

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a enviromentálního
modelování



Bakalářská práce

Opatření využívaná ke zvýšení retence vody
v krajině České republiky

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Lucie Poláková

Autor práce: Zdeněk Záhoř

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zdeněk Záhoř

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Opatření využívaná ke zvýšení retence vody v krajině České republiky

Název anglicky

Measures used to increase water retention in the landscape of the Czech Republic

Cíle práce

Cílem závěrečné práce je formou rešerše popsat možnosti zvýšení retence vody v krajině České republiky s ohledem na klimatické změny. Práce zhodnocuje problematiku sucha, aktuální míru schopnosti české krajiny zadržovat vodu a popisuje opatření, která retenci vody v krajině napomáhají, s jejich výhodami i nevýhodami. Jsou popsány další faktory ovlivňující retenci vody v krajině a předloženy návrhy pro zlepšení situace v České republice. Práce zahrnuje možnosti financování obnovy retence vody v krajině za využití dotačních programů.

Metodika

- úvod
- cíle práce
- literární rešerše studované problematiky
- přehled stávající legislativy
- zhodnocení zjištěných informací
- shrnutí
- diskuze
- závěr
- použitá literatura

Doporučený rozsah práce

35-40 stran

Klíčová slova

retence vody v krajině, klimatické změny, sucho, vodní eroze

Doporučené zdroje informací

- Cílek V., 2021: Zadržování vody v krajině od pravěku do dneška, Praha: Středisko společných činností AV ČR, Věda kolem nás, 111.
- Dumbrovský M., Podhrázská J., Kučera J., Karásek P., 2017: Retenční schopnost půdy a krajiny a možnosti jejího zvyšování v podmínkách klimatické změny. Brno: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy
- Kulhavý Z., Štibinger J., Křovák F., 2015: Opatření k posílení infiltračních procesů v krajině: metodika – uživatelský výstup projektu QJ1220050. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, ISBN 978-80-87361-52-8.
- Rožnovský, J., 2014: Klimatická změna: dopady na krajinu. Sborník Povodně a sucho: krajina jako základ řešení. Vydal Botanický ústav AVČR. ISBN 978-80-86188-4
- Sajikumar, N., Remy, R.S., 2015): Impact of land cover and land use change on runoff characteristics. Journal of Environmental Management 161: 460-468
-

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Lucie Poláková

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 5. 12. 2022

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 12. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 07. 01. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Opatření využívaná ke zvýšení retence vody v krajině České republiky" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.03.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Lucii Polákové, za poskytnutí odborného vedení a vstřícný přístup v průběhu zpracování bakalářské práce.

Abstrakt

Bakalářská práce popisuje formou rešerše opatření ke zvýšení retence vody v krajině České republiky. Nejprve je představen význam retence vody v krajině a jsou vysvětleny základní pojmy a definice související s půdou a půdní vodou. Dále jsou popsány hydrologické extrémny jako sucho a povodně, včetně jejich typů. V další části jsou analyzovány typy krajinného krytu, jako jsou lesní plochy, zemědělské pozemky, vodní plochy a zastavěná území. Tento popis slouží k pochopení interakce vody a daného typu krajinného krytu a je nezbytný k další části práce, kde jsou představena konkrétní opatření, která lze použít ke zvýšení retence vody v krajině. Dále jsou diskutovány otázky financování a dotací na obnovu retenční schopnosti krajiny a legislativa v této oblasti. Na konci práce je představen konkrétní příklad vývoje území v čase a jsou uvedeny příklady jednotlivých mapových nástrojů nesoucích informace o vlastnostech půdy a výběru lokalit vhodných pro zavedení možných návrhů opatření pro zvýšení retence vody. Práce slouží jako komplexní představení problematiky zadržování vody v krajině s cílem pochopit důležitost retence vody a metod, jak dosáhnout jejího zvýšení v jednotlivých typech krajinného krytu.

Klíčová slova: Hydrologické extrémny, vodní eroze, půda, dotace na podporu retence vody

Abstract

The bachelor thesis describes measures to increase water retention in the landscape of the Czech Republic. First, the importance of water retention in the landscape is introduced and the basic concepts and definitions related to soil and soil water are explained. Then hydrological extremes such as drought and floods are described, including their types. In the next section, types of landscape cover such as forest areas, agricultural land, water bodies and built-up areas are analysed. This description is used to understand the interaction between water and a given landscape cover type and is essential to the next part of the paper, where specific measures that can be used to increase water retention in the landscape are presented. Furthermore, the issues of funding and subsidies for landscape water retention restoration and legislation in this area are discussed. At the end of the thesis, a concrete example of the evolution of a territory over time is presented and examples of different mapping tools carrying information on soil properties and the selection of sites suitable for the implementation of possible proposals for measures to increase water retention are given. The thesis serves as a comprehensive introduction to the issue of water retention in the landscape, with the aim of understanding the importance of water retention and methods to achieve its increase in different types of landscape cover.

Key words: Hydrological extremes, water erosion, soil, subsidies to support water retention

Obsah

1.	Úvod.....	10
2.	Cíl práce	11
3.	Literární rešerše.....	12
3.1	Definice a význam retence vody v krajině.....	12
3.2	Půda – základní pojmy a definice	13
3.2.1	Vznik půdy	13
3.2.2	Obsah vody v půdě, půdní hydrolimity.....	13
3.2.3	Půdní voda.....	18
3.3	Hydrologické extrémny – sucho, povodně	19
3.3.1	Sucho.....	20
3.3.2	Druhy sucha	20
3.3.3	Meteorologické sucho	21
3.3.4	Agronomické sucho	21
3.3.5	Hydrologické sucho	21
3.3.6	Socioekonomické sucho.....	22
3.3.7	Sucho v ČR	22
3.3.8	Povodně.....	23
3.3.9	Typy povodní	23
3.4	Retence v jednotlivých typech krajinného krytu.....	24
3.4.1	Lesy	24
3.4.2	Zemědělsky obhospodařovaná půda	25
3.4.3	Vodní plochy.....	27
3.4.4	Zastavěná území.....	31
3.5	Schopnost České krajiny zadržovat vodu	32
3.5.1	Lesy	32

3.5.2	Zemědělské pozemky	33
3.5.3	Vodní plochy	34
3.5.4	Zastavěná území	35
3.6	Opatření pro zvýšení retence vody v krajině.....	36
3.6.1	Lesy	36
3.6.2	Zemědělské pozemky	39
3.6.3	Vodní plochy	47
3.6.4	Zastavěné území	56
3.7	Financování a dotace na obnovu retenční schopnosti krajiny.....	66
3.7.1	Lesy	66
3.7.2	Zemědělské pozemky	67
3.7.3	Vodní plochy	69
3.7.4	Zastavěné území	70
3.8	Legislativa.....	72
3.8.1	Koncepční nástroje zadržování vody v krajině	72
3.8.2	Strategický rámec Česká republika 2030	72
3.8.3	Koncepce ochrany před následky sucha v ČR	73
3.8.4	Vliv územního rozvoje na retenci vody v krajině	73
3.8.5	Plánování v oblasti vod	74
3.8.6	Další legislativní nástroje	75
3.9	Příklady nástrojů určených pro vymezení lokalit s potřebou zavedení opatření zlepšujících retenci vody v krajině s ukázkou na zvoleném území	76
4.	Shrnutí.....	91
5.	Diskuze.....	92
6.	Závěr	94
7.	Použitá literatura	95

1. Úvod

Existence živých organismů je závislá na vodě, která je nenahraditelným přírodním zdrojem. Voda je nezbytná pro přeměnu kinetické energie slunečního záření na energii potenciální, tj. organickou hmotu, biomasu a pro řadu fyziologických, biochemických, transportních a dalších životních procesů všech živých organismů. Voda také výrazně ovlivňuje morfologické procesy, které utvářejí zemský povrch a reliéf krajiny. Z celkového množství vody v hydrosféře představuje sladká voda pouze 3 %, zatímco zbylých 97 % je slaná a nevhodná ke konzumaci. Z toho více než 30 % sladké vody se nachází v podzemí (Slavík a Neruda, 2014).

