

Česká zemědělská univerzita
v Praze
Fakulta životního prostředí

Hydrologická studie povodí vodního toku
Vlkava

Bakalářská práce

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto Bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Phd. Radka Rouba, a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal

V Praze dne 14. 4. 14

Obsah

1.1	Abstrakt.....	5
1.2	Klíčová slova.....	5
1.3	Abstract in English.....	6
1.4	Key Words.....	6
2	Úvod.....	7
3	Cíle.....	8
4	Rešerše.....	9
4.1	Obecný úvod.....	9
	Rozdělení vody.....	9
4.2	Hydrologie.....	10
	Pojmy.....	10
	Měření průtoků.....	12
	Měrné přelivy s ostrou hranou.....	13
	Parshallův žlab.....	14
4.1	Rozdělení typů toků.....	16
	Bystřiny.....	16
	Potok.....	16
	Řeka.....	16
	Malý vodní tok.....	17
4.2	Čističky odpadních vod.....	17
4.3	Drsnostní součinitel.....	18
	Drsnost dna a břehů.....	18
	Metoda CN křivek.....	18
4.4	Fyzicko-geografické podmínky.....	19
	Geologické podmínky.....	19
	Bioregiony.....	19
	Klimatické poměry.....	19
	Srážky.....	20
4.5	Extrémní situace.....	20
	Úpravy vodní toku.....	21
	Sucha.....	22
	Povodně.....	22
	Protipovodňové stavby.....	23
	Stupně povodňové aktivity.....	23
4.6	Jakost vod.....	24
4.7	Vzorce.....	24
5	Metodika.....	26
5.1	Výběr povodí.....	26
5.2	Sběr podkladů.....	26
6	Charakteristika území.....	27

6.1	Současný stav	27
6.2	Úprava toku.....	27
6.3	Protipovodňové stavby	28
6.4	Geomorfologické podmínky	28
6.5	Geologické podmínky	29
6.6	Půdní typy	29
6.7	Bioregiony	29
	Rožďálecká tabule	29
	Poděbradské Polabí.....	30
6.8	Současný stav krajiny	30
6.9	Klimatické poměry	30
6.10	Srážky.....	31
6.11	Vodohospodářské stavby na toku	33
	Vodní Nádrže	33
	Čistírny odpadních vod	35
6.12	Měřicí hydrologická zařízení.....	36
	Hydrologické stanice	36
	Meteorologické stanice	36
6.13	Jakost vod.....	36
	Profil Kosořice.....	36
	Profil Hronětice	37
6.14	Chráněná území	37
	Rekonstrukce tůní v Mydlovarském luhu	38
7	Výpočty a výsledky	40
	N- leté maximální průtoky Vlkava	42
	N-leté maximální průtoky spočteny modelem DesQ-MaxQ.....	43
8	Diskuse.....	49
	8.1 Revitalizace toků.....	49
	8.2 Závěr.....	49
9	Zdroje	51
10	Přílohy.....	53

1.1 Abstrakt

Tato práce se zabývá hydrologickou studií povodí.

První část se zabývá obecnými charakteristikami a používanými pojmy. Přesněji jejich definicí a vysvětlením.

Druhá část se zaměřuje na charakteristiku a analýzu hydrologických dat a z toho vyplívající rozdíly na srážko-odtokové straně Analýzu poměrů. Na jeho studii bylo použito prostředků využívaných u určených malých povodí. Byly použity i terénní obhlídky.

Pro stanovení maximálních N-letých průtoků byly využívány klasické postupy, kterými byly empirické vzorce.

S ohledem na data jsou zmíněny návrhy, které by mohli vést ke zlepšení podmínek.

1.2 Klíčová slova

Vodní tok , studie, hydrologický model, průtok, protipovodňová opatření, maximální odtok

1.3 Abstract in English

This work deal with hydrological study Vlkava river. This river is in Region of Central Bohemia. First part talk in general about basic concepts. In this part were used professional literature

Second part is deal with local characteristics and analysis of hydrological data and shows differences on the rainfall-drain side. On this study was used characteristics and calculation which is used for the smaller basin.

In the last part are presented some propsals.

1.4 Key Words

River, study, prevention of floods, hydrological model, maximal drain. river flow

2 Úvod

Hydrologická studie povodí malého vodního toku umožňuje popsat vybranou oblast z mnoha pohledů, jakými jsou například hydrologické charakteristiky povodí či celkový odtok z povodí.

Protože tyto studie nebyly doposud aplikovány na všechny Malé vodní toky je místy obtížné se k některým relevantním datům dostat. Proto byla tato práce vypracována.

Současná metodologie zpracování potřebných údajů využívá jednak klasických metod odvozených na základě vzorců a jednak moderních postupů závislých na technice. V této BP jsou obsaženy oba možné postupy.

3 Cíle

- odvození obecných a hydrologických charakteristik sledovaného povodí
- provedení studie
- inventarizace objektů na toku
- odvození N-letých průtoků pomocí vzorců i modelů. Pro splnění tohoto bodu bylo potřeba odvodit hydrologické charakteristiky povodí a ty pak dosadit do programu DesQ-MaxQ a do vzorců.

4 Rešerše

V rešeršní části práci je nahlíženo na hydrologickou analýzu obecnou formou. Je zde nastiňována problematika a ukázány obecné vzorce řešení.

4.1 Obecný úvod

Celkové množství vody na Zemi se odhaduje na 1300 až 1500 mil. m³. Toto množství je však rozděleno velmi nerovnoměrně a největší část - 97,2 % tvoří slané vody moří a oceánů, 2,13 % vody je vázáno v polárním ledu a ledovcích. Podzemní voda je zastoupena objemem 0,59 % vody a ve vodních tocích je jí jen 0,0001 %. Existence vody byla vždy základním předpokladem rozvoje lidské společnosti. Je nejen nezbytným biologickým faktorem života člověka, ale i jedním z důležitých zdrojů bohatství společnosti. Potřeba vody pro společnost je mnohostranná a má neustále stoupající trend. Voda je zdrojem energie, důležitým dopravním prostředkem, nezbytnou součástí technologie.¹

Voda, sumárním vzorcem (zároveň však racionálním) H₂O, je chemická sloučenina vodíku a kyslíku. Spolu se vzduchem, resp. zemskou atmosférou tvoří základní podmínky pro existenci života na Zemi. Za normální teploty a tlaku je to bezbarvá, čirá kapalina bez zápachu, v silnější vrstvě namodralá. V přírodě se vyskytuje ve třech skupenstvích: v pevném – led a sníh, v kapalném – voda a v plynném – vodní pára.

Voda je dobrým sluhou, ale špatným pánem. Stačí vzpomenout na katastrofální povodně, které v posledních 20 letech několikrát nepříjemně potrápily obyvatel různých částí naší republiky. Přesto se dá říct, že problémy, které povodně způsobují u nás, jsou v podstatě drobné problémy například oproti událostem, které nastávají například v Jihovýchodní Asii. "

Rozdělení vody

Podle tvrdosti

měkká – obsahuje málo minerálních látek

tvrdá – z podzemních pramenů, obsahuje více minerálních látek

Podle salinity (slanosti)

slaná voda

sladká voda

brakická voda

Podle mikrobiologie

¹ Malé Vodní toky

pitná voda- je vhodná ke každodennímu použití, je zbavená nečistot, obsahuje vyvážené množství minerálních látek tak, aby neškodily zdraví, např. minerální voda (obsahuje mnoho minerálních látek), může to být i balená voda

užitková voda – v průmyslových závodech (sníží se tvrdost vody a ta se zbaví Fe^{2+} a Mn^{2+}) a v potravinářství – vyžaduje dezinfikovanou vodu (chlórování, ozonizace, ozařování ultrafialovým zářením), např. napájecí voda (voda pro parní kotle, zbavená minerálních solí, aby nevznikl kotelní kámen, který zanáší potrubí, nebo voda určená k napojení zvířat /má odlišné parametry než voda pitná/)

odpadní voda- např. splašková voda

4.2 Hydrologie

Samotný vědní obor se zabývá oběhem vody na Zemi, zákonitostmi jejího časového a prostorového rozdělení. Je hlavní vědní disciplínou vodního hospodářství a životního prostředí. Předmětem hydrologického zkoumání je hydrosféra, která představuje veškerou vodu na Zemi - a to ve všech skupenstvích a formách.

V minulosti hydrologie zkoumala především vodu v přírodě za pomoci meteorologických a hydrologických pozorování. Zabývala s například sledováním přirozeným odtokem, dimenzováním vodních staveb nebo například i využitím vodní energie či úpravou vody. Na základě pozorování byly poté vydávány předpovědi.

Pojmy

K popsání daného území je třeba ujasnit a definovat některé pojmy z oblasti hydrologie. (čerpáno z Hrádek et al.)

Vodní tok

Vodním tokem se rozumí proud soustředěného toku vody po zemském povrchu, který je prostorově ohraničen dnem a břehy. Počátek vodního toku je označován jako pramen, konec vodního toku jako ústí, což je místo, kde se řeka vlévá do řeky vyššího řádu, jezera nebo moře. Pramenem (počátkem) vodního toku může být vývěr podzemní vody, výtok z ledovců, bažin a močálů nebo soutok dvou a více toků nižšího řádu.

Rozvodnice

Rozvodnice je pomyslná čára, která vyznačuje geografickou hranici mezi sousedními povodími.

Rozlišujeme rozvodnice orografické a hydrogeologické. Orografická rozvodnice ohraničuje povodí povrchových vod. Nachází se na povrchu, většinou na horských vrcholcích, hřebenech

nebo na jiných vysokých útvarech. Hydrogeologická rozvodnice zase ohraničuje povodí podzemních vod, pro jejich určení je však potřeba znát geologické složení podpovrchových vrstev

V praxi se zjišťuje povětšinou pouze průběh Orografické rozvodnice. Bývá vykreslována v topografických mapách

Povodí

Povodí je hydrologicky uzavřená oblast, ze které voda odtéká do jedné konkrétní řeky či jezera. Hranice mezi dvěma povodími se nazývá rozvodí. Rozlišujeme povodí povrchových a podpovrchových vod, avšak na daných územích bývají většinou stejná.

Povodí je základní hydrologickou jednotkou pro vyhodnocování toků látek v přírodě. Většina prvků je totiž svými biogeochemickými cykly navázána na vodu, a tak při vyhodnocování toků lze vycházet ze základní hydrologické bilance povodí, která je dána srážkami a průtokem na konci povodí.

Údolnice

Údolnice je křivka spojující místa největšího vyhloubení příčného řezu údolím. Sklon údolnice určuje sklon údolí. Má nejmenší sklon ze všech spádnic.

Uzavírající profil povodí

Místo o nejnižší nadmořské výšce sledovaného povodí, ve kterém jsou sledovány všechny odtoky z povodí

Plocha povodí

Půdorys průmětu do vodorovné plochy. Je udávána v km^2 . Stanovuje se povětšinou planimetrováním z map. Kromě celkové plochy se zjišťuje zvláště levá a práva strana povodí

Srážky

Srážky jsou pojem zahrnující velkou část hydrometeorů. Jedná se o částice vody, vzniklé kondenzací vodní páry, které padají z oblohy či kondenzují přímo na zemském povrchu. Srážky jsou jednou z hlavních částí koloběhu vody v přírodě

Průtok

Průtok je základní hydrologickou veličinou, vyjadřuje objem vody, který proteče daným profilem vodního toku za jednotku času. Obvykle se udává v m^3s^{-1} nebo v $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$. Odlišným pojmem je odtok, který označuje proces odtékání vody z povodí a udává se v jednotkách objemu za dané časové období.

Obecně se průtok spočítá jako součin průtočné plochy a průměrné rychlosti proudění -to se dělí na objemové (nestlačitelné kapaliny) a hmotnostní $Q = m/t$ (stlačitelné tekutiny).

Průměrný průtok

Je počítán jako aritmetický průměr průtoků za určité období (den, měsíc či rok). Naproti dlouhodobý průtok znamená průměrný průtok v daném období vypočtený z dlouhodobé časové řady (např. průměrný roční průtok, průměrný průtok v červnu).

Maximální průtok je nejvyšší průtok za dané období, odpovídá kulminaci průtokové vlny. Zjišťování a analýza maximálních průtoků jsou důležitou součástí vyhodnocení srážkovo-odtokových událostí, například povodní.

N-letý maximální průtok (N-letý průtok, N-letá voda)

představuje takový maximální průtok, který je dlouhodobě dosažen nebo překročen jednou za N let. Pravděpodobnost výskytu (označovaná také jako doba opakování či perioda) N -letého průtoku je tedy $1/N$.

Měření průtoků

Měření se provádí kalibrovanými měřidly. Při měření je třeba dát pozor na chyby. Ty se dělí na tyto

- hrubé – chybný odečet, chybná funkce měřidla
- systematické – nedodržení předepsaných rozměrů
- náhodné – vlastní každému měření, působené větším počtem různých vlivů

Metody hydrologického měření

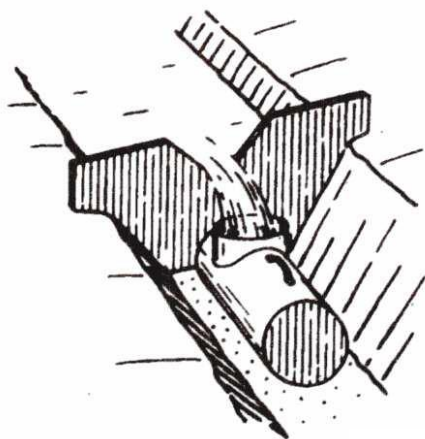
Objemová a váhová metoda - nejpřesnější, avšak jen pro relativně malé průtoky (nutný objem nádoby), důležitý je hlavně pro kalibraci průtokoměrů

Princip a postup měření

Měření probíhá pomocí kalibrované nádoby a měří se čas naplnění nádoby pomocí stopek (obr. 2.). Průtok poté vyjádříme pomocí vztahu:

$$Q = V / t$$

kde $V [l]$ představuje objem naplněné kalibrované nádoby a $t [s]$ představuje čas, za který se naplnila.



