

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování



Zadržování vody v krajině v podmínkách ČR

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Marta Martínková, Ph.D.

Bakalant: Jiří Vrtěl

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jiří Vrtěl

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Zadržování vody v krajině v podmínkách ČR

Název anglicky

Water retention in the landscape in the conditions of the Czech Republic

Cíle práce

Cílem této práce je shrnutí a analýza problematiky stavebně-technických opatření zaměřených na zvýšení objemu vody zadržované v krajině, jako významného nástroje v boji proti suchu v podmínkách České republiky.

Metodika

V první fázi bude provedena rešerše relevantních literárních zdrojů k danému tématu, následně bude sestaven seznam jednotlivých stavebně-technických opatření vhodných pro hromadné využití v podmínkách ČR. Jednotlivá opatření budou hodnocena z pohledu potenciálu přispívat k zadržování vody v krajině, bude posouzena organizační, ekonomická a časová náročnost v souvislosti s aplikací každého opatření, budou uvedena hlavní pozitiva a negativa daného opatření, včetně zhodnocení vlivu na životní prostředí. Nelze opomenout ani příklady dobré praxe, tzn. nejvýznamnější již realizovaná opatření. Pozornost bude věnována také oblasti legislativy, dotačních programů, a dalších motivačních nástrojů, které mají za úkol přímo či nepřímo podporovat vznik těchto opatření. Téma bude zasazeno do reality nepříznivé hydrologické situace posledních několika let. V závěru práce bude zhodnoceno, která z opatření jsou v podmínkách ČR nejlépe využitelná z pohledu poměru cena opatření vs. jeho přínos.

Doporučený rozsah práce

35 stran

Klíčová slova

retence, infiltrace, sucho, hydrologická situace, klima, ČR, klimatická změna

Doporučené zdroje informací

- CÍLEK V., JUST T., SŮVOVÁ Z., MUDRA P., ROHOVEC J., ZAJÍC J., DOSTÁL I., HAVEL P., STORCH D., MIKULÁŠ R., NOVÁKOVÁ T., MORAVEC P., KOHOUTOVÁ M., 2017: Voda a krajina : kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině. Dokořán, Praha. 198 s. ISBN 978-80-7363-837-5.
- JUST T., ŠÁMAL V., DUŠEK M., FISCHER D., KARLÍK P., PYKAL J., 2003: Revitalizace vodního prostředí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. 144 s. ISBN 80-86064-72-7.
- KŘOVÁK F., KOVÁŘ P., 2002: Possibilities to increase ecological stability, retention and accumulation of water in landscape = Možnosti zvyšování ekologické stability, retence a akumulace vody v krajině. Česká zemědělská univerzita v Praze, Lesnická fakulta, Katedra biotechnických úprav krajiny. ISBN 80-213-1006-5.
- MIODUSZEWSKI W., OKRUSZKO T. (eds.), KARDEL I., FEHÉR J., GÁSPÁR J., TAMAS J., MOSNÝ V., MULLER R., ISTENIČ D., POTOKAR A., 2015: Natural small water retention measures : combining drought mitigation, flood protection, and biodiversity conservation – guidelines. Global Water Partnership Central and Eastern Europe. 25 s. ISBN 978-80-972060-2-4.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Mgr. Marta Martínková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 15. 11. 2021

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 11. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Zadržování vody v krajině v podmínkách ČR vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 27. 3. 2022

Jiří Vrtěl

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Mgr. Martě Martínkové, Ph.D. za její cenné rady a podněty, za čas který mi věnovala, za ochotu reagovat neuvěřitelně rychle na mé dotazy, a také za její pozitivní přístup.

Dále musím poděkovat svojí rodině za trpělivost a podporu nejen během zpracování bakalářské práce, ale také během celého dosavadního studia.

Abstrakt

Většina vody v České republice pochází z dešťových srážek a proto je velmi důležité v době hojnosti těchto srážek vodu na území Česka v nejvyšší možné míře zadržovat. Tato práce uvádí důvody, které vedou k výskytu sucha, a popisuje jeho dopady. Čtenář je pak dále seznamován se základními principy a přístupy zaměřenými na zvyšování zásob vody v krajině. V souhrnu opatření využitelných v oblasti hospodaření se srážkovými vodami jsou ke každému opatření uvedené podrobné informace a rozsah jeho využití. K vybraným opatřením jsou uvedené příklady dobré praxe a významných realizací. Vše je doplněno o souvislosti z oblasti legislativy a dotací. V závěru jsou nastíněné možnosti dalšího vývoje v oblasti hospodaření se srážkovými vodami na území ČR.

Klíčová slova: retence, infiltrace, sucho, hydrologická situace, klima, ČR, klimatická změna

Abstract

Most of the water in the Czech Republic comes from rainfall and therefore it is very important to retain this water in the territory of the Czech Republic as much as possible in times of abundant rainfall. This thesis outlines the reasons that lead to the occurrence of drought and describes its impacts. Then, there are presented the basic principles and approaches aimed at increasing water supplies in the landscape. A summary of the measures applicable to rainfall water management provides detailed information on each measure and the extent to which it can be used. Examples of good practice and significant implementations are provided for selected measures. This review is complemented by the context of legislative and subsidy programs. Finally, the possibilities for further development in the area of rainwater management in the Czech Republic are outlined.

Keywords: retention, infiltration, drought, hydrological situation, climate, Czech Republic, climate change

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíle práce	4
3	Metodika	5
4	Literární rešerše	6
4.1	Sucho a nedostatek vody	6
4.2	Zadržování vody v krajině.....	8
4.3	Rozdělení opatření pro zadržování vody.....	9
4.4	Plánování opatření a jejich kombinace.....	11
4.5	Legislativa	12
4.5.1	Legislativa v oblasti opatření na zemědělské půdě.....	13
4.5.2	Legislativa v oblasti opatření na vodních tocích.....	16
4.5.3	Přestupky a pokuty.....	17
4.6	Vodní díla	18
4.6.1	Vodní nádrže	19
4.6.1.1	Přehrady.....	21
4.6.1.2	Podzemní přehrada (Groundwater dam)	26
4.6.1.3	Přehrady ve světě.....	27
4.6.1.4	Malé vodní nádrže a suché nádrže.....	28
4.6.1.5	Vodárenské nádrže	32
4.6.2	Jezy.....	34
4.6.3	Revitalizace vodních toků a niv	36
4.6.4	Ochrana pramenů a pramenišť	41
4.6.5	Hydromeliorační úpravy na zemědělské půdě	43
4.7	Biotechnická opatření.....	46
4.7.1	Průleh	46
4.7.2	Příkop	49
4.7.3	Mez.....	51
4.7.4	Hrázka	52
4.7.5	Přehrážka.....	54
4.7.6	Terasy	55
4.7.7	Větrolamy.....	56
4.8	Lesotechnická opatření.....	58

4.8.1	Přehrážky pro hrazení strží a bystřin.....	59
4.8.2	Hydromeliorační úpravy v lesích.....	61
4.9	Mokřady	63
4.10	Hospodaření se srážkovými vodami ve městech.....	68
5	Výsledné zhodnocení.....	73
6	Diskuse.....	75
7	Závěr a přínos práce.....	77
8	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	79
9	Seznam obrázků.....	90
10	Seznam tabulek	91

1 Úvod

V posledních letech se na území České republiky stále častěji setkáváme s extrémními projevy počasí ve formě různých hydrometeorologických událostí, které mohou působit velké materiální škody, a mohou ohrozit zdraví či životy lidí. Může se jednat o dlouhotrvající nebo krátkodobé, avšak velmi intenzivní srážky s možným následným vznikem povodní, extrémně silný vítr, velmi vysoké teploty nebo naopak nízké teploty atd. Zásadním problémem jsou dlouhá období bez atmosférických srážek, která mají významný vliv na pokles zásob vody v území, což může ve výsledku ohrozit dodávky vody pro obyvatelstvo, zemědělství a průmysl. Je vysoce pravděpodobné, že příčinou uvedených projevů změn počasí je změna klimatu, jakožto důsledek působení člověka (IPCC, 2021) (Metelka a Tolasz, 2009).

Již v minulosti docházelo na našem území k tzv. „suchým epizodám“, což lze vysledovat z historických záznamů měření teploty vzduchu a množství srážek. Pro získání informací o vývoji klimatu z doby před započítáním systematického měření lze využít pro mapování výskytu sucha v minulosti např. dendrochronologických metod (Kyncl, 2017). Další možností je zkoumání dochovaných historických záznamů o počasí a příbuzných jevech. Může se jednat o záznamy v kronikách nebo denících, církevní záznamy, dobový tisk, různé úřední záznamy nebo úřední či soukromá korespondence, nebo prostá lidová tvorba. U těchto zdrojů však může být problémem neúplnost záznamů, jejich nepřesnost či subjektivní zkrácení zaznamenané informace. Využitelnost těchto dat pro analýzu vývoje klimatu může být problematická (Brázdil a Trnka, 2015).

Z období posledních cca 100-150 let je již k dispozici dostatek přesných dat, na jejichž základě byl prokázán dlouhodobý růst průměrných ročních teplot, včetně zrychlující tendence uvedeného nárůstu. Tento jev nazýváme globální klimatickou změnou, neboť se projevuje celosvětově. Růst teplot je významně podporován zesilováním tzv. skleníkového efektu vlivem neustále se zvyšujícího množství skleníkových plynů v atmosféře. V důsledku zvyšujících se teplot dochází dále ke změnám v časovém a prostorovém rozložení srážek, jejich četnosti, intenzitě a formě (Metelka a Tolasz, 2009) (Český hydrometeorologický ústav, 2019, s. 340).

Tyto změny lze snadno pozorovat například v zimní období. Vlivem zvýšených teplot v zimě místo sněžení mnohem častěji prší. Tyto dešťové srážky v zimním období průběžně odtékají namísto toho, aby vytvářely zásoby vody v podobě sněhové pokrývky, které by při jarním tání doplňovaly zásoby vody v území před začátkem vegetačního období (Wu et al., 2020). Zvýšené teploty mají dále vliv na dřívější začátek vegetačního období a jeho délku, která se neustále prodlužuje. Tím se dále přímo úměrně zvyšuje množství vody potřebné pro růst rostlin. Postupně se také zkracuje doba nutná do dosažení maximální evapotranspirace. Současně se z důvodu zvyšování teplot snižuje vlhkost vzduchu, což se projevuje zvýšenými hodnotami evapotranspirace. Tím se dále zvyšuje množství celkových vodních ztrát způsobených evapotranspirací (Brázdil a Trnka, 2015).

Kromě negativních důsledků na ekologický stav krajiny může nedostatek vody v důsledku klimatické změny působit problémy ve fungování celé společnosti. K nejdůležitějším oblastem patří zásobování pitnou vodou, a také dodávky vody pro zavlažování v zemědělství, nebo dostatek vody pro průmysl, dopravu, energetiku a služby. Problematika zajištění dostatečných vodních zdrojů v rámci ČR se tak z téměř výhradně odborné roviny stále více posouvá do oblasti veřejného zájmu, a stává se významným tématem široké veřejnosti i politické reprezentace.

V rámci boje proti klimatické změně vzniklo několik mezinárodních úmluv, které stanoví pro signatářské státy konkrétní cíle, např. v podobě snížení produkce skleníkových plynů za určité časové období. Hlavními mezinárodními úmluvami v tomto směru jsou Rámcová dohoda OSN o změně klimatu (United Nations, 1992), Kjótský protokol (United Nations, 1997), Pařížská dohoda (United Nations, 2015) a Glasgowský klimatický pakt (United Nations, 2021).

Další strategie jsou přijímány na nadnárodní úrovni, např. nová strategie EU pro přizpůsobení se změně klimatu (European Commission, 2021), nebo na národní úrovni, např. Národní akční plán adaptace na změnu klimatu (Ministerstvo životního prostředí, 2017). Vlastní strategie již zpracovávají také některé vyšší územně samosprávné celky, např. Adaptační strategie Moravskoslezského kraje na dopady změny klimatu (Moravskoslezský kraj, 2020), ale také základní územně samosprávné celky, např. Strategie hlavního města Prahy pro přizpůsobení se změně klimatu

(Prague City Hall, 2020). Tyto dokumenty shrnují základní koncepční principy v rámci zachování trvale udržitelného rozvoje v daném území.

Konkrétní postupy a opatření pro specifické oblasti životního prostředí nacházíme v dokumentech, které často vycházejí z národních strategií a požadavků státní správy. Jedná se například o hospodaření s vodou na vodních tocích i mimo ně, včetně například hospodaření s dešťovými vodami ve městech. Příkladem může být Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018).

Součástí hospodaření s vodou jsou však kromě přírodě blízkých opatření také další opatření pro zadržování vody v krajině (např. malé vodní nádrže nebo přehradky na vodních tocích), které prokazatelně přispívají ke zvyšování zásob vody v krajině. Všechna výše uvedená opatření dohromady představují důležitý nástroj v boji proti globální klimatické změně.

Tato práce je věnována skupině stavebně-technických opatření pro zadržování vody v krajině, zahrnující veškerá opatření uměle vytvořená člověkem s využitím různých technických prostředků a postupů, která lze současně považovat za trvalá, a jejichž působení a vliv na krajinu má dlouhodobý charakter.

Cílem této práce je poskytnout ucelený přehled opatření využívaných či využitelných na území ČR pro zvýšení objemu vody zadržované v krajině. Pro vybraná opatření budou uvedeny příklady dobré praxe. Důraz je kladen na technickou stránku každého opatření, oblast využití a přínosy. Stručně bude popsána související legislativa a možné trendy dalšího vývoje v dané oblasti.

2 Cíle práce

Vzhledem k charakteru České republiky jako země, jejíž vodní zdroje jsou téměř zcela závislé na dotacích ve formě dešťových srážek, představuje oblast zadržování těchto vod a hospodaření s nimi velmi důležitou součást nejen z pohledu environmentálního, ale také z pohledu národního hospodářství jako celku. Stačí si uvědomit, že voda je nezbytná pro téměř všechny oblasti, ať se jedná o zajištění základních potřeb obyvatelstva, služby soukromé i veřejné, zemědělství, energetiku, průmysl a další.

Zajištění dostatečné kapacity vodních zdrojů a zásobování obyvatelstva vodou lze považovat za jeden ze základních předpokladů fungování společnosti. Aby mohly být tyto cíle naplněny, je nutné vytvářet vhodné podmínky k tomu, aby byly srážkové vody v dostatečném množství zadržované na povrchu, ale současně nesmí být opomenuto doplňování podzemních vod.

Cílem této práce, zpracované jako rešerše, je vypracování přehledu postupů a opatření, jejichž hlavním cílem je buď vlastní zadržování vody v krajině České republiky, nebo která mohou při vhodném využití přispět ke zlepšování zásob vody v krajině jako celku. Druhou podmínkou pro zahrnutí každého je podmínka, že se jedná o postup nebo opatření dosahované technickými prostředky.

Výsledná práce poskytuje ucelený pohled, tzn. zahrnuje postupy a opatření různého charakteru, jenž jsou často v odborných publikacích, zaměřených často jen na určitou oblast, uvedené odděleně.

3 Metodika

Práce byla zpracovaná formou rešerše a zahrnuje informace z více než stovky informačních zdrojů. Z důvodu omezení v důsledku Covid-19 byly informační zdroje vyhledávané převážně v prostředí internetu, se zaměřením na odborné publikace, články a další důvěryhodné zdroje.

Pro pochopení technické stránky bylo nutné zahrnout mnoho technicky zaměřených publikací zpracovaných vesměs v Českém jazyce, včetně výukových materiálů pro vysokoškolské technické obory ve vodním stavitelství.

Další poměrně rozsáhlou skupinu informačních zdrojů tvoří legislativní dokumenty v podobě zákonů a souvisejících vyhlášek ve vodním hospodářství a souvisejících oblastech.

Práce dále zahrnuje rozličné koncepční dokumenty vydávané na úrovni Česka, Evropské unie a dalších států či organizací včetně mezinárodních. Cenným zdrojem informací byly různé metodické příručky.

Vědecké články vyhledávané s využitím odborných databází či Google Scholar, se obvykle věnují aplikaci různých postupů, ověřování a posuzování účinků různých opatření, neposkytují však v dostatečné míře informace v obecné rovině nutné pro jejich detailní fungování. Proto autor při zpracování této práce využíval přednostně informační zdroje v českém jazyce, které doplňoval o souvislosti ze zdrojů publikovaných v angličtině.

Po vyhledání základních informačních zdrojů byla jednotlivá témata postupně zpracována do kapitol, které pro každé opatření uvádějí popis, účel a způsob využití, a další podrobné informace. Každé opatření či skupina opatření je doplněna o souvislosti z oblasti legislativy a souvisejících dotačních programů. Uvedeny jsou některé příklady v minulosti realizovaných opatření. Nechybí informace o fenoménu sucha a shrnutí základních principů a postupů v oblasti zadržování vody v krajině.

4 Literární rešerše

4.1 Sucho a nedostatek vody

Tyto dva pojmy, tedy „sucho“ a „nedostatek vody“ se často zaměňují, ačkoli odkazují na dvě zcela odlišné situace. Nedostatek vody nastává, pokud poptávka po vodě přesáhne možnosti udržitelného způsobu využívání vodních zdrojů, neboli pokud dostupné vodní zdroje nestačí k uspokojení dlouhodobé průměrné spotřeby vody. Tento stav souvisí s nadužíváním vodních zdrojů a vzniká tedy uměle. Sucho je naopak stav objektivně snížené dostupnosti vody oproti průměrné dlouhodobé úrovni, vznikající jako důsledek přírodních pochodů v podobě nedostatku srážek. Jedná se tedy o přirozený přírodní stav. Sucho mívá pomalý nástup a obvykle dlouhou dobu trvání. Vznik sucha je závislý na přírodních faktorech a jeho výskyt nelze přímo ovlivnit, je však možné zmírňovat jeho následky (European Commission, 2007, s. 5).

Následky sucha souvisí s délkou jeho trvání. Podle toho, jak se tyto následky projevují, dělíme sucho na čtyři základní druhy (kategorie):

- Meteorologické sucho
- Zemědělské sucho
- Hydrologické sucho
- Socio-ekonomické sucho

Meteorologické sucho, někdy označované jako klimatické, vzniká v důsledku deficitu dešťových srážek v určité oblasti, v porovnání s dlouhodobými průměry vztaženými k dané části roku, příp. k ročnímu období. Zemědělské sucho, také označované jako půdní, může být důsledkem meteorologického sucha. Další možností vzniku zemědělského sucha je stav, kdy nenastane pokles množství dešťových srážek, dojde však k posílení faktorů podporující evapotranspiraci, např. nárůst teploty, silný vítr, špatný stav půdy atd. Zemědělské sucho je charakteristické poklesem půdní vlhkosti na úroveň nedostatečnou pro další růst a vývoj rostlin, které postupně vadnou a odumírají. Vznik a průběh zemědělského sucha je významně ovlivněn stavem půdy, jejími retenčními a infiltračními vlastnostmi, terénními poměry a vývojovou fází rostlin, a mohou jej urychlit další faktory, např. vysoké teploty, nízká vlhkost vzduchu a vítr. Tyto faktory mají vliv na to, jak rychle po nástupu meteorologického sucha se

zemědělské sucho projeví. Jako tzv. hydrologické sucho označujeme stav, kdy následkem dalšího snižování zásob podzemní vody nastává pokles její hladiny, dochází ke snížení průtoků ve vodních tocích a poklesu hladin v nádržích, zhoršuje se kvalita vody, vysychají studny, klesá základní odtok, snižuje se vydatnost pramenů a některé dočasně vysychají (Crocetti et al., 2020) (Ministerstvo zemědělství, 2021, s. 27-28) (VÚV TGM, 2015, s. 8-9). Z důvodu omezené rychlosti prostupu srážkových vod k hladině podzemní vody může vlivem setrvačnosti nastat situace, kdy hydrologické sucho přetrvává dlouho poté, co meteorologické sucho skončilo. Může však nastat také opačný případ, kdy se hydrologické sucho v důsledku meteorologického sucha vůbec neprojeví (Rožnovský, 2014).

Poslední kategorií je sucho socio-ekonomické, které nepopisuje fyzický stav nedostatku vody, ale zahrnuje dopady negativních důsledků ostatních kategorií sucha na společnost, hospodářství a životní prostředí. Pro příklad lze uvést nedostatek potravin a krmiv, omezení průmyslové výroby, snížená produkce elektrické energie, omezení v lodní dopravě, úhyn ryb ve vodních tocích, vliv na cestovní ruch atd. (European Commission, 2012).

Riziko zranitelnosti suchem není na celém území České republiky stejné. Každá oblast má jiné podmínky např. v oblasti hydrologie, meteorologie, pedologie, způsobu využití území, krajinného pokryvu. Pro hodnocení rizika zranitelnosti jednotlivých oblastí Česka z pohledu nedostatku vody probíhá průběžný monitoring stavu zásob podzemních vod, vodních nádrží, vydatnosti pramenů, hladiny podzemních vod, sledují se požadavky na odběr, zůstatkové průtoky a další údaje. K identifikaci zranitelných povodí a nádrží se využívají metody vodohospodářské bilance a simulační modely (Česká republika, 2017, s. 6-12).

Jedním z nástrojů pro detailní monitoring sucha na území Česka, Slovenska a Střední Evropy je projekt Intersucho (Intersucho, 2022). Aktuální situace je prezentována ve formě mapových výstupů, které zobrazují odchylku od dlouhodobé úrovně sucha v období 1961-2010. Dalším nástrojem je systém HAMR, určený k předpovědi a zvládnutí sucha (HAMR, 2019). Tento systém je založený na propojení klimatologických dat s několika simulačními modely (vláhová bilance půdy, hydrologická bilance, vodohospodářská bilance). Výstupem jsou informace o výskytu

a závažnosti meteorologického, zemědělského a hydrologického sucha na území ČR (Český hydrometeorologický ústav, 2019, s. 41-42).

Sucho se na území České republiky vyskytovalo již v minulosti. V souvislosti se změnou klimatu se však zvyšuje pravděpodobnost jeho častějšího výskytu, s ještě vyššími srážkovými deficity a možnou delší dobou trvání. Dopady sucha představují značné riziko pro mnoho oblastí národního hospodářství, za všechny lze uvést zemědělství, lesnictví a vodní hospodářství. Jak již bylo uvedeno, sucho je přírodní proces, který nelze eliminovat. Veškeré úsilí v boji proti suchu je proto nutné směřovat ke zmírňování jeho příčin, a dále pak k zajištění vhodných podmínek pro omezení jeho dopadů. Za jedno z hlavních opatření v tomto ohledu lze považovat zvyšování množství vody v krajině (Brázdil a Trnka, 2015, s. 27-32) (Rožnovský, 2014).

Konkrétní způsoby jak lze tohoto cíle dosahovat jsou podrobněji popsány v následujících kapitolách.

4.2 Zadržování vody v krajině

Primárním cílem a účelem veškerých opatření pro zadržování vody v krajině je zpomalování odtoku vody z území, tzn. převádění dešťových srážek v podobě povrchového odtoku na odtok podpovrchový, podpora infiltrace, a dlouhodobé zadržení vody v území v podobě vodních nádrží či mokřadních oblastí. To se pozitivně projeví ve zvýšení zásob vody v půdě, a zároveň se tím vytváří vhodné podmínky pro průběžné doplňování zásob podzemní vody.

Opatření pro zadržení vody v krajině jsou součástí souboru tzv. adaptačních opatření, která mají za cíl změnou hospodaření v krajině omezit nepříznivé dopady globální změny v oblasti klimatu (Global Water Partnership Central and Eastern Europe, 2015, s. 22) (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2016, s. 201).

Opatření mohou být navrhována a realizována pro běžné srážkoodtokové podmínky, jako součást ochrany proti extrémním srážkovým jevům a nepříznivým účinkům s tím spojených (povodně), případně jako součást protierozní ochrany.

Zpomalením povrchového odtoku nebo dočasným zadržením vody na určitém území lze docílit zvýšené míry infiltrace (vsaku) vody do půdy. Takto infiltrovaná voda

v půdě (obecně označovaná jako podpovrchová voda) nadále postupuje vlivem gravitačních sil půdním profilem v oblasti tzv. nenasycené zóny. Tento proces se nazývá perkolace. V závislosti na intenzitě infiltrace, době jejího trvání, půdních podmínkách (především míře nasycení) a reliéfu krajiny, vytváří část podpovrchové vody tzv. podpovrchový neboli hypodermický odtok různé intenzity a rychlosti. Tato rychlost je obvykle výrazně nižší než u povrchového odtoku, ale přesto stále příliš vysoká na to, aby měla tato složka podpovrchové vody výraznější pozitivní vliv na množství vody zadržené v krajině. Hypodermický odtok se tak společně s povrchovým odtokem zahrnuje do tzv. přímého odtoku.

Z pohledu dlouhodobého zadržení vody v krajině je nejdůležitější ta část vody, která dále prostupuje nenasycenou zónou půdního profilu a podloží až do tzv. zóny saturace, neboli nasycené vrstvy podloží. Zde dosáhne hladiny podzemní vody a stane se součástí zásob podzemní vody. Tyto zásoby vody jsou považovány za dlouhodobé a jsou zdrojem tzv. základního odtoku, který v obdobích mezi dešťovými srážkami přirozeně dotuje povrchové vodní toky (Český hydrometeorologický ústav, 2010).

4.3 Rozdělení opatření pro zadržování vody

Pojem „stavebně-technická opatření“ nelze chápat jako ustálený či jinak standardizovaný pojem, nicméně toto spojení poměrně přesně vystihuje stavební a technickou podstatu těchto opatření. V literatuře se můžeme v této souvislosti setkat s dalšími podobnými pojmy, například hydro-technická, bio-technická nebo protierozní technická opatření, která již odkazují na specifické aspekty, či na konkrétní oblast využití opatření spadajících do dané kategorie. Tvoří tak vlastně samostatné podskupiny všech stavebně-technických opatření.

Vzhledem k tomu, že existuje velké množství opatření pro zadržování vody v krajině, můžeme je dělit podle společných znaků do různých skupin. U některých opatření je zadržení vody v krajině jejich primárním cílem (malé vodní nádrže, zasakovací opatření). U jiných opatření je podpora zadržení vody v krajině pouze doplňkovým (souvisejícím) efektem, přičemž jejich hlavním cílem může být například ochrana proti vodní či větrné erozi, zlepšení hospodářského stavu lesů, ochrana proti povodním, nebo zvýšení biodiverzity (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2016, s.

45). V praxi se často využívá kombinace více specificky zaměřených opatření tak, aby se vhodně doplňovala, čímž lze dosáhnout zlepšení ekologických funkcí a celkového stavu krajiny (Dzuráková et al., 2017).

