

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování**



Bakalářská práce

Protipovodňová opatření na vodním toku Mastník

Vedoucí práce: Ing. Radek Roub Ph.D.

Bakalant: Paukner Martin

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Paukner

Vodní hospodářství

Název práce

Protipovodňová opatření na vodním toku Mastník

Název anglicky

Flood control on Mastník river

Cíle práce

V bakalářské práci se budu zabývat protipovodňovými opatřeními a úpravou vodního toku Mastník. Bakalářská práce je rozdělena na tři části. V první části se budu zabývat charakteristikou povodí a druhy protipovodňových opatření. V druhé části se budu zabývat podmínkami přímo na vodním toku Mastník na vybraném úseku mezi obcemi Kosova Hora a Osečany. Jako je vytvoření seznamu objektů na vybraném úseku vodního toku, spočítání N-letých průtoků různými metodami a jejich porovnání. V třetí části vytvořím digitální model terénu na zvoleném úseku povodí pomocí softwaru ArcGis a spočítám hydrologické charakteristiky pro zvolený úsek toku.

Metodika

Úvod

Základní protipovodňové charakteristiky

Charakteristika vodního toku

Protipovodňová opatření a jejich zhodnocení

Závěr

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran

Klíčová slova

Mastník, povodí, protipovodňová opatření, povodeň

Doporučené zdroje informací

Jandora, Jan; Stara, Vlastimil; Starý, Miloš: Hydraulika a hydrologie, Akademické nakladatelství CERM, 2011, ISBN 80-720-4739-6

Just, Tomáš a kol.: Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi, 3.ZO ČSOP Hořovicko, 2005, ISBN 80-239-6351-1

Konvička, Miloš: Město a povodeň: strategie rozvoje měst po povodních, ERA, 2002, ISBN 80-865-1738-1

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Radek Roub, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 23. 3. 2015

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 09. 04. 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Protipovodňová opatření na vodním toku Mastník" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako auto uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne

.....

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Radku Roubovi, Ph.D. za jeho velkou ochotu, vstřícnost a rady při konzultacích.

Dále bych chtěl poděkovat příslušným institucím a osobám za poskytnutí dat, díky kterým jsem mohl tuto práci realizovat.

V Praze dne

.....

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá úpravami a protipovodňovými opatřeními na vodních tocích. Tyto úpravy jsou v práci popsány obecně, tak i konkrétně na vodním toku. Bakalářská práce je rozdělena do tří tematických částí.

V první části jsou popisovány charakteristiky povodí, úpravy na vodních tocích a různá protipovodňová opatření. Zejména jde o druhy opevnění koryt a objektech na vodních tocích.

V druhé části se zabývám konkrétními podmínkami na vodním toku Mastník, na objekty a popis vodního toku. Popis začíná na začátku obce Kosova Hora a končí v obci Osečany.

V třetí části jsem se zaměřil na vytvoření digitálního modelu terénu zájmového území v programu ArcGis, zjištění průměrných měsíčních srážek a jejich vliv na průtoky vodního toku Mastník.

Klíčová slova

Povodeň, Mastník, protipovodňová opatření, povodí

Abstract

This thesis is about modification of water flows and flood controls. These modifications were described in generally and specifically at water flow Mastník. The thesis is divided into three theme parts.

In the first part is described the basin characteristics , modifications at water flows and various flood protections. Mainly, type of riverbed's bulwark and objects at water flow.

The second part is about specific description of water flow Mastník, objects, and description of the watercourse . The description starts at the beginning of the city Kosova Hora and ends in the village Osečany.

In the third part, I focused on the creation of digital terrain model of the selected part river basin in ArcGIS , determinig the precipitation amount and definiting influence on basin.

Keywords:

Flood control, river basin, Mastník, flood.

Obsah

1. ÚVOD	10
2. CÍLE PRÁCE.....	11
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	12
3.1. Vodní toky, povodí	12
3.1.1. Povodí	12
3.1.2. Vodní toky	12
3.1.3. Základní charakteristiky povodí	13
3.1.4. Úpravy vodních toků	15
3.1.5. Objekty na vodních tocích	20
3.2 Povodně	26
3.2.1. Vznik a definice povodní.....	26
3.2.2. Průběh povodně	27
3.3. Ochrana před povodněmi.....	28
3.3.1. Preventivní protipovodňová opatření.....	29
3.3.2. Operativní protipovodňová opatření.....	33
4. METODIKA	35
4.1 Digitální model terénu	35
4.2 Výpočet stoletého průtoku	36
4.3 Průběh průtoků v období roků 2002, 2003, 2006, 2010, 2013	37
4.4 Průběh srážek v období roků 2002, 2010 a 2013.....	38
5. Charakteristika vodního toku Mastník.....	39
5.1 Obecný popis povodí	39
5.2 Popis úprav a objektů na vodním toku v zájmovém území	40
6. VÝSLEDKY PRÁCE, DISKUZE	43
6.1 Zájmové území na ř. km 24,8 – 13,3	43
6.2. Geometrické charakteristiky povodí.....	43
6.3 Orografické poměry povodí.....	43
6.4 Výpočet maximálního průtoku	44
6.5 Průběh srážek v období roků 2002, 2003 a 2010.....	45
6.6 Průběh průtoků v období roků 2002, 2003, 2006, 2010 a 2013	46
7. ZÁVĚR	47

8. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	48
9. SEZNAM PŘÍLOH.....	52

1 ÚVOD

Povodně jsou v České republice aktuální téma. Jsou to nejčastěji se vyskytující se přírodní katastrofy, které způsobují velké materiální škody a ztráty na lidských životech. V červenci 1997, srpnu 2002 a červnu 2013 došlo k povodním, které byly svým rozsahem a důsledky největší u nás za posledních více než sto let. Přestože neexistuje absolutní ochrana před povodněmi, je nezbytné se před povodněmi chránit a omezovat jejich škodlivé účinky. (www.dpp.kr-kralovehradecky.cz)

Nejen technická protipovodňová opatření mohou ochránit území před následky povodněmi. Jsou to i správně zvolené úpravy toků či revitalizace, které mohou zabránit či zmírnit účinky velkých vod. Také organizační opatření mají v dnešní době důležitou funkci v ochraně před povodněmi.

V této bakalářské práci se zabývám popisem povodí, charakteristikou povodní a jejich vzniku, úpravou vodních toků a protipovodňovými opatřeními. Tyto věci jsou popsány v práci nejen teoreticky, ale jsou popsány i na konkrétním úseku vodního toku Mastník.

2. CÍLE PRÁCE

Mezi cíle této bakalářské práce, které jsem si stanovil a ke kterým jsem dospěl, patří:

- Obecný popis úprav a objektů na vodních tocích
- Vznik a průběh povodní
- Rozdělení protipovodňových opatření
- Vytvoření digitálního modelu terénu a spočítání základních charakteristik povodí
- Výpočet maximálních průtoků na ploše povodí
- Vliv množství srážek na průtoky na vodním toku

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1. Vodní toky, povodí

3.1.1. Povodí

Základní jednotkou v hydrologii je povodí. Je to území, ze kterého všechna voda stéká k určitému místu na toku (uzávěrový profil). Jedná se o veškerý odtok – povrchový i podzemní (Jandora, Stara, Starý, 2011). Pokorná, Zábranská (2008) popisují povodí jako základní hydrologickou oblast, ve které se zjišťuje vzájemný vztah bilančních prvků a ve které se zkoumá odtokový proces. Tvoří sběrnou srážkovou a infiltrační oblast daného toku. Dle Reedy (2005) je povodí definováno jako oblast, která je odvodňována vodním tokem nebo říční sítí, kdy veškerý povrchový odtok opouští tuto oblast jedním vodním tokem.

Hranice povodí tvoří uzavřenou čáru, která se nazývá *rozvodnice*. Obvykle jí určujeme z topografických map 1:25 000 až 1:100 000. Probíhá po nejvyšších místech a odděluje území, z něhož voda odtéká k sousedním tokům. Takové povodí je *povodí orografické*. (Jandora, Stara, Starý, 2011) *Povodí podzemní vody* (hydrogeologické) určujeme z vrstevnicové geologické mapy, ze které si vyneseme geologické profily a určíme území, z něhož nastává odtok podzemní vody do uvažovaného hydrologického profilu. (Šilar, 1996)

3.1.2. Vodní toky

Atmosférické srážky, které dopadly na zemský povrch, stékají působením gravitace po svahu nejdříve v podobě ronů (plošného odtoku). Se zvyšující se koncentrací plošného odtoku se zvyšuje i působení vodní eroze. Na svazích se vytvářely různě hluboké mezery, které se spojovaly do erozních rýh. Spojováním vznikaly erozní brázdy, výmoly až strže, které měly na méně soudružných horninách příkré stěny a příčný profil ve tvaru V. Koryta vodních toků se začala vytvářet na dně strží, tvarovalo se i jeho údolí. Tvar údolí závisí na geologické stavbě území či historickému vývoji za poslední geologické období, zejména na intenzitě působení exogenních činitelů. (Raplík, Výbora, Mareš, 1989)

Vodní toky můžeme klasifikovat podle různých kritérií: podle vodnosti, podle velikosti plochy povodí, podle charakteru proudění vody (Raplík, Výbora, Mareš, 1989). Dále můžeme vodní toky rozdělit na umělé (kanál, náhon) a na přirozené vodní toky (bystřina, potok, řeka) (Nypl, Kuráž, 1992). U tohoto rozdělení se intuitivně zohledňuje velikost povodí, vodnost a okrajově i charakter proudění. Bystřiny jsou kratší toky s nepravidelným a velkým sklonem dna s velkou erozní účinností a pohybem splavenin. Potoky jsou menší toky s vyrovnaným podélným sklonem s menším pohybem splavenin. Řeky jsou toky s větší vodností, povodím a mírnějším podlouhlým sklonem dna. Do tohoto rozdělení můžeme i zařadit veletoky, což jsou toky 1. řádu, které se vlévají do moře. Obvykle se jedná toky s délkou delší než 500 km a rozlohou povodí přesahující 100 000 km² (Raplík, Výbora, Mareš, 1989).

3.1.3. Základní charakteristiky povodí

Podle topografie terénů má povodí různý tvar a uspořádání vodní sítě. Tyto okolnosti ovlivňují časový průběh odtoku z povodí, což je významné v době regionálních dešťů, kdy může dojít k povodni. (Šilar, 1996)

Rozlišujeme tři tvary povodí a říčních sítí:

- Stromkovitý tvar
- Listovitý tvar
- Vějířovitý tvar

Geomorfologické charakteristiky povodí poskytují informace o hydrologickém systému. Mezi geomorfologické charakteristiky například patří: sklonové poměry povodí, parametry popisující tvar povodí, parametry popisující říční síť, geologické poměry, půdní poměry a jiné.

Délka toku

Délka toku je vzdálenost ústí od pramene toku měřenou střednicí toku. Vzdálenost měřenou po střednici od ústí nazýváme staničení. Délku toku můžeme určit v přírodě, z mapy či pomocí softwaru.

Hustota říční sítě

Hustota sítě je definována jako poměr mezi délkou říční sítě L_r a plochou povodí A .

$$D_d = \frac{L_r}{A}$$

Sklon povodí

Sklon povodí I_p můžeme definovat pomocí různých postupů.

- **Střední sklon svahů** povodí I_{sv} je definován jako poměr mezi rozdílem maximální a minimální nadmořskou výškou a druhou odmocninou plochy povodí

$$I_{sv} = \frac{Z_{max} - Z_{min}}{\sqrt{A}}$$

- **Střední sklon svahů dle Herbsta** I_H je definován jako poměr mezi sumou součinů středních délek vrstevnic l_i a dílčích převýšení Δh_i a plochou povodí

$$I_H = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta h_i l_i}{A}$$

Střední šířka povodí

Střední šířka povodí B je definována jako poměr mezi plochou povodí a délkou údolnice L_u .

$$B = \frac{A}{L_u}$$

Součinitel tvaru povodí

Součinitel tvaru povodí α je definován jako poměr mezi střední šířkou povodí B a délkou údolnice L_u .

$$\alpha = \frac{B}{L_u}$$

Povodí o velikosti 5 – 50 km² lze rozdělit podle hodnoty součinitele tvaru povodí na:

- Protáhlá $\alpha < 0.24$
- Přejídného typu $\alpha \in (0.24, 0.26)$

- Vějířovitá $\alpha > 0.26$

(Hrádek – Kuřík, 2002)

3.1.4. Úpravy vodních toků

Podle ČSN 750101 jsou úpravy vodních toků soubor opatření na vodních tocích směřující ke zlepšení jejich funkcí a k ochraně před nežádoucími účinky vody ve volné krajině a v intravilánu.