Obr. 2. Objemové měření kalibrovanou nádobou (Jeníček, 2011)

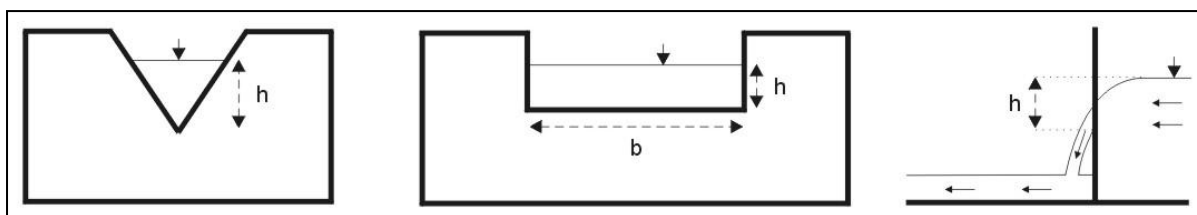
Trubní průtokoměry založene na zuzení proudu -podobny princip jako u předchozího příkladu

Metody založené na výtoku otvorem či nátrubkem

-zpravidla výtok malým otvorem nebo nátrubkem do volna- častokrát výtok pod stavidlem

Měrné přelivy s ostrou hranou

Přelivy s krátkou korunou (rozšířená nejistota měření $\pm 8\%$) jsou vestavby různých prahů do dna koryta, přičemž proudnice nejsou v žádném místě rovnoběžné. Nejčastěji používaným je přeliv Crumpův, kdy práh je trojúhelníkového průřezu. Dále pak Thomsonův a Ponceletův. Vzhledem k nestabilitě proudění je přesnost ovlivňována mnoha faktory a chyba měření je vyšší. Přelivy se širokou korunou (rozšířená nejistota měření $\pm 6\%$)



Obr. 7. Dva základní typy měrných přelivů: Thomsonův a Ponceletův (Šráček & Kuchovský, 2003)

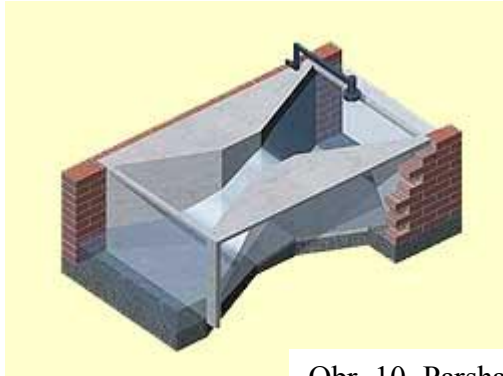
Měrné žlaby

Měrné žlaby jsou takové vestavby v toku, jež zužují průtočný profil do té míry, že proudění je nuceno přejít z říčního do bystřínného. Díky tomuto přechodu z jednoho režimu do druhého je možno podle úrovně hladiny před hrdlem určovat průtok vody. Mezi nejznámější žlaby se řadí žlab Parshallův (žlab s dlouhým hrdlem) a Venturiho (žlab bez hrdla).

Princip a postup měření -po instalaci zpravidla prefabrikovaného měrného žlabu vypočteme průtok opět pomocí rovnice o několika proměnných.

Parshallův žlab

S lineárně rostoucí přepadovou výškou roste lineárně průtočná plocha, což se projevuje ve vzorci konzumční křivky tvarem $Q = a * h^{3/2}$ (přibližně). Žlab je přiměřeně citlivý na změnu hloubky. Chyba měřené hloubky se projevuje při výpočtu průtoku s mocninou hodnoty 1,5 a proto je možno pro tento typ přelivu používat i méně přesné, levnější průtokoměry.



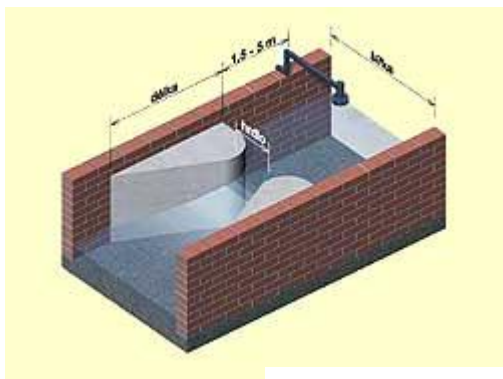
Obr. 10. Parshallův žlab (Pars Aqua s.r.o., 2004)

- Venturiho žlab – tvarově se tento měrný žlab se řadí mezi žlaby bez hrdla (obr. a.), chování proudnic není tak stabilní, jako u žlabu s hrdlem. Častou chybou při použití měrného žlabu na závlahových kanálech jsou nedostatečné odtokové podmínky, které způsobí ovlivnění průtoku zpětným vzdutím.

Výhody a nevýhody

Žlaby s dlouhým hrdlem mají značnou odolnost proti vlnění a neuspořádanému rychlostnímu profilu a jejich přesnost je vysoká. Zároveň mají jednoduchou kontrolu přesnosti měření. Výhodou jsou také minimální nároky na údržbu a dlouhá životnost (Kříž et al., 1979).

Hlavním záporem je nutnost jejich stálého vybudování. Tuto metodu nelze uplatnit na tocích s větším spádem nebo nepravidelným rychlostním polem.



Obr. 11. Venturiho žlab (Pars Aqua s.r.o., 2004)

-clona - lehké na stavbu- velké ztráty

Indukční (elektromagnetické) průtokoměry

na potrubích, princip lze použít i pro otevřená koryta.

Podobný postup se používá i při měření bodových rychlostí proudění.

$$v = B_b / U$$

v – rychlost proudění,

U – měřené napětí mezi elektrodami vzdálenými b

B – intenzita magnetického pole.

Ultrazvukové průtokoměry

U této metody měří elektronický průtokoměr přímo rychlost vody a to v oblasti nad sondou, jež je umístěna obvykle na dně. Metoda využívá Dopplerova jevu.

U ultrazvukových průtokoměrů se využívá změn rychlosti ultrazvukových vln probíhajících po proudu a proti proudu kapaliny. U spojitě vysílaných ultrazvukových vln vznikají rozdíly fáze nebo rozdíly frekvence, u impulzově vysílaného ultrazvuku se měří časové rozdíly dob průchodu" (Pelikán & Doležal, 1984). Při vyhodnocování rychlosti proudění se využívá právě ona změna frekvence. Přístroj vyhodnocuje energetické zastoupení jednotlivých odražených frekvencí a vypočítává průměrnou rychlost nerozpuštěných látek, které se vznášejí v toku.

Nevýhodou je vyšší cena používané elektroniky a nutnost poměrně pravidelného koryta. Metoda je samozřejmě nepoužitelná také na tocích zarostlých vegetací.

Metody založené na použití stopovačů

do proudu se kontinuálně nebo jednorázově zavádí roztok vhodné snadno zjištělné chemické látky nebo radionuklidu (nesmí být toxický a snadno rozložitelný)

Metoda rychlostního pole

základní metoda pro určení průtoku v tocích

založena na měření bodových rychlostí a vztahu - $Q = \int u DS$

Bodové rychlosti jsou určovány pomocí měření plováky, přístroje založené na určení dynamického tlaku proudící vody (tlaková trubice), elektromagnetická a ultrazvuková měřidla rychlosti a hydrometrická vrtule (nejpoužívanější)²

² http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28336

4.1 Rozdělení typů toků

Tekoucí vody se pohybují v přirozených terénních žlabech - v korytech - podle sklonu území a tvoří bystřiny - potoky - říčky a řeky. Umělé vodní toky tvoří kanály, jimiž se přivádí voda k účelovému využití: k závlahám, k zásobování sídlišť i průmyslu, k plavbě i k využití vodní síly.

Ke každému profilu na vodním toku přísluší povodí, tj. plocha území, z něhož tok zachycuje povrchový odtok vody. Povodí je omezeno rozvodnicí, která probíhá po nejvyšších bodech okraje povodí.³

Bystřiny

Jsou samostatné horské toky nebo horní úseky delších toků, které se vyznačují nepravidelným velkým sklonem dna, nepravidelným tvarem koryta v půdoryse a nepravidelným příčným profilem. Koryto bystřiny se hluboce zařezává do terénu, vodní proud si hledá cestu mezi balvany a při stupňovitém dnu, vytvořeném přirozenými překážkami skalních prahů a velkých balvanů, vznikají peřeje a mnohdy značně vysoké přepady - vodopády.

Bystřiny se vyznačují prudkým kolísáním hladiny, neboť za přivalových dešťů a při tání sněhu jsou zahlceny velkým povrchovým odtokem z poměrně krátkého úseku povodí, většinou ve značném sklonu. Srážková voda v horských oblastech převážně odtéká po povrchu, neboť vsakování do půdy a výpar do ovzduší jsou podstatně omezeny. Za velkých průtoků unáší vodní proud velké množství splavenin, které se postupně v další trati ukládají s ubýváním rychlosti vodního proudu. Při náhlém zmenšení rychlosti se ukládají splaveniny v mohutných lavicích na dně řečiště nebo při vyústění přítoku do hlavního toku v nánosových kuzelech, neboť hlavní tok má většinou menší sklon dna.

Potok

Vodní tok o menším povodí, s vyrovnanějším a mírnějším sklonem dna a s menším pohybem splavenin. Vodní stavy na potoku nekolísají tak prudce jako u bystřiny, neboť povodí je méně sklonité a je zde možnost většího vsaku i výparu. Při vybřežení může ovšem být i průtok v potoku značně velký, zejména tehdy, když je zasaženo celé povodí přivalovým deštěm.

Řeka

Vodní tok o větším povodí v mírnějším a víceméně vyrovnaném sklonu dna, ale s většími průtoky. Splaveniny unášené řekou jsou již jemnější (drobný štěrk, písek a kal), hrubší zrna štěrku se dostávají do pohybu jenom při vyšším průtoku. Koryto řeky je často vyhloubeno ve

³ Malé vodní toky- Křovák, Kovář

vlastních nánosech. Velké vody v řece jsou ovlivněny spíše dlouhotrvajícími dešti, než dešti přívalovými.

Z výše popsaných termínů je vidět že se na zájmovém povodí vyskytují všechny 3 typy vodních toků a jak ve formě hlavního toku tak jeho přítoků.

Malý vodní tok

Jako MVT bývají povětšinou označována povodí do rozlohy 40 km². Slouží jako kvalitní zdroj informací, jelikož na nich lze kvalitně sledovat souvislosti činnosti vody v krajině. Dále je na nich jasně vidět průběh srážkovo-odtokových jevů. Díky tomu je možné sledovat možnosti udržení vody v krajině. Jde mimo jiné i o výkyvy v průběhu roku.

4.2 Čističky odpadních vod

Čističky jsou zařízení, ve kterém dochází k čištění odpadních vod. Nachází se jednak blízko provozů, kde slouží k čištění průmyslových vod, odpadních vod ze zemědělské výroby, a dále u měst a obcí, kde čistí vody komunální a smíšené.⁴ Čistírny mohou být mnoha typů. Rozdělují se hlavně podle velikosti a typu čistírenského procesu. Nejčastějším typem používaných ČOV v ČR je mechanicko-biologická čistírna odpadních vod. Velké čistírny kombinují většinou všechny dostupné čisticí procesy. Patří sem mechanické, biochemické a chemické procesy. Vypouštění odpadních vod do recipientů se řídí zákony České republiky konkrétně Zákonem O vodách a Zákonem o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu. Čistírna odpadních vod zbavuje toho nejhoršího, samotné dočištění se děje přirozenou cestou přímo ve vodním toku. V rámci čistírny jsou zřizovány další objekty na likvidaci vzniklých kalů a látek jako jsou kalová a plynová hospodářství.

Mechanické (primární) čištění

Odpadní voda je na ČOV přiváděna hlavní stokou ze stokové sítě. Na jejím konci je umístěn lapač šterku. Ten zachycuje nejhrubší nerozpuštěné látky (například šterk, dlažební kostky,...)Dalším stupněm jsou česle. Ty odstraní hrubé plovoucí nečistoty. Česle bývají s ručním nebo strojovým shrabováním naplavenin tzv. shrabky, alternativou česlí jsou síta.Následuje lapák písku, často v kombinaci s lapákem tuků. Jeho cílem je oddělení minerálních suspenzí (písek) od organických nerozpuštěných látek. Lapák šterku, česle a lapák písku a tuků se někdy souhrnně nazývají ochranná část ČOV.Posledním zařízením pro mechanické čištění je usazovací nádrž. Zde probíhá usazování jemných nerozpuštěných látek a stírání plovoucích nečistot z povrchu nádrže. Vzniká kal, který bývá dále zpracován.

⁴ Hlavínek P.-Stokování a čištění odpadních vod (CERM, 2003)

Biologické čištění

Biologické čištění probíhá v biologickém reaktoru. Zde je znečištění z odpadní vody odstraňováno pomocí mikroorganismu. Kal je v biologickém reaktoru kultivován buď jako suspenze nebo na pevném nosiči. Těchto reaktorů je celá řada typů. Kal dokáže z odpadní vody odstranit značné množství organického znečištění.

4.3 Drsnostní součinitel

Drsnostní součinitel se značí písmenem γ a odvozuje se na základě poznatků o využívání půdy a hydrologických podmínkách lesa.

Drsnost dna a břehů

Vliv nerovností působí jen do určité svislé vzdálenosti, projevuje se tak při malých vodních stavech. Jde o vliv, na průtočný profil. Různé materiály dna vykazují různé stupně odporu.

Metoda CN křivek

Slouží k jednoduchému výpočtu odtoku při srážkovo-odtokové události na malých povodích. Srážka je rozdělena na ztráty a efektivní dešť podle čísla CN křivky, které reprezentuje vlastnosti povodí – půdní poměry, využití území (land use) a předchozí vláhové podmínky. Použité vztahy jsou empirické. Metoda byla vyvinuta americkou Službou na ochranu půd (Soil conservation service, metoda se označuje také jako SCS CN).

Aby bylo možno součinitel spočítat je potřeba spočítat plochy, které mají jednotlivé svahy a jejich typy půd. Tyto půdy se doplní do tabulky v programu DesQ-MaxQ tak, aby suma plošek dala celkovou plochu svahu.

