

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Vliv vodních nádrží (rybníků) v povodí na objem odteklé vody a kulminační
průtoky při srážko-odtokových událostech**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Bystřický Ph.D.

Autor bakalářské práce: Radek Muchna

České Budějovice, 2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek MUCHNA**
Osobní číslo: **Z13042**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Vliv vodních nádrží (rybníků) v povodí na objem odtoklé vody a kulminační průtoky při srážko-odtokových událostech**
Zadávatel katedra: **Katedra krajinného managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Práce bude mít charakter literární rešerše, kdy předmětem zájmu budou vodní nádrže (rybníky) a jejich schopnost měnit hydrologické parametry srážko-odtokových událostí (především objemy odtoku a kulminační průtoky). Rešerše bude zpracována tak, aby sloužila jako podklad pro případné zpracování diplomové práce zabývající se touto problematikou.

Rámcový obsah literární rešerše:

Definice a rozdělení vodních nádrží.

Popis vzniku a rozdělení srážko-odtokových událostí.

Faktory ovlivňující odtok vody z povodí.

Vliv vodních nádrží na vodní režim krajiny.

Vliv vodních nádrží na velikost a tvar hydrogramu při srážko-odtokových událostech.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

Brutsaert, W. Hydrology: An introduction. Cambridge University Press, 2005, 605 s.
Serrano, E.S. Hydrology for Engineers, Geologists and Environmental Professionals. HydroScience Inc. Lexington, Kentucky, 1997, 468 s.
Maidment, D.R. (ed.). Handbook of hydrology. McGraw-Hill, New York, 1993, 1424 s.
Davie, T. Fundamentals of hydrology. Routledge, New York, 2008, 200 s.
časopisy: Hydrological processes, Journal of hydrology, Physics and chemistry of the earth, Hydrological studies, atd.


Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav BYSTRICKÝ, Ph.D.
Katedra krajinného managementu

Datum zadání bakalářské práce: 16. března 2015
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2016

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentická 13
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

L.S.


doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 16. března 2015

Prohlášení autora bakalářské práce

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce a to v nezkrácené podobě, v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 15. 4. 2016

Radek Muchna

Poděkování

Děkuji Ing. Václavu Bystřickému Ph.D., že nade mnou držel pevnou ruku a vždy mi byl nápomocen, dále děkuji Ing. Jiřímu Balounovi a pracovníkům z Povodí Vltavy za praxi, která mě inspirovala k sepsání této bakalářské práce a především děkuji mé milované rodině, za to, že tu je.

Abstrakt

Tato bakalářská práce je psaná formou literární rešerše se zaměřením na vliv rybníků při srážko-odtokových událostech. Popsáno je zde rozdělení vody, a jak tato voda funguje v krajině. Definován je zde hydrologický cyklus, jeho rozdělení a popsání. Práce dále hodnotí atmosférické srážky se zaměřením na extrémní srážky, které způsobují povodně. Pro přiblížení a porozumění souvislostí je v práci zmíněna historie vzniku rybníků. Tato kapitola pokračuje základními vlastnostmi a funkcí rybníků, kam správně rybníky umístit a končí technickými parametry těchto vodních děl. Druhá část práce začíná popisem retence – retenčního prostoru a akumulace – akumulačního prostoru a pokračuje kapitolou, jak retenční prostor v rybnících zvýšit. Předposlední kapitola se věnuje faktorům, které více či méně ovlivňují odtok vody z povodí. Hlavní částí práce je kapitola vlivu vodní nádrží na velikost a tvar hydrogramu při srážko-odtokových událostech, která názorně ukazuje vliv rybníků, ať už pozitivní či negativní, při jednotlivých povodních v historii České republiky.

Klíčová slova: voda, hydrologický cyklus, atmosférické srážky, rybník, retence, odtok, povodně

Abstrakt

This bachelour thesis is focused on an affect of ponds during rainfall-runoff events. Distribution of the water is desribed and how it affects a landscape. It is also defined what hydrological cycle is, its division and description. The thesis also evaluates precipitation, more specifically it is focused on extreme rainfall, which causes floods. In the thesis is mentioned a history of formation of ponds for better understanding of this topic and its context. This part deals with basic features and function of ponds, where to properly place them and their technical specification. The second part of the thesis begins with description of retention – a retention space and accumulation – an accumulation space and continues with recommondations for elevating the retention space in ponds. Then the thesis is focused on factors that more or less affect water runoff from a watershed. The main part of the thesis deals with the impact of water tanks on the size and shape of the hydrograph in rainfall-runoff events and it vividly demonstrates the affects of the ponds whether positive or negative on various floods in history of the Czech Republic.

Key words: water, hydrological cycle, precipitation, pond, retention, drainage, floods

OBSAH

| | |
|--|----|
| 1. ÚVOD..... | 9 |
| 2. VODA V KRAJINĚ | 11 |
| 2.1 Oběh vody v krajině..... | 13 |
| 2.2 Rozdělení vody | 14 |
| 2.2.1 Podzemní voda..... | 15 |
| 2.2.2 Povrchové vody | 15 |
| 3. ATMOSFÉRICKÉ SRÁŽKY | 16 |
| 3.1 Vznik srážek..... | 17 |
| 3.2 Rozdělení srážek | 18 |
| 3.3 Extrémní srážky - povodně | 18 |
| 4. VODNÍ NÁDRŽE - RYBNÍKY | 21 |
| 4.1 Historie vzniku rybníků | 21 |
| 4.2 Základní vlastnosti a funkce rybníků | 23 |
| 4.3 Poloha a umístění..... | 24 |
| 4.4 Technické řešení a parametry | 25 |
| 5. VLIV VODNÍCH NÁDRŽÍ (RYBNÍKŮ) NA VODNÍ REŽIM KRAJINY..... | 26 |
| 5.1 Akumulace vody a akumulací prostor | 28 |
| 5.2 Retence vody a retenční prostor..... | 28 |
| 6. MOŽNOSTI ZVÝŠENÍ RETENČNÍHO PROSTORU (METODY)..... | 29 |
| 6.1 Vodohospodářské revitalizace | 29 |
| 6.2 Odbahňování | 30 |
| 6.3 Rekonstrukce a výstavba nového vodního díla..... | 33 |
| 6.3.1 Výstavba ochranných-protipovodňových rybníků | 34 |
| 7. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ODTOK VODY Z POVODÍ..... | 35 |
| 7.1 Klimatické faktory | 36 |
| 7.2 Pedologické, geologické a hydrogeologické faktory | 37 |
| 7.3 Land Cover..... | 37 |
| 7.4 Fyzickogeografické faktory | 38 |
| 7.5 Antropogenní faktory..... | 39 |
| 8. VLIV VODNÍCH NÁDRŽÍ NA VELIKOST A TVAR HYDROGRAMU PŘI SRÁŽKO- ODTOKOVÝCH UDÁLOSTECH..... | 40 |
| 9. ZÁVĚR | 50 |
| 10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 52 |

1. ÚVOD

Voda. Slovo, které překračuje mnohonásobně svůj význam. Bez vody by nebylo života, bez života by nebyl tento svět takový, jaký je. Kde se vzala voda? Proč má tak ničivou sílu? Je možno ji zastavit? Za jak dlouho vyčerpáme zdroje vody? Otázek kolem vody je mnoho. V dnešní době však nastupují otázky, které budí pozornost nejen v České republice, ale po celém světě. Otázky, které nutí přemýšlet. Otázky, které upozornují na neutěšující stav naší krajiny, která je zahlcena intravilánem na úkor extravilánu. Otázky, které je nutno zodpovědět dříve, než bude pozdě.

Vodu si v novém tisíciletí nárokuje rok od roku více. Můžeme si vůbec nárokovat vodu v takovém měřítku, jak ji využíváme? Právo na vodu je dle našeho uvážení tak zřejmé, že není důvod pochybovat o jeho smyslu. Vždyť každý tvor na této planetě a flóra, jsou tvořeni vodou. Země je pokryta více jak 2/3 vodou s objemem kolem 1 400 milionu km³. To není zanedbatelná část, ale vysoce významná a podle těchto informací bychom měli s vodou náležitě hospodařit tak, jak se k ní sluší.

Naše hospodaření s vodou se výrazně začalo projevovat v posledních několika desetiletích. Ať už se jedná o extrémní srážkové výkyvy, či extrémní suché dny, které se nejvíce projevíly v letních měsících roku 2015, je zde potřeba začít přemýšlet o tom, co nám příroda naznačuje. I přes snahu vodohospodářů, rybářů a odborných pracovišť, je zde ještě velký kus práce, který se musí pro zkvalitnění hospodaření s vodou udělat. Výstavba nových poldrů, revitalizace toků, zvýšení retenčního prostoru u rybníků a malých vodní nádrží, zakládání nových lužních lesů a jejich obnova, zaplavování povrchových dolů po těžbě, rozdělení toků na několik úseků do meandrových zátočin a mnoho dalších. Tato veškerá opatření je potřeba vybudovat pro zkvalitnění vodního hospodářství. Dobrým příkladem hospodaření s vodou v krajině, je 15. a 16. století, tedy doba rybníkářských velikánů Štěpánka Netolického, Mikuláše Rutarda z Malešova a Jakuba Krčina z Jelčan a Sedlčan. Jejich práce je dokladem toho, že vše co činíme v dobrém úmyslu, se nám v dobrém vrátí a odvděčí. Jejich výsledkem je kvalitní Třeboňská rybníční soustava, která dokázala při povodni v roce 2002 zadržet neskutečné množství vody.

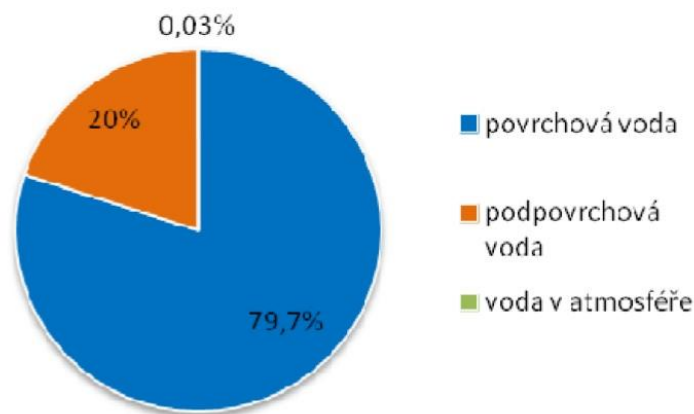
Cílem této bakalářské práce je navázat na tuto myšlenku a snažit se ukázat, jaký vliv mají malé vodní nádrže (dále jen MVN) - rybníky, na hydrogram povodňové

vlny, jaké jsou problémy následně touto nenadálou událostí vzniklé, proč je důležité stávající MVN rekonstruovat a v čem spočívá vlastně jejich smysl.

2. VODA V KRAJINĚ

Doposud nevyjasněnou vědeckou záhadou je světová hádanka, odkud se na naší planetě vzala voda. Voda se v krajině vyskytuje ve třech skupenstvích, a to ve skupenství kapalném, plynném a pevném nebo chcete-li ve formě vody, vodní páry a ledu. Veškerá skupenství se navzájem prolínají prostřednictvím dějů, jako jsou kondenzace, sublimace, vypařování a tuhnutí. Zaměříme-li se na samotné vlastnosti vody, tak mezi nejdůležitější vlastnosti vody patří nenahraditelnost vody, kinetická a potencionální energie, schopnost vody rozpouštět sloučeniny, samočisticí schopnost vody a samotná teplota vody (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013).

Voda je na Zemi nejrozšířenější látkou. Z rozlohy zemského povrchu 510 mil. km² se jedná o přibližně 71 %, což představuje cca 361 mil. km² vody. Bohužel není možné zcela určit celkové množství vody na Zemi (Tlapák a kol., 1992). Hydrosféra dle posledních odhadů akumuluje až 1400 mil. km³ vody. Nejvíce vody je akumulováno v oceánech a mořích, a to 97,2 % objemu a 70,8 % celkového množství vodní plochy. Zásoby vody na Zemi jsou tvořeny velkou mírou vodou slanou 97 %. Zásoby sladké vody, které například můžeme vidět u nás v České republice (nádrže, rybníky, jezera a řeky), představují pouze 1 % světových zásob sladké vody (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013). Pokorný (2009) dodává, že pouhé 0,04 % sladké vody má lidstvo k dispozici z celkového množství vody. Dále zdůrazňuje, že tato hodnota je podstatně menší, než si samo lidstvo uvědomuje. Rozložení sladké vody na zemském povrchu je znázorněno na grafu č. 1. Podíváme-li se do České republiky, tak zde celková výměra všech tekoucích a volných vod dosahuje 55 900 ha. Z této výměry zaujímají přehrady 30 000 ha (Pokorný, 2009). K uvážení je porovnání dvou největších českých rybníků nacházejících se v jižních Čechách. Rybníky Rožmberk a Bezdrev společně zaujímají katastrální plochu o rozloze 1244 ha (Hule, 2004).



Graf č. 1 Rozložení sladké vody na Zemi (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013)

Základní složkou životního prostředí je voda, která je nezbytnou podmínkou pro existenci života na Zemi (Herčík, 2004). Toto tvrzení potvrzují i Soukup s Hrádkem (1999), kteří říkají, že podmínkou života a nezastupitelnou složkou životního prostředí v krajině je voda. Tlapák a kol. (1992) dále uvádějí, že voda je společně s půdou a vzduchem nenahraditelnou složkou krajiny. Bez vody, půdy a vzduchu by nebylo jak organismů, tak i člověka. Z hlediska člověka je voda řazena jako složka nezastupitelná a plní funkci biologickou (voda je nezbytná pro život všech živočichů, lidí i rostlin), ekologickou (ve vodě žije 90 % organismů na Zemi), kulturní (náboženské obřady apod.), zdravotní a neméně i estetickou (významný krajínotvorný činitel spolu s reliéfem a vegetací). Mezi další funkcí vody v krajině je řazena funkce dopravní a to námořní, lodní a vnitrozemská říční doprava (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013; Herčík, 2004). Pavelková Chmelová a Frajer (2013) řadí k významným funkcím vody také hospodářskou funkci krajiny (zdroj energie, zavlažování, chlazení v průmyslové výrobě). Ze všech těchto funkcí můžeme říci, že voda je přínosem pro zkrášlení krajiny, sídel, rekreaci, zajišťování osobní i veřejné hygieny člověka, jako je mytí, čištění, odstraňování odpadů apod. (Herčík, 2004). Pro plnohodnotný význam vody pro člověka a jeho životní prostředí existuje „Evropská charta o vodě“, která ve dvanácti bodech tento význam komplexně definuje. Evropská vodní charta byla vyhlášena dne 6. května roku 1968 Evropskou radou ve Štrasburku při příležitosti Evropského roku ochrany přírody (Tlapák a kol., 1992).

2.1 Oběh vody v krajině

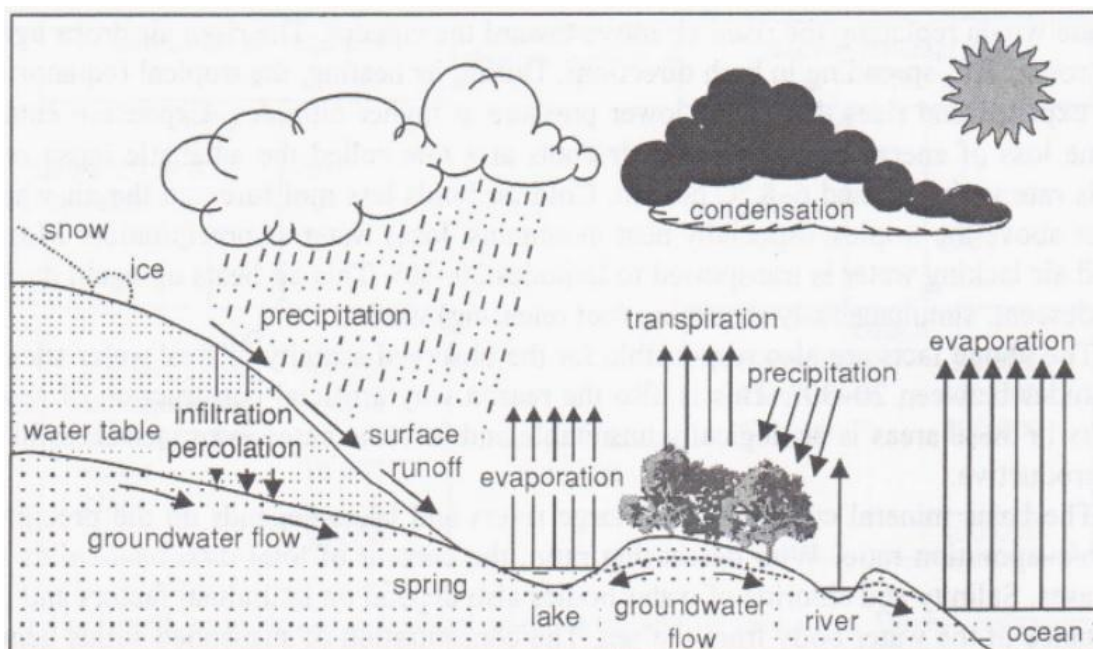
Pro podmínku rovnovážného stavu vody v krajině, probíhá oběh vody, také zvaný jako hydrologický cyklus (Tlapák a kol., 1992). Hydrologický cyklus můžeme podle Soukupové (2009) nadefinovat také takto. Vyvoláním věčného koloběhu vody ve skupenství plynném, kapalném a pevném, probíhá na Zemi hydrologický cyklus. Hydrologický cyklus je uzavřeným cyklem, který rozdělujeme na malý a velký hydrologický cyklus. Velký hydrologický cyklus probíhá následovně, oceán – atmosféra – pevnina – atmosféra – oceán. Tudíž můžeme říci, že velký hydrologický cyklus se odehrává mezi pevninou a oceány. Malý hydrologický cyklus naopak probíhá následujícím způsobem, oceán – atmosféra – oceán nebo pevnina – atmosféra – pevnina. Výpar, srážky a odtok jsou tedy základní složkou hydrologického cyklu (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013).