K úpravám na vodních tocích přistupujeme, pokud nemůžeme zabránit nepříznivým účinkům nebo je nemůžeme vyřešit biologickou úpravou krajiny. Tyto úpravy musíme realizovat a provozovat komplexně.

V normálním případě jsou přírodní podmínky na vodních tocích vyrovnané, ale vlivem člověka často dochází k jejich narušení. Jsou upřednostňovány krátkodobé ekonomické aspekty namísto dlouhodobých ekologických hledisek. V minulosti lidstvo nedisponovalo prostředky, aby mohlo narušit přirozený vývoj krajiny. V současné době má lidská činnost vliv na vývoj krajiny, tento vliv bude v budoucnosti stále vyšší a nebezpečnější. Mnoho nebezpečných situací vzniká změnou odtokových poměrů v důsledku radikálních zásahů do organizace půdních poměrů, odlesňování a s tím související zvýšení vodní eroze v povodí, která může mít za následek porušení stability koryt vodních toků nebo jejich zanášení. (Tlapák, Herynek, 2001)

Mezi hlavní důvody k úpravě vodních toků patří:

- ochrana území před povodněmi
- ochrana před vymíláním dna a odnosu půdy
- úprava výšky vody v korytě
- odvodnění okolních pozemků
- využití vodní energie
- umožnění splavnosti toku
- využití vodního toku k obecným potřebám (rekreace, oděr vody,...)

Mezi základní technické úpravy toku patří změna podélného sklonu dna koryta, změna tvaru a rozměrů příčného profilu, ovlivnění odporů koryta, který má vliv na základní hydraulické charakteristiky koryta. Úpravy vodního toku musíme řešit komplexně.

K opevnění koryta se přistupuje v případě, kdy je koryto v některých částech nestabilní. Při návrhu opevnění musíme brát v úvahu vliv úpravy na okolní ekosystém, proto upřednostňujeme vegetační prvky před tvrdým opevněním (kámen, dlažby,...). Při výstavbě využíváme místní materiály. V potaz musíme brát i spojitost mezi aquatickým a terestrickým systémem, dopad na režim splavenin, možnost provozu a údržby. Opevnění můžeme rozdělit na vegetační (biologická), stavební (technická) a kombinovaná (biotechnická).

Vegetační a kombinované opevnění

Vegetační a kombinované opevnění se zřizují ze základních opevňovacích prvků jako je drn, travní koberec, živé výhony, řízky, pruty, kůly, povázky, haťové válce, haťošťerkové (ponorné) válce, rákosové válce a vrbové rohože. (Novák, Ibllová, 1986)

Travní porost má za úkol zpevnit a chránit povrch svahu. Travní porost by měl mít schopnost vyprodukovat v co nejkratší době množství nadzemní hmoty (asi 180 g.m⁻²), odolat nepříznivým vlivům větru, změnám teploty a plísním či jiným chorobám. Travní porost by měl vytvořit dostatečně hustý kořenový systém, který by odolával proudící srážkové vodě a vodě v korytě. (Novák, Ibllová, 1986)

Travní porost zakládáme několika způsoby: osetím, položením drnů nebo travních kobereců, nástřikem, travními rohožemi, apod.

Vrbový porost je 2x odolnější než travní porost. Vytváří bohatý kořenový systém, snadno zakořeňuje a vodní prostředí je jim přirozené. Vrbové porosty svým kořenovým systémem částečně stabilizují koryto (osázení vrbovými řízkami, vrbový pokryv) nebo je vrbového materiálu použito k výrobě pružných konstrukcí (haťové povázky a válečky, zápletové plůtky).

Osázení vrbovými řízkami se používá na svazích k oživení pohoří nebo záhoří. Řízky o tloušťce 1 – 3 cm a délce 30 – 50 cm se vysazují v rozestupech 30 – 50 cm (cca. 3 ks.m⁻²). K výsadbě se využívá vrba košíkářská, nachová, červená a americká.

Vrbovým pokryvem se osazují celé svahy do předem připravené ornice (tloušťka ornice 3 – 7 cm). Silnější pruty se vysazují do patky svahů a slabší blíže k břehové hraně. U tohoto druhu opevnění se klade větší důraz na údržbu (prořezy, ochrana před zvěří...).

Zápletové (vrbové) plůtky jsou tvořeny kůly o průměru 8 – 10 cm ve vzdálenosti 60 cm mezi kterými je proveden vrbový záplet o průměru 2 – 4 cm na silnějším konci. Záplety se zasypávají ze strany zemínou urovnanou ve sklonu 1 : 8. Na tocích, kde je nebezpečí, že bude zemní násyp vyplaven při zvýšeném průtoku nebo za vlnobití, je vhodné použít hrubší a odolnější štěrk místo zeminy. Zápletové plůtky zřizujeme jako jednořadé nebo dvouřadé. (Novák, Iblová, 1981)

Laťové plůtky jsou polovegetační opevnění, která se používají k zabezpečení svahů zpevněných vegetačním způsobem. Laťový plůtek je tvořen kůly o průměru 8 – 12 cm ve vzdálenosti 1,5 – 2,0 m, ke kterým je přibita smrková tyčovina o tloušce do 12 cm.

Vrbové povázky jsou živé, rovné a dlouhé, nevětvené pruty o průměru 2 – 3 cm, které se ve vzdálenostech po 30 cm svazují drátem do svazku. Vyrábí se v délkách 10 až 12 m. Používají se v haťových konstrukcích a k upevnování vrbových pokryvů. (Novák, Iblová, 1981)

Haťový válec je vrbový svazek o průměru od 60 do 120 cm, který se stahuje páleným drátem po 80 cm. Klestový obal má minimálně tloušťku 15 až 20 cm a je vyplněn štěrkem a valouny. Haťové válce jsou základem pro haťoštěrkové stavby nebo se používají jako opevňovací prvek při zajišťování paty svahů.

Haťoštěrkové konstrukce zajišťují opevnění pat břehových svahů, také se využívají při odstraňování sanačních nátrží. Skládají se z vrstev vrbového klesu utaženého vrbovými válečky a z vrstev ze štěrku.

Polovegetační tvárnice jsou betonové tvárnice. Otvory v tvárnici nacházející se nad hladinou jsou vyplňovány drnem. V současné době se již nepoužívá.

Oživené sruby se používají na hrazení beskydských bystrin. Používá se na zajištění kratších břehových výmolů a k opevnění břehů v souvislých vegetačních úpravách, kde se využívá k ochraně svahů vystavených většímu náporu vody. Oživený srub je tvořen několika řadami dřevěných latí umístěných nad sebou tak, aby spojnice horních latí měla sklon minimálně 1 : 15. K výstavbě se využívají smrkové latě o průměru 10 – 12 cm, které jsou přibity ke kúlům o průměru 12 cm a délky 1,5 až 2,5 m. (Novák, Ibllová, 1981)

Nevegetační (biotechnické, technické) opevnění

Nevegetační opevnění se používají v případě, kdy opevňovací účinek vegetačních způsobů je nedostačující. Jde o kamenné a betonové dlažby, šterkové nebo kamenné pohozy, kamenné záhozy, rovnaniny, sruby a nábrežní zdi.

Kamenný (šterkovitý) pohoz dělíme podle úpravy a použitých materiálu na prostý a stabilizovaný.

Prostý pohoz se urovnává na předem upravenou pláň do předepsaného profilu a tloušťky. *Stabilizovaný pohoz* má povrch nebo určitou část tloušťky stabilizovanou uměle.

Dále můžeme rozdělit pohoz podle velikosti použitého materiálu na těžké a lehké.

Těžké pohozy jsou tvořeny neupraveným lomovým kamenem, používaly se především při opevňování horských toků. Při výstavbě *lehkých phozů* jsou využívány místní materiály údolní nivy (šterků) nebo z hrubého drceného kameniva požadované velikosti.

(<http://hgf10.vsb.cz>)

Kamenný zához je jedním z nejodolnějších typem opevnění určený k ochraně paty svahu. Obvykle se jedná o lomový kámen s váhou 200 kg nebo větší, který je někdy doplněn šterkem. Nevýhodou jsou rozměry kamenů a strmý sklon, který zhoršuje přístup k vodě.

Kamenná dlažba je jedno z nejbezpečnějších a nejtrvanlivějších opevnění, ale je finančně nákladná. Minimální rozměr dlažebního kamene použitého na výstavbu je 20 cm. Dlažba se pokládá do šterkopískového lože, cementové malty nebo do

betonu. Rozlišujeme 4 typy dlažby podle způsobu uložení a úpravy: dlažba na sucho, dlažba na cementovou maltu s vyspárováním, dlažba do betonového lože. (Raplík, Výbora, Mareš, 1989)

Betonové dlažby se staví v místech s nedostatkem lomového kamene v okolí. Skládají se buď z betonových tvárnic o rozměrech 40 x 40 cm a tloušce 10 cm nebo se betonují přímo na svahu.

Velkoplošné betonové a železobetonové desky se zhotovují na místě speciálními montážními prostředky. Výstavba opevnění má více nevýhod než výhod. Je levnější než kamenná dlažba, ale je méně trvanlivá, rychleji se obrousí, znesnadňuje infiltraci říčních vod do údolní nivy v zimním režimu, zhoršuje samočisticí schopnost a má malou drsnost oproti přirozenému dnu. (Patočka et al., 1989)

Rovnanina se skládá z neopracovaných kamenů, které jsou kladeny nasucho s vazbou v příčném i podélném směru. Lícni plocha se dlažbovitě urovnává a dutiny vyklínují menšími kameny.

Gabiony (drátokamenné matrace) se používají k ochraně objektů např. patky břehových opevnění či mostních pilířů nebo jako stavební prvek v některých konstrukcích (štěrkové přehrážky, koncentrační stavby). Gabiony se dělají z drátěných splétaných nebo svařovaných konstrukcí o šířce 1 až 2 m, výšce 0,3 až 1 m a délce 1,0 až 5,0 m. Uvnitř jsou vyskládány říční valouny či lomový kámen. (Raplík, Výbora, Mareš, 1989)

Nábřežní zdi se budují pouze v městském intravilánu. Zdi se budují z kamene nebo betonu, který je obložen kamen. Ve zdi se po několika metrech dělají drenážní otvory, které odvádějí vodu za zdi.

3.1.5. Objekty na vodních tocích

Za účelem zvýšení stability koryta, zachycování a usazování splavenin nebo usměrnění vodního proudu se na vodních tocích vytvářejí objekty, které mají tyto problémy řešit. Podle funkce je můžeme dělit na:

- příčné objekty zajišťující stabilitu dna
- spádové objekty upravující podélný sklon dna
- přehrážky (hrazení bystřin)
- soustředovací a usměrňovací stavby
- vzdouvací objekty

Příčné objekty zajišťující stabilitu dna

Prahy jsou příčné objekty umístěné v úrovni dna vytvořené z kamene nebo dřeva. Jejich hlavní funkce je stabilizování dna a zabránění jeho porušení vlivem zpětně postupující eroze. Dřevěné prahey se skládají z 1 až 2 kusů kulatiny nebo hraněného dřeva, postavených nad sebou a připevněných k pilotám. Pokud je dno pokryto drobnými valouny, musí se zpevnit dlažbou, která je položena pod prahem na vzdálenost 1 – 1,5 m. Výška prahů se pohybuje mezi 20 – 30 cm. (Tlapák, Herynek, 2001)

Pásy jsou příčné objekty, které mají obdobnou funkci jako prahey. Chrání dno před postupující erozí, zabraňují uvolnění a odnosu kamene, kterým je zpevněno dno. Prahy se zavazují do břehů a vybudovány jsou napříč korytem toku.

Spádové objekty upravující podélný sklon dna

Stupně se využívají pro úpravu podélného sklonu k vytvoření kompenzačního skoku ve střední a dolní části vodního toku. Jejich výška a umístění v terénu je závislá na vhodném profilu.

Stupně dělíme na několik typu: stupně s přepadem (přepadové), stupně se skluzem (skluzové stupně), stupně s účinnou drsností (balvanité stupně). Jako stavební materiál se používá: kámen, beton, prefabrikáty nebo dřevo.

U *stupňů s přepadem* vodní paprsek přepadá volně přes korunu hráze. Mezi tělesem stupně a paprskem vody vzniká vzdušný prostor. Půdorys tělesa stupně má tvar oblouku nebo přímky. Vodní paprsek dopadající na nezpevněné dno dopadá na

„dopadiště“, při dopadu na zpevněné dno dopadá na „spadiště“ nebo při dopadu do vodního polštáře (bazénu) – „vývařiště“.