Voda, potřebná pro koloběh vody v České republice, pochází výhradně ze srážek. Do ČR nepřitékají žádné významné vodní toky, naopak spíše naše území opouštějí. Je proto důležité zvážit, jak se srážky chovají na různých typech povrchu. Pokud jde o zpevněné povrchy, jako jsou městské oblasti, voda z nich rychle odtéká. Nicméně, pokud spadne na nezastavěnou plochu, dochází k procesu vsakování. Vsakování, tedy pronikání vody do půdy, zlepšuje mikroklima a půda pak postupně uvolňuje zadrženou vodu v závislosti na svých retenčních schopnostech. Zbylá voda se pak dostává hlouběji do podzemí, kde dotuje podzemní vodní zdroje a část se odpařuje zpět do ovzduší. Další funkcí půdy je její filtrační účinek, díky kterému se voda čistí a zlepšuje kvalitu. Půda tedy významně přispívá k regulaci vody v krajině a pomáhá předcházet vzniku povodní a sucha (MZe, 2020).

I to patří mezi důvody, proč je otázka retence vody v rámci klimatické změny tak zásadní (Luboš Borůvka, 2022).

2. Cíl práce

Cílem závěrečné práce je formou rešerše popsat možnost zvýšení retence vody v krajině České republiky s ohledem na klimatické změny. Popisuje principy zadržování vody v krajině, a to v různých prostředích na území České republiky. Práce zhodnocuje problematiku sucha, aktuální míru schopnosti české krajiny zadržovat vodu a popisuje opatření, která retenci vody v krajině napomáhají, s jejich výhodami i nevýhodami. Jsou popsány další faktory ovlivňující retenci vody v krajině a předloženy návrhy pro zlepšení situace v České republice. Práce zahrnuje možnosti financování obnovy retence vody v krajině za využití dotačních programů.

3. Literární řešerše

3.1 Definice a význam retence vody v krajině

Jednou z významných funkcí krajiny je její schopnost zadržet určité množství vody, tuto vlastnost nazýváme retenční schopnost krajiny. Zadržení vody je klíčové v jejím následném postupném uvolňování, obzvláště v České republice, kde jsou hlavním zdrojem vody dešťové srážky. Problém tedy nastává v případě nedostatečné retence vody krajiny, jelikož v mimo srážkovém období bude vody nedostatek. Z toho vyplývá, že dostatečnou retencí vody v krajině zamezíme nejen suchu, ale i povodním. Jelikož bude voda odtékat z krajiny pomaleji, sníží se maxima povodňových průtoků. Dalšími výhodami je zlepšení mikroklimatu dané lokality, omezení degradace půdy vodní erozí a mnohá další pozitiva (Kročová Š., Kavan Š., 2019).

3.2 Půda – základní pojmy a definice

Půda je velmi těžko obnovitelný přírodní zdroj a velice obsáhlé téma, pro tuto práci je ale nepostradatelné uvést informace o půdě, popsat ekologické funkce půdy, zejména retenci vody. Půda je nedílnou součástí krajiny a stav půdy je pro stav krajiny zásadní. Důraz kladený čistě na produkční funkci, bez odpovídajícího zohlednění ekologických funkcí vedou postupem času k degradaci zemědělských půd (Miloslav Šimek, 2005).

Jedna z mnoha definic popisuje půdu jako komplexní dynamický přírodní útvar tvořený minerálním a organickým materiálem a živými organismy, ve kterém rostou rostliny. Půda vzniká z povrchových zvětralin zemské kůry a zbytků organismů. Působením půdotvorných faktorů je schopna zajišťovat životní podmínky organismům, kteří v ni žijí. Kromě přírodních faktorů a zákonitosti podléhá vývoj půdy vlivu člověka, přinejmenším od dob, kdy lidé začali půdu vědomě užívat. Vliv člověka působí v čase podstatně rychleji a nezávisle na ostatních faktorech, v zastavěných oblastech má však zásadní dopad (Miloslav Šimek, 2005).

3.2.1 Vznik půdy

Půda vzniká dlouhodobými procesy, které jsou výsledkem zvětrávání hornin a minerálů, fyzikálních a chemických procesů, účasti organismů a biologických faktorů. Tyto procesy vedou k proměnám minerálů a organických látek a k přemísťování částic, což vede ke vzniku a vývoji půdy. Tyto procesy jsou platné pro všechny podmínky a typy půd, ale jejich výsledky jsou ovlivněny mnoha faktory, které určují vlastnosti půdy. Tyto vlastnosti se postupně mění v průběhu dalšího vývoje půdy, což ovlivňuje celkový charakter půdy (Miloslav Šimek, 2005).

3.2.2 Obsah vody v půdě, půdní hydrolimity

„Půda je nádherný přírodní útvar. Útvar plný života. Útvar, který nás živí. Přírodní útvar chránící vodu, kterou pijeme“ (Rejšek, Vácha, 2018).

Půdní charakteristika má vliv na množství zadržené vody a na vegetaci, která půdu pokrývá. Půda se skládá z půdních profilů, které se skládají z několika charakteristických horizontů, nejčastěji tří. Nejvrchnější vrstva, horizont A, přichází

do styku s vodou jako první a často obsahuje nejvíce humusu, ale zároveň bývá srážkovou vodou vymyta a zbavena množství živin (Moldan, 2009).

Obsah vody v půdě se vyjadřuje nejčastěji hmotnostně nebo objemově. Hmotnostní obsah vody je dán hmotností vody na jednotku hmotnosti půdy, a to buď ve vlhkém nebo suchém stavu.

- Užívané Jednotky jsou: $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ nebo hmotnostní %

Objemový obsah vody v půdě je dán objemem vody v jednotkovém objemu půdy (ve vlhkém stavu) a udává se v cm^3 vody na cm^3 půdy. Takto vyjádřený obsah vody v půdě je přímo srovnatelný s pórovitostí půdy. Také se udává v objemových procentech (Rejšek, Vácha, 2018).

Aktuální množství vody je výsledkem souhrnu zdrojů a ztrát vody v půdě. Zároveň je tato veličina dána vododržností, tedy množstvím vody, které se v dané objemové jednotce půdy může zadržet. S rostoucím obsahem kameniva klesá vododržnost a s ní i schopnost půdy zadržovat vodu. Půdní hydrolimity pak charakterizují, jak kvalitativně a kvantitativně jsou vztahy mezi půdou a vodou. Určují, jak snadno se voda v půdě pohybuje a jak je dostupná pro rostliny (Nimmo, 2004).

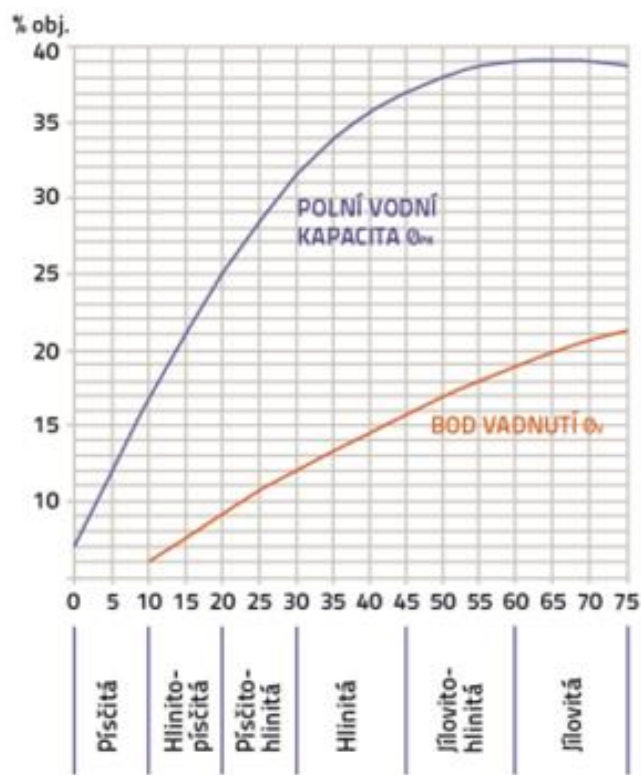
Půdní póry představují klíčový faktor v procesech vodního režimu půdy. Ty se dělí na mikropóry (velikost menší než 0,06 mm) a makropóry (velikost větší než 0,06 mm). Větší póry jsou pro půdní vodu mnohem snadněji prostupné, což umožňuje rychlý tok vody půdou. Na druhé straně menší mikropóry zadržují vodu na delší dobu, ale umožňují horší přístupnost vzduchu a živin pro rostliny. Porozita půdy je tedy klíčovým faktorem pro regulaci vodního režimu a dostupnosti živin pro rostliny v půdě (Nimmo, 2004).