Obecně lze opatření rozdělit na dvě skupiny. První tzv. přírodě blízká opatření, podporují zadržení vody s využitím přírodních prostředků, mechanismů a materiálů. Druhou skupinou jsou opatření z oblasti tzv. šedé, neboli vystavěné infrastruktury, zastoupené v oblasti vodohospodářství např. hrázemi, zdržemi, nádržemi a dalšími objekty typicky zhotovenými z materiálů jako beton a ocel. Přírodě blízká opatření mohou v některých případech prvky šedé infrastruktury plně nahradit, případně se mohou obě skupiny opatření vhodně doplňovat. V některých případech však zůstane šedá infrastruktura nadále nenahraditelná (European Commission, 2014b, s. 2). Opatření můžeme dále rozlišovat například podle místa kde jsou tato opatření budována, zda se jedná o opatření na zemědělské půdě, v lesích, nebo na vodních tocích a v jejich blízkosti. Dále můžeme rozdělit opatření podle účelu a využití zadržené vody, zda je cílem vylepšit hydrologickou bilanci určitého území nebo zda jsou důvodem hospodářské účely v podobě zásobování obyvatelstva pitnou vodou nebo zavlažování zemědělské půdy, případně ochrana proti povodním. Opatření lze dělit také podle toho, zda jsou snadno reverzibilní nebo trvalá, resp. obtížně odstranitelná. V neposlední řadě je důležitým rozlišovacím prvkem opatření výše nákladů a náročnost, resp. doba potřebná k jejich vybudování. S náročností a nákladností jednotlivých opatření úzce souvisí vhodnost jejich využití v konkrétních situacích v závislosti na konfiguraci terénu, jejich účinnost, a také doba za kterou dosáhnou plné účinnosti

Na tomto místě je nutné poznamenat, že většina výše uváděných skupin a kategorií využitelných pro rozdělení opatření, nemá oporu v zákonech nebo technických normách. Přesto se využívají pro účely hodnocení či kategorizace jednotlivých opatření.

4.4 Plánování opatření a jejich kombinace

Jak již bylo uvedeno, existuje velké množství různých opatření pro zadržení vody v krajině. Je nutné si uvědomit, že každé jednotlivé opatření má svá specifická pozitiva i negativa. Z toho důvodu se opatření různě kombinují s cílem minimalizovat negativa, a zároveň v oblasti přínosů dosáhnout maximálního synergického efektu. Ve výsledku se proto obvykle navrhuje soubor více různých opatření, která se svým specifickým účinkem vhodně doplňují. Tímto způsobem je možné dosáhnout většího výsledného efektu a zároveň lze pokrýt větší územní celky, zahrnující oblasti s často specifickými podmínkami, a tedy také s rozdílnými nároky z pohledu požadavků na jednotlivá opatření.

Každé opatření či soubor opatření je nutné pečlivě naplánovat a především přizpůsobit místním podmínkám. Pro vyhodnocení vlivu různých jednotlivých opatření nebo souboru opatření v konkrétních situacích na konkrétním území, se dnes běžně využívají hydrologické modely (European Commission, 2014a, s. 29-30) (Vizina et al., 2018). S pomocí těchto modelů je možné zhodnotit vliv a vhodnost navržených opatření ještě před tím, než dojde k jejich realizaci. Tímto způsobem je možné vyhnout se případům, kdy návrh sleduje zvýšení retence vody na určitém území, což hydrologický model prokáže, nicméně zároveň by v důsledku zvýšené retence došlo ke zhoršení ekologického a hygienického stavu vodních útvarů, např. z důvodu nedostatečného zbytkového průtoku. Ještě před zahájením procesu realizace lze ověřit, která opatření a jaká jejich kombinace je pro dané území nejvhodnější, případně jak opatření odpovídají požadavkům na využití vody na daném území. Po realizaci je nutné vliv opatření na vodní tok analyzovat a vyhodnotit. Opakovaný monitoring stavu vodního toku pak probíhá v odstupech několika let, např. po 3, 5 a 10 letech (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2016, s. 38)

Opatření pro zadržení vody v krajině mohou být realizována každé samostatně, jako soubor více opatření, nebo jako součást rozsáhlejších krajinných úprav (např. pozemkové úpravy). S cílem usnadnění návrhu a volby nejvhodnějších opatření byl na základě zadání Ministerstva životního prostředí vytvořen Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018), který ve formě 13 katalogových listů přehledně popisuje celkem 26 typů opatření. Ke každému uvádí technické parametry, podmínky realizace a další informace nutné pro

zhodnocení vlivu a využitelnosti každého jednotlivého opatření v konkrétních podmínkách. Další informace o opatřeních poskytuje interaktivní aplikace Typová opatření pro zadržení vody v krajině (Dzuráková et al., 2018), kde jsou na vzorových příkladech zpracovány soubory opatření pro zadržování vody v krajině. Opatření uvedená v Katalogu, která lze zařadit do kategorie „stavebně-technických“, budou dále podrobněji popsána. Ke každému opatření budou uvedeny základní informace a příklad s vyobrazením realizovaného opatření.

4.5 Legislativa

Základním právním předpisem ve vodním hospodářství je zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění, jinak také tzv. „vodní zákon“ (Česká republika, 2001). Tento zákon v §2 odst. 1 a 2 definuje povrchové a podzemní vody, dále v odst. 3 vodní útvary, které se dělí na útvary povrchových a podzemních vod. V odst. 5 je „útvár povrchové vody“ definovaný jako „*vymezené soustředění povrchové vody v určitém prostředí, například v jezeru, ve vodní nádrži, v korytě vodního toku*“. V odstavci 6 pak najdeme definici pro „umělý vodní útvar“, což je „*vodní útvar povrchové vody vytvořený lidskou činností*“. Do této skupiny lze zahrnout všechny vodní nádrže se stálým nadržováním vytvořené člověkem. Samotné vodní toky definuje vodní zákon v §43 jako „*povrchové vody tekoucí vlastním spádem v korytě trvale nebo po převažující část roku, a to včetně vod v nich uměle vzdutých*“. V hlavě VIII vodního zákona najdeme definici vodního díla, což jsou dle §55 odst. 1 „*stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům sledovaným tímto zákonem*“. Následně jsou vyjmenovány příklady těchto staveb, mj. např. přehrady, vodní nádrže a zdrže, stavby na ochranu před povodněmi, stavby pro využití energetického potenciálu vodní energie, a stavby k hrazení bystrin a strží. Většinu z výše uvedených příkladů lze zahrnout do kategorie opatření pro zadržování vody v krajině. Další opatření na hospodářské půdě, např. protierozní průlehy, příkopy, hrázky, meze nebo přehrážky již nespádají pod definici vodního díla, ale jedná se podle §56 o „*Stavby k vodohospodářským melioracím pozemků*“, které slouží „*k závlaze a odvodnění pozemků*“ a „*k ochraně pozemků před erozí činností vody*“. Samostatnou

skupinou jsou opatření pro ochranu před povodněmi, která jsou definovaná v §63 vodního zákona. V §65 je pak v rámci přípravných protipovodňových opatření uvedeno mj. „stanovení záplavových území“, která jsou dále podrobněji specifikována v §66 zákona jako „administrativně určená území, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou“. Jedná se např. o území říčních niv, ale do této kategorie patří také suché zemní nádrže, neboli poldry.

4.5.1 Legislativa v oblasti opatření na zemědělské půdě

Podle §27 vodního zákona jsou vlastníci pozemků povinni zajistit péči o tyto pozemky tak „aby nedocházelo ke zhoršování vodních poměrů“, kdy je kladen zvláštní důraz na to, aby „nedocházelo ke zhoršování odtokových poměrů, odnosu půdy erozní činností vody“, při současném „zlepšování retenční schopnosti krajiny“. K tomuto účelu se na zemědělské půdě využívají organizační, agrotechnická a technická (biotechnická) opatření. Tato práce se věnuje poslední kategorii, tj. technickým protierozním opatřením na zemědělské půdě, která jsou v souvislosti s klimatickou změnou využívána kromě svého protierozního potenciálu stále častěji také pro podporu retence a infiltrace vody v krajině (Dzuráková et al., 2017). Na zemědělské půdě se nejčastěji jedná o tzv. trvalá protierozní opatření označovaná zkratkou TPEO (Novotný et al., 2017). Při realizaci TPEO se dostáváme do působnosti zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, jinak také „stavební zákon“ (Česká republika, 2006). TPEO na zemědělské půdě mohou být podle §2 odst. 1. n) stavebního zákona zařazena jako „veřejně prospěšná stavba“, sloužící mj. k ochraně území obce. Podle §2 odst. 1. o) se může jednat o „obecně prospěšné opatření“ sloužící mj. „ke snižování ohrožení území“, případně podle §3 stavebního zákona jde o „terénní úpravy“, čímž se rozumí mj. „zemní práce a změny terénu, jimiž se podstatně mění vzhled prostředí nebo odtokové poměry“. Z pohledu stavebního zákona může být realizace TPEO podmíněna ohlášením stavby na stavební úřad, povolením stavby v rámci stavebního řízení (vydání stavebního povolení), ale TPEO mohou být realizována také přímo bez ohlášení nebo bez stavebního povolení.

Mezi stavby, terénní úpravy a zařízení nevyžadující povolení ani ohlášení patří např. příkopy, průlehy a jiné terénní úpravy, která vyhovují definici v §103 stavebního zákona, například:

- povrchová zařízení pro odvod vody na zemědělské půdě nebo na pozemcích určených k plnění funkcí lesa, pokud nejde o vodní díla podle vodního zákona,
- vodní nádrže do 100 m³ obsahu vzdálená min. 50m od obytných budov, která nejsou vodním dílem podle vodního zákona,
- opěrné zdi ne vyšší než 1 m, bez společné hranice s veřejnými komunikacemi a s veřejným prostranstvím,
- úpravy terénu, násypy a výkopy do výšky/hloubky 1,5 m menší než 300 m², bez společné hranice s veřejnými komunikacemi a s veřejným prostranstvím.

Stavební zákon v §104 stanoví parametry jednoduchých staveb a zařízení vyžadujících ohlášení, což jsou z pohledu TPEO např.:

- terénní úpravy a stavby opěrných zdí do výšky 1 m neuvedené v § 103 stavebního zákona.

Jakékoli další stavby pak pro svojí realizaci vyžadují stavební povolení vydávané ve stavebním řízení dle stavebního zákona (Novotný et al., 2017).

Podle vodního zákona může být TPEO hodnoceno jako vodní dílo (§55), nebo stavba k vodohospodářským melioracím (§56). Vyhláška č. 225/2002 Sb. (Česká republika, 2002) dále stanoví, že stavba k ochraně pozemku před erozní činností vody je dle §2 odst. 7 „stavba nebo soubor staveb, upravující sklon území nebo zachycující a odvádějící povrchovou vodu a splaveniny stékající po pozemcích nebo zvyšující infiltraci povrchové vody; je tvořena zejména protierozními příkopy, průlehy, terasami, přehrázkami nebo suchými nádržemi“. V odstavcích 8-12 uvedeného paragrafu jsou tyto stavby vyjmenované a tak zde nalezneme definici protierozního příkopu, průlehu, terasy, přehrážky a suché nádrže. V případě výše uvedených TPEO na zemědělské půdě se o vodní díla nejedná.

TPEO vyžadují jako každé opatření pro svojí realizaci určitý prostor, který lze vymezit jako zábor zemědělské půdy. Výsledkem je, že tyto plochy již není možné využívat pro zemědělskou činnost, přesto jsou i po realizaci opatření tyto plochy nadále součástí zemědělského půdního fondu (ZPF). Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu (Česká republika, 1992) totiž v §1, odst. 3 stanoví, že do ZPF patří mj.

„odvodňovací příkopy, hráze sloužící k ochraně před zamokřením nebo zátopou a technická protierozní opatření“. Uvedené plochy je nutné nadále udržovat, což zahrnuje např. sečení trávy, ale také technickou údržbu, nebo opravy opěrných konstrukcí nebo opevnění koryta.

V případě hlavního odvodňovacího zařízení v podobě odvodňovacích kanálů nebo příkopů (dle definice ve vyhlášce č. 225/2002 Sb., §2, odst. 4-5), které je vyústěné do vodního recipientu, je nutný souhlas příslušného vodoprávního úřadu (dle §104 odst. 2 vodního zákona), resp. správce příslušného vodního toku. V případě vyústění hlavního odvodňovacího zařízení na cizí pozemek je nutné získat souhlas majitele pozemku s tímto vypouštěním. V případě sporů nebo nejasností je vodoprávní úřad oprávněn rozhodnout o rozsahu povinností mj. *„vlastníků pozemků sousedících s pozemkem, na kterém je umístěna stavba k vodohospodářským melioracím pozemků nebo její část, popřípadě o povinnosti správce navazujícího vodního toku k zajištění funkce stavby k vodohospodářským melioracím pozemků“.*

Pokud se vyskytne potřeba realizace TPEO na větším množství pozemků v jednom katastrálním území, může být prováděna také v rámci tzv. jednoduchých, nebo komplexních pozemkových úprav, podle zákona č. 139/2002 Sb. o pozemkových úpravách (Česká republika, 2002). Protierozní opatření řadí pozemkové úpravy, podle §9 odst. 8, do skupiny tzv. „společných zařízení“. Patří sem *„protierozní meze, průlehy, zasakovací pásy, záchytné příkopy, terasy, větrolamy, zatravnění, zalesnění“* nebo *„vodohospodářská opatření sloužící k neškodnému odvedení povrchových vod, ochraně území před záplavami, suchem a k zadržení vody v krajině včetně podzemních vod jako vodní nádrže, rybníky, úpravy koryt vodních toků, odvodnění, ochranné hráze a poldry“.* Dalším společným zařízením jsou např. opatření zajišťující přístup na pozemky (cestní síť a její součásti).

Pro společná zařízení se využívají přednostně pozemky v majetku státu a majetku obcí. Jako poslední lze využít pozemky soukromých vlastníků, poměrným způsobem dle celkové výměry všech pozemků jednotlivých vlastníků (Státní pozemkový úřad, 2014).

V případě komplexních pozemkových úprav je nutné zmínit katastr nemovitostí, zřizovaný zákonem č. 256/2013 Sb., o katastru nemovitostí (Česká republika, 2013), který ve formě veřejně přístupného seznamu eviduje pozemky v podobě parcel, včetně

práv a dalších informací k nim vázaných. Pokud je v souvislosti s výstavbou nutné řešit jakékoli majetkoprávní záležitosti, např. koupi nebo prodej pozemků, tak tato oblast je upravena zákonem č. 89/2012 Sb., tzv. občanským zákoníkem (Česká republika, 2012).

4.5.2 Legislativa v oblasti opatření na vodních tocích

Postup při realizaci opatření na vodních tocích je v mnoha ohledech podobný jako v případě opatření na zemědělské půdě. Hlavním rozdílem je fakt, že realizovaná opatření spadají podle vodního zákona do skupiny vodních děl. Základní podmínkou pro realizaci vodního díla je předchozí získání stavebního povolení k vodním dílům, dle §15 vodního zákona. Toto povolení vydává vodoprávní úřad, který zde vystupuje jako tzv. speciální stavební úřad, dle ustanovení §15 stavebního zákona (Česká republika, 2006). Povolení pro stavbu vodního díla může být vydáno pouze se souhlasem obecního stavebního úřadu, který je příslušný k vydání územního rozhodnutí v daném území. Zde je vhodné doplnit, že v případech kdy se nejedná o vodní díla, ale např. o TPEO na zemědělské půdě, je předem nutné získat od vodoprávního úřadu tzv. souhlas podle §17 vodního zákona v případech, kdy se jedná o „stavby, zařízení nebo činnosti, k nimž není třeba povolení podle tohoto zákona, které však mohou ovlivnit vodní poměry“ (Česká republika, 2001).

Dalším významným rozdílem je v porovnání s opatřeními na zemědělské půdě, obvykle větší plošný rozsah realizovaných opatření, kdy je nutné vyřešit majetkové poměry v celém území výstavby vodního díla, včetně prostoru zátopy vodní nádrže a případných ochranných pásem. Tato ochranná pásma jsou stanovena podél vodního díla v zájmu jeho ochrany, dle §58 odst. 3 vodního zákona. Jedná se o opatření obecné povahy, které má za cíl zakázat nebo omezit umístění a provádění některých staveb nebo činností. Vodní zákon v §58 odst.3 dále stanoví, že „*vlastníci pozemků a staveb v ochranném pásmu mají vůči vlastníkovi vodního díla nárok na náhradu majetkové újmy, která jim uvedeným zákazem nebo omezením vznikne*“ (Česká republika, 2001).

Záměr realizace vodního díla musí být současně řešen z pohledu zákona 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, kde hrozí konflikty z důvodu možného ohrožení zvláště chráněných území, zvláště chráněných druhů rostlin a živočichů, krajinných prvků,

prvků systému ÚSES, cenných biotopů, nebo jen z důvodu obecné ochrany přírody a krajiny. Při posuzování záměru by mělo být vždy bez dalších pochybností prokázáno, že veřejný zájem reprezentovaný vodním dílem převažuje nad veřejným zájmem ochrany přírody a krajiny (Česká republika, 1992).

Podle §20 odst.1 vodního zákona, se v katastru nemovitostí evidují „*přehrad, hráze, jezy, stavby, které se k plavebním účelům zřizují v korytech vodních toků nebo na jejich březích, stavby k využití vodní energie a stavby odkališť, pokud jsou spojené se zemí pevným základem*“. Podle odstavce 2 téhož zákona se pak v katastru nemovitostí vyznačují mj. také ochranná pásma vodních děl (Česká republika, 2001).

4.5.3 Přestupky a pokuty

Podle stavebního zákona (zák. 183/2006 Sb.) se může fyzická (FO), právnická (PO) nebo podnikající fyzická osoba (PFO) podle §178 dopustit přestupku, pokud provede nebo užívá stavbu nebo terénní úpravy bez souhlasu, nebo v rozporu se souhlasem stavebního úřadu. Případně podle §181 téhož zákona se přestupku dopustí PO, nebo PFO jako stavební podnikatel, pokud provede stavbu nebo terénní úpravy bez ohlášení, bez souhlasu, nebo v rozporu se souhlasem stavebního úřadu. Výše pokuty v obou případech může dosáhnout 200.000 Kč.

Podle §178 stavebního zákona, se dále FO, PO nebo PFO jako stavebník dopustí přestupku, pokud provede stavbu bez stavebního povolení, a dále podle §181 se PO nebo PFO jako stavební podnikatel dopustí přestupku, pokud provede stavbu bez stavebního povolení. U těchto přestupků může být výše pokuty v rozmezí 500.000 – 2.000.000 Kč (Česká republika, 2006).

Ve vodním zákoně jsou pachatelé přestupků rozděleni na 2 skupiny. První skupinu tvoří fyzické osoby (FO), druhá skupina zahrnuje právnické (PO) a podnikající fyzické osoby (PFO). Výše pokuty pro tyto 2 skupiny jsou stanoveny v odlišné výši, přičemž pro skupinu PO/PFO stanoví zákon pokuty až několikanásobně vyšší, než pro skupinu FO. Část vodního zákona o přestupcích je velmi obsáhlá. V souladu s tématem této práce může jako příklad přestupku posloužit provedení staveb nebo činností, které sice nevyžadují povolení podle vodního zákona, ale které mohou ovlivnit vodní poměry. Podle §17, odst. 1 a), to jsou např. stavby na pozemcích, kde se vyskytují koryta

vodních toků, jejichž vodní poměry mohou být stavbou ovlivněny. Podle §116 vodního zákona se provedením takové stavby dopustí FO přestupku, za který může být uložena pokuta do výše 100.000 Kč. Za stejný přestupek spáchaný PO nebo PFO pak může být podle §125a vodního zákona uložena pokuta do výše 500.000 Kč.

4.6 Vodní díla

Vodní díla nám definuje zákon č. 254/2001 Sb. (dále jen vodní zákon) v §55 jako stavby, které slouží mj. ke vzdouvání a zadržování vod, k ochraně vod a nakládání s nimi, nebo k ochraně před škodlivými účinky vod. Současně zde najdeme demonstrativní výčet těchto staveb, vodních děl. Jedná se např. o přehrady, vodní nádrže, stavby k vodohospodářským melioracím, k zavlažování nebo odvodňování pozemků, k ochraně před povodněmi, stavby v korytech nebo na březích vodních toků pro plavební účely, stavby pro zřizování nebo úpravu vodních toků a další (Česká republika, 2001).

Z pohledu vodního hospodářství jsou vodní díla součástí vodohospodářské infrastruktury, jedná se o vodohospodářská opatření, vodohospodářské stavby. Jejich hlavním úkolem je zadržovat či zpomalovat odtok srážkových vod, regulovat množství vody v krajině a vytvářet podmínky pro efektivní a přínosné využívání vody, a k její ochraně (Slavík a Neruda, 2014, s. 27).

Vodních děl je velké množství, avšak jen některá mají potenciál z pohledu jejich schopnosti efektivně zadržovat vodu v krajině. Jedná se především o různé druhy vodních nádrží, ale za vodní díla považujeme také revitalizace vodních toků, které byly v minulosti uměle napřimovány, a jejichž koryta byla technicky upravena pro zajištění co nejrychlejšího odtoku, což je z pohledu zadržování vody v krajině nežádoucí stav.

Může nastat také situace, kdy je žádoucí odstranění vodního díla, či omezení jeho funkce. Typickým příkladem jsou vodohospodářské meliorace budované převážně ve 2. polovině 20. století, s cílem odvodnění zamokřených území a jejich následného hospodářského využití. Tyto odvodňovací stavby mají, často vlivem stáří nebo zanedbané údržby, omezenou schopnost plnit svůj primární účel, což se projevuje sníženou schopností odvádět vodu ze zamokřených území. Mohou naopak způsobovat zamokření v místech, kde se před vybudováním meliorací zamokření vůbec

nevyskytovalo. Pod vlivem klimatické změny bude pravděpodobně vzrůstat potřeba rozsáhlejšího zavlažování úrodných zemědělských ploch, což s sebou přináší potřebu nakládat s vodou mnohem efektivněji, namísto pouhého odvedení přebytečné vody ze zemědělských ploch do recipientů (Vopravil et al., 2015).

Je nutné si uvědomit, že každé vodní dílo jakožto stavba s sebou kromě přínosů nese také určitá negativa, ať už se jedná o dopady na úrovni životního prostředí, sociálních vztahů nebo politiky. Z tohoto pohledu jsou nejvýznamnější vodní díla v podobě přehrad a velkých vodních nádrží. Očekávané přínosy těchto staveb jsou často nenahraditelné, před jejich realizací je však vždy nutné hledat alternativní řešení, která by byla šetrnější k životnímu prostředí, a to i za cenu vyšších nákladů nutných k jejich realizaci (Broža a Satrapa, 2000, s. 7-8).

Podle Mezinárodní komise pro velké přehrady (ICOLD) jsou otázky ohledně vlivu těchto staveb na životní prostředí stejně důležité, jako problematika zajištění jejich bezpečnosti. V zájmu zachování trvale udržitelného rozvoje v oblasti vodních zdrojů musí být věnována velká pozornost tomu, aby výstavba přehrad a vodních nádrží byla vždy v rovnováze se zájmy v oblasti ochrany životního prostředí a v sociální oblasti (ICOLD, 1997).

Z pohledu bezpečnosti resp. životnosti vodních děl je zásadní provádění pravidelného dozoru a údržby těchto staveb. Povinnost pečovat o vodní dílo ukládá vlastníkovvi v §59 vodní zákon který stanoví, že je vlastník povinen mj. udržovat vodní dílo v řádném stavu, provádět technickobezpečnostní dohled (pokud se povinnost na dané vodní dílo vztahuje), odstraňovat závady na vodním díle, udržovat v řádném stavu dno a břehy, odstraňovat náletové dřeviny z hrází a provádět pravidelné revize vodního díla (Česká republika, 2001). Tyto povinnosti by měly být pro konkrétní vodní dílo upraveny v tzv. Provozním řádu, jehož náležitosti stanoví vyhláška č. 216/2001 Sb. (Česká republika, 2011).

4.6.1 Vodní nádrže

Obecně lze vodní nádrže rozdělit na umělé a přírodní. Přírodní vodní nádrže vznikly bez zásahu člověka pouze vlivem působení přirozených procesů. Jedná se o vodu

zachycenou v prohlubních přírodního původu, např. v jezerech a plesech. V souladu se zaměřením této práce bude pozornost nadále věnována umělým vodním nádržím.

Umělé vodní nádrže představují vymezený prostor vybudovaný s cílem zachytávat a hromadit vodu s možností jejího následného využití, případně jako součást protipovodňové ochrany. Jak již z názvu vyplývá, tato vodní díla jsou výsledkem záměrné činnosti člověka a můžeme je dále rozdělit do různých podskupin. Nádrže dělíme na průtočné a neprůtočné, podle účelu na zásobní a ochranné, podle doby napouštění a prázdnění rozlišujeme nádrže s ročním, víceletým a nepravidelným či krátkodobým cyklem podle toho, jak dlouhé je období nutné pro jedno vypuštění a znovu napuštění nádrže. (Hrdoušek et al., 2006, s. 191-193). Možností dělení je mnoho, proto jsou uvedeny pouze některé příklady.

Vodní nádrže také můžeme dělit podle materiálu, ze kterého je zhotovena hráz na dvě skupiny:

- 1) hráze z nesoudržných materiálů, tzv. zemní hráze, které jsou tvořené zeminou, kamenivem a různými druhy těsnících materiálů,
- 2) hráze ze soudržných materiálů, což zahrnuje stavební materiály jako beton, železobeton, zděné, ocelové a dřevěné konstrukce, a jejich kombinace.

Od typu hráze a použitého materiálu se odvíjejí další parametry hráze jako např. příčný profil, maximální výška a konstrukční provedení, životnost a v neposlední řadě také cena.

Z hlediska stavebního a prostorového řešení lze vodní nádrže dělit na údolní nádrže, vytvořené příčným objektem v podobě přehrady nebo hráze přehrazující údolí (průtočné), tzv. boční nádrže, vytvořené vymezením určitého území umělou hrází, které jsou obvykle umístěné bokem napájecího přítoku (neprůtočné), a dále nádrže vyhloubené v terénu při současném navýšení terénu po obvodu prostoru nádrže s využitím vyhloubeného materiálu. (Veselý, 2004, s. 48).

Specifickou skupinou mezi vodními nádržemi jsou tzv. suché nádrže, neboli poldry, které jsou nejčastěji po většinu času zcela prázdné, a jejichž primárním účelem je protipovodňová ochrana.

Podle způsobu využití rozlišujeme vodní nádrže na jednocelové a víceúčelové. V praxi převažují víceúčelové nádrže, které plní současně mnoho funkcí, např. zajišťují retenci vody, výrobu elektrické energie a podmínky pro rekreaci.

4.6.1.1 Přehradny

Přehrada, neboli přehradní nádrž, patří do skupiny průtočných vodních nádrží.