Typy CN-křivek charakterizují vláhové podmínky a nabývají hodnot 1,2,3.

Číslo CN-křivky

Číslo křivky se stanovuje pro danou oblast pomocí předchozího podrobného pedologického rozdělení povodí. Pro výpočty je nutností zařadit území do dané kategorie – dle rychlosti infiltrace. Poté se dají konkretizovat další půdní poměry. Model používá vážený průměr. Dle modelu nabývá číslo CN-křivky hodnoty mezi 30 a 100. Čím vyšší infiltraci půda umožňuje, tím nižší číslo CN-křivky je pro ni určeno.

Modely výpočtů

HEC-HMS

Hydrologický modelovací systém vyvíjený od 60. let minulého století Americkou armádou. Jedná se o srážkovo-odtokový. Je to celkový model s velkou variabilitou parametrů. Umožňuje využití mnoha součástí. Využitelnost modelu je do 500 km.

DesQ-MaxQ

Program provádí výpočet na základě hydrologického modelu DesQ-MaxQ, který vyvinul Prof. Ing. František Hrádek, DrSc. Tento model je určen pro stanovení návrhových charakteristik povodňových vln v nepozorovaných profilech malých povodí vyvolaných přívalovými dešti a výpočet ovlivnění maximálních průtoků a objemů povodňových vln změnou charakteristik povodí. Při rozvinutější hydrografické síti v povodí lze schematizovat více modelovými povodími.

Program umožňuje

- Výpočet maximálních N-letých (návrhových) průtoků a objemů povodňových vln
- Výpočet maximálních průtoků a objemů povodňových vln
- Odvození tvarů povodňových vln
- Výpočet charakteristik hydrogramů ovlivněných antropogenní činností

4.4 Fyzicko-geografické podmínky

Zaměřují se na srovnání lokálních podmínek z hlediska teploty, srážek, geologických podmínek a rostlinného pokryvu

Geologické podmínky

Obecně hrají roli v rozdělení odtoku na povrchový a podpovrchový. Horniny s dobrou propustností propouštějí více vody do spodních horizontů, a tím snižují riziko zvýšených průtoků na povrchu. I díky tomu můžeme sledovat lokální výšku podzemní vody.

Bioregiony

Bioregion je individuální jednotka biografického členění ČR. Bioregion je charakteristický shodnou vegetační stupňovitostí. Zpravidla se také vyznačuje charakteristickým reliéfem, klimatem a půdním pokryvem. Bioregion je převážně jednotkou potencionální bioty, nevychází tedy z aktuálního stavu krajiny, ale má specifický typ a určitou intenzitu využití člověkem.

Klimatické poměry

Klima je definováno, jako dlouhodobý stav počasí. Povodí Vlkavy, stejně jako i celé území České republiky, leží v oblasti přechodného střeoevropského klimatu, které je charakterizováno nevyhraněným podnebím s nepravidelným vlivem oceánských a kontinentálních vzduchových hmot. Základním rysem tohoto klimatu jsou čtyři roční období, v nichž jak léto tak i zima bývá poměrně mírná. Přechodná doba podzimu a jara je dosti dlouhá. Ačkoli je časový a prostorový výskyt srážek i teplot vzduchu ovlivněn spíše

nadmořskou výškou než polohou vůči oceánu a kontinentu, jejich rozdílné vlivy jsou přesto dobře patrné. Převažuje-li vliv oceánského klimatu, jsou zimy v této oblasti mírnější a léta mají větší oblačnost. Naopak je tomu při převládajícím kontinentálním klimatu, které přináší jasné a horké léto a silné mrazy v zimě.⁵ V rámci sledování regionálního klimatu je třeba znát nadmořskou výšku, sklon a orientaci terénu. Pro zjištění celkového výsledku se používají takzvané klimatické klasifikace.

Používány jsou dvě Kopepnova a Quittova.

Quittova klasifikace klimatu je nazvána podle E.Quitta, představuje tzv. efektivní klasifikaci podnebí a je vytvořena podle kombinací 14 klimatologických charakteristik - počtem letních, mrazových a ledových dnů, počet zamračených a jasných dnů, počet dnů se sněhovou pokrývkou atd. V Quittově (1971) klasifikaci se rozlišuje na Zemi 23 jednotek v oblastech teplá, mírně teplá a chladná. ČR tak podle této klasifikace spadá do tří částí - nížiny spadají do oblasti teplé, střední polohy do oblasti mírně teplé a vyšší polohy do oblasti chladné

Köppenova klasifikace podnebí je nazvána podle svého tvůrce, německého klimatologa V.L.Köppena, představuje tzv. efektivní klasifikaci podnebí a je utvořena podle rozložení teplot vzduchu a atmosférických srážek ve vztahu k vegetaci. V Köppenově klasifikaci (1900) je stanoveno na Zemi 5 hlavních klimatických pásem (značeny velkými písmeny: A, B, C, D, E.) s 12 základními klimatickými typy a dalšími podtypy. ČR tak podle této klasifikace spadá do mírně teplého pásu se stejnoměrným rozdělením srážek a do pásu mírně chladného (boreálního).

Srážky

Srážky jsou pojem zahrnující velkou část hydrometeorů. Jedná se o částice vody, vzniklé kondenzací vodní páry, které padají z oblohy či kondenzují přímo na zemském povrchu. Srážky jsou jednou z hlavních částí koloběhu vody v přírodě. Průměrné množství a frekvence srážek jsou důležitou charakteristikou zeměpisných oblastí.

4.5 Extrémní situace

V hydrologii se o extrémních situacích hovoří v drtivé většině ve dvou situacích a to buď v případě povodní, nebo sucha. Extrémy bývají zcela přirozenou součástí koloběhu přírody, přesto je jimi člověk často překvapen

⁵ ČHMÚ

Hovoří se o tom, že klíčovým důvodem proč přibývá extrémních výkyvů počasí, jsou Globální změny klimatu – u těch existují 4 základní teorie, proč se dějí

- a) skleníkový efekt
- b) účinek extraterestických vlivů, zejména Slunce
- c) počítá s bodem b a navíc počítá s účinkem telekonexí globálních a termodynamických oscilací.
- d) Bere v úvahu dlouhodobé střídání teplých a studených období

Přírodě poručit nejde, ale je klíčové, aby byl člověk připraven zmírnit následky těchto výkyvů. Dále bude zmíněno několik případů problémů a navržena možnost jejich řešení.⁶

Co se týká lokálních problémů, je možné těmto výkyvům zabránit pomocí kvalitně navržených melioračních opatření. Ty zaprvé zabraňují například svahovým odtokům, zadruhé napomáhají pěstování plodin.

Úpravy vodní toku

Vodní tok je vždy organickou součástí krajiny, kterou přímo nebo nepřímo ovlivňuje. Jeho základní funkcí je sloužit jako recipient povrchového odtoku. Ovlivňováním životního prostředí plní též funkci krajinytvorného činitele ve svém okolí. Tyto své přirozené funkce vodní tok neplní bez našeho zásahu. Pro nás je však rozhodující, zda vodní tok své okolí neovlivňuje negativně a nevyvolává škodlivé účinky i pro společnost. Z toho vyplývají požadavky na něj kladené. Jsou to požadavky hospodářské, hydrologické, estetické aj. Především požadujeme přijatelný režim průtoků a vodních stavů. Není-li tento požadavek splněn, dochází k záplavám, nebo naopak k vysoušení okolních pozemků, což kromě záporných hospodářských důsledků (znehodnocování zemědělské půdy, ničení úrody, staveb a zařízení), může za velkých záplav znamenat i ohrožení životů lidí. Požadavkem rovněž je přijatelná stabilita koryta v půdorysu, v podélném i příčném profilu. Dále chceme, aby vodní tok sloužil jako zdroj vody a energie, recipient přečištěných odpadních vod, pro lodní dopravu, sport a rekreaci. Proto se k omezení škodlivých účinků toků a naopak k zvýšení jeho užitečnosti provádí jejich úpravy. Úpravou vodních toků nazýváme všechna technická a biologická opatření, jimiž dosahujeme žádaného účelu, pro který vodní tok upravujeme⁷ cílem, co možná nejvíc snížit případné následky povodní a to jak z hlediska finančního, tak i

⁶⁶ Povodně a změny v krajině – Jakub Lanhamer (editor)

⁷ Malé vodní toky- Kovář Pavel ing. Křovák František ing. (2005)

z hlediska ochrany člověka. Primárním cílem musí být snaha o to zvýšit retenční schopnost krajiny.^{8 9}

Sucha

Vzhledem k mírnému podnebí České republiky nedochází k suchům, které by ohrožovali na životě, přesto může docházet k problémům v zemědělství a problémy může v neposlední řadě způsobit i vysychání podloží a z něj pramenící možnost lesních požárů. Například v roce 2006 při déle trvajícím období bez deště byla hrozba případných požárů i v okolí Vlkavy poměrně velká.

Povodně

Povodeň je hydrologický jev, jehož příčinou jsou srážky, tání sněhu nebo další meteorologické jevy. Projevem se zpravidla výrazným zvýšením odtoku povrchových vod, přechodným zaplavením zemského povrchu či erozními procesy.

Dá se říct, že většinu problémů v posledních letech způsobila absence takřka jakýchkoliv staveb, které by přispívali ke snížení povodňového nebezpečí na vodních tocích v Čechách. Za výjimku by se dala považovat jediné stavba vodních nádrží, které ale v konečném důsledku nejsou samospasitelné. Dalším důvodem, který zapříčinil to, že u nás nebyli lidé na velké povodně připraveni, bylo to, že před velkými povodněmi na Moravě dlouhá léta žádné povodně na našem území neproběhly. To všechno přispělo k tomu, že se v rámci prevence proti povodním začalo takřka s čistým stolem. Nedá se vytvořit něco jako absolutní povodňová ochrana- přesto je cílem, co možná nejvíc snížit případné následky povodní a to jak z hlediska finančního, tak i z hlediska ochrany člověka. Primárním cílem musí být snaha o to zvýšit retenční schopnost krajiny.

Je bráno, že povodně v letech 1997 a 2002 byly to nejextrémnější, co mohlo nastat. Dle studie AV, která použila na test matematické modely, mohou ovšem nastat v Čechách povodně daleko horší. Dle výpočtů totiž ty povodně dosahovali pouze 68%.

Rozvoj matematických modelů, je v současnosti důležitým elementem predikce povodní a zmírňování jejich následků. V současné době se používané modely dělí na 3 kategorie.

⁸ Malé vodní toky- Kovář Pavel ing. Křovák František ing. (2005)

⁹ vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/.../upravy_vod_toku.html

- a) modely používané v operativní hydrologii
- b) modely aplikované pro návrhovou a projekční činnost
- c) modely používané pro výzkum

Jejich výhodou je že jsme schopni z velkého množství vstupů vytvořit poměrně přesný model situace a z něj vyvodit doporučení například pro budoucí plánované stavby, případně doporučit relevantní opatření.¹⁰

Protipovodňové stavby

Protipovodňové stavby jsou takové stavby, které pomáhají povodním předcházet, případně co nejvíce zmírnit následky. Dosah povodní se hodnotí křivka odpovídající průsečnici hladiny vody se zemským povrchem při zaplavení území povodní tzv. Povodňová čára. Záplavové území je administrativně určené území, která mohou být při výskytu povodně zaplavovaná vodou.

Hlavním cílem je vodu za vysokých vodních stavů zadržovat mimo obydlené území jako jsou například vodní nádrže nebo nezastavených údolní nivy, a naopak v oblasti zástavby vodu z území co nejrychleji odvést. Všeobecným trendem v současnosti je snaha o co nejvyšší objem vody zadržené přirozenou retencí je potřeba budovat i tzv. technická protipovodňová opatření. Mezi ně lze zařadit např. stavbu vodních nádrží, protipovodňových hrází a suchých poldrů. V oblasti zástavby je navíc zvýšená potřeba regulace a snaha o co nejmenší znečištění koryta. Mimo zástavbu je nejlepším řešením vedení toku lesem (nejlépe zadržuje vodu). V praxi je to ovšem takřka neproveditelné. Každopádně případy z celého světa ukazují, že mýcení lesů není dobrou volbou.

Vodní nádrže

Krom ochrany před povodní mají funkci zásobní (pitná a závlahová voda, protipožární) dále nadlejšování průtoků – zadrženou vodu je možno v sušším období vypouštět a zachovávat tak níže po toku minimální průtok, zdroj elektrické energie z vodních, rekreační a rybochovná.

Na sledovaném vodním toku se nachází pouze Malé vodní nádrže. Za malé vodní nádrže jsou podle české normy považovány nádrže s akumulačním objemem menším než 2 mil. m³, které jsou zároveň u hráze hluboké nejvýš 9 m.

Stupně povodňové aktivity

Stupně povodňové aktivity dělíme do 3 skupin

První stupeň

¹⁰ Povodně a změny v krajině – Jakub Lanhamer (editor)

Stav bdělosti nastává při nebezpečí povodně. Situaci na vodním toku nebo vodním díle je třeba věnovat zvýšenou pozornost, zahajuje hlídková služba.

Druhý stupeň

Ke stavu pohotovosti dochází v případě, že již nebezpečí přerostlo do skutečné povodně. Při jeho vyhlášení se aktivizují orgány protipovodňové ochrany a provádějí se opatření podle povodňového plánu.

Třetí stupeň

Stav ohrožení se vyhláší při nebezpečí vzniku škod většího rozsahu nebo ohrožení životů a majetku v záplavovém území. Probíhají zabezpečovací práce a v nouzi i evakuace.¹¹

Podmínky vyhlášení SPA

Jednotlivé stupně povodňové aktivity jsou vyhlášeny vždy příslušnými úřady, respektive orgány veřejné správy, a to v případě, že je dosaženo předem stanovených limitů vodních stavů či předem určených mezních průtoků v hlásných místech vodního toku.