Oběh vody (hydrologický cyklus) probíhá v krajině tak, že voda, která se vypaří z moří a oceánů přejde na určité území ve formě oblaků, ze kterých vzejdou dešťové či sněhové srážky. Během srážek se voda zachytí na vegetaci (tento jev nazýváme intercepce) a v různých depresích na povrchu (nazýváno jako detence). Voda se dále infiltuje do půdy. Pokud je již půda přehlcena, nebo intenzita srážek převažuje nad infiltrací, nastává povrchový odtok. Povrchovým odtokem se voda dostává do řek, nádrží a rybníků. V půdě voda odtéká pod povrchem po svahu (jev zvaný jako hypodermický odtok), kde se dostává čím dále do větší hloubky a zároveň tak doplňuje zásoby podzemní vody. Podzemní voda je v krajině velmi významná, protože naplňuje prameny i v době sucha. Voda je v krajině zadržována v nádržích, rybnících, mokřadech, řekách, v půdě, nebo dočasně v poldrech či ve sněhové pokrývce. Z povrchu Země (vodních hladin a půdy) se voda následně vypařuje (nazvané jako evaporace). Rostliny vodu spotřebovávají na transpiraci. Tímto jsme se dostali opět na začátek koloběhu vody v krajině. Tento děj se opakuje neustále, bez přestání (CHMI, 2012). Ze zemského povrchu se ročně vypaří až $518\,600\text{ km}^3$ vody, z toho 86 % procent z oceánů a moří a 14 % z pevniny. Přibližně stejné množství vody se následně, za rok, opět dostává na povrch Země. Největší množství 79 %, tj. $411\,600\text{ km}^3$ spadne do oceánů a moří a zbytek 21 %, tj. $107\,000\text{ km}^3$ pak na samotnou pevninu (Kopáček a Bednář, 2005; Tlapák a kol., 1992). Důležitou poznámkou je zde ta důležitá informace, že oběh vody v přírodě je

umožněn Sluncem (slunečním zářením), gravitací Země, zemskou tepelnou energií a geochemickou energií (Tlapák a kol., 1992).

Abychom lépe porozuměli problematice oběhu vody v krajině, existuje citát od Leonarda da Vinciho, který jasně nadeřinoval hydrologický cyklus:

„Voda v nádherném moři, svém živlu, dostala chuť vystoupit nad vzduch a za pomoci ohně se zvedla jako jemná pára, téměř tak jemná jako vzduch. Vznesla se do výše a dostoupila do vzduchu ještě jemnějšího a chladnějšího a tam ji oheň opustil. Přeměnila se v malé kapičky, ty se shlukly, ztěžkly, pýcha se změnila v pád a voda spadla z nebes. Vyprahlá země ji vypila, dlouho věžnila a tak si voda odpykala svůj prohřešek.“



Obr. č. 1 Hydrologický cyklus (Kumar a Häder, 1999)

2.2 Rozdělení vody

Vodu jako takovou můžeme rozdělit do několika kategorií, skupin. První kategorií, kterou bychom zařadili jako nejdůležitější, je samotný původ vody, kam zařazujeme vody přírodní a vody odpadní (městské a průmyslové). Do druhé kategorie dle výskytu, při skutečnosti, že se jedná o vody přírodní, lze zařadit vody atmosférické, podzemní a povrchové. Poslední kategorií je vlastní použití vody, kde vodu rozdělujeme na vodu pitnou, užitkovou, provozní a odpadní (Oppeltová a kol., 2012).

2.2.1 Podzemní voda

Nejvěrnějším popisem podzemní vody je popis od Reichholfa (1998). Podzemní voda je dle jeho popisu poklad, který neustále doplňuje jezera, tůňe, rybníky a řeky, za podmínky, že neustanou dodávky vody z deště a sněhu. Kender ed. (2000) podzemní vody definují jako vody, které se nacházejí pod zemským povrchem v pásmu nasycení a jsou v přímém kontaktu s horninami a podložím.

Podzemní voda se rozděluje na vodu průlinovou, puklinovou a krasovou, dále se rozděluje podle celkového chemického složení na vodu prostou a minerální. Vzájemné působení srážkových a povrchových vod, horninotvorného prostředí a podzemní atmosféry je výsledkem chemického složení podzemních vod. Podzemní vody jsou u nás nejvíce zásobovány vodou v jarních měsících. Největší množství zásob podzemních vod se nachází v kvartérních sedimentech a v křídových sedimentech (Oppeltová a kol., 2012).

2.2.2 Povrchové vody

Povrchové vody jsou veškeré přirozeně se vyskytující vody na zemském povrchu. O povrchovou vodu se jedná i v případě, že voda protéká přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod povrchem země či v nadzemním vedení (Oppeltová a kol., 2012). Kender ed. (2000) povrchové definují jako vnitrozemské vody bez vod podzemních.

Povrchové vody jsou nejčastějším zdrojem vody pro údolní nádrže, potoky, řeky, náhony a rybníky (Pokorný, 2009). Šálek a kol. (1989) připomínají, že povrchové vody jsou nejvydatnějším zdrojem vody, a proto umožňují navrhnout i rozsáhlé rybníční soustavy. Oppeltová a kol. (2012) rozdělují povrchové vody na vodu kontinentální a mořskou. Kontinentální povrchové vody dále rozdělují na vody tekoucí a vody stojaté. Do tekoucích vod řadí vodní toky a do vod stojatých jezera a nádrže (rybníky).

3. ATMOSFÉRICKÉ SRÁŽKY

Atmosférické srážky jsou pro život životně důležité, až už se jedná o drobné mrholení, či dlouhotrvající liják (Met Office, 2015). Atmosférickou srážkou se označuje ta částice, která vzniká následkem kondenzace vodních par v atmosféře. Tato částice se poté vyskytuje v kapalném nebo pevném skupenství v samotné atmosféře, v předmětech v atmosféře nebo na zemském povrchu. Množství srážek je vyjadřováno, jak uvádějí Kopáček a Bednář (2005), v milimetrech (označováno jako mm). Jednotka mm byla přijata Meteorologickou organizací dne 1. května 1914 (Met Office, 2015). Milimetry v tomto případě označují výšku vodní vrstvy, která se vytvoří na horizontálním povrchu z atmosférických srážek, nebo srážek na zemském povrchu pevných a následně roztátých, při skutečnosti, že se voda do atmosféry nevypařuje a neinfiltuje do zemského povrchu. Velmi důležitou informaci, nejen pro vodohospodářské účely, uvádí tzv. intenzita srážek. Intenzita srážek vyjadřuje průběh srážek především přeháňkového charakteru, spadlé za nějakou jednotku času, většinou však v mm za minutu či hodinu. Informace o intenzitě srážek mají zásadní význam pro nenadálé hydrologické případy, jako jsou kupříkladu povodně (Met Office, 2015). Jak uvádějí ve své publikaci Pavelková Chmelová a Frajer (2013) atmosférické srážky se měří klasickými pozemními metodami, nebo modernějšími metodami. Mezi klasické pozemní metody patří ombrometr, ombrograf a totalizátor. Do moderních metod bychom zařadili radarová měření, či satelitní snímkování. Výhodou moderních metod je plošné pokrytí měřených území a operativní dostupnost naměřených aktuálních dat, která se využívají při nenadálých situacích, jako jsou například povodně. Metody klasického a moderního měření jsou mezi sebou vzájemně propojeny a udávají tak zpřesněné výstupní data, která následně využívají meteorologové. Pavelková Chmelová a Frajer (2013) shrnují, že klíčové, z hlediska tvorby povrchového odtoku a následných povodňových průtoků, jsou na našem území právě srážky, jejich intenzita, trvání, rozložení na ploše povodí. Na závěr dodávají, že právě srážky jsou jedny ze základů hydrologického cyklu.

Významnou informací k této kapitole je zásadní věc, která má do budoucna velký potenciál. Jak naznačují Pavelková Chmelová a Frajer (2013), vlivem globální změny klimatu očekávají pravděpodobné zvýšení výskytu meteorologických jevů, které následně zapříčiní i zvýšení hydrologických jevů. Jak sami říkají, jednalo by se o nerovnoměrné rozdělení srážek během celého roku, vyšší pravděpodobnost

výskytu přívalových srážek vedoucích k povodním a i opačnou stránku, a to delší období meteorologického sucha, které by vyčerpalo zásoby vody. Dodávají, že tyto jevy můžeme pozorovat i u nás v České republice, kde meteorologové uvádějí, že se mění rozložení srážek během roku (na konci jara méně srážek a na začátku léta četný výskyt přívalových srážek), které povedou k nepříznivým vlivům na zemědělství, protože právě v tomto období potřebuje vegetace vodní zdroj nejvíce.

3.1 Vznik srážek

Vznik srážek je zařazen do širší souvislosti s teplotou vzduchu (Met Office, 2015). Laicky bychom mohli říci, že vznik srážek probíhá takovým způsobem, že nad nějaké území přijde mrak, který načerpá vlhkost, ta se postupně nabaluje na částici, která poté padá na zemský povrch. V tomto případě je toto tvrzení celkově pravdivé. Mechanismus vzniku padajících atmosférických srážek probíhá tak, že určitý počet malých oblačných elementů (vodních kapiček), popř. ledových částic začne narůstat na úkor ostatních, kde po překonání kritické velikosti padají dolů (Soukupová, 2009; Kropáček a Bednář, 2005). Teorii padajících atmosférických srážek lze v současné době, jak uvádí Soukupová (2009), rozdělit do dvou skupin, tzv. teorií, a to za první vývoj srážek ve smíšených oblacích a za druhé vývoj srážek ve vodních oblacích.

1. Vývoj srážek ve smíšených oblacích v mírných a vyšších zeměpisných šířkách je podmíněn přítomností ledových částic. Při teplotách kolem 0°C část přechlazených malých vodních kapiček, obsahující vhodná krystalizační jádra, zmrznou v ledové částice, které postupně, pomocí přítomných procesů, intenzivně narůstají. V čase jejich kritické velikosti, kdy pádová rychlost převyší rychlost vzestupných proudů vzduchu, začínají padat dolů. Jakmile dosáhnou hranici nulové izotermy (tj. 0°C) začnou tát a na zemský povrch dopadají jako dešťové kapky. Můžeme tedy říci, že každá dešťová kapka byla kouskem ledu, který následně roztál (Kopáček a Bednář, 2005).

2. Ve druhém případě, tedy vývoji srážek ve vodních oblacích je důležitá tzv. koalescenční teorie. Zejména v nízkých zeměpisných šířkách často zaznamenáme intenzivní srážky, tzv. tropické lijáky, které vypadávají z teplých oblaků. Teplé oblaky se nacházejí pod hladinou nulové izotermy. Právě pro tyto případy je uplatňována koalescenční teorie vzniku srážek. Koalescence znamená vzájemné

splývání srážejících se kapek. Nezbytnou podmínkou jsou zde velké obsahy vodních par a kapalných vod v oblaku, které jsou právě typické pro rovníkové oblasti a monzunové deště (Soukupová, 2009; Kropáček a Bednář, 2005).

3.2 Rozdělení srážek

Atmosférické srážky rozdělujeme do několika kategorií. Každý zdroj uvádí jiné kategorie rozdělení, mezi něž patří podle místa vzniku, podle původu, podle skupenství, podle délky trvání a podle příčin vzniku (Soukupová, 2009; Pavelková Chmelová a Frajer, 2013). Právě tyto kategorie si v následujícím rozdělení uvedeme, kde si i posléze představíme i typy srážek.

Mezi primární třídění srážek patří kategorie srážek dle skupenství, do které řadíme srážky kapalně tvořené kapkami vody, jako je déšť či rosa, srážky tuhé (sněhové vločky) tvořené ledovými krystaly a srážky smíšené, které se nejčastěji vyskytují při teplotách kolem 0°C. Další kategorií jsou srážky podle původu, které rozdělujeme na dvě podkategorie. První podkategorií jsou srážky rozdělené na padající, neboli vertikální a usazené, taktéž horizontální. Druhou podkategorií jsou srážky, alias typy deště podle původu, které dělíme na déšť termický (konvekční), déšť orografický (terénní) a déšť frontální (cyklonální či regionální). Třetí kategorií jsou srážky dle délky trvání dělí se na trvalé srážky a přehánky a poslední kategorií je rozdělení srážek podle příčin vzniku, kam zařazujeme vznik nefrontálně (uvnitř vzduchových hmot), frontálně a orograficky (Soukupová, 2009; Pavelková Chmelová a Frajer, 2013).

Srážky, které vypadávají z oblaků, taktéž zvané jako vertikální, jsou následující – déšť, mrznoucí déšť, mrhnutí, mrznoucí mrhnutí, sněhové krupky, sněhová zrna, sníh, zmrzlý déšť, ledové jehličky a kroupy (Kropáček a Bednář, 2005). Mezi srážky usazené (horizontální) spadají tyto druhy srážek – ovlhnutí, rosa, jíní, jinovatka, námraza a ledovka (Soukupová, 2009).

3.3 Extrémní srážky - povodně

Nejvýznamnější srážko-odtokovou událostí je povodeň, která je považována za vyvrcholení vysoce intenzivních (extrémních) srážek. Jak uvádí Novák (2014), v minulém století (nepočítáme-li do tohoto souhrnu povodně v roce 1997) byly na území ČR příčinou povodní především intenzivní deště a vysoká jarní tání sněhu. Povodeň je tedy zapříčiněna dešťovými srážkami, ale není tomu vždy tak. V krajině se

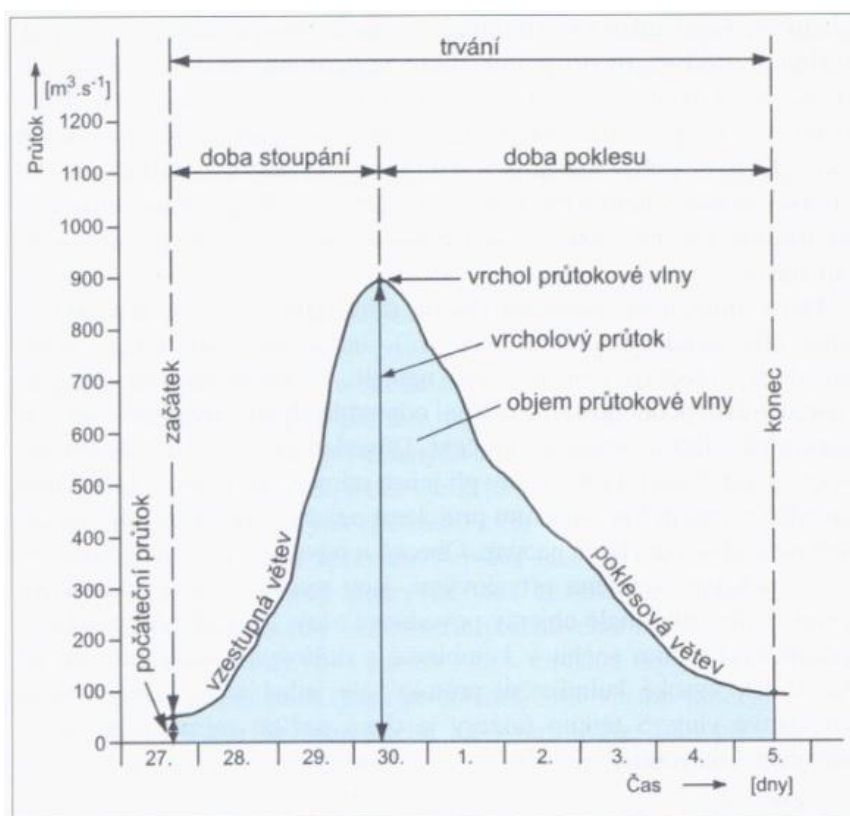
mohou vyskytovat i povodně, které vznikly, jak již bylo psáno, táním sněhu, kombinací tání sněhu a dešťových kapek, snížením průtočnosti koryta v důsledku ledových jevů nebo poruchou vodního díla. Pro tyto účely rozdělujeme povodně podle příčiny jejich vzniku na povodně přirozené a povodně zvláštní. Povodně přirozené způsobují přírodní jevy. Mezi tyto povodně řadíme povodně dešťové, sněhové a smíšené. Za zvláštní povodně jsou považované takové povodně, které vznikají umělými vlivy, jako jsou poruchy vodního díla apod. (Máchová a Hovorka, 2013). Podíváme-li se na povodně z roku 2002, tak tyto povodně byly typickým příkladem dešťové povodně (Brázdil a kol., 2005).

Neexistuje jednotná definice, která by přesně nadefinovala pojem povodeň. Především v České republice měl pojem „povodeň“ svůj určitý vývoj, který v posledních letech nabral na vysokých obrátkách. Není to dáno jen zvýšeným výskytem povodní, ale i lepší technikou, se kterou lze povodně velmi dobře zaznamenávat (Brázdil a kol., 2005). Pokud bychom se pokusili určitým způsobem povodeň nadefinovat, definice by zněla takto. Povodeň je nějaké přechodné zvýšení vodního toku či stojatých vod, při kterém se voda dostává mimo území koryta vodního toku, kde může způsobit škody na majetku a vodohospodářském objektu nebo stav, ve kterém je zabráněno přirozenému odtoku vody. Takto povodeň nadefinovali Máchová a Hovorka (2013), kteří dále dodávají, že povodeň tedy vzniká náhlým zvětšením průtoku nebo dočasným zmenšením průtočnosti daného koryta. Zmenšená průtočnost koryta může být způsobena různými naplaveninami, jako jsou například větve, kořeny aj. nebo ledovou zácpou.