Dopadiště – paprsek vody dopadá na nezpevněné dno a vytváří tím výmol, který může ohrozit stabilitu tělesa tím, že vyplaví drobný materiál a podemele základy tělesa. Budovat dopadiště je vhodné tam, kde se ve dně toku vyskytují skály, balvany nebo hrubé úlomky skal.

Spadiště – vodní paprsek nedopadá na přirozené dno, ale na opevněné dno z cementové malty, ze zdiva na sucho nebo z dlažby na cementovou maltu. Na zdivo a dlažbu se využívají balvany, které se mohou v některých případech ukládat do dřevěných roštů, aby se neuvolnily. Konec spadiště musí být zajištěn proti podemletí.

Vývar – spadiště, které je zakončené prahem. Při dopadu vzniká vodní skok, při kterém dochází ke zmenšení kinetické energie, tedy přeměňuje bystřinné proudění v říční. Účinnost vývařiště závisí na volbě jeho délky a hloubky. Jestliže se zvolí příliš malá délka, tak nevzniká vodní skok ve vývařisti, ale na vzpěrném prahu nebo za ním, tudíž dochází k výmolům za stupněm. Při dlouhém vývaru se plně nevyužívá účinku vodního skoku a náklady se zbytečně zvyšují. (Tlapák, Herynek, 2001)

Balvanité skluzy mají za úkol překonávat rozdíl v niveletě dolního a horního dna. Skluz se skládá obvykle z velkých balvanů uložené v uměle vytvořené šikmině, aby tvořili co nejdrsnější povrch. Podle uložení kamenů lze rozlišit tři varianty skluzu:

- balvany jsou nakupeny v několika vrstvách do uvažovaného tvaru
- kameny jsou skládány v jedné vrstvě na upravenou šikmou plochu
- střídají se úseky vytvořené z velkých a malých kamenů, které tvoří umělé přejeje

(Šlezinger, 2010)

Přehrážky (hrazení bystřin)

Přehrážky jsou příčné objekty, které se většinou budují na horní části toku, tam kde je potřeba upravit podélný sklon koryta. K vybudování přehrážek se používá kámen, beton, prefabrikáty, drátokámen, drátošterk nebo kmeny či klest.

Konsolidační přehrážky (zahrazovací) mají za úkol ustálit koryto, zabránit tvorbě výmolů, vázat splaveniny, zajišťovat svahy úbočí a bočních sut'ových kuželů před podmíláním. Konsolidační přehrážky dělíme na vysoké a nízké. Vysoké přehrážky

mají vysoký konsolidační dosah, ale to je kompenzováno vysokými náklady na stavbu a údržbu. Nízké přehrážky lépe přimykají k terénu a lépe se udržují. Přehrážky se mohou střídat, nemusí být stejně vysoké, záleží na místních podmínkách a potřebách. (Tlapák, Herynek, 2001)

Retenční přehrážky jsou příčné objekty obvykle budovány v úzkém místě koryta, tak aby za přehrážkou vznikl co největší retenční prostor na udržení splavenin. *Lapače štěrku* jsou budovány z důvodu zachycování splavenin. Lapače mají pouze dočasnou funkci, než se zaplní a musí se vyčistit. Může docházet k jejich zanesení v krátkém čase, pokud na toku nejsou žádná další opatření.

Retenční přehrážky s výpustí mají zabránit zvýšenému průtoku vody v korytě a zachytávat splaveniny větších rozměrů. Retenční prostor může být využit pro zmenšení povodňové vlny a otvory v tělese objektu zaručují vypočtený průtok.

Průcezná přehrážky jsou objekty s menšími otvory, které propouštějí vodu, na návodní straně přehrážky se ukládají splaveniny. Postupným ukládáním se otvory zanesou a dochází k přelití vody přes objekt. Objekt zpočátku plní funkci retenční, po zanesení plní funkci konsolidační. (Tlapák, Herynek, 2001)

Soustředovací a usměrňovací stavby

Soustředovací a usměrňovací stavby se budují na tocích s velkým pohybem splavenin. Mají za úkol vést splaveniny korytem toku a nechávat je usadit na vhodných místech.

Soustředovací stavby dělíme na příčné a podélné. Jedná se o výhony nebo doplňky podélných staveb jako jsou traverzy nebo příčky.

Výhony jsou příčné stavby, které dělíme na *propustné* a *nepropustné*. Konstrukce závisí na hydrologických poměrech na toku, hloubce a materiálu, který je použit na stavbu výhonu a nachází se v okolí. Objekt je pevně svázán s břehem – kořen výhonu, který nevystupuje nad terén. Trup výhonu má obvykle lichoběžníkový profil, svahy po proudu se navrhují s menším sklonem než svahy proti proudu. Zhlaví výhonu se zesiluje, aby odolalo při vzniku výmolů. To se buduje na úrovni průtoku, při němž dochází k pohybu splavenin nebo o málo vyšší. Můžeme rozlišit výhony podle úhlu, který svírají s břehem. Rozdělujeme je na kolmé k proudu,

inklinantní - šikmé proti proudu a deklinantní – šikmé po proudu. Výhonu budujeme obvykle více za sebou, jejich vzdálenost závisí na místních podmínkách (sklon koryta, druh a množství splavenin). Na konkávní straně koryta se budují výhony s menším rozestupem než na konvexní. Jestliže plánujeme výstavbu objektů na obou stranách koryta, měli by se jejich osy protínat v ose toku. Výhony nejčastěji budujeme z místního materiálu. Obvykle jde o násyp valounů obložený dlažbou, o kamenný zához urovnaný na povrchu nebo o štěrkopískový násyp s dlažbou vyztužený kolíky s výplety. Na nížinných tocích se využívají haťoštěrkovité konstrukce, které se skládají z nakloněných zatížených hatí připevněných valečky a kolíky do hotové části výhonu. Propustné výhony se budují z tvrdého materiálu (piloty, nosníky, sítě) nebo z upevněných stromů, větví nebo proutí. (Patočka et al., 1989)

Podélné soustřed'ovací stavby zužují koryto a vytvářejí nový břeh. Zúžením se zvyšuje rychlost proudění a i unášecí síla, která v novém korytě prohlubuje dno. Podélná stavba musí být zavázána do břehu, výška koruny se umísťuje podobně jako u výhonů podle průtoku, při kterém dochází k pohybu splavenin. Podélné stavby se vyplatí budovat na konkávních březích a v přímých úsecích s malou šířkou. Mezi podélnou stavbou a břehem se staví *přepážky (traverzy)*, které zpomalují průtok vody a podporují ukládání splavenin mezi stavbou a starým břehem, stabilizují podélnou stavbu. Pro zahrazení starých ramen se staví *příčky* (Patočka et al., 1989).

Vzdouvací objekty

Podle ČSN 75 0101 je vzdouvací objekt stavba, na vodním toku, která vzdouvá vodu nebo vytváří vodní nádrž či zdrž.

Jez je příčná stavba, vybudovaná za účelem vzdouvat vodu pro vodohospodářské potřeby (např. zajištění vody pro průmysl, zemědělství, energetiku, plavbu nebo vodárenství). Při výstavbě narušujeme přirozené používání toku, jako je plavba lodí nebo tah ryb, proto se budují další objekty, které umožňují překonání vzniklého rozdílu hladin. Např. plavební komory, odběrné objekty, rybí přechody, sportovní propusti, atd. Podle výšky vzduť dělíme jezy na pevné a pohyblivé. V praxi se

setkáváme s kombinací obou typů, spodní část je pevná jezová konstrukce a na horní části je nasazena pohyblivá konstrukce.

Jezy pevné mají trvalé vzduť, které se mění s průtočným množstvím vody. Můžou mít dočasnou (provizorní) nebo trvalou funkci. K výstavbě se používá obvykle beton, železobeton, kámen nebo dřevo. Jezy můžeme dělit podle tvaru vzdušného líce a přelivné plochy na tři typy:

- Jezy se svislým vzdušným lícem
- Jezy se šikmým vzdušným lícem a s mírně zaoblenou přelivnou hranou
- Jezy s proudnicovou přelivnou plochou

(Broža, Čihák, Satrapa, 1979)

Pohyblivé jezy umožňují udržovat konstantní hladinu vzduť hladiny nezávisle na průtoku. Výhodou těchto jezů je, že snižují zvýšení vzduť vody při povodních a tím snižují možnost zanášení jezové zdrže splaveninami. Pohyblivé jezy dělíme podle typu hradícího uzávěru na hradidlové, hradlové, pokloповé, stavidlové, segmentové, válcové a hydrostatické.

Hradidlový uzávěr má svislou hradící stěnu, složenou z vodorovných dřevěných hradidel. Pokloповé jezy mají jeden nebo více pokloпов, které se vyklápějí kolem vodorovné osy. Hradící stěna u stavidlových jezů je vytvořena ze dřeva nebo z ocelového plechu, která se vertikálně pohybuje v drážkách na pilířích.

Segmentová stavidla se využívají, pokud je výška hrazení vyšší než 10 m.

Válcové jezy jsou hrazeny dutými válcovými tělesy, využívali se na tocích s těžkým odchodem ledů nebo tam, kde bylo plaveno dřevo.

Hydrostatické jezy je pohyblivý jez, který má uzpůsobenou spodní stavbu tak, aby se hradící těleso měnilo řízeným proudem vody v tlačné komoře (Kučera, 2001).

Ostatní objekty

Česle jsou součástí vtokových objektů. Slouží k zachycení plovoucích splavenin (větve, spadané listí). Dělíme je na jemné a hrubé.

Lapače jsou prohlubně ve dně náhonu, které mají za úkol zabránit jeho zanášení těžšími splaveninami.

Lávka je objekt, který překonává vodní tok, příkop či rokli. Označují se tak mosty určené jen pro pěší nebo cyklisty.

Hospodářské přejezdy se zřizují přes potok či říčku, aby byl umožněn přístup na druhý břeh. Přejezdy se budují pokud není ekonomicky výhodné zřízovat most a místní podmínky umožňují přebrodění. Dno toku se zpevňuje na šířku vozidla dlažbou. Aby se omezil vznik výmolů ve dně, zřizují se okolo opevnění prahu ze záhozu. (Raplík, Výbora, Mareš, 1989)

Náhon je uměle vytvořená vodní cesta, která vede vodu od vzdouvacího objektu mimo přirozené koryto. Náhon bývá nejčastěji budován v úbočí svahu jako zděné, betonové nebo kamenné koryto nebo jako kopaná strouha.

Rybí přechody jsou typickou součástí jezů. Na přehradách není možné konstruovat gravitační přechody kvůli velkému spádu, proto se budují zařízení pro shromažďování a transport ryb pod přehradou do nádrže (zdviže apod.) (Broža, Čihák, Satrapa, 1998)

Odběrné objekty jsou dle TNV 75 2131 zařízení pro odběr vody z vodního toku, nádrže nebo zdrže. Mezi odběrné objekty zahrnuje také odbočení přivaděče z vodního toku, kde dochází k odběru vody i bez jakéhokoliv stavební úpravy

Při návrhu odběrných zařízení dodržujeme několik zásad:

- odběrné objekty mají být hydraulicky vhodně řešené (tlakové ztráty co nejmenší).
- umísťujeme je na místech, kde nebudou zanášeny splaveninami (konkávní břehy říčních oblouků)
- zabezpečujeme jej česlemi proti vniknutí plavenin
- je umožněna regulace průtoku odběrného zařízení

(<http://hgf10.vsb.cz>)

Stavidlo je jednoduchý hradící prvek sloužící k regulaci průtoku. V některých případech může zastoupit i funkci přepadu či jezu. Stavidlo se obvykle skládá z dřevěné nebo plechové desky, kterou pohybuje zdvihací mechanismus.

Most je objekt, který přes vodní tok či terénní nerovnosti převádí cesty, silnice a železnice.

Propustky jsou mostní objekty s kolmou světlostí do 2 m. Umisťujeme je na místech, kde je potřeba vést vodu pod pozemní komunikací (železnice, silnice,...) nebo náspem. Propustky dělíme podle nosné konstrukce na deskové, rámové, kruhové a klenbové. Dělit je můžeme i podle použitého materiálu na betonové, kamenné, z vlnitého plechu a dřevěné.

Propustky musí vodu rychle vést z jedné strany na druhou, z tohoto důvodu je průtočný profil obvykle dimenzován na 100- letou vodu, u méně důležitých komunikací se dimenzuje na 50- letou nebo nižší vodu.

