných okolností, jež by mohly vést ke vzniku zvláštní povodně“ [17]

**„II. stupeň - stav pohotovosti** (barva žlutá) se vyhláší v případě, že nebezpečí přirozené povodně přerůstá v povodeň; vyhláší se také při překročení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodním díle z hlediska jeho bezpečnosti; aktivizují se povodňové orgány a další účastníci ochrany před povodněmi, uvádějí se do pohotovosti prostředky na zabezpečovací práce, provádějí se opatření ke zmírnění průběhu povodně podle povodňového plánu“ .[17]

**„III. stupeň - stav ohrožení** (barva červená) se vyhláší při nebezpečí vzniku škod většího rozsahu, ohrožení životů a majetku v záplavovém území; vyhláší se také při dosažení kritických hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodním díle z hlediska jeho bezpečnosti současně se zahájením nouzových opatření; provádějí se zabezpečovací a podle potřeby záchranné práce nebo evakuace“ .[17]

„Druhý a třetí stupeň povodňové aktivity vyhláší a odvolávají ve svém územním obvodu povodňové orgány. Podkladem je dosažení nebo předpověď dosažení směrodatného limitu hladin nebo průtoků stanovených v povodňových plánech, zpráva předpovědní nebo hlásné povodňové služby, doporučení správce vodního toku, oznámení vlastníka vodního díla, případně další skutečnosti charakterizující míru povodňového nebezpečí“ . [17]

Pro řešený úsek řeky Úhlavy jsou stanoveny hlásné profily v Přešticí a Švihově.

### **4.3 Povodňové plány**

„Povodňové plány jsou důležité dokumenty, které obsahují způsob zajištění včasných a spolehlivých informací o vývoji povodně, možnosti ovlivnění odtokového režimu, organizaci a přípravu zabezpečovacích prací; dále obsahují způsob zajištění včasné aktivizace povodňových orgánů, zabezpečení hlásné a hlídkové služby a ochrany objektů, přípravy a organizace záchranných prací a

zajištění povodní narušených základních funkcí v objektech a v území a stanovené směrodatné limity stupňů povodňové aktivity“. [17]

Obsah povodňových plánů se dělí na:

a) „věcnou část, která zahrnuje údaje potřebné pro zajištění ochrany před povodněmi určitého objektu, obce, povodí nebo jiného územního celku, směrodatné limity pro vyhlášení stupňů povodňové aktivity“, [17]

b) „organizační část, která obsahuje jmenné seznamy, adresy a způsob spojení účastníků ochrany před povodněmi, úkoly pro jednotlivé účastníky ochrany před povodněmi včetně organizace hlásné a hlídkové služby“, [17]

c) „grafickou část, která obsahuje zpravidla mapy nebo plány, na kterých jsou zakresleny zejména záplavová území, evakuační trasy a místa soustředění, hlásné profily, informační místa“. [17]

Povodňové plány zpracovávají orgány obcí, v jejichž územních obvodech může dojít k povodni

#### **4.4 Záplavová území**

Záplavová území definuje zákon č. 254/2001 Sb., O vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ve znění pozdějších předpisů, „jako území, administrativně určená, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou. Jejich rozsah stanovuje vodoprávní úřad na základě návrhu správce vodního toku. Vodoprávní úřad může uložit správci vodního toku povinnost zpracovat a předložit takový návrh v souladu s plány hlavních povodí a s plány oblasti povodí“. [17]

„V zastavěných územích, v zastavitelných plochách podle územně plánovací dokumentace, případně podle potřeby v dalších územích, vymezí vodoprávní úřad na

návrh správce vodního toku aktivní zónu záplavového území podle nebezpečnosti povodňových průtoků“. [17]

Rozsah a způsob zpracovávání návrhu záplavových území a jejich stanovení je dáno vyhláškou Ministerstva životního prostředí.

„Vodoprávní úřad, který rozsah záplavového území stanovil, předává mapovou dokumentaci těchto území dotčeným stavebním úřadům a Ministerstvu životního prostředí. Pokud záplavová území nejsou určena, mohou vodoprávní a stavební úřady a orgány územního plánování při své činnosti vycházet zejména z dostupných podkladů správců povodí a správců vodních toků o pravděpodobné hranici území ohroženého povodněmi“. [17]

„Ministerstvo životního prostředí podle podkladů správců vodních toků zajišťuje vedení dokumentace o stanovených záplavových územích na území České republiky a zabezpečuje jejich evidenci v informačním systému veřejné správy“. [17]

#### **4.5 Území určená k rozlivům povodní**

Území určená k rozlivům, vychází z § 68 zákona č. 254/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Tato území jsou při povodni účelově zaplavena, čímž dojde k transformaci povodňové vlny a tedy snížení negativních dopadů povodně v níže položených územích podél vodního toku.

Tato území vymezuje vodoprávní úřad po projednání s dotčenými úřady státní správy. V rozhodnutí vodoprávní úřad uvede i omezení práva užívání pozemků a staveb, za toto omezení náleží jejich vlastníkům náhrada. V případě potřeby může vodoprávní úřad podat stavebnímu úřadu návrh na vyhlášení stavební uzávěry.

Území určená k rozlivům povodní se stanovují v lokalitách, kde je možné v případě potřeby převést povodňové průtoky pomocí určitého technického opatření, např. převedení vody do jiného povodí, otevřením uzávěrů v boční hrázi. [12]

## 4.6 Historické povodně v Západních Čechách

Historická povodeň je taková, která je známá z historických pramenů. Je to tedy povodeň, o níž se nacházejí záznamy v archívech, kronikách. Jedná se i o značky na budovách, nábřežních zdech, mostech, které označují dosaženou úroveň hladiny. Srovnání povodní v minulosti a dnešní době z hlediska průtoku dle těchto značek je obtížné až prakticky nemožné. V minulosti byla přilehlá oblast vodního toku mnohem méně osídlena než v současnosti. Značky spíše dokládají extrémní stavy v minulosti.

### 4.6.1 Nejvýznamnější povodně na Otavě

V Únoru 1784 došlo na Otavě k povodni, která bylo zaznamenána pouze v Písku. Její příčinou bylo náhlé tání sněhu.

Povodeň ze září 1890 měla maximální průtok v Sušici cca 260 m<sup>3</sup>/s.

V červenci 1954 v důsledku dlouhodobých srážek na rozsáhlém území dosáhlo maximum v Sušici 297 m<sup>3</sup>/s. Druhou největší povodní je povodeň z prosince 1993, jejíž max. průtok v Sušici dosáhl 324 m<sup>3</sup>/s. Tuto povodeň způsobilo výrazné oteplení a srážky.

Největší povodní pozorovanou v Sušici je povodeň ze srpna 2002 max. průtok zde dosáhl 350 m<sup>3</sup>/s. Příčinou byly dvě srážkové události za sebou. Ze sledování záznamů povodní v Sušici vyplývá, že nejvíce povodní bylo zaznamenáno v dubnu a červenci, červnu a květnu a prosinci. Nejvyšší stavy povodní byly zaznamenány v srpnu, říjnu a červenci. Z toho vyplývá, že povodně na Otavě mohou nastat během celého roku s menším výskytem v únoru. Březen, duben a květen je typický pozvolným táním sněhové pokrývky. Na podzim mohou být povodně dešťové, nejvyšší dešťové povodně nastávají v červenci a srpnu. Náhlé tání sněhu v kombinaci s deštěm bývají v prosinci a lednu.



#### 4.6.2 Nejvýznamnější povodně na Úhlavě a Berounce

O povodních které se objevily v historii na Úhlavě a Berounce je mnohem méně záznamů. Záznamy se týkají především Úhlavy a dolního toku Berounky.

V září 1890 v důsledku několikadenních srážek postihla povodeň Plzeň a také celou část regionu. Rozvodnila se Úhlava, ale i Mže, Radbůza a Úslava. Nejvíce zasaženo okolí Plzně a Tachovsko.

V dubnu 1975 byly bleskovou povodní, při níž spadlo 120 mm během 4 hodin, zasaženy obce jižně od Plzně. Povodeň zasáhla všechny drobné toky a způsobila rozsáhlé škody, 1 osoba při povodni zahynula.

V červenci 1981 spadlo v celé západní části republiky od Šumavy po Brdy za 3 dny 190 mm srážek, byla překročena stoletá voda na Úslavě a Klabavě.

Podobná srážková událost nastala v r 1991 na Úhlavě.

Největší povodní na Úhlavě je povodeň ze srpna 2002.

#### 4.6.3 Největší povodně v Plzni

První popsanou povodní je z března 1845, její příčinou bylo prudké tání mohutné sněhové pokrývky, jejíž vodní sloupec s ohledem na spadlé srážky byl odhadnut na 120 mm. Náhlá obleva v kombinaci s vydatnými dešťovými srážkami v podhorských a horských oblastech znamenala za přispění silného promrznutí půdy a zámrzů toků vznik mimořádných průtokových vln v celých Čechách. Nejvíce postiženo bylo dolní a střední povodí Labe. Průtok v Děčíně dosáhl 5600 m<sup>3</sup> za sekundu. Tato povodeň svými následky překonala do té doby nejznámější povodeň z února 1784. Došlo k proboření hradeb a velkým škodám na domech v Praze a středních Čechách, k velkým škodám na polích a loukách v úrodné oblasti středních Čech. [9]

Až do roku 2002 byla za nejničivější považována povodeň způsobená dlouhotrvajícím plošným deštěm na začátku září 1890. V té době již existovala

pravidelná pozorování na obou výše zmíněných místech. Srážkové úhrny dosáhly za 4 dny kolem 150 mm. Následky této extrémní povodně byly mimořádné.