Aby samotná povodeň vznikla, musí existovat určité faktory, které ji ke vzniku napomůžou, či ji vyvolají. Jak Brázdil a kol. (2005), tak i Máchová a Hovorka (2013) uvádějí jako základní faktor meteorologický faktor, který ovlivňuje vznik a průběh povodně předběžně (působící několik dní až měsíců před začátkem povodně) a příčinně (působící několik hodin až několik dnů před vznikem povodně). K tomuto faktoru zařazujeme především nasycenost povodí, výška sněhové pokrývky, promrznutí půdy, stav vody ve vodohospodářských stavbách, naplnění koryt vodních toků před začátkem povodně, jedná-li se o trvalé nebo přívalové dešťové srážky, rychlost větru ovlivňující tání sněhu či kladné teploty vzduchu. Brázdil a kol. (2005) připomínají další faktory, které povodeň podmiňují, a to fyto geografické a antropogenní faktory v povodí. Mezi fyto geografické faktory povodí, které rozhodují

o povodni, patří intercepce, detence, infiltrace a objem říční sítě a mezi antropogenní faktory patří způsob hospodaření a vodní díla (Máchová a Hovorka, 2013).

Průběh samotné povodně popisuje průtoková vlna, která, jak můžeme vidět na grafu č. 2, popisuje vzestup a pokles průtoku společně s vodním stavem, který vzniká za pomoci deště, sněhu, ledu či jiného umělého zásahu. Pojem průtoková vlna není používán jen pro tyto informace, ale i pro všechny vlny na toku bez ohledu na původ vzniku. Významnou informací je zde pojem kulminační průtok, který znamená vrchol průtoku na průtokové vlně. Pomocí hodnot kulminačních průtoků jsou sestavovány N-leté kulminační průtoky Q_n (nazývané také jako N-leté průtoky), které v uvažovaném profilu dosahují těchto hodnot za N let (Brázdil a kol., 2005; Máchová a Hovorka, 2013). N-leté průtoky se udávají v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pro doby opakování $N = 1, 2, 5, 10, 20, 50$ a 100 let.



Graf č. 2 Hydrogram průtokové vlny (Brázdil a kol., 2005)

4. VODNÍ NÁDRŽE - RYBNÍKY

Rybníky, jako významné bohatství Čech, Moravy a Slezska, současný vodní zákon č. 254/2001 Sb., nezná. Namísto pojmu rybník užívá obecný termín „vodní nádrž“. Jedná se o velké oslabení, právě již zmiňovaného bohatství, které rybníky představují. Naopak zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb. ve znění pozdějších předpisů, uznává výraz rybník a to i zřejmě proto, že rybník podle tohoto zákona je významným krajinným prvkem (Pokorný, 2009).

Podle staré definice rozumíme rybníkem takovou nádrž, která je vybudovaná nebo upravená člověkem, vypustitelná a určená k chovu ryb. Za rybník nelze považovat nádrže typu, jako jsou jezera, tůň, zatopené pískovny, lomy, dále pak odstavená říční ramena a důlní propadliny (Pokorný, 2009). Z ekologického hlediska, se rybníkem rozumí vodní biotop, který má menší rozlohu, větší teplotní rozdíly a nižší obsah soli než moře, kolísání obsahu kyslíku a přísun živin (Šlégl a kol., 2005). Dle Jelínka (1999), zabývajícím se ochranou přírody, je rybník považován za umělou vodní nádrž, která plní důležitou funkci nejen mimoprodukční, ale i chovu ryb, tak i v zásobě vody a především v podpoře retenční schopnosti krajiny. Z pohledu zemědělské krajiny je rybník charakterizován vodním útvarem se stojatou vodou, který byl buďto uměle přehrazen nebo založen (Šarapatka a Niggli, 2008). Pro rybníkářství jsou rybníky určeny, jak uvádí Kuklík (1984), společnou věcí, a to takovou, že byly záměrně vytvořeny lidskou rukou, jsou zcela vypustitelné a ihned po vypuštění se dají slovit.

4.1 Historie vzniku rybníků

Historie rybníků sahá až do 12. století našeho letopočtu. První písemná zmínka o rybnících v Čechách, která je ale bohužel označována jako falzifikát, vzniká roku 1115 v listině Kladrubské. Ke konci 12. a ve 13. století nastalo budování rybníků, a to již velkých, především s rozšiřováním klášterů. Z této doby pochází například Velký rybník, později nazvaný jako Máchovo jezero (284 ha). V roce 1227 měl například opat premonstrátského kláštera dostat svolení od Přemysla Otakara I. ke koupi lesa pro výstavbu rybníků. První velký rozvoj rybníků sahá do 14. století, kde panoval Karel IV, který po sobě zanechal území s výměrou rybníků přes 60 tisíc ha. Druhá polovina 15. století znamenala druhou vlnu rozvoje rybníkářství. V této době byl za vynikajícího znalce ve vodním hospodářství považován Vilém z Pernštejna, který stál u zrodu téměř 400 vodních staveb a více jak 250 rybníků. Tato

pernštejnská doba zrodila také Jana Skálu z Doubravky a Hradiště, který sepsal knihu O rybnících a vynikajícího rybáře a rybníkáře Kunáta mladšího z Dobřenic. Doba postoupila a my se dostáváme do 15. a 16. století, ve kterých se velmi angažovali Rožmberkové. Rožmberkové působili na jihu Čech, kde například v roce 1479 dokončili rybník Dehtář (246 ha). Na Třeboňsko v této době přichází zmiňovaný Kunát mladší z Dobřenic, který zde společně s hejtmanem Žabským řídí vyměrování a výstavbu rybníku Velký Tisý. K nim se přidává mladý myslivec, později velký rybníkář Štěpánek Netolický, který se na počátku 16. století stává rybníkářským hejtmanem a buduje velká díla (Opatovický, Horusický, Kaňov a především tehdejší chloubu Zlatou stoku). Dalším významným rybníkářem po smrti Štěpánka Netolického byl Mikuláš Ruthard z Malošova. Ten se zasloužil například o výstavbu Staňkovského rybníka. Nejvýznamnější postavou v rybníkářství a ke stavitelům rybníků patří bezesporu Jakub Krčín z Jelčan a Sedlčan. Prvním jeho rybníkářským dílem byl rybník Počátek. Postupem času se Krčín vypracoval na velmistra v měřičských pracích, načež mu bylo umožněno navrhnout nejodvážnější vodohospodářské stavby, kterou byl rybník Nevděk (dnes rybník Svět), kde nechal zbourat část městských hradeb, 58 usedlostí a dva kostely. V roce 1584 se začala psát historie největšího rybníka ve střední Evropě. Začalo to jednoho dne téhož roku, kdy si Krčín pozval ke kontrolnímu zaměření Rožmberka vladaře Viléma, kterého seznámil s budoucím rybníčním velikánem. Přes počáteční problémy jako například povodně na Lužnici, které Krčín vyřešil výstavbou Nové řeky, se gigantická stavba povedla zahájit. Z původních 16 výpustí s dřevěnými rourami, byl jejich počet ještě navýšen a na obou koncích hráze byly zaměřeny bezpečnostní splavy. Roku 1590 se začal jihočeský rybníční gigant napouštět. Rožmberk je dnes veden jako rybník, ale plní především poslání retenční nádrže při povodních. Významné rybníční soustavy se nebudovali jen v jižních Čechách, ale také i na Českomoravské vrchovině. Například Bohdalské rybníky a významná retenční soustava Žďárských rybníků, jsou toho zdárným důkazem. Třicetiletá válka znamenala významný úpadek a ztráty rybníků. Další období, až do poloviny 19. století, znamenalo rušení, vysušení rybníků z důvodu polního hospodářství. Zvrat nastal na přelomu 19. a 20. století, kdy Josef Šusta doplnil třeboňskou rybníční soustavu o 36 nových rybníků z důvodu chovu ryb. Významným rybníkářem v Třeboni byl knížecí stavební rada Ing. Josef Bezpalec. Tento absolvent Vysoké technické univerzity ve Vídni se zasloužil především o rozsáhlé rekonstrukce třeboňských rybníků. Další absolvent této školy

Ing. Jindřich Šiman, který celý profesní život zasvětil projektování vodních staveb a přestavbám rybníků, rekonstruoval výpusti na Rožmberku. Mezi důležité osoby rybníkářského stavitelství v České republice můžeme zařadit i Ing. Františka Votavu, Ing. Jana Světelského, Ing. Jana Pecku a Josefa Tvrzického. V roce 1989 Státní rybářství, vzniklé v první polovině 20. století, zaniká. Většina rybníků byla navracena původním majitelům a začaly vznikat nové podniky. Roku 1992, na popud nástupnické organizace a fyzických osob, vzniká Rybářské sdružení České republiky se sídlem v Českých Budějovicích (Pokorný, 2009; Šálek a kol., 1989; Hule, 2004).

4.2 Základní vlastnosti a funkce rybníků

Každý rybník, který leží na území České republiky, má své specifické určení, pro který byl budován. V dnešní době jsou rybníky víceúčelové a jejich obhospodařování podléhá zájmu vlastníka, který si určuje, jak bude s rybníkem nakládat. Nároky, které si vlastník na obhospodařování rybníku klade, musí být zpracovány již při přípravě projektové dokumentace, především pak při uvedení rybníka do provozu řadou předpisů a pravidel (Šálek a kol., 1989).

V České republice je téměř 90 % veškerých rybníků víceúčelových, mimoprodukčních. To znamená, že neplní jen hlavní funkci, tj. produkční, ale především řadu úkolů vedlejších (Pokorný, 2009). Mezi ty nejvýznamnější patří vodohospodářský, krajínotvorný a ochranný účel. Schopnost víceúčelovosti rybníčních soustav přímo ovlivňuje retenci vody při povodních (Hartman a kol. 2012). Produktivita chovu ryb je tedy až na druhém, či dalším místě. Pokorný (2009) dále uvádí, že rybníky mají nezastupitelnou úlohu ochrany krajiny před velkou vodou. Nízká retence srážek je dána tím, že v 19. století ubylo více jak 2/3 rybníčních ploch. Tento zásah do krajiny zrychlil odtok vody z krajiny při náhlých povodňových situacích.

Hlavní funkcí rybníků s ohledem na retenci je tedy ochrana území, ležícího níže. Samotná ochrana spočívá v povodňovém průtoku, který rybník stačí zachytit a tím zabrání škodě, která by vznikla pod rybníkem. Retenční prostor slouží k zachycení potřebné části povodňového průtoku. Rybníky v České republice ovlivňují povodňové průtoky různě velkým neovladatelným retenčním prostorem (Šálek a kol. 1989). Hlavní retenci mají podle Jůvy a kol. (1984) rybníky, které leží na území tzv. koryt, kde se přirozeně soustřeďuje srážkový odtok.

Zaměříme-li pozornost na ochrannou funkci rybníků a její zvýšení na zadržení povodňové vlny, musíme zmínit nejednu zásadní věc. V 16. a 17. století, při tehdejší výměře 180 tisíc ha, zadržovalo 78 tisíc rybníků 2,4 mld. m³ vody. Naše společnost neuváženými zásahy do přírody a krajiny tento stav proměnila do zcela jiné podoby. V dnešní době máme podle prací na Generelu rybníků a nádrží v České republice více jak o polovinu menší počet rybníků o celkové ploše 52 tisíc ha s objemem 0,636 mld. m³, počítáno i se sedimenty (Pokorný, 2009). Na tento názor naráží Jelínek (1999). Zaujímá názor přírodní samo obnovy, kdy máme přenechat přírodě prostor, ve kterém si sama vytvoří nutné podmínky a čas. Revitalizace vodního režimu, obsahující i zakládání vodní nádrže (rybníky), nemá být brána s filozofií stavby silnice nebo domu. Smyslem tedy nemá být budování a kolaudace hotových děl. Výsledkem by podle Jelínka (1999) nebyla příroda, jakou si představujeme, ale technická stavba. Samotná obnova krajiny naráží i na samotné vlastnické zájmy. Revitalizace vodního režimu se dá uskutečňovat jen na pozemcích vykoupených státem, nebo na základě patřičné kompenzace.

4.3 Poloha a umístění

Velice důležité při rozhodování o vybudování rybníků je výběr místa, polohy výstavby. Jedná se o rozhodnutí velmi zodpovědné a složité (Vrána a Beran, 2002). Místo budoucí nádrže se vybírá na základě komplexního posouzení lokality, při kterém je potřeba brát v potaz vodohospodářské poměry a ekologické podmínky, požadovanou velikost nádrže a její poslání, konfiguraci terénu, vlastnické vztahy vůči pozemkům, bonitu půdy, hospodářské poměry, specifické zájmy ochrany přírody a biodiverzity, místní vlivy, finanční náklady na realizaci stavby a víceúčelovost vodního díla (Pokorný 2009). Vrána a Beran (2002) uvádějí pro výběr místa rybníků a účelových vodní nádrží tyto závislosti: tvar nádržní pánve, účel a požadovaná funkce nádrže, vhodnost místa pro výstavbu hrázového tělesa a jednotlivých objektů, vzdálenost od místa těžby stavebního materiálu pro těleso hráze, hydrogeologické a hydrogeologické podmínky, vhodnost vodního zdroje, nemalý poměr ve vlastnictví pozemků, poměr zemědělsko-výrobní, kvalita (bonita) půdy v zátopové oblasti a řada vlivů místních. Dále se vypracovávají průzkumové práce, které jsou závislé na stupni zpracování požadované dokumentace (například realizační projekt, záměr či samotná studie). Průzkumové práce se zaměřují na vypracování klimatických, hydrologických, geomorfologických, geologických a

pedologických, hydropedologických, geodetických, vodohospodářských a ekologických podkladů. Záměr investora vyjadřuje vypracovaná studie, která obsahuje základní údaje pro výběr staveniště ve smyslu stavebního zákona a příslušné vyhlášky (Pokorný, 2009). Ekonomickou efektivnost nádrže výrazně ovlivní výběr vhodného tvaru nádržní pánve. Nejvýhodnější je umístit hráz budovaného rybníka či nádrže v nejužším místě údolí, kde krátká čelní hráz vytvoří největší akumulací prostor (Šálek a kol., 1989).

4.4 Technické řešení a parametry

Při návrhu technického řešení uspořádání rybníků a účelových vodních nádrží je třeba zaměřit pozornost na ekonomii řešení při účelnosti, jednoduchosti, dlouhé životnosti, maximální spokojenosti a spolehlivosti, snadné obsluze a provozní bezpečnosti stavby (Šálek a kol., 1989). Technické řešení nádrží a rybníků zahrnuje návrh hráze, funkčních objektů, úprav v prostoru a v okolí nádrže a pod nádrží. Funkční objekty znázorňují u všech malých vodních nádrží, tj. i rybníků, výpustné zařízení a zařízení na neškodné odvedení povodňových průtoků (Vrána a Bera, 2002). Podle Pokorného (2009) technické uspořádání rybníků zahrnuje následující technické objekty a úpravy, a to hlavní hráz, dělicí a boční hráze, úpravu dna a břehů, výpustní zařízení (hlavní a popřípadě vedlejší – pomocné), bezpečnostní přepad s vývařístem a stokami, náhony, napouštěcí objekty a obvodové strouhy, zařízení k výlovu ryb a zábrany proti jejich úniku, hospodářské příslušenství (sklady, různé přípojky elektrického proudu, sádky aj.), přístupové cesty k nádrži, sjezd do rybníka, vybavení nádrže a nejbližšího okolí k víceúčelovému využívání. Hartman a Regenda (2014) zdůrazňují, že bezpečnostní přeliv je vhodné umístit mimo těleso hráze do rostlého terénu. Takto je například bezpečnostní přeliv řešený na rybníce Svět u Třeboně, který byl v roce 2002 po povodních vystavět jako jeden z mnoha prvků protipovodňových opatření. Velmi důležitou vlastností je i svažítost břehů (břehový gradient) rybníční kotliny. V příčném profilu má být spád pozvolný min. o 1,5 ‰ a v podélném profilu 3 ‰ a více, v ose rybníka je pak odtok vody zajištěn pomocí hlavní stoky. Důležitá technická zásada a myšlenka je při podzimních výloveh správná manipulace s vodou v povodí. Je zde nutné důsledně dodržovat zásadu „padání vody“ z výše položených rybníků na níže položené rybníky v povodí. Nezbytnou součástí jsou manipulační řady, které se vyhotovují pro každé vodní dílo zvlášť a určují, jak manipulovat s vodou nebo vodním dílem. Důležité je, aby byl

manipulační řád schválen vodohospodářským orgánem před zahájením provozu vodního díla. Manipulační řád dále popisuje zásady pro napouštění a vypouštění, manipulaci s vodou za normálních podmínek a při povodních (Pokorný, 2009).

U všech rybníků má být celkový obsah zadržené vody plně ovladatelný výpustním zařízením při jakékoliv situaci, tzv. zcela vypustitelný. Obsah vody v rybnících je rozdělen na dvě velké části a to, akumulární a retenční prostor (Hartman a Regenda, 2014).

5. VLIV VODNÍCH NÁDRŽÍ (RYBNÍKŮ) NA VODNÍ REŽIM KRAJINY

Vodní režim krajiny je všudypřítomně nepříznivě ovlivňován lidskými činnostmi, které v zásadě mění charakter zemského povrchu a samotného života na něm. Česká republika ovlivňuje vodní režim krajiny zejména nevhodným hospodařením na zemědělské půdě, nevhodnými úpravami vodních toků, nádrží, niv a především vysokým nárůstem nepropustných ploch. Všechny tyto činnosti snižují přirozenou schopnost krajiny zadržovat vodu v době velkých dešťů a následně tuto vodu v době nízkých srážkových úhrnů uvolňovat (Dolejský a Horecký, 2014). Jak uvádí Pokorný (2009), člověk svým nevhodným působením na vodní režim zásadně ovlivňuje své klima a tím i svou budoucnost. Dolejský a Horecký (2014) upozorňují na nedostatečnou retenci vody v krajině, která má ve svém důsledku za následek negativní projevy klimatických změn, jakými jsou časté extrémní srážky, bezesrážková období, teplotní extrémny a další výkyvy počasí. Tyto myšlenky potvrzuje a také na ně navazuje Šrám (2014) z Komise pro životní prostředí Akademie věd České republiky, který dodává, že regenerační potenciál české krajiny v poslední době klesá. Potvrzuje projevy klimatických změn, jejichž projevem jsou dlouhodobé změny jednotlivých faktorů, a to teplota, dále pak extrémní projevy počasí, především přívalové srážky a dlouhá bezesrážková období. Zde nastává zásadní problém dnešní doby. Naše krajina byla především v uplynulých 60 letech poškozována různými technickými a ekonomickými praktikami, především v rovině adaptace a obnovování samotné krajiny bez ohledu na ekologické principy. Takto vzniklá uniformovaná zemědělská krajina zbavená mezí, volné zelené, polních teras, přirozených mokřadů (bez retence vody) nemá šanci nadměrné srážky absorbovat, zadržet a hlavně omezit povrchový odtok. V posledních desetiletích ekonomické

škody, vzniklé při různých výskytech povodní a sucha, přecházejí do desítek miliard korun.