4.6 Jakost vod

Znečištění vody lze také považovat za potenciální hydrologické riziko. V současné době je, co se týče kvality vody, situace daleko lepší než v době před rokem 1989. Tehdy docházelo k nekontrolovaným únikům nebezpečných látek do vodstev a to povětšinou od průmyslových podniků. Absence čističek odpadních vod (ČOV) pod většími obcemi a středními městy proměňovala řeky ve stoky. Daleko největším znečišťovatelem vodního prostředí ale bylo a stále je zemědělství. Vlivem přísných zákonů stoupá kvalita vod ve vodních tocích od počátku 90. let 20. století. Můžeme sledovat přehodnocení mnoha důležitých toků v kritických ukazatelích z kategorie velmi znečištěných (IV.) do kategorie znečištěných (III.). Stále však nacházíme mnoho úseků řek řadících se do kategorie silně znečištěných (IV. třída) nebo velmi silně znečištěných (V. třída). Velmi málo toků je neovlivněných, tedy zcela bez znečištění. Jedná se především o horské bystřiny.

4.7 Vzorce

V této kapitole jsou zmíněny vzorce, které jsou v kapitole 5 spočteny

Koeficient tvaru povodí

$$\alpha = (\text{plocha} / \text{délka}^2)$$

¹¹ <http://voda.gov.cz/portal/cz/>

Ukazuje jak moc rozvětvené dané povodí je. Ukazuje možnosti retence.

Tvar P	$P \leq 50 \text{ km}^2$	$P \geq 50 \text{ km}^2$
Vějířovitý	$> 0,26$	$> 0,20$
Přechodný	$0,24 - 0,26$	$0,18 - 0,20$
Protáhlý	$< 0,24$	$< 0,18$

Koeficient souměrnosti

Ideálně, co nejlíže 1.

$$K_s = \left| \frac{P_p - P_l}{P_l + P_p} \right|$$

P_l – plocha levostranných přítoků

P_p – plocha pravostranných přítoků

Průměrná nadmořská výška

$$h_{stř.} = (h_{max} - h_{min}) / 2$$

h_{max} – maximální nadmořská výška v povodí

h_{min} – minimální nadmořská výška v povodí

Sklon povodí

Ukazuje nakolik je řeka svažité

$$I = (\Delta h / L) * 1000 [\text{‰}], \text{ kde } \Delta h = h_{max} - h_{min}$$

h_{max} – nadmoř. výška u pramene

h_{min} – nadmoř. výška ústí

Objem odtoku

Celkový objem odtoklé vody.

$$O_a = Q_a * t \quad t - \text{čas (s)} \rightarrow 1 \text{ rok} = 31,536 * 10^6 P_s$$

Specifický odtok

Vyjadřuje, jaké množství vody odtéká za jednotku času z jednotky plochy povodí, udává se v $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$

$$q = 1000 * Q_a [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] / P [\text{km}^2] \quad P - \text{plocha povodí nad stanicí}$$

Součinitel odtoku (φ):

Udává, kolik procent vody spadlé ve srážkách řekou odtéká, přičemž čím vyšší hodnota, tím lze území charakterizovat jako svažitéjší s nízkou jímavostí

$$\varphi = H_{oa} / H_s \quad H_s - \text{výška srážek spadlých na plochu povodí nad stanicí}$$

5 Metodika

V této části je popsán postup práce od zadání až do získání výstupů. Ty jsou v dalších kapitolách

5.1 Výběr povodí

Prvním krokem ke splnění cílu bylo určení zájmového území neboli povodí daného vodního toku. Vodním tokem byla zvolena Vlkava ve Středočeském kraji. Na povodí daného toku leží i stejnojmenné městečko. Pro účely práce byl jako tok vybrán hlavní tok daného povodí a za uzavírající profil bylo určeno místo, kde s Vlkava vlévá do Labe.

5.2 Sběr podkladů

Předpokladem pro dosažení stanovených cílů byly potřebné podklady, se kterými by se dalo pracovat.

Byly osloveny relevantní místní úřady a dále pak správcové toku a rybníků. Mapové podklady, ze kterých se ve značné části čerpá, byly poskytnuty ČÚZK.

Kromě teoretických údajů o povodí byla oblast i několikrát navštívena a podklady z map byly ověřeny v reálném prostředí. Další potřebné podklady byly též nalezeny v odborné literatuře a v internetových zdrojích.

Pro získávání dat o hydrologii v povodí a srážkách byly dále využívány jako zdroj data z Českého hydrometeorologického úřadu (ČHMÚ). Dalším zdrojem byla dat z Povodí Labe. Pro geografické a geologické informace byli použity mapy z geoportálu cenia. Povodňové plány byly převzaty z Územního plánu Středočeského kraje.

6 Charakteristika území

Délka toku je 35,6 km, plocha povodí je 236,96 km² (ČHMÚ). Řeka se nachází na území Středočeského kraje a protéká okresy Mladá Boleslav a Nymburk. Pramení nedaleko obce Ledce a teče západním směrem. Na cestě proteče obcemi Pěčice, Kosořice, Luštěnice, Strhy Čachovice, Vlkava, Straky, Zbožíčko a Kostomlaty nad Labem, za nimiž se v prostředí přírodní rezervace Mydlovarského luhu vlévá do Labe. Na toku se nachází 3 větší rybníky (Velkoledecký, Mrštín a Vlkavský) a několik menších. Do říčky ústí 6 potoků a několik umělých kanálů – kanály napájí pole v zemědělské oblasti. Řeka Vlkava je tokem II. řádu, ústí do řeky Labe ve východní části České tabule čímž spadá do úmoří Severního moře. Samotný vodní tok je zvýrazněn na mapě č.1 v příloze.

6.1 *Současný stav*

V současné době je tok regulován po celé své délce s výjimkou závěrečného úseku v Mydlovarském luhu. (34,6-35,6).

Začátek toku je upraven a voda teče strouhou uprostřed pastvin, kde jediným krajinným prvkem je vzrostlé rákosí (0-1,2 km). Dále následuje Velkoledecký rybník, o kterém je zmínka výše. V další části teče Vlkava v údolíčku mezi dvěma poli, kde tvoří přirozenou hranici mezi poli (1,5-2,5). Poté se území stává plošším a dále tvoří hranici mezi poli a pastvinami. (2,5-5,5). Na tomto území se do Vlkavy zleva vlévá Svatojiřský potok. Poté se zprava vlévá Semčický potok. Dále následuje Mlýnský rybník (viz výše). Poté voda protéká obcí Pěčice - protéká zde poměrně hlubokou strouhou. Opět mezi poli teče k rybníku Mrštín. Za rybníkem prochází Vlkava korytem, které je vytvořeno z kameninových bloků (9,1-10,1). Dále až k Vlkavskému rybníku teče vodní tok upraveným tokem přes pole. Obce mívají po krajích. Cestou zaznamená dva přítoky z pravé strany (Dobrovku a Stružský potok) a jeden z levé (Jabkenický potok). Dále teče obcemi Straky a Zbožíčko, kde je kanál regulován přísněji. Na 30. kilometru se od říčky odděluje Hronětský náhon, kterým se odvádí část průtoku. Ještě před ním se na 28. kilometru vlévá zleva Stračí potok. Při průtoku Kostomlaty nad Labem teče vodní tok částečně přírodním korytem a částečně korytem, při kterém jsou použity kameny. Za Kostomlaty následuje posledním přítok – tím je potok pojmenovaný Hluboký příkop.

6.2 *Úprava toku*

Vzhledem k tomu že tok Vlkavy byl v průběhu let upravován hlavně kvůli zemědělství, je v současnosti úprava toku do původního stavu prakticky nemožná. Vodní tok byla postupem času připravována na absorpci 50-leté vody a to jak postupným zkapacitňováním toku, tak i

místa betonovými nebo kamennými hrázemi na stranách toku. Ty nejsou povětšinou (snad s výjimkou průtoku Kosořic) vidět. Další část toku je ponechána v pseudopřirozeném stavu. Vedle říčky rostou poměrně vzrostlé stromy, tudíž vše působí docela přirozeně. Obzvláště v tomto vyniká úsek mezi Zbožičkem, kde řeka meandruje a dokonce vytváří malé rybníčky (28,7 km).

6.3 Protipovodňové stavby

V plánech je zatím nerealizovaný návrh stavby poldru nedaleko obce Hronětice (30. km toku) Ta to stavba byla důležitá kvůli dvěma věcem. Tou první byla ochrana nejlidnatější obce na toku (Kostomlat nad Labem). Navíc je pravdou, že poměrně dlouhou dobu před poldrem neleží žádný rybník, který by mohl absorbovat případnou povodňovou vlnu pramenící z přívalových srážek na malém území

Na mapě v příloze (mapa 2.) jsou zakresleny hranice výlevu 100- leté vody zelenou barvou a světle modrou barvou aktivní zóny záplavového území. V zónách aktivního výlevu je zakázáno stavět jakékoli stavby s výjimkou staveb, které napomáhají snižovat povodňové nebezpečí. Obecně nemá Vlkava s povodněmi problémy. Při loňském tání sněhu, kde byl na velké většině horních toků vyhlášen zvýšený stav povodňové aktivity, byla voda v říčce pouze mírně zvednutá. Většinu vody pobrali rybníky na začátku toku. Větší problémy hrozí při letním nakumulování přívalových srážek. Vzhledem k nízkému stupni zalesnění hrozí vylévání vody z polí, jelikož ty nemají dostatečnou akumulaci kapacity.

6.4 Geomorfologické podmínky

Vlkava se nachází v prostředí České tabule. Ta je množinou více geologických celků. Vlkava leží konkrétně v podsoustavě Středolabské tabule, která je budována horninami svrchní křídy, lokálně vystupuje na povrch odkrytý proterozoický a permský podklad. Přesněji leží v Nymburské kotlině, která je tvořena nízkými terasami, údolními nivami a pokryvy navátých písků. V severní části ji tvoří Milovická tabule (se stratigraficky významnou terasovou lokalitou Na Čilečku – plošina VI.terasy (starší riss) Mrliny), střed a jih Sadská rovina (nízká středo a mladopleistocenní terasy Labe; Sánský kanál, významné lokality: opuštěná labská ramena, písečná duna (u Píst) a zbytky typických polabských slatin) a východní okraj Ovčárecká pahorkatina.¹²

¹² http://www.kr-stredocesky.cz/NR/rdonlyres/3A251557-56A5-4116-A550-FE490E6FD78B/0/S_kraj_kapitola_H_TISK.pdf

6.5 Geologické podmínky

Původním podloží jsou druhohorní usazeniny – Pískovce, opuky, jílovce a Čtvrtohorní usazené horniny - hlíny, spraše, štěrky, písky

Při podrobnější analýze u pramene se nachází zpevněné sedimenty vápnité jílovce, slínovce a prachovce, podřadně vložky jílovitého vápence. Od obce Luštěnice přichází změna, nachází se tam pískovce vápnito-jílovité, glaukonitické. Jílovité podloží je pro vedení vody dobré, jelikož propouští malé množství tekutiny, je totiž dobrým izolantem. V okolí obce Vlkava dochází k další změně, nachází se tam písek a štěrk. Ten naopak propouští poměrně hodně. Až k soutoku s Labem se nachází takřka výhradně slínovce s polohami či konkracemi vápenců, rytmy či cykly slínovec - vápenc. Na západ od soutoku existuje či existovala spousta pískoven, které nyní z části slouží jako koupaliště. Přímému toku Vlkavy se týká pouze jezero Ostrá, které sice vzniklo jako slepé rameno Labe, ale je do něj pomocí Hronětického kanálu vedena čerstvá voda z Vlkavy.¹³ (mapa 3)

6.6 Půdní typy

V přímém okolí jsou Hlavně Černice modální (haCHce) a od obce Luštěnice Černice fluvální (nfPH). Ve vzdálenosti několika set metrů u obce Kosořice se nachází Kambizen vyluhovaná pelická (haCMcace). Za Luštěnicemi se nachází Pararendzina arenická (haLPca) a kambická (cmLPca). V okolí obce Všejanya se nachází Regozem Arenická (HaAr) a Pararendzina arenická. Za Strakami Pararendzina kambická (cmLPoa). Zbožíčkem se v blízkosti koryta řeky nachází organozem. Na konci toku za Kostomlaty je nejprve Regozem Arenická a po přechodu pole v lužní les Fluvizem modální.

6.7 Bioregiony

Vlkava protéká dvěma bioregiony. Těmito regiony jsou Poděbradské Polabí a Rožďálovecká tabule. Rožďálecká tabule leží severněji. Poděbradská naopak jižněji.¹⁴

Rožďálecká tabule

Rožďálecká tabule je část, která leží na toku blíže k prameni. Podloží tvoří uloženiny svrchnoturonských až konických slínovců a vápnitých jílovců (svrchní křída). Okrsek Rožďalovická tabule jako součást podcelku Mrlinská tabule patří do celku Středolabská

¹³ <http://geoportal.gov.cz/web/guest/home>

¹⁴ <http://geoportal.gov.cz/web/guest/home>

tabule. Plochá pahorkatina s výrazněji zvlněným erozně denudačním reliéfem odlehliků a svědeckých vrchů. Široce rozevřená údolí stromovité vodní sítě. Uplatňují se především kambizemě pelické a pseudoglejové, místy pseudogleje. V okolí rybníků jsou rákosovité porosty, na které navazují luční porosty. Lesy jsou převážně tvořeny habrovými doubravami.