Tyto stavby jsou největšími vodními díly současnosti. Výrazně ovlivňují krajinný ráz a vodohospodářské poměry v daném povodí. Jejich hlavní úloha spočívá v retenci vody (Slavík a Neruda, 2014, s. 28). Přehradny patří k nejvýznamnějším vodohospodářským stavbám. Jedná se o základní součást vodohospodářských soustav (Veselý, 2004, s. 48). Asi nejznámějším příkladem takové soustavy v ČR je tzv. Vltavská kaskáda, která je tvořená celkem 9 vodními díly, jejichž celkový objem zadržené vody je více než 1355 mil. m³. Vodní díla náležející do Vltavské kaskády se základními parametry jsou zobrazena v tabulce 1.

VODNÍ DÍLO	OBJEM (mil. m ³)	ROZLOHA (ha)
Lipno I.	309,5	4870
Lipno II.	1,6	33
Hněvkovice	21,1	276,7
Košensko (jez)	2,8	-
Orlík	716,5	2732,7
Kamýk	12,98	195
Slapy	269,3	1162,6
Štěchovice	10,4	95,7
Vrané	11,1	263
CELKEM	1355,28	4449

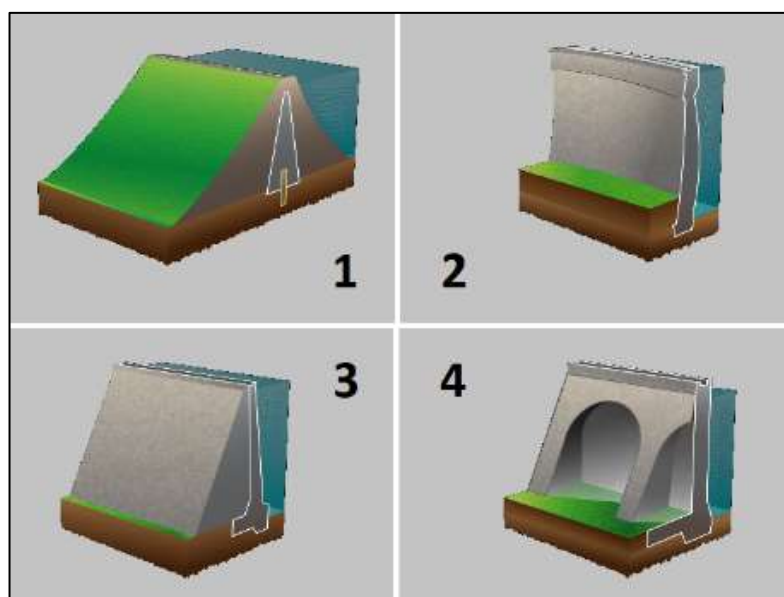
Tabulka 1: Vodní díla zařazená do tzv. Vltavské kaskády, jejich objemy a rozlohy vodní plochy (Povodí Vltavy, 2013), úprava autor.

Princip přehradny spočívá ve vybudování přehradní hráze napříč vodního toku, s následným postupným zaplavením prostoru nad hrází. Pro výstavbu přehrad se využívá míst s vhodným uspořádáním terénu, kdy vodní tok protéká údolím, a okolní vyvýšený terén ohraničující údolí pak po zaplavení údolí vymezuje oblast vodní plochy přehradní nádrže (Veselý, 2004, s. 48).

Před výstavbou vodního díla v podobě přehrady je kromě zpracování projektové dokumentace nezbytné provedení důkladného inženýrsko-geologického, hydrologického a pedologického průzkumu. Tyto průzkumy mají za cíl ověřit například stabilitu a únosnost podloží či jeho nepropustnost, a mají přímý vliv na bezpečnost budoucího vodního díla a jeho životnost.

Přehradní hráz může být vystavěna ze soudržných materiálů (např. železobetonová konstrukce různého konstrukčního provedení), ale také z nesoudržných materiálů (zemní hráz). Za výhodu betonových přehrad lze považovat snadné začlenění různých funkčních objektů do tělesa přehradní hráze, a také vyšší bezpečnost při krátkodobém přelítí přehradní hráze. Nevýhodou jsou naopak vysoké nároky na kvalitu podloží v místě založení přehrady. Zemní hráze mají naopak vyšší schopnost přizpůsobit se méně kvalitnímu základovému podmínkám. Pro jejich konstrukci mohou být využity místní materiály, čímž se snižuje dopravní náročnost stavby a tím také náklady na výstavbu přehrady (Hrdoušek et al., 2006, s. 195-197).

Na obrázku 1 je porovnání konstrukce zemní hráze a betonových hrází různého provedení. Číslice 1 na obrázku označuje zemní (sypanou) gravitační hráz s betonovým těsnícím jádrem. Pod číslicemi 2-4 jsou pak zobrazeny betonové hráze v provedení klenutá hráz, gravitační hráz, a hráz s opěrnými pilíři (pořadí dle číslování).



Obrázek 1: Srovnání zemní a betonové hráze. Dle pořadí: zemní hráz, betonová hráz klenutá, gravitační a s opěrnými pilíři (ČEZ, 2020), úprava autor.

Součástí hráze jsou různé technické objekty a zařízení, aby přehrada mohla plnit úkoly ve vodohospodářství, ale také v dalších oblastech, například:

- regulace výšky vodní hladiny,
- regulace průtoku vody přehradou, prázdňení přehrady v případě provádění revizí a oprav, a následné plnění přehrady (výpusti),
- protipovodňová ochrana včetně bezpečného převedení povodňových průtoků (přelivy),
- využití energetického potenciálu vody (výroba elektřiny),
- odběry vody (odběrné objekty),
- zajištění kontinuity vodní dopravy (nadlepšování průtoků v toku pod přehradou, lodní zdymadla nebo výtahy) (Broža a Satrapa, 2000, s. 9-10).

Přehrady mají díky svému technickému a konstrukčnímu řešení schopnost regulovat výšku vodní hladiny ve vodní nádrži. Každé výšce vodní hladiny odpovídá určitý objem vody v nádrži. Podle výšky hladiny v nádrži rozlišujeme různá pásma naplnění přehradní nádrže. Nejnižší je umístěný prostor tzv. stálého nadržení, který určuje nejmenší množství vody, které je nutné pro zajištění základních funkcí vodního díla (např. odběry vody a výroba elektřiny), a které se vypouští jen z důvodu revizí nebo oprav. Nad touto úrovní se nachází tzv. zásobní neboli retenční prostor, jehož maximální úroveň je za běžného provozu dána nejvyšší (maximální) úrovní hladiny. Za normálních průtoků se hladina vody v nádrži pohybuje v tomto pásmu. Další pásmo ležící mezi touto maximální hladinou a výškou odpovídající bezpečnostnímu přelivu přehrady nazýváme ochranným prostorem. V tomto prostoru rozlišujeme ještě ochranný prostor ovladatelný, ležící mezi maximální provozní hladinou a horní hranou bezpečnostního přelivu, a neovladatelný ochranný prostor, ležící nad úrovní horní hrany bezpečnostního přelivu. Na této úrovni již v případě povodňové události voda bez možnosti regulace nekontrolovatelně přetéká přehradní hráz v místě bezpečnostního přepadu přehrady (Synáčková, 2014).

Regulace množství vody v přehradní nádrži, tzv. manipulace, se řídí manipulačním řádem. Jedná se o základní provozní dokument, který stanoví konkrétní pokyny a postupy pro manipulaci, s ohledem na provozní potřeby a momentální provozní podmínky vodního díla. Může se jednat o běžné hospodaření s vodou za normálního provozu, manipulaci s ochranným prostorem během povodňových situací, vypouštění

nebo plnění nádrže, manipulaci ve spolupráci s dalšími vodními díly v rámci vodohospodářských soustav a další provozní situace (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2015, s. 87).

Zpracování manipulačních řádů ukládá investorům a správcům vodních děl příslušný vodohospodářský orgán pro vodní díla s objemem nad 5.000 m³, jezy, plavební komory a průplavy, dále pro odběrné objekty s výrazným vlivem na vodohospodářskou bilanci, odběry pro energetické využití vody, a další případy. Každý manipulační řád má omezenou platnost 5 let, a musí projít revizí po uplynutí této doby nebo dříve, pokud nastanou významné změny provozních podmínek (Česká společnost vodohospodářská, 2016, s. 20-21). Náležitosti manipulačních řádů stanoví norma TNV 75 2910, Manipulační řády vodních děl na vodních tocích (Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004).

Neméně důležitým dokumentem je provozní řád, který obsahuje veškeré předpisy, směrnice a pokyny pro obsluhu vodního díla a všech přidružených zařízení, v podobě provozních předpisů ke strojním a elektrotechnickým zařízením. Dále obsahuje například postupy sledování a hlášení vodních stavů, provozní pokyny podle průtoků, postupy při haváriích a jiných neobvyklých provozních situacích, kontakty na složky integrovaného záchranného systému, kontakty na příslušné orgány v oblasti vodního hospodářství a státní správy, a další informace. Provozní řád zpracovává správce vodního díla a jeho platnost je nejdéle 5 let, poté musí být revidován. Obsah provozního řádu stanoví norma TNV 75 2920, Provozní řád hydrotechnických vodních děl (Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004).

Povinnost řídit se provozním řádem a schváleným manipulačním řádem stanoví vlastníků vodních děl §59 vodního zákona (Česká republika, 2001). Náležitosti manipulačního a provozního řádu stanoví samostatná Vyhláška č. 216/2011 Sb. (Česká republika, 2011).

Z pohledu bezpečnosti vodních děl je nutné zajistit tzv. technickobezpečnostní dohled (TBD). Jedná se o odbornou činnost sloužící ke zjišťování technického stavu u vodních děl určených k zadržování vody a ke vzdouvání, především z hlediska bezpečnosti, stability a příčin poruch. TBD se zaměřuje na posuzování provozní spolehlivosti vodních děl a jejich bezpečnosti, s cílem předcházet situacím nebezpečných jak pro samotné vodní dílo, tak pro jeho okolí. V rámci TBD je

vlastníkům a stavebníkům vodních děl stanoven soubor povinností týkající se provozu těchto děl. Plnění povinností vycházejících z TBD kontroluje vodoprávní dozor nad vodními díly, zajišťovaný orgány státní správy – obcemi s rozšířenou působností a krajskými úřady (Říha et al., 2014, s. 12).

Z pohledu vodních ekosystémů znamená výstavba přehrady významný zásah do přirozeného stavu. Ve vodní nádrži se mění charakter povrchové vody z proudící (na přítoku do nádrže), na vodu stojatou, což s sebou přináší výraznou změnu pro vodní organismy v podobě rostlin i živočichů. Prostředí v přehradní nádrži představuje uměle vytvořený ekosystém, který je značně nestabilní, neboť je nepravidelně, avšak průběžně ovlivňováno kolísáním výšky vodní hladiny, vlivem manipulací na vodním díle. Přehradní těleso tvoří nepřekonatelnou migrační překážku pro tažné ryby (Slavík a Neruda, 2014, s. 31). Řešením tohoto problému je technické řešení v podobě tzv. rybího přechodu nebo rybího výtahu (United States Fish and Wildlife Service Region 5, 2019) Existuje velké množství variant technického provedení rybích přechodů pro migrační překážky různé výšky. Přesto se v ČR zatím realizují pouze u méně vysokých migračních překážek (např. jezy), zatímco u přehradních nádrží takové řešení zatím nebylo realizováno.

V souvislosti s výstavbou velkých přehrad je nutné z území zátopy vystěhovat veškeré obyvatelstvo a odstranit většinu existujících staveb. Na tomto území dále dochází k likvidaci mnoha suchozemských ekosystémů.

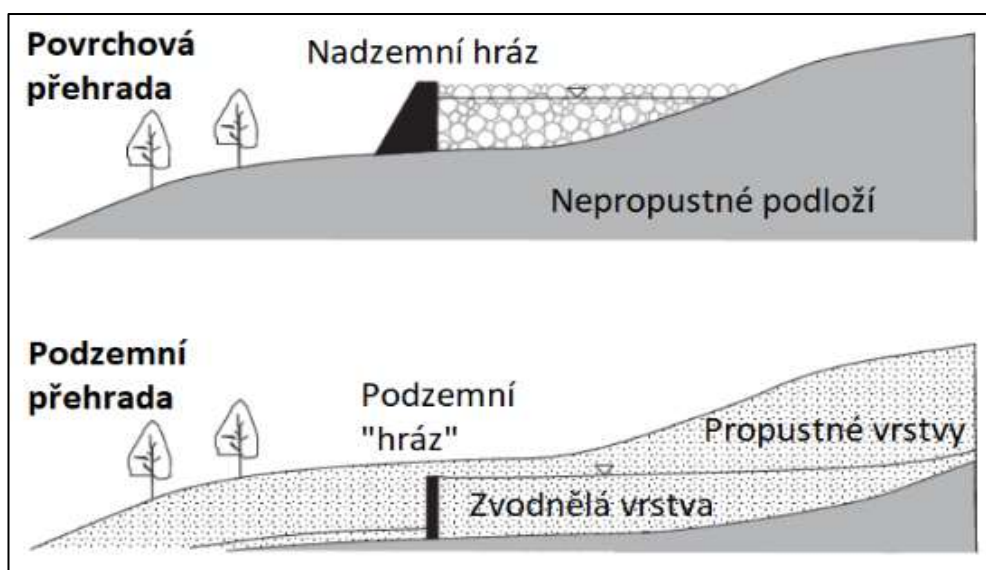
Z vodohospodářského hlediska představují přehradní nádrže opatření pro akumulaci velkého objemu vody v období kladné hydrologické bilance. V případě potřeby pak lze tyto zásoby využívat pro stabilizaci hydrologických poměrů ve vodním toku „pod přehradou“. Jedná se tak o významný nástroj v boji proti důsledkům sucha (Slavík a Neruda, 2014, s. 31).

V souvislosti s nepříznivou hydrologickou situací, která se projevovala v posledních letech především v letním období, je nutné zmínit Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území. Jedná se o dokument zpracovaný společně ministerstvem zemědělství a životního prostředí, který obsahuje seznam „hájených“ lokalit, ve kterých by výhledově mohly být v budoucnu vybudovány nové přehradní nádrže (Ministerstvo zemědělství, 2011).

4.6.1.2 Podzemní přehrada (Groundwater dam)

Podzemní přehrady či podzemní hráze (známé také jako podpovrchové nebo písečné přehrady) nejsou novým vynálezem, a přestože je jim větší pozornost věnována až v posledních letech, jejich historie sahá až do římských dob. Obecně jsou tyto stavby považovány za vodní zdroje s menší kapacitou. Přesto byla v Japonsku v roce 2001 vybudována podzemní přehrada s kapacitou 20 mil. m³. Podzemní přehrady dnes využívá kromě Japonska také Jižní Korea, Čína, USA, Brazílie, Pákistán, Řecko, Rakousko, Indie, Mexiko, některé africké a další země (Ahmed et al., 2016).

Podzemní přehrada, přesněji přehrada pro podzemní vodu, je jakákoli stavba či konstrukce, která brání proudění podzemní vody ve zvodnělých vrstvách, čímž se uměle dosahuje akumulace podzemní vody v prostoru vymezeném touto stavbou. Vznikají tak podzemní zdrže podobné útvarům podzemní vody vzniklým přirozenou cestou. Princip je znázorněn na obrázku 2.



Obrázek 2: Porovnání principů povrchové přehrady a podzemní přehrady (Ishida et al., 2011), úprava autor.

Předpokladem pro výstavbu umělých podzemních přehrad jsou vhodné geologické podmínky, především relativně mocná zvodnělá vrstva a nepropustné horninové podloží, na které je hráz podzemní přehrady navázána, čímž dojde k zastavení proudění. Akumulovanou vodu lze následně odebírat s využitím kopaných nebo vrtaných studní. Výhodami těchto vodních staveb jsou zanedbatelné nároky na zábor

území, které může být využito i po výstavbě např. pro zemědělské účely. Další výhodou je umístění zásob vody v podzemí, což zajišťuje vysokou kvalitu vody, omezuje riziko povrchové kontaminace a omezuje výpar vody. Nevýhodami jsou především nižší kapacita, nemožnost energetického využití zadržené vody a omezené množství lokalit vhodných pro výstavbu (British Geological Survey, 2019).

Na území ČR nemá tento typ opatření tradici. Přesto v Meziboří na Mostecku probíhá experiment v podobě vybudování podzemní přehrad se zaměřením na zadržování vody v krajině. Konstrukce přehrad spočívá v provedení zhruba 200 vrtů hlubokých 11 metrů, a následné vyplnění těchto vrtů materiálem na bázi cementu, který vyplní skalní pukliny a zajistí těsnost. Pokud se prokáže pozitivní přínos podzemní konstrukce na zadržení vody, která by jinak ze svahu odtékla, měly by v budoucnu následovat průzkumné práce s cílem nalezení dalších vhodných lokalit pro stavbu podzemních přehrad (Hospodářské noviny, 2020).

4.6.1.3 Přehrad ve světě

Podle Světové komise pro přehradu existovalo ke konci 20. století ve světě přes 45.000 přehrad ve 140 zemích, oproti roku 1949, kdy jich bylo jen asi 5.000. Nejvíce se dnes těchto staveb nachází v Číně, cca 22.000 oproti 22 v roce 1979. Mezi další země s největším počtem přehrad patří Spojené státy americké (6.400), Indie (přes 4.000), Španělsko a Japonsko (každá země cca 1.000-1.200 přehrad).

Výstavba nových přehrad ve světě dosáhla vrcholu v 70. letech 20. století, přesto jsou v současnosti ve výstavbě další stovky přehrad, nejvíce v Indii a v Číně. V některých oblastech světa (např. USA nebo Evropa), kde je již vysoká hustota stávajících přehrad, a není dostatek vhodných míst pro výstavbu nových, se většina aktivit zaměřuje na správu a provoz přehrad (údržba, renovace, optimalizace provozu).

Na konci 20. století lze pozorovat nový trend, který spočívá ve vyřazování přehrad z provozu. Rušeny jsou obvykle přehrad, které již nejsou potřebné, mají vysoké náklady na provoz a údržbu, nebo mají velmi negativní vliv na životní prostředí. Například v USA bylo do roku 2000 vyřazeno z provozu téměř 500 starých a převážně menších přehrad. Počet vyřazených přehrad v USA v roce 1998 překonal počet nově vybudovaných (World Commission on Dams, 2000).

Negativní dopady výstavby přehrad rostou v přímé úměře s jejich velikostí. Lze to ilustrovat na příkladu vodního díla Tři soutěsky vybudovaného na řece Jang-c'-ťiang v Číně. Výstavba přehrady započala v roce 1992, napouštění a uvádění do provozu skončilo v r. 2012. Stavba měla velký dopad v sociální a ekonomické oblasti, ale také v oblasti životního prostředí. Uvádí se, že před výstavbou přehrady bylo vysídleno více než 100 městských sídel různé velikosti. Z území zátopy bylo nutné přesídlit 1,2-1,3 milionu obyvatel. Bylo zatopeny velké plochy zemědělské půdy, další zemědělská půda byla zabráná pro výstavbu náhradních sídel. V důsledku zpomalení toku se zvýšily koncentrace znečištění pocházející ze zemědělství a průmyslu, což působí problémy s kvalitou vody (eutrofizace, rozvoj vodních řas). V důsledku změn ve vodním prostředí došlo ke snížení počtu 4 hlavních domácích druhů ryb až o 80%. Z propojených suchozemských ekosystémů na území zátopy se po napuštění přehrady staly malé izolované ostrovy.

Za pozitiva uvedené stavby lze považovat zvýšenou úroveň ochrany před sezónními povodněmi a produkci elektrické energie pocházející z obnovitelných zdrojů. Energie vyrobená za období 2003-2010 představovala snížení uhlíkových emisí až o 406 mil. tun v porovnání s výrobou el. energie v tepelných elektrárnách spalujících uhlí (Hvistendahl, 2008) (Xu et al., 2013).

4.6.1.4 Malé vodní nádrže a suché nádrže

Tato kategorie vodních nádrží dosahuje v porovnání s přehradami podstatně menších objemů zadržené vody. Jejich definice vychází z ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže. Podle normy se malé vodní nádrže (dále MVN) dělí na zásobní nádrže, ochranné retenční nádrže, čistící nádrže upravující vlastnosti vody, rybochovné nádrže (známé jako rybníky), hospodářské nádrže, speciální účelové nádrže, asanační nádrže a rekreační nádrže (Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011).

Dále rozlišujeme např. nádrže krajnotvorné, okrasné nádrže (návesní rybníky, vodní nádrže v parcích), nebo nádrže na ochranu bioty (nádrže mimo vodní tok pro zajištění životních podmínek chráněné fauny a flory).

Pro zařazení vodní nádrže do kategorie MVN musí být současně splněny následující podmínky:

- 1) objem ovladatelného prostoru nepřekročí 2 mil. m³,
- 2) maximální hloubka nádrže je 9 m.

Do kategorie malých vodních nádrží řadíme také tzv. suchou (polosuchou) nádrž, tzv. poldr, která je navrhována jako významný prvek protipovodňové a protierozní ochrany. Tyto nádrže mohou být se stálým (obvykle malým) nadržním nebo zcela suché. Jejich hlavní funkce spočívá v akumulaci a zachycení povrchového odtoku, a zachycení splavenin (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2016, s. 62-69).

V rámci protipovodňové ochrany jsou poldry považovány z technických protipovodňových opatření za nejefektivnější. V nádržích protipovodňových poldrů není možná trvalá akumulace vody s výjimkou malého stálého nadržní. Zároveň nesmí funkční objekty hráze narušovat krajinný ráz. Poldry mají většinou zemní hráze z místních materiálů. Při konstrukci hráze musí být zohledněn očekávaný způsob fungování poldrů, spočívající v často rychlém zatopení vodou, čemuž je nutné přizpůsobit například těsnící charakteristiky použitých materiálů a opevnění návodní strany hráze (Novák a Tomek, 2015, s. 37).

Fungování poldru ilustruje obrázek 3, na kterém je zobrazena suchá nádrž Jelení, vybudovaná na Kobylím potoce v Moravskoslezském kraji. Stav suché nádrže při běžném průtoku je na obrázku vlevo, napravo lze vidět stav po naplnění nádrže vlivem zvýšených srážek.



Obrázek 3: Vizualizace suché nádrže při běžném průtoku (vlevo) a při naplnění (Aquatris, nedat.), úprava autor.

Malé vodní nádrže jsou nejčastěji koncipovány jako víceúčelové. Z environmentálního hlediska mohou tvořit významný prvek ekologické stability a lze je považovat za významné adaptační opatření v rámci ochrany proti změnám klimatu. Nejvyššího efektu akumulace vod lze dosáhnout umístěním většího počtu MVN v kaskádách na jednom vodním toku (Slavík a Neruda, 2014, s. 40).

Hrdoušek (2006, s. 193) uvádí, že se v České republice nachází asi 24.000 malých vodních nádrží. Právě vysoký počet MVN byl jedním z důvodů, proč byly tyto vodní nádrže vyčleněné do samostatné kategorie. Na tato vodní díla se vztahují menší nároky na jejich návrh a provoz, neboť jejich potenciální nebezpečnost je v případě možné havárie mnohem nižší, v porovnání s přehradami.

Na rozdíl od přehrad se v konstrukci MVN uplatňují výhradně zemní hráze, a v maximální možné míře se využívají místní materiály. Příklad MVN se zemní hrází je na obrázku 4.



Obrázek 4: Malá vodní nádrž. Vlevo na obrázku je vidět zemní hráz (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018).

Hráze MVN mohou být homogenní a nehomogenní. V případě homogenních hrází se v konstrukci uplatňuje pouze jeden typ materiálu, který musí být konstrukčně stálý a dostatečně nepropustný. Výhodou homogenních hrází je především jejich konstrukční jednoduchost. Nehomogenní hráze využívají dva nebo více druhů různých zemin a těsnící jádro, které je tvořeno více materiály, např. beton, asphalt, plastové folie. U MVN se stálým nadržením je návodní svah hráze z důvodu ochrany proti účinku vln a ledu chráněn tzv. opevněním, které podle sklonu návodního svahu může být tvořeno

kamenným pohozením nebo rovinami, kamennou dlažbou nebo betonovými deskami. Ochrana vzdušného líce hráze spočívá nejčastěji v ohumusování a zatravnění. U suchých nádrží se využívá zatravnění obou svahů hráze. Součástí hráze jsou obvykle technické objekty pro regulaci výšky hladiny, vypouštění nádrže, bezpečné převedení povodňových průtoků, případně pro odběr vody (Vrána a Beran, nedat., s. 41-63).

Vodoprávní úřad může vlastníkovi MVN uložit zpracování manipulačního a provozního řádu, s ohledem na riziko ohrožení především obydlí oblastí při poškození hráze. Pro nové MVN bývá manipulační řád často zpracován automaticky, v některých případech je tato podmínka stanovena dotačními programy. Přestože je zpracování manipulačních řádů žádoucí z pohledu efektivního a šetrného nakládání s vodami, případně v zájmu koordinovaných manipulací při povodních nebo za sucha, mnoho MVN manipulační řády dosud zpracované nemá (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2016, s. 41-43).

Malé vodní nádrže mohou být budované jako neprotékané nebo protékané. MVN protékané mohou být vybudované přímo na vodním toku tak, že jej přehrazují, nebo jako tzv. boční nádrže stranou vodního toku (Slavík a Neruda, 2014, s. 42). Ve všech vodních nádržích dochází k jejich zanášení, jehož příčinou jsou:

- břehová abraze, tj. uvolňování zeminy na břehové linii např. vlivem vodních vln; uvolněná zemina pak klesá do nádrže,
- vnitřní zanášení, dané přirozenými procesy ve vodním prostředí, např. růst a odumírání vodních rostlin a živočichů,
- zanášení přítokem, tzn. splaveninami nejčastěji erozního původu.

Největším problémem je zanášení přítokem, které se nejvýrazněji projevuje u průtočných nádržích. Obsah splavenin v přítoku se zvyšuje v závislosti na intenzitě dešťových srážek a splaveniny mají často původ na zemědělské půdě. Proto kromě půdních částic obsahují zbytky rostlin, ale také zbytky hnojiv a dalších nežádoucích chemických a dokonce toxických látek. Tyto látky se s usazeninami postupně akumulují ve vodní nádrži. Z toho důvodu je nutné MVN nejlépe pravidelně tzv. odbahňovat, tzn. odstraňovat usazené naplaveniny z prostoru vodní nádrže. Tomu předchází provedení odběrů a laboratorních rozborů usazenin v nádrži. Na základě zjištěného obsahu znečištění a rizikových chemických látek je následně rozhodnuto, zda je možné použít vytěžený sediment na zemědělské půdě či trvalých travních

porostech, nebo je nutné jej uložit na skládku nebezpečného odpadu. Odstraňování sedimentů je nákladná a časově náročná operace (Vrána a Beran, nedat., s. 121-129).