Pokud spadne někde během celého dne více jak sto litrů vody na jeden metr čtvereční, máme velký problém zabránit následné povodni, která s sebou přináší nedozírné následky. Zde nastává zásadní problém, a to ten, že střeoevropská kulturní krajina z větší části v dnešní době nedisponuje s tak potřebným retenčním potencionálem. Podíváme-li se přímo do české krajiny, zjistíme, že tato krajina, retenčním potencionálem nedisponuje vůbec, či velmi málo. Důležité tedy je předejít těmto problémům a realizovat takový systém opatření, který by buďto zcela ochránil obyvatelstvo a dané území, či by alespoň zmírnil negativní dopady (Dvořáková, 2014). Dobrou zprávou je fakt, že existují tři typy opatření, která by dokázala zabránit negativním dopadům, škodám na životech a majetcích. Prvním typem je výstavba nových velkých přehrad. Toto opatření je velice účinné a v poslední době velmi zmiňované, ale i u tohoto řešení spatřujeme nemalý háček. Problém u výstavby nových přehrad spočívá především v tom, že neřeší ochranu na horním toku, ale pouze území ležící na středních nebo dolních tocích. Pro ochranu území ležícího na horním toku, existuje druhý typ opatření, který je vysoce účinný například při bleskových povodních. Jedná se o velké množství krajinných prvků, které jsou schopny krátkodobě zadržet vodu v krajině. Mezi tyto prvky řadíme MVN s retenčním prostorem (rybníky), poldry, revitalizace vodních toků (navrácení přírodního charakteru řekám – meandry), zatravnění, budování lužních lesů a systém příkopů. Třetí typ opatření je nejcitlivější. Dát vodě volný průběh a jít jí z cesty. V reálu by to znamenalo vylidnění zátopových oblastí. Nad tímto typem přichází v úvahu velké zamyšlení, protože, jak se ptá sám Sklenička (2014), zda můžeme dovolit realizovat několikamiliónové protipovodňové opatření kvůli pár domům, z nepochopitelných důvodů postavených v zátopových oblastech.

Nejlepší možností, jak předejít těmto problémům, je zvyšování retenčního prostoru ve vodních nádržích a připravit tak prostor pro významnou srážko-odtokovou událost. Tématu zvýšení retenčního prostoru je věnovaná kapitola č. 6.

5.1 Akumulace vody a akumulací prostor

Akumulace vody znamená zadržení vody a její dlouhodobé využívání. Akumulačním prostorem, též užitkovým, zásobním, či provozním, se rozumí hlavní hospodářský prostor. Dle potřeby může být kdykoliv vypuštěn. Jeho výhodou je v plně ovladatelném výpustním zařízení. V praxi ho lze využít tak, že při výloveh rybničníků se zcela vypustí a na jaře, kdy je období s vyššími průtoky, se opět napustí na požadovanou hladinu (Obr. 2). Pokud se očekává povodeň, lze zásobní prostor vyprázdnit, ale pouze tehdy, bude-li ho možné během povodně opět naplnit na minimální hladinu zásobního prostoru (Pokorný, 2009).

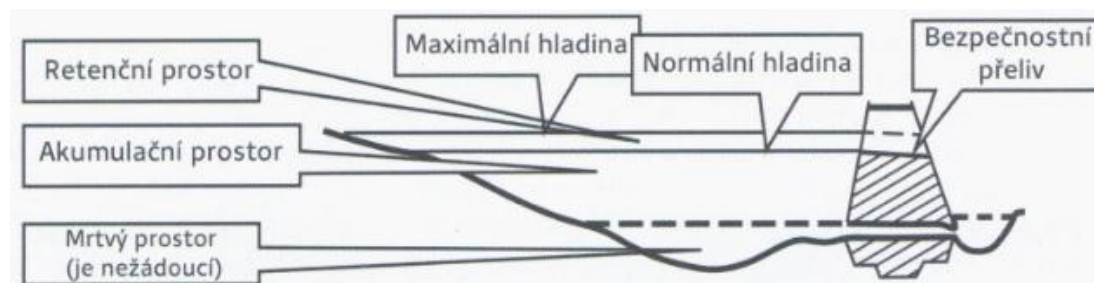
Akumulace vod slouží také pro vodárenské účely, například vodojemy, automatické tlakové stanice, čerpací stanice, které slouží kupříkladu pro zásobu vody (Hlavínek a kol., 2007).

5.2 Retence vody a retenční prostor

Retence je nedílnou součástí dnešní krajiny a její ochrany před povodní jako takovou. Jedná se o schopnost zadržování vody a je dána rozdílem mezi přítokem a odtokem vody za časovou jednotku. Retence, z latinského slova *retentio*, znamená zadržení, zástavu, nebo udržení vody v krajině (Štěpánek, 1981). Podle Pokorného (2004) zabývajícího se rybářstvím, je retence zadržení vody, dělí se na retenci přírodní, nebo retenci umělou. Retence území znamená schopnost zadržet dočasně povrchové a podzemní vody na daném území (Králová, 2001). Gegorich a kol. (2001) charakterizují retenci množstvím srážek na povodí, které nemůže uniknout jako odtok. Dále uvádějí, že se jedná o rozdíl mezi celkovými srážkami a celkovým odtokem. Co nás především zajímá, je retenční prostor, který najdeme nad akumulací prostorem. Retenční prostor dělíme na ovladatelný, který najdeme mezi hladinou zásobního prostoru a přelivovou hranou a neovladatelný, určený výškou přepadu přes přelivovou hranu (Obr. č. 2).

Budování retenčních opatření na ploše povodí, kam patří i zvyšování retenčních prostorů existujících rybničníků, jako MVN, mohou být velmi účinné především na malých povodích, kde mohou významně zmenšit povodeň s malou pravděpodobností výskytu. Účinkem je tedy snížení průtoku a hladiny pod hrází rybníka, časové oddálení kulminace a tím prodloužení doby reakce (Čamrová, Jílková, a kol., 2006).

Problém v naší krajině je především v prostoru pro retenci vody, kde je výjimkou, pokud je celý prostor rybníka vyhrazen pouze pro retenci.



Obr. č. 2 Účelové rozdělení zadržené vody – podélný řez (Hartman a Regenda, 2014)

6. MOŽNOSTI ZVÝŠENÍ RETENČNÍHO PROSTORU (METODY)

Retenční prostor lze zvýšit několika způsoby, jako jsou vodohospodářské revitalizace, odstranění sedimentů (odbahnění), či rekonstrukce a výstavba nového vodního díla zahrnující výstavbu ochranných-protipovodňových rybníků. Vhodné je zde dodat, že čím více navýšíme retenční prostor, tím více bude transformace povodňové vlny větší a povodňová vlna menší (Pokorný, 2009).

6.1 Vodohospodářské revitalizace

Pokud máme zájem o širší provedení retenčního prostoru, máme možnost rybníky revitalizovat. Revitalizace je v dnešní době žhavým tématem společnosti, ale v případě rybníků je velmi vhodná a i důležitá. Po provedení revitalizace se zvyšuje retenční schopnost při povodních. Revitalizace má zásadní vliv na retenční schopnost krajiny. V obecných zásadách jsou revitalizační opatření na rybnících obdobná, jako na vodních tocích a velkých náhonech (Pokorný, 2009). Vrána (2004) zdůrazňuje, že problematika revitalizace je velmi složitá a jak již bylo uvedeno, v dnešní době velmi živá. Revitalizace by neměla být prováděna pouze na samotné malé vodní nádrži, zde tedy rybníku, ale v rámci celého povodí, do kterého rybník spadá. Mezi základní revitalizační opatření patří odbahněování, úprava dna, úprava břehů, vytvoření tzv. infiltračních pásů, začlenění rybníků do přírodního ekosystému, rekonstrukce, obnova rybníků a vytvoření pásů při výpusti, umožňujících přežití nižších obratlovců při vypouštění (Šálek, 1996). Velká revitalizace proběhla v 15. a 16. století, kdy

třeboňská pánev zažila melioraci spojenou s rozsáhlou výstavbou rybníků (Vrána, 2004). V 19. a 20. století, jak uvádí Just (2005), probíhala velká technická opatření na vodních tocích a nádržích, která vedla k soustředování povodňových průtoků do koryt a hrázových systémů, které následně zrychlily postup povodňové vlny a tím neumožnily malým vodním nádržím vodu zadržet. Postupem času se tyto technické úpravy ukázaly jako zbytečné, poškozující přírodu a krajinu.

Cílem revitalizace je nepochybně návrat do stavu přírodě blízkému, dále pak zlepšení stavu vodního díla a jeho vlivu na celé povodí (Vrána, 2004). Zajímavý pohled na smysl revitalizace je od Justa a kol. (2005), podle něhož se revitalizace mohou uplatňovat jako součást komplexní ochrany před povodněmi společně s plošnými opatřeními, ovlivňujícími vznik povrchového odtoku, technické protipovodňové ochrany a protipovodňového organizovaného systému. Právě v tomto komplexu ochrany mohou revitalizační a jim blízká opatření přinášet nezanedbatelné efekty.

Revitalizace je velmi náročná z hlediska zakomponování do krajiny a jejímu přirozenému stavu. Smysl má revitalizovat pouze tehdy, pokud je reálná šance na návrat do přirozeného stavu. Před zahájením samotné revitalizace bychom měli při projektování realizační dokumentace nezbytně zpracovat investiční záměr. V některých případech je zásadní zpracovat studii, která by měla nadefinovat záměr revitalizace a stanovit její priority. Rok po uvedení revitalizace rybníka do provozu bychom měli přikročit k prvnímu hodnocení, které prokáže, zda revitalizace byla úspěšná či nikoliv. Není to však základní posouzení. Základní posouzení se provádí po třech letech uvedení revitalizovaného rybníka do provozu. Potom záleží na rozdílu před a po revitalizaci. Pokud výsledky prokážou změny, byla revitalizace úspěšná (Vrána, 2004).

Nemáme-li zájem o revitalizaci, můžeme zapřemýšlet o rekultivaci. Rekultivací se podle Pokorného (2009) rozumí obnova původní vodní plochy a řádného hospodářského stavu.

6.2 Odbahňování

Zvýšení retence rybníků a celé rybníční soustavy lze dosáhnout, jak již bylo v předešlé kapitole řečeno, odbahňováním rybníků, které patří do generálních oprav a rekonstrukcí (Pokorný, 2009). Dle Jelínka (1999) je třeba čas od času rybník

odbahnit a zbavit se nahromaděného bahna, ale v samotné praxi vzniká problém s jeho následným využitím, či samotnou likvidací. Rybníky již v minulosti zachycovaly erozí smývané a přívalovými vodami transponované půdní částice, které byly odneseny z lesů, polí a luk. V minulosti však věděli, jak s daným výsledkem této činnosti, tedy bahnem, hospodařit. Moderní člověk se stával pohodlnějším a k samotné přírodě a jejím způsobům lhostejný. Práci si ulehčoval chemickými prostředky, častou mechanizací a doba normalizace v tomto počínu jen pokračovala, kdy se krajina stala takřka ignorací pro jiné účely. Díky těmto zásahům, tedy spíše ignorováním krajiny z pohledu její ochrany, příroda nedokáže sama čistit vodu. Rybníky vlivem markantního chovu ryb tuto situaci ještě více zhoršují. Jelikož kvalita vody patří mezi nejdůležitější faktory pro život, musíme přírodě napomoci k tomu, aby měla kladný vliv na kvalitu vody (Vojtěch, 1996). Problém s vodou je v dnešní době velmi aktuální. Pokud se zaměříme na ozdravení prostředí, vedoucí ke kvalitě vody, získáme i retenční prostor, který je v krajině nezbytný. Přebytké bahno, které je usazené na dně rybníka, zmenšuje retenční kapacitu. Nejintenzivnější zanášení se projevuje u rybníků průtočných, které byly vytvořeny čelní hrází (Šálek a kol., 1989).

Odbahňování rybníků je možné vykonat v rámci programu na odbahňování rybníků, celým názvem „Obnova, odbahnění a rekonstrukce rybníků a výstavba nádrží“, označen číslem 129 130, který je realizován ve smyslu obnovy rybníků pro chov ryb. Není to však jediný programový bod. V programu je dále uvedeno plnění dalších vodohospodářských funkcí rybníků. Cílem programu je zlepšení technického stavu rybníčního fondu, posílení vodohospodářské a mimoprodukční funkce rybníků s ohledem na jejich protipovodňový a krajinoformující význam (Hartman a kol., 2012). Vaníček (2005), zabývající se financováním vodního hospodářství uvádí, že dosažení tohoto cíle zajistí obnova či rekonstrukce těles hrází, funkčních objektů vodních děl a v neposlední řadě obnova retenčních prostorů odtěžením bahna. Jak již bylo uváděno, v České republice máme přibližně 24 tisíc rybníků a malých vodních nádrží, z čehož je velká většina dochovaných z rybníčních soustav 15. až 17. století. Teoretický retenční objem těchto vodních děl je přibližně 625 mil. m³ z celkových 51 800 ha. Přibližně 1/3 veškerého retenčního prostoru, tj. 200 mil. m³, tvoří v rybníčních bahna. Pokud žadatel přistoupí na podmínky programu, musí splnit, aby získal na odbahnění rybníka 75 % dotaci, dvě základní kritéria. Prvním kritériem je

výstavba bezpečnostního přelivu rybníka, který převede minimálně stoletou vodu a druhým kritériem je retenční ochranný prostor, kde žadatel v manipulačním řádu rybníka po ukončení akce vyčlení retenční ochranný prostor o velikosti minimálně 10 % z celkového prostoru rybníka. Výsledkem těchto programových kritérií a opatření by měla být ochrana, která při budoucí povodňové vlně zabrání přelití přes hráz dotovaného rybníka. Tím přibude dostatečná kapacita na zachycení první části povodně tak, aby se prodloužil čas na ochranu níže položeného území.

Před vlastním odbahňováním je především nutno provést průzkum a to nejen samotného rybníka, především jeho dna, nýbrž celého povodí, jež do něj ústí. Tento průzkum nám umožní určit, zda je vůbec možné rybník odbahňovat, kdy samotné odbahnění provést a za jakých okolností odbahňování provádět. Na tomto průzkumu závisí mnoho dalších faktorů a činností (Vojtěch, 1996). Průzkum je nejlépe uskutečnit po vypuštění vody, nebo případně na vodě. Zjišťujeme množství a skladbu sedimentu, způsob těžby nánosů a jeho případné šetření odebráním vzorků bahna z rozsáhlé analýzy, způsob dopravy bahna z rybníka a místo skládky, posléze i navrhnutí způsobu využití nánosů (Pokorný, 2009). Z důvodu ekonomické náročnosti odbahňování rybníků volíme ekonomicky a pracovníě nejvýhodnější způsob odbahnění. Odbahňujeme částečně, nebo celkově. Při částečném odbahňování odstraňujeme nadměrné vrstvy bahna z loviště a hlubších částí rybníka, při celkovém odbahnění odstraňujeme bahno z celého dna rybníka (Nováček, 2000). Při odbahnění využíváme převážně jeden z těchto tří způsobů. Karbování, které využívá staré způsoby těžení bahna, probíhá tak, že se vodou odstraňuje usazené bahno z loviště (Hule, 2005). Problémem u toho způsobu je současná legislativa, která tuto jednoduchou metodu neumožňuje. Dalším způsobem odbahnění rybníka je odsávání bahna sacími bagry, které je prováděno na plné vodě, nebo při mírně snížené hladině. Posledním způsobem je těžení bahna po předchozím vypuštění vody, kde se podle bývalého oborového podniku SR retenční kapacita rybníků zvýšila až o 180 mil. m³ vody. Tato metoda se v dnešní době využívá nejčastěji (Pokorný, 2009).

Před každým odbahněním by měl vlastník zapřemýšlet nad tím, jestli je odbahňování opravdu nutné, a pokud ano, tak aby nenarušovalo okolní zájmy přírody, odběr vody a přilehlé vlastníky nemovitostí (Nováček, 2000).