Další významné povodně zasáhly Plzeň v letech 1909, 1940, 1947, 1954 a 1978. Žádná z nich není srovnatelná se srpnovou povodní v roce 2002, kterou lze možno považovat za historickou pohromu. Ve městě byly zaznamenány dosažené hladiny o 145 – 189 cm vyšší než v září 1890. Průtok byl však vyhodnocen jen cca o 80 m<sup>3</sup>/s větší než maximum z roku 1980.

#### 4.6.4 Povodeň v srpnu 2002

Příčiny jedné z největších povodní, která zasáhla území Čech, byly v mimořádné povětrnostní situaci ve střední Evropě, kdy naše jihozápadní území zasáhly abnormální srážky. Dle vyhodnocení srážek a průtoků činil průměrný plošný úhrn srážek ve dnech 6. – 15.8. 178,2 mm, s maximem 68,44 mm dne 12.8. Celkový objem srážek v těchto dnech byl potom 1,346 mil. m<sup>3</sup>. To mělo za následek výrazné zvýšení hladin vodních toků, u nichž byly vyhodnoceny průtoky z první a druhé povodňové vlny na Úhlavě v hodnotách, uvedených v tabulce č.10:

profil	Plocha povodí km <sup>2</sup>	1.vlna povodně	2. vlna povodně
		Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
Klatovy	338,8	26,8	159
Stěnovice	897,3	52,5	398

Tab. 10: Hodnoty kulminačních průtoků na Úhlavě [9]

První vlna srážek postihla 6. - 7. srpna nejvíce Jižní Čechy a Šumavu, důsledkem toho byly průtoky vyšší než 100 leté na řekách této části republiky a následná nasycenost celého povodí Vltavy. Ve dnech 11. - 13. srpna přišla druhá vlna trvalých srážek v oblasti povodí Vltavy a Berounky, s kulminací v Praze 14.

srpna. Vzhledem k výraznému nasycení půdního horizontu z předchozích srážek dochází k okamžitému zvýšení hladin řek.

Vliv velkých vodních nádrží na průchod povodně byl přínosný. Přítok do nádrže Nýrsko překročil hodnotu 100 letého průtoku. Odtok z nádrže Nýrsko se podařilo snížit na úroveň 50 letého průtoku. Povodeň na vodním díle Nýrsko i na ostatních nádržích v povodí Berounky kulminovala 8.srpna a následně 13. srpna. Na vodním díle Hracholusky se podařilo oddálit navýšení odtoku do 14. srpna, tím protekla voda Úhlavy, Úslavy a Radbůzy Plzní dříve a následně odtéká voda Mže. Rovněž do Prahy nedotekla tedy voda z Hracholusek v hlavní povodňové vlně.

Podle záznamů stanic v srpnu 2002 byla na středním i dolním toku Úhlavy vysoce překročena hladina odpovídající úrovni stoleté vody. Vliv vodní nádrže Nýrsko, která má poměrně malé povodí, se projevil jen v úseku pod vodním dílem, kde se podařilo snížit průtoky na vodu 20 – 50 letou. Rozhodující byly srážky spadlé na dolní část povodí, které zde měly za následek vzestup hladiny ve všech tocích. Voda přitékající z horního toku Úhlavy způsobila jen zpomalení poklesu na sestupné větvi hydrogramu v závěrovém profilu. Součinitel odtoku se pohyboval v celém povodí okolo 0,45. Dá se říct, že při podobném srážkovém zatížení se téměř jeho polovina přetváří na rychlý povrchový odtok. [9]

Na následujících fotografiích je povodeň v roce 2002 na Úhlavě pod obcí Lužany.



*Obr.5: Povodeň 2002 - Lužany [MÚ Přeštice]*



*Obr.6: Povodeň 2002 - Příchovice [MÚ Přeštice]*

## 5. Stanovení záplavového území části toku řeky Úhlavy

Určení výšek hladin jednotlivých N-letých průtoků na části toku Úhlava bylo provedeno v modelu HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System). Jedná se o volně dostupný software, který byl vyvinut Hydrologic Engineering Center US Army Corps of Engineers, určený pro hydraulické modelování ustáleného i neustáleného proudění v 1D přirozených i umělých koryt. Tento matematický model využívá principu zjednodušení proudění v příčném profilu do jednoho bodu. Koryto toku a jeho okolí je v modelu popsáno řadou příčných řezů a případných objektů na toku - mostů, propustků, jezů.

Pro zpracování byla využita verze programu HEC-RAS 4.0, použita byla metoda ustáleného proudění v otevřených korytech. Jedná se o model počítající v 1D (jednorozměrný). Znamená to, že výpočet bude probíhat jako v rovném úseku. Při zadání profilu koryta v podélném směru nebude počítat jako zakřivený tok. Tato skutečnost způsobí nepřesnost ve výpočtech v případě meandrujícího toku. Toto je možno částečně vykompenzovat zadáním některých veličin (vzdálenosti břehových hran, které vystihují zakřivení toku a drsnostní součinitel Manningův  $n$ ).

Výhodou programu HEC-RAS je poměrně široká využitelnost a dostupnost. Program je nekomerční, volně dostupný s jednoduchou instalací. Výstupy z programu jsou ve formě grafické i tabelární, zobrazení grafických výstupů je přehledné.

### 5.1 Podklady a vstupní veličiny

Řešený úsek řeky Úhlavy je dlouhý 2105 m a je tvořen 37 příčnými profily, staničení 34.100 – 36.205 ř.km. Jako vstupní data do modelu byly použity výšky a vzdálenosti, které charakterizují sledované koryto toku a jeho zájmové okolí. Jsou to hloubky toku, příčné řezy, parametry objektů na toku, tedy data, která popisují geometrii toku. Profily jsou tvořeny hodnotou staničení a příslušnou nadmořskou výškou. Staničení příčného profilu se zadává z levé strany řeky a inundace ve směru

toku. Hodnoty jsem získala částečně z Polohopisného a výškopisného zaměření části řeky Úhlavy, některých profilů koryta a okolní nivy a objektů na toku. Dále z výkresů pevných objektů na řešené části toku. [12] Ostatní potřebné výšky v terénu jsem doměřila elektronickou totální stanicí, případně interpolovala ze známých hodnot. V okrajových částech inundace jsem výšky stanovila pomocí vrstevnic.

Důležité je označení staničení levého a pravého břehu, dále je důležité zadání vzdálenosti k předchozímu profilu ve směru toku. A to zvláště pro levou část inundace, v ose koryta a pro pravou část inundace. V případě modelace meandrujícího toku se těmito vzdálenostmi zpřesní výpočet. Po zadání všech údajů pro charakteristiku toku je třeba zadat drsnostní součinitel Manningův  $n$ , který charakterizuje drsnost povrchu.

Jednotlivé povrchy vodních koryt i jejich zaplavených niv se liší od jiných typů koryt (např. rovné koryto s rovnoměrným spádem, kamenného koryta s proměnlivým profilem i spádem až po silně zarostlé a meandrující koryto.) Tento charakter koryta se odráží v rychlosti proudění v toku a povrchového odtoku v nivě a je vystižen Manningovým součinitelem drsnosti  $n$ . Drsnost dna se určuje z charakteru toku. Závisí na velikosti kamenů, zanesení koryta, případně výskytu trávy. Břehová drsnost se odhadne dle vyskytující se vegetace v nivě. Výskyt husté vegetace a stromů, případně v meandrujících úsecích toku způsobí zpomalení proudění a tím dojde ke zvýšení hladiny.

Další potřebnou veličinou – okrajovou podmínkou jsou data o průtoku vody v korytě. Hydrologická data ČHMÚ - N-leté průtoky viz tabulka č.7. N-leté průtoky v kapitole 3.9.1. Hydrologické údaje

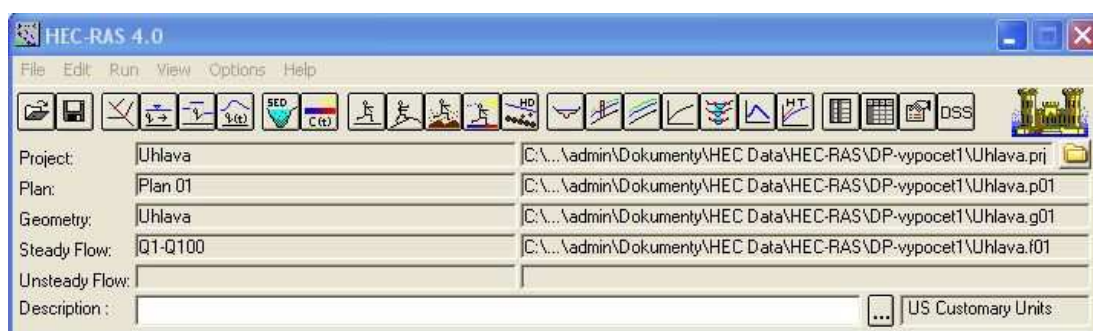
Model HEC-RAS na základě výše uvedených vstupních dat pomocí výpočtových algoritmů po zadání okrajových podmínek spočítá výstupní data.

## 5.2 Vlastní modelování programem HEC-RAS řešeného území

### 4.2.1 Základní nastavení

Než dojde po vytvoření nového projektu k vlastnímu zadání vstupních dat, je třeba provést základní nastavení. Jako standartní jednotky jsou nastaveny v angličtině, proto je třeba změnit jednotky na metrický systém SI v hlavním menu *Option-Unit systém*.