U suchých nádrží se odbahnění neprovádí pravidelně, ale pouze tehdy, pokud by došlo k ohrožení plnění funkcí suché nádrže v podobě významnějšího snížení objemu nádrže důsledkem usazených sedimentů. Pro využití vytěžených sedimentů na zemědělské půdě nebo trvalých travních porostech platí stejná pravidla jako pro sedimenty pocházející z vodních nádrží (Říha et al., 2014, s. 88).

V současnosti probíhá několik dotačních programů na podporu výstavby a rekonstrukcí malých vodních nádrží. V rámci těchto programů mohou různé subjekty (AOPK, správy NP, fyzické i právnické osoby, svazky obcí, státní organizace a další) žádat o kompenzaci až 100% nákladů do výše 1 mil. Kč na činnosti související s výstavbou, údržbou a revitalizací malých vodních nádrží včetně odbahnění (AOPK ČR, 2022). Některé dotace v minulosti byly zaměřené také na výstavbu či obnovu malých, tzv. krajinných vodních nádrží do plochy 0,6 ha ve volné krajině, které byly dříve zrušené, nebo samovolně zanikly (EU LEGAL ADVISORY, 2021).

Malé vodní nádrže jsou vodohospodářským opatřením, které významně zvyšuje množství vody v krajině. Výstavbu MVN lze realizovat rychleji a s menšími náklady než přehrady. Na rozdíl od nich nekladou tak velké nároky na zábor území. Přesto jejich výstavba přináší problémy např. v podobě nežádoucí fragmentace ekosystémů na vodních tocích, vytváření migračních bariér a nepřírodných biotopů. MVN mají také nepříznivý vliv na ekologický stav toků z důvodu omezení přirozeného proudění, a nepodporují infiltraci vody do zvodní. Z výše uvedených důvodů nelze malé vodní nádrže považovat za komplexní opatření proti suchu (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2016, s. 38).

4.6.1.5 Vodárenské nádrže

Tato skupina vodních nádrží tvoří specifickou kategorii vodních nádrží, nejčastěji přehrad, jejichž primárním účelem je zásobování obyvatelstva pitnou vodou. V ČR je z povrchových zdrojů odebírána zhruba polovina veškeré pitné vody (Ministerstvo zemědělství, 2021, s. 57). Z toho důvodu jsou na kvalitu vody v nádržích kladeny vysoké požadavky. Aby bylo možné tyto požadavky trvale plnit, stanovují se pro

vodárenské nádrže tzv. ochranná pásma vodních zdrojů. Právní podklad tohoto opatření zakládá §30 vodního zákona který stanoví, že ochranná pásma jsou opatřením obecné povahy, která vyhláší, mění nebo ruší vodoprávní úřad obce s rozšířenou působností, a která slouží „k ochraně vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti zdrojů podzemních nebo povrchových vod využívaných nebo využitelných pro zásobování pitnou vodou s průměrným odběrem více než 10 000 m³ za rok“.

Ochranná pásma rozdělujeme na pásma ochrany:

- I. stupně, chránící vodní zdroje v celé ploše hladiny při maximálním vzduší u vodárenských a jiných nádrží, které slouží výhradně pro zásobování pitnou vodou, nebo u ostatních nádrží oblast vymezená na hladině vzdáleností min. 100 m od zařízení pro odběr vody,
- II. stupně, která platí v území stanoveném vodoprávním úřadem jako ochrana před ohrožením vydatnosti, jakosti a nezávadnosti vodního zdroje (Česká republika, 2001).

Ochranná pásma mohou tvořit souvislou plochu, kdy 1. ochranné pásmo leží uvnitř II. pásma, nebo mohou být umístěna odděleně nezávisle na sobě. Zásady pro stanovení a změny ochranných vodních pásem společně se seznamem vodárenských nádrží v ČR stanoví vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 137/1999 Sb. (Česká republika, 1999). Ochranná pásma na území ČR jsou evidována v databázi informačního systému veřejné správy, a data jsou dostupná např. na geoportálu DIBAVOD Výzkumného ústavu vodohospodářského (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2017).

Jak již bylo uvedeno, smyslem ochranných pásem vodních zdrojů je omezení provádění určitých staveb a činností, které by mohly ohrozit kvalitu vod ve vodní nádrži. Na území I. pásma se zakazuje např. vstup fyzických osob, vjezd dopravních prostředků a strojů, chov ryb, rekreační aktivity včetně koupání, provádění staveb, terénních úprav, používání plavidel, přelety letadel pro provádění postřiků a hnojení, vypouštění odpadních vod. Na území II. pásma jsou pak zakázány činnosti jako např. pastva hospodářských zvířat, zakládání skládek odpadů, výstavba dopravní infrastruktury, produktovodů, skladů a zemědělských staveb, provozování rekreačních aktivit. Současně jsou zde omezeny či regulovány další aktivity, je např. povinnost zachování trvalých travních porostů v rozsahu podle Katastru nemovitostí, nebo

ošetřování komunikací v zimním období výhradně inertními materiály. Výjimku z uvedených pravidel mají podniky povodí a některé orgány státní správy, např. IZS.



Obrázek 5: Pohled na vodní dílo Švihov. V pravé spodní části obrázku je vidět zemní hráz a zcela vpravo úpravna vody (Liška et al., 2016).

Nejznámější a také největší vodárenskou nádrží v České republice je vodní dílo Švihov na řece Želivka, s objemem 309 mil. m³, a rozlohou více než 1.600 hektarů (viz obrázek 5). Toto vodní dílo využívá zemní hráze, bylo vybudováno v letech 1965-1975, a zásobuje pitnou vodou až 1,5 mil. obyvatel především ve středních Čechách včetně hlavního města Prahy (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2017).

4.6.2 Jezy

Jezy, jinak také jezové přelivy, jsou vodními díly, která přehrazují vodní tok, a slouží ke vzdouvání vody v jeho korytě. Jezy rozdělujeme na tzv. pevné a pohyblivé, podle jejich schopnosti regulovat výšku vzduť vodní hladiny nad přelivem. Pevné jezy takovou regulaci neumožňují, výška vzduť je pevně daná. Pohyblivé jezy využívají pohyblivých hradících konstrukcí (uzávěrů) v různém technickém provedení. Výšku vzduť lze regulovat změnou nastavení uzávěrů (Jandora, 2004, s. 32). Výhodou pohyblivých jezů je možnost zasunutí nebo sklopení pohyblivých uzávěrů během povodňových průtoků, čímž lze efektivně ochránit konstrukci jezu před poškozením.

Pro pohyblivé jezy, nebo pevné jezy s výpustí se zpracovává provozní a manipulační řády (Česká společnost vodohospodářská, 2016, s. 20) (Slavík a Neruda, 2014, s. 29).

Po technické stránce tvoří jez stabilní jezová konstrukce z různých materiálů, např. beton, kámen, ocel, případně dřevo. Půdorysně může být jez řešen jako přímý, šikmý, lomený nebo zakřivený. Pro bezpečnost jezu je klíčové navázání stavby na pevné, únosné a nepropustné podloží. Úsek vodního toku se vzduťou hladinou, který se vytvoří přehrazením vodního toku, se nazývá jezová zdrž.

Jezy vytvářejí podmínky pro využití vodních toků a plní také další funkce, např.:

- Splavnění vodních toků pro lodní dopravu,
- Výroba elektrické energie,
- Odběry vody,
- Regulace hladiny podzemní vody v okolí vodního toku,
- Rekreační využití jezové zdrže (Veselý, 2004, s. 30-34).

Při odběrech vody z vodních toků s jezovým vzduťím stanoví vodní zákon v §30 odst. 3c ochranné pásmo I. stupně. Toto ochranné pásmo stanoví vodoprávní úřad jako souvislé území zasahující 200 metrů od místa odběru proti proudu, 100 m po proudu (nebo k hraně jezu), šířka pásma zahrnuje polovinu šířky vodního toku a 15 m mimo vodní tok (Česká republika, 2001).



Obrázek 6: Masarykovo zdymadlo Střekov. Vlevo je 2x zdymadlo, uprostřed pohyblivé jezové uzávěry a napravo objekt vodní elektrárny (Nadace pro rozvoj architektury a stavitelství, nedat.).

Jezy značně ovlivňují vodní prostředí ve vodním toku, např. samočistící procesy, teplotní poměry, tah ryb, a také omezují vodní dopravu. Proto jsou jezy vybavené dalšími objekty pro eliminaci některých negativních vlivů. Na splavných úsecích jsou součástí jezů zdymadla, která umožňují lodím překonat výškový rozdíl hladin nad a pod jezem, nebo vodní elektrárny – viz obrázek 6. Další doplňkovou stavbou jsou rybí přechody, které by měly umožnit migraci ryb v daném úseku vodního toku.

Ačkoliv jezy zadržují určité množství vody, nejedná se primárně o stavbu pro zadržování vody jako v nádržích. Jezy tedy kromě vlivu na hladinu podzemních vod v těsném okolí jezové zdrže nemají významný přínos z pohledu zadržování vody v krajině (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2015, s. 18-19).

4.6.3 Revitalizace vodních toků a niv

V minulosti byla koryta mnoho vodních toků ovlivněna nevhodnými a necitlivými technickými úpravami (regulacemi) vodních koryt, spočívajících především v napřímení koryta, což způsobilo zkrácení trasy vodního toku (Brázdil a Trnka, 2015, s. 229). Současně docházelo k uzavírání toku do umělého, opevněného koryta geometrického profilu (prizmatické koryto), případně až zatrubnění vodního toku. Účelem bylo získání nových zemědělských či stavebních ploch, protipovodňová ochrana v podobě urychleného odvedení vody z území, energetické využití, splavnění, případně jiné využití těchto vodních toků. Příklady vážných negativních důsledků těchto úprav jsou:

- Nadbytečné odvodňování krajiny a zrychlený odtok vody z území,
- Pokles zásob mělké podzemní vody (především v nivách) vlivem zahloubení koryt a poklesu hladiny v tocích,
- Hospodářské využití nebo zástavba inundačního území,
- V důsledku napřímení snížení členitosti a zvýšení podélného sklonu toku, a unifikace proudění,
- V případě zvýšených průtoků vysoké rychlosti proudění a rychlý postup povodňové vlny společně s velkým namáháním koryt,
- Omezení samočistících schopností vodních toků,

- Ztížená migrace vodních živočichů z důvodu příčných staveb a nevhodného charakteru proudění,
- Ztráta biodiverzity vodních a na vodu vázaných ekosystémů (Česká společnost vodohospodářská, 2016, s. 98) (Synáčková, 2014).

Revitalizace vodních toků jsou komplexním technickým opatřením zaměřeným na nápravu škod, a odstranění či zmírnění negativních důsledků technických úprav vodních toků. Revitalizace se zaměřují především na zlepšení hydromorfologického stavu koryt vodních toků a přilehlých niv, obnovu vodních ekosystémů a zlepšení ekologického stavu vodních toků obecně (Česká republika, 2017, s. 43).

Provádění revitalizací upravuje ČSN 75 2101 – „Ekologizace úprav vodních toků“ (Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009).

Podle §55, odst. 2, vodního zákona jsou revitalizace vodním dílem. Jedná se o „vodohospodářské úpravy jsou zemní práce a změny terénu v přirozených korytech vodních toků a na pozemcích sousedících s nimi, jimiž se podstatně mění přirozená koryta vodních toků a které jsou nezbytné k zajištění funkcí vodních toků“ (Česká republika, 2001).

Základní podmínkou provádění revitalizací je zpracování komplexního návrhu ve spolupráci všech zainteresovaných stran, tj. odborníků, kompetentních úřadů, místních samospráv a laické veřejnosti (Česká společnost vodohospodářská, 2016) (Alokhina et al., 2020, s. 2). Zpracování podkladových materiálů předpokládá důkladnou přípravu, je nutné zahrnout veškeré dostupné podklady a provést podrobný průzkum daného území. To zahrnuje zpracování podrobných měřických podkladů, zmapování vlastnických vztahů v území, zakreslení veškerých objektů, cest, mostů a vegetačního doprovodu. Dále probíhá mapování hydrologických poměrů (např. m-denní a N-leté průtoky), ověřují se průtočné kapacity mostních staveb a propustků. Provádí se inženýrsko-geologický, hydro-pedologický a hydro-geologický průzkum, probíhá ověření jakosti vod, možných zdrojů znečištění a další průzkumné činnosti.

Vlastní revitalizační opatření vycházejí z výsledků průzkumných a přípravných prací. Revitalizační projekt by měl být navržen tak, aby se po jeho realizaci stav vodního toku co nejvíce přiblížil přírodním podmínkám. To znamená přizpůsobit trasu toku přírodním podmínkám a současně zajistit vhodné podmínky pro jeho další samovolné dotváření – viz obrázek 7. Vzniká tak půdorysně členité koryto s nepravidelným

příčným profilem, zahrnující úseky toku s různým podélným sklonem. Přímo v korytě je možné hloubit tůň, nebo vytvářet hrubé balvanité skluzy pro zvýšení členitosti koryta. V případě potřeby opevnění revitalizovaného koryta se využívají jen materiály přírodního původu, např. kámen, dřevo, drny apod. (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2015, s. 17).



Obrázek 7: Příklad revitalizace vodního toku v extravilánu. Vlevo technicky upravené koryto (hluboké a přímé), uprostřed stav koryta po revitalizaci v roce 2004, napravo vodní koryto v roce 2008 (Just et al., 2020), úprava autor.

V místech, kde se v nivě toku nachází pozemky vhodné pro rozliv toku (široké a ploché území s malým sklonem), je standardním opatřením při provádění revitalizací vodních toků především odstranění opevnění koryta z pevných materiálů, při současném vyměření a rozšíření revitalizovaného koryta tak, aby jeho kapacita byla na úrovni jednoletého průtoku (Q_1) nebo nižší. V důsledku snížení kapacity koryta dochází při překročení návrhového průtoku k vyběžení toku z koryta. Voda protéká nivou, tok si vytváří novou trasu a obnovuje se proces meandrování. Opatření samotné nemá z pohledu transformace povodňové vlny zásadní vliv, přispívá však k zadržení vody v krajině formou rozlivu na větší území a následné infiltrace. Retenční potenciál opatření lze dodatečně výrazně zvýšit provedením revitalizace nivy, která může zahrnovat hloubení tůní, budování záchytných hrázek, výsadbu vhodné vegetace, zvyšování povrchové drsnosti a hydraulické vodivosti. Ačkoliv se revitalizací nivních území částečně zvyšuje také schopnost transformace povodňové vlny, není protipovodňová ochrana primárním cílem daného opatření. Přesto by revitalizace vodních toků, společně s revitalizacemi přilehlých niv, měly být realizovány na všech místech, kde je to možné, zejména pro své krajínovorné a environmentální přínosy (ČVUT, 2019, s. 48-58) (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2016, s. 45, 83-85).

Jak již bylo uvedeno výše, revitalizace vodních toků a niv přispívají k dosažení dobrého stavu vod, a současně mají určitý potenciál z pohledu protipovodňové ochrany. Z tohoto důvodu řadíme revitalizace do kategorie tzv. přírodě blízkých protipovodňových opatření. Rozliv vodního toku v ploše inundačního území již při mírně zvýšeném průtoku je vhodným přístupem v extravilánu, avšak v intravilánu je nutné zvolit odlišný přístup.

Primárním cílem vodního hospodářství ve městech by mělo být efektivní hospodaření se srážkovými vodami. To zahrnuje přednostní akumulaci a zasakování srážkových vod v místě jejich výskytu s využitím podzemních vsakovacích bloků, případně akumulaci v povrchových či podzemních nádržích, a jejich následné využití (např. závlhka rostlin), namísto urychleného odvádění těchto vod kanalizací do recipientů.

Rozsáhlé plošné rozlivy do údolní nivy, resp. na území ležící při vodním toku v extravilánu, nejsou v intravilánu obvykle možné. Primárním cílem revitalizací vodních koryt ve městech je zajištění dostatečně stabilního koryta s dostatečnou kapacitou, které zajistí rychlé a bezpečné odvedení zvýšených průtoků, při zachování nejvyšší možné ekologické hodnoty vodního toku. Vlastní provedení se různí podle velikosti vodního toku a místních podmínek. Každé řešení je nutné dimenzovat v závislosti na požadované protipovodňové ochraně. Uplatňují se zde přístupy v podobě rozšíření řečiště, prohloubení dna, snížení břehů atp. Řešením vhodným pro využití ve městech je složený profil, kdy kynetu doplňuje jedna nebo dvě výše položené bermy. Ty mohou být osázené vhodnou vegetací (vlhkomilné rostlinné druhy), a za normálních průtoků je lze využívat jako součást městského prostoru, např. k odpočinku a rekreaci obyvatelstva. V případě potřeby zvýšení kapacity koryta v intravilánu lze využít ohrázení koryta pro maximalizaci využití území pro rozliv, aby v případě jeho zatopení nedocházelo k ohrožení staveb a zařízení v blízkosti vodního toku. K tomu se využívají homogenní zemní hrázky, zděné zídky, případně mobilní hrazení. Další možností je odlehčení vod nad obydleným územím přelivem části vody na inundační území, nebo odlehčovacím korytem mimo zastavěné území. Městská záplavová území poskytují vhodný prostor pro vytváření parkových ploch (tzv. povodňové parky), klidových zón, ploch pro trávení volného času, nebo pro sportovní využití (viz obrázek 8).



Obrázek 8: Pražský park Stromovka je typickým příkladem tzv. povodňového parku. V roce 2019 byla plocha parku revitalizována a byly zde vytvořeny nové vodní plochy (Just et al., 2020).

Přínos těchto zón spočívá především ve zvýšení estetické hodnoty území a částečně také ve zvýšení biodiverzity. Nevýhodou je nutnost pravidelné údržby a případných oprav při poškození povodněmi (Ministerstvo životního prostředí, 2015, s. 42) (Novák a Tomek, 2015, s. 35-36) (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2016, s. 100-109).

Bylo prokázáno, že revitalizacemi lze dosáhnout požadovaného zlepšení ekologického stavu vodních toků a niv, případně zvýšení estetické hodnoty území v intravilánech, avšak stávající tempo provádění revitalizací je velmi pomalé. Ročně se revitalizuje maximálně několik desítek km vodních toků, což je jen malá část v porovnání s několika tisíci km nevhodně upravených vodních toků v Česku. Asi největší překážkou provádění revitalizací ve větším rozsahu je v dnešní době často problematické vypořádání majetkoprávních vztahů, velká organizační náročnost a vysoké náklady na realizaci revitalizačních úprav (Česká republika, 2017, s. 43) (Státní pozemkový úřad, 2014, s. 38).

Jako doplněk či alternativu k technickým revitalizacím lze vnímat dlouhodobě probíhající procesy samovolné renaturace, které se projevují např. zanášením a zarůstáním vodních koryt, vymíláním opevnění, rozpadem břehů a dalších objektů na vodním toku. Další možností, je renaturace povodní, kdy vlivem zvýšených povodňových průtoků dochází k extrémnímu namáhání koryta, kterému není často schopno bez poškození odolat. Při překročení průtočné kapacity koryta dochází

k vyběžení vodního toku. Důsledkem uvedených procesů jsou významné morfologické změny koryta a přilehlého území – viz obrázek 9.



Obrázek 9: Poškození koryta vodního toku zvýšenými povodňovými průtoky (Just et al., 2020), úprava autor.

Z pohledu dlouhodobého zlepšení ekologického stavu toku lze změny způsobené renaturací vnímat především v extravilánu veskrze pozitivně. U renaturací povodněmi probíhají změny rychle, často však za cenu vedlejších škod v širším území (např. na infrastruktuře). Oproti cíleným revitalizačním zásahům jsou u samovolných renaturací hlavní výhodou nulové náklady. Za nevýhodu lze považovat dlouhou dobu nutnou k dosažení kýženého revitalizačního efektu. Organizace spravující vodní toky bohužel v rámci svých povinností pečovat o svěřený majetek často přirozeným procesům renaturace brání, a to i v případech, kdy jsou výsledky renaturačních procesů přínosné. Hlavním problémem je v tomto případě chybějící podpora renaturací v příslušných právních předpisech (Just, 2011, s. 342-343) (Synáčková, 2014, s. 37) (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2016, s. 29).

4.6.4 Ochrana pramenů a pramenišť

Prameny, které vznikají v místech vývěru podzemní vody, jsou jedním z přirozených vodních prvků krajiny. Jejich revitalizace patří do skupiny přírodě blízkých environmentálních opatření v oblasti řešení problematiky sucha (VÚV TGM, 2015, s. 24).

Místům, kde se nacházejí prameny, je nutné věnovat zvláštní péči a v jejich okolí je vhodné vyhnout se některým činnostem, které by mohly ohrozit kvalitu pramenů nebo

jejich vydatnost. Mezi tyto činnosti patří například přejezdy těžké techniky nebo zemní práce v blízkosti pramene. Dále hnojení nebo chemické ošetřování okolních porostů a plodin, nebo chemický posyp blízko ležících komunikací. (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2016, s. 73).

Vyloučení uvedených činností je pak závazné, pokud jsou podle §30 vodního zákon vyhlášena ochranná pásma „*k ochraně vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti zdrojů podzemních nebo povrchových vod využívaných nebo využitelných pro zásobování pitnou vodou*“ (Česká republika, 2001). Pokud se pramen s vyhlášeným ochranným pásmem nachází v lese, resp. na pozemcích určených k plnění funkcí lesa, náleží tyto lesy podle §8 lesního zákona automaticky do kategorie tzv. lesů zvláštního určení. Účelem této kategorie lesů je veřejný zájem ochrany životního prostředí, nebo jiný oprávněný zájem nadřazený produkční funkci lesa (Česká republika, 1995).



Obrázek 10: Technicky upravené okolí pramene – studánka Hluboká (Lesy ČR, 2022).

V zájmu dlouhodobého udržení vhodných podmínek pro zajištění jakosti a vydatnosti pramene, se seznam výše uvedených vyloučených činností dále rozšiřuje o zákaz volného přikrmování zvěře a budování krmných zařízení a slanisek pro zvěř, včetně zamezení vstupu zvěře do prostoru ochranného pásma. V lesích zvláštního určení současně platí určitá omezení z pohledu lesního hospodářství, především z pohledu zajištění trvalé ekologické stability lesa, tzn. především vytvářet stabilní porost bez

potřeby častých zásahů, využívat přirozené způsoby obnovy lesa, vyloučit holoseče (s výjimkou kalamit), využívat lanovky a koňské potahy při těžbě, a vyloučit těžkou mechanizaci (Šach et al., 2007, s. 9-12) (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 85-87).

Prameny nacházející se v lokalitách bez jakékoli územní ochrany je pak možné technicky vhodně upravit způsoby, které neohrozí kvalitu vody ani vydatnost pramene. Například pokud by docházelo k zabahnování okolí pramene, je možné přebytečnou vodu z jeho okolí vhodným způsobem odvést a tuto plochu lze zatravnit pro omezení vodní eroze. Prameniště je možné ponechat v přirozeném stavu, nebo lze nejbližší okolí pramene technicky upravit s využitím přírodních materiálů, např. kamene nebo dřeva. Tyto úpravy lze doplnit dřevěnou konstrukcí – zastřešením, chránícím pramen před znečištěním spadem z okolních stromů – viz obrázek 10 (Černohous et al., 2012, s. 14-15).

4.6.5 Hydromeliorační úpravy na zemědělské půdě

Technické meliorace využívané na zemědělských půdách a také v lesích pro odvodnění zamokřených území (tzv. hydromeliorace), budované s cílem zajistit úpravu vodního a vzdušného režimu podle potřeb zemědělských plodin, mají v ČR velkou tradici. Jejich budování probíhalo postupně v průběhu 20. století, nejintenzivněji pak v letech 1935-1940 a 1965-1985. Právě v 80. letech docházelo často k plošnému odvodňování na pozemcích, které to nevyžadovaly. Při komplexním průzkumu půd z let 1961-1970 bylo zjištěno, že trvalým nebo periodickým zamokřením je postiženo zhruba 844.000 ha, tj. cca 19% zemědělských půd. Do roku 2002 bylo technické odvodnění evidováno na plochách s celkovou rozlohou vyšší než 1.084.000 ha, tj. cca 25,3% zemědělské půdy. Z uvedeného vyplývá, že bylo zbytečně odvodněno cca 250.000 ha zemědělských ploch (Státní pozemkový úřad, 2014, s. 40).

Zvláště při odvodnění velkých území představují odvodňovací zásahy složité a nákladné vodohospodářské opatření, zahrnující mimo realizace vlastního odvodňovacího zařízení také úpravy vodních toků, výstavbu vodních kanálů, jezy, čerpací stanice a další objekty a stavby.

Existují různé způsoby a provedení odvodňovacích zařízení, přičemž vhodný způsob se volí v závislosti na příčinách a intenzitě zamokření, a dále dle vhodnosti z ekologického, ekonomického nebo krajinářského pohledu. Na základě uvedených faktorů lze využít biologický způsob odvodnění, využívající vysokou schopnost evapotranspirace vhodných porostů, nebo technický způsob, který může být v nadzemním (povrchovém) nebo podzemním provedení.

V ČR je nejrozšířenějším provedením podzemní trubková drenáž tvořená trubkami z pálené hlíny nebo plastických materiálů různého průměru, doplněná dalšími objekty sloužícími např. pro revize, čištění a údržbu součástí odvodňovacích soustav. Sběrné drény odebírají ze zamokřeného půdního profilu přebytečnou vodu, která je přes hlavní drén nebo povrchový či zatrubněný odvodňovací kanál odvedena do recipientu nebo retenční nádrže. Pro větší zamokřená území se buduje plošná (systematická) drenáž, pro menší plochy zamokření postačuje ojedinělý drén. Dále se využívá tzv. obvodový drén uložený po obvodu zájmového území, chránící před přítokem cizích vod z okolních půd (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2015, s. 45-50) (Státní pozemkový úřad, 2014, s. 40-43).