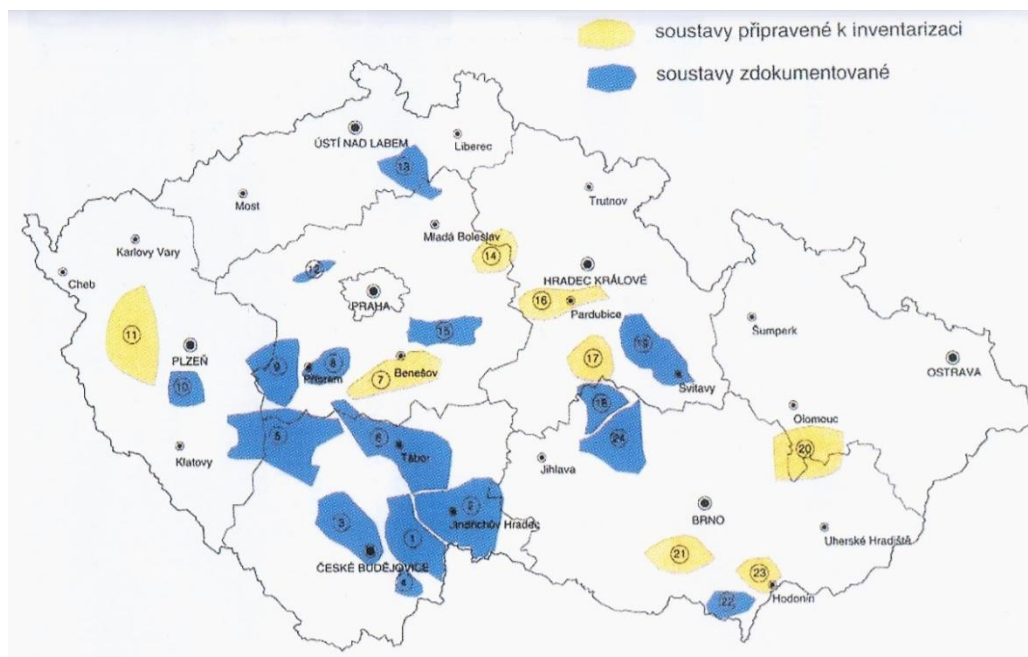
6.3 Rekonstrukce a výstavba nového vodního díla

Jak uvádí Pokorný (2009), retenci lze zvýšit i vhodnou rekonstrukcí, vyčištěním, dobudováním soustav a zvýšení hrází rybníků. Těmito kroky dokážeme nejen zvýšit retenci až o 40 %, ale i zlepšit ochrannou funkci rybníků. Přepočteme-li těchto 40% na m^3 , dostaneme zvýšení retence o 200 mil. m^3 .

Na dlouhodobé plány se musíme připravit, pokud budeme rybníky rekonstruovat a opravovat, protože jak zmiňuje Pokorný (2009), dodatečné úpravy na vodním díle bývají dosti náročné a především nákladné. Údržba rybníků zahrnuje všechny opravné práce, které odstraňují poruchy a poškození (Šálek a kol., 1989). Opravy na rybníce rozdělujeme na běžné a generální, neboli rekonstrukce. Běžnými opravami rozumíme drobné opravy, větší význam mají generální úpravy, které podléhají pod retenci vody. Při rekonstrukci se v některých případech řeší zvýšení retenčního prostoru pomocí koruny hráze, která se zvýší. Pokud zvýšíme výšku hráze o 2 až 3 metry, dostaneme dvojnásobný retenční prostor k celkovému objemu vody. Jedná se o aktuální věc, která je při rekonstrukcích často zmiňována (Pokorný, 2009). Velmi často se také prosazuje doba rekonstrukce a to tak, aby rekonstrukce proběhla v zimních měsících, kdy jsou rybníky zcela vypuštěné (Šálek a kol., 1989).

Při budování nového vodního díla, tedy rybníka, bychom měli brát v úvahu řešení zásobního prostoru, který závisí na účelu rybníka, protože čím větší bude mít rybník retenční prostor, tím lépe bude povodňová vlna transformována v retenčním prostoru a povodňová vlna se zmenší. Z údajů maximálních průtoků vycházíme při stanovování retenčního prostoru. Povodeň s průtokem Q_{100} se vyskytuje zpravidla 1krát za 100 let. Pro snížení následků při velkých atmosférických srážkách a jejich vlivu na retenci vody v krajině, musí fungovat promyšlená koordinace budování těchto vodních děl. Jejich promyšlené budování a jejich víceúčelové využívání by mělo zvýšit právě zmiňovanou retenci v rybnících a zmírnit povodňové škody na územích, ležících níže na povodí (Pokorný, 2009). Problém v České republice je spatřován v rozložení rybníků. Rybníky jsou rozloženy nerovnoměrně a především soustředěny do určitých oblastí, viz obr. č. 3 (Třeboňská rybníční soustava a Českobudějovicko-hlubocká rybníční skupina v jižních Čechách, Bolevické rybníky v Plzeňském kraji, Lednické rybníky na jižní Moravě, Tovačovské rybníky na střední Moravě, Pernštejnská rybníční soustava ve východních Čechách, Žďárská rybníční soustava na Vysočině a Holanské rybníky společně s Hradčanskými rybníky

v Severních Čechách) (Štefáček, 1996). Pokorný (2009) dále připomíná, že tyto rybníky neplní jen úkoly energetické, retenční, zásoby vod, ale především funkci ochranou, která byla nejvíce pozorovatelná v roce 2002. Některá vodní díla jsou budována bez rozmyšlení a bez vtažení přírody. Během projektování je nutno vycházet nejen z dnešních technických poznatků, z českých technických norem a postupů, ale i z historických poznatků a nakonec i z estetických a krajinářských účelů (Dušek, 2002).

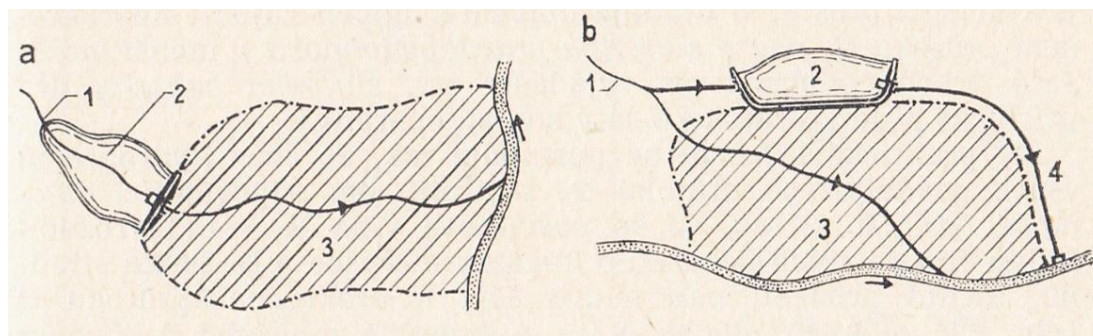


Obr. č. 3 Hlavní rybníční oblasti v České republice (Pokorný, 2009)

6.3.1 Výstavba ochranných-protipovodňových rybníků

Pokud potřebujeme rybníky určené pouze pro retenci vody, můžeme se zaměřit na ochranné-protipovodňové rybníky. Jak již v této práci bylo zmíněno, úkolem těchto rybníků je zdržení protipovodňové vlny, její zploštění a zachycení, včetně splavenin, které by mohly poškodit korunu hráze. Tyto rybníky náleží k hlavním vodohospodářským opatřením, které slouží k ochraně před povodní a jejím následným škodám, především v zabezpečení níže ležícího území (Šálek, 1997). Hlavní úloha v retenci srážek bude nadále patřit ústředním nádržím, ale právě tyto rybníky, napomáhají v retenční schopnosti krajiny. S více jak 0,5 mld. m³ zásobního prostoru při normální hladině a dvojnásobkem této zadržené vody při povodních významně přispívají k omezování škod. Těchto rybníků je bohužel velký nedostatek

a samotná výstavba nesmírně pomalá a složitá, protože pro návrh je nezbytné znát maximální povodňové průtoky. Součástí stavby jsou regulovatelná zařízení, bezpečnostní přeliv a provozní objekty (Pokorný, 2009). Pokud požadujeme nádrž postavit na toku (Obr. č. 4a), jedná se o nádrž průtočnou, pokud však usilujeme o nádrž mimo tok (Obr. č. 4b), budeme stavět nádrž boční (Jůva a kol., 1980). Reálná ochranná kapacita závisí na včasném předvypouštění, které je při povodních nezbytné, protože upravuje skutečné naplnění rybníků. Všechny tyto závislosti jsou plněny pomocí manipulačního řádu, který by měl být podřízen plněním ochranného posláni. Příkladem cennosti těchto rybníků jsou rybníky v třeboňské pánvi, které v roce 2002 zbrzdily průběh kulminace o neskutečné tři dny. Řešením je tedy výstavba nových rybníků, která povede ke zvýšení ochranné kapacity stávajících rybníků (Pokorný, 2009).

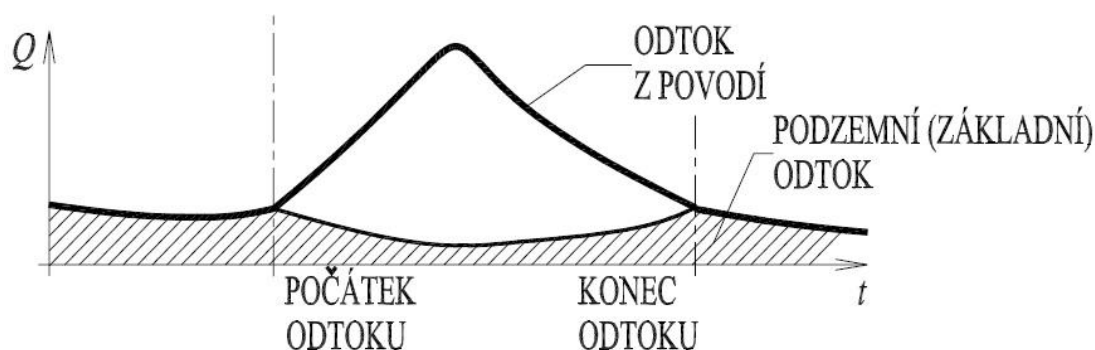


Obr. č. 4 Rybníky s funkcí ochranných nádrží, kde a – nádrž průtočná a b – nádrž boční, dále 1 – tok, 2 – nádrž (rybník), 3 – chráněné území, 4 – odtok z nádrže (Jůva, a kol., 1980)

7. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ODTOK VODY Z POVODÍ

Odtok vody znamená celkové množství vody, které v podobě atmosférických srážek spadne na zemský povrch a protéká uvažovaným profilem toku za určitý čas, působením gravitace ve směru největšího sklonu terénu. Množství vody odtékající z povodí je právě závislé na velikosti atmosférických srážek a výparu, které svým množstvím a časovým rozložením předurčují průběh samotného odtoku. Voda ze srážek se do uzavírajícího profilu (tj. konečné místo toku) dostává povrchovým odtokem, podpovrchovým (hypotermickým) nebo odtokem podzemních vod (Obr. č. 5). Avšak vztah mezi atmosférickými srážkami a odtokem není přímý. Odtok vody je aktivně úspůsobený nejen klimatickými faktory (dynamikou vývoje), ale i pasivně

fyzickogeografickými faktory, které jsou v daném povodí stálé. Kromě toho se zde projevuje i vliv člověka (Daňhelka, 2007).



Obr. č. 5 Schéma průběhu odtoku vody z povodí (Starý, 2005)

V několika následujících odstavcích si představíme přehled veškerých faktorů, které ovlivňují odtok vody z povodí.

7.1 Klimatické faktory

Klimatické faktory ovlivňují především sílu odtoku a jeho následný tvar. Rozhodující mírou jsou zde srážky, dále pak sluneční záření, vlhkost a teplota okolního vzduchu, intenzita přeměn vzdušných mas (tlak, směr větru), které ve svém důsledku ovlivňují bilanční poměry v povodí.

Tvar odtoku vody je závislý především na množství srážek, ale podstatné je zde i časové rozložení, intenzita a druh srážek. V letním období bývá odtokový součinitel zpravidla nižší. Pokud však nastane intenzivní liják s krátkou intenzitou trvání, můžeme očekávat intenzivní zvýšení odtoku vody na určitý, krátký čas a naopak dlouhodobé deště odtok vody zvyšují postupně a dlouhodobě. Zvýšený odtok vody nastává také v jarním období, kdy sluneční záření, které prostupuje na zemský povrch, otepluje vzduch, díky čemuž taje sníh. V letním období se díky slunečnímu záření zvyšuje výpar vody jak ze spadlých srážek, tak i z půdy a volné hladiny, a proto bývá odtok poměrně malý (Němec, 1965).

MVN v České republice podléhají klimatickým faktorům a je zcela nepravděpodobné, se těmto faktorům vyhnout. Potřeba je tedy zvětšovat ochranné prostory v malých vodních nádržích na místech bohatých na srážkové úhrny, nebo v místech malé infiltrace vody do půdy.

7.2 Pedologické, geologické a hydrogeologické faktory

Na rozdělení odtoku vody na povrchový, podpovrchový a podzemní, potřebujeme znát faktory, které ovlivňují infiltraci. Mezi tyto faktory řadíme pedologické, geologické a hydrogeologické poměry. Nejsou to však jediné faktory, které rozdělují odtok. Také faktory ovlivňující intercepci (tj. zachycení srážek vegetačním krytem) a vegetační kryt, slouží pro rozdělení odtoku.

Půdní poměry v krajině mají zásadní vliv na velikost a intenzitu infiltrace vody a tím na velikost odtoku (Kvítek, 2006). Mimo jiné je půdními vlastnostmi ovlivňována retenční schopnost krajiny. Půdy písčité mají významnou infiltrační schopnost, ale nedisponují schopností retenční, která podstatně ovlivňuje transformaci srážky na odtok vody. Naproti tomu opačné podmínky poskytují půdy ulehle a nepropustné, zvláště na polohách s vyšším sklonem terénu (Daňhelka, 2007).

Důležitou geologickou a hydrogeologickou podmínkou ovlivňující odtok je pórovitost. Horniny dokáží pojmout více vody, čím větší je pórovitost (Benetin, 1958). V době bezdeští je odtok vody ovlivňován geologickým podložím a jeho propustností. Pokud nám nastane nečekaná vydatná srážka, můžeme na nepropustných vrstvách (ruly, krystalické horniny, břidlice, žula, porfyr, čedič, jíly, slíny, nerozpuštěný vápenec aj.) s málo mocným půdním překryvem, očekávat zvýšený vzestup průtoků. Aby toho nebylo málo, nepropustné vrstvy také snižují celkovou retenční kapacitu povodí. Kdežto propustné vrstvy (štěrk, písek, úlomkovité sedimenty, rozpuštěné horniny celistvé a pórovité rozpukané vyvěřeliny) snižují povrchový odtok a zvyšují podzemní odtok (Krešl, 2001; Chow a kol., 1988).

7.3 Land Cover

Faktor land cover označuje zpravidla kombinaci 3 dílčích atributů krajiny - vegetační pokryv zemského povrchu, land use a struktura krajiny. Tato kombinace je platná v daném čase za aktuálních podmínek (Sklenička, 2014).

Ekologická opatření, která zpomalují povrchový odtok a zvyšují retenci, mají značný význam v protipovodňové ochraně. Vegetační pokryv nejen že významně chrání půdu před nebezpečnými účinky eroze, ale i zvyšuje vodní kapacitu půdy, ovlivňuje velikost odtoku vody a množství podzemní vody (Janeček, 2002; Daňhelka, 2007). Vliv na zadržování vody v půdě má podle Kodešové (2010)

zatravnění, které demonstrovala na grafech s retenčními křivkami znázorňujícími zadržovanou vodu v půdě. Výborné infiltrační vlastnosti má lesní výsadba (dub). Dobré infiltrační vlastnosti mají luční porosty, lesní půdy s dobře vyvinutou vrstvou hrabanky a humusu, lesy lipové, modřínové a březové (Jůva, 1957). Naopak orná půda a zemědělské plochy bez dostatečného zapojení pěstovaných plodin chrání půdní povrch, přispívají k rychlému odtoku vody.

Potřebujeme-li získat informace o vhodnosti dané formy využívání krajiny, měli bychom se zaměřit na land use. Land use je dynamickou složkou krajiny a zahrnuje nejen formu analýzy aktuálního či historického stavu, ale i hodnocení krajiny z hlediska vhodnosti pro jednotlivé způsoby využívání (Sklenička, 2003).

Abychom tedy zabránili rychlému odtoku vody z povodí, měli bychom naši pozornost zaměřit na střídání plodin na zemědělsky obhospodařovaných půdách, správné rozmístění honů a porovnávání historických stavů se stavem aktuálním. Zmíněné porovnání nám výrazně pomůže, pokud hodláme budovat v povodí nový rybník, či revitalizovat vodní tok. Však můžeme během každé povodně pozorovat, jak se upravený vodní tok vrací na své původní místo.

7.4 Fyzickogeografické faktory

K faktorům fyzickogeografickým, které působí především při utváření extrémních průtoků, tedy na rychlost odtoku vody v povodí a jeho koncentraci v uzávěrovém profilu, řadíme samotnou hustotu vodní sítě, geometrické vlastnosti povodí (velikost, tvar, uspořádání říční sítě aj.) a spádové poměry na daném území.

Plocha povodí, značená F , se udává v km^2 . Jedná se o jednu z nejdůležitějších charakteristik povodí. Vytváří jakousi představu o toku, který dané povodí odvodňuje. Definována je jako plocha půdorysného průmětu povodí do vodorovné roviny (Kvítek, 2006). Daňhelka (2007) uvádí, že čím větší je plocha povodí, tím se zvyšuje hodnota kulminačního průtoku a zároveň klesá maximální specifický průtok. Daňhelkovo tvrzení potvrzuje Krešl (2001), který říká, že větší je maximální specifický odtok v povodích malých než velkých.

Tvar povodí a uspořádání říční sítě určuje dobu, za kterou se voda v uzavírajícím profilu soustředí z celé plochy povodí. Povodí je zpravidla nejširší ve své střední části, směrem k prameništi se zužuje (Kvítek, 2006). Tvar povodí bývá ve tvaru symetrického nebo asymetrického listu (Hubačíková, 2009).