Poděbradské Polabí

Povrch bioregionu tvoří z velké části sedimenty kvartéru, jednak v různé míře písčité až jílovité hlíny labské nivy, jednak štěrkopísky až písky nižších teras, které pokrývají rozsáhlé plochy. Nivu zpestřují výplně četných zazemněných ramen (hnilokaly, humózní jíly a jemné písky, místy zakončené tvorbou slatiny). Na hranách teras a svědeckých vyvýšeninách nacházíme výchozy staršího podloží, které naprostou většinou pozůstává z turonských slínů a slínovců. Bioregion zaujímá široké dno ploše rozevřeného údolí Labe, tj. vlastní nivu a nízké terasy¹⁵

6.8 Současný stav krajiny

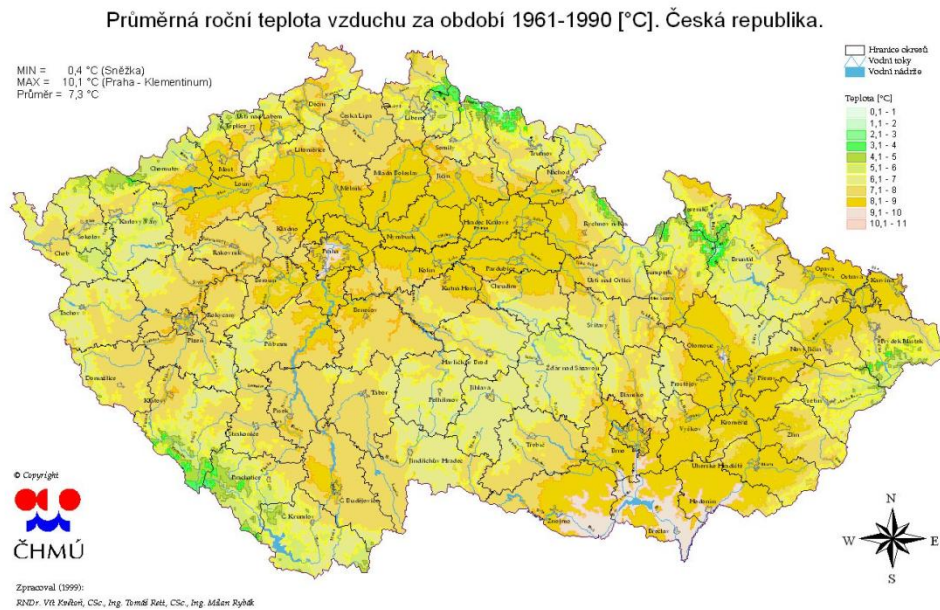
Okolí řeky je v současné době, až na oblast soutoku s Labem poznamená intenzivní zemědělskou činností. Pravdou je, že zemědělská činnost je vzhledem k rovinatému profilu okolí nejvýhodnější. V blízkém okolí se nevyskytují prakticky žádné pastviny. Lužní les v okolí ústí do Labe je převážně Bukový a je součástí přírodní rezervace Mydlovarský luh -ten je velký 168,7 ha. Tento luh vznikl ve 20. letech minulého století, když byl regulován tok Labe. Na jeho území se nachází mokřiny a to ať živé a průtočné tak se stojatou vodou. Součástí je Farský potok, což je v podstatě odbočka z Vlkavy, která se do Labe vlévá o několik kilometrů dále po proudu a během této cesty vytvoří několik močálů. Přítoky říčky krom Jabkenického potoka také protékají na většině svých toků pouze poli a i tyto potoky jsou regulovány a povětšinou tvoří hranici mezi různými typy plodin, které jsou pěstovány na přilehlých polích. Jabkenický potok pramení v jehličnatém lese na východě našeho zájmového regionu. Lesem teče přibližně 5,5 km. Les se v průběhu změny z jehličnatého na listnatý.

6.9 Klimatické poměry

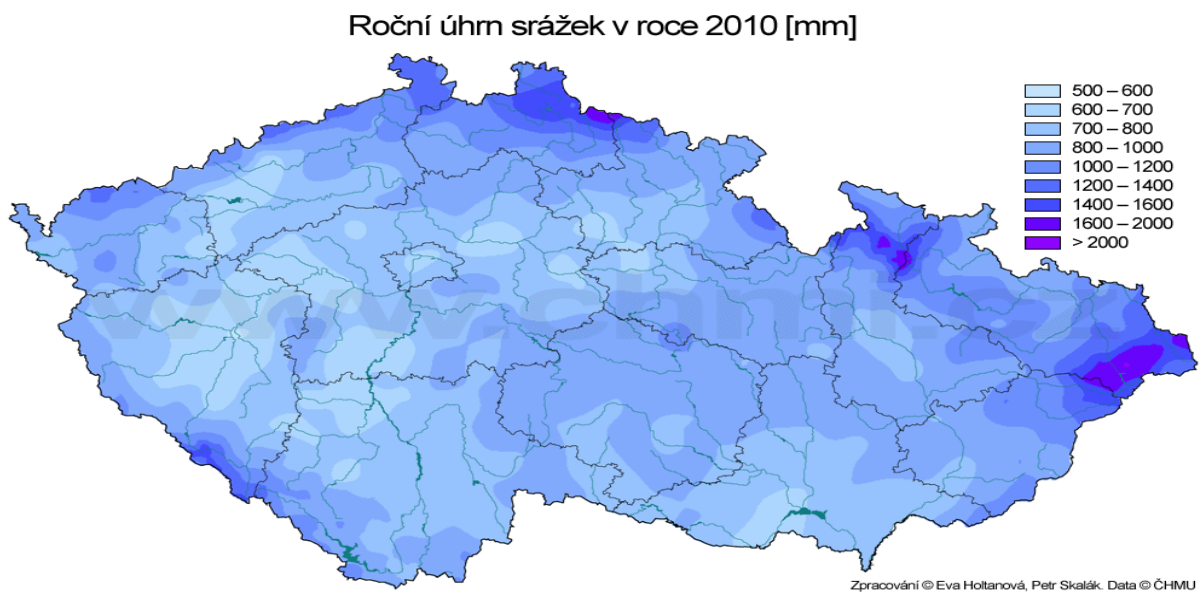
Většina území České republiky spadá do vlhkého, mírně teplého podnebí se suchou zimou, střední a vyšší polohy do vlhkého, mírně chladného podnebí se studenou zimou a na

¹⁵ chranene-uzemi.sije.cz/strane-splav/index2.php

hřebenech Krkonoš a Jeseníků se vyskytuje chladné podnebí a na jihu Moravy a v Polabí se nachází sušší teplé podnebí.



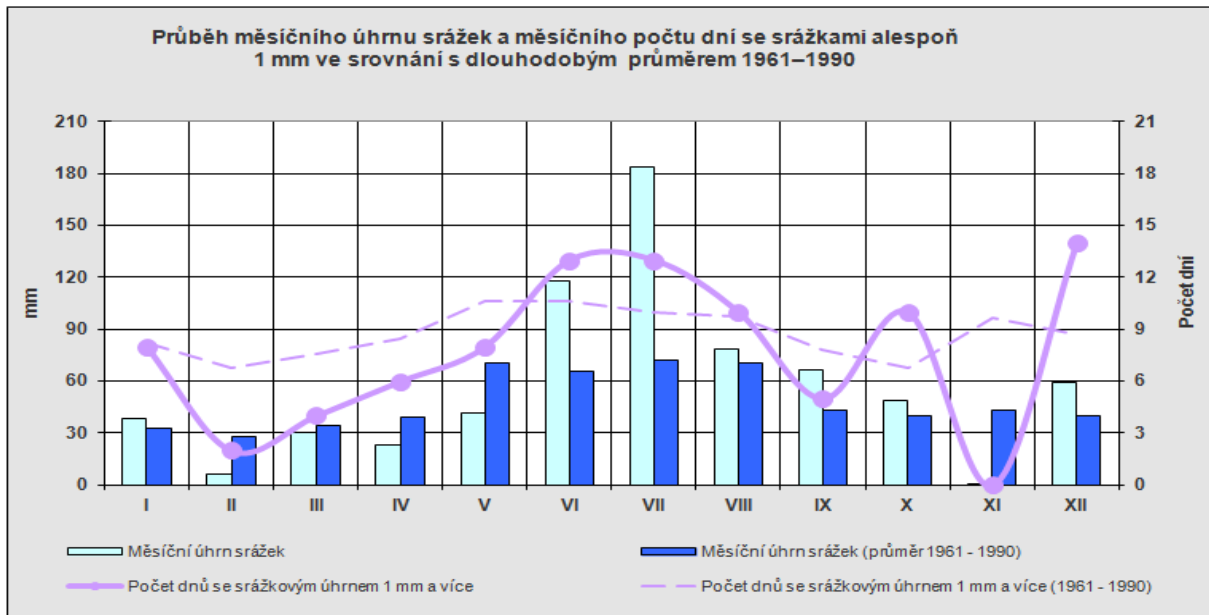
6.10 Srážky



Mapa 2 ČHMÚ

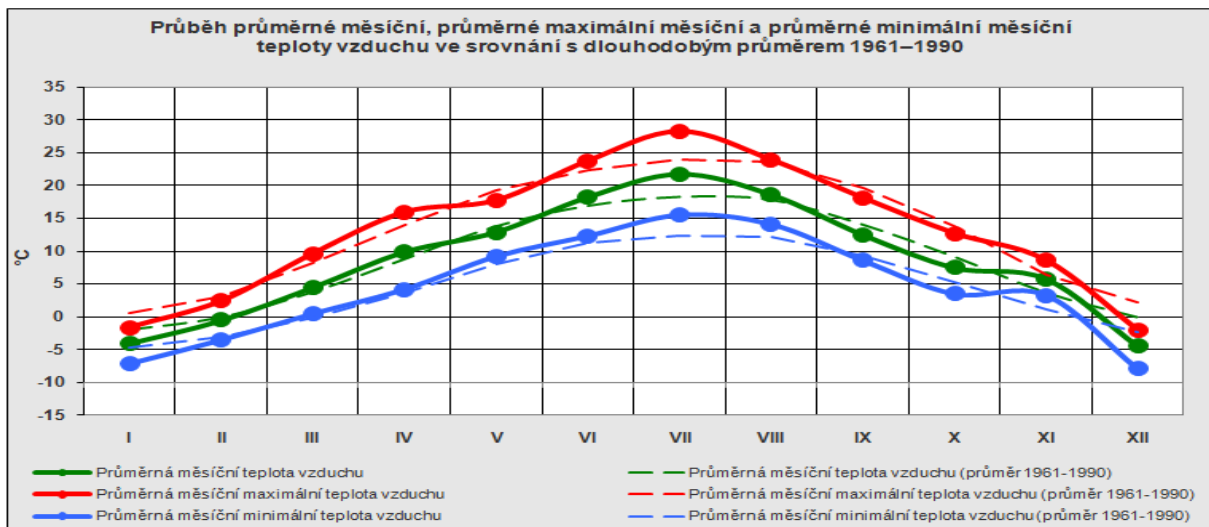
Z předcházející mapy vyplývá, že sledovaná oblast Vlkavy, je jednou z nejsušších v zemi. V roce 2010 byl úhrn srážek v průběhu mezi 500-700 mm. Nejvíce srážek padá v dané oblasti v měsících červenci a červnu. V těchto měsících je společně s prosincem i největší počet dnů,

kdy naprší alespoň 1 mm srážek.



Graf 1

Teplota vzduchu

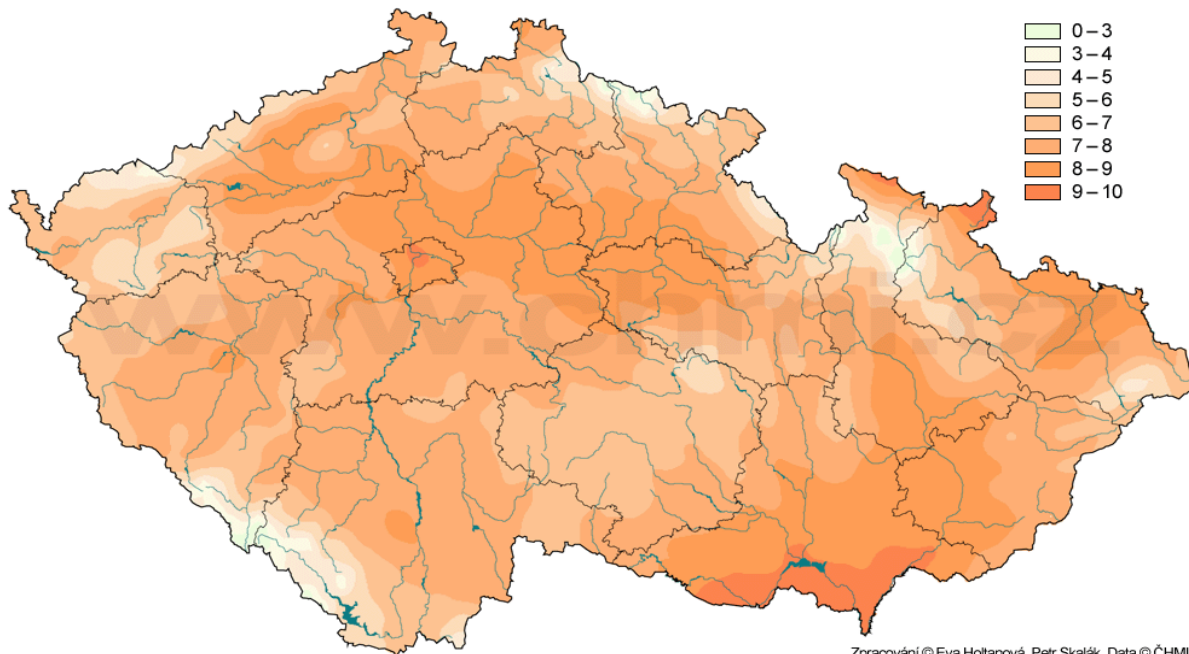


Graf 2.

Průměrná roční teplota se v dané oblasti pohybuje od 8 do 9 stupňů Celsia. Vzhledem k nevýznamnému převýšení teplota příliš místně nekolísá. V průběhu roku je nejteplejším měsícem červenec a nejstudenějším bývá buď prosinec, nebo leden.

Průměrná vlhkost kolísá okolo 77%. Nejvyšší bývá v listopadu a prosinci (82) a nejnižší v červenci a srpnu (72). Dalo by se proto říct že teplota vzduchu jde obrácenou cestou než průměrná teplota.¹⁶

Průměrná roční teplota vzduchu za období 1961–1990 [°C]



Mapa 3 (ČHMÚ)

6.11 Vodohospodářské stavby na toku

Tok Vlkavy je upraven od svého ústí až po Mydlovarský luh, kde ústí do Labe. Horní tok byl upravován v průběhu minulého století a je charakterizován spoustou drobných přítoků a na rozdíl od dolní části toku není zde moc uměle vybudovaných kanálů. Naopak přibližně od Luštěnic přibývá uměle vytvořených kanálů, které se používají k zavlažování polí, případně k napájení rybníků a rybníčků v okolí toku.