Póry různých velikostí jsou zastoupeny v půdě v závislosti na její textuře, struktuře a míře zhutnění, přičemž se nacházejí jak mezi půdními agregáty, tak i mezi půdními částicemi uvnitř agregátů. Velké póry ($> 50 \mu\text{m}$) obsahují vodu pouze tehdy, je-li půda zamokřená, a umožňují růst kořenů rostlin. Středně velké póry ($0,2\text{-}50 \mu\text{m}$) obsahují kapilární vodu a jsou dostupné pro mikroorganismy a kořenové vlášení. Jemné póry

(< 0,2 μm) váží vodu natolik pevně, že není přístupná většině rostlin. Tyto póry jsou ve vlhkém podnebí téměř vždy naplněny vodou (Hillel,1998).

Půdní póry jsou strukturou schopnou zadržet kapalnou i plynnou fázi. Tyto póry jsou definovány jako oblast v půdě, která není zaplněna pevným materiálem. Můžeme je nalézt v různých velikostech, tvarech a s různým původem. Od malých mezer mezi půdními částicemi až po velké trhliny a prostory, které vznikly po vyhnílych kořenech nebo díky chodbičkám půdních živočichů. Podíl těchto pórů v celkovém objemu půdy se nazývá porozita půdy (Hillel,1998).

Maximální množství vody, které půda může zadržet, se nazývá maximální vodní kapacita a je závislé na celkové pórovitosti. Svrchní horizont půdy má obvykle pórovitost mezi 40-60%, což znamená, že maximální obsah vody v půdě se může blížit 40-60% objemu půdy. Po silném dešti se půda naplní vodou a po vyprázdnění makropórů gravitací klesne obsah vody v půdě na polní vodní kapacitu, která se pohybuje mezi 10-55% objemu půdy v závislosti na struktuře, textuře a pórovitosti. Evaporací a transpirací se obsah vody dále snižuje a při hodnotách 5-35% objemu půdy rostliny již nedokážou překonat síly poutající molekuly vody v půdě. Tento stav se nazývá bod trvalého vadnutí viz. Graf 1 (Miloslav Šimek, 2005).



Graf 1 Polní vodní kapacita a bod vadnutí podle typu půd

Voda se v půdě neustále pohybuje pod vlivem fyzikálních (gravitace, výpar) i biologických (čerpání kořenovým systémem rostlin) procesů. Často i v důsledku lidské aktivity, jako je odvodňování, úprava toků, zavlažování a odběr vody. Tyto síly mohou vést k rovnovážnému stavu, kdy se voda nepohybuje, nebo k převažujícímu pohybu vody, kdy se vodní stavy v půdním prostoru diferencují. Poutání vody k půdním částicím způsobuje energetické stavy a základním parametrem pro vyjádření působení vnějších sil je celkový potenciál půdní vody. Ten vyjadřuje množství práce potřebné k přemístění vody ze standardního stavu k danému bodu v systému voda - půda. Celkový potenciál odpovídá sacímu tlaku půdní vody. Voda vždy přechází z prostředí s vyšší půdní vlhkostí, s nižším sacím tlakem, do prostředí s menším obsahem vody, s vyšším sacím tlakem (Šarapatka B., 2014).

Půdní voda se pohybuje ve směru gradientu sacího tlaku a její poutání a pohyb závisí na kategoriích půdní vody:

- Adsorpční voda

váže se adsorpční silou na povrch půdních zrn a horninových částic. Tyto sily jsou velmi silné, ale působí jen v blízkosti pevných částic, silami, které jsou velmi silné, ale mají malý dosah. Vnitřní strana těchto pevných částic váže nejsilnějšími silami vodu hygroskopickou, která není přístupná pro rostliny. Naopak na vnější vrstvě je vázána slabšími silami voda obalová (Kutílek M.,2000).

- Kapilární voda

zaplňuje kapiláry s velikostí 1 mm nebo pukliny s průměrem 0,25 mm a je přitahována ke stěnám kapilárními silami. Dokáže vzlínat i proti gravitační síle, pokud jsou póry dostatečně malé a hmotnost vody je nízká. Tato voda se obvykle vyskytuje v bezprostřední blízkosti hladiny podzemní vody.

Podepřená kapilární voda vyplňuje prostory nad hladinou podzemní vody.

Při poklesu hladiny podzemní vody může vzniknout zavěšená kapilární voda (Kutílek M.,2000).

- Gravitační voda

je přítomna v půdním profilu jen krátkou dobu během deště nebo tání sněhu. Prostupuje do hlubších nekapilárních pórů půdního profilu a odvádí rozpuštěné látky z povrchových vrstev do spodních částí profilu. Gravitační síla vodě umožňuje dostat se až k hladině podzemní vody, kde ji spolu s kapilární vodou doplňuje (Hillel D.,1998).

Rostliny mají přístup, jak ke gravitační, tak kapilární vodě. Obecně platí, že půda s většími póry umožňuje lepší pohyb vody v půdě. Naopak, půdy s malými póry, jako jsou jílovité půdy, se po nasycení stávají téměř nepropustné (Netopil R., 1984).

Mezi další druhy půdní vody podle skupenství patří:

- Vodní pára

Tato forma půdní vody vzniká při zvýšení teploty půdy a vyplňuje pukliny a póry v plynném skupenství.

• Půdní led

Při poklesu teploty půdy pod bod mrazu dochází k vzniku půdního ledu. Nejvyšší koncentrace půdního ledu se nachází v oblastech s permafrostem. Dlouhodobě zmrzlá půda může mít mocnost až několik set metrů (Netopil R., 1984).

Půdní voda je vázána na povrchu půdních částic adsorpčními silami, což se nazývá adsorpční vodní kapacita (AVK). Tato voda není pohyblivá a není k dispozici pro rostliny. Hodnota AVK závisí na složení půdních částic. Pro určení množství využitelné půdní vody (VPV) se používají hodnoty hydrolimitů, neboli fyzikální vlastnosti půdy, které určují množství vody, které je možné z půdy získat. Hodnoty hydrolimitů se odvozují z rozdílu mezi polní vodní kapacitou a bodem vadnutí: $VPV = (PVK - BV)$. Tyto hodnoty jsou stanoveny pro jednotlivé půdní vrstvy (horizonty), protože se mohou lišit v závislosti na fyzikálních vlastnostech půdy, jako je zrnitost a objemová hmotnost. Pro orientační hodnoty mezních hydrolimitů a odpovídající hodnoty objemové hmotnosti půdy (S_d) a pórovitosti půdy (P) se používají data z jednotlivých půdních vrstev. viz Tabulka1 (Heath R.C., 1983).

Půdní druh	θ_{PK} (% obj.)	θ_v (% obj.)	S_d (103 kg. m ⁻³)	P (% obj.)
Písčítá půda	15	7	1,65	38
Hlinito-písčítá půda	21	9	1,5	43
Písčito-hlinitá půda	31	14	1,4	47
Hlinitá půda	36	17	1,35	49
Jílovito-hlinitá půda	40	19	1,3	51
Jílovitá půda	44	21	1,25	53

Tabulka 1 Orientační hodnoty hydrolimitů

3.2.3 Půdní voda

Půdní voda se vyskytuje v půdě v kapalném, plynném i pevném skupenství a je nezbytná pro mnoho biologických, chemických a fyzikálních procesů, které se v půdě odehrávají. Bez přítomnosti půdní vody by docházelo pouze k fyzikálnímu rozpadu půdy. Nejvýznamnější je voda v kapalném stavu, protože její působení ovlivňuje půdní dynamiku a umožňuje celou řadu biologických, chemických i fyzikálních procesů. Množství půdní vody je ovlivněno zejména atmosférickými srážkami, které jsou hlavním zdrojem půdní vody. Množství půdní vody je také ovlivněno topografií terénu, vlastnostmi půdního substrátu, reliéfem povrchu, množstvím a druhem vegetace a lidskými vlivy (Davie T., 2008).

Vodní režim půdy zahrnuje všechny procesy týkající se toku a zadržování vody v půdě. Vodní bilance je metoda kvantifikace vodního režimu, zahrnující počáteční a koncové zásoby vody v půdě a všechny příjmy a výdaje v průběhu určitého časového období. Vodní bilance je ovlivněna vstupy (srážky, podzemní voda, kondenzace, závlahy) a výstupy (povrchový a podzemní odtok, evapotranspirace), lze ji vyjádřit rovnicí kterou uvádí Hillel R.C. (1998)

$$Zz + S + PPV + PPZ + K = E + T + OPV + OPZ + ZK \quad (2)$$

kde:

- *Zz* Zásoba vody v půdě na počátku bilančního období
- *S* Srážkový úhrn
- *PPV, PPZ* Povrchový a podzemní přítok
- *K* Kondenzace o *E* Evaporace
- *T* Transpirace
- *OPV, OPZ* Povrchový a podzemní odtok
- *ZK* Zásoba vody na konci bilančního období

3.3 Hydrologické extrémy – sucho, povodně

Lidstvo po staletí přetváří krajinu k obrazu svému, nástup průmyslové revoluce tuto změnu značně urychlilo (Salzmann K., 2019).