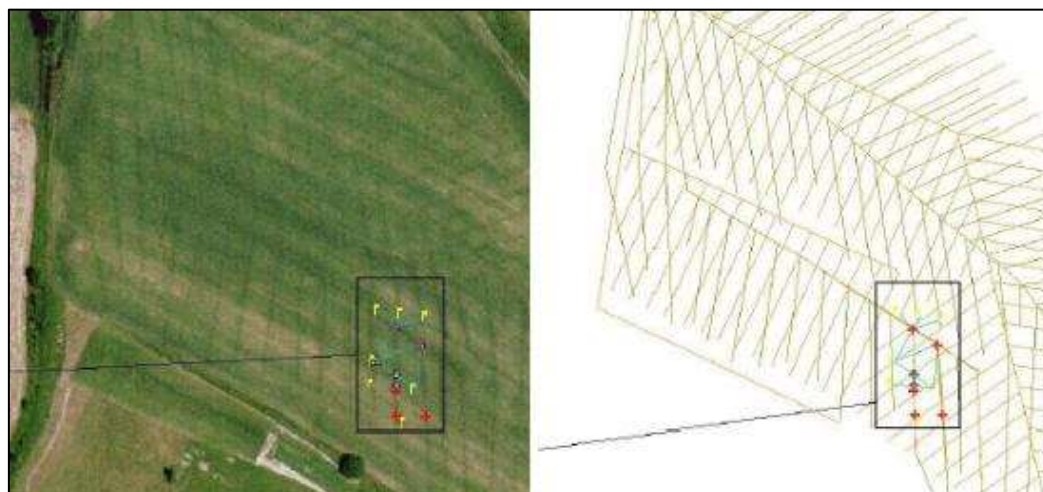
Vedle nesporného přínosu přináší hydromeliorace mnoho problémů, které vychází z chybně provedeného návrhu, nekvalitní realizace, případně ze zanedbané údržby odvodňovacích zařízení. Jako příklad lze uvést:

- Odvádění většího množství vody, než by bylo nutné z pohledu zemědělského využití, a vhodné z hlediska vodohospodářského,
- Plošný rozsah odvodnění je velmi vysoký, dochází k odvodňování pozemků, kde to není nutné (např. podhorské a horské oblasti),
- Vlivem zanedbané údržby dochází ke ztrátě schopnosti odvodnit zájmové území, nebo odvést drenážní vody z území do recipientu, což může způsobit zamokření v místech, kde by se jinak přirozeně neprojevovalo, v krajním případě může dojít k vytvoření povrchového odtoku včetně vodní eroze,
- Odvodnění zhoršuje projevy sucha, protože odvodňovací stavby obvykle nedisponují prvky umožňujícími regulaci intenzity odvodnění, resp. odtoku.

Častým problémem je chybějící nebo nepřesná dokumentace, která znesnadňuje údržbu odvodňovacího zařízení (Kulhavý et al., 2011, s. 4-5).

Pro odstranění negativních vlivů hydromeliorací se využívají různé postupy. Při zachování funkce odvodňovací soustavy zařízení je jednou z možností odkrytí zatrubněných částí odvádějící drenážní vody, a jejich revitalizace do podoby přírodě blízkého povrchového toku. Je však nutné zachovat funkčnost celého systému včetně vyústění drenážních částí odvodnění. Další možností je převádění veškerých vod z odvodňovaných pozemků nebo jejich části na jiné, níže položené pozemky, na kterých je potřeba zavlažování. Je také možné touto vodou napájet tůň či mokřady. V případě požadavku na regulaci množství vody odváděné odvodňovacím zařízením je možné doplnit do systému objekty, které umožňují regulaci výšky hladiny podzemní vody, resp. množství odváděné vody (hradítka, vyrovnávací nádrže, přečerpávání).

V případě požadavku na likvidaci odvodňovací soustavy je možné zvolit dva různé přístupy. První spočívá v kompletním odstranění drenáží a všech součástí odvodnění. Toto řešení je však velmi nákladné a přistupuje se k němu obvykle jen v případech, kdy není dostupná dokumentace, a není možné ani jinak určit trasu vedení drénů. Mnohem častěji se přistupuje k zásahům vedoucím k eliminaci účinnosti drénů a jejich hlavním účelem je znemožnit odvádění drenážních vod z půdy. Může se jednat o odstraňování větších funkčních částí drenážních soustav, vyjímání či rozdrčení částí drenážního potrubí (obvykle v pravidelných rozestupech), do drénů mohou být instalované záslepky atd.



Obrázek 11: Příklad využití DPZ (vlevo) a GIS (vpravo) při ověřování a zpřesňování dokumentace jednotlivých částí hydromelioračních systémů (Kulhavý et al., 2011).

Zvláštním případem rušení hydromeliorací je odstraňování tzv. pramenních jímek, které byly budované v místech stabilních vývěřů podzemních vod. Po zrušení jímky voda z pramene odtéká po povrchu. Lze realizovat vhodné terénní úpravy včetně povrchových, v podobě zatravnění a vysázení vhodné zeleně. Druhou možností je v místě vybudovat zemní hráz doplněnou zahloubením a vytvořit tak podmínky pro vznik tůň nebo mokřadu. Tato opatření zvyšují biodiverzitu a přispívají k zadržování vody v krajině (Česká republika, 2017, s. 44) (Kulhavý et al., 2011).

V případě nedostatečné nebo nepřesné dokumentace lze při péči o hydromeliorační zařízení využít metody dálkového průzkumu země (DPZ) v součinnosti s geografickými informačními systémy (GIS), viz obrázek 11. Tyto metody umožňují zhodnocení stavu a účinnosti zařízení, včetně doplnění technické dokumentace a zpřesnění polohové lokalizace součástí odvodňovací soustavy, což je důležité z pohledu zemědělského a vodohospodářského managementu v krajině (Státní pozemkový úřad, 2014, s. 44).

4.7 Biotechnická opatření

Tento typ opatření řadíme do skupiny vodohospodářských opatření, a současně do skupiny tzv. přírodě blízkých opatření, přestože jsou dosahována technickými postupy. Do této skupiny opatření patří např. průlehy a zasakovací příkopy, hrázky a přehrážky, meze a terasy, a další. Účelem všech uvedených opatření je zvýšení retenční schopnosti půdy v podobě zpomalení povrchového odtoku a zvýšení objemu vody vsakované do půdy. Omezením povrchového odtoku tato opatření zároveň přispívají ke snížení účinků vodní eroze. Dále mohou sloužit jako ochrana před dešťovými srážkami s průměrnou dobou opakování do 10 let, a proto se využívají k ochraně ZPF, nebo jako součást ochrany osídlených území před důsledky přívalových srážek (Státní pozemkový úřad, 2010, s. 81).

4.7.1 Průleh

Průleh je liniový prvek, který se využívá pro přerušení svahu, resp. k přerušení dráhy soustředěného odtoku. Jedná se o mělký a podlouhlý příkop s hloubkou 0,3-1 m, se

sklonem svahů max. 1:5 (obvykle však mírnější), s příčným profilem v podobě trojúhelníku, paraboly nebo lichoběžníku. Podélný sklon tělesa průlehu se liší podle typu průlehu. U vsakovacího a záchytného je tento sklon v rozmezí 0-3%, u svodného průlehu kopíruje sklon okolní terén. Vsakovací, záchytný a svodný průleh s projektovanou maximální rychlostí průtoku do 1,5 m/s je možné celoplošně zatravnit – viz obrázek 12 (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 19). U svodného průlehu s profilovou rychlostí vyšší než uvedená hodnota, musí být dno a případně také stěny průlehu opevněné.



Obrázek 12: Zatravněný průleh realizovaný v rámci komplexních pozemkových úprav (Státní pozemkový úřad, nedat.).

Záchytné průlehy, které řeší zachycení vody z výše položených míst (např. cizí pozemky) a vsakovací průlehy se nejčastěji využívají u pozemků se sklonem do 10%, maximálně však 15%. V praxi se průlehy obvykle realizují současně s doplňkovými opatřeními. Například zatravněný pás o doporučené minimální šíři 5 m se často buduje nad průlehem jako doplňkové opatření, které zachycuje půdní částice unášené vodou (Novotný et al., 2017, s. 50). Tím zajišťuje předčištění vody předtím, než se dostane do průlehu. Pro zvýšení kapacity průlehu je možné na níže položené hraně vybudovat hrázku. Svahy je možné osázet další vegetací pro jejich zpevnění a zvýšení efektivity

vsakování zadržené vody. Vegetace použitá pro osázení průlehu musí splňovat určité požadavky. Především by rostliny měly být hluboko kořenicí s bohatým kořenovým systémem, který přispívá ke zpevnění terénu pro omezení vymílací schopnosti vody. Dále je nutná schopnost snášet dočasné zatopení a schopnost pokračovat v růstu poté co zatopení pomine (Shaw a Schmidt, 2013).

Průlehy se využívají na zemědělských plochách při neúčinnosti, nebo jako doplněk k organizačním a agrotechnickým opatřením. Kromě zadržetí a vsaku vody jsou tedy průlehy důležité z pohledu protierozní ochrany. Zpomalením odtoku napomáhají k zadržetí splavené půdy, která by bez opatření byla splavována do vodních toků, jenž by zanášela. U průlehu realizovaných na obdělávané zemědělské půdě je nutné dodržovat takovou strmost svahů, aby byla zachována možnost přejezdu průlehu zemědělskou technikou (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 19).

Ve městech se průlehy využívají jako součást hospodaření s dešťovými vodami, kdy je kladen menší důraz na jejich protierozní funkci. Setkáváme se s nimi např. podél zpevněných komunikací, ale také v bytové zástavbě v podobě architektonického prvku. Zde mohou plnit funkci zdržení odtoku přívalových srážek, svodu dešťové vody např. z okapů nebo ze zpevněných komunikací do většího záchytného průlehu, nebo do vsakovací nádrže. Po odeznění dešťových srážek zajišťují vsakování zadržené vody. Opatření chránící proti povrchovému odtoku při extrémních přívalových srážkách nebo rychle tajícího sněhu se nejčastěji navrhuje na průměrné doby opakování 50 a 100 let (Státní pozemkový úřad, 2010, s. 82).

Příprava a následná realizace opatření obvykle trvá 7 a více let a opatření je účinné ihned po dokončení. Průměrné náklady na vybudování zatravněného průlehu bez další vegetace byly v roce 2018 odhadovány na 1.500 Kč/bm.

Z pohledu zadržování vody v krajině je nejpřínosnější kombinace záchytného a zasakovacího průlehu. Průlehy jsou také přínosem ke zvýšení biodiverzity tím, že přerušují velké hospodářsky využívané plochy, poskytují vhodné podmínky živočichům a podporují jejich migraci. Současně přispívají ke zvýšení estetické hodnoty krajiny (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 19).

4.7.2 Příkop

Také příkop je, podobně jako průleh, liniovým prvkem. Příkop je velmi podobný průlehu a liší se především strmostí svých svahů v rozmezí 1:1,5-1:2. Díky tomu má menší prostorové nároky v příčném směru (šířka), což snižuje požadavky na zábor půdy oproti průlehu. Zároveň však díky tomu není možný přejezd příkopu technikou, proto musí být přes příkop budované přejezdy. Profil příkopu může být trojúhelníkový, parabolický nebo lichoběžníkový. Hloubka příkopu bývá 0,4-1,2 m, maximální délka příkopu je stanovena na 800 m a šířka ve dně je 0,3-0,6 m (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 23). Podélný sklon pro vsakovací a záchytné příkopy je shodný s průlehy a činí 3%, přičemž záchytný příkop musí být vždy doplněn opatřením v podobě svodného příkopu nebo průlehu, zajišťujícím odvod zachycené vody při překročení maximální zádržné kapacity. Svodné příkopy kopírují sklon okolního terénu. Návrhy svodných příkopů se provádějí s využitím hydrologických výpočtů, aby bylo možné zajistit neškodný odvod kulminačních průtoků s dobou výskytu minimálně 10 let (Janeček et al., 2012, s. 73). V případě možnosti dosažení rychlosti proudění ohrožujícího integritu dna a svahů příkopu musí být těleso svodného příkopu opevněno, aby se omezila vymílací schopnost odváděné vody. Svodný příkop slouží pro odvádění vody zachycené sběrnými příkopy, a objemů které překročí kapacitu záchytných příkopů, aby se zabránilo jejich přelití. Jeden svodný příkop většinou odvádí vodu z několika záchytných a sběrných příkopů, proto jsou svodné příkopy obvykle dimenzované na větší průtoky. Proto jsou téměř vždy opevněné. K tomu se v současnosti obvykle využívají prefabrikované betonové prvky, např. tzv. žlabovky nebo vegetační bloky a tvárnice. Pro správnou funkci svodných příkopů je nezbytně nutné zajistit jejich pravidelné čištění a údržbu, včetně technických objektů na nich umístěných. Svodný příkop je obvykle zaústěný do zádržných nebo vsakovacích malých vodních nádrží, či přímo do vodního toku (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 23).

Také příkopy, stejně jako průlehy mohou být doplněny doplňkovými opatřeními např. v podobě travního pásu nad příkopem o doporučené šíři min. 6 m, který omezuje zanášení příkopu splaveninami unášenými vodou z pozemků nad příkopem – viz obrázek 13. Zvýšení kapacity příkopu lze dosáhnout vytvořením hrázky nebo meze na

hraně příkopu. Možné je také osázení další vegetací v podobě stromů a keřů, případně lze opatření kombinovat s funkcí biokoridoru (Novotný et al., 2017, s. 49).



Obrázek 13: Zatravněný svodný příkop s doprovodným travním pásem vlevo (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018)

Příkopy se využívají jako doplněk organizačních či jiných biotechnických opatření na zemědělské půdě, nebo v případech, kdy tato opatření realizovat nelze. Využívají se také v případě ochrany majetku a osob v situacích, kdy je nutné odvádět mimo obydlené oblasti vodu z dešťových nebo dokonce přívalových srážek. Pokud je opatření určené k ochraně intravilánu nebo další infrastruktury, navrhuje se pro srážky s průměrným opakováním 10 až 50 let, ve výjimečných případech 100 let (Novotný et al., 2017, s. 49).

V urbanizované krajině se s využitím příkopů běžně setkáváme podél zpevněných i nezpevněných komunikací, kde slouží k odvodu vody z plochy komunikace. Další využití příkopů je možné v souvislosti s hospodařením s dešťovými vodami v rámci měst, kde slouží k odvádění vody do dalších druhů opatření, nebo do recipientů (vodních toků).

Časová náročnost přípravy a realizace opatření v podobě příkopů je 7 a více let. Podobně jako u průlehů však efekt opatření nastává velmi rychle, a příkop je účinný v podstatě ihned po dokončení. Průměrné náklady na vybudování příkopu bez opevnění byly v roce 2018 cca 1.500 Kč/bm. V případě požadavku na opevnění, nebo u větších svodných příkopů jsou náklady vyšší (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 23).

Opatření v podobě příkopu a související doplňková opatření mají pozitivní vliv na zpomalení povrchového odtoku, a tím umožňují zvýšenou infiltraci vody do půdy. Také přispívá k migraci živočichů a zvýšení biodiverzity v krajině. Důležitý je přínos opatření z pohledu ochrany proti erozi v podobě bezpečného odvádění srážkových vod (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 26).

4.7.3 Mez

Mezi technická opatření řadíme také meze. V literatuře se můžeme setkat s pojmy ochranná nebo protierozní mez (Novotný et al., 2017, s. 52) (Státní pozemkový úřad, 2010, s. 82).

Meze se historicky využívaly především ke zmírnění sklonu svahu a vznikaly obvykle na hranicích mezi pozemky. Vlivem působení zemědělských postupů a gravitace tak postupně vznikly vrstevnicově orientované terénní stupně s výškou 1,5-2 m, stabilizované opěrnými zídkami tvořenými na sebe skládanými vyoranými kameny, a více připomínaly jiné v současnosti využívané opatření – terasy. Ačkoli tato opatření měla vliv na snížení rychlosti povrchového odtoku a tím podporovala infiltraci, nebyl to jejich primární cíl (Novotný et al., 2017, s. 52).



Obrázek 14: Protierozní mez tvořící stupeň, čímž napomáhá ke snížení sklonu přilehlých pozemků (Novotný et al., 2017).

Dnes se meze cíleně navrhují s vrstevnicovou orientací, nejčastěji ve spojení s průlehy a příkopy, jako trvalá překážka povrchového odtoku. Dále se meze kombinují s vegetačními sedimentačními pásy pro omezení vnosu půdních splavenin do přilehlých průlehů a příkopů (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 36). Pro zvýšení účinnosti opatření je nejvhodnější kombinace, kdy opatření jsou ve směru po svahu za sebou uspořádána v pořadí sedimentační pás – mez – průleh nebo příkop pro odvod vody. Minimální šíře sedimentačního pásu nad mezí je 6 m při sklonu 2-5%. Doporučená výška meze je v rozmezí 1-1,5 m v závislosti na sklon svahu, nejvhodnější sklon svahů meze je 1:1,5. Mez má být zatravněna a lze ji osázet vhodnou vegetací – viz obrázek 14 (Janeček et al., 2012). Kromě estetického přínosu mez napomáhá k rozčlenění krajiny, a může se stát tzv. interakčním prvkem v rámci územního systému ekologické stability – ÚSES (Metodika vymezení územního systému ekologické stability, 2017, s. 73) (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 36).

Mez patří mezi opatření s dobou přípravy realizace v délce minimálně 7 let, a efekt opatření nastává v krátké době po dokončení. Průměrné náklady na vybudování meze byly v r. 2018 na hodnotě 1.500 Kč/bm.

4.7.4 Hrázka

Toto opatření se nejčastěji využívá jako součást protierozní ochrany v podobě tzv. protierozní hrázky budované ve směru vrstevnic, na úpatí svahů, nebo v běžně suchých údolnicích. Jedná se obvykle o zatravněné zemní hrázky vysoké max. 1-1,5 m. Tyto hrázky kromě zpomalení povrchového odtoku slouží také k usazování erozních smyvů (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 33). Dále se můžeme setkat s tzv. ochranou hrázkou, jejímž hlavním účelem je ochrana území, případně objektů ležících pod hrázkou, před povrchovým odtokem vody z přívalových srážek, nebo z tání sněhu. Hrázky často nahrazují vrstevnicové meze v případech, kdy jejich účinek nedosahuje potřebné úrovně pro ochranu příkopů a průlehů proti zanášení (Janeček et al., 2012, s. 78).

V zahraničí jsou hrázky často doplněné vzdouvacím a vypouštěcím technickým zařízením pro umožnění odtoku zachycené vody poté, co dojde k usazení půdních

částic obsažených ve vodě. Novotný et al. (2017, s. 51) uvádí, že v ČR toto řešení není obvyklé, a setkáme se zde v naprosté většině se zemními hrázkami bez tohoto prvku.

Doporučený podélný sklon u záchytné hrázky je do 10%, zasakovací hrázka se vyznačuje nulovým sklonem. Dále rozlišujeme hrázky podle šířky základny na hrázky s tzv. úzkou základnou (80-150 cm) a sklonem svahů 1:1,5, a se širokou základnou (2-4 m) při sklonu svahů 1:5 (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 33).

Hrázky s úzkou základnou jsou vhodné pro lehké a propustné půdy se sklonem svahu do 8%, a dosahují výšky až 1,5 m. Hrázky se širokou základnou lze využívat na svazích se sklonem až 15%, při maximální výšce do 90 cm. Při požadavku na možnost přejezdu hrázky je nutné budovat typ se širokou základnou, protože hrázku s úzkou základnou přejíždět nelze. Hrázky se budují obvykle v délce 300-450 metrů. Vsakovací (zasakovací) hrázky se obvykle budují na půdách s dobrou propustností a vsakovací efekt lze ještě zvýšit doplněním podélné drenáže. Vsakovací hrázky je možné na orné půdě uspořádat do tzv. soustavy záchytných hrázek. Vzdálenost mezi jednotlivými vsakovacími hrázkami nesmí překročit délku svahu, která je maximálně přípustná pro zajištění protierozní ochrany, v závislosti na struktuře pěstovaných plodin. Na těžkých půdách se nejčastěji uplatní záchytné a svodné (odváděcí) hrázky (Janeček et al., 2012, s. 79).

Hrázky je kromě zatravnění možné osázet doplňkovou zelení (viz obrázek 15), čímž přispívají k podpoře biodiverzity, zlepšují podmínky pro migraci živočichů a mohou být začleněny do sítě ÚSES.



Obrázek 15: Nově vybudovaná ochranná hrázka s vysázenými stromy, které budou doplněné zatravněním. Hrázka chrání přilehlou komunikaci a níže položené pozemky (Státní pozemkový úřad, 2014).

Časová náročnost přípravy realizace hrázky je uváděna jako dlouhodobá v délce 7 a více let. Po dokončení je účinnost hrázky dosažena v krátké době do 3 let. Uváděné průměrné náklady na vybudování v r. 2018 byly 1.500 Kč/bm (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 33).

4.7.5 Přehrážka

Podle oblasti využití rozlišujeme přehrážky určené pro využití k hrazení bystřin a strží, nebo jako opatření využívané na zemědělské půdě.

Přehrážky na zemědělské půdě se budují v místech dráhy soustředěného povrchového odtoku. Jsou charakteristické svojí malou výškou a tím, že nedisponují spodní výpustí. Jejich hlavním účelem je snížení podélného sklonu, zpomalení rychlosti povrchového odtoku, akumulace vody a podpora její infiltrace, bezpečné odvedení odtoku v důsledku srážek s vyšší intenzitou, zlepšení vodního režimu půd, a omezení projevů eroze včetně zvýšení sedimentace erozních smyvů (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2016, s. 59) (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 40). Přehrážky na zemědělské půdě mohou být zemní, kamenné sypané či gabionové, dřevěné, nebo kombinované.



Obrázek 16: Dvě gabionové přehrážky vybudované na zatravněné údolnici (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018).

U zatravněných údolnic lze využít přehrážky budované ve směru kolmém na osu údolnice v případech, kdy je nutné zadržet část objemu a snížit tím průtok – viz obrázek 16. Může to být nutné v případech, kdy údolnice zajišťuje odvodnění rozsáhlých zemědělských nebo lesnických pozemků, a množství vody z takového území není možné bezpečně odvést. Důvodem může být nedostatečná kapacita některé části systému odvodnění, např. obecní kanalizace (Janeček et al., 2012, s. 81).

Projektová příprava a realizace přehrážek na zemědělské půdě trvá 4-6 let a jejich cena je závislá na použitém materiálu. Účinnost přehrážek nastává prakticky ihned po dokončení opatření (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 40).

4.7.6 Terasy

Technické opatření terasování se v zemědělství využívá na pozemcích se sklony nad 15%, u kterých by jinak nebylo zemědělské využití takových pozemků možné, např. z důvodu nemožnosti nasazení mechanizace. Princip opatření spočívá ve vybudování terénních stupňů, kterými je původní svah rozdělen na kratší úseky tak, aby byl eliminován erozní vliv povrchového odtoku. Z uvedeného vyplývá, že primárně je terasování využíváno jako součást protierozní ochrany území. Terasy však představují významný zásah do přirozeného stavu krajiny a proto jsou považovány za krajní řešení (Janeček et al., 2012, s. 83). Zároveň se jedná o řešení extrémně technicky a finančně náročné (Novotný et al., 2017). Výše nákladů na vybudování teras činila v r. 2018 průměrně 400-700 tis. Kč/ha. Také doba přípravy a realizace opatření je velmi dlouhá a činí více než 7 let. Plné účinnosti opatření po jeho dokončení je dosahováno v době do 3 let (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 43).

Rozlišujeme terasy úzké, které poskytují prostor pro 1-2 řady např. vinné révy nebo ovocných stromů (viz obrázek 17), terasy široké s prostorem pro více než 3 řady, a terasové dílce – plošné útvary nepravidelného tvaru, které se však v ČR většinou nevyužívají. Dále je možné rozdělení na terasy s technicky stabilizovaným svahem, nebo bez technické stabilizace – tzv. zemní (Novotný et al., 2017).



Obrázek 17: Terasy s jednou řadou stromů (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018).

Terasový stupeň se skládá z terasové plošiny a z terasového svahu. Podélný sklon terasových plošin musí být vždy kladný a navrhuje se v rozmezí 1-3%. Na konci teras může být sklon 7%, výjimečně až 12%. Optimální výška terasového stupně je do 6 m, maximální 8 m. Sklon svahů jednotlivých terasových stupňů do výšky 2,5 m je 1:1, u vyšších stupňů 1:1,25 - 1:1,5 v závislosti na vlastnostech půd a podloží, ověřených pedologickým a geologickým průzkumem. Svahy se obvykle zpevňují zatravněním, doplňkově také stromy a keři (Janeček et al., 2012).

Z pohledu zadržování vody v krajině mají terasy pozitivní vliv na zpomalení povrchového odtoku a podporu vsakování vody do půdy (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 45).

4.7.7 Větrolamy

Jedná se o technické opatření pro omezení větrné eroze na zemědělské půdě. Větrolam představuje větrnou bariéru a jeho ochranná funkce spočívá ve snížení rychlosti větru před větrolamem i za ním, včetně omezení turbulentního proudění (Státní pozemkový úřad, 2010, s. 79-80).

Větrolamy jsou realizované obvykle ve formě ochranných lesních pásů, orientovaných kolmo k převládajícímu směru proudění větrů. Pro dosažení dobrého účinku je důležitý vhodný výběr dřevin a keřů s ohledem na specifické stanovištní podmínky, a pro splnění nároků na konstrukci větrolamu, tj. dostatečná výška porostu, jeho prostupnost a dlouhověkost. Pro zajištění dostatečné funkce větrolamu je požadována minimální výška stromového patra 12-15 m. V členitém území je vhodné zakládat větrolamy na vyvýšených místech pro zvýšení dosahu účinku.

Větrolam může být tvořen stromovým pásmem v jedné nebo několika řadách, které může být doplněno keřovým patrem. Skladba stromů ve větrolamu je důležitá z pohledu zajištění jeho dostatečné celoroční účinnosti. Změnou ve skladbě stromů a keřů pak lze docílit rozdílné charakteristiky větrolamu z pohledu prostupu větru porostem. Rozlišujeme větrolam tzv. prodouvavý, neprodouvavý a poloprodouvavý. Poslední uvedený sestává z jedné nebo dvou řad stromů doplněných keřovým patrem, jehož prostupnost by měla být asi 50%. Z uvedených možností poskytuje nejúčinnější ochranu. Pro správnou funkci větrolamu jsou nutné pravidelné výchovné zásahy, aby se větrolam poloprodouvavý nezměnil v neprodouvavý (Janeček et al., 2012, s. 97-101) (Novotný et al., 2017, s. 65-68).

Šířka větrolamu dosahuje běžně 8-11 metrů, výjimečně až 16 m. Optimální výška keřového pásma se pohybuje v rozmezí 0,6-1,5 m. Vzdálenost větrolamů od sebe se liší podle účinnosti větrolamu a vlastností půdy. Pro suché a lehké půdy to může být 300-400 m, u těžkých půd až 850 m.



Obrázek 18: Pásky větrolamů jako součást krajiny (Novotný et al., 2017).

Mimo omezení negativních účinků větru slouží větrolamy k rozčlenění krajiny, zvyšují její estetickou hodnotu – plní krajínotvornou funkci (viz obrázek 18), a mohou také plnit funkci biokoridoru v rámci ÚSES (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 46-48).