3.2 Povodně

3.2.1. Vznik a definice povodní

Povodně jsou zpravidla přírodní katastrofy, ke kterým dochází přičiněním náhodných změn v meteorologické situaci. Zpravidla jsou způsobovány prudkými přívalovými dešti, jejichž intenzita je velká nebo se jedná o dlouhotrvající vydatné dešťové srážky. K povodním může docházet i v zimním období, kdy dochází k náhlému tání sněhu, nebezpečnému chodu ledu, půda je ještě promrzlá a tím se zvyšuje povrchový odtok. Povodeň může nastat i v případě, kdy voda nemůže přirozeně odtékat z určitého území nebo je odtok vody nedostatečný. Případně může dojít k náhlému odtoku z nádrží nebo ke zmenšení průtočnosti koryta v důsledku jeho zanešení. Při těchto stavech může dojít ke zvýšení hladiny vody v toku a zatopení údolní nivy. (Konvička, 2001)

Podle ČSN 75 0101 je povodeň přechodné výrazné zvýšení hladiny vodního toku způsobené náhlým zvýšením průtoku nebo dočasným zmenšením průtočnosti koryta, při kterém hrozí vylití vody z koryta nebo při kterém se voda z koryta vylévá a může působit škody. Podle příčiny vzniku rozeznáváme povodně dešťové, sněhové a smíšené.

Povodně lze rozdělit podle vzniku na přirozené a přívalové (umělé, zvláštní). Přirozené povodně vznikají v důsledku přírodních vlivů, jako je déšť, tání sněhu

nebo chodu ledu. Přívalové povodně jsou způsobeny umělými vlivy, například protržením hrází vodních děl, poruchami hydrotechnických staveb.

Mezi základní příčiny vzniku přirozených patří:

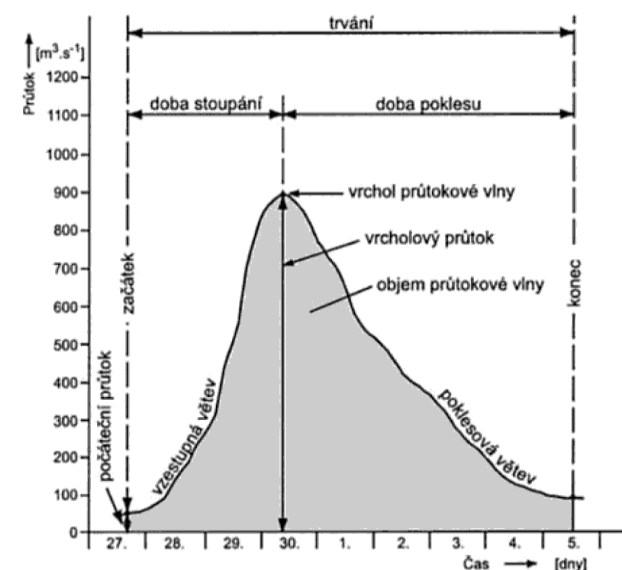
- Náhlé a intenzivní dešťové srážky
- Dlouhotrvající dešťové srážky
- Tání ledu nebo sněhu
- Dešťové a sněhové srážky doplněné o tání
- Náhlé nahromadění ledů, dřeva v korytě, kde vytvoří překážku odtoku

(Konvička, 2001)

3.2.2. Průběh povodně

Průběh povodně je ovlivněn nejen intenzitou dešťových srážek, ale i antropogenní činností. Povodňovou vlnu lze charakterizovat tvarem, objemem a kulminačním průtokem. Na obrázku č. 1 je zobrazen průběh povodňové vlny. Zpočátku dochází k nárůstu průtokové vlny (vzestupná větev), kdy dochází k nárůstu objemu vody - koncentrace. Následuje vrchol průtokové vlny – kulminace, kdy dochází k maximálnímu průtoku. Od kulminace do odeznění povodňové vlny následuje poklesová část.(Konvička, 2001).

Obrázek č. 1: Průběh povodňové vlny (www.velkawoda.unas.cz)



U horských toků je základna povodně úzká. Doba stoupání povodňové vlny je o málo kratší než doba poklesu. Typický je trojúhelníkovitý tvar vlny (Pokorná,

Zábranská, 2007). Zpravidla se vyznačují rychlým vzestupem hladiny (řádově v hodinách), vysokou rychlostí proudění vody (až kolem 5 m/s). V horských a podhorských oblastech často dochází během povodní k poničení nebo strhnutí břehové a přilehlé vegetace. Společně s vysokým transportem hrubých splavenin může docházet k poničení vlastního koryta nebo jeho ucpání v místech objektů (jezy, mosty, přelivy hrází). Tento stav má za následek obvykle další zvýšení hladiny, které může ohrozit jeho stabilitu, případně se může vytvořit nové koryto v průlehu území na některé straně objektu (Konvička, 2001).

U toků nížinného charakteru má povodňová poklesová větev delšího trvání než vzestupná větev. Povodňová vlna má širokou základnu, protože se transformačním účinkem základna směrem po toku prodlužuje a pokud není ovlivněna dalšími přítoky na mezivodí, dochází ke snížení kulminačního průtoku (Pokorná, Zábranská, 2007).

V nížinném území povodňová vlna zaplavuje většinou inundační území, šířka zaplaveného území může dosahovat v ojedinělých případech i několik kilometrů (Konvička, 2001).

3.3. Ochrana před povodněmi

Ochrana před povodněmi je dle ČSN 75 0101 opatření, kterými předcházíme zamezení škod při povodních na životech a majetku občanů, společnosti a na životním prostředí. Jde o systematickou prevenci, zvyšování retenční schopnosti povodí a ovlivňování průběhu povodní.

Protipovodňová opatření můžeme dělit na *preventivní a operativní opatření*. Preventivní opatření jsou realizována s předstihem před povodní, můžeme je dále dělit na:

- Opatření územně organizační
- Opatření ekologická
- Opatření stavebně-technická

Operativní opatření jsou realizována v době povodně, můžeme je dělit na:

- Opatření technická
- Opatření organizační

(Konvička, 2001)

3.3.1. Preventivní protipovodňová opatření

Organizační opatření

Organizační opatření zahrnují instituce, orgány a předpisy, jejichž cílem je chránit obyvatelstvo a minimalizovat škody v případě výskytu povodně. ČHMU má za úkol varovat před povodní a informovat o jejím průběhu. Povodňové komise a krizové štáby na různých úrovních řídí prováděná protipovodňová opatření. Povodňové plány obsahují soubor opatření, která se mají provést při určité naměřené nebo předpovězené hladině řeky. Pro tyto účely byly vytvořeny tzv. stupně povodňové aktivity (SPA).(www.chmi.cz)

Záplavová území jsou podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) §66 místa, které mohou být při přirozené povodni zaplavena. Rozsah záplavových míst stanovuje vodoprávní úřad, který dá správci povodí zpracovat návrh. V zastavěných územích, v zastavitelných plochách podle územně plánovací dokumentace či další území podle potřeby, vymezuje vodoprávní úřad tzv. aktivní zónu podle nebezpečnosti povodňových průtoků.

Dle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) §68 se v aktivní povodňové zóně nesmí provádět ani povolovat stavby s výjimkou vodních děl, které upravují vodní tok, převádějí povodňové průtoky, provádějí opatření na ochranu před povodněmi nebo jinak souvisejí s vodním tokem nebo jimiž se zlepšují odtokové poměry. Také je povolena výstavba nezbytné dopravní a technické infrastruktury. V aktivní zóně je zakázáno provádět terénní úpravy a těžit nerosty a zeminu způsobem, který zhoršuje odtok povrchových. Dále je zakázáno skladovat odplavitelný materiál, zřizovat oplocení (ploty) či jiné podobné překážky a zřizovat tábory, kempy a jiná dočasná zařízení. Vodoprávní úřad může mimo aktivní povodňovou zónu stanovit opatření obecné povahy omezující podmínky.

Stupně povodňové aktivity (SPA) se určují k hlásným profilům na vodním toku. Protipovodňové aktivity se řídí dle SPA a aktuálním průběhem stavu hladiny v řídicím hlásném profilu. Podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) §70 rozlišujeme 3 stupně povodňové aktivity:

- *1. stupeň* (stav bdělosti) se nevyhlašuje. Nastává při nebezpečí povodně a zaniká, pominou-li příčiny nebezpečí. Na tocích nastává 1. stupeň při dosažení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností z hlediska bezpečnosti díla nebo při zjištění mimořádných okolností.
- *2. stupeň* (stav pohotovosti) se vyhlašuje, pokud nebezpečí přirozené povodně přerůstá v povodeň, ale nedochází k větším rozlivům a škodám mimo koryto toku. Vyhlašuje se také v případě překročení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodním díle z hlediska bezpečnosti. Do pohotovosti se uvádějí povodňové orgány a účastníci ochrany před povodněmi. Provádějí se opatření ke zmírnění průběhu povodně dle povodňového plánu.
- *3. stupeň* (stav ohrožení) se vyhlašuje při bezprostředním nebezpečí nebo vzniku škod většího rozsahu, ohrožení životů a majetků v záplavovém území. K vyhlášení dochází v případě dosažení kritických hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodním díle z hlediska jeho bezpečnosti současně se zahájením nouzových opatření. Provádějí se povodňové zabezpečovací práce podle povodňových plánů a podle potřeby záchranné práce nebo evakuace.

Povodňové plány jsou dle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) §71 dokumenty, které obsahují způsob zajištění včasných a spolehlivých informací o vývoji povodně, možnosti ovlivnění odtokového režimu, organizaci a přípravu zabezpečovacích prací.

Obsah povodňových plánů se dělí na část věcnou, organizační a grafickou. Věcná část obsahuje údaje potřebné pro zajištění ochrany před povodněmi a směrodatné limity pro vyhlašování stupňů povodňové aktivity. Organizační část obsahuje jmenné seznamy, adresy a způsob spojení účastníků ochrany před povodněmi, úkoly pro jednotlivé účastníky ochrany před povodněmi. Grafická část obsahuje mapy a plány, na kterých jsou zakresleny záplavová území, evakuační trasy a místa soustředění, hlásné profily a informační místa.

Povodňové plány jsou vytvořeny a zpracovány příslušnými orgány na různé regionální úrovni:

- Povodňové plány obcí
- Povodňové plány obcí s rozšířenou působností

- Povodňové plány správních obvodů krajů – zpracovávají příslušné orgány krajů ve spolupráci se správci povodí
- Povodňový plán České republiky – zpracovává Ministerstvo životního prostředí

Přírodě blízká protipovodňová opatření

Šlezinger (2010) definuje revitalizaci jako soubor opatření (činností) vedoucích k obnovení nebo nápravě přirozených funkcí (antropogenní činností nebo jinak) poškozených ekosystému, společenstev, stanovišť apod.

Revitalizační opatření posilují přirozený ráz koryt vodních toků a niv a současně přispívají k protipovodňové ochraně:

- Podpora přirozeného tlumivého rozlivu povodní v nivě a zpomalování povodňové vlny
- Revitalizační úpravy kapacitních koryt v intravilánech
- Vytváření přírodě blízkých koryt pro odvádění nebo obvádění povodňových průtoků
- Obnova povodňové průtočných potočních a říčních pásem
- Podpora povodňové retence v nivách hloubením sníženin
- Zadržování části povodně ve vícefunkčních, polosuchých poldrech
- Podpora a usměrňování plošného rozlivu a zpomalování povodní nízkými zemními valy
- Odstraňování povodňových překážek
- Revitalizační opatření kompenzující nepříznivé dopady technických protipovodňových opatření na přirozené rozlivné plochy a na přírodu

(Just, 2005)

V přístupu k revitalizaci ve volné krajině a intravilánu bývá rozdíl. Ve volné krajině je prioritou obnovení toku k přírodě blízkému stavu. Obvykle se jedná o nahrazení velkého, napřímeného, hlubokého umělého koryta menším, mělkým a členitějším. Často je revitalizované koryto výrazně zvlněné, aby navazovalo podmínky přirozené meandrace.

V zastavěných oblastech je na prvním místě požadavek protipovodňové ochrany zástavby.