Odtok atmosférických srážek ovlivňuje také reliéf terénu (Beven, 2012). Vliv terénu je dán sklonitostními poměry na povodí. Větší sklon umožňuje rychlejší odtok srážek a infiltrace je tím pádem menší. V krajině, kde je reliéf terénu plošší, voda zůstává po určitou dobu v prohlubních a může se tak výrazněji uplatnit výpar (Kemel, 1996). Reliéf lze rozložit na geometrické plochy, jejichž vývoj bývá výsledkem jednoho pochodu událostí. Geometrické plochy v geomorfologii nazýváme geneticky stejnorodé plochy. Tyto jednotlivé plochy mají různý vzhled, sklon, orientaci na světové strany, či různou expozici (Sklenička, 2003). Rychlost, s jakou se půdní voda pohybuje dolů po svahu, ovládají topografické sklony. Ty i určují, zda je srážková voda spláchnuta do říční sítě, nebo ponechána v půdě. Nepravidelná říční síť, jak dodává Daňhelka (2007), se může projevit na charakteru tvaru povodňových vln (více vrcholů).

K faktorům fyzickogeografickým, je tedy zásadní říci, že promyšlené navrhování MVN v povodí je velmi důležité. Záleží nejen na slonu terénu, ale především na ploše povodí. Čím větší máme povodí, tím více bychom měli zvýšit ochranné prostory v MVN, jejich výstavbu tak, abychom mohli lépe transformovat kulminační průtoky a zamezit případným škodám.

7.5 Antropogenní faktory

Na odtok vody podstatně působí i vliv člověka, především ve výstavbě nádrží, v agrotechnických postupech, v uspořádání cestních sítí, ve výstavbě měst a sídlišť, v rozsáhlém odvodňování, ve využívání území a v technických opatření toků (upravování koryt především v minulém století).

Člověk se skrz svou urbanizaci, především v rozrůstání ploch s nepropustným povrchem (silnice, parkoviště, nákupní centra aj.), zhutněním půdy a výskytem podpovrchovým dešťových kanalizačních sítí, podílí na zvýšení odtoku a snížení infiltrace vody. Voda pak rychleji odtéká z povodí a celkově utváří negativní vliv na městskou hydrologii (Carter a Jackson, 2006). Už odpradáвна se lidé snaží rozložit odtok tak, aby vytvořili zásoby vody tam, kde je potřeba. Díky tomu nám vznikla celosvětová síť přehradních nádrží, která se snaží vodu akumulovat. I Česká republika nezůstala pozadu a ve 2. pol. 20. století vznikla naše největší vodní díla (Slapy 1955, Lipno I. 1957, Lipno II. 1960, Orlík 1960). Celkový objem v nádržích v České republice se udává na hranici 4 157 mi. m³. Ale i malá vodní díla (historické rybníky, poldry) mají nezastupitelnou roli v akumulaci vod a nejen tam (Němec a

kol., 2006). Vliv člověka na odtokový režim krajiny nalézáme i ve využívání zemědělského a lesnického půdního fondu, nebo v odvodňování půdy, které může mít pozitivní či negativní vliv, především v závislosti na agrotechnických postupech, hnojení, obdělávání zemědělské půdy, zavlažování a v polohovém umístění kultur (Červený a Bohm, 1984).

Můžeme tedy říci, že vodní nádrže a MVN, mohou být prospěšné pro odtokový režim krajiny, ale pouze tehdy, pokud se bude postupovat rozumně (účelné rozmístění vodních nádrží na povodí a jejich uvážený počet). Je tedy nelogické stavět vodní nádrž na povodí, které je již svou akumulací a retenční kapacitou dostačující.

Zmíněné faktory působí na odtok vody současně, komplexně i v jiných kombinacích, tudíž souvislost mezi atmosférickými srážkami a odtokem vody je často skryta.

8. VLIV VODNÍCH NÁDRŽÍ NA VELIKOST A TVAR HYDROGRAMU PŘI SRÁŽKO-ODTOKOVÝCH UDÁLOSTECH

V posledních několika desetiletích postupně nabývaly povodně na svém výskytu. Dokladem tohoto tvrzení je souhrn nejvýznamnějších srážko-odtokových událostí v novodobé historii – léta 1997, 2002, 2006, 2009 a 2013. Není možné si nepovšimnout zvláštnosti rozestupů mezi jednotlivými srážko-odtokovými událostmi. Jedná se vždy o přibližně stejnou dobu, a to čtyři roky. Během těchto událostí se začal extenzivně projevat vliv rybníků na povodňové stavy ať už pozitivně či negativně. Z dostupných pramenů se můžeme dočíst zajímavé informace o skutečnostech, kdy rybníky sehrály při extrémní srážkové události významnou roli. Ať už se jedná například o rybník Rožmberk, o kterém můžeme říci, že ochránil v roce 2002 Prahu před velkou vodou, nebo Mlékovický rybník ve Středočeském kraji, který naopak v roce 2013 přispěl k extrémnosti povodně svým protržením hráze. Jsou tedy opravdu rybníky schopné ovlivnit srážko-odtokovou událost? V této kapitole bych rád pomocí skutečných dat z různých studií a analýz povodní po roce 1989 v České republice, ukázal, že rybníky nejsou jen jakousi schránkou pro chov ryb, ale sehrávají roli, která dokáže významně měnit podobu srážko-odtokové události.

„V pravdě ten, jenž má vody na starosti, zvláště takové veliké, musí včas všechno předzíratí a všechny možné případy uvážiti.“

Jakub Krčín z Jelčan a Sedlčan

Povodeň 1997

V červenci roku 1997 přišla velká rána pro Českou republiku, která nastartovala zájem odborné veřejnosti o možnostech protipovodňové ochrany. Největší povodeň ve 20. století, zasáhla území Moravy, Slezska a východních Čech, tedy povodí Moravy nad Dyjí, dále řeky Svatku a Svitavu (Kadeřábková, 2012). Úhrny srážek během tří dnů, se pohybovaly v rozmezí 150 - 260 mm. Tyto vysoké srážky podminily na většině toků extrémní povodně, kde N-letos kulminačních průtoků překračovala hranici Q_{100} (Brázdil a kol., 2005). Funkce malých vodních nádrží, při této povodni, nebyla zanedbatelná. V postižených oblastech se nacházelo 316 MVN, převážná část byly historické rybníky, větší než 3 ha. Celková zátopová plocha při normální hladině čítá 3 800 ha. Během červencové povodně byly rybníky naplněny až po korunu hráze, značná část rybníků se přelila přes korunu hráze a díky poškození hráze erozí se na některých rybnících hráz protrhla. Protrhnuté rybníky naštěstí nezpůsobily vážné škody na území pod hrází. Většina MVN na tomto území dosahuje retenční schopnosti maximálně na povodně $Q_{20} - Q_{30}$, po překročení tohoto limitu není schopna MVN povodňovou vlnu zmenšit. Podstatné je, že transformace povodní, byť je těmito MVN malá, umožnila v lokálním měřítku získat podstatný čas na nutná opatření níže na toku (MŽP, 1998).

Povodeň 2002

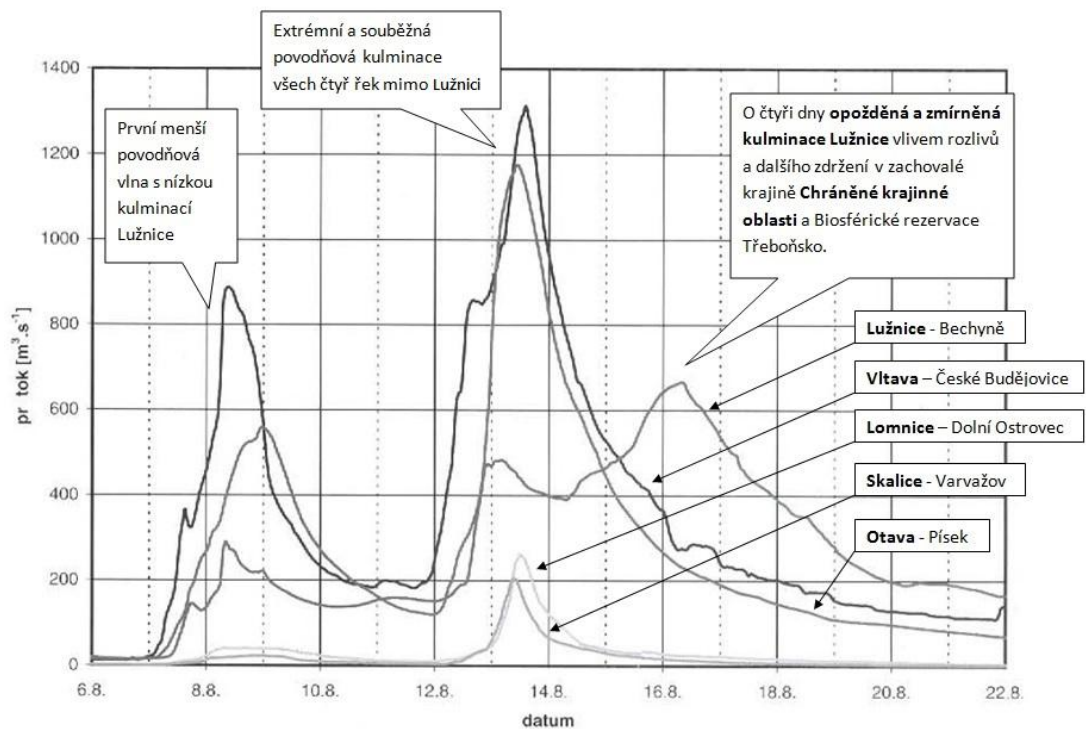
Povodeň v roce 1997 byla ohromující, ale povodeň, která přišla o pět let později, byla devastující. Tato dešťová, srpnová povodeň byla výjimečná, jednak objemem spadlých srážek a velikostí zasažených ploch, tak i velikostí kulminačních průtoků a objemů povodňových vln. Byly pokořeny doposud nejvyšší pozorované vodní stavy a průtoky. Povodeň probíhala ve dvou vlnách (první vlna 6. – 7. 8., druhá vlna 11. – 12. 8.). Zasaženy byly celé Čechy (povodí Vltavy a povodí Labe od soutoku s Vltavou) (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013).

Při této mimořádné povodni, zadržely rybníky, včetně přilehlých zatopených pozemků, místy až trojnásobek normálního objemu vody (Hule, 2015). Protrženo

bylo 23 rybníků, dalších 84 hrází nebo nefunkčních objektů bylo vážně poškozeno (Máchová a Hovorka, 2013) a přes korunu hráze se přelilo více než 100 rybníků s plochou větší než 5 ha, u menších s plochou do 5 ha přibližně 300 rybníků. Něco kolem 75 % přelitých rybníků, odolalo protržení (MŽP, 2004). Největší rybníky na Třeboňsku o ploše více jak 100 ha, zadržovaly ve svých retenčních prostorech celkem 98,9 mil. m³ vody, rybníky s plochou menší jak 100 ha 48,6 mil. m³ vody (Tab. č. 1). Dohromady Třeboňská rybníční soustava zadržela na vrcholu povodně 148 mil. m³ vody nad svou normální hladinou (Hule, 2015). Dokladem je toho i graf kulminačních průtoků jihočeských řek (Graf č. 3). Lužnice, oproti ostatním řekám, vykazovala největší transformační efekt díky možnosti rozlivů do rybníčních soustav. Povodňová vlna na řece Lužnici byla zdržena do nádrže Orlík až o 68 hodin oproti ostatním přítokům (Pithard, 2014).

| název rybníka | plocha ha | cm nad normál | objem zadržené vody v mil. m ³ v zásobním prostoru nad normální hladinou |
|---------------|-------------|---------------|---|
| Opatovický | 165 | 155 | 2,7 |
| Spolský | 137 | 314 | 4,3 |
| Svět | 212 | 200 | 4,3 |
| Kaňov | 162 | 155 | 2,5 |
| Rožmberk | 647 | 420 | 65 |
| Vlkovický | 105 | 80 | 0,8 |
| Dvoříště | 395 | 190 | 7,5 |
| Koclířov | 205 | 120 | 2,4 |
| Tisý | 313 | 94 | 3,1 |
| Bošilecký | 200 | 40 | 0,8 |
| Horusický | 438 | 38 | 1,7 |
| Ponědražský | 142 | 10 | 0,1 |
| Záblatský | 310 | 70 | 2,2 |
| Staňkovský | 272 | 68 | 1,9 |
| celkem | 3703 | | 99,3 |

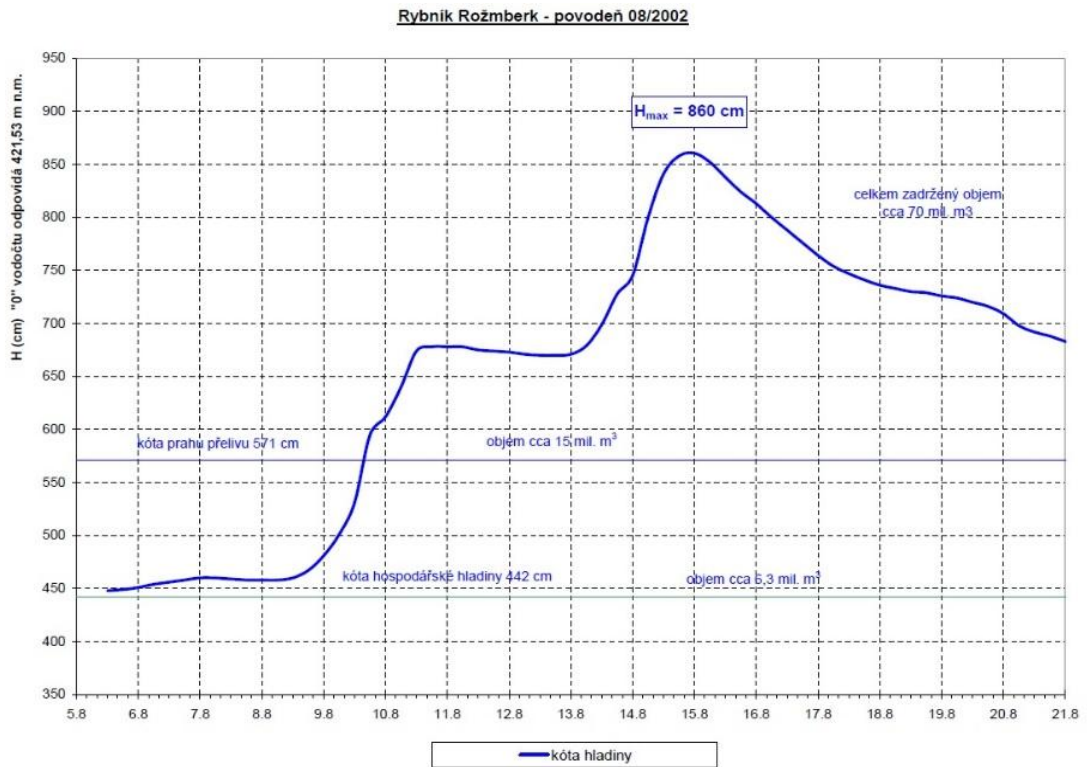
Tab. č. 1 Stav hladin v uvedených profilech na Lužnici (Hule, 2003)



Graf č. 3 Průběh povodně na přítocích do nádrže Orlick v srpnu 2002 (*Hnutí DUHA, 2004*)

V porovnání, Jihočeské přehrady ve svých retenčních objemech zadržely 76,8 mil. m^3 vody nad běžným stavem, tedy o 71,2 mil. m^3 vody méně, než rybníky. To není vše, mimořádné funkci rybníků, lze ještě dodat faktor časového zpoždění odtoku (retardace). Kulminace povodňové vlny na Rožmberku (jižní Čechy) byla 14. 8. 2002 (Graf č. 4), v té době již přehrady na Vltavské kaskádě měly své retenční prostory naplněné (Hule, 2015). Rybník Rožmberk měl významný vliv jak při první, tak i druhé povodňové vlně. Oproti tomu nádrže Vltavské kaskády (krom Lipna I. a Orlicku), které výrazně transformovaly první povodňovou vlnu, objem druhé povodňové vlny výrazně snížit nedokázaly (Kubát, 2002). Protržení hráze rybníka Rožmberk by ve svém důsledku znamenalo ohrožení Prahy, severozápadních Čech a území na dolním toku Labe v Německu. Transformace povodňové vlny v rybníku Rožmberk byla významná, a to i přes ohrožení Novořeckými splavy. Na zátopové ploše o velikosti 2 200 ha, bylo zadrženo 70 mil. m^3 vody (Graf č. 4). Celkové množství zadržené vody na povodí rybníka Rožmberk bylo na vrcholu povodně (dne 14. 8. 2002) odhadnuto na 250 až 300 mil. m^3 (Hule, 2004). Maximální hladina dosáhla + 4,19 m (430,14 m n. m.) nad úroveň hospodářské hladiny (425,95 m n. m.) a kulminační průtok byl zmenšen o 150 – 300 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (MŽP, 2003). Kulminační

bilanční přítok byl odhadnut na $700 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a maximální odtok na $270 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Zahradníková, 2012). Můžeme tedy bez nadsázky říci, že Krčínovo dílo, kde je možno pozorovat zakřivení Země, v srpnu roku 2002, chránilo naše hlavní město, Prahu (Hule, 2005).



Graf č. 4 Hydrogram povodňové události na rybníce Rožmberk v srpnu 2002 (*Povodí Vltavy, 2003*)

Velký problém nastal v jihočeské Třeboni, na kterou se valila voda jednak z horních povodí, tak zpětně z přeplněného rybníka Rožmberk a hrozilo i protržení u městského rybníka Svět. Právě u tohoto rybníka, u kterého lze spodními výpustmi vypouštět max. $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, muselo dojít k vytvoření umělého přepadu v části hráze Opatovického rybníka během pár hodin a vpustit vodu do tzv. mokrých luk (i za cenu zatopení některých domů), protože by jinak hrozilo zatopení historického jádra města Třeboně, kde by škody dosahovaly devastujících rozměrů. Jasným případem nebezpečí byly také rybníky ležící nad Jarošovem nad Nežárkou (Jindřichohradecko), jenž jsou napájeny tzv. Kamenickou kaskádou, u které se uvažovalo o spuštění, což by znamenalo protržení hrází rybníků a zkázu v Jarošově nad Nežárkou. Podobný problém byl u Kačležského rybníka, který byl nuceně

vypouštění a Panského rybníka, kde voda zaplavila místní část Lhotka (Doseděl, 2002).