Po spuštění programu se ovládá z Menu na prvním řádku základního okna nebo pomocí ikon na druhém řádku



Obr.7: Úvodní okno software HEC-RAS

Vytvoření modelu toku probíhá v těchto základních částech:

- Vytvoření nového projektu
- Schematizace vodního toku
- Zadání vstupních dat určujících geometrii toku
- Zadání příčných objektů na toku
- Zadání okrajových podmínek – N letých průtoků
- Výpočet, zobrazení a zpracování výsledků

### 5.2.2 Schematizace toku a inundace

Základem tvorby modelu je vytvoření schematizace řešené části toku řeky Úhlavy. V položce *Edit/Geometric Data* byl pomocí příkazu *Background Picture* vložen do okna mapový podklad ve formátu *.jpg* případně *.bmp*. Vykreslení trasy koryta jsem provedla nad tímto mapovým podkladem. Schematizace se zadá pomocí

ikony *River Reach*. Následně je možno pomocí myši v okně vykreslit trasy koryta. Název toku se zapíše do kolonky *River Name*, obdobně jméno úseku do *Reach Name*. Program umožňuje větvenou schematizaci. V tomto případě se po dokončení schematizace jednoho úseku, objeví okno, do něhož se zadává název přítoku. Pro zobrazení řešeného úseku řeky Úhlavy nebyla provedena.

Zadání charakteristik toku, případně změnu vedení trasy, název úseku, nebo další změnu lze provést pomocí příkazu *Edit*.

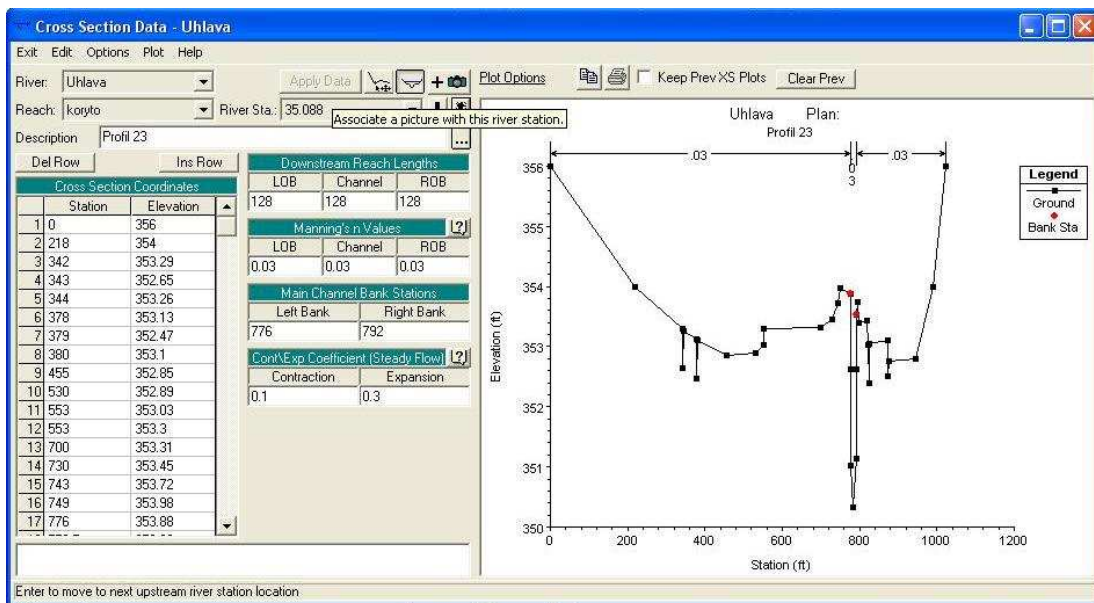
### 5.2.3 Zadání příčných profilů

Příčné profily, jejich vzájemná vzdálenost nám charakterizují řešený úsek toku. Zadání příčných profilů probíhá pomocí ikony *Cross Sections*. Otevře se dialogové okno, do něhož vkládáme nový profil *Option - Add a New Cross Section*. V kolonce *River Station* zadáváme postupně staničení profilů, podle něj program nově vložený profil umístí do databáze příčných profilů a vykreslí je do zobrazení schematizace říčního toku. Modelovaný úsek je tvořen 37 příčnými profily. Při zadání jsem použila skutečné staničení toku v ř.km, protože určí polohu každého profilu jednoznačně. Slovní popis se zadá v okně *Description* po zadání staničení profilu. Rozmístění profilů je dle členitosti a šířky koryta, tak aby byl charakterizován co nejpřesněji úsek pod a nad profilem a vypočtený objem koryta co nejvíce odpovídal skutečnosti. V místě nějakého objektu na toku nebo výrazné změně šířky je třeba vložit profil. V případě objektu je třeba vložit profil při každé jeho změně – před objektem, v místě objektu a za ním. Je nutné, aby každý příčný řez byl veden zleva doprava po směru toku a aby byly příčné řezy vedeny v pravém úhlu k tečně vodního toku. Ukázka editovaných příčných řezů je na obrázku č. 9: *Vykreslení zadaných příčných profilů v HEC-RAS*

Profily jsou tvořeny hodnotou staničení a příslušnou nadmořskou výškou. Staničení bodů příčného profilu (sloupec *Station*) a jejich nadmořské výšky (sloupec *Elevation*) se zadává pomocí *Cross Section XY Coordinates*. Koryto řeky má



poměrně širokou nivu, proto jsem příčné profily připravila do tabulek v MS Excel a následně překopírovala do HEC-RAS.

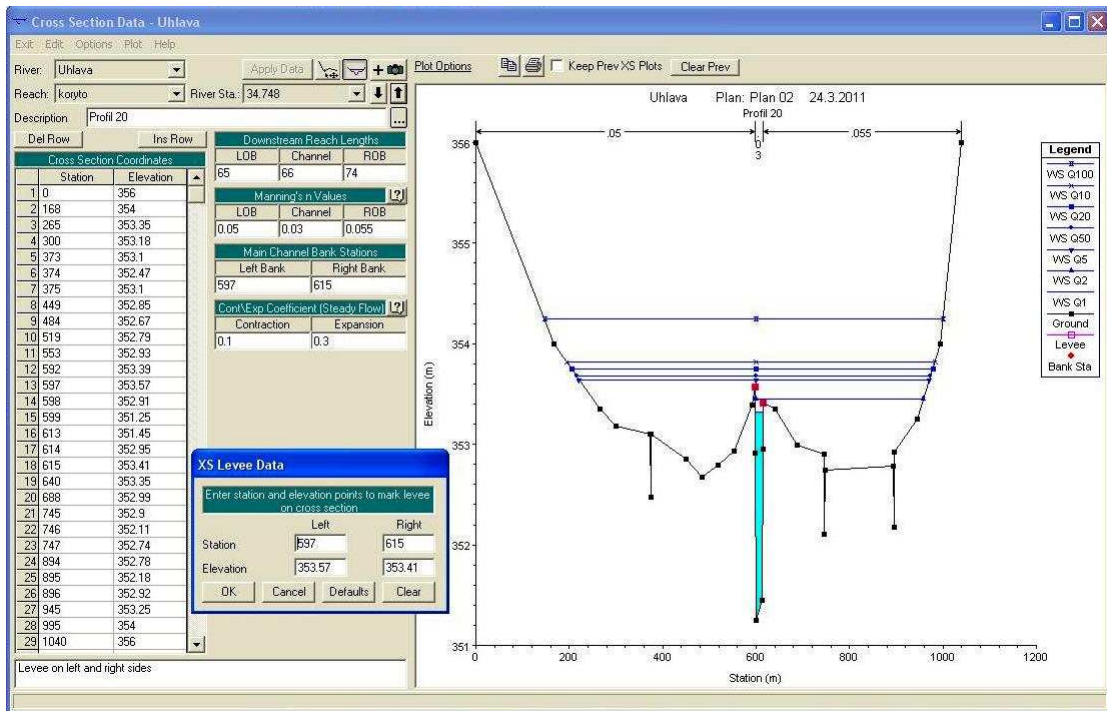


Obr.8: Zadávání příčného profilu v HEC-RAS

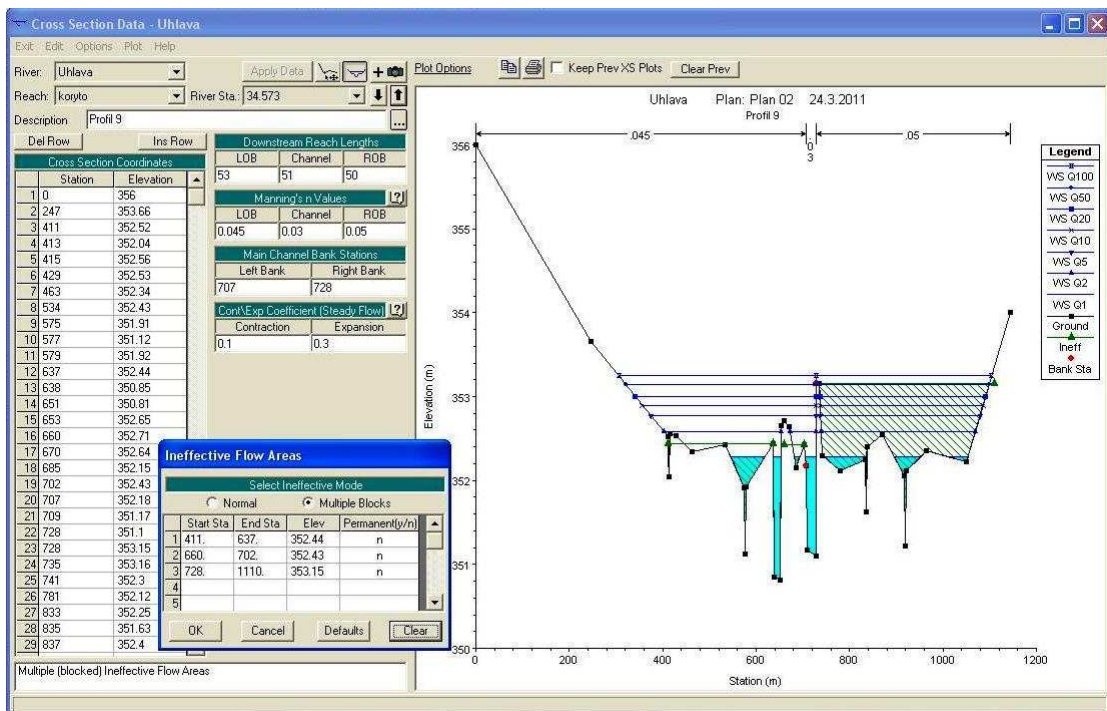
Důležité je označení staničení levého a pravého břehu, které se zadávají v okně *Main Channel Bank Station – Left Bank* pro levý břeh a *Right Bank* pro pravý břeh. Dále je důležité zadání vzdálenosti k předchozímu profilu ve směru toku. Tyto vzdálenosti se zadávají u jednotlivých příčných profilů v okně *Down Stream Reach Lengths* a to zvláště pro levou část inundace (LOB), v ose koryta (Channel) a pro pravou část inundace (ROB). Vzdálenost břehových hran závisí na zakřivení toku. V případě modelace meandrujícího toku se těmito vzdálenostmi zpřesní výpočet.