Revitalizační opatření mohou mít jen doplňkový nebo kompenzační charakter. V místech, kde jde primárně o protipovodňová opatření, by se měli dodržovat tyto zásady:

- Škody na přírodním charakteru toku a nivy minimalizovat na prokazatelně nezbytnou míru
- nezahrazovat nezastavěná nivní území
- protipovodňová opatření vhodně doprovodit opatřeními, které zlepšují morfologický stav toku a nivy
- kompenzovat nezbytné škody na přírodním charakteru a na plochách pro přirozené rozlivy povodní

Mezi přechodem mezi intravilánem a volnou krajinou nevzniká mezi oběma prostředími skok, ale musí se řešit přechodové úseky. V případě nezastavěné nivy mimo město či obec podporujeme přirozený rozliv do ploch, musí být na horním okraji zástavby vytvořen přechodový úsek, ve kterém se plošný rozliv soustředí do koryta procházejícího zastavěným územím. Tvar koryta a nivy na dolním okraji zástavby musí brát v potaz riziko zpětného povodňového vzduť. (Just, 2010)

Na některých tocích se místo revitalizace přistupuje k přirozené *renaturaci*. Ta spočívá hlavně v zanášení upravených koryt splaveninami, v zarůstání bylinami a dřevinami a v postupném rozpadu umělých opevnění, příčných objektů a dalších technických prvků v korytě. K renaturaci nemůžeme přistoupit, pokud je vystavěno tuhé opevnění koryta či je nadměrně zahloubené koryto. (Just, 2005)

Opatření stavebně – technická

Základním úkolem technických protipovodňových opatření je zmírnit účinky povodně zachycením části jejího objemu a následnému snížení kulminačního průtoků nebo zabránění rozlivu. S ohledem na vysoké náklady na realizaci technických protipovodňových opatření je nezbytné v rozhodování zvážit jak jejich účinnost, tak i efektivitu vložených prostředků s ohledem na chráněné hodnoty a posoudit vliv na životní prostředí. (<http://k126.fsv.cvut.cz>)

Mezi technická protipovodňová opatření můžeme považovat:

- vhodné pozemkové úpravy s návrhem vodohospodářských opatření
- budování protierozních vsakovacích a nárazových nádrží
- vhodné trasování liniových staveb
- zajištění a regulace odtoku vody z krajiny
- čištění koryt vodních toků, údržba břehových porostů
- zamezení odplavitelných materiálů, které mohou ovlivnit průtočné profily v záplavovém území
- budování údolních nádrží
- výstavba a obnova malých vodních nádrží včetně rybníků
- výstavba a údržba suchých nádrží
- regulace a stabilizace toků v zastavěných obcích

(MMR, 2011)

3.3.2. Operativní protipovodňová opatření

Technická opatření

Technická opatření spočívají ve vybudování provizorních mobilních konstrukcí, které zabraňují rozlití vody. Podmínkou pro použití mobilních protipovodňových prvků je včasná předpověď povodně, zajištění údržby a skladování zařízení v době běžných průtoků. Podle konstrukce můžeme mobilní protipovodňová opatření rozdělit na:

- *Pytlování* je vhodné v případě, kdy je zajištěn dostatek místa pro stavbu pískového valu a pokud lze zajistit dovoz a distribuci dostatečného množství písku a pytlů.
- *Vaková hradící konstrukce* se využívá obvykle v případě ochrany území menšího rozsahu, při nedostatku pracovních sil a v místech, kde je k dispozici elektrický rozvod.
- *Mobilní hradidlová hrazení* jsou vhodná pro zvýšení existující protipovodňové ochrany území.

(Konvička, 2001)

Organizační opatření

Mezi organizační opatření jsou zahrnuty záchranné a evakuační činnosti, jejich zajištění a organizace. V popovodňovém období se jedná o organizování a realizaci zajišťovacích a nápravných prací. (Konvička, 2001)

4. METODIKA

Pro vytvoření této práce byly použity programy sady Microsoft Office (Microsoft Word, Microsoft Excel). Mapové výstupy byly vytvořeny pomocí program ArcGis verze 10.1 (ArcCatalog, ArcMap).

4.1 Digitální model terénu

V zájmové části povodí Mastníku (ř. km 24,8 – 13,3) byl zvolen uzavírající profil za mostem v obci Osečany na ř. km 13,3. Důvodem této volby byli získané podklady z ČUZK.

V programu ArcCatalog byla vytvořena bodová vrstva „Uzávěrový_profil“, které byl nastaven souřadnicový systém S-JTSK. Tato vrstva byla nahrána do programu ArcMap společně s výškopisnými daty získanými od ČUZK.

Dále byly vytvořeny liniové vrstvy „Rozvodnice“ a „Údolnice“, kterým byl také nastaven souřadnicový systém S-JTSK a byli nahrány do programu ArcMap.

Pomocí funkce *editing* byla vytvořena orografická rozvodnice povodí od uzávěrového profilu (UP). Při vykreslování rozvodnice jsem dodržoval dané zásady-vykreslovat se začíná od UP a vykresluje se kolmo k vrstevnicím, vždy po svazích od spodu nahoru, ze sedla na vrchol.

Zájmové území je specifické tím, že rozvodnici nelze vést po hřebeni celou trasu, z důvodu omezení dat. Rozvodnice byla vykreslena od uzávěrového profilu a poté pokračovala po okraji získaných dat.

Poté byla vykreslena údolnici, která kopíruje vodní tok Mastník v celé délce.

Z atributových tabulek byly zjištěny hodnoty potřebné k vypočítání hydrologických charakteristik.

Dále byly vytvořeny polygonové vrstvy „Povodí“ a „Pravé_povodí“ se souřadnicovým systémem S-JTSK. V atributové tabulce byli po vložení dalšího sloupce a použití funkce Calculate geometry spočítány jednotlivé plochy povodí, které byli použity k výpočtu hydrologických charakteristik.

Pro vytvoření digitálního modelu terénu byla použita funkce Topo to Raster. Jako vstupní data byly použity vrstvy obsahující výškopis. Tento rastr byl použit jako vstupní data pro funkci Zonal Statistics to Table, která vyhodnotila statistické charakteristiky pro území vymezené polygonem „Povodí“. Na výstup z funkce Topo to Raster byla použita funkce Slope, která vytvořila rastr sklonitosti.

Pro zjištění procentuálního zastoupení lesních ploch v zájmovém povodí jsem si vytvořil polygonovou vrstvu „Lesy“. Do této vrstvy jsem zvektorizoval data získaná z WMS Serveru geoportal.gov, konkrétně vrstvu CENIA/cenia_arccr/Lesy. V atributové tabulce byla pomocí funkce Calculate geometry vypočítána plocha lesních ploch.

V přílohách č. 1 – 3 jsou vloženy mapové výstupy.

4.2 Výpočet stoletého průtoku

Pro správné dimenzování staveb, které mohou být ohroženy povodněmi, potřebujeme znát velikosti kulminačních průtoků, velikosti tzv. N-letých průtoků. Zatím nejobjektivnější způsob pro určování velikosti N-letých průtoků je matematická statistika a počet pravděpodobnosti. Tato metoda je využívána na tocích, kde se dlouhodobě měří vodní stavy a průtoky. (Pokorná, Zábranská, 2008)

Na malých povodích, kde nebylo prováděno měření, se návrhové průtoky odhadují pomocí srážkoodtokových vztahů, protože srážky se dlouhodobě měří na území celé republiky. Nebo se může využít metody analogie, tj. převzít údaje z co možná nejbližší situovaného jiného povodí. (Jandora, 2011)

Pokud nemáme pozorované průtoky ani nemůžeme použít analogii, počítáme kulminační průtok empirickými vzorci. Určují maximální průtoky vzniklé z dešťů, které můžeme považovat za stoleté průtoky. (Nypl, Kuráž, 1992)

Empirické vzorce

Objemový vzorec podle Čerkašina

Objemový vzorec je vhodný pro povodí do 300 km², které se nachází na území Čech a Moravy.

$$Q_{100} = \frac{24,7 \cdot \beta \cdot v_s^{2/3} \cdot S}{\psi \cdot L^{2/3}}$$

Q_{100}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]
β	objemový součinitel odtoku	
v_s	střední rychlost dobíhání	[m.s ⁻¹]
S	plocha povodí	[km ²]
ψ	součinitel vyjadřující tvar povodí	
L	délka údolnice	[km]

(Nypl, Kuráž, 1998)

Pro výpočet jsem určil objemový součinitel odtoku na 0,5. Z tabulky jsem určil hodnotu v_s na 1,1 a součinitel vyjadřujícího tvar povodí na 1,5 (Ředinová, Pavlásek Máca, 2009).

Oblastní rovnice

$$Q_{max} = A \cdot S^{1-n}$$

Q_{max}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]
S	plocha povodí	[km ²]

A, n – koeficienty závislé na klimaticko-geografických poměrech povodí (Ředinová, Pavlásek, Máca, 2009)

Parametry byly zvoleny pro povodí toku Vltavy nad Otavou $n = 0,33$; $A=3,6$.

4.3 Průběh průtoků v období roků 2002, 2003, 2006, 2010, 2013

Byla mi poskytnuta data průměrných měsíčních průtoků za toky 2002, 2003, 2006, 2010 a 2013 z měrné stanice Radič (ř. km 8,65). Tato data byla zpracována do

tabulky v programu Microsoft Excel, následně z nich byl vytvořen histogram, který porovnává průměrné měsíční průtoky v jednotlivých letech.

Dále mi byly poskytnuty hodnoty největších kulminačních průtoků za tyto roky. Tyto data byla zpracována do tabulky v programu Excel.

4.4 Průběh srážek v období roků 2002, 2010 a 2013

Data průměrných měsíčních srážek za období roků 2002, 2010 a 2013 jsem získal ze srážkoměrné stanice Nedrahovice, Rudná. Data byla zpracována do tabulky v programu Excel, poté z nich byl vytvořen histogram, který porovnává průměrné měsíční srážky za roky 2002, 2010 a 2013.

5. Charakteristika vodního toku Mastník

5.1 Obecný popis povodí

Vodní tok Mastník je dlouhý 49,15 km a plocha povodí činí 331,53 km². Pramen Mastníku se nachází na Benešovské pahorkatině asi 7 km jihovýchodně od města Sedlec-Prčice, nedaleko vesnice Střeziměř v nadmořské výšce 597,6 m. Mastník je pravostranný přítok řeky Vltavy, do které se vlévá ve vodní nádrži Slapy u obce Živohošť na jejím 107,13 ř. km v nadmořské výšce 215,41 m. V ploše povodí se nachází 992 vodních ploch s celkovou plochou 392,23 ha. Největší z nich je část vodní nádrže Slapy (52,99 ha), Velký sedlecký rybník (19,36 ha) a retenční nádrž Sedlčany (19,31 ha). (VUV, 2006)

Povodí Mastníku se geomorfologicky nachází v Benešovské a Vlašimské pahorkatině v oblasti Středočeské pahorkatiny v provincii Česká vysočina. (PVL, 2006)

Na vodním toku Mastník se vybudováno 68 objektů, které ovlivňují průběh velkých vod. Jedná se o 42 mostů a propustků, 14 lávek, 9 jezů a 3 rybníků. (PVL, 2006)

Voda z pramene je vedena skrz propustek do průtočného rybníku Krčmář, který navazuje na Lhotecký rybník. Před obcí Ješetice je na toku vybudován Ješetický pilský rybník, pod ním se nachází Ješetický rybník. Za obcí Heřmaničky se Mastník začíná stáčet k západu. Mezi obcemi Heřmaničky a Buče se nachází průtočné vodní dílo Velký Mastník. Pokračuje dále skrz vesnice Křenovice, Podolí. Následuje Kosova Hora, Červený Hrádek a město Sedlčany, ve kterém se do Mastníku připojuje jeho největší přítok Sedlecký potok. Po soutoku se Sedleckým potokem se Mastník stáčí k severu. Vodní tok dále pokračuje přes obec Osečany až k vesnici Radíč, pod kterou vstupuje do údolí Vltavy. V tomto úseku Mastník prochází úzkým zalesněným údolím se strmými svahy. Mastník se dostává do zátopy VD Slapy v 4,5 ř. km. (PVL, 2006)

5.1.1 Hydrologické poměry na povodí

Mastník je vodní tok dešťovo – sněhového typu. Průměrný roční úhrn srážek v povodí je 604 mm, odtokový součinitel je 0,20 a specifický odtok z povodí je 3,73 l.s⁻¹.km⁻². hydrologické poměry. (PVL, 2006)

5.2 Popis úprav a objektů na vodním toku v zájmovém území

ř. km 24,8 – 23,2

Koryto ve městě Kosova Hora

V horní části úseku Mastník protéká nezastavěnou částí města. Na 24,568 ř. km je vystavěna betonová lávka. Na 24,406 ř. km se nachází kovová lávka a v této části se koryto toku rozšiřuje. Za lávkou jsou vystavěny betonové břehové zdi na obou stranách toku. Zeď na pravé straně končí 30 m za silničním mostem (ř. km 24,351), na levé straně je zeď snížena. Tok dále pokračuje zastavěnou oblastí, která není chráněna před velkou vodou. Před silničním mostem (ř. km 24, 192) se do Mastníku vlévá z levé strany Kramšovenský potok. Na mostě připevněno čidlo povodňového systému. Za mostem se nachází na pravé straně park, na levé straně jsou vystavěny rodinné domy, které jsou při zvýšené hladině ohroženy zatopením. Na 24,074 a 24,025 ř. km jsou vybudovány kamenné stupně. Za parkem (ř. km 23,96) je na pravé straně opevněno koryto kamenným pohozelem, které přechází do kamenné dlažby. Na levé straně je koryto opevněno travním porostem, který je před silničním mostem (ř. km 23,899) nahrazeno nízkou nábrežní zídkou, ta plynule přechází do kamenné dlažby. Za mostem (23,899 ř. km) bylo koryto poničeno povodní v červnu 2013, v současné době dochází k jeho opravě do původního stavu. Na pravé straně toku na 23,649 ř. km se nachází Dolejší rybník, který je zásobovaný potokem Chrástava. Dalším objektem na toku je betonový panel (23,269 ř. km) položený přes Mastník, který slouží jako lávka.