Na českém povodí Labe výrazně transformovalo povodňovou vlnu 117 údolních nádrží a rybníků s objemem více jak 0,3 mil. m³ s ovladatelným prostorem 2 530 mil. m³ (Mezinárodní organizace pro ochranu Labe, 2004). Nesmíme opomenout povodeň na toku řeky Dyje, v témže roce, kde průtoky v kulminaci dosahovaly hodnot nad Q₁₀₀. Škody zde byly malé, a to především díky významnému ovlivnění průtoků v retenčních nádržích (především rybnících) s časovým posunem začátků rozlivů až o jeden den (Kadeřábková, 2012).

Mimořádné povodně v roce 2002 poukázaly na prospěšnost stávajících MVN, ale také upozornily na nedostatečné manipulační řády, hlavně v nevyužití předvypouštění (Pokorný, 2009).

Povodeň 2006

Po jarní povodni v roce 2006, zhodnotil Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M. (2006) na území České republiky 24 rybníků, které byly povodní zasažené. Z hodnocení vyplývá následující. U 16 rybníků byla převýšena maximální hladina, přičemž k přelití hráze nedošlo. V dalších 6 rybnících došlo k přelití koruny hráze bez destrukce. K protržení hráze došlo na průtočném rybníku Ovčín u obce Blatná, kde nastal neřízený odtok s vyprázdněním rybníka. V jižních Čechách plnil transformační úlohu rybník Rožmberk, tak jak v roce 2002, jenž transformoval povodňové průtoky řeky Lužnice s 3. SPA. Při kulminaci dosahovala hladina Rožmberka + 2,27 m nad běžnou hospodářskou hladinou, 428,22 m n. m., s kulminačním bilančním přítokem 160 m³·s⁻¹ a maximálním odtokem 85 m³·s⁻¹. Na základě výpočtů byl stanoven objem odtokové vlny 56 mil. m³ a v Rožmberku se do okamžiku kulminačního stavu na přítoku zadrželo až 23 mil. m³ vody (Zahradníková, 2012). Před povodňovou vlnou se na většině rybnících včas uvolňovaly zásobní prostory, které následně vedly k zvýšení retenčních prostorů. Na rybníce Rožmberk retenční prostory před povodní představovaly 25,64 mil. m³. Retence povodňové vody v roce 2006 tedy byla dvojnásobná oproti připravovaným retenčním prostorům, přičteme-li retenční prostory v ostatních rybnících na povodí, vznikne nám dalších 20 % prostorů. Je tedy zřejmé, že povodeň na Nežárce a Lužnici, byla ovlivněna kladným účinkem rybníční soustavy, především rybníkem Rožmberk. Zajímavé je

také zhodnocení rybníku Hvězda v Pardubickém kaji, který společně se čtyřmi suchými nádržemi ovlivňuje odtok z povodí o velikosti 80 km² s celkovým retenčním prostorem 3,2 mil. m³. V roce 2006 Hvězda zachytila 1,790 mil. m³ vody s celkovým objemem povodňové vlny 7,880 mil. m³, což je o 70 % více, než u 100leté povodně (MŽP, 2006).

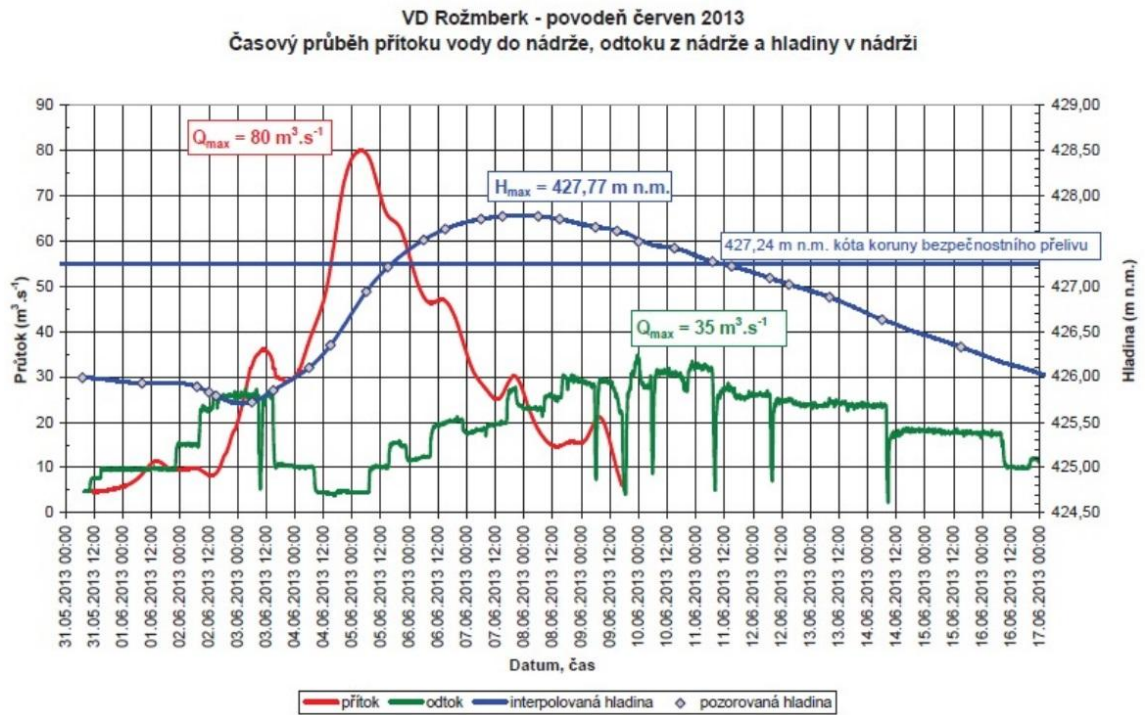
Povodeň 2009

V roce 2009 zasáhla Českou republiku vlna přívalových povodní. Zasažená byla oblast Novojičínska, Jesenicka (Rychlebské hory), jižních Čech a Děčínska (Hřensko). Z povodňových dat lze vyčíst, že zdejší toky značně přesáhly stávající hodnoty 100letých průtoků, přičemž zde byly významné i specifické odtoky. Hodnocen byl soubor 50 rybníků, přičemž u 4 rybníků se protrhla hráz (v důsledku přelití přes korunu hráze), 1 hráz rybníka byla protržena násilně, aby se zabránilo větším škodám a u dalších 33 rybníků se voda přelila přes korunu hráze, kde docházelo k různým škodám. Důvodem protržení a přelití vody přes korunu hráze byla nedostačující kapacita bezpečnostních zařízení. Z hodnoceného souboru rybníků pozitivně ovlivnilo průtokový režim (transformaci přívalové vlny v toku) 7 rybníků, společně s 28 suchými nádržemi (MŽP, 2009). V Seznamu posuzovaných rybníků zasažených povodněmi v červnu 2009 najdeme následující informace. Rybník Potůček v okrese Prachatice, významně ovlivnila velikost převáděných průtoků N cca 100 let. Mlýnský rybník v okrese České Budějovice byl naplněn na maximální možný stav. Přijímal odhadem 40 m³.s⁻¹ a odtok činil 40 m³.s⁻¹. V okrese Pelhřimov na Vysočině se protrhla hráz rybníka Loudal v místech nouzového přelivu, přítok činil odhadem 15 m³.s⁻¹, odtok odhadem 16 m³.s⁻¹ a N = 50 až 100 let. Výbornou transformační schopnost projevila rybník Pod Emauzy v Moravskoslezském kraji (N = 20 let). V rybníku Kletná byla povodeň N > 100 let transformována na odtok Q₁₀₀ (13 m³.s⁻¹). Zde byla dosažena maximální hladina. Zahradníková (2012) uvádí, že na rybníce Rožmberk nebylo dosaženo hranice bezpečnostního přelivu a kulminační bilanční přítok byl přibližně 40 m³.s⁻¹. Rožmberk tehdy zachytil cca 5 mil. m³ vody.

Povodeň 2013

Třetí nejvýznamnější povodeň v novodobé historii, přišla na přelomu května/června v roce 2013, která zasáhla především střední a jižní Čechy. Celý měsíc květen byl na povodí horní Vltavy srážkové nadprůměrný. V tomto období byly zaznamenané úhrny srážek s periodicitou vyšší než 100 let (150 mm) pro jedno a vícedenní úhrny srážek, především díky přívalovým srážkám (Spálenková, 2014). Kulminační průtoky často přesahovaly Q_{100} . Většina rybníků, u kterých nastala havárie, nebyla dostatečně zabezpečena pro bezpečné převádění povodňových průtoků a nevyhovovala vyhlášce č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla, ve znění vyhlášky č. 367/2005 Sb.), s absencí technické a provozní dokumentace (manipulační řády). Tyto havarované rybníky, měly negativní vliv na průběh povodně zvýšením aktuálních parametrů hydrologické povodně. Pozitivní vliv na průběh povodně měly především rybníky v okrajových oblastech povodněmi zasaženého území s velkou plochou zátopy, např. jihočeské rybníky – rybník Rožmberk (Graf č. 5). Nejznámějším rybníkem z povodně roku 2013, jenž byl protržen a napáchal významné škody na majetku, je Mlékovický rybník. Voda v rybníce neúprosně stoupala, až se dostala na nejnižší možnou hranici koruny hráze, kde se posléze začala přelévat. Poté následovala eroze vzdušního svahu a protržení. Kulminační průtok byl v rybníce dvojnásobný a přesahoval stoletý průtok $Q_{100} = 27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Kapacita vyhrazených přelivů činí na rybníce přibližně $24 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, během povodně byla však skutečná kapacita pouze na 2/3 hodnoty ($16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Na Komárovském rybníce ve Středočeském kraji došlo k přelítí koruny hráze. Kulminační průtok rybníkem činil $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Během následujících hodin však hráz podlehla eroznímu účinku vody a protrhla se. Naštěstí již byla povodeň na sestupu, proto nedošlo k výrazným škodám na území pod rybníkem. Rybníkem Na Drážkách v jihočeském kraji proběhla dvouvrcholová kulminace. První kulminační průtok činil $59,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a druhá $60,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Při kulminaci dosahovala hladina vody přibližně + 0,4 m nad korunou hlavní hráze a + 0,7 m boční hráze, tj. 423,42 m n. m. Rybník byl naplněn především v důsledku nekontrolovatelného přítoku vody. Z důvodu selhání obsluhy rybníka Zájezdek v okrese Benešov (nebylo provedeno vyhrazení stavidel výpustného objektu), došlo k protržení hráze a následnému nekontrolovatelnému odtoku vody. Pokud by byla vyhrazená stavidla, rybník by byl schopen bezpečně převést průtok cca $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Maximální průtok přes rybník byl odhadnut na Q_{20} až

Q_{50} , kde $Q_{20} = 22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $Q_{50} = 30,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dobrý stav prokázal Chotouchovský rybník (okres Kolín), jenž dokázal transformovat povodňovou vlnu o kulminačním průtoku $30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (více jak Q_{100}). Pozitivní vliv byl učiněn díky řízené prohrábce části dělicí hráze, soudržnému materiálu hráze, drátěnému plotu a zpevněné koruny hráze asfaltovou komunikací (Švarc, 2014).



Graf č. 5 Hydrogram povodňové události na rybníce Rožmberk v roce 2013 (*Povodí Vltavy, 2014*)

Při jakékoliv povodni jsou rybníky, jen v jižních Čechách, schopny krátkodobě zadržet až 150 mil. m^3 vody. Jak již bylo v této kapitole zmíněno, při dosud největší povodni v roce 2002, to bylo až 3x více. Celkově, i se zaplavením příbřežních okrajů a inundačních území, to představuje více než 1 mild. m^3 vody. Jsou-li rybníky v odpovídajícím technickém stavu, dokážou běžně zadržet na 1 ha katastrální plochy navíc 3-5 tisíc m^3 vody (Hule, 2012). Retenční prostor u rybníků s ochranným posláním (Rožmberk, Svět, Staňkovský, Dehtář apod.) bývá k celkovému objemu vody až dvojnásobný. Vliv rybníčních soustav je tím patrnější, čím více najdeme v povodí rybníků o větší celkové výměře a počtu. Zajímavé je v tomto ohledu porovnání rozdílu povodí řek Lužnice a Sázavy při stoleté vodě (Q_{100}). Ta na Lužnici představuje průtok $473 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vody, kdežto na řece Sázavě $794 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a je tedy o 68

% vyšší. Z tohoto porovnání je jasné patrné, že větší plocha a vyšší počet rybníků významně ovlivňuje zploštění povodňové vlny (Pokorný, 2009).

Můžeme tedy říci, že pokud bude MVN v dobrém technickém stavu s odpovídajícím retenčním (ochranným) prostorem a především odpovídajícím manipulačním řádem, který opravňuje k včasnému předvypouštění, je velká pravděpodobnost, že nedojde k destrukci (protržení) nebo přelítí hráze. Pokud ovšem není MVN v dobrém technickém stavu a nedisponuje odpovídajícím manipulačním řádem, představuje riziko, které by při případném protržení hráze vyvolalo povodňovou vlnu a tím významné povodňové škody pod hrází rybníka. (Vodohospodářský rozvoj a výstavba, 2011; http://vysocina.dppcr.cz/web_6111/vodni_dila__ktera_mohou_ovlivn.htm).

9. ZÁVĚR

Retence je v dnešní době velmi důležitá a nezbytná. Věrným příkladem celým souhrnem této bakalářské práce, může být následující porovnání. Porovnáme-li řeku Lužnici a řeku Berounku (obě řeky se vlévají do Vltavy), najdeme zde jeden markantní a závažný rozdíl. Řeka Lužnice má po svém toku nespočet rybníků a dokonce, největší rybníční soustavu v České republice, za to řeka Berounka má při svém toku minimální počet rybníků. Dokladem tohoto problému může být pohled na povodně z června roku 2013. Praha měla podle Lužnice dostatek času na přípravu protipovodňových opatření. Podle Berounky měla několik málo hodin, aby stačila zabránit škodám. Hlavní město Praha byla ochráněna před řekou Lužnicí právě rybníční soustavou na Třeboňsku a její retenční kapacitou, přičemž největší zásluhu na zadržení vody měl náš největší rybník Rožmberk, což dokázal nejvíce v roce 2002. Berounka nestačila vodu zadržet a po proudu ji strhávala do Vltavy. Nedostačující kapacita rybníků, která na řece Berounce je, dokazuje, že se budeme muset v nejbližší době zamyslet a udělat taková zásadní opatření, která by vedla k ochraně nejen obyvatelstva, majetků, ale hlavně přírodních hodnot.

Avšak Česká republika nemá zodpovědnost v ochraně před povodněmi, především pak v ochraně území za hranicemi České republiky. Ono je vlastně jedno, že veškerou vodu, která spadne, v okamžiku posíláme mimo hranice, hlavně abychom ji měli co nejdříve pryč. Takto si to někteří lidé vykládají a podle mého názoru je tato věc největším problémem, který v České republice máme. Česká republika je v návaznosti na Šumavu střešou Evropy a po střeše, jak je již známo, voda stéká, pokud ji máme ve tvaru obráceného V. Z tohoto pohledu by bylo vše v pořádku (přemýšlíme-li naivně), ale na účinnost krajiny to má velký vliv a tím, co přírodě činíme, se i sami vystavujeme nedozírným následkům, které si zatím ani neuvědomujeme a možná i uvědomujeme, ale vše dovolíme.

Při psaní této bakalářské práce, se mi do rukou, díky babiččině svědomitosti v uchovávání věcí, dostaly obsáhlé desky s novinami ze srpnové povodně roku 2002. Díky tomu, jsem si mohl připomenout, jak ničivou sílu voda má, jak jsem pyšný na třeboňské rybníkáře a že bych i já rád v budoucnu, chtěl být jedním z nich.

Věřím, že tato práce může pomoci nalézt a zodpovědět základní otázky týkající se retence vody v krajině při povodních a důležitost MVN- rybníků v hydrologickém systému České republiky.