Od počátku existence lidské civilizace bylo úspěšné zvládnutí hydrologických extrémů, jako jsou povodně a sucha, prioritou. Sladká voda je klíčovým zdrojem pro život a zároveň surovinou, která se využívá v obrovských objemech téměř v každé lidské činnosti. Avšak v důsledku rychlejšího tempa zvyšování využití vody, než je růst populace, se sladká voda stává stále vzácnějším zdrojem. To vede ke zranitelnosti společnosti vůči suchu a nedostatku vody, které se stávají čím dál výraznějšími. Ačkoli 21. století je často označováno jako doba nedostatku vody, škody způsobené povodněmi stále rostou. Tento trend je výsledkem vzrůstajícího antropického tlaku, jako jsou nepříznivé změny ve využívání půdy. Odlesňování a urbanizace také přispívají ke snížení objemu zadržené vody a vyšším hodnotám koeficientu odtoku (Kundzewicz, Kaczmarek, 2000).

3.3.1 Sucho

Sucho jako nedostatek vody není hydrologicky jednoznačně definovatelný pojem. Z odborného hlediska jde o nejednoznačný výraz znamenající v zásadě nedostatek vody v půdě, rostlinách, atmosféře, nebo také v korytech toků, ve vodních nádržích apod. Na rozdíl od povodní, u kterých jde většinou o krátkodobý výskyt nadprůměrného množství vody, je sucho v rámci oběhu vody opačný extrém. Podle trvání se může vodní deficit vyskytovat po omezenou dobu (v řádu dnů, měsíců, či sezon), nebo se může projevovat dlouhodobě (např. v jednom roce, více letech až trvale). Mezitím 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. Na území ČR se termínem sucho v obecném pojetí označuje vodní deficit, jako následek zmenšeného množství srážek a malé četnosti jejich výskytu pro dané místo a období (European Commission, 2007).

Sucho je velmi pomalý proces a jeho dopady trvají ještě několik let po skončení období nedostatku vody. Sucho je nazýváno "plíživým" jevem, nelze jednoznačně určit jeho začátek a konec. Obvykle postihuje mnohem větší oblasti než jiné přírodní katastrofy. Z tohoto důvodu jsou různá protipatření i pomoc v případě sucha velmi obtížná (Cílek V.,2021).

3.3.2 Druhy sucha

Umělé působení člověka může způsobit nedostatek vody jak s dočasnými účinky, kdy dochází k nadměrnému využívání vodních zdrojů bez možnosti obnovy přírodními procesy, nebo špatným hospodařením s vodními zásobami a podobně. Avšak může také vést k trvalým a nevratným následkům, například při rozsáhlém odlesňování nebo úplném vyčerpání vodních zdrojů. Nejčastěji se sucho hodnotí z hlediska meteorologického, zemědělského, hydrologického a socioekonomického (Cílek V.,2021).

3.3.3 Meteorologické sucho

Při hodnocení sucha z pohledu meteorologie se zohledňuje frekvence výskytu a množství srážek, teplota vzduchu (která ovlivňuje evapotranspiraci, tedy vypařování vody z půdy a rostlin), relativní vlhkost vzduchu, rychlost větru, sluneční záření a další faktory, které mohou zesilovat výpar. Meteorologické sucho bývá často definováno na základě odchylek úhrnu srážek od průměru za dlouhé období. Mnoho definic určuje suché období jako počet dnů s úhrnem srážek pod určitou hodnotou. Vždy se však jedná o regionální specifika v rámci místního klimatu (Blinka P., 2004).

3.3.4 Agronomické sucho

Agronomické sucho je spojeno s dopady meteorologického sucha na zemědělství. Nastává tehdy, když dostupné množství vody není dostatečné pro pokrytí potřeb zemědělských plodin v daném časovém období. Rostliny potřebují vodu v závislosti na biologických charakteristikách jednotlivých druhů, fenologické fázi a fyzikálních a biologických vlastnostech půdy. Intenzita tohoto druhu sucha může být ovlivněna úrovní zemědělské technologie a způsobem obdělávání půdy (Sobíšek B., 1993).

Agronomické sucho nastává brzy po nástupu sucha meteorologického, ale ještě před suchem hydrologickým. Zemědělství je většinou prvním hospodářským sektorem, na které následky sucha dolehnou (Sobíšek B., 1993).

3.3.5 Hydrologické sucho

Projevy nedostatku srážek v hydrologickém systému krajiny se neobjeví okamžitě, ale po určité době. V této fázi sucha sledujeme množství vody v nádržích a odtok z povodí, který závisí na srážkách, geomorfologických, geologických, půdních a vegetačních vlastnostech. Důležitou součástí je také hladina podzemních vod a jejich zásobování. Hydrologické sucho je pro povrchové toky definováno počtem dnů, týdnů, měsíců, nebo dokonce let s velmi nízkými průtoky v porovnání s dlouhodobými průměry. V ČR se k tomu používají průtoky, které jsou v průměru menší než Q_{355} po dobu 355 dnů v roce. Termín suchá období označuje alespoň tři po sobě jdoucí dny s průměrným průtokem, který je rovný nebo menší než Q_{355} . Tato hodnota je vodohospodáři považována za limit pro odběr vody bez nutnosti technických úprav. Hydrologické

sucho může mít vliv na hydro-energetiku, zásobování pitnou vodou, rekreaci, životní prostředí a vodní dopravu a mnohé další (Wilhite D. A., Glantz M. H., 1985).

3.3.6 Socioekonomické sucho

Definice socioekonomického sucha se soustředí na dopady nedostatku vody na společnost a hospodářské aktivity. Závislost na počasí a klimatu se projevuje v celé řadě zdrojů nezbytných pro udržitelný rozvoj a běh státu. Socioekonomické sucho nastává, když nedostatek vody začíná ovlivňovat životy lidí a narušuje chod určitého hospodářského odvětví (Trnka P., 2010).

3.3.7 Sucho v ČR

Většinou se v České republice suché období vyskytuje v průběhu vegetačního období, tedy od dubna do září. Dlouhodobým suchem je nejvíce postižena jižní Morava, i přes to že je zde roční průměr srážek vyšší (nad 500 mm/rok), než na Žatecku v severozápadních Čechách (pod 450 mm/rok). To je dáno tím, že na Moravu se přesouvá méně frontálních systémů z Atlantiku než na Žatecko. Navíc je zde nejteplejší průměrná roční teplota v celé ČR (9 °C). Během období sucha je v Moravské kotlině nejnižší relativní vlhkost vzduchu, největší trvání slunečního svitu a silné teplé jihovýchodní proudění (Blažek V., Němec J., a kol., 2006).

V létě roku 2015 sucho postihlo území České republiky a stalo se významnou historickou epizodou výskytu sucha v naší oblasti. Srážkový deficit se projevil již v roce 2014 a pokračoval až do konce srpna 2015, kdy dosáhl 150 mm. Krajina byla již na začátku léta poměrně suchá a opakující se extrémně horké vlny po několik dní v řadě, situaci ještě zhoršovaly. Tlakové útvary a tlakové výše v okolí střední Evropy nedovolovaly přívod vlhkého vzduchu z moří a oceánů, což se projevilo i na nedostatku vlhkosti pro vývoj bouřek. Nedostatek vlhkosti a vysoká výparnost vzduchu vedly k prohlubování nedostatku vody v krajině (Daňhelka J., Bercha Š., a kol., 2015).

Hydrologické důsledky sucha se projevily téměř na celém území České republiky. Hladiny vodních toků klesly na několik týdnů pod úroveň 355denního průtoku, některé toky dokonce zcela vyschly. Vodní nádrže pomohly zmírnit dopady hydrologického sucha udržováním minimálních průtoků (Daňhelka J., Bercha Š., a kol., 2015).

Podzemní vody byly nejvíce postiženy v severovýchodních Čechách a Moravě. V polovině srpna bylo 59% mělkých vrtů a 56% pramenů vyschlých. Stav sucha na podzemních vodách přetrval až do října, kdy byla zaznamenána historická měsíční minima v jedné čtvrtině sledovaných objektů. Víceleté sucho se projevilo již několikrát od roku 1961. Proto je nezbytné udržovat monitoring hydrologických a klimatologických prvků na dostatečné úrovni pro průběžné vyhodnocování stavu sucha a jeho hodnocení v historickém kontextu. Je také důležité přijmout opatření k zvýšení retence vody v krajině, aby se zmírnilo dopad sucha (Daňhelka J., Bercha Š., a kol., 2015).