ř. km 23,2 – 21,5

Volná trat'

V tomto úseku Mastník protéká volnou krajinou, má přirozený ráz a kamenité dno. Na 22,485 ř. km se nachází dřevěná lávka. Za lávkou se byl vytvořen náhon, který zásobuje Zámecký rybník a opět se vlévá do Mastníku v 21,435 ř. km. Před silničním mostem (ř. km 22,155) je na levé straně vybudována trubní výpust ze Zámeckého rybníka, z které voda vtéká opět do Mastníku. Od náhonu Mastník protéká lesoparkem okolo zámku Červený Hrádek. Na 21,970 ř. km se nachází betonová lávka. Před dřevěnou lávkou (ř. km 21,662) se tok rozdvouje a vytváří malý ostrůvek. Betonová lávka na 21,503 ř. km uzavírá místní lesopark.

ř. km 21,5 – 21,3

Červený Hrádek

Mastník vtéká do zastavěné oblasti. V tomto úseku se nacházejí 2 lávky pro pěší (21,435 a ř. km 21,394). Na konci tohoto úseku byl vybudován kamenný skluz. Na pravé straně od skluzu se nachází staré stavidlo, které zahrazuje náhon, který se vlévá zpět do Mastníku (20,199 ř. km). Náhon vede k místnímu mlýnu. Před skluzem na pravé straně se nachází odběrné zařízení pro místní sádka.

ř. km 21,3 – 18,1

Koryto ve městě Sedlčany

V horní části úseku Mastník protéká nezastavěným územím, na ř. km 20,898 je postaven provizorní most, který dočasně nahrazuje původní, poškozený při červnové povodni v roce 2013. Za mostem na 20,767 ř. km přitéká z levé strany Janovský potok. Mastník se dostává do zastavěného území, které je ohroženo při zvýšení hladiny vody. Na 20,167 ř. km je postaven most, na kterém je připevněno čidlo varovného systému. Před soutokem Mastníku se Sedleckým potokem (ř. km 19,790) se nachází most (ř. km 19,820), nad soutokem je vybudována průtočná retenční nádrž Sedlčany. Za soutokem se koryto rozšiřuje a protéká pod silničním mostem (19,555 ř. km), na kterém je připevněno čidlo varovného systému. Za mostem se nachází starý, zbouraný jez. Koryto se za jezem zužuje, pokračuje kolem místního fotbalového stadionu až lávce (ř. km 19,173 km). V tomto úseku jsou svahy zpevněny travním porostem, před lávkou je na pravé straně vystavěna nízká zídka, která podpírá patu svahu. Na 18,556 ř. km se do Mastníku z levé strany vlévá neznámý potok. Další objekt je pontonová lávka na 18,268 ř. km.

ř. km 18,1 – 14,1

Volná trat'

V horní části úseku na levé straně se nachází Sedlčanská kotlina a na pravé parkoviště. Za lávkou (ř. km 17,968) se do Mastníku vlévá voda z koupaliště. Dále po proudu se nachází silniční most (ř. km 17,863). Za ČOV Sedlčany (ř. km 17,299) se vodní tok rozděluje a vytváří menší ostrůvek. Na ř. km 17,156 se z levé strany do Mastníka vlévá neznámý tok, na ř. km 16,963 se z pravé strany vlévá potok, který odtéká z rybníku v obci Zberaz. Dále potok pokračuje volnou říční krajinou až k osadě Chalupy, kde se nachází lávka (ř. km 16,752). Na této lávce je připevněno čidlo varovného systému. Kamenný jez se nachází na 15,870 ř. km nedaleko vesnice Sestrouň. Před jezem je vytvořen náhon, který je veden k místnímu statku a zpět do

Mastníka. Na 15,313 ř. km se nachází silniční most, před mostem se do Mastníku z pravé strany vlévá Sestrouňský potok. Dále vodní tok protéká nezastavěnou krajinou, na 14,529 ř. km se do Mastníka vlévá z pravé strany potok.

ř. km 14,1 – 13,488 *Koryto v obci Osečany*

Před Osečany se nachází poničený pevný jez (ř. km 13,995), po jeho pravé straně je vytvořen umělý náhon, který dříve vedl k mlýnu. Dnes je využíván k vytváření elektrické energie pro místní firmu. Náhon se napojuje zpět do Mastníka před silničním mostem (ř. km 13,488). Před jezem se do Mastníku z pravé strany vlévá neznámý potok.

V příloze č. 5 je přiložen seznam objektů na vodním toku Mastník.

6. VÝSLEDKY PRÁCE, DISKUZE

6.1 Zájmové území na ř. km 24,8 – 13,3

Zájmové území vodního toku Mastník se nachází ve Středočeském kraji, řešeno v povodí s hydrologickým číslem 1-08-05-068.

Uzávěrový profil se nachází na souřadnicích 49.694114, 14.435808 souřadnicového systému WGS-84.

6.2. Geometrické charakteristiky povodí

Délka toku L_{HT} a údolnice L_U byla určena jako vzdálenost mezi začátkem města Kosova Hora a uzávěrovým profilem.

Délka toku	$L_{HT} = 11,309 \text{ km}$
Délka údolnice	$L_U = 11,309 \text{ km}$
Délka rozvodnice	$O = 31,239 \text{ km}$
Plocha povodí	$A = 28,565 \text{ km}^2$
Plocha pravého břehu povodí	$A_P = 12,457 \text{ km}^2$
Plocha levého břehu povodí	$A_L = 16,108 \text{ km}^2$
Součinitel tvaru povodí	$\alpha = 0,223$
Součinitel asymetrie povodí	$a = 0,128$
Střední šířka povodí	$B = 2,53$

6.3 Orografické poměry povodí

Pomocí digitálního modelu jsem zjistil výškové poměry v povodí.

Maximální výška na údolnici	$H_{Umax} = 379,5 \text{ m n. m.}$
Minimální výška na údolnici	$H_{Umin} = 308,5 \text{ m n. m.}$
Maximální výška v povodí	$H_{max} = 511,5 \text{ m n. m.}$
Minimální výška v povodí	$H_{min} = 308,5 \text{ m n. m.}$
Průměrná sklonitost údolnice	$I_U = 0,63 \%$
Průměrný sklon svahů	$I_{sv} = 3,8 \%$
Průměrný sklon svahů určený pomocí ArcGis	$I_s = 4,4 \%$

6.4 Výpočet maximálního průtoku

Maximální průtok pro povodí nad soutokem Mastníku se Sedleckým potokem (ř.km 12,052) (PVL, 2006):

$$Q_{100} = 52,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Maximální průtok pro povodí nad soutokem mastníku s Lužnicí (ř. km 12,052) (PVL).

$$Q_{100} = 88,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Výpočet dle Čerkašina:

$$Q_{100} = \frac{24,7 \cdot \beta \cdot v_s^{2/3} \cdot S}{\psi \cdot L^{2/3}}$$

$$Q_{100} = \frac{24,7 \cdot 0,5 \cdot 1,1 \cdot 38,992}{1,5 \cdot 17,05^{2/3}} = 51,35 \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

Oblastní vzorec

$$Q_{100} = A \cdot F^{1-n}$$

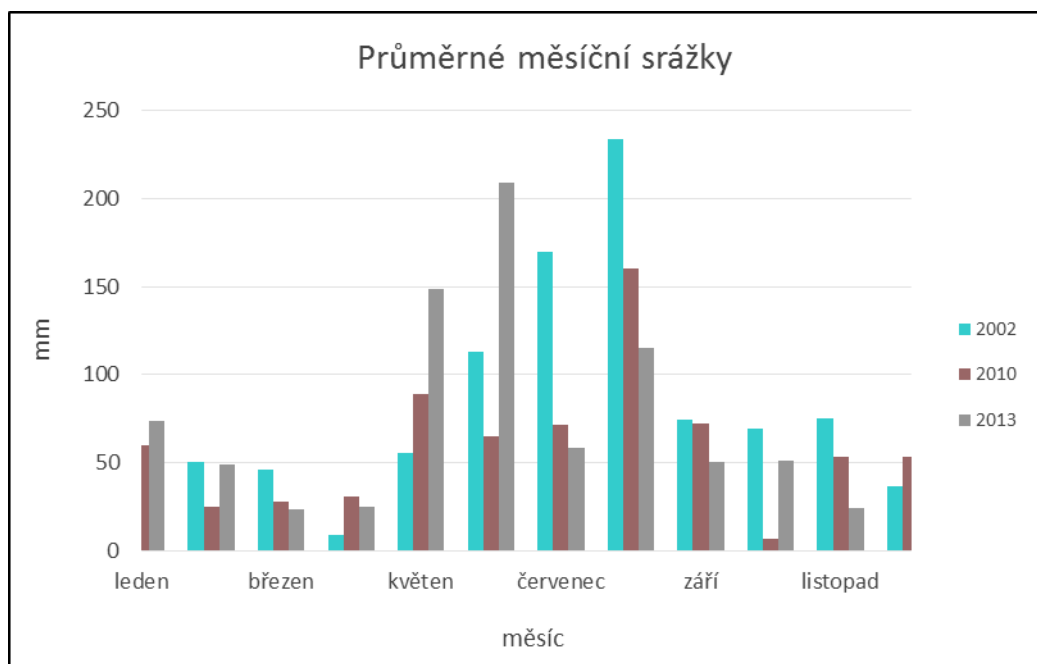
$$Q_{100} = 3,6 \cdot 39,992^{1-0,33} = 34,02 \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

Tab. č. 1: Porovnání vypočítaných maximálních průtoků s průtoky vypočítaných PVL

Povodí	Maximální průtok (m ³ .s ⁻¹)
Nad Sedleckým potokem	52,8
Nad Lužnicí	88,5
Zájmové povodí - vzorec dle Čerkašina	51,35
Zájmové povodí – oblastní vzorec	34,2

6.5 Průběh srážek v období roků 2002, 2003 a 2010

Obr. č. 2: Průměrné měsíční srážky měřené na stanici Nedrahovice, Rudolec v letech 2002, 2003 a 2010

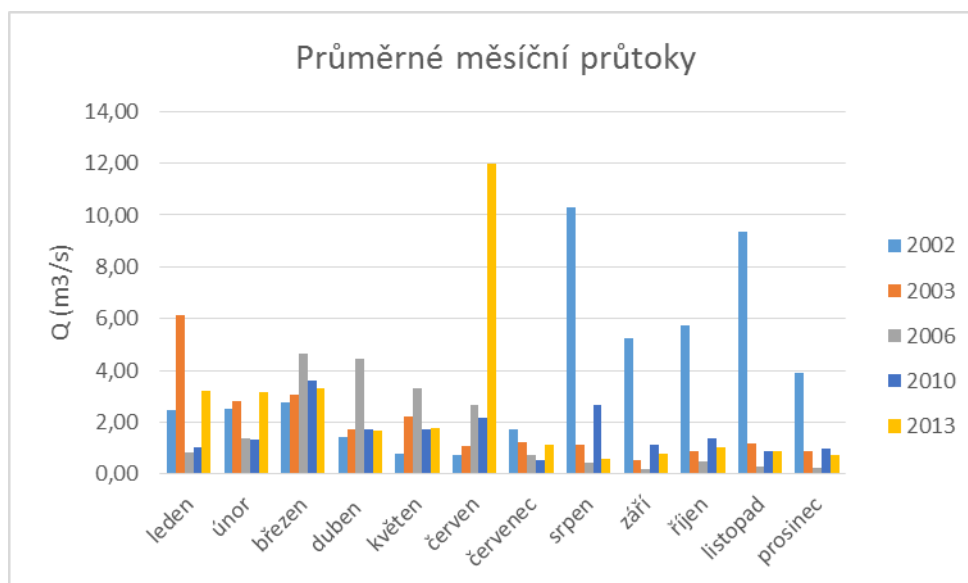


Průměrné měsíční srážky jsou zkráceny zprůměrováním denních hodnot na měsíční. Z histogramu je patrné, že v srpnu roku 2002 byly nadprůměrné srážky oproti jiným rokům. Začátkem srpna zasáhly nejen Sedlčansko silné vytrvalé deště, které měli za následek zvednutí hladiny řek.