Prostor inundace řeky Úhlavy v řešeném úseku má terén často nižší nadmořskou výšku než je výška břehu řeky. Toto je výhodné pro rozlívání vody při povodni. V modelu bylo třeba provést opatření, aby se při výpočtu voda nejdříve protékla korytem a až po dosažení kóty břehu se rozlila do prostoru inundace. Toto se provede u každého příčného profilu zadáním příslušného staničení bodu a jeho nadmořské výšky v záložce *Option* příkazem *Levees*. Při výpočtu se voda dostane do inundace až po dosažení těchto zadaných dvou bodů na pravé a levé straně koryta. Pro více než 2 intervaly se toto opatření nastaví v příkazu *Ineffective Flow Areas*

nastavením počátku a konce staničení a příslušné nadmořské výšky, po jejímž dosažení voda vyplní prostor vymezený příslušným staničením.



Obr.9: Zadávání příčného profilu v HEC-RAS- XS Leves Data



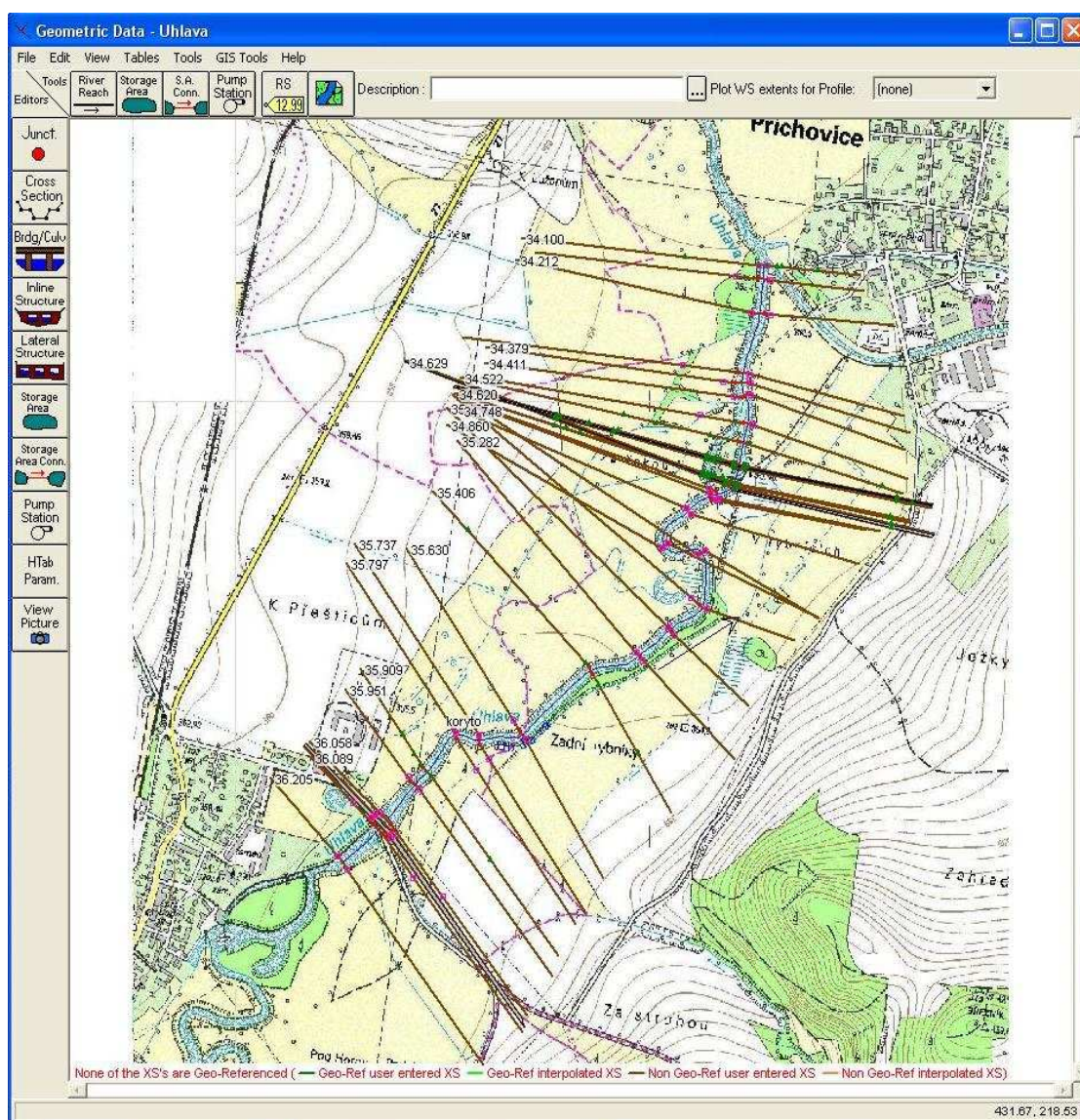
Obr.10: Zadávání příčného profilu v HEC-RAS- Ineffective Flow Areas

Po zadání všech údajů pro charakteristiku toku je třeba zadat Drsnostní součinitel Manningův  $n$ , který charakterizuje drsnost povrchu.

Součinitel zadáváme v okně *Manning's n Values* pro jednotlivé příčné profily opět pro levou část inundace, koryto a pravou část inundace. Je třeba tento součinitel odhadnout co nejpřesněji, tak aby výpočet odpovídal skutečnosti. Zadávání drsností vychází z Manningových hodnot pro drsnost koryta. Pro výpočet v HEC-RAS se zadává drsnost dna a břehová drsnost. Drsnost dna se určuje ze struktury dna toku. Závisí na velikosti kamenů, zanesení koryta, případně výskytu trávy. Břehová drsnost se odhadne dle charakteru břehů, vyskytující se vegetace, keřů a stromů v nivě. Výskyt husté vegetace a stromů převážně v částech meandrujícího toku způsobí zpomalení proudění a tím dojde ke zvýšení hladiny. Hodnoty součinitele  $n$  jsem odhadla pomocí tabulek hodnot Manningova drsnostního součinitele  $n$  pro otevřená koryta. V profilech s různorodým povrchem byl součinitel drsnosti určen váženým průměrem jednotlivých součinitelů. Při práci v HEC-RAS je možno použít nápovědu – tabulka s hodnotami drsnosti pro různé povrchy.

Určení jednotlivých hodnot drsnosti bylo na základě terénního průzkumu v řešené oblasti. Inundaci řešené části toku tvoří z větší části zatravněné plochy udržované, v okrajových částech inundace je půda částečně obdělávaná. Na zatravněných plochách se vyskytují ojedinělé stromy, někdy skupiny stromů a křovin. Většinou se stromy vyskytují nepravidelně podél odvodňovacích příkopů. Břehy Úhlavy jsou lemovány vzrostlými stromy, místy i křovinami. Levá inundace v horní části úseku je zatravněná a pravidelně sečena s ojedinělými stromy ve vzdálenosti od břehu 150 - 300 m (viz obr. č.27 z Přílohy č. 7. Fotodokumentace). Ve střední části úseku v pravé inundaci blíže k toku je výskyt stromů a keřů řídký až středně hustý a na něj navazuje plocha louky s ojedinělým výskytem stromů a keřů. (viz Obr. č.26 z Přílohy č.7). Levá inundace v střední části úseku je zatravněná a pravidelně sečena s ojedinělými stromy (viz obr. č.25 z Přílohy č. 7). V dolní části je v pravé inundaci je výskyt stromů ojedinělý až řídký. (viz obr. č.24 z Přílohy č. 7). V prostoru levé inundace je porost keřů a stromů střední až větší hustoty. (viz obr. č.23 z Přílohy č. 7). Pro jednotlivé charakteristiky inundace a koryta jsem zadala tyto hodnoty drsnostního součinitele  $n$ :

Koryto řeky	0,03
Pastviny a louky bez křovin	0,035
Zemědělské pozemky, travní porosty s ojedinělými stromy	0,04
Zemědělské pozemky s ojedinělými stromy	0,045
Řídké keře a stromy	0,055
Keře a stromy střední hustota	0,07
Keře a stromy střední až větší hustota	0,10