3.3.8 Povodně

Povodně patří mezi největší přímá přírodní rizika na území ČR a vyskytují se nepravidelně jak v čase, tak v místě, a to s různou intenzitou. Povodeň nastává, když množství protékající vody překročí kapacitu koryta v důsledku náhlého zvýšení průtoku způsobeného srážkami, ledovými zácpami a jinými překážkami. Když hladina vody přesáhne břehové linie a zaplaví okolní oblasti, stává se nebezpečnou. To může způsobit podmáčení půdy, usazování kalů, erozi, ničení staveb a infrastruktury i znečištění pitné vody. Vše záleží na specifických podmínkách v dané oblasti a jejím hospodářském využití (ČHMÚ, 2022).

3.3.9 Typy povodní

Povodeň se vyznačuje průtokovou vlnou, která prochází několika fázemi, včetně počátečního průtoku a následného vzestupu a dosažení vrcholu. Poté následuje poklesová větev, která trvá obvykle déle než vzestupná. Povodně způsobené dešťovými srážkami se vyskytují po dlouhodobých srážkách trvajících jeden nebo více dnů. Při přívalových deštích se vyskytují takzvané "bleskové" povodně, které rychle zvedají hladinu vody. Nicméně, na velkých tocích s povodím větším, než několik tisíc kilometrů čtverečních přívalové deště obvykle nezpůsobí mimořádné zvýšení hladiny. Dalším faktorem způsobujícím povodně jsou smíšené povodně, které vznikají, pokud je k dispozici dostatečné množství vody ve sněhu a několik dní po sobě trvá teplé počasí. Posledním typem jsou ledové povodně, které se vyskytují v důsledku ledových zácp v řece, což může vést k náhlému zvýšení hladiny až o několik metrů (USGS, 2019).

3.4 Retence v jednotlivých typech krajinného krytu

3.4.1 Lesy

Les a voda jsou dva pojmy, které neodmyslitelně patří k sobě. V povědomí veřejnosti je les z pohledu hydrologického zapsán jako rozhodující činitel pro zadržování vody v krajině. Představuje zásobárnu vody a s tím související funkci půdy ochrannou a protierozní. Svými vlastnostmi je tedy les schopen velmi výrazně ovlivnit odtokový režim z povodí. Závisí to samozřejmě na kvalitě druhové skladby porostu a vlastnostech půdy. Státní podnik Lesy ČR se svým hospodařením na lesních pozemcích významně podílí na ovlivnění jejich vodohospodářské funkce. A to především biologickými, technickými opatřeními, nebo jejich kombinací. Především jde o vytváření vhodné druhové skladby porostu s podílem melioračních a zpevňujících dřevin při obnově lesa, o šetrné výchovné a těžební zásahy do lesních porostů i ve vztahu k lesní půdě, o optimální umístění lesní dopravní sítě včetně souvisejícího odvodnění a samozřejmě i o správu drobných vodních toků (Blažek V., Němec J., a kol., 2006).

Na lesy, které zaujímají cca 33,5 % rozlohy ČR, spadne 50% celkových srážek. To je způsobeno skutečností, že největší lesnatost u nás mají středohorské a horské polohy s vysokými úhrny ročních srážek (800 až 1 500 mm). V posledních 200 letech se velmi významně změnilo druhové složení našich lesů. Zatímco v přirozené skladbě byly zastoupeny jehličnany pouze 34% (z toho smrk asi jen 11%), dnes je jejich podíl víc než dvojnásobný – 77% (z toho smrk 54%) (Martínek J., Šobr M., 2022).

Vodní režim lesních ekosystémů je v první řadě závislý na atmosférických srážkách, dále na spotřebě vody lesem (tzv. sumární výpar, tj. intercepce + transpirace + evaporace z půdy) a změnách zásoby vody v půdě. Zjednodušeně lze tedy, že z lesa odteče takové množství vody, které není spotřebováno na jeho fyzikální výpar (intercepce, evaporace z půdy), fyziologické potřeby (transpirace) a na doplnění zásob půdní vody (Amatya D.M., Sun Ge., a kol., 2015).

- Průběh vodní bilance smrku a buku:

Při srážkách se část vody zachytí v korunách stromů a poté se vypaří (tento proces se nazývá intercepce). Vědecké studie dokázaly, že koruny smrků zadržují výrazně více

srážek než koruny buků. Zbylá část srážek prochází korunami a dostává se k půdě, kde se buď vsakuje, nebo stéká podél kmene stromů. Při srážce 50 mm může z jednoho kmene buku stéct až 1 500 litrů vody, zatímco u smrku je tento objem pouze 30 až 50 litrů. Když srážková voda pronikne do lesní půdy, infiltrována se dostává ke kořenům stromů a k dalším vodním cestám vytvořenými živočichy či jinými faktory. Voda může také proniknout do horninového podloží, kde se může zadržet v jeho prohlubních nebo stékat dále. Pokud je podloží nepropustné, voda odtéká povrchovým odtokem, ale v případě puklinového podloží může postupovat dále do podzemních vod. Vodohospodářská účinnost lesů je značná, protože mají vysokou vsakovací schopnost, která je výrazně vyšší než u zemědělských půd (Kantor P., Šach F., 2002).

V lesních porostech je povrchový odtok a půdní eroze minimální a lze ho zcela zanedbat. Tento jev platí jak pro přirozené lesy, tak i pro lesy hospodářské. I na holých sečích, s výjimkou balvanitých lokalit, nedochází k erozním procesům pouze v důsledku kácení stromů. Eroze a povrchový odtok jsou vždy projevem nevhodného způsobu hospodaření, jako je špatné organizování práce těžkých mechanizací a další lidské činnosti (Kantor P., Šach F., 2002).

Lesní hospodářství se v souvislosti s ekologickou stabilitou, trvanlivostí a bezpečností produkce zaměřuje na transformaci smrkových monokultur na smíšené porosty. Jedním z nezpochybnitelných přínosů této transformace je zvýšení podílu listnatých dřevin, které ale podle výsledků výzkumů nesnižují nebezpečí velkých vod a povodní. V mimo vegetačních obdobích mají listnaté dřeviny nižší biomasy asimilačních orgánů a jsou tak schopny zadržet a odčerpat méně srážek než jehličnaté dřeviny, zejména smrky. Toto výzkumné zjištění tak potvrzuje výhodnost zvyšování podílu listnatých dřevin v lesních porostech z hlediska ekologické stability, trvanlivosti a bezpečnosti produkce, ne jako protipovodňové opatření (Pretzsch H., Schütze G., a kol., 2013).

3.4.2 Zemědělsky obhospodařovaná půda

Rozlohu České republiky tvoří z více než poloviny (přibližně 4 220 000 ha) zemědělská půda, z ní téměř tři čtvrtiny orná půda. Stejně jako v jiných zemích je část půdy v ČR degradována erozí, škodlivinami, zhutněním a dalšími negativními jevy.

Výměra zemědělské půdy se stále snižuje v důsledku záborů pro stavbu sídel, komunikací, průmyslových podniků aj. (Šimek M., 2021).

Celková retenční kapacita činí 8 400 000 000 m³ vody, ve skutečnosti udrží tato půda jen 5 040 000 000 m³. Snížená schopnost krajiny zadržovat vodu je dána především špatným hospodařením, poškozením půdy vodní a větrnou erozí, nadměrným utužením půdy a ztrátou biologické aktivity půd. Pokud by se ale do půdy vrátila organická hmota a hospodařící zemědělci by využívali doporučované půdo ochranné technologie, mohla by se současná situace poměrně rychle změnit. Podle propočtů by se jen v průběhu jednoho roku zvýšila schopnost zemědělské půdy v ČR zadržovat vodu o více než miliardu m³ vody, konkrétně na 6 500 000 000 m³. Do tří let by pak dále vzrostla o 300 milionů m³ a do deseti let by byla zemědělská půdy v ČR schopna zadržet přes sedm miliard m³ vody, tedy 7 100 000 000 m³ (VÚMOP, 2015).

Pestrá krajina s přirozenými mokřady a dalšími krajinnými prvky s vodou hospodaří lépe než krajina plná velkých půdních bloků s monokulturami zemědělských plodin a regulovanými vodními toky (Hladík J., Vopravil J., 2015).