Pozemky s větrolamy jsou, jakožto pozemky s příznivým dopadem na životní prostředí, osvobozeny od daně z pozemku. Přesto je tempo jejich výsadby nedostatečné a velká větrná eroze je uváděna mezi slabými stránkami pro území do nadmořské výšky 800 m n.m., v rámci analýzy dopadů klimatických změn v oblasti zemědělství ČR (Český hydrometeorologický ústav, 2019, s. 80) (Ministerstvo životního prostředí, 2015, s. 82). Jako jeden z úkolů Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zemědělství, v rámci Národního akčního plánu adaptace na změnu klimatu, je zařazena tvorba a rekonstrukce funkční soustavy větrolamů (Česká republika, 2021).

Přínos větrolamů z pohledu zadržování vody v krajině spočívá v omezení proudění vzduchu, čímž je půda chráněna před vysoušením vlivem větru. K tomu přispívá také stín vytvářený větrolamem (Sýkorová et al., 2021, s. 94-95).

4.8 Lesotechnická opatření

Hlavním cílem lesotechnických opatření v oblasti hospodaření s vodou je zvýšení retence a infiltrace srážkové vody v lesích, případně převod povrchového odtoku na podpovrchový. Dalšími cíli jsou posílení ochrany lesní půdy před erozí, záchyt splavenin, a celkové zlepšení hydrického režimu lesů. Opatření jsou realizována s využitím technických úprav, konstrukcí a objektů budovaných v místě vodních toků. Např. v podobě hrazení malých vodních toků, bystřin a strží, dále budováním tůň a maloplošných vodních nádrží v lesích, nebo vytvářením či obnovou mokřadů, které v období sucha mj. poskytují podmínky pro přežití vodních živočichů. U lesotechnických opatření je kladen důraz na využití konstrukcí, které co nejméně narušují přirozený stav vodních toků, přirozené životní podmínky a případné migrační cesty vodních živočichů. Také materiály by měly být voleny s ohledem na přirozený charakter daného stanoviště, aby co nejméně narušovaly přirozené přírodní podmínky v místě realizace opatření (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2016, s. 201).

4.8.1 Přehrážky pro hrazení strží a bystřin

U přehrážek budovaných pro hrazení strží a bystřin se využívá stejný mechanismus působení jako u přehrážek na zemědělské půdě. Budují se ve směru kolmém na osu strže nebo bystřiny, a mají za úkol modifikaci erozně-sedimentačního procesu s cílem zpomalit průtok, a zachytit vodu včetně erodovaného materiálu (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 77).

Z pohledu konstrukce jsou na přehrážky budované pro hrazení strží a bystřin kladeny odlišné požadavky, než na přehrážky budované na zemědělské půdě. Je to dáno obvykle náročnými stanovištními a přírodními podmínkami, neboť přehrážky jsou převážně budované v zalesněných horských nebo podhorských oblastech, tzn. v místech s velkým sklonem terénu místy přesahující 15-20%. Při vysokých průtocích může vodní tok kromě velkého množství splavenin unášet také větve a další relativně velké části stromů. Přehrážky na stržích a bystřinách proto musí být dostatečně robustní, aby odolaly extrémní rychlosti proudění vody a její energii, a aby zároveň byly schopné plnit svoji funkci v podobě snížení unášecí síly vody a zachycení většiny erodovaného materiálu (viz obrázek 19). Přednostně by měla být využívána přírodě blízká řešení (Křovák et al., 2014, s. 4-5) (Vokurka a Zlatuška, 2020, s. 7-8).



Obrázek 19: Přehrážka z tzv. režného zdiva v horském svahu. Pod přehrážkou je vidět hrubý balvanitý skluz pro tlumení energie dopadající vody (Vokurka a Zlatuška, 2020).

Materiál použitý pro konstrukci přehrážek musí respektovat vlastnosti profilu a podloží do kterého se umísťuje, musí zajistit dlouhodobou stabilitu přehrážek, a měl

by také respektovat krajinný ráz. Přehrážky mohou být dřevěné, srubové, gabionové, zděné, železobetonové, ocelové, nebo prefabrikované, v závislosti na charakteru strže, místních podmínkách, a podle očekávaných průtoků (Křovák et al., 2014, s. 9) (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 77).

Přehrážky na bystřinách mohou být nepropustné nebo částečně propustné. U kamenných nebo zděných přehrážek těleso přehrážky často obsahuje otvory různé velikosti, a to i v několika etážích od paty přehrážky – jedná se o tzv. průcezné otvory. Stabilní průtok může být zajištěn např. trubkou umístěnou v patě přehrážky (Marková, nedat.). Průcezné otvory umožňují bezpečné převedení vody a drobnějších splavenin v množství, které nepřekročí kapacitu koryta, zatímco větší a těžší splaveniny se v retenčním prostoru přehrážky zachycují. U propustných i nepropustných přehrážek bývá obvykle v jejich horní části snížení obdélníkového nebo lichoběžníkového tvaru, tzv. přepadová sekce, sloužící jako přeliv. Plocha v místě přelivu pod přehrážkou slouží jako dopadiště. Je obvykle opevněné, a může být doplněno tzv. vývařštěm pro snížení kinetické energie vody (Křovák et al., 2014, s. 37).

V případě hrazení bystřin rozlišujeme podle účelu přehrážky retenční a konsolidační. Retenční přehrážky primárně zabraňují odnosu splavenin do níže položených částí toku bystřin, zatímco konsolidační přehrážky zamezují prohlubování koryta, zachycují splaveniny a poskytují oporu svahům s narušenou statikou z důvodu podemletí nebo sesuvů (Křovák et al., 2014). Konsolidační přehrážky mohou být budované na jednom vodním toku ve větším počtu a vytvářejí tzv. soustavy konsolidačních přehrážek. Princip spočívá v uspořádání přehrážek kaskádovitým způsobem tak, aby se minimalizovaly délky úseků, ve kterých dochází k volnému proudění v korytě bystřiny, a tím se omezila výmolná činnost vody. Konsolidační přehrážky bývají obvykle konstruované jako nepropustné, pouze s horním přepadem vody přes přehrážku. Tím však vytvářejí významnou migrační bariéru (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 82). Pro zajištění migrační prostupnosti bystřin je nutné omezit výšku přehrážek na 0,4 m, a doplnit vodní tok o tůň a proudové stíny (Křovák et al., 2014, s. 48)

U strží, kde nastává průtok vody především v důsledku srážkových událostí, má jejich hrazení za úkol snížit podélný sklon dna, omezit erozní vlivy a stabilizovat koryto. Současně je však nutné zaměřit se na eliminaci příčin podílejících se na vzniku

erozních vlivů, které přispěly ke vzniku strže. Jedná se především o zachycení a odvedení cizích vod mimo prostor strže, a následné zpevnění zhlaví, boků a dna strže (Křovák et al., 2014, s. 42) (Veselý, 2004, s. 20).

Doba přípravy a realizace pro přehrážky na bystřinách a stržích se liší. Zatímco u hrazení strží je předpokládaná doba přípravy a výstavby do 3 let, u hrazení bystřin může trvat 4-6 let. Stejná situace je v případě rychlosti dosažení plného účinku opatření – u strží nastává do 3 let od dokončení, v případě bystřin po uplynutí 4-6 let. Rozdíl je také v předpokládaných nákladech, které u přehrážek ve stržích dosahují podle typu konstrukce řádu několika set tisíc Kč, u přehrážek na bystřinách se pohybují od několika set tisíc až po jednotky/desítky milionů Kč (ceny z r. 2018) (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 77, 84).

4.8.2 Hydromeliorační úpravy v lesích

Samostatnou kapitolou je problematika hydromeliorací na lesních půdách. Pod vlivem klimatické změny a v zájmu trvalé udržitelnosti hospodaření v lesích, se stává otázka zadržení vody v lese stále aktuálnější, společně se zvyšováním biodiverzity a zlepšováním stavu lesních ekosystémů (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2021, s. 21). Pozornost lesního hospodářství je nutné zaměřit na revizi lesotechnických meliorací a minimalizaci technického odvodnění lesních pozemků. Prioritou by mělo být využívání přírodě blízkých postupů v podobě přirozené obnovy lesa, a ve využívání melioračních, pionýrských a přípravných dřevin. Lesní zákon v §24 odst. 2, stanoví mj. minimální zastoupení melioračních a zpevňujících dřevin v porostu, včetně nároku vlastníka na částečnou úhradu nákladů za výsadbu těchto dřevin. Zákon dále v §46 odst. 1c deklaruje podporu státu při hospodaření v lesích, která spočívá mj. ve finančním příspěvku na zvyšování podílu melioračních a zpevňujících dřevin (Česká republika, 1995) (Česká republika, 2017, s. 54-55).

V lesích by měly být současně vytvářeny podmínky pro vznik nejlépe bezodtokových tůní, drobných vodních nádrží a mokřadů, s cílem zvyšovat retenční potenciál a zpomalit povrchový odtok srážkových vod z lesů – viz obrázek 20. Velmi důležité je revidovat stávající meliorační opatření a omezit záměrné (primární) odvodnění, včetně omezení návrhu a realizace nového odvodnění. Dále minimalizovat sekundární

odvodnění, sanovat erozní rýhy a omezovat příčiny jejich vzniku (např. pozemní soustředování dřeva), revitalizovat pojezdové trasy a nevyužívané cesty, a důsledně rozptylovat soustředěný povrchový odtok vznikající na lesních cestách. Je nutné podporovat vysokou pestrost skladby dřevin, včetně zvyšování zastoupení dřevin hluboko kořenících, či dřevin s bohatým kořenovým systémem mající zpevňující účinek na půdu. Nepasečné způsoby hospodaření by měly být preferovány před holosečnými způsoby. Dále je vhodné prodloužit obnovní dobu. V rámci protierozní ochrany je nutné využívat přírodě blízké postupy, např. ponechávání většího množství mrtvého dřeva v lesích, vytváření odtokových překážek, hrázek a průlehů (Čermák et al., 2016, s. 52-59) (Ministerstvo životního prostředí, 2015, s. 27-28).



Obrázek 20: Tůň v lese (Lesy ČR, 2022).

Riziko zamokření lesních půd se výrazně zvyšuje při holosečném způsobu hospodaření, nebo jako následek kalamit. Hladina podzemní vody v hloubce menší než 0,4 m snižuje bonitu lesní půdy. Zamokřená lesní stanoviště znesnadňují obnovu lesních porostů, případně porosty hynou. Z těchto důvodů je provádění hydromeliorací na lesní půdě nezbytné. Při hladině podzemní v hloubce větší než 0,4 m lze využívat biologické odvodnění vhodnými dřevinami (např. olše, osika, vrba, topol), s následným zavedením dřevin odpovídajících stanovištním podmínkám. Při vyšší hladině podzemní vody v hloubce méně než 0,4 m se využívá asanace území vhodnými přípravnými dřevinami, s následným zavedením dřevin pod jejich

ochranou, nebo odvodněním povrchovými brázdami či příkopy a jejich soustavami (podle podmínek stanoviště). V případě maloplošných pramenišť a rašelinných oblastí je vhodné zachování přirozeného vývoje hydro-pedologických procesů, proto se k odvodnění v těchto případech nepřistupuje. Vždy by mělo platit, že veškeré meliorační zásahy v lesích jsou založené na důkladném melioračním průzkumu dané lokality. Při řešení problematiky odvodnění v lesích je nutné nesledovat jen tradiční cíle lesního hospodářství (např. přírůsty dřeva, obnovu porostů, jejich stabilitu), ale zohlednit také aspekty ekologické, vodohospodářské a ekologické. (Černohous et al., 2012, s. 8-12).

4.9 Mokřady

Mokřady (mokřadní biotopy) jsou jedním z přirozených vodních prvků v krajině, a zahrnují např. tůně, nivní louky, bažiny, pobřežní lemy vodních toků, lužní lesy, slatiniště, rašeliniště, boční a odstavená ramena vodních toků a další plochy. Obecně lze mokřad definovat jako území, které je trvale nebo periodicky (sezónně) zaplaveno mělkou, tekoucí či stojatou vodou, nebo jako trvale podmáčené plochy s půdním profilem plně nasyceným spodní (podzemní) vodou. Tyto plochy, někdy označované jako drobné vodní plochy, plní důležité ekosystémové funkce, a jsou velmi významné z pohledu biologické rozmanitosti krajiny. Na tyto plochy je vázáno velké množství vzácných a ohrožených druhů rostlin a organismů, které se jinde nevyskytují, nebo jsou velmi vzácné. Mokřady se podílejí na fixaci uhlíku, podporují obnovu krátkého (malého) koloběhu vody, omezují odtok vody z území, zachycují biologické znečištění, a v době sucha poskytují podmínky pro přežití vodních organismů. Význam mokřadů z pohledu protipovodňové ochrany je zanedbatelný, neboť území mokřadů s plně nasyceným prostředím již nedisponuje téměř žádnou dodatečnou retenční kapacitou (Český hydrometeorologický ústav, 2019, s. 135). Přestože jsou mokřady významným stabilizačním prvkem, jejichž význam v krajině byl již dostatečně zmapován a popsán, patří tato území dlouhodobě mezi celosvětově nejohroženější ekosystémy, které musí čelit tlakům na odvodňování a rekultivace především za účelem získání zemědělsky využitelného území. Na území ČR probíhalo rozsáhlé odvodňování nejintenzivněji ve druhé polovině 20. století, kdy se plocha mokřadů zmenšila o více než 70%. Životnost melioračních staveb je však omezená a

v současnosti se původně odvodněná území často postupně samovolně navrací do zamokřeného stavu (Česká republika, 2017, s. 45).

Pramenné vývěry již nejsou uměle technicky potlačovány, voda se neodvádí mimo zemědělské plochy pomocí melioračních opatření. Dříve provedená technická odvodňovací opatření jsou odstraňována, případně je cíleně narušována jejich odvodňovací funkce. V místech pramenných zdrojů se zakládají nové mokřady, protože právě prameniště a k nim vázané plochy jsou klíčovými mokřadními prvky. Tyto mokřady jsou dnes již obvykle respektovány a chráněny, vytvářejí se vhodné podmínky pro jejich vznik a rozvoj, doplňují se vhodnou doprovodnou vegetací adaptovanou pro přežití na mokřadních, trvale zamokřených půdách. Zemědělcům jsou kompenzovány ztráty v důsledku nemožnosti využívání ploch, na kterých se tyto nové mokřady nachází, neboť plocha mokřadu je podle nařízení vlády č. 50/2015 Sb. (Česká republika, 2015) zahrnuta jako významný krajinný prvek v ekologickém zájmu, a tedy splňuje podmínky pro vyplácení přímých plateb v zemědělství (Státní pozemkový úřad, 2014, s. 48).

Mokřad byl mezi tzv. ekologicky významné krajinné prvky (VKP) zařazen v roce 2017, v rámci novelizace nařízení vlády č. 307/2014 Sb. (Česká republika, 2014). Tyto VKP jsou evidovány v geografickém informačním systému LPIS (MZČR, 2022). Podle uvedeného nařízení je za mokřad považován „*samostatný útvar neliniového typu s minimální výměrou 100 m², sloužící k zajištění retence vody v krajině s cílem udržovat přirozené podmínky pro život vodních a mokřadních ekosystémů podle § 2 odst. 2 písm. i) zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny*“ (Česká republika, 1992).

Pro identifikaci ploch vhodných pro zakládání a obnovu mokřadů se se jako podklady využívají historické mapy (vojenské mapování, mapy stabilního katastru, letecké snímky z poloviny 20. století), ortofotomapy nebo GIS nástroje (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2016, s. 9).

V lokalitách, kde se dříve nacházely mokřady, může být odvodňovací zařízení přerušeno a drenážní vodu lze vyvést na povrch. Případné povrchové odvodnění lze např. zaslepit. Tím dojde k obnovení trvalého zamokření, které vede k velmi rychlému rozvoji přírodě blízkého mokřadního společenstva, která může dosáhnout přírodě blízkého stavu již po relativně krátké době v řádu několika let – viz obrázek 21.



Obrázek 21: Obnovený mokřad, který postupně vysychal a zarůstal náletovými dřevinami. Opětovného zavodnění bylo dosaženo zaslepením odvodňovacích kanálů a jejich přehrazením dřevěnými přehrážkami v počtu 43 ks (Lesy ČR, 2022).

Umělé mokřady se často zakládají jako umělé vodní nádrže, například v podobě malých zemních nádrží, lagun či bezodtokových terénních depresí, které jsou umístěné na konci vzdutí malých vodních nádrží (MVN). Tyto umělé vodní nádrže tvoří důležitou součást biocenter a mohou být přizpůsobené pro podmínky konkrétních biotopů. Vodní režim uměle založených mokřadů je obvykle nutné uměle řídit, např. s využitím regulace výšky hladiny v přílehlé MVN. V takovém případě hovoříme o řízených mokřadech (Šálek a Tlapák, 2001, s. 39-43). Další možností pro vytváření mokřadů je využití ploch zaniklých vodních nádrží, které již neplní svůj vodohospodářský účel, ale přesto jsou v katastru nemovitostí nadále vedené jako vodní plochy. Mohou to být různé neudržované vodní nádrže, u kterých došlo k zanesení, částečnému protržení hráze apod., a u kterých se již nepočítá s revitalizací a dalším vodohospodářským využitím. Pro vznik mokřadu je nutné zajistit dostatečný přítok a navýšení hladiny na úroveň nutnou pro zajištění plného nasycení půdy. Musí však být nadále zajištěno bezpečné převedení případných povodňových průtoků.

Pro vytváření mokřadních ploch lze využít také poldry nebo jiné retenční a sedimentační nádrže. Při jejich zahloubení na úroveň hladiny podzemní vody, či s využitím vhodného technického řešení lze dosáhnout trvalého zamokření či malého stálého nadržení. Mohou tak vzniknout ekologicky hodnotné mokřadní plochy. S ohledem na účel retenčních a sedimentačních nádrží (zachycení povrchového odtoku či erozních smyvů), však hrozí vnos půdních splavenin včetně potenciální kontaminace, což je v případě mokřadních společenstev nežádoucí jev a představuje

silné narušení specifického a na znečištění citlivého ekosystému. Ekologický přínos takto vzniklých mokřadů může být proto sporný a jejich přínos spočívá především ve zlepšení vodního režimu krajiny. (Slavík a Neruda, 2014, s. 25-26).

Mokřadní plochy je možné zamokřovat tzv. zavzdutím, které funguje na podobném principu jako bobří hráze. Spočívá ve výstavbě obvykle většího počtu vzdouvacích objektů na vhodných úsecích průběžného vodního toku, které způsobí jeho vzdutí a následný rozliv přímo ve vodním korytě a jeho okolí. Tím lze dosáhnout proměny vodního toku ve sled tůní a mokřadních rozlitin. Nejvhodnější jsou vzdouvací objekty v přírodě blízkém provedení, které je však nutné vhodně dimenzovat s ohledem na riziko jejich případného protržení. Území rozlivu lze dodatečně vymezit nízkými zemními hrázemi nebo valy, podobně jako u rýžového pole. V případě potřeby zachování migrační prostupnosti pro vodní či suchozemské živočichy je důležité dovybavit vzdouvací objekty rybími přechody, a zajistit, aby sklon kynety nebyl větší než 1:40.

Lze také vytvářet mokřady hloubením. V tomto případě je nutné počítat se zvýšenými náklady na hloubení a odvoz vytěženého materiálu. Pro vznik hodnotného mokřadu (nejen v případě hloubení) je důležité vytvářet dispozičně a výškově členitý profil. Tím se po zaplavení vytvoří vodní plochy různé hloubky, což vede ke vzniku mokřadu s místy různé hloubky, zahrnující zálivy a ostrůvky, a umožňující následný rozvoj bohatého a rozmanitého mokřadního ekosystému. Výška vodní hladina v mokřadu by měla být v ideálním případě zároveň s okolním terénem.

Mokřady mohou být protékané vodním tokem, nebo je lze vytvářet stranou vodního toku. Výhodou postranního mokřadu je omezení zanášení splaveninami. U průtočného mokřadu je možné lépe využít území a dosáhnout větší celkové rozlohy mokřadu. Odtok přebytečné vody z mokřadu může, ale nemusí být řešen technickými objekty. Pokud to místní podmínky umožňují, je optimálním řešením rozliv této vody na plochy v okolí mokřadu (Just et al., 2020, s. 227-231).

Rámcové investiční náklady na zakládání zcela nových mokřadů jsou na úrovni 1.370.000 Kč/ha, případně 85 Kč/m³ (ceny z r. 2019), nicméně reálné náklady jsou u konkrétního projektu vždy odvozeny od rozsahu souvisejících nákladů v podobě výkopových prací, dopravních nákladů, ceny za výkup pozemků a dalších faktorech (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018, s. 102-104). Pokud je umělý mokřad

správně navržen, nepotřebuje žádnou další údržbu. Údržba mokřadu je naopak považována za zásah do přirozeného mokřadního ekosystému a proto je nežádoucí (ČVUT, 2019, s. 38-41).

Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí podporuje tvorbu a obnovy mokřadů, tůní a rašelinišť formou různých dotačních programů, např. Operační program životního prostředí, programy pro volnou krajinu, chráněná území a další (AOPK ČR, 2022).

Také v případě lesního hospodářství ČR byla v roce 2020 jednou z priorit výstavba a obnova vodních prvků v krajině (vodní nádrže, tůně a mokřady) s cílem zpomalit povrchový odtok, zadržet vodu v krajině, a napomoci tím ke zmírnění negativních následků sucha. Zadržení vody v krajině v podobě budování malých vodních nádrží, mokřadů a dalších vodních prvků, je také jednou z hlavních priorit komplexních pozemkových úprav (Ministerstvo životního prostředí, 2015, s. 46) (Ministerstvo zemědělství, 2021, s. 76-79).

Obnovování mokřadů a zlepšování jejich stavu je v souladu s rámcovou směrnicí vodní politiky Evropské unie č. 2000/60/ES, která stanoví rámec v oblasti vodní politiky Evropské unie, s cílem zajistit udržitelnou vodní politiku, dosáhnout dobrého ekologického stavu povrchových vod, a dobrého kvantitativního a chemického stavu podzemních vod (Pokorný et al., 2006, s. 75).

Jedním z nástrojů ochrany mokřadů na mezinárodní úrovni je Ramsarská úmluva o mokřadech. Tyto ekosystémy, kromě již uvedených environmentálních přínosů, představují také významný biotop pro migrující druhy ptactva, z nichž některé druhy jsou na zachování těchto biotopů existenciálně závislé. Česká republika k úmluvě přistoupila v roce 1990 a úmluvu dosud ratifikovalo 169 států. Na území ČR se v současnosti nachází 14 mokřadních lokalit mezinárodního významu (AOPK ČR, 2022).

Mokřady mají velký environmentální význam a představují důležitý prvek pro vytváření vyvážené krajinné skladby společně se zemědělskou půdou, lesními porosty a dalšími krajinnými prvky. Společně s malými vodními nádrži zvyšují retenci vody v krajině a významně přispívají ke zlepšování vodního režimu krajiny. Dále podporují zlepšování stavu krajinných ekosystémů, a zvyšují stanovištní a druhovou diverzitu (Ministerstvo životního prostředí, 2015, s. 32-38).

4.10 Hospodaření se srážkovými vodami ve městech

Vodní zákon v §5 odst. 3 stanoví mj. povinnost stavebníka omezit odtok povrchových vod, v podobě atmosférických srážek dopadlých na stavbu, akumulací a následným využitím či vsakováním těchto vod na pozemku, jejich výparem nebo kombinací uvedených možností. Pokud nelze žádné z uvedených řešení využít, je nutné zajistit akumulaci a řízené odvádění těchto vod (Česká republika, 2001). Vyhláška č. 268/2009 Sb. zabývající se technickými požadavky na stavby tuto povinnost dále konkretizuje a stanoví, že *„odvádění srážkových vod se zajišťuje přednostně zasakováním. Není-li možné zasakování, zajišťuje se jejich odvádění do povrchových vod; pokud nelze srážkové vody odvádět samostatně, odvádí se jednotnou kanalizací“* (Česká republika, 2009). Vyhláška č.501/2006 Sb., která definuje požadavky na vymezování a umístování staveb na nich, v §20 odst. 5c upřesňuje, že odvádění srážkových vod do povrchových vod zajišťuje primárně oddílná dešťová kanalizace, a není-li zřízena, tak je nutné zajistit regulované odvádění vod do jednotné kanalizace (Česká republika, 2006). Zajištění odvádění srážkových vod podle výše uvedených pravidel je součástí povolovacích procesů podle stavebního zákona (Česká republika, 2006) a bez splnění stanovených podmínek nemůže stavební úřad vydat stavební ani jiné povolení, či kolaudační souhlas.

Konvenční metody nakládání se srážkovými vodami představuje tzv. centrální (centralizovaný) způsob odvodnění, spočívající v zaústění srážkových vod do kanalizace a jejich odvedení do recipientu. Pokud není vybudována oddělená dešťová kanalizace, stávají se ze srážkových vod jejich vtečením do smíšené kanalizace odpadní vody. Vlivem tohoto způsobu odvádění srážkových vod může docházet k přetěžování kanalizačního systému. Často využívaným řešením jsou tzv. odlehčovací komory, které v takovém případě vyvádí určitou část splaškových vod (byť značně naředěných) mimo kanalizační soustavu, obvykle přímo do povrchových vodních toků. Toto technické řešení představuje významné riziko znečištění životního prostředí v podobě kontaminace povrchových i podzemních vod, přesto jsou odlehčovací objekty standardní součástí velkého množství kanalizačních soustav. Z uvedeného důvodu jsou odlehčovací komory dodatečně upravovány tak, aby umožňovaly alespoň základní čištění odpadních vod od hrubého znečištění, např. odpadků (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2015, s. 70-71).

Odhaduje se, že v antropogenně neovlivněném území se vsákne asi 50% srážkových vod, 40% se vypaří zpět do atmosféry a 10% odteče po povrchu. V urbanizovaném prostředí se však nachází velké množství zpevněných ploch, které neumožňují vsakování vůbec, nebo jen ve velmi omezené míře. Množství vsáknutých srážkových vod ve městech je proto minimální. V důsledku urbanizace je menší také celkový výpar (evapotranspirace), na který připadá asi 30% srážkových vod. Zbývající množství vody zrychleně odtéká v podobě povrchového odtoku (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2019, s. 11) (Ontario Ministry of the Environment, 2003, s. 25-27).

Základním principem hospodaření se srážkovými vodami ve městech, zaměřeným primárně na zvýšení množství zadržené a infiltrované vody, je jejich zadržování pomocí vhodných opatření a přednostní zasakování přímo v místě jejich spadu. Cílem je přiblížit srážkoodtokové poměry ve městech poměrům na nezastavěných přírodních plochách, resp. zachovat odtokové podmínky urbanizovaných oblastí na stejné úrovni jako před urbanizací (Česká republika, 2017, s. 48). Tento přístup, který nazýváme decentralním (decentralizovaným) způsobem odvodnění, vnímá dešťovou a jednotnou kanalizaci až jako poslední možnost v situacích, kdy nelze využít jiné řešení (Česká společnost vodohospodářská, 2016, s. 106-107).