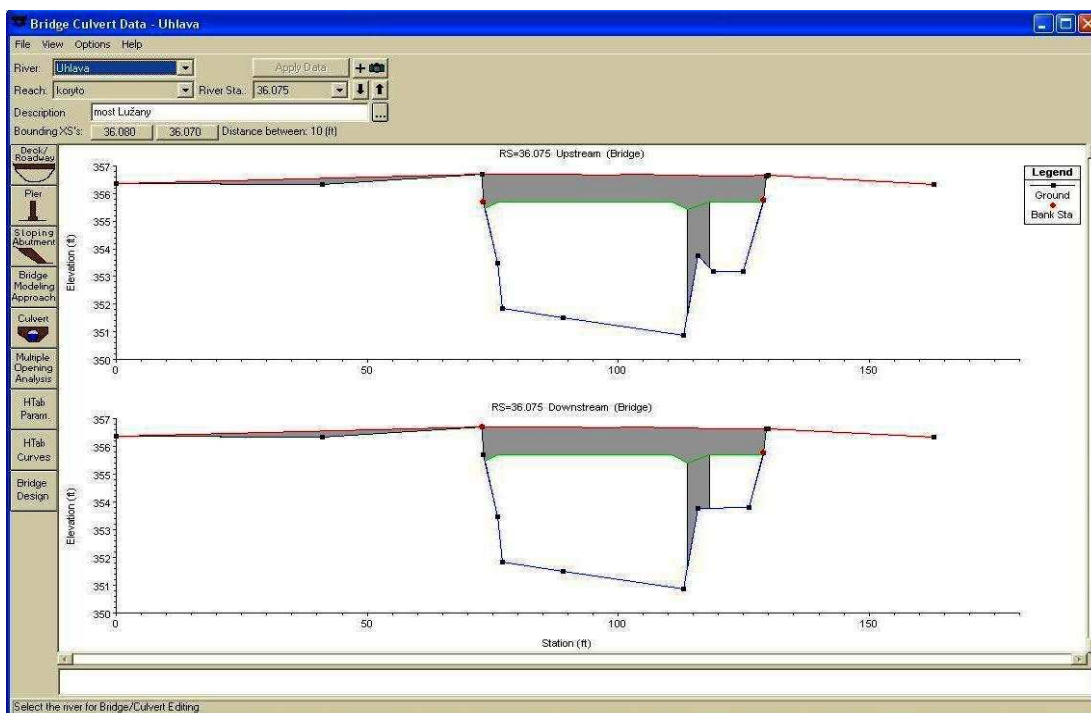


Obr.11: Vykreslení zadaných příčných profilů v HEC-RAS

### 5.2.3 Zadání příčných objektů na toku

Model zohlední ve výpočtu i pevné objekty na toku, které při určitém průtoku mohou omezit proudění vody, jsou to např. jezy, mosty, propustky. Profily těchto objektů vložíme opět s náležitým staničením. Most se zadá pomocí ikony *Bridge/Culvert* v okně *Geometric Data*. Pomocí tlačítka *Deck/Roadway* se zadá vzdálenost mezi horním příčným profilem a horním okrajem objektu *distance*, šířka objektu *Width* hodnota součinitele přepadu *Weir Coef* (hodnota 1.66 – odpovídá součiniteli přepadu  $m=0,37$ ). Dále se zadá vodorovné staničení *Station*, horní a spodní úroveň mostovky *High* a *Lowcord*. v případě zadání spodní úrovně menší než úroveň terénu, program automaticky ukončí vykreslování v průřezu.

Obdobně se zadá objekt jezu ikonou *Weir Embankment*. V případě shodnosti horního a spodního profilu je možno použít funkci *Copy To Down Stream* pro zkopírování údajů. Zadání objektů na toku je patrné z okna na obr. č. 11. Tímto způsobem byly zadány postupně všechny objekty na řešeném úseku řeky Úhlava: most Lužany, lávka v Příchovicích a jez v Příchovicích, které by mohly ovlivnit průtok povodňové vlny. Ukázka zadaného mostu v Lužanech v ř.km 36.075 je na obr. č. 10.



Obr.12: Zadávání mostu Lužany – Bridge Culvert

**Deck/Roadway Data Editor**

Distance	Width	Weir Coef
11	7.5	2.6

Clear    Del Row    Ins Row    Copy US to DS

Upstream				Downstream		
	Station	high chord	low chord	Station	high chord	low chord
1	1.	356.36	300.	1.	356.36	300.
2	73.	356.71	355.41	73.	356.71	355.41
3	76.	356.71	355.71	76.	356.71	355.71
4	82.3	356.7	355.69	82.3	356.7	355.69
5	88.	356.69	355.69	88.	356.69	355.69
6	97.5	356.68	355.69	97.5	356.68	355.69
7	103.5	356.69	355.69	103.5	356.69	355.69
8	110.8	356.68	355.69	110.8	356.68	355.69

U.S Embankment SS: 0    D.S Embankment SS: 0

Weir Data  
 Max. Submergence: 0.98    Min Weir Flow El:

Weir Crest Shape  
 Broad Crested  
 Ogee

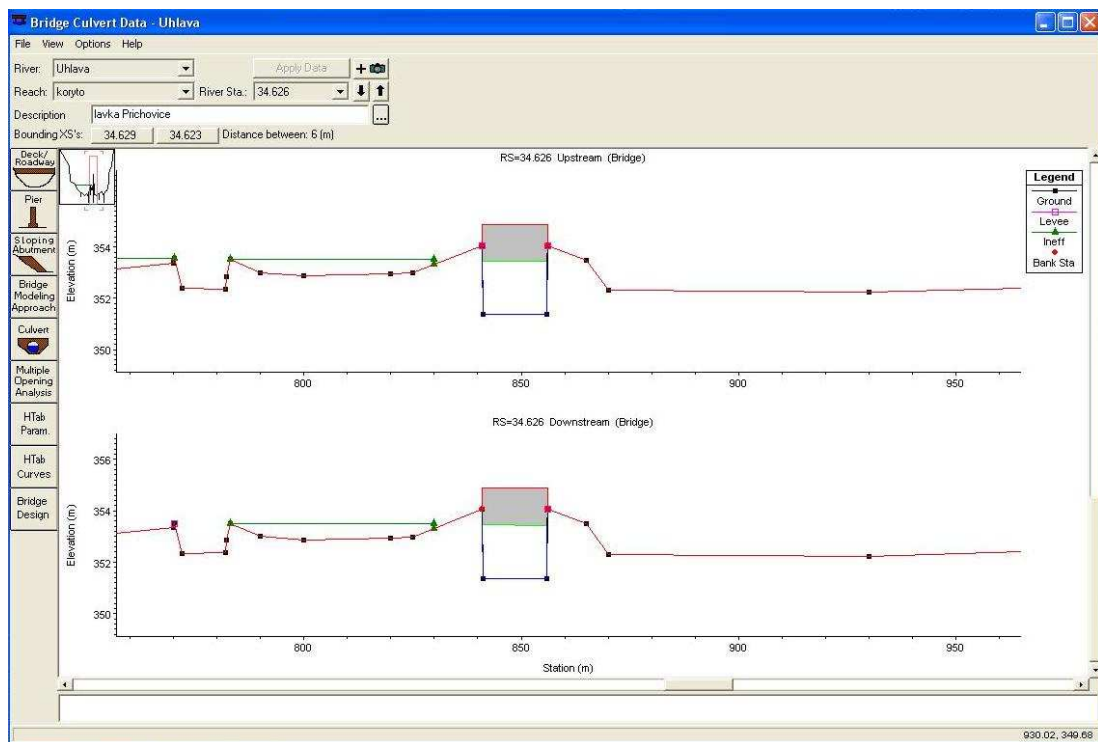
OK    Cancel

Enter distance between upstream cross section and deck/roadway: (ft)

*Obr.13: Zadávání mostu – Deck/Roadway Data Editor*



*Obr.14: Most v Lužanech 1.4.2011*



Obr.15: Zadávání lávky Příchovice – Bridge Culvert

## 5.2.4 Zadání součinitele drsnosti

Zadání Manningova součinitele drsnosti je možno provést nejen při zadání příčných profilů, ale rovněž v záložce *Tables* v okně *Geometric Data* volbou *Mannings n or k Values*. V okně se vyplní hodnoty drsnosti v jednotlivých úsecích pro vodní tok a pro prostor inundace.

V tomto okně je možno zadat hodnoty dle staničení toku, v případě souvislého stejného charakteru inundace. Okno je zobrazeno na obr. 14.