Vlhkost půdy na stanovišti ovlivňuje také typ vegetace a jeho vlastnosti (druhové složení, věk, stav kořenového systému atd.) (Středa a kol., 2008). Oproti lesní půdě je orná půda či travní porosty ochuzena o vrstvu organické hmoty v podobě opadu. V lesích se také nachází rozkládající se dřevo, které dokáže zadržet až 2,5x více vody, než kolik je jeho hmotnost v suchém stavu (Amaranthus a kol., 1989). Dále se v lesích nachází na danou jednotku plochy více kořenů, které navíc oproti nelesní vegetaci dosahují zpravidla do větších hloubek (Válek Z., 1977). Voda se dostává do hlubších vrstev průlinami kolem kořenů i dutinami po odumřelých kořenech či živočiších. To je také jedna z příčin, proč se v lesích převádí větší část odtoku pod povrch, čímž dochází ke zpoždění kulminace odtokové vlny (Kantor, Krečmer, 2003).

Poloha a dlouhodobý vývoj půdy ovlivňují některé faktory, zatímco jiné vlastnosti jsou přímo závislé na způsobu hospodaření a kvalitě péče o půdu. Nevhodné hospodaření může vést k degradaci půdy, což znamená ztrátu nebo omezení její schopnosti plnit přirozené funkce. Degradální faktory jako zhutňování pojezdy těžkou technikou, častá orba, chemizace a snižování obsahu humusu, působí jednotlivě nebo se vzájemně kombinují a umocňují. Degradace může probíhat velmi rychle, zatímco procesy tvorby

půdy jsou extrémně pomalé. Přestože je půda nezbytná pro přežití, necháváme ji často podléhat nevratným procesům. Degradovaná půda má nižší schopnost odolávat extrémním srážkovým stavům, které jsou v poslední době častější a nepredikovatelnější. Intenzivní hospodaření způsobuje nadměrné utužování půdy, což vede k rozpadu půdní struktury, snížení pórovitosti, infiltrace a propustnosti, a snížení vodní retenční kapacity. Nedostatek organické hmoty v půdě způsobený intenzivním zemědělským obhospodařováním bez dodávání organické hmoty také ovlivňuje půdní strukturu a schopnost infiltrace a akumulace srážkové vody. Kromě toho snižuje schopnost zachycení kontaminujících látek z vody (Hladík J., Vopravil J., 2015).

3.4.3 Vodní plochy

Vodní toky a plochy lze rozdělit na umělé (vytvořené lidmi pro určitý účel) a přirozené. Podle zákona o vodách jsou vodní toky definovány jako povrchové vody tekoucí vlastním spádem v korytě trvale nebo po většinu roku, včetně uměle vzdutých vod. Tato definice zahrnuje i vody v slepých ramenech a podzemních dutinách. Vodní plochy jsou pro jednoduchost rozděleny na přirozené (jako například jezera) a umělé, které lze dále rozdělit na malé (typicky rybníky) a velké vodní nádrže (jako například přehradu). Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí stanovilo generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod (generel LAPV). Generel LAPV představuje seznam území zapsaných do územně plánovací dokumentace, která představují vhodné prostředí pro akumulaci vod (MZE, MŽP, 2011).

1. Malé vodní nádrže-rybníky

Rozlišujeme několik skupin umělých vodních nádrží podle jejich účelu. Mezi nejznámější patří rybochovné rybníky, díky své retenční schopnosti jsou velmi důležité i z hlediska vodohospodářského. Například jarně napouštěné rybníky dokáží zadržet velké množství vody z tajícího sněhu. Rybníky jsou proto ideální jako retenční nádrže a je nutné dbát na jejich správný technický stav. Vzhledem k dalším účelům, jako je chov ryb a rekreační využití, není vhodné udržovat hladinu co nejnižší, jak by se mohlo zdát v rámci prevence povodní. V roce 2018 bylo odborně odhadnuto, že všechny rybníky v České republice by měly být schopny zadržet 0,5 miliardy krychlových metrů vody. Nicméně tento objem je v mnoha místech snížen zabahněním vodního dna způsobeným vodní erozí či zemědělskou činností (Havlová N., 2018).

Rybochovné nádrže jsou úzce propojeny s hospodářskými nádržemi, které často slouží k chovu jiných zvířat, jako jsou husy a kachny, jako zdroj vody pro hospodářská zvířata nebo jako požární nádrže. Zásobní nádrže akumulují vodu a distribuují ji pro různé účely, zásobování pitnou vodou, zemědělská závlaha, průmyslová výroba a jako zdroj pro malé vodní elektrárny. Jako ochrana proti povodním slouží ochranné nádrže. Nádrže se také využívají k úpravě vlastností vody, fyzikálních, chemických a biologických. Například prostřednictvím dočišťovacích nádrží, které slouží k finálnímu čištění odpadních vod. Tyto nádrže mohou být také využity k rekreačním účelům, k estetickému zlepšení krajiny a vlivu na ekosystém v blízkém okolí (Šálek J., 1996).

2. Velké vodní nádrže – přehrady

Velké vodní nádrže, přehrady, můžeme popsat jako vodní dílo, které přehrazuje vodní tok a zadržuje vodu. Zadržovaná voda tvoří rezervoár. Asi nejznámějším příkladem takové soustavy v ČR je tzv. Vltavská kaskáda, která je tvořena celkem 9 vodními díly, jejichž celkový objem zadržené vody je více než 1355 mil.m³ (Milerski R., Mičín J. a kol., 2011).

Mezinárodní komise pro velké přehrady vymezuje přehrady jako vodní díla, které mají hráz s minimální výškou 15 m od základu. Přehrady s hrází o výšce 5–15 m a kapacitou rezervoáru přes 3 mil. m³ jsou pak nazývány jako velké přehrady. Mezinárodní svaz ochrany přírody používá termín velké přehrady pro ty, které mají kapacitu rezervoáru větší než 1 mil. m³, délku hráze větší než 500 m a průtok díla vyšší než 2 000 m³ /s. Tyto vodní díla zásadně mění říční krajiny a v důsledku toho mohou narazit na silné odpůrce. Jejich přítomnost na vodním toku má negativní dopad na biodiverzitu vodního prostředí, protože provoz turbín mění teplotu vody. Rovněž dochází v důsledku výparu ke zvýšení salinity. Tyto faktory negativně ovlivňují přirozené prostředí vodních druhů (Slavík L., Neruda M., 2014).

Přehrady mají mnoho různých účelů. Hlavním využitím je uchovávání pitné vody nebo vody pro zemědělství, což byl také první důvod pro stavbu přehrad v minulosti. Dnes se však mnoho přehrad staví s hlavním záměrem výroby elektrické energie. Kromě toho mohou být využívány jako protipovodňová ochrana nebo pro rekreační účely obyvatelstva (Slavík L., Neruda M., 2014).

3. Proudící toky

Vodní toky jsou nedílnou součástí říčních systémů, tekoucích v korytech řek a potoků. Rychlost proudění je ovlivněna meandrováním toku, šířkou koryta a silou přítoku vody. Toky a jejich parametry jsou zásadní v době přivalových dešťů a jarního tání při přirozeném rozlivu vod. V těchto situacích zpomalují proudící toky přítok vody a chrání tak okolní oblasti před povodněmi (Šterba O., 2008).

Každý vodní tok, ať už se jedná o řeku, potok, bystřinu nebo veletok, je klíčovým ekosystémem celé říční krajiny. Tyto toky mají specifické charakteristiky, jako je proudění vody, břehové linie a kyslíkový režim. Díky neustálému pohybu vody vytvářejí proudící toky své vlastní koryto. V úsecích s velkým spádem erodují horninu pod sebou a hloubí tak celé údolí. Naopak v nižších plochách dochází k ukládání sedimentů. Tyto procesy jsou urychlovány při povodních. Důležitým vztahem je pak spojení toku s podzemní aluviální vodou, které mají vliv na hladinu podzemní vody pod povrchem nivy (Slavík L., Neruda M., 2007).

Říční soustava, kterou tvoří vodní tok společně se všemi jeho přítoky, je klíčovou součástí hydrografické sítě. Celé území, odkud je voda odváděna říční soustavou, se nazývá povodí. Povodí je oblast, kde se sbírá voda z atmosférických srážek, sněhu a ledu, povrchového, podpovrchového nebo podzemního odtoku a proudí směrem k určitému závěrnému profilu, kterým může být hydrologická stanice, vtok do vodní nádrže, ale nejčastěji ústí řeky. Povodí je základní hydrologická jednotka, kterou vymezuje rozvodnice, hraniční linie mezi sousedními povodími. Povodí je považováno za hydrologicky uzavřenou jednotku (Salzmann K., 2019).