Vodní Nádrže

Celkem na území povodí leží 32 rybníků, u nichž Povodí Labe provádělo měření velikosti a je u nich sledována schopnost retence a možnost zmírňování případných povodňových vln.¹⁷ Drtivá většina rybníků je využívána k rybolovu. Rybníky jsou obhospodařovány Rybářstvím Chlumecké nad Cidlinou. Na většině rybníků jsou ryby přikrmovány automatizovanými systémy (obr. 4).

Velkoledecký rybník

¹⁶ ČHMÚ a Atlas Podnebí

¹⁷ <http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/default.aspx>- platí i pro podbody

Rybník ležící severozápadně od obce Ledce Voda je do rybníku přiváděna Vlkavou a dvěma nepojmenovanými potůčky, rybník má poměrně velkou schopnost retence. Při velikosti 7,4 ha má V_c 150 tis m³ a V_r 45 tis m³. Což samozřejmě pomáhá i transformaci povodňových vln. Jedná se o průtokový rybník se sypanou hrází

Mlýnský rybník

Leží u obce Pěčice. Jedná se o průtokový rybník. Vesnicí prochází voda dvěma nezávislými kanály. Hráz je sypaná. Velikost je 8 ha. V_c 60 tis m³ a V_r 25 tis m³. Ve srovnání s Velkoledeckým rybníkem je větší, přesto pobere daleko méně vody.

Rybník Mrštín

Průtokový sypaná hrát. Leží východně od obce Kosořice, za hlavním rybníkem je ještě malé přírodní jezírko. Za ním je voda z přirozeného koryta vyvedena a přes obec vedena kamenným profilem. Velikost je 7,6 ha. V_c je 100 tis m³. V_r je 42 tis m³.

Vlkavský rybník

Jedná se o boční rybník nacházející se mezi obcemi Vlkava a Čachovice. Byl vybudován v 15. století. Hlavním důvodem byl dostatek vody pro Mlýn, který stával kousek pod hrází.

Velikost Vlkavského rybníku je 17,4 ha. V_c je 320 tis m³. V_r je 100 tis m³. Hráz je sypaná a na jejím vrcholu je vedena silnice spojující Vlkava a Čachovice.

Odkaliště Dobrovice

Speciálním případem vodních nádrží je odkaliště Dobrovice. To neleží přímo na říčce Vlkavě, nýbrž na jednom z jejích přítoků - Dobrovické stoce. Jedná se o odkalovací nádrže místního cukrovaru a lihovaru.

V současnosti je zde nádrž sloužící k usazování zeminy z prací vody z cukrové řepy. Její celková kapacita je cca 360 000 m³ (z toho sedimentační cca 356 000 m³, čerpací cca 4 000 m³). Cukrovar ročně produkuje zeminy z praní řepy v množství cca 50 000 m³, tomu odpovídá roční čerpané množství hydrosměsi cca 150 000 m³. Proto je v sousedství stávající nádrže K3 připravována nová sedimentační nádrž K4 (o ploše 9,9322 ha se zařazením 4,8379 ha do II. třídy ochrany, 4,7614 ha do III. a 0,3329 ha do IV.). Po realizaci se bude operativně střídát režim jednotlivých nádrží - plavení × sedimentace a vysychání × odtěžování sedimentu. V terénu bude nádrž K4 vymezena novou sypanou zemní hrází z místních zemin se sklony svahů 1:2,5. Koruna hráze široká 5 m výškově naváže na korunu stávající hráze K3 a bude situována v konstantní výškové úrovni na kotě 230,00 m n. m. (Bpv) – tzn. výška hráze bude vůči okolnímu svažitému terénu proměnlivá od cca 8,00 m do cca 0,50 m. Na jihozápadě bude nádrž K4 oddělena od kalového rybníku K3 stávající sypanou hrází. V jihozápadní části prochází oblastí nové nádrže K4 otevřené koryto Dobrovické stoky. Ve fázi, kdy se nádrž K4 naplní sedimentem, odčerpá se z ní veškerá voda do K3, nádrž K4 se

nechá vyschnout a následně se odvodněný sediment (zemina) odtěží a z nádrže vyvozí. V této době se bude hydrosměs plavit do sousední nádrže K3. Po naplnění nádrže K3 sedimentem se tento přečerpá sacím bagrem do sousední nádrže K4, kde dojde k jeho odvodnění a odtěžení.

Kapacita: odkaliště o ploše 9,9322 ha a objemu 360 000 m³ i

Další rybníky

Krom výše zmiňovaných leží přímo na toku Vlkavy několik menších rybníčků, které plní úlohu lokální zásobárny vody, případně jsou pozůstatkem změny vedení vodního toku.

Pro doplnění je třeba zmínit ještě větší rybníky na přítocích a jeden takřikajíc na odtoku. Z těch největších je třeba zmínit Kosořický rybník na Jabkenickém potoce (V_c je 200, V_r je 70 při velikosti 7,9 ha) a například Kamenec na Svatojiřském potoce (V_c je 55 V_r je 30 při velikosti 4,8 ha).

Jako speciální nádrž je třeba zmínit jezero Ostrá, které je napájeno z Vlkavy Hronětickým náhonem. Toto jezero vzniklo po regulaci řeky Labe a je zároveň i pozůstatkem po těžbě písku. Ten se těžil v místech po napřímení – zůstali po něm jezírka a laguny. Samo jezero v dnešní podobě bylo otevřeno pro turisty v 50. letech. Velikost je přibližně 9 ha, jelikož se vzhledem k původu a návaznosti na to Labe nedá hovořit přímo o jasně definovaném konci jezera na jižní straně

Čistírny odpadních vod

Na území toku je postaveno několik Čističek odpadních vod. Ty byly v drtivé většině postaveny v posledních i díky prostředkům z fondů Evropské unie Čističky jsou postaveny v obcích Luštěnice, Čachovice, Zbožíčko a v Kostomlatech nad Labem a Ledce. Další ČOV se nachází v Jabkenicích u stejnojmenného potoka. U většiny obcí je ke kanalizaci připojeno okolo 90% obyvatel. Kapacita průtoku čističek je od 50 m³/den v Ledcích po 330 m³/den v Kostomlatech nad Labem.

Název katastrálního území (KÚ) lokalizace ČOV	Vypouštění vyčištěných odpadních vod do vodního recipientu, název	Identifikační číslo vypouštěných odpadních vod	Počet obyvatel s trvalým pobytem v odkanalizovaných obcích nebo ČO na ČOV NEUVAŽOVAT	Počet obyvatel připojených na ČOV tj. současný stav	Počet ekvivalentních obyvatel (EO) připojených na ČOV tj. současný stav podle přítoku	Projektovaná kapacita Q_d m^3 /den	Projektovaná kapacita kg BSK ₅ /den	Projektovaná kapacita počet EO	Způsob čištění odpadní vody: mechanické	Způsob čištění odpadní vody: mechanicko-biologické	Způsob čištění odpadní vody: dočištění	Způsob čištění odpadní vody, odstranění dusíku	Způsob čištění odpadní vody, odstranění fosforu	Způsob čištění odpadní vody, jiné	Stabilizace kalu	Požizovací cena uvedených objektů podle orientačních ukazatelů tis. Kč
Ledce u M Vlkava		432272	302	277	247	50	30	500	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE	Žádná	4 830,0
Luštěnice	Stružský p.	432124	1 900	1 886	1 096	260	120	2 000	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE	Žádná	16 952,0
Nepřevázek	Dobrovka	432120	362	340	730	150	48	800	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE	Aerobní	7 522,0
Semčice	Semčický	432183	590	241	82	38	15	250	NE	ANO	ANO	ANO	NE	NE	Žádná	2 468,0
Kostomlat	Vlkava	432282	1 660	1 245	2 000	330	120	2 000	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	Aerobní	14 068,0
Zbožíčko	Vlkava	432280	30	30	60	140	60	1 000	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	Aerobní	5 682,0

Tabulka 1 (www.kr-stredocesky.cz/Vybraneudajemajetkoveaprovoznievvidence.xls)

6.12 Měřicí hydrologická zařízení

Hydrologické stanice

Na toku Vlkavy leží jediné vodočetné zařízení. Nachází se o u obce Čachovice pod Vlkavským rybníkem, přesněji pod železničním mostem. Na žádném z přítoků hydrologická stanice neleží. Tato stanice ukazuje průměrný roční průtok $0,430 [m^3 s^{-1}]$

Meteorologické stanice

Na ploše povodí je nainstalovaná jediná automatická stanice ČHMÚ. Můžeme zde najít i několik dobrovolnických stanic (například v Čachovicích). Kvůli přesnosti a stabilitě zdroje jsem v práci použil pouze data z oficiální stanice v Semčicích. Tato stanice funguje od roku 1909, tudíž její roční údaje vypovídají o průměrech velmi dobře. Tato stanice leží ve výšce 234 m. n. m., což je o 56 metrů výš, než je nadmořská výška na soutoku s Labem.

6.13 Jakost vod

Odběr vzorků pro laboratorní zjištění jakosti vody v toku Vlkavy bylo prováděno ČHMÚ jednou za měsíc. Na toku byla využívána dvě odběrová místa. První bylo v obci Kosořice pod mostem, druhé v Hroneticích.¹⁸

Profil Kosořice

Na tomto profilu bylo prováděno měření v roce 2008 každý měsíc, měření bylo zaměřeno hlavně na látky obsažené v těžkých hnojivech, jelikož na vodním toku před měrným místem se nenachází žádný průmyslový podnik, pouze velké množství polí. Přesto nebyla u žádné ze

¹⁸ ČHMÚ

zkoumaných látek překročena limit. Zkoumán byl kyslík rozpuštěný v terénu, dusík amoniakální, dusík dusitanový, dusík dusičnanový, fosfor celkový.

Profil Hronětice

Na tom profilu byla prováděna měsíční měření po delší dobu a i počet chemicky zkoumaných látek byl větší. Navíc se zde krom chemických činitelů zkoumaly i biotičtí činitelé. Vzhledem k tomu, že se na toku před měrným místem nachází i průmyslové podniky byla na toku prováděna měření na obsah látek nejen zmíněných u profilu Kosořice, ale například i na Arsen, nikl a další kovy. Krom toho jsou zde měřeny i obsahy bakterií. V rámci měření bylo zjištěno překročení normovaných hladin u Dusičnanového dusíku - hodnota činila 19,5 mg/l,

6.14 Chráněná území

Přímo na úseku Vlkavy leží chráněné území mydlovarský luh, který byl vyhlášen 23. 6. 1989. Přírodní rezervace Mydlovarský luh je jedním z posledních zachovalých komplexů lužních lesů v Polabí s výskytem celé řady rostlinných a živočišných druhů lužního biotopu. Chráněné území se nachází na pravém labském břehu mezi obcemi Kostomlaty nad Labem a Ostrá v oblouku levostranném labském meandru. Původně se lužní lesy rozprostíraly v celé labské nivě a nivě jeho přítoků. Příchodem člověka do polabské krajiny docházelo postupně k odlesňování a jejímu využívání jako zemědělské půdy. V Mydlovarském luhu jsou zastoupeny především podmáčené olšiny a dubojilmový luh s řadou depresí, periodicky zaplavovaných vodou a s rameny, kterými protéká Farský potok a s několika tůněmi uvnitř lesního komplexu. Z významných druhů zde byla zjištěna ladoňka dvoulistá (*Scilla bifolia*), sněženka podsněžník (*Galanthus nivalis*) a kruštík polabský (*Epipactis albensis*), z živočichů rosnička zelená (*Hyla arborea*), slavík obecný (*Luscinia megarhynchos*) a ledňáček říční (*Alcedo atthis*).

Dále se dá mezi chráněná území zařadit i Přírodní park Jabkenicko, který neleží přímo u říčky Vlkavy, ale pramení zde největší přítok říčky - Jabkenický potok. Hlavním důvodem k vyhlášení parku byla souvislá plocha lesů, nepřítomnost větších sídlišť a soustavy převážně lesních rybníků zásobovaných vodou z lesních komplexů a tudíž neznečištěných smyvem z polí a odpady z obcí. Jedná se o soustavu rybníků na Jabkenickém potoce, z nichž největší je

rybník Vidlák a dále soustavu na Hladoměřském potoce a celou řadu drobných rybníčků na lesních potocích.¹⁹

Rekonstrukce tůň v Mydlovarském luhu

V letech 2003-04 byly revitalizovány tůně v Mydlovarském luhu. Náklady na tuto stavbu činily 6,66 milionu

Lužní les se starými labskými rameny, protékanými říčkou Vlkavou, chráněný jako přírodní rezervace. Soustava ramen byla z více než 2/3 objemu zazeměná, volná vodní plocha ustupovala souvislým rákosinám.

Akci předcházely několikaleté přípravy, zahrnující biologické průzkumy, projednání příslušných podmínek a výjimek státní ochrany přírody a projednání podmínek uložení sedimentů z tůň na blízké polnosti. Se zřetelem k ochrannářským zájmům byl citlivě stanoven rozsah těžení sedimentů, který nezasahoval celkovou plochu příbřežních rákosin.



Hlavaté vrby po řezu



Sací bagr na tůň



Sediment na poli



Hlavní tůň po odtěžení, část rákosin byla ponechána

¹⁹ http://www.rozhlas.cz/priroda/krasy/_zprava/mydlovarsky-luh-prirodni-rezervace--563995

Odbahnění bylo provedeno na podzim roku 2003 mokrou cestou - sacím bagrem. Bahno z tůní ve směsi s vodou mohlo být díky plochému terénu neškodným způsobem rozptýleno na blízka pole. Pomístně bylo pročištěno koryto, spojující jednotlivá ramena - tůně. Na dvou místech se uskutečnily zásahy do břehových porostů, spočívající v obnově řezu vrb na hlavu, částečné probírce porostu a nových výsadbách vhodných dřevin, hlavně vrb.²⁰

²⁰ <http://old.ochranaprirody.cz/praha/index.php?cmd=page&id=4103>

7 Výpočty a výsledky

Plocha povodí – 236,96 km²

Délka povodí – 35,6 km

Koeficient tvaru povodí - $\alpha = (\text{plocha} / \text{délka}^2)$

$$- \alpha = 0,2$$

Koeficient 0,2 značí protáhlý tvar povodí (rozptyl 0-0,20). Protáhlý tvar má výhodu v tom, že se na dolním toku nesetká více povodňových vln. To znamená snadnější přípravu na ně. Toto číslo je ale bodem zlomu a bíd plocha povodí větší patřilo by už do kategorie vějířovitých.