V červnu 2013 byly průměrné měsíční srážky téměř dvakrát větší než v jiných letech, ty způsobili zvednutí hladiny toků.

6.6 Průběh průtoků v období roků 2002, 2003, 2006, 2010 a 2013

Obr. č. 3: Průměrné měsíční průtoky měřené na stanici Radíč v letech 2002, 2003, 2006, 2010 a 2013



Průměrné měsíční srážky jsou zkráceny zprůměrováním denních hodnot na měsíční. Měření byla prováděna na stanici v obci Radíč.

Z histogramu můžeme zjistit, kdy došlo k nadprůměrným průtokům na vodním toku Mastník.

K nadprůměrným průtokům došlo v měsíci srpen v roce 2002, v listopadu 2002 a červnu 2013.

V srpnu 2002 bylo zvětšení průtoků zapříčiněno silnými vytrvalými dešti. Půda byla již nasycena vodou ze srážek v předchozím měsíci, nevsakovala se a vytvářela plošný odtok. To mělo za následek zvednutí hladin toků.

Povodně v červnu 2013 byly způsobeny přívalovými dešti. V tomto měsíci byl naměřen dosud největší dosažený kulminační průtok na povodí $103 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Tab. č. 2: Největší dosažené kulminační průtoky

Datum	Qk ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
2.6.2013	103
13.8.2002	71,2
28.5.2006	44,8
3.1.2003	21,5
8.8.2010	15,5

7. ZÁVĚR

Povodně se v posledních letech staly velice aktuální téma. Od roku 1992 se začínalo investovat do nových protipovodňových opatření, ale rok 1997 ukázal, že nejsou dostatečná. Ať už šlo o povodňové plány, povodňové území či koordinaci státních složek. Ukázaly se nedostatky, které bylo nutné odstranit.

V dnešní době se upouští od budování technických protipovodňových opatření a úprav toků, které v některých případech mohou více uškodit než pomoci. Došlo se k závěru, že je vhodné tyto stavby kombinovat s přírodě blízkými opatřeními.

Na vodním toku Mastník se nenachází žádná stavbě-technická protipovodňová opatření. V roce 2013, byla vybudována síť včasné protipovodňové ochrany, která má obyvatele upozornit na zvyšující se hladinu toku. I několik desítek minut stačí, aby proběhla úspěšná evakuace.

8. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

BÁČOVÁ Radka. *Říční povodeň* [online]. [2014-04-10] Dostupné na: <<http://www.velkawoda.unas.cz/charakteristika.htm>>.

BROŽA, Vojtěch, František ČIHÁK a Ladislav SATRAPA. *Hydrotechnické stavby*. 1. vyd. Praha: Český svaz stavebních inženýrů, 1998, 195 s. Technická knihovna autorizovaného inženýra a technika.

ČHMU. *Povodňová ochrana v ČR* [online]. [2015-04-01] Dostupné na: <http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/verejnost_povodnova_ochrana.html#priklad>.

ČSN 75 0101: *Vodní hospodářství – Základní terminologie*. Praha: Český normalizační institut, 2003.

Fsv ČVUT, K126. *Protipovodňová opatření: Možnosti financování studie* [online]. [2015-04-01] Dostupné na <http://k126.fsv.cvut.cz/predmety/d26euf/euf_ukazka-4.pdf>.

HRÁDEK, F., Kuřík P. *Hydrologie*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2008. 280 s.

JANDORA, Jan, Vlastimil STARA a Miloš STARÝ. *Hydraulika a hydrologie*. Vyd. 2., V Akademickém nakladatelství CERM 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 186 s.

JUST, Tomáš. *Přírodě blízké úpravy vodních toků v intravilánech a jejich význam v ochraně před povodněmi: Revitalizace sídelního prostředí vodními prvky* [online]. AOP ČR, 2010. [2015-03-30] Dostupné na <<http://praha.ochranaprirody.cz/aktuality-prezentace-publikace/publikace-ke-stazeni/prirode-blizke-upravy-vodnich-toku-v-intravilanech-a-jejich-vyznam-v-ochrane-pred-povodnemi/>>.

JUST, Tomáš. *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*. Praha: Český svaz ochránců přírody, 2005, 359 s.

KONVIČKA, Miloš. *Město a povodeň: strategie rozvoje měst po povodních*. 1. vyd. Brno: ERA, 2001, 219 s.

KRAJSKÝ ÚŘAD HRADEC KRÁLOVÉ. *Povodňový plán Královohradeckého kraje* [online]. Krajský úrad Královohradeckého kraje, Ing. Jan Papež, 2015. [2015-04-12] Dostupné na <http://dpp.kr-kralovehradecky.cz/html/assets/DPP/vecna_cast/legislativa/21-charakteristka-uzemi.pdf>.

KUČERA, Václav. *Architektura inženýrských staveb*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 320 s.

MMR. *Ochrana před povodněmi v územním plánování*. 3., aktualiz. vyd. Brno: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2011, 13 s.

NOVÁK, Ladislav a Marie IBLOVÁ. *Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží*. Praha: SNTL, 1986, 243 s.

NYPL, Vladimír a Václav KURÁŽ. *Hydrologie a pedologie*. 1. vyd. Praha: Ediční středisko VŠCHT, 1992, 150, 143 s.

PATOČKA, Cyril a Lukáš MACURA. *Úpravy toků*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989, 397 s. Technický průvodce (SNTL).

POKORNÁ, Dana a Jana ZÁBRANSKÁ. *Hydrologie a hydropedologie*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2008, 218 s.

Portál veřejné správy České Republiky, 2011. Dostupné na <<http://geoportal.gov.cz/>>.

PVL. *Mastník – záplavová území*. Technická zpráva. Povodtí Vltavy, 2006.

RAPLÍK, Milan, Pavel VÝBORA, MAREŠ Karel. *Úprava tokov*. Vyd. 1. Bratislava: Vydavatelství Alfa, 1989. 640 s.

REDDY, P. Jaya Ramo Reddy. *A Text Book of Hydrology*. Vyd. 2. Firewall Media, 2005, 530 s.

ŘEDINOVÁ Jana, Pavlásek Jirka, Máca Petr. *Hydrologie: Návody ke cvičení* [online]. [2015-04-01] ČZU, 2009. Dostupné na <http://fzp.czu.cz/~exkurze/_dokumenty/kvhem/skripta.pdf>

ŠLEZINGR, Miloslav. *Revitalizace toků: příspěvek k problematice úprav vodních toků*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2010, 255 s.

ŠILAR, Jan. *Hydrologie v životním prostředí*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996, 136 s.

TLAPÁK, Václav a Jaroslav HERYNEK. *Úpravy vodních toků a hrazení bystřin*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001, 146 s.

TNV 75 2131: *Odběrné a výpustné objekty na vodních tocích – navrhování*. Praha: Hydroprojekt, 2010.

VÁCLAVÍK Vojtěch. *Vodohospodářská zařízení III* [online]. [cit. 2015-03-30] Dostupné na <http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/objekty_pro_odber_vody.html>.

VŠB-TU Ostrava. *Úpravy vodních toků* [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné na <http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_loticky/upravy_vod_toku.htm>.

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. *Základní charakteristiky toku Mastník a jeho povodí* [online]. V.Ú.V. TGM, 2006. [2015-04-01] Dostupné na <http://www.dibavod.cz/download.php?id_souboru=2278>

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. *Základní charakteristiky*

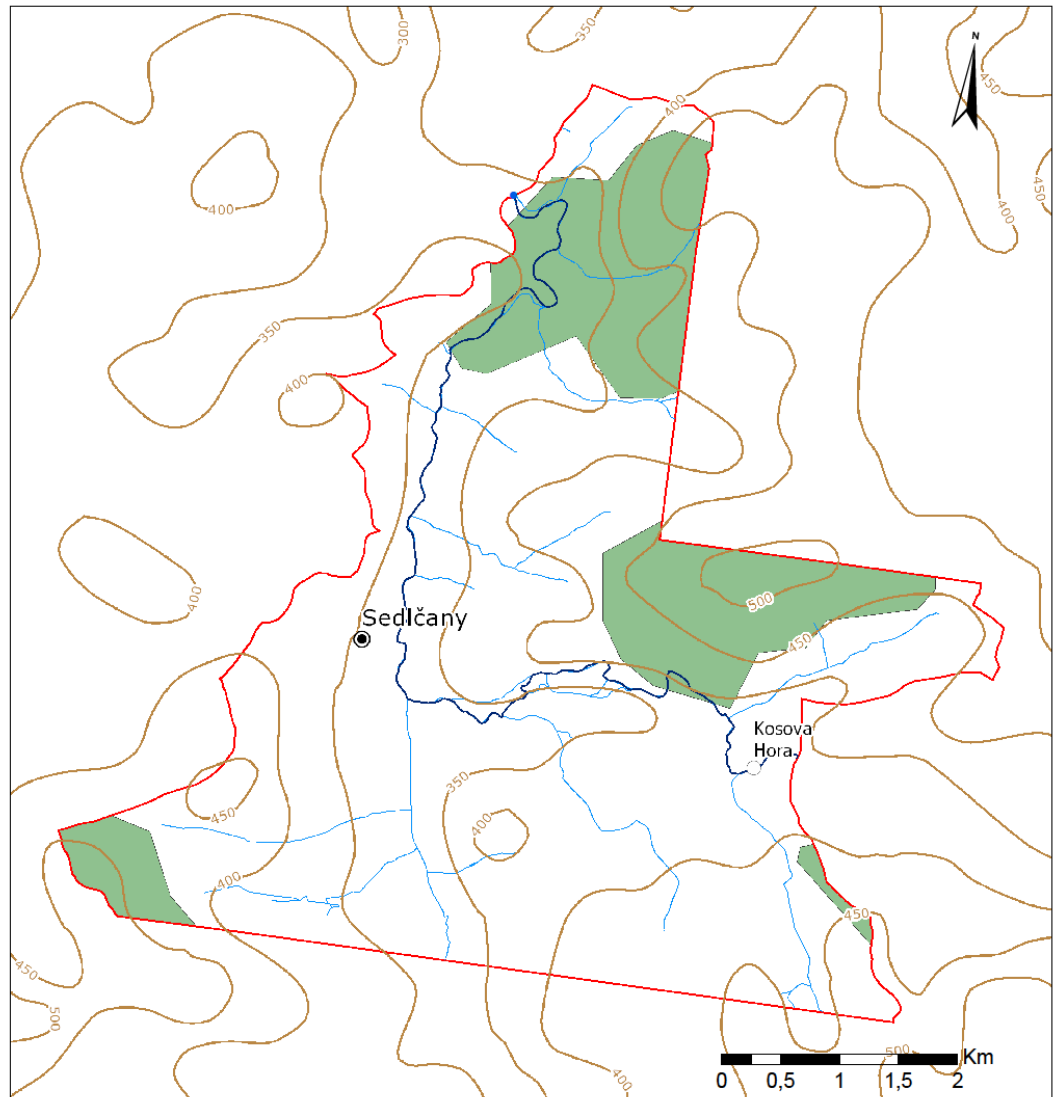
toku Mastník a jeho povodí [online]. V.Ú.V. TGM, 2006. [2015-04-01] Dostupné na
<http://www.dibavod.cz/download.php?id_souboru=2279>

ZÁKON č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

9. SEZNAM PŘÍLOH

1. Povodí vodního toku Mastník – Lesní plochy
2. Digitální model terénu - Výškové poměry v povodí
3. Digitální model terénu - Sklonitost
4. Vstupní data
5. Objekty na vodním toku Mastník v ř. km 23,4 – 13,488
6. Fotodokumentace