4. Meandry

Prodlužují délku toku i rychlost vody, včetně unášených pevných složek a sedimentů (Hartman P., Přikryl I. a kol, 2005).

Meandr je úsek říčního toku, který se vyznačuje zakřivením, což významně ovlivňuje průtok vody. Vznikají zde i mrtvá ramena s vyvýšeninami a plovoucí vegetací. Meandry se vyskytují převážně na dolních úsecích řek a v širokých údolích, kde slouží k velké akumulaci vod a retenci (Univerita Palackého v Olomouci, 2010).

5. Mokřady

Mokřad je dle Ramsarské dohody na ochranu mokřadů (1971) definován jako území s bažinami, slatiny, rašelinisti, a vodou, buď přirozenou, nebo uměle vytvořenou, s trvalým nebo dočasným zatopením a s vodou stojatou, nebo tekoucí (Machar I., 2014).

V České republice se mokřadem označuje sezónně zatopená nebo podmáčená oblast, která podporuje růst rostlin přizpůsobených k životu ve vodě. Typickými příklady mokřadů v České republice jsou rákosiny, břehy rybníků, prameniště mokřadního typu, zaplavované louky, lužní lesy, rašelinisti a podmáčené smrčiny (Machar I., 2014).

Mokřadní ekosystém vzniká, když je půda zaplavena vodou, což vede k anaerobním procesům. Mokřadní rostliny jsou schopny přežít zatopení kořenů a stonků díky schopnosti přivádět vzduch do svých zatopených orgánů. Na rozdíl od běžných suchozemských rostlin, které hynou po několika dnech zatopení, jsou vrby, duby a jasany schopny přežít i dlouhodobé zaplavení. Z rostlin jsou nejodolnější trávy, zatímco kulturní plodiny jsou na zatopení velmi citlivé a hynou během několika dnů (Machar I., 2014).

Mokřadní ekosystém je charakterizován zvýšenou vlhkostí půdy, kdy je půdní profil naplněn vodou a vzdušná kapacita nulová. Nastává tzv. plná vodní kapacita při hydropedologickém mezním stavu. Hladina podzemní vody se blíží nebo dosahuje povrchu terénu. Všechny gravitační póry, preferenční cesty v půdě a kapilární póry jsou naplněny vodou. Mokřadní rostliny, které jsou schopny žít ve vodě, ovlivňují tvorbu půdy. Mokřadní půda obsahuje více organických látek, které se neustále hromadí, protože nedochází k jejich mineralizaci. Organické látky váží vodu, což vede k vyššímu obsahu vody v půdě. Mokřadní porosty jsou schopny vázat desítky milimetrů vody v biomase, což vede k vyšší evapotranspiraci, která může dosahovat až 10 mm za den (Hartman P., Přikryl I. a kol, 2005).

Mokřady poskytují příznivé podmínky během období sucha a nedostatku srážek. V nasyceném prostředí mokřadu se obsah vody snižuje vlivem vnějších faktorů, jako je gravitace, hydraulická vodivost v půdě, výpar z vodní hladiny a evapotranspirace. Pokud se mokřad nachází ve svahu, podporuje vznik podpovrchového odtoku. Když voda vytéká z mokřadu, zlepšuje průtoky v dolních částech povodí a ovlivňuje klima

v okolí tím, že snižuje teplotu vzduchu a zvyšuje relativní vlhkost. Po deštivých obdobích se mokřad opět plní vodou a při výskytu velkých srážkových úhrnů plní také svou protipovodňovou funkci, snižuje tvorbu povodňové vlny v nižších částech toku (Hartman P., Příkryl I. a kol, 2005).

Ministerstvo zemědělství (2016) uvádí funkce mokřadů, mezi které patří:

- vysoká retence vody (až 9 tisíc litrů na 10 m²),
- regulaci mikroklimatu prostřednictvím vypařování z rostlin a půdy,
- vázání oxidu uhličitého v biomase a půdě,
- protipovodňové (zadržením vody zpomalí odtok z povodí),
- protierozní (zadržení půdních částic při povodních, erozních činnostech),
- samočistící (přirozené procesy probíhající za určitých podmínek pomocí kořenů rostlin i vodních organismů),
- zvyšování ekologické stability a biodiverzity krajiny

3.4.4 Zastavěná území

V přirozeném prostředí se zhruba 40 % srážkové vody vypaří do atmosféry, 50 % se vsákne do podloží a pouze 10 % oteče po povrchu. V urbanizovaných oblastech je však situace jiná, většina srážkové vody odtéká po povrchu, jen minimum se vsakuje do podloží a kolem 30% se vypaří. Čím více zpevněných ploch, tím větší povrchový odtok. Správné hospodaření s dešťovou vodou v zastavěných oblastech může přinést podobné výhody jako přírodní procesy. Možnosti jsou například zelené střechy, bioretenční systémy, mokřady a jezírka. Tyto prvky pomohou obnovit přirozený hydrologický cyklus, snížit povrchový odtok, zlepšit kvalitu vody a minimalizovat dopady změny klimatu na města a snížit riziko lokálních záplav (MMR, 2019).

Decentrální systém odvodnění, který je přírodě blízký, zahrnuje různá opatření a prvky, které společně tvoří komplexní systém. Tyto prvky zahrnují vypařování, vsakování a pomalý odtok do místního vodního cyklu. Do této kategorie lze zahrnout také zařízení, která napomáhají zachování přirozeného koloběhu vody a ochraně vodních toků, například shromažďování a využívání dešťové vody, zadržování vody a řízený odtok do povrchových vod nebo do kanalizační sítě (MMR, 2019).

3.5 Schopnost České krajiny zadržovat vodu

3.5.1 Lesy

V dobách, před výraznějším rozvojem osídlení, pokrývaly lesy téměř celé území dnešní České republiky. Tyto lesy byly převážně listnaté, s menší příměsí jehličnatých stromů, například květnaté bučiny, kyselé bučiny a doubravy, olšiny a vrbové luhy a také suťové lesy, kde rostly javory, duby, buky, jasany a borovice (Salzmann K., 2019).

S postupem osídlování klesala populace lesů, zejména v údolích a na úrodných plochách, a později i na pahorkatinách a vrchovinách. V 19. století byly původní listnaté a smíšené lesy nahrazovány smrkovými a borovými monokulturami. Lesy byly výrazně odvodňovány a často rozděleny do čtvercových sítí, aby se zlepšilo jejich hospodaření. Tyto opatření vedla snaha hospodářsky využít těchto obtížně přístupných pozemků. I když se vytvořily prosperující hospodářské lesy, vedlejším negativním důsledkem bylo odvodnění pramenišť, které způsobilo povodně v dolních částech toků. V dotčeném území nedostávají vodní toky a okolní plochy dostatek vody pro napájení v době sucha, a to navzdory přítomnosti pramenišť. Původně byly místní prameništní luhy a mokřady schopny nasávat vodu během dešťových srážek a postupně ji uvolňovat do krajiny (Salzmann K., 2019).

V současné době jsou lesy v ČR vystaveny řadě tlaků, jako je například klimatická změna, kůrovcové kalamity, přemnožení jelenů a srnčí zvěře, vysoká intenzita lesnického hospodaření a nevhodné zásahy člověka do přírody. Tyto tlaky mohou mít významné dopady na stav lesů v ČR a na služby, které poskytují (Kulhanová P., Příhoda J., 2017).

Stávající lesní management v ČR je však účinný při ochraně a zvyšování biodiverzity, což je jeden z hlavních cílů evropského lesního hospodářství. Studie také poukazuje na význam ochranných opatření, jako jsou zóny s minimální lidskou činností, které mají pozitivní vliv na biodiverzitu lesů (Kulhanová P., Příhoda J., 2017).

Lesy v ČR mají významný ekonomický vliv. Například podle zprávy Lesy ČR z roku 2021 vykázal státní podnik LČR, celkový zisk před zdaněním ve výši 3 566 mil. Kč, a zaměstnává 3 638 lidí (Kulhanová P., Příhoda J., 2017).

Aby se zajistila udržitelnost lesů v ČR, je důležité, aby byly chráněny a spravovány v souladu s principy udržitelného lesního hospodářství. To zahrnuje přístup, který umožňuje ochranu biodiverzity, produkci dřeva, dalších lesních produktů retenčních schopností a služeb (Černohous V., Příhoda J., 2012).

3.5.2 Zemědělské pozemky

Historie zemědělství v České republice sahá až do období středověku, kdy bylo zemědělství základním zdrojem obživy. Převážná část území byla v té době pokryta lesy a jen malá část byla využívána k zemědělství. V průběhu středověku byla zemědělská půda rozdělena mezi různé feudální vrstvy, ale v období osvícenství a obrození došlo k obecnímu odkupu pozemků a zvýšení půdního vlastnictví v rukou drobných zemědělců (Beranová M., Kubačák A., 2010).