Koeficient souměrnosti

$$K_{BsB} = |P_p - P_l| / (P_{BlB} + P_{pB})$$

P_{Bl} – plocha levostranných přítoků

$$K_{BsB} = |79,8 - 157,16| / (79,8 + 157,16)$$

P_{pB} – plocha pravostranných přítoků

$$K_{BsB} = 0,32 \quad P_l = 157,16 \text{ km}^2, \quad P_r = 79,8 \text{ km}^2$$

Průměrná nadmořská výška

$$h_{Bstř.} = (h_{max} - h_{min}) / 2$$

h_{max} – maximální nadmořská výška v povodí

$$h_{stř.} = (267 + 178) / 2$$

h_{min} – minimální nadmořská výška v povodí

$$h_{stř.} = 222 \text{ m.n.m.}$$

$$h_{max} = 267 \text{ m.n.m.} \quad h_{min} = 178 \text{ m.n.m.}$$

Vzhledem k tomu že převýšení není nikterak rozdílné, vychází i průměrná nadmořská výška nerozdílně od obou mezních hodnot.

Sklon Vlkavy

$$I = (\Delta h / L) * 1000 [\text{‰}], \text{ kde } \Delta h = h_{max} - h_{min}$$

$$I = (54 / 35,6 * 10^3) * 10^3$$

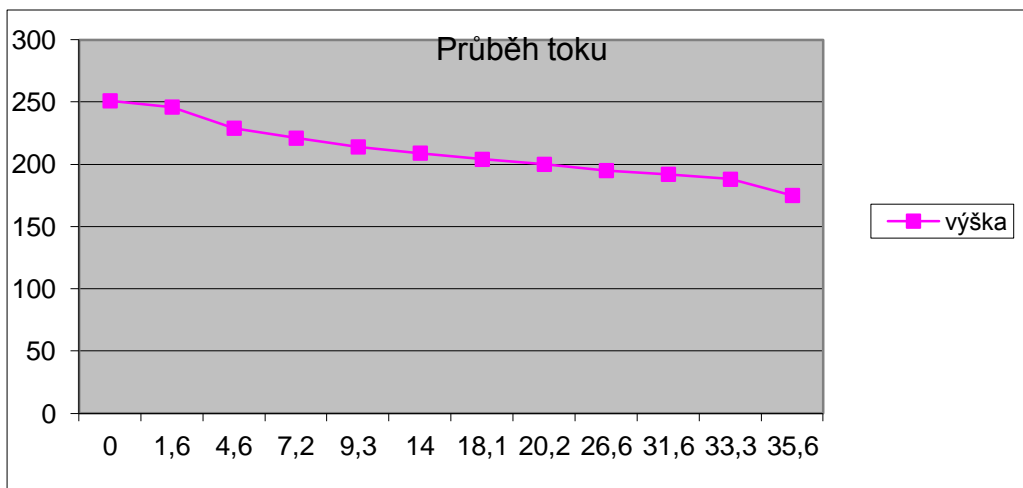
h_{max} – nadmoř. výška u pramene

$$I = 7,4 \text{ ‰}$$

$h_{max} = 229 \text{ m.n.m.}$

h_{min} – nadmoř. výška ústí = 175 m.n.m.

Větších sklonů dosahuje Vlkava hlavně na začátku toku. V průběhu se velikost klesání snižuje, což dokazuje následující graf



Souměrnost povodí

Jedná se o značně nesouměrné povodí. Plochy pravo a levostranných přítoků jsou v poměru přibližně 1:2.

Průtok

Průměrný měsíční (Q_m) a roční (Q_a) průtok na hydrologických stanicích v povodí

Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Průměr
0,486	0,765	0,786	0,413	0,386	0,395	0,348	0,316	0,216	0,23	0,269	0,54	0,429167

Objem odtoku

$$O_a = Q_a * t \quad t - \text{čas (s)} \rightarrow 1 \text{ rok} = 31,536 * 10^6 * P_s$$

$$O_a = 0,429 * 31,536 * 10^6$$

$$O_a = 13,534 \text{ mil. m}^3$$

Objem odtoku na stanici Čachovice činí 13,534 mil. m³

Specifický odtok

$$q_{\text{Čachovice}} = 1000 * Q_a [\text{m}^3 * \text{s}^{-1}] / P [\text{km}^2] \quad P - \text{plocha povodí nad stanicí}$$

$$q_{\text{Čachovice}} = 1000 * 0,429 / 165,95$$

$$q_{\text{Čachovice}} = 2,5861 * \text{s}^{-1} * \text{km}^{-2}$$

Specifický odtok bývá obecně největší blíže k pramenům, leč vzhledem k jedinému odběrovému místu se nedá tato informace pro dané povodí potvrdit

Odtoková výška

$$H_o = (O_a / P) * 10^6 - \text{plocha povodí nad stanicí}$$

$$H_o = 0,013534 / 165,95 * 10^6 \quad O_a - \text{průměrné odečtené množství v km}^3$$

$$H_o = 88,55 \text{ mm}$$

Součinitel odtoku(φ): Čachovice

$$\varphi = H_{oa} / H_s \quad H_s - \text{výška srážek spadlých na plochu povodí nad stanicí}$$

$$\varphi = 165 / 598,5 \quad H_s (\text{Semčice}) = 598,5 \text{ mm}$$

$$\varphi = 0,135 \text{ (13,5 \%)}$$

Součinitel odtoku vychází poměrně nízký, to znamená, že množství vody, která spadne na daném území a steče do vodních toků, není příliš velké. Hlavním důvodem je velice nízká svážitost po celé délce. Proto se většina vody buď rychle vsákne do půdy na polích a na pastvinách nebo tam při velkém nasycení stojí. Dalším důvodem je poměrně značné množství rybníků, ze kterých se voda rychleji odpaří.

N- leté maximální průtoky Vlkava

Zde je třeba primárně zmínit, jaké jsou maximální n-leté průtoky. Při průměrné ročním průtoku $0,430 \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$ jsou to tyto

$$n_1 - 9,90 \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$$

$$n_5 - 20,9 \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$$

$$n_{10} - 26,5 \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$$

$$n_{50} - 41,5 \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$$

$$n_{100} - 48,8 \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$$

Stupně povodňové aktivity jsou tyto- bdělost 100 cm

pohotovost 130 cm

ohrožení 160 cm

Jedná se o hodnoty měřené v měrném profilu Čachovice



N-leté maximální průtoky spočteny modelem DesQ-MaxQ

Pro sestavení modelu byly zadány parametry výpočtu pro typ povodí Dva svahy, Varianta 1, stanovení N-letých průtoků.

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	236			[km ²]
F _s	plocha svahu		157	79	[km ²]
I _s	průměrný sklon svahu		1,2	2,1	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6,82	7,81	[sec]
L _u	délka údolnice	236			[km]
I _u	průměrný sklon údolnice	0,74			[%]
CN _{typ}	typ odtokové křivky(1,2,3)		1	1	[...]
CN	číslo odtokové křivky		79	79	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H _{1d5}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	52,6			[mm]
H _{1d10}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	63,1			[mm]
H _{1d20}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	74			[mm]
H _{1d50}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	87,9			[mm]
H _{1d100}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	98			[mm]

Výpočet pro N-5 let

VÝSTUPNÍ VELIČINY N = 5 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN _{pr}	přepočtené číslo CN - typ		61,7	61,7	[...]
R _p	potenciální retence povodí		157,6	157,6	[mm]
L _s	průměrná délka svahu		0,67	0,33	[km]
L _{so}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,75	0,35	[km]
Kritický déšť					
t _{dk}	doba trvání deště		826	410	[min]
i _{dk}	intenzita deště		0,058	0,106	[mm.min ⁻¹]
H _{dk}	výška deště		48,3	43,3	[mm]
t _{1dk}	doba bezodtokové fáze		12	7	[min]
t _{spk}	doba trvání přítoku		814	403	[min]
i _{spk}	intenzita přítoku		0,014	0,022	[mm.min ⁻¹]
H _{spk}	výška přítoku		11	9,1	[mm]
Výpočtový déšť					
t _d	doba trvání deště	300			[min]
i _d	intenzita deště	0,138			[mm.min ⁻¹]
H _d	výška deště	41,3			[mm]
t ₁	doba trvání bezodtokové fáze	5	5	5	[min]

t_{sp}	doba trvání přítoku		295	295	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		0,028	0,028	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		8,3	8,3	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		565	360	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		0,028	0,028	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		8,3	8,3	[mm]
i_{so}^{max}	max. intenzita odtoku ze svahu		0,008	0,019	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	45	20,1	24,9	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	1,96	1,3	0,655	[10 ⁶ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	295	295	295	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	4882	4882	1344	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	5177	5177	1639	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{1d5}					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	3,03	2,02	1,02	[10 ⁶ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	295	295	295	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	8931	8931	2549	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	9226	9226	2844	[min]

Výpočet pro N-10 let

VÝSTUPNÍ VELIČINY N = 10 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přepočtené číslo CN - typ		61,7	61,7	[...]
R_p	potenciální retence povodí		157,6	157,6	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,67	0,33	[km]
L_{so}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,75	0,35	[km]
Kritický déšť					
t_{dk}	doba trvání deště		701	343	[min]
i_{dk}	intenzita deště		0,082	0,152	[mm.min ⁻¹]
H_{dk}	výška deště		57,3	52,1	[mm]
t_{1dk}	doba bezodtokové fáze		44	24	[min]
t_{spk}	doba trvání přítoku		657	319	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		0,021	0,036	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		13,7	11,4	[mm]
Výpočtový déšť					

t_d	doba trvání deště	300			[min]
i_d	intenzita deště	0,171			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	51,2			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	21	21	21	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		279	279	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		0,04	0,04	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		11	11	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		476	303	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		0,04	0,04	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		11	11	[mm]
i_{so}^{max}	max. intenzita odtoku ze svahu		0,014	0,033	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	79,6	35,6	44,1	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	2,6	1,73	0,872	[10 ⁶ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	279	279	279	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	3510	3510	961	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	3789	3789	1240	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{1d10}					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	3,85	2,56	1,29	[10 ⁶ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	279	279	279	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	6137	6137	1687	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	6416	6416	1966	[min]

Výpočet pro N-20 let

VÝSTUPNÍ VELIČINY N = 20 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přepočtené číslo CN - typ		61,7	61,7	[...]
R_p	potenciální retence povodí		157,6	157,6	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,67	0,33	[km]
L_{so}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,75	0,35	[km]
Kritický déšť					
t_{dk}	doba trvání deště		675	327	[min]
i_{dk}	intenzita deště		0,101	0,194	[mm.min ⁻¹]
H_{dk}	výška deště		68,3	63,3	[mm]
t_{1dk}	doba bezodtokové fáze		102	53	[min]

t_{spk}	doba trvání přítoku		573	274	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		0,027	0,049	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		15,6	13,3	[mm]
Výpočtový déšť					
t_d	doba trvání deště	300			[min]
i_d	intenzita deště	0,209			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	62,7			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	49	49	49	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		251	251	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		0,052	0,052	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		13,1	13,1	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		414	264	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		0,052	0,052	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		13,1	13,1	[mm]
i_{so}^{max}	max. intenzita odtoku ze svahu		0,019	0,047	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	112	50,1	62	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	3,09	2,06	1,03	[10 ⁶ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	251	251	251	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	2965	2965	810	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	3216	3216	1061	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{1d20}					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	4,33	2,88	1,45	[10 ⁶ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	251	251	251	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	4838	4838	1315	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	5089	5089	1566	[min]

Výpočet pro N-50 let

VÝSTUPNÍ VELIČINY N = 50 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přepočtené číslo CN - typ		61,7	61,7	[...]
R_p	potenciální retence povodí		157,6	157,6	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,67	0,33	[km]
L_{so}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,75	0,35	[km]
Kritický déšť					

t_{dk}	doba trvání deště		726	345	[min]
i_{dk}	intenzita deště		0,115	0,229	[mm.min ⁻¹]
H_{dk}	výška deště		83,6	79	[mm]
t_{1dk}	doba bezodtokové fáze		197	99	[min]
t_{spk}	doba trvání přítoku		529	246	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		0,032	0,06	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		17	14,8	[mm]

Výpočtový dešť

t_d	doba trvání deště	300			[min]
i_d	intenzita deště	0,261			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	78,2			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	87	87	87	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		213	213	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		0,068	0,068	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		14,5	14,5	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		363	232	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		0,068	0,068	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		14,5	14,5	[mm]
i_{so}^{max}	max. intenzita odtoku ze svahu		0,023	0,057	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	137	61	75,6	[m³.s⁻¹]

Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm

W_{PVT}	objem povodňové vlny	3,41	2,27	1,14	[10 ⁶ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	213	213	213	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	2819	2819	765	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	3032	3032	978	[min]

Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{1d50}

W_{PVT}	objem povodňové vlny	4,5	3	1,51	[10 ⁶ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	213	213	213	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	4215	4215	1143	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	4428	4428	1356	[min]

Výpočet pro N-100 let

VÝSTUPNÍ VELIČINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přepočtené číslo CN - typ		61,7	61,7	[...]