Obrázek 22: Revitalizovaný potok Brusnice v Praze, který byl dlouhá léta zatrubněný (Just et al., 2020).

Decentralizovaný systém nakládání se srážkovými vodami ve městech, který řadíme mezi tzv. přírodě blízká opatření, vnímá srážkové vody jako zdroj, nikoli jako „odpad“, který je nutné co nejrychleji odvést z daného území a zlikvidovat. Je tvořen velkým množstvím menších „decentrálních“ objektů a opatření, které srážkovou vodu zadržují, vypařují a vsakují (SEMCOG, 2008, s. 7-8). Pro jejich vytváření se již nevyužívají pouze veřejné plochy, ale zapojuje se také plocha pozemků odvodňovaných staveb ležících na území města. Jednotlivá dílčí opatření by neměla být izolována, ale naopak funkčně propojena. Vzniká tak komplexní systém, který tvoří přírodní i umělé vodní nádrže, jezírka, mokřady, tůňe, průlehy, otevřené vodní toky (nejlépe revitalizované) doplněné vhodnou doprovodnou vegetací (viz obrázek 22), zasakovací nádrže a poldry, zasakovací vegetační pásy, technické vsakovací prvky a další opatření. V zájmu podpory infiltrace a dalšího omezení povrchového odtoku je nutné snižovat množství zpevněných ploch tvořených nepropustnými materiály, a v maximální možné míře využívat materiály alespoň částečně propustné, např. zatravnovací dlaždice, propustnou dlažbu, šterkové „travníky“ atp. Uvedená opatření lze podpořit změnami v přístupu ke konstrukci budov, např. realizací vegetačních střech nebo „zelených“ fasád (Český hydrometeorologický ústav, 2019, s. 114-115) (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2019, s. 12) (Ministerstvo životního prostředí, 2015, s. 46-49), (TRCA, 2010, s. 113-118).

V souvislosti se zasakováním srážkových vod je nutné zmínit možnost jejich kontaminace různými znečišťujícími látkami, která v městském prostředí představuje mnohem vyšší riziko, než ve volné krajině. Zdrojem znečištění zde mohou být látky pocházející z ploch, na které srážky dopadají nebo po kterých stékají, např. odpadky, organické sloučeniny, ropné produkty a výrobky z ropy, těžké kovy, detergenty, nátěrové hmoty, dále to mohou být produkty vodní eroze, organická hmota, nerozpustné látky, zvířecí exkrementy atd. Tyto látky představují vysoké riziko pro životní prostředí v podobě znečištění podzemních vod, případně mohou značně omezit funkčnost podzemního vsakovacích zařízení zanášením. Pokud lze u srážkových vod předpokládat znečištění, je nutné vždy podniknout preventivní opatření v podobě předčištění ještě před jejich přivedením do vsakovacího zařízení. Způsob předčištění musí odpovídat potenciálnímu znečištění podle typu ploch, ze kterých je voda odváděna. Ve městech by měla být přednostně využívána varianta plošného povrchového vsakování přes půdní profil, včetně předčištění pro odstranění hrubého

nerozpustného znečištění. Povrchové vsakování zajistí bezpečnější odstranění znečištění, které mohou srážkové vody obsahovat. Podzemní zasakování přichází v úvahu jen u nejméně znečištěných vod, opět včetně nezbytného předčištění (City of Oxford, 2017, s. 71) (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2019, s. 13-15) (The City of Cape Town Development Service, 2002, s. 32).

Nelze opomenout systémy akumulace srážkových vod a jejich následného využití. Vlastní akumulace vody je zajištěna akumulací nádrží z nepropustného materiálu (např. plast nebo beton), umístěné obvykle pod povrchem terénu (viz obrázek 23). Méně časté bývá nadzemní provedení. Do této nádrže je zaústěn svod okapové soustavy nebo sběrače povrchového odvodnění. S ohledem na nižší potenciální znečištění je výhodnější zachytávat přednostně vodu ze střech. Další součástí systému je čerpací zařízení napojené na rozvod vody, který musí být fyzicky oddělen od rozvodů pitné vody z veřejného vodovodu. Jímané srážkové vody jsou již na vtoku do akumulací nádrže zbaveny hrubých i drobnějších nečistot. Při požadavku na vyšší kvalitu vody se využívají vícenásobné filtry pro odstranění nečistot velikosti jednotek mikronů. Takto upravenou vodu lze využívat pro technické účely v domácnostech a dalších provozech (např. pro splachování WC), nebo jako zdroj vody pro závlahy (Ministerstvo životního prostředí, 2015, s. 39) (Sýkorová et al., 2021, s. 192-193).



Obrázek 23: Podzemní nádrž pro akumulaci srážkových vod u nemovitosti a jejich další využití (vlevo), napravo je pak zobrazeno vsakovací zařízení pro přebytečnou vodu (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2019).

Podpora akumulace a následného využívání srážkových vod je jedním z cílů Národního akčního plánu adaptace na změnu klimatu (Česká republika, 2021, s. 20). Naplňování tohoto cíle sleduje již od roku 2017 dotační program Ministerstva životního prostředí pod názvem „Dešťovka“, který majitelům rodinných, rekreačních a bytových domů nabízí možnost refundace části nákladů na pořízení technologií pro nakládání s dešťovými a odpadními vodami (Ministerstvo životního prostředí, 2018). Za rok 2020 bylo v tomto programu schváleno zhruba 3.100 žádostí s celkovou dotací v souhrnné výši cca 115 mil. Kč (Ministerstvo zemědělství, 2021, s. 113).

Velké množství umělých povrchů ve městech přispívá především v letním období k nadměrnému zvyšování teplot vzduchu, oproti teplotám dosahovaným ve volné krajině. Vysoké teploty snižují kvalitu života obyvatelstva ve městech a mohou také představovat zdravotní riziko, především pro starší nebo nemocné osoby. Vytváření ploch tzv. modré a zelené infrastruktury je základní součástí adaptační strategie urbanizované krajiny na klimatickou změnu. Tyto plochy podporují udržitelný rozvoj měst tím, že zlepšují vodní režim, významně přispívají ke snižování teploty prostředí v městských aglomeracích (tzv. městský tepelný ostrov), zlepšují mikroklima (vyšší vlhkost vzduchu), zvyšují ekologickou stabilitu městského prostoru, vytvářejí zóny klidu s přirozeným zastíněním, a napomáhají k ochraně obyvatelstva před teplotními extrémy (Céza et al., 2019, s. 18-20) (Český hydrometeorologický ústav, 2019, s. 341). Města by měla aktivně zapojovat veřejnost do plánování a rozvoje systémů městského hospodaření s dešťovými vodami formou participativních projektů. Lze tím dosáhnout vyšší podpory veřejnosti pro daný záměr a obecně kvalitnějších výsledků, včetně jejich dlouhodobé udržitelnosti (Okruzsko a Bokál, 2020, s. 10-11) (Sýkorová et al., 2021, s. 26).

5 Výsledné zhodnocení

Cílem této práce bylo shrnutí problematiky v rámci definované skupiny stavebně-technických opatření pro zadržování vody v krajině České republiky. Opatření, která jsou v práci zahrnuta, představují pestrou paletu různých řešení, které lze v praxi využít. Některá opatření jsou nákladná a náročná na realizaci, vyžadují projekt, náročnou logistiku a další náležitosti. Do této oblasti patří především opatření ze skupiny vodních děl. Jiná opatření jsou však poměrně snadno realizovatelná při relativně nízkých nárocích na organizaci i provedení. Za taková opatření lze považovat v podstatě všechna biotechnická opatření na zemědělské půdě, opatření k ochraně pramenů, některá opatření v lesích, a některá opatření v oblasti hospodaření se srážkovými vodami ve městech.

Ze zprávy o stavu vodního hospodářství České republiky v letech 2020 (dále „modrá“ zpráva) vyplývá, že práce na nápravě škod z minulosti probíhají a investice jsou značné, ať se jedná o vodní toky, nádrže, nebo lesotechnické či zemědělské meliorace. Přesto je rozsah dosud nesanovaných škod v oblasti vodohospodářství, ale také v krajině obecně stále značný. To je také důvod proč modrá zpráva uvádí tuto oblast jako jednu z priorit jak v oblasti vodohospodářství, tak v oblasti vodního hospodářství v lesích. Pro dosažení uspokojivého stavu by však bylo nutné razantně zvýšit počet realizovaných revitalizačních projektů. Financování těchto projektů je zajišťováno jak ze státního rozpočtu, v rámci ministerstev zemědělství, životního prostředí a dopravy, tak z rozpočtu Evropské unie (Ministerstvo zemědělství, 2021). Je otázkou, zda subjekty, které tyto projekty organizačně zajišťují, mají při současných lidských zdrojích kapacitu na zvýšení tempa realizace těchto projektů.

Další oblastí, která má velký vliv na hospodaření se srážkovými vodami je zemědělství. Zde se uplatňují biotechnická opatření realizovaná na zemědělské půdě. Některá z nich lze realizovat poměrně rychle s únosnými náklady. Tato opatření jsou primárně zaměřena na omezování vodní eroze. K jejich realizaci by se tedy mělo přistoupit přednostně v případech, kdy je pozemek postižen vodní erozí, s následnými dalšími škodami např. na vodních tocích.

Situace je jednodušší pokud vlastník na svém pozemku sám hospodaří, a má proto větší zájem na jeho udržení v celkově dobrém stavu. Toto však platí pouze pro malou

část zemědělské půdy, neboť samostatně hospodařících vlastníků pozemků je menšina. Problematická je situace u pozemků, na nichž nehospodaří vlastníci, a nemají tedy k půdě obvykle žádný vztah. Tito vlastníci se o stav půdy většinou nezajímají, natož aby měli potřebu jej zlepšovat. Vlastníci půdu obvykle „propachtují“ a hospodaření pak zajišťují různá zemědělská družstva s krátkodobými pachtovními smlouvami. Družstva se zaměřují na rentabilitu výroby (vytváření zisku) a investice do půdy se jim s nejistým výhledem nevyplatí. Tento stav je důsledkem několika desetiletí před rokem 1989, v jejichž důsledku došlo ke zpřetrhání vztahů mezi půdou a jejími vlastníky.

Nápravou by mohly být osvětové kampaně, které by vlastníky motivovaly zajímat více o svůj majetek, aby ve smlouvách byla pachtýřům stanovena povinnost o půdu pečovat. Motivací pro subjekty hospodařící na půdě může být regulace a vynucování určitých postupů ze strany státních institucí. Krokem ke zlepšení stavu by mohla být tzv. protierozní vyhláška účinná od 1. července 2021, která stanoví povinnost realizovat na plochách s opakovaným výskytem erozní události protierozní opatření. V případě porušení této povinnosti hrozí subjektům sankce v podobě pokuty, nebo krácení dotačních prostředků (Ministerstvo životního prostředí, 2021).

Z informačních zdrojů vyplynulo, že v lesích je nutné se zaměřit na omezení rychlého odtoku srážkových vod z lesů. Také v této oblasti mohou být některá opatření realizována rychle, navíc s velmi nízkými náklady. Za příklad lze uvést ponechávání mrtvého dřeva v lese, které vytváří přirozené odtokové bariéry, nebo vytváření terénních depresí pro retenci a vsakování odtékající vody.

Neobvyklým opatřením jsou v prostředí České republiky tzv. podzemní hráze či přehrady. Toto řešení zadržování vody v krajině, využívané v některých částech světa, se dosud v Česku téměř nevyužívá. Přesto se lze domnívat, že také na našem území má určitý potenciál. Pravděpodobně nelze očekávat masivní rozšíření tohoto řešení. Problémem může být nedostatek zkušeností realizačních firem, a také nedostatek vhodných lokalit pro využití tohoto řešení.

Z pohledu autora jsou v této práci zahrnuty různorodé postupy a opatření, mezi kterými lze najít vhodné řešení pro téměř jakoukoli situaci. Právě volba vhodného řešení je zásadní k tomu, aby bylo opatřením dosaženo zamýšleného výsledku.

Neméně důležité je jednotlivá opatření vhodně kombinovat, aby byl výsledný efekt co nejvyšší.

V této oblasti dosud proběhlo a stále probíhá množství výzkumných projektů. Využívá se simulačních modelů pro ověření přínosů různých opatření a jejich kombinací, včetně opatření tzv. přírodě blízkých. Výsledky se porovnávají, ověřuje se za jakých podmínek, a které kombinace jsou nejefektivnější (Vizina et al., 2018).

Výzkumy v této oblasti budou jistě pokračovat i nadále, a lze očekávat, že výsledky budou postupně přecházet do metodik, které budou využívány k návrhu efektivních opatření pro zadržování vody v krajině. Hlavním cílem v této oblasti by mělo být zvýšení tempa realizace revitalizačních opatření, komplexních pozemkových úprav a dalších opatření, včetně zajištění financování těchto projektů.

6 Diskuse

Mnoho lidí by na otázku „Jak zadržovat vodu v krajině?“ možná odpovědělo tak, že stačí postavit více přehrad a rybníků. S takovou odpovědí, která vychází nejspíš z neznalosti či neinformovanosti, nelze souhlasit. Při úrovni současného poznání není možné zaměřit se v rámci dané problematiky na jediný způsob řešení. Naopak je nutné různé postupy a opatření kombinovat a především dosahovat toho, aby se vhodně doplňovaly a navzájem pozitivně ovlivňovaly výsledný efekt.

Například u velkých vodohospodářských staveb (přehrad) se vedou mezi odborníky i veřejností diskuse o tom, zda jejich přínosy skutečně převažují nad negativy. Projekty na výstavbu nových přehrad budí kontroverze nejen v Česku, ale také ve světě. Uváděné celospolečenské přínosy těchto staveb jsou obvykle využívány k ospravedlnění vysokých nákladů a způsobených škod. Mezi hlavní patří nezbytné přesídlování obyvatel, kteří kromě domova často přicházejí také o svoji půdu jako hlavní zdroj obživy. Zásadní je častá ztráta úrodných zemědělských ploch v blízkosti vodních toků, přehrada ničí a ohrožuje četné ekosystémy, ohrožena je také kvalita vod. Je nutné hledat udržitelnější a vhodnější alternativy k výstavbě přehrad, a zaměřit se na změny v procesu plánování těchto staveb. Celý proces by měl být maximálně transparentní. Do procesu plánování je nutné zahrnout veřejnost, využívat formy

participativního rozhodování, a zaměřit se na snížení dopadů jak v oblasti environmentální, tak v oblasti sociální (World Commission on Dams, 2000, s. 20-25).

Na druhou stranu je nutné si uvědomit, že přehrady a vodní nádrže nejen na území Česka představují v oblasti vodohospodářství důležitý nástroj při zmírňování dopadů sucha a nedostatku vody na obyvatelstvo a průmysl. Tyto vodní zdroje byly v ČR většinou vybudované před rokem 1989. Od roku 1990 se spotřeba vody neustále snižuje, a uvádí se, že odběry vody v současnosti jsou v porovnání s rokem 1990 zhruba poloviční. Přesto v posledních letech docházelo k problémům se zásobováním části obyvatelstva vodou, a problémy se projevíly také v zemědělství, lesním hospodářství a průmyslu. V souvislosti se změnou klimatu lze očekávat posilování tohoto trendu. V rámci snah o zajištění dostatečných vodních zdrojů je nezbytné vytvářet ze strany státu a orgánů státní správy vhodné podmínky pro další výzkum a rozvoj této oblasti. V zájmu zvyšování disponibilních zásob vody v území je nutný koncepční a komplexní přístup, a udržitelné využívání vodních zdrojů (Česká republika, 2017, s. 15-22).

Česká republika je nazývána „střechou Evropy“, neboť téměř výhradním zdrojem vody jsou zde dešťové srážky. Neexistuje žádný významný vodní tok přivádějící vodu do Česka, naopak velké řeky, které zde pramení nebo Českem protékají, nakonec území státu opouštějí. Proto je velmi důležité soustředit se na způsoby, jak co nejdéle vodu z dešťových srážek na našem území zadržet. V důsledku nešetrného hospodaření docházelo především před rokem 1989 k nevhodným zásahům v krajině, které vedly k narušení přirozeného vodního režimu, degradaci půdy a ke snížení schopnosti krajiny vodu zadržovat (Hrdoušek et al., 2006, s. 206) (VÚV TGM, 2015, s. 3).

V souvislosti s klimatickou změnou roste průměrná roční teplota a dochází ke změnám mj. v rozložení srážek na Zemi a v chodu srážek v průběhu roku. Častěji se vyskytují suchá období, v zimě je méně sněhu a více dešťů, na jaře se nedostatečně doplňují zásoby podzemních vod, začíná dříve vegetační sezona, míra evapotranspirace se také zvyšuje. Tyto a další faktory způsobují rychlý a výrazný pokles vody v půdě, a v kombinaci s dalšími extrémními projevy počasí pak dochází k dalšímu ohrožení a degradaci půdy (Metelka a Tolasz, 2009, s. 27-29).

Akademie věd České republiky ve svém expertním stanovisku uvádí, že kvalitní a hluboká vrstva půdy s dobrou strukturou může zmírnit průběh a intenzitu sucha. Tyto

parametry bohužel velká část půd v ČR nenaplnuje. Až polovina půd v Česku je ohrožena erozí a 45% půd je utuženo. Jako negativní faktor který dále prohlubuje tyto negativní trendy lze vnímat skutečnost, že na třech čtvrtinách zemědělských ploch jejich majitelé sami nehospodaří, ale půdu pouze pronajímají. Hospodářské subjekty hospodařící na půdě se však zaměřují na vytváření hospodářského zisku, a nemají zájem na realizaci opatření k ochraně půdy, která jsou organizačně i finančně velmi náročná (Akademie věd ČR, 2019).

Zásadní z pohledu zadržování vody v krajině je vodní hospodářství. Velmi dlouho byl kladen důraz na technické využívání vod, čemuž se vodní hospodářství muselo přizpůsobit. Bylo provedeno velké množství negativních zásahů, vedoucích k výraznému zhoršení stavu a funkce naprosté většiny vodních útvarů, a k odvodnění krajiny. Na environmentální aspekty se nehledělo. Od roku 1989 se situace mění k lepšímu, postupně dochází k nápravě nejviditelnějších škod, probíhá odstraňování nevhodných vodohospodářských úprav na vodních tocích, lesní a zemědělské půdě. Jsou revitalizovány části vodních toků především mimo města, ale v některých případech také ve městech. Z pohledu celku je však tempo realizace těchto projektů velmi pomalé. V tomto směru prezentuje Just et al. (2020) zajímavou myšlenku. Tvrdí, že pokud vodohospodářské úpravy probíhaly zhruba 100 let, přičemž o nápravu jejich negativních důsledků se snažíme přibližně 30 let, měla by dnes již být napravena téměř třetina všech případů. A tak přestože bylo v letech 1992-2020 investováno do obnovy krajiny a vodního režimu 31 mld. Kč, uvedeného pokroku zatím dosaženo nebylo. Just et al. dále uvádí, že mezi hlavní příčiny pomalého pokroku při nápravě historických chyb v oblasti krajiny a vodního režimu patří vysoké náklady, určitá setrvačnost v uvažování „části vodohospodářské obce“, a narušený vztah vlastníků k půdě.

7 Závěr a přínos práce

Tato práce si vytyčila za cíl zmapování problematiky v oblasti zadržování vody v krajině na území České republiky, se zaměřením na opatření dosahovaná s využitím technických prostředků a postupů. Cílem autora bylo poskytnout čtenáři ucelený souhrn informací, aby si mohl udělat představu o tom, jaké přístupy se v této oblasti

uplatňují, a aby současně dokázal pochopit, proč je tato problematika pro Česko tak důležitá.

Bylo zpracováno na 20 různých opatření, která jsou využitelná, a většinou již využívaná v rámci ČR. Zahrnuta byla klasická vodohospodářská opatření, ale také tzv. přírodě blízká opatření, která jsou využívána ve stále větší míře. Přínosy každého jednotlivého opatření se liší, a proto je z pohledu zadržování vody v krajině nezbytné využívat je uvážlivě. To platí pro opatření na vodních tocích a v jejich okolí, v zemědělství i v lesích.

Vhodným nástrojem pro zlepšení stavu zemědělské půdy jsou pozemkové úpravy, které mají potenciál racionalizovat zemědělské využívání krajiny, při respektování jejích přirozených funkcí. Jsou však náročné organizačně i finančně. Z důvodu nedostatku finančních prostředků navíc nemusí být realizovány veškeré navržené úpravy, nedosahuje se tedy všech očekávaných přínosů v maximální možné míře.

Pokud jde o zemědělské pozemky z pohledu vlastníků a subjektů hospodařících na půdě, bude v zájmu udržitelného využívání krajiny nutná celková změna přístupu. Je potřeba změnit uvažování celé společnosti takovým způsobem, aby byly dlouhodobé zájmy v péči a využívání krajiny nadřazeny krátkodobým cílům například v podobě osobního zisku. Je nutné posilovat vztah vlastníků k půdě a zvyšovat jejich zájem o stav půdy. Důležité je vzdělávání a informovanost dotčených subjektů a osob ve všech oblastech, které mají dopad na vodní hospodářství. Je třeba všemi dostupnými prostředky motivovat ke změně současného neuspokojivého stavu.

Tato práce prokazuje, že je k dispozici dostatek různých opatření pro zadržování vody v krajině, která lze využít v podmínkách ČR. Některá opatření lze realizovat obtížněji, jiná relativně snadno. Přesto se zdá, že se dostupná řešení nevyužívají v dostatečné míře. Naopak, velmi často se lze setkat s nedodržením elementárních pravidel. Například stále časté je obdělávání půdy po spádnici, namísto po vrstevnici.

Je nutné posilovat provázání výzkumu a praxe. Opatření by v krajině měla být realizována vyšším tempem než dosud, aby mohla co nejefektivněji napomáhat k zadržování vody. V zájmu posílení výsledného efektu je nutné všechna dostupná opatření v krajině vhodně kombinovat. Nelze se zaměřovat jen na jednu oblast, například prosazovat vodní nádrže jako jediné řešení. Množství vody v krajině je třeba zvyšovat plošně v celém území České republiky.

8 Přehled literatury a použitých zdrojů

AHMED, M., O. YOUSIF, M. RAZA a S. ISMAIL, 2016. Groundwater dams, general characteristics and historical development. Journal of Faculty of Engineering and Technology. (23). Dostupné také z:

https://www.researchgate.net/publication/312172913_GROUNDWATER_DAMS_GENERAL_CHARACTERISTICS_AND_HISTORICAL_DEVELOPMENT

AKADEMIE VĚD ČR, 2019. AVex 3/2019: Současný problém sucha v ČR, květen 2019. Akademie věd České republiky. Dostupné také z:

<https://www.avcr.cz/export/sites/avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/avex/files/03-2019-AVEX-SUCHO-def.pdf>

ALOKHINA, T., S. SEMERIKOV, S. CHUKHAREV, S. SAKHNO, A. STRIUK, V. OSADCHYI, V. SOLOVIEVA, T. VAKULIUK, P. NECHYPURENKO, O. BONDARENKO, H. DANYLCHUK, 2020. Rivers revitalisation: approaches to decision. E3S Web of Conferences [online]. 166 [cit. 2022-02-22]. ISSN 2267-1242. Dostupné z: doi:10.1051/e3sconf/202016601010

AOPK ČR, 2022. Výstavba a rekonstrukce malých vodních nádrží. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky [online]. [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://www.dotace.nature.cz/voda-opatreni/obnova-rekonstrukce-nebo-vystavba-malych-vodnich-nadrzi.html>

AOPK ČR, 2022. Dotační programy podporující péči o přírodu a krajinu: Tvorba a obnova tůní, mokřadů a rašelinišť [online]. Asociace ochrany přírody a krajiny České republiky [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://www.dotace.nature.cz/voda-opatreni/revitalizace-odvodnenych-ploch-tune-mokrady-raseliniste.html>

AOPK ČR, 2022. Ramsarská úmluva [online]. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <http://mokrady.ochranaprirody.cz/o-mokradech-ramsarska/>

AQUATIS, nedat. Referenční list: Suchá nádrž Jelení. Aquatis a.s. Dostupné také z: https://www.aquatis.cz/files/reference/Reference_SN_Jeleni.pdf

BRÁZDIL, R. a M. TRNKA, 2015. Sucho v českých zemích: minulost, současnost, budoucnost. Brno: Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, v.v.i. ISBN 978-80-87902-11-0.

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY, 2019. Africa Groundwater Atlas: Case study - Groundwater Dams [online]. [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php/Case_Study_Groundwater_Dams

BROŽA, V. a L. SATRAPA, 2000. Hydrotechnické stavby 10: Přehrady. Praha: Vydavatelství ČVUT.

CÉZA, V., E. ČERMÁKOVÁ, T. KOCHOVÁ, J. MERTL, J. POKORNÝ, J. PŘECH, M. ROLLEROVÁ a V. VLČKOVÁ, 2019. Hodnocení zranitelnosti České republiky ve vztahu ke změně klimatu k roku 2017. Praha: Cenia, česká informační agentura životního prostředí, 49 s.

CITY OF OXFORD, 2017. Stormwater Management Design Manual. City of Oxford. Dostupné také z:

https://www.cityofoxford.org/sites/default/files/service_and_eng/stormwater%20manual%20FINAL%20for%20web%20site%20083117.pdf

CROCETTI, L., M. FORKEL, M. FISCHER, V. JUREČKA, A. GRLJ, A. SALENTINIG, M. TRNKA, M. ANDERSON, W.-T. NG, Ž. KOKALJ, A. BRUCUR, W. DORIGO, 2020. Earth Observation for agricultural drought monitoring in the Pannonian Basin (southeastern Europe): current state and future directions. Regional Environmental Change [online]. 20(4) [cit. 2022-03-16]. ISSN 1436-3798. Dostupné z: doi:10.1007/s10113-020-01710-w

ČERMÁK, P., V. ZATLOUKAL, E. CIENCIALA, R. POKORNÝ, J. KADAVÝ, M. KNEIFL, J. KADLEC, L. DOBROVOLNÝ, A. MARTINÍK, T. MIKITA, Z. ADAMEC, P. KUPEC, R. SLOUP, L. ŠIŠLÁK, K. PULKRAB, M. TRNKA, F. JUREČKA, 2016. Katalog Lesnických adaptačních opatření. První vydání. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 152 s.