10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Benetin, J. (1958). Pohyb vody v zemi. Vydavatelství Slovenskej akadémie vied v Bratislavě. 215 s.
2. Beven, K. (2012). Rainfall-Runoff Modelling: The Primer. Wiley-Blackwell; 2 edition (January 30, 2012). 488 s. ISBN 978-0-470-71459-1
3. Brázdil R.; Dobrovolný P.; Elleder L.; Kakos V.; Kotyza O.; Květoň V.; Macková J.; Müller M.; Štěkl J.; Tolasz R. a Valášek H. (2005). Historické a současné povodně v České republice. Vydala Masarykova Univerzita v Brně ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem v Praze. Vyd. první. 369 s. ISBN 80-210-3864-0
4. Čamrová, L. a Jílková, J. (2006). Povodňové škody a nástroje k jejich snížení. Vydal Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku v Praze. Vyd. první. 420 s. ISBN 80-86684-35-0
5. Červený, J. a Bohm, B. (1984). Podnebí a vodní režim ČSSR. Vydalo Státní zemědělské nakladatelství v Praze. 416 s.
6. Chow, V.; Maidment, D. a Mays, L. (1988). Applied Hydrology. New York - Toronto: McGraw- Hill Book Company. 572 s. ISBN 0070108102
7. Daňhelka J. (2007): Operativní hydrologie: Hydrologické modely a nejistota předpovědí. Vydal Český hydrometeorologický ústav v Praze. Vyd. první. 104 s. ISBN 978-80-86690-48-3
8. Dolejský, V. a Horecký, J. (2014). Klimatická změna - šance na přehodnocení přístupu společnosti ke krajině. In: FANTA, J. a Petřík P. (eds.). *Povodně a sucho: krajina jako základ řešení*. Praha, 2014. 102-107 s. ISBN 978-80-86188-44-7
9. Doseděl, S. (2002). *Českokobudějovický deník: Rozvodněné řeky přinášejí do obcí mokrou zkázu*. Středa 14. srpna 2002. České Budějovice, 2002, XI (188)
10. Dušek, M. (2002). Význam rybníků v krajině. *Tvář naší země - krajina domova: Rehabilitace krajiny*. Sborník příspěvků ke konferenci o krajině Praha a Příhonice 8. - 11. října 2002. Vydal Jaroslav Bárta Studio JB v Lomnici nad Popelkou. Vyd. první. 165 s. ISBN 80-86512-11-8
11. Dvořáková, P. (2014). Možnosti Společné zemědělské politiky. In: Fanta, J. a Petřík, P. (eds.). *Povodně a sucho: krajina jako základ řešení: (Příspěvky k semináři Komise pro životní prostředí AV ČR - 5. června 2014)*. Praha, 2014. 117-125 s. ISBN 978-80-86188-44-7
12. Gregorich, E. G.; Turchenek, L. W.; Carter, M. R. a Angers, D. A. (2001). Soil and environmental science dictionary. Vydalo CRC Press. 1 edition. 577 s. ISBN 0-8493-3115-3

13. Hartman, P.; Bednářová, D.; Mikl, R. (2012). Management akvakultury. Vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod ve Vodňanech. Vyd. první. 202 s. ISBN 978-80-87437-39-1
14. Hartman, P. a Regenda, J. (2014). Praktika v rybářství. Vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod ve Vodňanech. Vyd. první. 375 s. ISBN 978-80-7514-009-8
15. Herčík, M. (2004). 111 otázek a odpovědí o životním prostředí (Chytrá kniha pro studenty, odborníky a širokou veřejnost). Vydal Montanex a.s. v Ostravě. 150 s. ISBN 80-7225-123-6
16. Hlavínek, P.; Prax, P.; Sklenářová, T.; Dvořáková, D.; Polášková, K.; Kubík, J.; Hlušík, P. a Beránek, J. (2007). Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území, vydalo nakladatelství ARDEC s.r.o. v Brně. Vyd. první. 164 s. ISBN 80-86020-55-X
17. Hubačiková, V. (2009). Hydrologie. Vydala Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Vyd. první. 43 s. ISBN 80-7157-638-7
18. Hule, M. (2003). Rybníkářství na Třeboňsku – historický průvodce. Vydalo nakladatelství Carpio v Třeboni. 260 s. ISBN 80-86434-00-1
19. Hule, M. (2004). Rožmberkův Krčín a Krčínův Rožmberk. Vydalo nakladatelství Carpio v Třeboni. Druhé upravené a doplněné vydání. 214 s. ISBN 80-86434-08-7
20. Hule, M. (2005). Průvodce po rybnících, památkách a hospůdkách Třeboňska. Vydalo nakladatelství Carpio v Třeboni. 165 s. ISBN 80-86434-10-9
21. Hule, M. (2015). Mimoprodukční funkce rybníků. In: Urbánek, M. (ed.). *Naše rybářství /kolektiv autorů/*. Vydalo Rybářské sdružení České republiky, 2015. 35- 41 s. ISBN 978-80-87699-05-8
22. Janeček, M. (2002). Ochrana zemědělské půdy před erozí. Vydalo nakladatelství ISV v Praze. Vyd. první. 202 s. ISBN 85866-85-8
23. Jelínek, F. (1999). Nedocenené bohatství. Vydalo Ministerstvo životního prostředí v Praze. 111 s. ISBN 80-7212-113-8
24. Just, T.; Matoušek, V.; Dušek, M.; Fischer, D. a Karlík, P. (2005). Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. Vydala 3. ZO ČSOP Hořovicko ve spolupráci se společností Ekologické služby s.r.o., Agenturou ochrany přírody a krajiny ČR a Ministerstvem životního prostředí ČR v Praze. 359 s. ISBN 80-239-6351-1
25. Jůva, K.; Hrabal, A.; Tlapák, V. (1984). Malé vodní toky, vydalo Státní zemědělské nakladatelství. 253 s.
26. Jůva, K. (1957). Odvodňování půdy. Vydalo Státní zemědělské nakladatelství v Praze. Vyd. první. 526 s.

27. Jůva, K.; Hrabal, A. a Pustějovský, R. (1980). Malé vodní nádrže. Vydalo Státní zemědělské nakladatelství v Praze. Vyd. první. 280 s.
28. Kadeřábková, J. (2012). Historie povodní na jižní Moravě a povodňové škody. In: *Povodně jako mimořádná událost*. Vyd. první. Vydala Masarykova univerzita v Brně, 2012, 23-34 s. ISBN 978-80-210-6050-0.
29. Kemel, M. (1996). Klimatologie, meteorologie, hydrologie. Vydavatelství ČVUT v Praze. Vyd. první. 289 s. ISBN 80-01-01456-8
30. Kender, J.; Pařízek, P.; Novotná, D.; Vopálka J.; Pelc, F.; Branžovský, A.; Franta, J.; Jandura, M.; Hájek, M.; Kaulich, K. a Bučilová, R. (2000). Teoretické a praktické aspekty ekologické krajiny. Vydalo Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s nakladatelstvím ENIGMA v Praze. 218 s. ISBN 80-7212-148-0
31. Kopáček, J. a Bednář J. (2005). Jak vzniká počasí. Vydala Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum. Vyd. první. 226 s. ISBN 80-246-1002-7
32. Králová, H. edit. (2001). Řeky pro život. Vydala Základní organizace Českého svazu ochránců přírody Veronica v Brně. 439 s. ISBN 80-238-8939-7
33. Krešl, J. (2001). Hydrologie. Vydala Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Vyd. první. 125 s. ISBN 80-7157-513-5
34. Kubát, J. (2012). Povodeň v srpnu 2002 – zdroj poučení pro budoucí generace. In: *Konference k 10. výročí povodně 2002: Sborník konference konané 14. – 15. srpna 2012*. Vyd. první. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Český hydrometeorologický ústav, 2012, 9-18 s. 245 s. ISBN 978-80-02-02395-1
35. Kuklík, K. (1984). České a moravské rybníky. Vydalo Pressfoto, vydavatelství ČTK v Praze. Vyd. první. 83 s.
36. Kumar, H. D. a Häder D. -P. (1999). Global Aquatic and Atmospheric Environment. Springer – Verlag Berlin, Heidelberg, New York. 393 s. ISBN 3-540-65369-4
37. Kvítek, T. (2006). Zemědělské meliorace. Vydala Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta v Českých Budějovicích. Vyd. první. 165 s. ISBN 80-7040-858-8
38. Máchová J., Hovorka P. (2013). Protipovodňová opatření. Vydala Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie ve Vodňanech. Vyd. první. 169 s. ISBN 978-80-87096-17-8
39. Nováček, J. (2000). Péče o rybníky a jejich zařízení. Vydal Institut výchovy a vzdělání Ministerstva zemědělství České republiky v Praze. 41 s. ISBN 80-7105-148-9
40. Novák, J. (2014) Řízení povodňové problematiky. In: Bakoš, E. a Soukupová, J. (eds.). *Protipovodňová ochrana 2013*. Vyd. první. Brno: Vydala Masarykova univerzita, 2014. 57-66 s. ISBN 978-80-210-6746-2.
41. Němec, J. (1965). Hydrologie. Vydalo Státní zemědělské nakladatelství v Praze.

- Vyd. první. 237 s.
42. Němec, J.; Hladný, J. a Blažek, V. (2006). Voda v České republice. Vydal Consult v Praze. 256 s. ISBN 80-903482-1-1
 43. Oppeltová, P.; Novák, J. a Kotovicová, J. (2012). Vzdělávací modul Ochrana životního prostředí v oblasti voda. Vydala ZERA – Zemědělská a ekologická agentura v Náměšti nad Oslavou. Vyd. první. 164 s. ISBN 978-80-87226-12-4
 44. Pavelková Chmelová, R. a Frajer, J. (2013). Základy fyzické geografie 1: Hydrologie. Vydala Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta v Olomouci. Vyd. první. 141 s. ISBN 978-80-244-3843-6
 45. Pithart, D. (2014). Voda v krajině (Zapojení vodních a mokřadních ekosystémů do řešení současných úkolů vodního hospodářství). In: Fanta, J. a Petřík, P. (eds.) *Povodně a sucho: krajina jako základ řešení: (Příspěvky k semináři Komise pro životní prostředí AV ČR - 5. června 2014)*. Praha, 2014. 19-32 s. ISBN 978-80-86188-44-7
 46. Pokorný, J. (2009). Vodní hospodářství (Stavby v rybářství). Vydalo nakladatelství Informatorium v Praze. Vyd. první. 318 s. ISBN 978-80-7333-071-2
 47. Reichholf, J. (1998). Pevninské vody a mokřady. Vydalo nakladatelství IKAR Praha ve spolupráci s Knižním klubem Praha. Vyd. první. ISBN 80-7202-185-0
 48. Sklenička, P. (2003). Základy krajinného plánování. Vydala Naděžda Skleničková v Praze. Vyd. druhé. 321 s. ISBN 80-903206-1-9
 49. Sklenička, P. (2014). Ochrana před povodněmi je problém politický. In: Fanta, J. a Petřík, P. (eds.) *Povodně a sucho: krajina jako základ řešení: (Příspěvky k semináři Komise pro životní prostředí AV ČR - 5. června 2014)*. 78-81 s. ISBN 978-80-86188-44-7
 50. Soukup, M.; Hrádek, F. (1999). Optimální regulace povrchového odtoku z povodí, vydal Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha. Vyd. první. 98 s. ISSN 1211-3972
 51. Soukupová, J. (2009). Atmosférické procesy (základy meteorologie a klimatologie). Vydala Česká zemědělská univerzita v Praze. Vyd. čtvrté, přepracované. 201 s. ISBN 978-80-213-1895-3
 52. Spálenková, M. (2014). Hodnocení červnových povodní 2013 v Jihočeském kraji. In: Bakoš, E. a Soukupová, J. (eds.) *Protipovodňová ochrana 2013*. Vyd. první. Brno: Vydala Masarykova univerzita, 2014, 78-92 s. ISBN 978-80-210-6746-2.
 53. Starý, M. (2005). Hydrologie: Modul 01. Vydalo Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. 365 s. *Skriptu byla vydána v el. podobě:*
[http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BR51-Hydraulika%20a%20hydrologie%20\(K\),\(V\)/M01-Hydrologie.pdf](http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BR51-Hydraulika%20a%20hydrologie%20(K),(V)/M01-Hydrologie.pdf)

54. Šarapatka, B. a Niggli, U. (2008). Zemědělství a krajina: cesty k vzájemnému souladu. Vydala Univerzita Palackého v Olomouci. Vyd. první. 271 s. ISBN 978-80-244-1885-8
55. Šálek, J. (1996). Malé vodní nádrže v životním prostředí. Vydala Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Vyd. první. 141 s. ISBN 80-7078-370-2
56. Šálek, J. (1997). Vodní hospodářství krajiny I. Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM v Brně. Vyd. první. 152 s. ISBN 80-214-0949-5
57. Šálek, J.; Mika, Z. a Tresová, A. (1989). Rybníky a účelové nádrže. Vydalo Státní nakladatelství technické literatury v Praze. Vyd. první. 272 s. ISBN 80-03-00092-0
58. Šlégl, J.; Kislínger, F. a Laníková, J. (2005). Ekologie a ochrana životního prostředí. Vydalo nakladatelství Fortuna v Praze. Vyd. první. 160 s. ISBN 80-7168-828-2
59. Šrám, R. (2014) Stanovisko komise pro životní prostředí AV ČR. In: Fanta, J. a Petřík P. *Povodně a sucho: krajina jako základ řešení: (Příspěvky k semináři Komise pro životní prostředí AV ČR - 5. června 2014)*. Praha, 2014. s. 134-137. ISBN 978-80-86188-44-7
60. Štefáček, S. (1996). Rybářský průvodce po nádržích a rybnících. Vydalo Nakladatelství Brázda v Praze. Vyd. první. 176 s. ISBN 80-209-0259-7
61. Štěpánek, M. (1981). Naučný slovník zemědělský Vydalo Státní zemědělské nakladatelství. 626 s.
62. Tlapák, V.; Šálek, J. a Legát V. (1992). Voda v zemědělské krajině. Vydalo Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s MŽP ČR v Praze. Vyd. první. 320 s. ISBN 80-209-0232-5
63. Vaníček, J. (2005). Vodohospodářská politika a financování vodního hospodářství. *Tvář naší země - krajina domova: dodatky*. Sborník příspěvků ke konferenci o krajině Praha a Průhonice 8. - 10. března 2005. Vydal Jaroslav Bárta Studio JB v Lomnici nad Popelkou. Vyd. první. 229 s. ISBN 80-86512-27-4
64. Vojtěch, V. (1996). Metodická příručka pro obnovu a odbahňování rybníků a předzdrží. Vydal Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v Praze. Vyd. první. 31 s. ISBN 80-85900-16-5
65. Vrána, K. a Beran, J. (2002). Rybníky a účelové nádrže. Vydalo vydavatelství ČVUT v Praze. 150 s. ISBN 80-01-02570-5
66. Vrána, K. (2004). Revitalizace malých vodních toků - součást péče o krajinu. Pro Ministerstvo životního prostředí vydal Consult v Praze. 60 s. ISBN 80-902132-9-4
67. Zahradníková, H. (2012). Významné jihočeské rybníky a povodně. In: *Konference k 10. výročí povodně 2002: Sborník konference konané 14. – 15. srpna 2012*. Vyd. první. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Český hydrometeorologický ústav, 2012. 206-212 s. ISBN 978-80-02-02395-1.

Internetové zdroje

68. Carter, T. a Jackson, C. R. (2006). *Vegetated roofs for stormwater management at multiple spatial scales* [online]. Institute of Ecology, University of Georgia, Athens and Warnell School of Forest Resources, University of Georgia, Athens (USA), 2006, 84–94 s. [cit. 2016-02-09]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204606001095>
69. *Dokumentace povodně v srpnu 2002 v povodí Labe* [online]. Magdeburk: Mezinárodní komise pro ochranu Labe (MKOL), 2004 [cit. 2016-02-19]. 108 s. Dostupné z: www.ikse-mkol.org/uploads/media/Text_a_tabulky_01.pdf
70. Kodešová, R. (2010). *Soil structure and soil hydraulic properties of Haplic Luvisol used as arable land and grassland* [online]. 2011, 154–161 s. [cit. 2016-02-11]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016719871000173X>
71. Oběh vody v povodí / Catchment water cycle. (2012). In: *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha: CHMI, 2012 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/informace-pro-vas/prezentace-a-vyuka>
72. *Podkladová analýza vybraných přírodě blízkých protipovodňových opatření v povodí Nežárky* [online]. Praha: Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s., 2011 [cit. 2016-02-19]. 17 s. Dostupné z: http://pponezarka.pvl.cz/1_PRUVODNI_ZPRAVA/Pruvodni_zprava.pdf
73. *Souhrnná zpráva o povodni v dílčích povodích Hodní Vltavy, Berounky, Dolní Vltavy a ostatních přítoků Dunaje: Povodeň červen 2013* [online]. Praha: Povodí Vltavy, 2014 [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: www.pvl.cz/files/download/hydrologicke-informace/zpravy-o-povodni/2013-06-zprava-o-povodni-spravce-povodi.pdf
74. *Souhrnná zpráva o povodni v srpnu 2002: Povodí Vltavy, státní podnik* [online]. Praha: Povodí Vltavy, 2003 [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: www.dibavod.cz/data/povodnove_zpravy/vltava/vltava_08_2002.pdf
75. Švarc, O. (2014). *Povodeň v červnu 2013 na českých rybnících* [online]. Praha: VODNÍ DÍLA – TBD a. s., 2014 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: www.evizig.hu/Nemzetkozi/2_8_Svarc.pdf
76. *Vliv hospodaření v krajině na průběh a účinek povodní: přehled problémů a doporučená opatření: Studie Hnutí DUHA* [online]. Praha: Hnutí Duha, 2004 [cit. 2016-02-24]. 35 s. ISBN 80–86834–04–2. Dostupné z: www.hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/..Povodne_a_krajina.pdf
77. *Vodní díla, která mohou ovlivnit průběh povodně. Povodňový informační systém: Digitální povodňové plány* [online]. Ministerstvo životního prostředí, ©2009–2015

- [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: http://vysocina.dppcr.cz/web_6111/vodni_dila_ktera_mohou_ovlivn.htm
78. *Vyhodnocení jarní povodně 2006 na území České republiky: souhrnná zpráva* [online]. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Český hydrometeorologický ústav, Ministerstvo životního prostředí, 2006 [cit. 2016-02-19]. 161 s. Dostupné z: http://www.vuv.cz/files/pdf/problematika_povodni/povoden-2006_souhrnna_zprava.pdf
79. *Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 a návrh úpravy systému prevence před povodněmi: Výsledná zpráva o projektu Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 a návrh úpravy systému prevence před povodněmi* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2004 [cit. 2016-02-19]. 85 s. Dostupné z: www.vuv.cz/files/pdf/.povodni/povoden-2002_zaverecna_zprava.pdf
80. *Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002: Vyhodnocení vlivu nádrží na průběh povodně (zpráva)* [online]. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Český hydrometeorologický ústav, Ministerstvo životního prostředí, 2003 [cit. 2016-02-19]. 79 s. Dostupné z: http://voda.chmi.cz/pov02/3etapa/vliv_nadrzi/zprava.pdf
81. *Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997: souhrnná zpráva projektu* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 1998 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: <http://voda.chmi.cz/pov97/uvod1.htm>
82. *Vyhodnocení přívalových povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky: Vliv vodních děl na průběh povodní a jejich poškození* [online]. Ministerstvo životního prostředí, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, Český hydrometeorologický ústav, 2009 [cit. 2016-02-19]. 73 s. Dostupné z: <http://voda.chmi.cz/pov09/doc/04.pdf>
83. *Why does it rain? Met Office* [online]. United Kingdom: Met Office, 2015 [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://www.metoffice.gov.uk/learning/rain/why-does-it-rain>