**Edit Manning's n or k Values**

River: Uhlava  Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

Reach: koryto

Selected Area Edit Options

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	36.205	n	0.04	0.03	0.04
2	36.089	n	0.04	0.03	0.04
3	36.080	n	0.04	0.03	0.04
4	36.075	Bridge			
5	36.070	n	0.03	0.03	0.03
6	36.058	n	0.03	0.03	0.06
7	35.951	n	0.035	0.03	0.04
8	35.909	n	0.035	0.03	0.04
9	35.797	n	0.035	0.03	0.045
10	35.737	n	0.035	0.03	0.045
11	35.630	n	0.035	0.03	0.04
12	35.406	n	0.035	0.03	0.045
13	35.282	n	0.035	0.03	0.045
14	35.185	n	0.035	0.03	0.05
15	35.088	n	0.05	0.03	0.055
16	34.960	n	0.05	0.03	0.05
17	34.860	n	0.045	0.03	0.055
18	34.748	n	0.05	0.03	0.055

Obr.16: Zadávání Manningova součinitele drsnosti

Manning's n Information Table

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<b>A. Natural Streams</b>			
<b>1. Main Channels</b>			
a. Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
<b>2. Flood Plains</b>			
<b>a. Pasture no brush</b>			
1. Short grass	0.025	0.030	0.035
2. High grass	0.030	0.035	0.050
<b>b. Cultivated areas</b>			
1. No crop	0.020	0.030	0.040
2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050
<b>c. Brush</b>			
1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
<b>d. Trees</b>			
1. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
2. Same as above, but heavy sprouts	0.050	0.060	0.080
3. Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.080	0.100	0.120
4. Same as above, but with flow into branches	0.100	0.120	0.160
5. Dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200
<b>3. Mountain Streams, no vegetation in channel, banks usually steep, with trees and brush on banks submerged</b>			
a. Bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b. Bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070

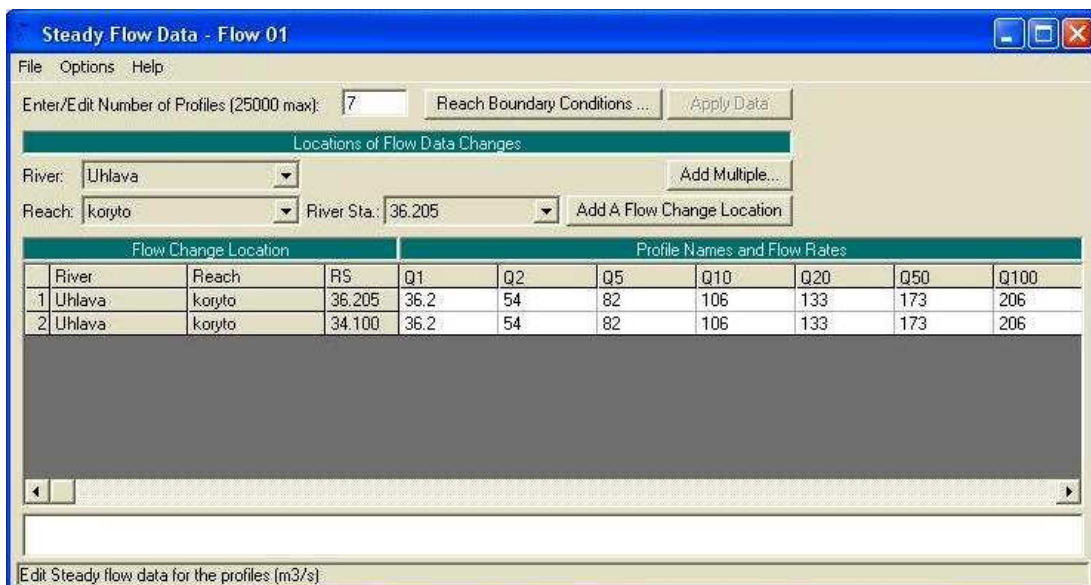
Obr.17: Nápoředa v HEC-RAS



## 5.2.5 Zadání okrajových podmínek

Okno pro zadání okrajových podmínek - N letých průtoků *Steady Flow Data* se otevře pomocí příkazu *Edit*. Při ustáleném proudění se volí jedna hodnota – průtok nebo hladina. V základním okně jsem nejprve v poli *Enter/Edit Number of Profiles* zadala 7 simulací, které byly následně pro různé průtoky řešeny. Pro zadání počtu simulací se ihned vytvoří příslušný počet polí pro zadání průtoků v horním profilu. Pro uvedení průtokových hodnot uprostřed vodního toku je nutné přidat lokalizaci tohoto místa pomocí *Add A Flow Change Location* a následně provést editaci jako pro horní a dolní úsek.

Výraz *profile* zde nemá význam profilu toku, ale jednu úroveň dat s okrajovými podmínkami. V okně *Reach Boundary Conditions* je možno nastavit typ dolní okrajové podmínky. Zadáním *Know W.S.* se nastaví známá úroveň hladiny v dolním příčném profilu pro řešené úseky, *Critical Depth* se nastaví (vypočte) kritická hloubka v dolním profilu, *Normal Depth* bude při zadání sklonu hladiny vypočtena měrná křivka profilu za předpokladu rovnoměrného proudění. *Rating Curve* vytvoří konsumpční křivku na základě závislosti  $h$  na  $Q$ . Je možno určit různé typy okrajových podmínek na každé úrovni dat. Zadání průtoků je patrné z obrázku č.16



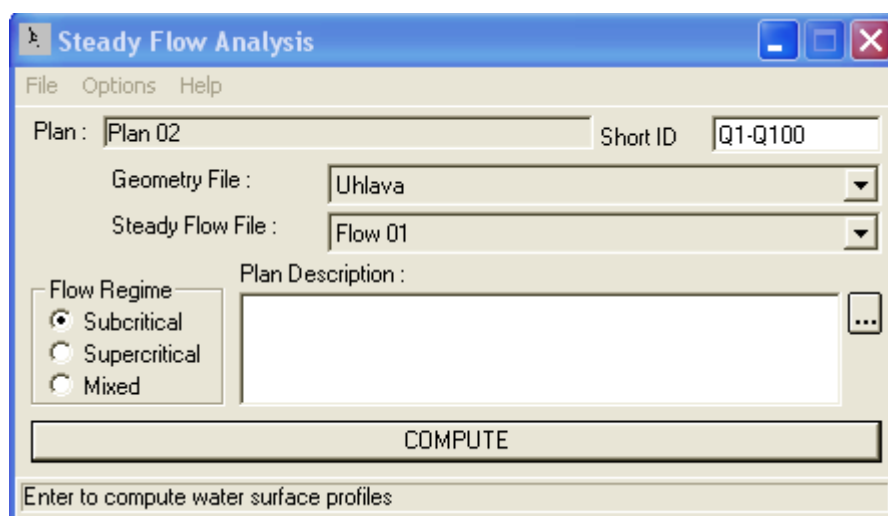
Obr.18: Zadávání N – letých maximálních průtoků

## 5.2.6 Spuštění výpočtu

Dialogové okno pro výpočet proudění - *Steady Flow Analysis* se otevře pomocí příkazu *Menu - Run* nebo se výpočet spustí přímo ikonou v základní liště.

V dialogovém okně se navolí parametry výpočtu:

Plan, Geometry File a Steady Flow File. Výpočet se spustí pomocí tlačítka *Compute*.



Obr.19: Spuštění výpočtu

## 5.2.7 Výstupy a výsledky hydrotechnického posouzení

Model HEC-RAS umožňuje zobrazení výsledků ve formě grafické i tabulkové. Lze je exportovat do MS Word nebo MS Excel.

Grafické výstupy se ovládají pomocí příkazů v hlavním menu úvodního okna programu a pomocí příkazu *Options* se mohou nastavit různé veličiny, např. průběh hladiny, kritická hloubka, průběh čar energie, legenda.

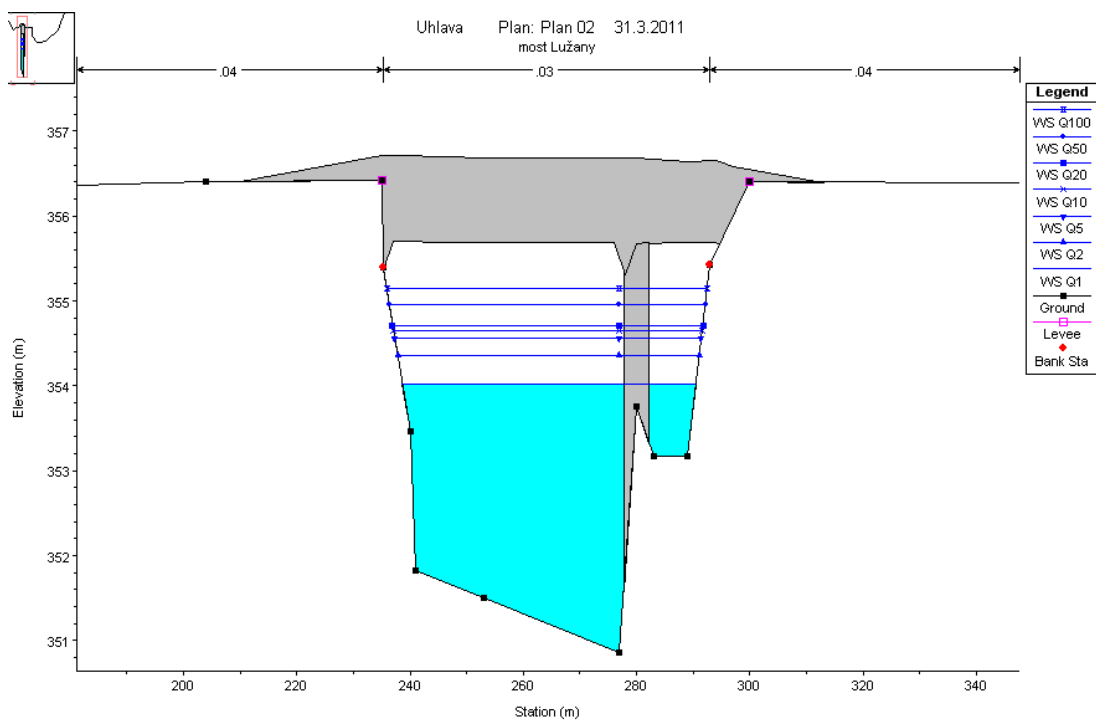
Výsledkem posouzení části toku Úhlavy mezi obcemi Lužany a Příchovicemi jsou zátopové čáry od staničení 34.100 – 36.205 ř.km., které vytyčují zaplavené území při jednotlivých N-letých průtocích. Zvýrazněny jsou průtoky  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$ . Tyto hranice jednotlivých zátop byly vyneseny do mapy 1 : 5 000 a ortofotomapy

v měřítku 1 : 10 000. Zátopové čáry jsou zobrazeny v přílohách č.5 a č.6. v Přílohové části.