ČERNOHOUS, V., V. ŠVIHLA, F. ŠACH a P. KANTOR, 2012. Metodické postupy úpravy vodního režimu lesních půd: certifikovaná metodika. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-050-8. Dostupné také z:

https://www.vulhm.cz/files/uploads/2019/03/LP_1_2012.pdf

ČESKÁ REPUBLIKA, 1992. Zákon č. 334/1992 Sb.: Zákon České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu. Dostupné také z:

<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-334>

ČESKÁ REPUBLIKA, 1992. Zákon č. 114/1992 Sb.: Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-114>

ČESKÁ REPUBLIKA, 1995. Zákon č. 289/1995 Sb.: Zákon o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon). Dostupné také z:

<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-289>

ČESKÁ REPUBLIKA, 1999. Vyhláška č. 137/1999 Sb.: Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1999-137>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2001. Zákon č. 254/2001 Sb.: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Dostupné také z:

<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2002. Vyhláška č. 225/2002 Sb.: Vyhláška Ministerstva zemědělství o podrobném vymezení staveb k vodohospodářským melioracím pozemků a jejich částí a způsobu a rozsahu péče o ně. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-225>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2002. Zákon č. 139/2002 Sb.: Zákon o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně zákona č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění pozdějších předpisů. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-139>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2006. Zákon č. 183/2006 Sb.: Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2006. Vyhláška č. 501/2006 Sb.: Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-501>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2009. Vyhláška č. 268/2009 Sb.: Vyhláška o technických požadavcích na stavby. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2011. Vyhláška č. 216/2011 Sb.: Vyhláška o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-216>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2012. Zákon č. 89/2012 Sb.: Zákon občanský zákoník. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-89>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2013. Zákon č. 256/2013 Sb.: Zákon o katastru nemovitostí (katastrální zákon). Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-256?text=katastr+nemovitost%C3%AD>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2014. Nařízení vlády č. 307/2014 Sb.: Nařízení vlády o stanovení podrobností evidence využití půdy podle uživatelských vztahů. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-307>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2015. Nařízení vlády č. 50/2015 Sb.: Nařízení vlády o stanovení některých podmínek poskytování přímých plateb zemědělcům a o změně některých souvisejících nařízení vlády. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-50>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2017. Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky. Dostupné také z: <https://www.suchovkrajine.cz/komise-voda-sucho/koncepce>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2021. Národní akční plán adaptace na změnu klimatu: Implementační dokument Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR - 1. aktualizace pro období 2021 - 2025. Praha: Ministerstvo životního prostředí. Dostupné také z: https://www.mzp.cz/cz/adaptace_na_zmenu_klimatu

ČESKÁ SPOLEČNOST VODOHOSPODÁŘSKÁ, 2016. Vodní hospodářství obcí: Příručka pro obce. 2. upravené a rozšířené vydání. České Budějovice: Česká společnost vodohospodářská.

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2010. Odtokový proces: Odtok vody - druhy [online]. [cit. 2021-09-26]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff_cz/navmenu.php_tab_1_page_1.4.0.htm

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2019. Aktualizace Komplexní studie dopadů, zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu v ČR z roku 2015. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 385 s.

ČEZ, 2020. Hráz: výklad. Svět energie: Vzdělávací portál ČEZ [online]. [cit. 2022-02-11]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/vodni-elektrarny/vodni-elektrarna-podrobne/hraz/vyklad>

ČVUT, 2019. Přírodě blízká protipovodňová opatření: Katalog opatření pro snižování povodňových škod v zemědělské krajině. Praha: České vysoké učení technické v Praze - fakulta stavební.

DZURÁKOVÁ, M., K. OSIČKOVÁ, J. UHROVÁ, M. ROZKOŠNÝ, L. SMELÍK, D. NĚMEJCOVÁ, S. ZAHŘÁDKOVÁ, P. ŠTĚPÁNKOVÁ, J. MACKŮ, 2017. Potenciál aplikace přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace [online]. 59(4) [cit. 2021-11-05]. ISSN 0322-8916.

DZURÁKOVÁ, M., P. ŠTĚPÁNKOVÁ a V. LEVITUS, 2018. Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a jeho uplatnění ve webové mapové aplikaci pro veřejnost. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace [online]. 60(5), 6-11 [cit. 2021-10-15]. ISSN 03228916. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2018/10/katalog-priode-blizkych-opatreni-pro-zadrzeni-vody-v-krajine-a-jeho-uplatneni-ve-webove-mapove-aplikaci-pro-verejnost/>

EU LEGAL ADVISORY, 2021. Podpora výstavby a obnovy malých vodních nádrží v Jihočeském kraji. Dotační.info [online]. [cit. 2022-03-03].

EUROPEAN COMMISSION, 2007. Drought management plan report: Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects. Luxembourg: European Communities. Dostupné také z: https://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/dmp_report.pdf

EUROPEAN COMMISSION, 2012. Drought and Drought Observation. European Drought Observatory [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/html/1001.html>

EUROPEAN COMMISSION, 2014a. A guide to support the selection, design and implementation of Natural Water Retention Measures in Europe: Capturing the multiple benefits of nature-based solutions. Luxembourg: European Union. ISBN 978-92-79-46060-9. Dostupné také z: <http://nwrn.eu/guide/files/assets/common/downloads/publication.pdf>

EUROPEAN COMMISSION, 2014b. EU policy document on natural water retention measures. Luxembourg: European Union. ISBN 978-92-79-44497-5.

EUROPEAN COMMISSION, 2021. Forging a climate-resilient Europe - the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change [online]. [cit. 2.2.2022]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0082&from=EN>

GLOBAL WATER PARTNERSHIP CENTRAL AND EASTERN EUROPE, 2015. Natural small water retention measures : combining drought mitigation, flood protection, and biodiversity conservation - guidelines. 1st edition. Global Water Partnership Central and Eastern Europe. ISBN 978-80-972060-2-4.

HAMR [online], 2019. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://hamr.chmi.cz/>

HOSPODÁŘSKÉ NOVINY, 2020. Hydrogeologové se pokusí doplnit podzemní vodu pomocí vrtů. Ta z "podzemních hrází" je kvalitnější. Hospodářské noviny [online]. *Economia* [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://archiv.hn.cz/c1-66765890-hydrogeologove-se-pokusi-doplnit-podzemni-vodu-pomoci-vrtu-ta-z-podzemnich-hrazi-je-kvalitnejsi>

HRDOUŠEK, V., J. BARTÁK, H. KREJČÍŘÍKOVÁ, T. ROTTER, L. VÉBR a K. VRÁNA, 2006. Inženýrské stavby. Praha: Informatorium. ISBN 80-7333-048-2.

HVISTENDAHL, M., 2008. China's Three Gorges Dam: An Environmental Catastrophe?. *Scientific American* [online]. [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.scientificamerican.com/article/chinas-three-gorges-dam-disaster/>

ICOLD, 1997. Position Paper on Dams and Environment. Paris: International Commission on Large Dams. Dostupné také z: https://www.icold-cigb.org/include/file.asp?id=160&type_download=0&id_langue=2

Intersucho [online], 2022. Brno: Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.intersucho.cz/cz/?from=2022-02-17&to=2022-03-17¤t=2022-03-13>

IPCC, 2021. Climate Change 2021 - The Physical Science Basis: Summary for Policymakers. Cambridge: Cambridge University Press.

ISHIDA, S., T. TSUCHIHARA, S. YOSHIMOTO a M. IMAIZUMI, 2011. Sustainable Use of Groundwater with Underground Dams. *Jarq-japan Agricultural Research Quarterly*. 45(1), 51-61. ISSN 2185-8896.

JANDORA, J., 2004. Vodohospodářské stavby: Modul 01 - Základy hydrauliky. Brno: Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební.

JANEČEK, M., T. DOSTÁL, J. KOZLOVSKY DUFKOVÁ, M. DUMBROVSKÝ, J. HŮLA, V. KADLEC, J. KONEČNÁ, P. KOVÁŘ, J. KRÁSA, E. KUBÁTOVÁ, D. KOBZOVÁ, M. KUDRNÁČOVÁ, I. NOVOTNÝ, J. PODHRÁZSKÁ, J. PRAŽAN, E. PROCHÁZKOVÁ, H. STŘEDOVÁ, F. TOMAN, J. VOPRAVIL, J. VLASÁK, 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí - metodika. Praha: Česká zemědělská univerzita.

JUST, T., K. KUJANOVÁ, K. ČERNÝ a M. KUBÍN, 2020. Ochrana a zlepšování morfologického stavu vodních toků: Revitalizace, dílčí vodohospodářská opatření, podpora renaturačních procesů. 1. vydání. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. ISBN 978-80-7620-069-2.

JUST, T., 2011. Využití renaturací: úspěšný koncept ekologicky orientované správy vodních toků?. Vodní hospodářství. Čkyně, 61(1), 29-33. ISSN 1211-0760.

OKRUSZKO T., S. BOKAL, I. KARDEL, R. MULLER, D. PUSŁOWSKA-TYSZEWSKA, D. SWIATEK, J. O'KEEFFE, M. PINIEWSKI, A. CIBLIĆ, L. VUKMANIĆ, A. PUGELJ, U. BRODNIK, É. LAJKÓ, G. FASKAS, J. FEHÉR, M. VÁCI, N. GÁSZITY, P. SÓLYOM, M. SUPEKOVÁ, E. FELDBACHER, 2020. Practical Guidelines on planning Natural and Small Water Retention Measures. FramWat.

KŘOVÁK, F., P. KOVÁŘ a V. KADLEC, 2014. Technická protierozní opatření: Hrazení bystrin a strží - metodika. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 68 s. ISBN 978-80-87361-31-3.

KULHAVÝ, Z., P. FUČÍK a L. TLAPÁKOVÁ, 2011. Pracovní postupy eliminace negativních funkcí odvodňovacích zařízení v krajině pro podporu žadatelů o PBO v prioritních osách 1 a 6: Metodická příručka pro žadatele OPŽP. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Dostupné také z: https://www.mzp.cz/cz/odvodnovaci_zarizeni_krajina

KULHAVÝ, Z., P. FUČÍK, M. SOUKUP a M. ČMELÍK, 2011. Pracovní postupy eliminace negativních funkcí odvodňovacích zařízení v krajině pro podporu žadatelů o PBO v prioritních osách 1 a 6: Metodická příručka pro žadatele OPŽP - přílohy. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Dostupné také z: https://www.mzp.cz/cz/odvodnovaci_zarizeni_krajina

KYNCL, J., 2017. Letokruhy jako kalendář i záznamník: zajímavosti z dendrochronologie. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0198-6.

LESY ČR, 2022. Revitalizace Zádolského potoka [online]. LESY ČR. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://lesy-cr.cz/rady-a-osveta/informace-o-financni-podpore-z-evropske-unie/dokoncene-projekty/revitalizace-zadolskeho-potoka/>

LESY ČR, 2022. Na Borkovických blatech se zase začne tvořit rašelina Lesy ČR obnovily 9 hektarů a projekt pokračuje [online]. LESY ČR. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://lesy-cr.cz/na-borkovickykh-blatech-se-zase-zacne-tvorit-raselina-lesy-cr-obnovily-9-hektaru-a-projekt-pokracuje/>

LIŠKA, M., K. SOUKUPOVÁ, J. DOBIÁŠ, A. METELKOVÁ, J. GOLDBACH a T. KVÍTEK, 2016. Jakost vody ve vodárenské nádrži Švihov na Želivce a jejím povodí se zaměřením na specifické organické látky. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace [online]. 58(6), 4-11 [cit. 2022-01-29]. ISSN 03228916. Dostupné z: doi:10.46555/VTEI.2016.03.001

MARKOVÁ, J., nedat. Hrazení bystřin a strží: didaktická pomůcka. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

METELKA, L. a R. TOLASZ, 2009. Klimatické změny: fakta bez mýtů. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí. ISBN 978-80-87076-13-2.

Metodika vymezování územního systému ekologické stability: Metodický podklad pro zpracování lánů územního systému ekologické stability v rámci PO4 OPŽP 2014-2020, 2017. Praha: Ministerstvo životního prostředí.

MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR, 2019. Vsakování srážkových vod: Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj - odbor stavebního řádu.

MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, 2021. Národní plán obnovy: Plán pro oživení a odolnost České republiky. Konsolidované znění po konzultacích s Evropskou komisí. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2011. Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území. Praha.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2021. Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2020. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-626-2.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, 2015. Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Praha: Ministerstvo životního prostředí. Dostupné také z: https://www.mzp.cz/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, 2017. Národní akční plán adaptace na změnu klimatu [online]. [cit. 2.2.2022]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu/\\$FILE/OEOK_NAP_adaptace-aktualizace_2021.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu/$FILE/OEOK_NAP_adaptace-aktualizace_2021.pdf)

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, 2018. Národní program Životní prostředí: Výzva č. 12/2017: Dešťovka II [online] [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://www.narodniprogramzp.cz/nabidka-dotaci/detail-vyzvy/?id=50>

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, 2021. Další krok k ochraně půdy v ČR: Začíná platit protierozní vyhláška. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20210630

MORAVSKOSLEZSKÝ KRAJ, 2020. Adaptační strategie Moravskoslezského kraje na dopady změny klimatu [online]. [cit. 2.2.2022]. Dostupné z: https://www.msk.cz/assets/temata/zivotni_prostredi/adaptacni-strategie-moravskoslezskeho-kraje-na-dopady-zmeny-klimatu---leden-2020.pdf

MZČR, 2022. O aplikaci Registr půdy. EAGRI [online]. Ministerstvo zemědělství České republiky [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/>

NADACE PRO ROZVOJ ARCHITEKTURY A STAVITELSTVÍ, nedat. Masarykovo zdymadlo Střekov. Stavba roku [online]. [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: <http://www.stavbaroku.cz/printDetail.do?Dispatch=ShowDetail&siid=1560>

NOVÁK, P. a M. TOMEK, 2015. Prevence a zmírňování následků přívalových povodní ve vztahu k působnosti obcí: Certifikovaná metodika výsledků výzkumu, vývoje a inovací. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj.

NOVOTNÝ, I., V. PAPAJ, J. PODHRÁZSKÁ, J. KAPIČKA, J. VOPRAVIL, H. KRISTENOVÁ, M. MISTR, D. ŽÍŽALA, D. KINCL, J. SRBEK, M. POCHOP, T. DOSTÁL, J. KRÁSA, V. KADLEC, 2017. Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. Ministerstvo zemědělství, 92 s. Aktualizované znění - březen 2017.

ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT, 2003. Stormwater Management Planning and Design Manual. Ontario: Queens's Printer for Ontario. ISBN 0-7794-2969-9. Dostupné také z: <https://dr6j45jk9xcmk.cloudfront.net/documents/1757/195-stormwater-planning-and-design-en.pdf>

POKORNÝ, D., V. PEŠEK a A. MEDUNOVÁ, 2006. Voda v ČR do kapsy. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 80-7084-498-1.

POVODÍ VLTAVY, 2013. Vodní díla a nádrže: Nádrže ve správě Povodí Vltavy, státní podnik. Povodí Vltavy [online]. Povodí Vltavy, státní podnik [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vodni-dila/vodni-dila-a-nadrze>

PRAGUE CITY HALL, 2020. Capital city of Prague climate change adaptation strategy [online]. [cit. 2.2.2020]. Dostupné z: https://adaptacepraha.cz/wp-content/uploads/2020/08/adaptation_strategy_eng_web_compressed.pdf

ROŽNOVSKÝ, Jaroslav, 2014. Sucho na území České republiky. Živa. Academia, (1), 2-3.

ŘÍHA, J., M. SEDLÁČEK, P. SMRŽ, R. VESELÝ a S. ŽATECKÝ, 2014. Návrh a realizace suchých nádrží: Z pohledu technicko bezpečnostního pohledu. Praha: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7212-600-2.

SEMCOG, 2008. Low Impact Development Manual for Michigan. Detroit: Southeast Michigan Council of Governments Information Center. Dostupné také z: <https://semcog.org/desktopmodules/SEMCOG.Publications/GetFile.ashx?filename=LowImpactDevelopmentManualforMichiganSeptember2008.pdf>

SHAW, D. a R. SCHMIDT, 2013. Plants for stormwater design. 1. vydání. Saint Paul: Minnesota Pollution Control Agency, 64 s.

SLAVÍK, L. a M. NERUDA, 2014. Hospodaření s vodou v krajině. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí. ISBN 978-80-7414-803-3.

STÁTNÍ POZEMKOVÝ ÚŘAD, 2010. Metodický návod k provádění pozemkových úprav. Praha: Státní pozemkový úřad – Odbor metodiky a řízení pozemkových úprav. Aktualizovaná verze k 1.1.2016.

STÁTNÍ POZEMKOVÝ ÚŘAD, 2014. Pozemkové úpravy: Nástroj pro udržitelný rozvoj venkovského prostoru. 5. doplněné vydání. Praha: Státní pozemkový úřad, 50 s.

STÁTNÍ POZEMKOVÝ ÚŘAD, nedat. Vodohospodářské opatření VO 1 realizované v rámci KoPÚ v k.ú. Horní Slavkov. Státní pozemkový úřad [online]. [cit. 2022-03-01]. Dostupné z:

<https://www.spucr.cz/aktuality/archiv/karlovarsky/vodohospodarske-opatreni-vo-1-realizovane-v-ramci-kopu-v-k-u-horni-slavkov.html>

SÝKOROVÁ, M., P. TOMÁNEK, L. ŠUŠLÍKOVÁ, N. STAŇKOVÁ, M. HABALOVÁ, M. ČTVERÁK, J. MACHÁČ a M. HEKRLE, 2021. Voda ve městě: Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu. První vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze v spolupráci s Univerzitou Jana Evangelisty Purkyně, 204 s. ISBN 978-80-01-06817-5. Dostupné také z: https://www.mzp.cz/cz/hospodareni_s_destovou_vodou

SYNÁČKOVÁ, Marcela, 2014. Základy vodního hospodářství. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze - Fakulta životního prostředí.

ŠACH, F., P. KANTOR a V. ČERNOHOUS, 2007. Lesnický průvodce 1/2007: Metodické postupy etodické postupy obhospoda bhosporařování les ování lesů s vodohospodá vodohospodářskými funkcemi unkce. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. ISBN 978-80-86461-84-7. Dostupné také z: https://www.vulhm.cz/files/uploads/2019/03/lp_2007_01.pdf

ŠÁLEK, J. a V. TLAPÁK, 2001. Ekologická a vodohospodářská funkce malých vodních nádrží v lesním prostředí. Vodní hospodářství. 61(1), 39-43. ISSN 1211-0760.

THE CITY OF CAPE TOWN DEVELOPMENT SERVICE, 2002. Stormwater Management Planning and Design Guidelines for New Developments. Cape Town: The City of Cape Town. Dostupné také z:

http://observatoriaigua.uib.es/repositori/suds_sudafrica_guidelines.pdf

TRCA, 2010. Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide. Toronto: Toronto and Region Conservation Authority. Dostupné také z: <https://cvc.ca/low-impact-development/>

UNITED NATIONS, 1992. United Nations Framework Convention on Climate Change [online]. [cit. 2.2.2022]. Dostupné z: https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_english_for_posting.pdf

UNITED NATIONS, 1997. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change [online]. [cit. 2.2.2022]. Dostupné z: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/cop3/107a01.pdf>

UNITED NATIONS, 2015. Paris agreement [online]. [cit. 2.2.2022]. Dostupné z: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf

UNITED NATIONS, 2021. Glasgow Climate Pact. Dostupné také z: https://www.mzp.cz/cz/glasgowsky_klimaticky_pakt

UNITED STATES FISH AND WILDLIFE SERVICE REGION 5, 2019. Fish Passage Engineering Design Criteria. Massachusetts: United States Fish and Wildlife Service.

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, 2004. TNV 75 2910: Manipulační řády vodních děl na vodních tocích. Praha.

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, 2004. TNV 75 2920: Provozní řád hydrotechnických vodních děl. Praha.

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, 2009. ČSN 75 2101: Ekologizace úprav vodních toků. Praha.

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, 2011. ČSN 75 2410: Malé vodní nádrže. Praha.

VESELÝ, Jaroslav, 2004. Vodohospodářské stavby. Brno: Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební.

VIZINA, A., L. STROUHAL, M. DZURÁKOVÁ, V. MORAVEC a E. MELIŠOVÁ, 2018. Studie hodnocení účinku přírodně blízkých opatření v povodí Olešné u Pelhřimova pomocí modelů BILAN, HEC-HMS a HYPE. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace [online]. 60(5), 12-20 [cit. 2021-10-15]. ISSN 03228916. Dostupné z: doi:10.46555/VTEI.2018.07.003

VOKURKA, A. a K. ZLATUŠKA, ed., 2020. Technická doporučení pro hrazení bystřin a strží. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-557-9.

VOPRAVIL, J., P. KULÍŘOVÁ a Z. KULHAVÝ, 2015. Povodně a sucho – krajina jako základ řešení 3. Voda v zemědělských půdách. Živa. 2015(3), 116-119. ISSN 0044-4812.

VRÁNA, K. a J. BERAN, nedat. Rybníky a účelové nádrže. Praha: České vysoké učení technické v Praze - fakulta stavební.

VÚV TGM, 2015. Návrh koncepce řešení krizové situace výskytu sucha a nedostatku vody v České republice: Projekt Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území ČR. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. Dostupné také z:

http://sucho.vuv.cz/wp-content/uploads/2016/02/Koncepce_reseni_kriz_situace_sucho.pdf

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ, 2015. Výukový modu MPV7: Vodní hospodářství. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ, 2016. Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice sucha v roce 2016 - úkol 3702: Potenciál aplikace přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů. Brno: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v.v.i., 216 s.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ, 2017. Aktualizace ochranných pásem vodních zdrojů (OPVZ) a vodárenských nádrží (OPVN) [online]. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v.v.i., 19.11.2021 [cit. 2022-03-02]. Dostupné z:

<https://vuv.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=88f5f6d4ec4a4505827e944e1af1e491>

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ, 2017. Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2017 – úkol 3702: Závěrečná zpráva - příloha č.1. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v.v.i. Dostupné také z: https://suchovkrajine.cz/sites/default/files/vystup/07-opvz-priloha1_0.pdf

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ, 2018. Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v.v.i.

WORLD COMMISSION ON DAMS, 2000. Dams and Development: A new framework for decision-making. ISBN 978-1-85383-797-5.

WU, W., M. LO, Y. WADA, J. FAMIGLIETTI, J. REAGER, P. YEH, A. DUCHARNE a Z. YANG, 2020. Divergent effects of climate change on future groundwater availability in key mid-latitude aquifers. *Nature Communications* [online]. 11(1) [cit. 2022-02-01]. ISSN 2041-1723. Dostupné z: doi:10.1038/s41467-020-17581-y

XU, X., Y. TAN a G. YANG, 2013. Environmental impact assessments of the Three Gorges Project in China: Issues and interventions. *Earth-Science Reviews*. (124), 115-125. ISSN 0012-8252. Dostupné z: doi:10.1016/j.earscirev.2013.05.007

9 Seznam obrázků

Obrázek 1: Srovnání zemní a betonové hráze. Dle pořadí: zemní hráz, betonová hráz klenutá, gravitační a s opěrnými pilíři (ČEZ, 2020), úprava autor.	22
Obrázek 2: Porovnání principů povrchové přehrady a podzemní přehrady (Ishida et al., 2011), úprava autor.	26
Obrázek 3: Vizualizace suché nádrže při běžném průtoku (vlevo) a při naplnění (Aquatis, nedat.), úprava autor.	29
Obrázek 4: Malá vodní nádrž. Vlevo na obrázku je vidět zemní hráz (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018).	30
Obrázek 5: Pohled na vodní dílo Švihov. V pravé spodní části obrázku je vidět zemní hráz a zcela vpravo úpravna vody (Liška et al., 2016).	34
Obrázek 6: Masarykovo zdymadlo Střekov. Vlevo je 2x zdymadlo, uprostřed pohyblivé jezové uzávěry a napravo objekt vodní elektrárny (Nadace pro rozvoj architektury a stavitelství, nedat.).	35
Obrázek 7: Příklad revitalizace vodního toku v extravilánu. Vlevo technicky upravené koryto (hluboké a přímé), uprostřed stav koryta po revitalizaci v roce 2004, napravo vodní koryto v roce 2008 (Just et al., 2020), úprava autor.	38
Obrázek 8: Pražský park Stromovka je typickým příkladem tzv. povodňového parku. V roce 2019 byla plocha parku revitalizována a byly zde vytvořeny nové vodní plochy (Just et al., 2020).	40
Obrázek 9: Poškození koryta vodního toku zvýšenými povodňovými průtoky (Just et al., 2020), úprava autor.	41
Obrázek 10: Technicky upravené okolí pramene – studánka Hluboká (Lesy ČR, 2022).	42
Obrázek 11: Příklad využití DPZ (vlevo) a GIS (vpravo) při ověřování a zpřesňování dokumentace jednotlivých částí hydromelioračních systémů (Kulhavý et al., 2011).	45
Obrázek 12: Zatravněný průleh realizovaný v rámci komplexních pozemkových úprav (Státní pozemkový úřad, nedat.).	47
Obrázek 13: Zatravněný svodný příkop s doprovodným travním pásem vlevo (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018).	50
Obrázek 14: Protierozní mez tvořící stupeň, čímž napomáhá ke snížení sklonu přilehlých pozemků (Novotný et al., 2017).	51
Obrázek 15: Nově vybudovaná ochranná hrázka s vysázenými stromy, které budou doplněné zatravněním. Hrázka chrání přilehlou komunikaci a níže položené pozemky (Státní pozemkový úřad, 2014).	53
Obrázek 16: Dvě gabionové přehrážky vybudované na zatravněné údolnici (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018).	54
Obrázek 17: Terasy s jednou řadou stromů (Výzkumný ústav vodohospodářský, 2018).	56
Obrázek 18: Pásky větrolamů jako součást krajiny (Novotný et al., 2017).	57
Obrázek 19: Přehrážka z tzv. rezného zdiva v horském svahu. Pod přehrážkou je vidět hrubý balvanitý skluz pro tlumení energie dopadající vody (Vokurka a Zlatuška, 2020).	59

Obrázek 20: Tůň v lese (Lesy ČR, 2022).....	62
Obrázek 21: Obnovený mokřad, který postupně vysychal a zarůstal náletovými dřevinami. Opětovného zavodnění bylo dosaženo zaslepením odvodňovacích kanálů a jejich přehrazením dřevěnými přehrázkami v počtu 43 ks (Lesy ČR, 2022).....	65
Obrázek 22: Revitalizovaný potok Brusnice v Praze, který byl dlouhá léta zatrubněný (Just et al., 2020).	69
Obrázek 23: Podzemní nádrž pro akumulaci srážkových vod u nemovitosti a jejich další využití (vlevo), napravo je pak zobrazeno vsakovací zařízení pro přebytečnou vodu (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2019).....	71

10 Seznam tabulek

Tabulka 1: Vodní díla zařazená do tzv. Vltavské kaskády, jejich objemy a rozlohy vodní plochy (Povodí Vltavy, 2013), úprava autor.....	21
--	----