R_p	potenciální retence povodí		157,6	157,6	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,67	0,33	[km]
L_{so}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,75	0,35	[km]
Kritický déšť					
t_{dk}	doba trvání deště		754	355	[min]
i_{dk}	intenzita deště		0,125	0,254	[mm.min ⁻¹]
H_{dk}	výška deště		94,2	90	[mm]
t_{1dk}	doba bezodtokové fáze		252	124	[min]
t_{spk}	doba trvání přítoku		502	231	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		0,036	0,069	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		17,9	15,8	[mm]
Výpočtový déšť					
t_d	doba trvání deště	300			[min]
i_d	intenzita deště	0,297			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	89,1			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	106	106	106	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		194	194	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		0,079	0,079	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		15,4	15,4	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		336	214	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		0,079	0,08	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		15,4	15,4	[mm]
i_{so}^{max}	max. intenzita odtoku ze svahu		0,026	0,065	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	155	69,3	85,9	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	3,64	2,42	1,22	[10 ⁶ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	194	194	194	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	2713	2713	734	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	2907	2907	928	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{1d100}					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	4,66	3,1	1,56	[10 ⁶ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	194	194	194	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	3880	3880	1050	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	4074	4074	1244	[min]

8 Diskuse

8.1 Revitalizace toků

Kvůli intenzivnímu zemědělství se nedá na počátku toku (cca 0-9 km) příliš počítat s rozvolněním toku pomocí meandrování. Navíc vodní tok v těchto místech teče v údolí, tudíž by případné úpravy znamenaly poměrně velké náklady.

Daleko průchodnější by byla stavba prahů. Ty se používají ke snížení podélného sklonu. Pomáhají zároveň i ke snížení rychlosti proudění vody, navíc se na daném místě rozvolní proudnice, což snižuje transport splavenin ze dna. Prahy se staví buď kamenné, nebo dřevěné. Kameny se zaklínají většinou skobami. Budují se většinou ve větších skupinách. Já bych se přikláněl spíše k variantě Praha z kulatiny, která umožňuje i osamocenou stavbu. Tyto prahy musí být delší, než je šířka dna a musí být pevně zaklíněny v březích.

Současný územní plán na povodí Vlkavy navrhuje jako výrazné protipovodňové opatření poldru. Navíc v obcích na povodí zpřísňuje režim, co se týče staveb v okolí toku. Dlužno dodat, že v současnosti až na průtok Kostomlaty neleží v blízkosti žádná stavba. Při průtoku Strakami a Zbožíčkem je zase prostor vedle Vlkavy dostatečně velký, že umožňuje průtok vody daleko širším korytem. Jediným problémem zde zůstává zatopení zahrad. Navíc, když už je v těchto obcích nějaká stavba v přímé blízkosti říčky, je ze dřeva.

8.2 Závěr

Závěrem bych chtěl říct, že cílem byla analýza dat a přírodních poměrů. Kvůli tomu bylo stráveno několik hodin i v terénu. Současný stav krajiny není netknutý, a co se týče péče o ní, bylo by toho potřeba dost změn. Přímě povodí Vlkavy nebylo v posledních letech ohrožováno velkou povodní. Krátkodobé zatopení silnice vodou je v kontextu katastrof jinde v republice marginalitou. To že i v současnosti Vlkava mírně překračuje limity, co se týče kvality vody, u jedné látky bylo překvapením, jelikož se na povodí nenachází žádný vyloženě rizikový provoz, jako například chemička. Je ovšem pravdou, že i Zemědělství je velkým znečišťovatelem a vzhledem k pomalému odbourávání dříve používaných hnojiv ještě nějakou dobu bude.

Porovnání výpočtů s výsledkem průtoků spočítaného pomocí programu DesQ-MaxQ přibližně vychází. Dále je třeba říct, že program DesQ-MaxQ není pro dané výpočty úplně vhodný, protože je vhodný hlavně pro menší povodí. Vhodnější je například program **HEC-HMS**, povodí rozděluje na několik menších. Navíc je potřeba brát ve zřetel větší množství zachytných ploch vodních ploch, které jsou taky schopné zbrzdit povodňovou vlnu.

9 Zdroje

Jakub Langhamer - Povodně a změny v krajině - Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy (2008)

Křovák, Kolář - Skripta Malé Vodní toky- Česká zemědělská univerzita Křovák, Kolář, (2005)

ČHMÚ

<http://geoportal.gov.cz/web/guest/home>

http://www.kr-stredocesky.cz/NR/rdonlyres/3A251557-56A5-4116-A550-FE490E6FD78B/0/S_kraj_kapitola_H_TISK.pdf

HRÁDEK, František; KUŘÍK, Petr. Hydrologie. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2002

Jaromír Říha a kolektiv. Riziková analýza záplavových území- CERM 2005

Šárka D. Blažková (editor)-Floods, droughts and prediction uncertainties (T.G. Masaryk Water Resarch institute, 2011)

Jůva K, Hrabal A., 1984, Malé vodní toky, (Státní zemědělské nakladatelství)

Matula S. - Hydrogeology for natural resources and enviroment (Vydavatelství ČZU 2005)

Abbot M.B., Refsgaard J.C.- Distributed Hydrological Modeling- KluwerAcademic- Dprdecht

Kovář P.- Využití hydrologických modelů pro určování maximálních průtoků (1Vysoká škola zemědělská-1990)

CULEK, M. Biogeografické členění České republiky. Praha : ENIGMA, 1996

HMÚ, Atlas Podnebí, Československé republiky (Ústřední správa geodézie-1958)

[www. dobrovice.cz](http://www.dobrovice.cz) (info o odkališti)

**<http://old.ochranaprirody.cz/praha/index.php?cmd=page&id=4103>
(rekonstrukce Mydlovarského luhu +foto)**

Les Hamill -Understanding hydraulics (Basingstoke : Palgrave/Macmillan, 2011)

Jandora J, Stara V, Starý M.- Hydraulika a hydrologie (CERM- 2011)

Hlavínek P.- Příručka stokování a čištění (NOEL 2000, 2001)

Wanda J, Molonjewiczova J-Male Oczyszczalanie sciekow (Ark Varšava, 1979)

Hlavínek P.-Stokování a čištění odpadních vod (CERM, 2003)

Chamra S. Základy Petrografie a regionální Geologie (ČVUT,2005)

Kříž, V., Kupčo, M. & Sochorec, R. (1979): Měření průtoků. - Státní nakladatelství technické literatury. Praha.

Pelikán, V. & Doležal, V. (1984): Metodická pomůcka pro měření hladin, průtoků, teplot a tloušťek vrstev ropných látek v hydrogeologii. - Výzkumný ústav geologického inženýrství. Brno

Jeníček, M. (2011): Hydrometrie - měření hydrologických veličin. - Online: <http://hydro.natur.cuni.cz/jenicek/vyuka.php?akce=vyuka&lang=cze>, dne 14.11.2011.

10 Přílohy



Obr. 1 Příkrmná stanice na Velkoledeckém rybníku



Obr. 2. Vlkavský rybník při loňských mrazech



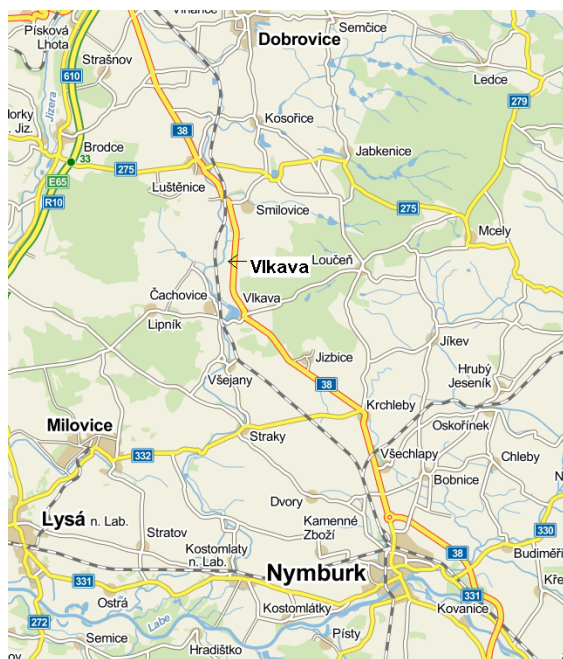
Obr 3. Betonové stavidlo před vtokem do Mydlovarského luhu



Obr 4 Vlkava cca 4 km před soutokem s Labem



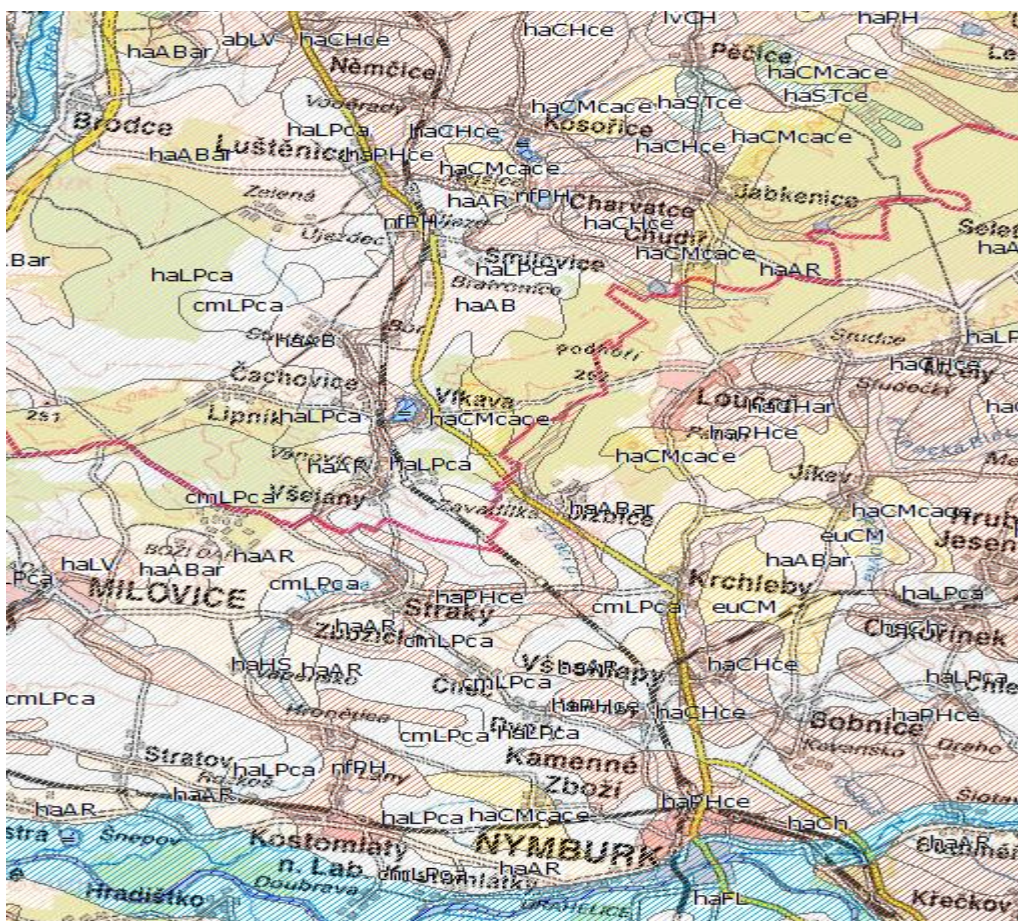
Obr 5 Vlkava při průtoku Zbožičkem



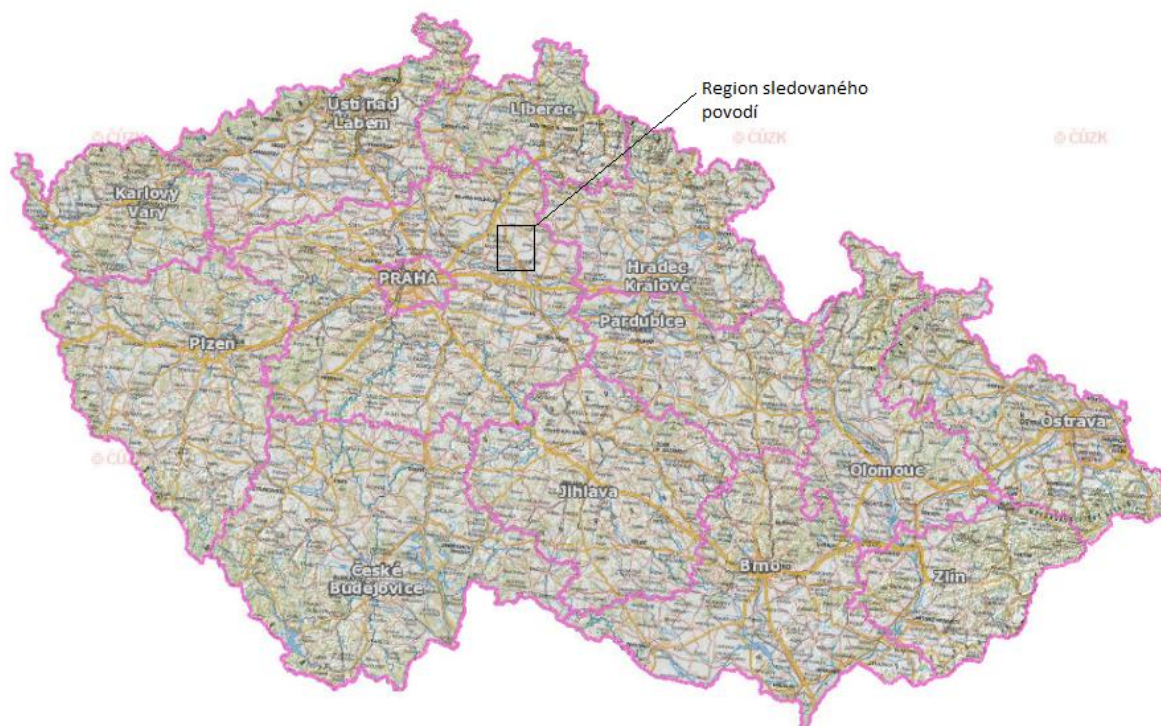
Mapa 1 (mapy.cz)



Mapa 2 (<http://geoportal.gov.cz/web/guest/home>)



Mapa 3 (<http://geoportal.gov.cz/web/guest/home>)



Mapy 4 (ČZÚK)- Zájmový region na mapě ČR

ⁱ www.dobrovice.cz