V příloze č.4. Záplavové území ve 3D je zobrazen rozliv vody v řešeném území při průchodu 100 letého průtoku řešené části řeky Úhlavy.

### Posouzení mostu v Lužanech

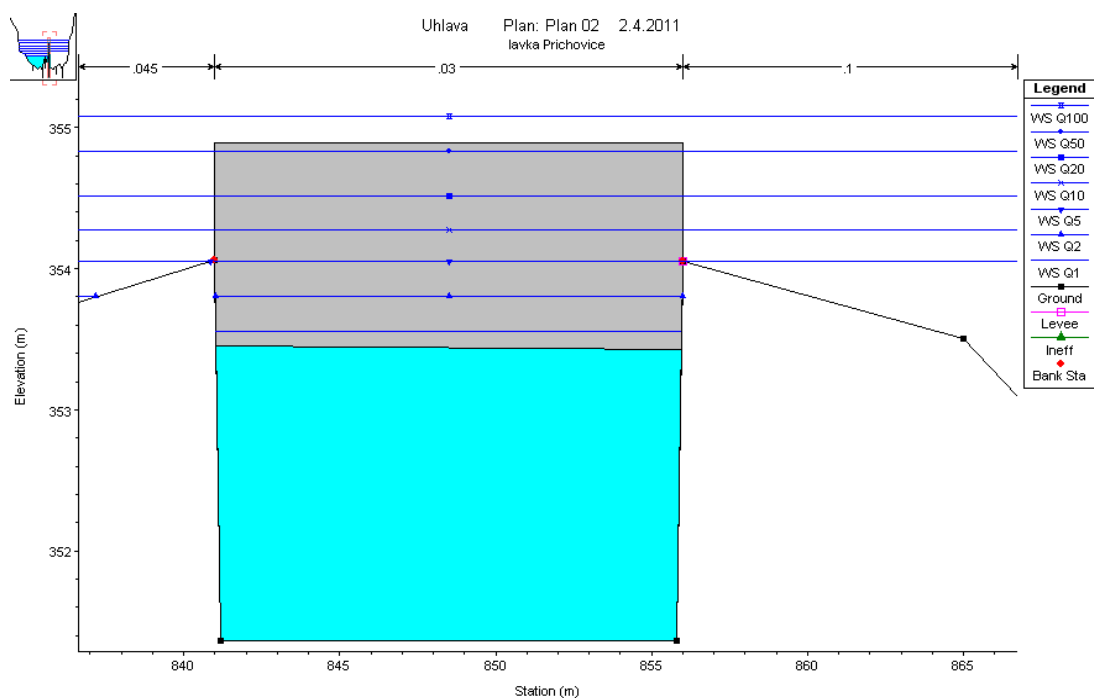
Na obrázku č. 18 jsou znázorněny jednotlivé hladiny při průtoku mostem Lužany. Je z nich patrné, že při  $Q_{100}$  nedojde k zaplavení průtočného profilu most. Inundace této části toku je příhodně členitá a široká, tím umožňuje dostatečný rozliv vody i při  $Q_{100}$  tak, že nedojde k zaplavení obytných objektů v obci Lužany ani hlavních komunikací.



Obr. 20: Výška hladiny vody při N-letých průtocích - most v Lužanech

## Posouzení lávky v Příchovicích

Na obrázku č. 19 jsou znázorněny jednotlivé hladiny při průtoku lávkou v Příchovicích. Je vidět do jaké výšky lávky budou dosahovat jednotlivé hladiny N-letých průtoků. Zatopení průtočného profilu lávky dojde při průtoku  $Q_1$  a při průtoku  $Q_{100}$  bude voda dosahovat k zábradlí lávky. Prostor ostrova bude rovněž zatopen. Toto místo je obyvateli Příchovic využíváno k vycházkám. Budova měla sloužit k občasnému kulturnímu vyžití, v současné době je opuštěná, rekonstrukce objektu zřejmě pozastavena.



Obr. 21: Výška hladiny vody při N-letých průtocích – lávka Příchovice

Koryto i přilehlá inundace jsou výškově různě členité, V některých částech toku je břeh vyšší než přilehlé území. Někde voda snadno vyběží z koryta a v zatopeném území se pak drží z důvodu malého spádu území. Rozlivné území je tvořeno převážně trvalým travním porostem, v okrajových částech je zemědělsky obdělávaná plocha. Při velkých průtocích dochází k rozlivu a ke zpomalení odtoku vody. Podobně se chová Úhlava i v navazujících úsecích. Severní část obce Lužany není ohrožena 100 letou vodou. Voda se v této části toku rozlévá do pravé a pod mostem i levé části inundace. Most v Lužanech by měl za normálních okolností provést průtok  $Q_{100}$ .

Na jižním okraji obce Příchovice podél Příchovického potoka je ochranná hráz. Zvednutím hladiny Úhlavy v místě soutoku s Příchovickým potokem dochází k omezení odtoku Příchovického potoka. Následkem je zpětné vzduť potoka s rozlivem na louku mezi pravým břehem Úhlavy a rybníkem u Příchovic. Tímto způsobem se sem voda dostane při průtocích  $Q_5$ . Při průtocích  $Q_{10}$  a vyšších zaplaví tyto a další plochy současně voda vylitím z koryta Úhlavy. Kóta ochranné hráze u Příchovic ve spodní části u soutoku je 352.28 m n.m. V tomto místě se přes hráz přelije 50letá voda. Většina obytných objektů v Příchovicích se nachází dále od hráze, na kótě min 353.00 m n.m., neměly by tedy být ohroženy 100letou vodou ohroženy. 2 objekty jsou níže položeny a 50-100letá voda je zasáhne. Ohrožení jihozápadní a západní části Příchovic není předmětem této práce, bylo řešeno v rámci projektové dokumentace „Inundační průlehové koryto v lukách u Příchovic a úpravy koryta Úhlavy ve městě Přeštice“.

Jediný objekt, který je významně ohrožen, je rekonstruovaný objekt u jezu v Příchovicích, který měl sloužit k rekreačním účelům a k pořádání kulturních akcí. V současné době je opuštěný. Bude zaplavený vodou z Úhlavy již při průtoku  $Q_1$ .

## 9. Diskuze

V minulém století nebylo území republiky postiženo významnou katastrofickou povodní. To způsobilo podcenění preventivních protipovodňových opatření. V blízkosti toků se často objevují nové stavby. Koryta toků byla nevhodně upravována. Voda protéká větší rychlostí nejen zastavěným územím, ale i územím vhodným ke zpomalení odtoku. V posledních letech bylo naše území postiženo několika povodněmi s výraznými ničivými následky a dalšími povodněmi menšího významu. Tyto časté povodňové situace by měly mít za následek důslednou ochranu proti povodním například podporou financování a plánování preventivních protipovodňových opatření, realizací technických opatření s prověřenou účinností v místech, kde není jiná možnost ochrany před povodní, sestavováním kvalitních povodňových plánů a vymezením zátopových území s důsledným vyloučením zástavby v těchto územích. Stavby by zde neměly být umístěny jednak z důvodu jejich možného poškození povodní a dále z důvodu omezení průtočného profilu, zvýšení hladiny vody v toku a tím následnému ohrožení dalšího území.

## 10. Závěr

Cílem diplomové práce bylo stanovení záplavových čar pro N-leté průtoky a hydrotechnické posouzení objektů na řešené části toku.

Byly zajištěny potřebné podklady a parametry pro sestavení hydraulického modelu, spočívající v důkladné rekognoskaci a zaměření toku a okolního terénu.

Provedena byla také charakteristika řešeného území a celého povodí Úhlavy z hlediska přírodních poměrů souvisejících s hydrologií toku, povodňových událostí obecně a i na řece Úhlavě.

Na základě provedené modelace řešeného území, bylo zjištěno, že v celém řešeném úseku řeky Úhlavy od staničení 34.100 – 36.205 km, při velkých průtocích

dochází v řešené části toku k rozlité povodňových průtoků v širokém území přilehlé inundace.

V severní části obce Lužany, která okrajově zasahuje do řešené části toku, nebude 100 letou vodou ohrožena žádná nemovitost. Most v Lužanech by měl provést průtok  $Q_{100}$  za předpokladu, že nedojde k ucpání splaveným materiálem (větve, kmeny apod.).

Ochranu jižního okraje obce Příchovice podél Příchovického potoka tvoří protipovodňová hráz. Kóta ochranné hráze ve spodní části u soutoku je 352.28 m n.m. V tomto místě se přes hráz přelije 50letý průtok řeky Úhlavy. Při tomto průtoku budou ohroženy 2 nejnižše položené domy. V modelu nebylo počítáno s průtokem Příchovického potoka, řešený úsek začíná nad soutokem. Zvýšené průtoky Příchovickým potokem v závislosti na charakteru a lokalizaci srážky, mohou zvednout hladinu potoka a dojde k přelítí hráze při nižším průtoku než  $Q_{50}$ . Při vyšších průtocích může dojít k zaplavení dalších objektů na jihozápadním okraji obce. Jihozápadní a západní okrajová část obce je ohrožena především zaplavením z předchozího úseku řeky Úhlavy.

Významně ohrožený je rekonstruovaný objekt u jezu v Příchovicích. V současné době není využíván. Bude zaplavený vodou z Úhlavy již při průtoku  $Q_1$ . Průtočný profil lávky v Příchovicích bude zaplněn již při průtoku  $Q_1$ . Toto místo se nachází v lukách ve vzdálenosti cca 600 m od Příchovic.

Stanovené hranice zátopových území  $Q_{100}$  se tvarově blíží rozlivu vody z fotografií z roku 2002. Při této povodni byl průtok v Úhlavě vyšší než  $Q_{100}$ .