Povodí vodního toku Mastník - Lesní plochy ř. km 24,8 - 13,3

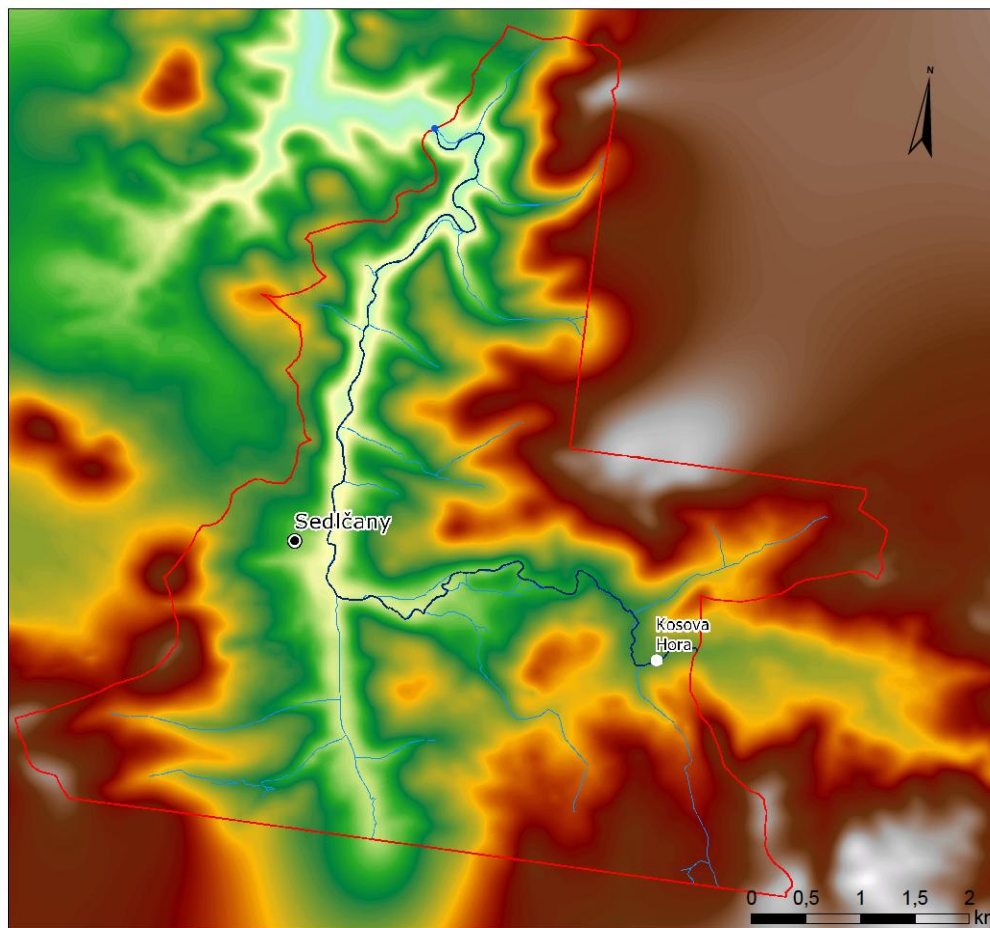


1:25 000

Legenda

- Uzávěrový profil
- Údolnice
- Vodní toky
- vrstevnice
- Rozvodnice
- Lesní plocha

Povodí vodního toku Mastník - Digitální model terénu ř. km 24,8 - 23,3



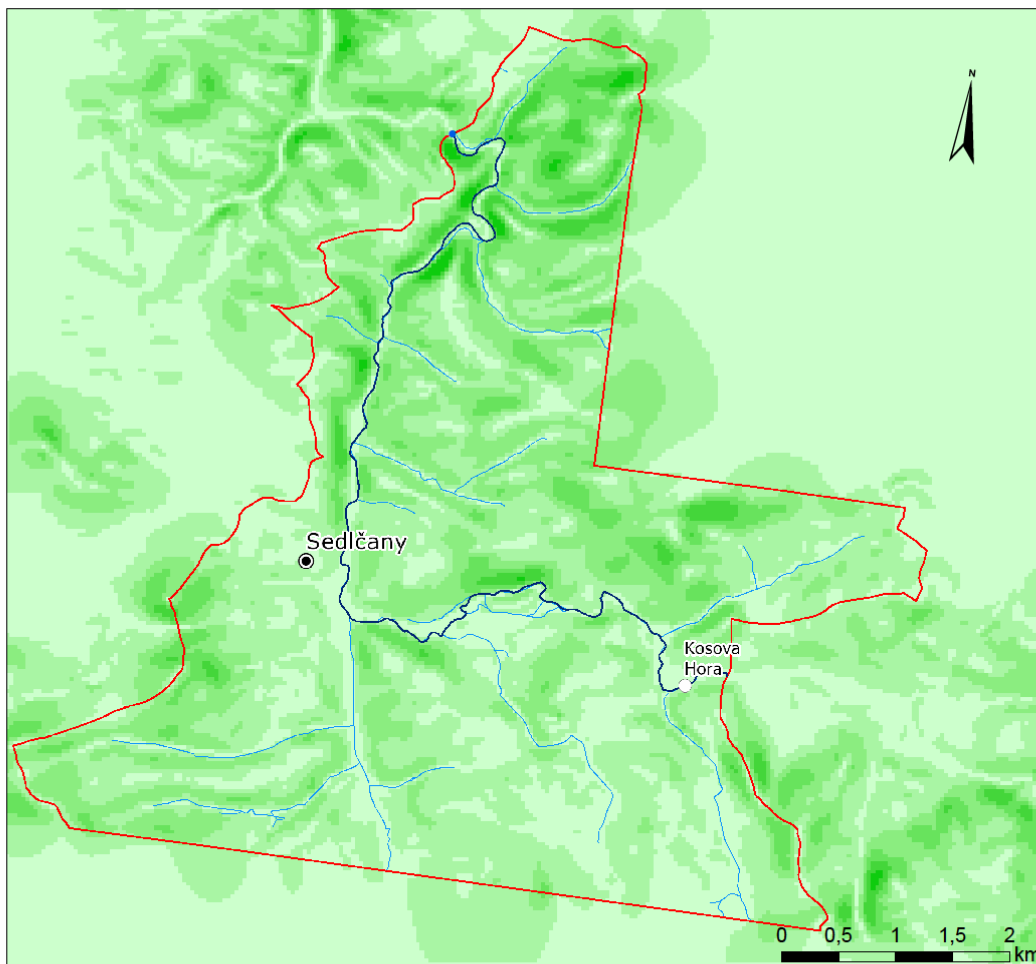
Legenda

- Uzávěrový profil
- Údolnice
- Rozvodnice
- Vodní toky
- Max : 528,8 m n. m.
- 419,0 m n. m.
- Min : 302,5 m n. m.

1:25 000

Vytvořil: Paukner Martin, 2013
Data: ČUZK, Dřavod, Cenia

Povodí vodního toku Mastník - Sklonitost ř. km 24,8 - 23,3



Legenda

- Uzávěrový profil
- Údolnice
- Rozvodnice
- Vodní toky

Sklonitost [°]

- 0 - 3
- 4 - 6
- 7 - 10
- 11 - 13
- 14 - 16
- 17 - 19

1:25 000

Vytvořil: Paukner Martin, 2013
Data: ČUZK, Dřívověd, Ceníka

Příloha č. 4: Vstupní data

Průměrné měsíční srážky měřené na měrné stanici Nedrahovice, Rudolec.

Měsíc / rok	2002	2010	2013
Leden	17,7	60	73,9
Únor	50,3	24,6	49,3
Březen	46,6	28	23,4
Duben	8,6	31,1	25,3
Květen	55,3	89,3	148,3
Červen	112,6	64,8	209,1
Červenec	169,7	71,3	58,5
Srpen	233,8	160,2	114,8
Září	74,6	72,1	50,6
Říjen	69	6,7	51
Listopad	74,9	53,3	24,1
Prosinec	36,3	53,2	7,8
Suma	949,4	714,6	836,1

Průměrné měsíční průtoky měřené na stani Radíč za roky 2002, 2006, 2010, 2013.

měsíc/rok	2002	2003	2006	2010	2013
leden	2,47	6,11	0,84	1,04	3,22
únor	2,50	2,82	1,37	1,31	3,18
březen	2,75	3,08	4,67	3,62	3,32
duben	1,45	1,72	4,44	1,72	1,65
květen	0,79	2,20	3,31	1,71	1,75
červen	0,74	1,09	2,66	2,17	12,00
červenec	1,70	1,22	0,73	0,53	1,12
srpen	10,30	1,13	0,42	2,66	0,59
září	5,25	0,53	0,18	1,14	0,77
říjen	5,73	0,86	0,48	1,40	1,03
listopad	9,35	1,18	0,27	0,86	0,87
prosinec	3,90	0,89	0,22	1,00	0,75

Příloha č. 5: Seznam objektů

Staničení km	Objekt	DNO (m n. m.)	Hladina (m n. m.)		
			Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀
13,49	Kamenný most v Osečanech	308,36	309,76	310,31	310,78
14,00	Jez v Osečanech	311,87	313,94	314,15	314,41
15,31	Kamenný silniční most	319,17	320,44	321,04	321,80
15,87	Kamenný jez	322,84	325,06	325,34	325,71
16,75	Lávka u chat	325,64	326,79	327,24	327,74
17,86	Most v Sedlčanské Kotlině	327,90	330,20	330,65	331,06
17,97	Lávka v Sedlčanské kotlině	328,21	330,56	330,95	331,39
18,27	Pontonová lávka	329,40	331,18	331,78	323,33
19,17	Lávka u tenisových kurtů	334,04	335,52	335,80	336,08
19,49	Pevný jez v Sedlčanech	334,00	335,52	335,80	336,08
19,56	Velký silniční most v Sedlčanech	333,81	335,54	335,84	336,14
19,82	Most v Sedlčanech	334,09	335,72	336,13	336,61
20,17	Nový most v Sedlčanech	335,58	337,13	337,62	338,12
20,90	Silniční most za Sedlčanami	339,72	341,01	341,46	341,73
21,29	Pevný jez u Červeného Hrádku	342,80	344,07	344,33	344,65
21,39	Lávka u SOU (Střední odborné učiliště)	342,73	344,47	344,95	345,42
21,44	Lávka u SOU	342,92	344,65	345,57	346,24
21,50	Lávka u SOU	342,99	344,82	345,66	346,35
21,66	Lávka v lesoparku	344,22	346,02	346,52	347,14
21,97	Lávka v lesoparku	348,21	349,65	349,97	350,29
22,16	Silniční most v lesoparku	351,06	352,19	352,49	353,04
22,49	Dřevěná lávka	355,58	356,59	356,94	357,35
23,27	Betonový panel	365,20	366,65	366,97	367,29
23,89	Silniční kamenný most v Kosové Hoře	370,64	372,20	372,75	373,31
24,19	Silniční kamenný most v Kosové Hoře	373,45	374,43	374,90	375,14
24,35	Silniční kamenný most v Kosové Hoře	374,31	375,08	375,48	375,94
24,41	Kovová lávka v Kosové Hoře	374,07	375,54	375,92	376,47
24,57	Betonová lávka v Kosové Hoře	375,77	376,89	377,27	377,63

(PVL, 2006)

Příloha č. 6: Fotodokumentace

Obr. č. 1: Úsek před kovovou lávkou (ř. km 24,406)



Obr. č. 2: Kovová lávka v Kosově Hoře (ř. km 24,406)



Obr. č. 3: Silniční kamenný most v Kosově Hoře (ř. km 24,531)



Obr. č. 4: Silniční kamenný most v Kosově Hoře (ř. km 24,192)



Obr. č. 5: Silniční kamenný most v Kosově Hoře (ř. km 23,886)



Obr. č. 6: Poničené koryto Mastníku v Kosově Hoře za silničním mostem



Obr. č. 7: Probíhající opravy koryta v Kosově Hoře



Obr. 8: Betonová panel sloužící jako lávka v Kosově Hoře ř. km (23,269)



Obr. č. 9: Průběh toku před lesoparkem Červený Hrádek



Obr. č. 10: Silniční most v lesoparku Červený Hrádek (ř. km 22,155)



Obr. č. 11: Lávka v lesoparku Červený Hrádek (ř. km 21,970)



Obr. ř. 12: Průběh toku v lesoparku Červený Hrádek



Obr. č. 13: Rozdvojení Mastník před lávkou v lesoparku (ř. km 21,622)



Obr. č. 14 Lávka u SOU Červený Hrádek (ř. km 21,394)



Obr. č. 15: Pevný jez u Červéného hrádku (ř. km 21,293)



Obr. č. 16: Stavidlo k náhonu u jezu (ř. km 21,293)



Obr. č. 17: Soutok Mastníku se Sedleckým potokem (ř. km 19,790)



Obr. č. 18: Silniční most v Sedlčanech (ř. km 19,555)



Obr. č. 19: Čidlo varovného systému připevněné na silničním mostě v Sedlčanech



Obr. č. 20: Lávka u osady Chalupy (ř. km 16,752)



Obr. č. 21: Soutok Mastníku se Sestrouňským potokem (vlevo) a náhon vlévající se do Mastníka (ř. km 15,313)



Obr. č. 22: Jez v Osečanech (ř. km 13,995)



Obr. č. 22: Náhon v obci Osečany vedoucí k místní pile (ř. 13,995)