## Použitá literatura

- [1] Česká geologická služba – GEOFOND– databáze geologicky dokumentovaných objektů
- [2] Český geologický ústav Praha (1995): Geologická mapa ČR list 21-21 Holýšov měřítko 1 : 50 000, redaktor A. Seifert
- [3] Český geologický ústav Praha (1994): Geologická mapa ČR list 22-11 Přeštice měřítko 1 : 50 000, redaktor J. Mašek
- [4] ČSN, 1983: Názvosloví hydrologie. ČSN 73 6530, Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, Praha
- [5] Havlík, V., Marešová, I., (1994) Hydraulika I (příklady), ČVUT Praha
- [6] Havlík, V., Marešová, I., (1995) Hydraulika II (příklady), ČVUT Praha
- [7] Hazdrová M. et al. (1984): Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR v měřítku 1 : 200 000, list 22 - Strakonice, Ústřední ústav geologický. Praha
- [8] Hydroprojekt a.s. (1997): Ekologická studie Úhlavy
- [9] Hydroprojekt a.s. (2004): Koncepce ochrany vod - Studie protipovodňových opatření Plzeňského kraje
- [10] Kolář, Patočka, Bém (1983): Hydraulika, SNTL/ALFA Praha
- [11] Křovák, Zezulák(2005): Stručný český manuál Hec-RAS  
<http://netstorage.studenti.czu.cz>.
- Metodická pomůcka Ministerstva zemědělství k získávání práv v územích určených
- [12] Metodická pomůcka Ministerstva zemědělství k získávání práv v územích určených k řízeným rozlivům povodní [k § 55a a § 68 vodního zákona] vydána MZ v Praze dne 31. prosince 2010 pod Čj. 38422/2010-15120
- [13] Povodí Vltavy, geodetické zaměření Úhlavy a objektů na toku
- [14] US Army Corps of Engineers, Hec – RAS hydraulics Reference Manual, <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/hecras-document.html>.
- [15] US Army Corps of Engineers, Hec – RAS River Analysis System User Manual, Version 4.0 March 2008 <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/hecras-document.html>.



[16] Vodohospodářské mapy, měřítk 1 : 50 000

[17] Zákon 254/2001 Sb. ze dne 28. června 2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

[18] Stránky mapového serveru [poslední revize 2.3.2011] dostupné z <http://www.mapy.cz>

[19] Stránky Povodí Vltavy [poslední revize 1.1.2011] dostupné z <http://www.pvl.cz>

[20] Stránky Hydroekologického informačního systému VÚV T. G. Masaryka

[poslední revize 2.3. 2011] dostupné z

[http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=vtu\\_50000DOLAR](http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=vtu_50000DOLAR)

## Seznam zkratek

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
Č.h.p.	číslo hydrologického pořadí
ČR	Česká republiky
ČSN	Československá státní norma
ČUZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
HEC – RAS	Hydrologic Engineering Center – River Analysis System
HEIS	Hydroekologický informační systém
IGHP	Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum
JZ	Jihozápad
m n.m.	metry nad mořem
ř.km.	Říční kilometr
SPA	Stupeň povodňové aktivity
SV	Severovýchod
SZ	Severozápad
ttp	Trvalý travní porost
TBD	technicko-bezpečnostní dohled
VD	Vodní dílo
VUV	Výzkumný ústav vodohospodářský

# Seznam příloh

## Seznam příloh v textové části:

### Seznam tabulek:

Tabulka č. 1: Průměrné rozdělení srážek během roku .....	13
Tabulka č. 2: Průměrné množství srážek v mm z dlouhodobého průměru ...	13
Tabulka č. 3: Průměrné měsíční srážky v mm za období 1961-90 .....	13
Tabulka č. 4: Popis sondy HV-II Lužany .....	16
Tabulka č. 5: Popis sondy P-1 Příchovice .....	17
Tabulka č. 6: Biogeografické regiony - skladba.....	22
Tabulka č. 7: N – leté průtoky .....	25
Tabulka č. 8: M – denní průtoky .....	25
Tabulka č. 9: Průměrné měsíční a roční průtoky v m <sup>3</sup> za obd. 1961-90 .....	27
Tabulka č.10: Hodnoty kulminačních průtoků na Úhlavě .....	43

### Seznam obrázků:

Obrázek č. 1: Poloha zájmové lokality .....	11
Obrázek č. 2: Zájmové území ve vodohospodářské mapě .....	26
Obrázek č. 3: Vodní nádrž Nýrsko .....	29
Obrázek č. 4: Povodí Úhlavy.....	33
Obrázek č. 5: Povodeň 2002 Lužany.....	45
Obrázek č. 6: Povodeň 2002 Příchovice.....	45
Obrázek č. 7: Úvodní okno software HEC-RAS .....	48
Obrázek č. 8: Zadávání příčného profilu v HEC-RAS .....	50
Obrázek č. 9: Zadávání příčného profilu v HEC-RAS-XS Leves Data .....	51
Obrázek č. 10: Zadávání příčného profilu - Ineffective Flow Areas.....	51
Obrázek č. 11: Vykreslení zadaných příčných profilů v HEC-RAS.....	53
Obrázek č. 12: Zadávání mostu Lužany – Bridge Culvert .....	54
Obrázek č. 13: Zadávání mostu – Deck/Roadway Data Editor .....	55
Obrázek č. 14: Most v Lužanech .....	55

Obrázek č. 15: Zadávání lávky Příchovice - Bridge Culvert .....	56
Obrázek č. 16: Zadávání Manningova součinitele drsnosti .....	57
Obrázek č. 17: Náповěda v HEC-RAS.....	57
Obrázek č. 18: Zadávání N – letých maximálních průtoků.....	58
Obrázek č. 19: Spuštění výpočtu .....	59
Obrázek č. 20: Výška hladiny při N letých průtocích - most Lužany .....	60
Obrázek č. 20: Výška hladiny při N letých průtocích – lávka Příchovice.....	61

### **Seznam příloh v přílohové části:**

#### 1. Vybrané příčné profily v zájmovém území:

- Obr.č. 1: příčný profil ř.km. 34.212
- Obr.č. 2: příčný profil ř.km. 34.256
- Obr.č. 3: příčný profil ř.km. 34.379
- Obr.č. 4: příčný profil ř.km. 34.476
- Obr.č. 5: příčný profil ř.km. 34.522
- Obr.č. 6: příčný profil ř.km. 34.619
- Obr.č. 7: příčný profil ř.km. 34.623
- Obr.č. 8: příčný profil ř.km. 34.626
- Obr.č. 9: příčný profil ř.km. 34.748
- Obr.č. 10: příčný profil ř.km. 35.406
- Obr.č. 11: příčný profil ř.km. 35.797
- Obr.č. 12: příčný profil ř.km. 35.951
- Obr.č. 13: příčný profil ř.km. 36.058
- Obr.č. 14: příčný profil ř.km. 36.075
- Obr.č. 15: příčný profil ř.km. 36.089
- Obr.č. 16: příčný profil ř.km. 36.205

#### 2. Příčné profily v zájmovém území

#### 3. Podélný profil a N-leté průtoky Úhlavy mezi obcemi Lužany a Příchovice

#### 4. Záplavové území 3D při $Q_{100}$ - ř.km 34.100 – 36.205

5. Zátopové čáry pro  $Q_1$ - $Q_{100}$  mezi obcemi Lužany a Příchovice 1 : 10 000

6. Zátopové čáry pro  $Q_1$ - $Q_{100}$  mezi obcemi Lužany a Příchovice 1 : 5 000

7. Fotodokumentace:

Fotografie č.1: Soutok Úhlavy s Příchovickým potokem 1.4.2011

Fotografie č.2: Soutok Úhlavy s Příchovickým potokem 8.8.2010

Fotografie č.3: Příchovický potok před soutokem s Úhlavou 1.4.2011

Fotografie č.4: Příchovický potok před soutokem s Úhlavou 8.8.2010

Fotografie č.5: Příchovický potok před soutokem s Úhlavou 1.4.2011

Fotografie č.6: Příchovický potok před soutokem s Úhlavou 8.8.2010

Fotografie č.7: Pravý břeh nad mostem Lužany 1.4.2011

Fotografie č.8: Pravý břeh nad mostem Lužany 8.8.2010

Fotografie č.9: Levý břeh nad mostem Lužany 1.4.2011

Fotografie č.10: Levý břeh nad mostem Lužany 8.8.2010

Fotografie č.11: Levý břeh nad mostem Lužany 1.4.2011

Fotografie č.12: Levý břeh nad mostem Lužany 8.8.2010

Fotografie č.13: Jez Příchovice

Fotografie č.14: Lávka Příchovice

Fotografie č.15: Meandrující Úhlava ř.km 34.830

Fotografie č.16: Řeka Úhlava pod obcí Lužany ř.km. 35.085

Fotografie č.17: Slepé rameno v úrovni Úhlavy ř.km. 35.050

Fotografie č.18: Slepé rameno v úrovni Úhlavy ř.km. 35.050

Fotografie č.19: Řeka Úhlava pod obcí Lužany ř.km. 35.735

Fotografie č.20: Řeka Úhlava pod obcí Lužany ř.km. 35.735

Fotografie č.21: Řeka Úhlava pod obcí Lužany ř.km. 35.900

Fotografie č.22: Levá inundace Úhlavy v dolní části

Fotografie č.23: Pravá inundace Úhlavy v dolní části

Fotografie č.24: Levá inundace Úhlavy ve střední části

Fotografie č.25: Pravá inundace Úhlavy ve střední části

Fotografie č.26: Levá inundace Úhlavy v horní části