Po druhé světové válce byly zemědělské pozemky znárodněny a přidělovány do rukou zemědělských družstev, která byla součástí státního plánování a centralizovaného hospodaření. Tento systém vedl ke zhoršení kvality půdy a snižování úrovně zemědělské produkce (Beranová M., Kubačák A., 2010).

Dle Ivanega J. (2012) došlo po roce 1989 došlo k transformaci prostředí v souvislosti s politickými změnami a přechodem na tržní hospodářství. Stát provedl rozsáhlé pozemkové úpravy s cílem napravit škody způsobené komunistickým režimem a vrátit pozemky původním majitelům formou restituce. Zároveň byl vytvořen systém společných zařízení v krajině, které měly za úkol zlepšit stav krajiny.

Nicméně, proces komplexních pozemkových úprav se odehrává výrazně pomaleji, než se původně plánovalo. Návrat k původní zemědělské struktuře před válkou po 40 letech již není proveditelný. Mnoho vlastníků nemá zájem o zemědělské využití půdy, což způsobuje, že půda je postupně koncentrována v rukou velkých farmářů a nájemců půdy, a stává se předmětem zemědělského průmyslového podnikání (Ivanega, J. 2012).

Biodiverzita v krajině nadále klesá, situace s vodou se nelepší a až polovina zemědělské půdy je poškozena erozí. Současný způsob hospodaření na velkých zemědělských polích výrazně poškozuje krajinu, vodu a půdu. V českých a moravských krajinách by však optimálním řešením pro zemědělství byly menší rodinné farmy a ekologické zemědělství (Salzmann K., 2019).

V roce 2004 se Česká republika zavázala k implementaci Evropské úmluvy o krajině, což zahrnovalo začlenění opatření týkajících se krajiny do existující legislativy. Pro úspěšnou implementaci je klíčová úzká spolupráce mezi různými resorty, které se krajinou zabývají. Evropská úmluva o krajině se zaměřuje na podporu plánovacích procesů v krajině, což se v České republice bohužel dosud nestalo. Navíc chybí celostátní strategie pro péči o krajinu (Salzmann K., 2019).

3.5.3 Vodní plochy

Historie vodních ploch v České republice sahá až do středověku, kdy byly stavěny rybníky. Tyto rybníky byly využívány k chovu ryb, ale také měly významný vliv na vodní režim. Rybníky totiž dokázaly zadržet vodu a snížit tak průtoky v řekách a potocích. Kromě rybníků byly v České republice v minulosti budovány také další vodní plochy, jako jsou přehradní nádrže a kanály (Martínek J., Šobr M., 2022).

Úprava toku řeky může představovat významné opatření pro udržení vody v údolní nivě, a tuto praxi lze pozorovat i dnes. V některých případech se využívá potenciálu údolní nivy k vytvoření zemědělských ploch, luk nebo lesů. V upravování toků řek na našem území se začalo již v 18. století, avšak intenzivnější úpravy za účelem protipovodňových opatření se provádějí až od konce 19. století. V současné době je téměř 30 % délky říční sítě v Česku nějakým způsobem upraveno lidmi (Langhammer J., 2010).

Vodní plochy jsou důležitým prvkem krajiny a mají významné retenční schopnosti, zejména při ochraně proti povodním. V České republice existuje mnoho vodních ploch, jako jsou řeky, jezera, rybníky a další nádrže (Langhammer J., 2010).

Podle článku na stránkách „Česko v datech (2018)“ je v České republice 166 253 ha (2,11 % rozlohy ČR) vodních ploch. Tyto vodní plochy mají významný vliv na vodní režim území, protože zadržují vodu a snižují tak průtoky vod v řekách a potocích.

Jedním z nejvýznamnějších zdrojů retenčních schopností jsou rybníky, které jsou charakteristické pro českou krajinnou oblast. Tyto vodní plochy mají významný vliv na ochranu před povodněmi, protože dokáží vodu udržet až do doby, kdy se situace na toku ustálí (Boix, D., Biggs J. a kol., 2012).

Dle Boix a Biggs (2012) mají rybníky významné retenční schopnosti a jsou velmi účinným způsobem, jak snižovat škody způsobené povodněmi. Studie také ukázala, že rybníky mají významný vliv na zlepšení kvality vody v řekách a potocích.

Další vodní plochy, jako jsou přehradní nádrže a jezera, mají také významné retenční schopnosti. Přehradní nádrže slouží k akumulaci vody pro energetické účely a zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Jezera jsou často využívána pro rekreační účely a mají také významný vliv na místní klima (Boix, D., Biggs J. a kol., 2012).

3.5.4 Zastavěná území

Retence vody je důležitým tématem pro udržitelné městské plánování, protože pomáhá snižovat riziko povodní a zlepšovat kvalitu vody (Cílek V., 2017).

V průběhu historie byla retence vody v městském prostředí často opomíjena. Mnoho měst bylo postaveno na řekách a dalších vodních tocích kvůli přístupu k vodě a lepší dopravní dostupnosti. To však způsobovalo, že města byla vystavena povodním, které mohly způsobovat velké škody, a dokonce i ztráty na životech (Cílek V., 2017).

V posledních desetiletích se situace ještě zhoršila vlivem rychlého rozvoje urbanizovaných oblastí, zpevnění a asfaltování povrchů, odvodnění terénu a nedostatečných možností infiltrace vody do půdy. To způsobuje výskyt povodní, erozi krajiny a snížení hladiny podzemních vod (Cílek V., 2017).

V současnosti se však situace začíná zlepšovat díky zavádění opatření zaměřených na retenci vody. Mezi tyto opatření patří například výstavba zelených střech a zahrad,

zalesňování a revitalizace vodních toků, stavba rybníků a nádrží na zadržování vody, či vytváření mokřadů (Strategický rámec Česká republika 2030, 2017).

Retence vody v současnosti v České republice vysokou prioritou a v posledních letech dochází k intenzivnímu rozvoji projektů a programů zaměřených na její zlepšení (Strategický rámec Česká republika 2030, 2017).

Strategický rámec Česká republika 2030 (2017) dále uvádí, že bude přístup k přírodě v urbánních podmínkách důležitým rozměrem kvality života. Města a obce zatím nedostatečně reagují na změnu klimatu tím, že nedělají dostatečné kroky k celkové adaptaci. Je třeba začlenit vhodná opatření do strategického a územního plánování postupně. Důležité je vytvořit hustou síť zelených prvků, které budou systematicky využívat vnitrobloky, trávníky, stěny i střechy velkých objektů. Součástí zeleného a ekologického města je také městské zemědělství a podpora přírodní rozmanitosti. Výzkum ukazuje, že obyvatelé více oceňují zeleň, kde je mnoho druhů ptáků, motýlů a rostlin. Proto je nutné odstraňovat překážky a faktory rizikové pro živočichy, jako jsou například prosklené stěny.

3.6 Opatření pro zvýšení retence vody v krajině

3.6.1 Lesy

Je klíčové hospodařit s lesními pozemky s cílem zvýšit vodní retenci v krajině. To zahrnuje především ochranu přirozeného charakteru lesních porostů a minimalizaci lidského zásahu (Křovák F., Křovák P., 2002).

Jedním z nástrojů pro zlepšení retence vody v lese jsou dle Křovák a Křovák (2002) lesní managementové strategie, které se zaměřují na udržitelné hospodaření s lesy a jejich ochranu. Mají pozitivní vliv na retenci vody v lese, a to zejména pokud jsou založeny na přirozených procesech, jako je napodobení přirozené dynamiky lesa.

Rekultivace lesních cest: Lesní cesty mohou být rekultivovány jako opatření k podpoře retence vody. Podle studie z roku 2018 "rekultivace lesních cest může snížit odtokové poměry, zlepšit kvalitu vody a podpořit regeneraci lesů". Rekultivace lesních cest může zahrnovat například snížení sklonu cest a výsadbu rostlin na krajích cest (Křovák F., Křovák P., 2002).

Dalším nástrojem pro zlepšení retence vody v lese jsou retenční opatření, jako ponechání mrtvého dřeva, vytváření vodních ploch, a tvorba přírodních bariér proti erozi. Tyto opatření pomáhají zadržovat vodu v krajině, což snižuje riziko povodní a podporuje tvorbu vydatných zdrojů vody.

- Vytvoření nových mokřadů

Vytvoření nových mokřadů v lesích může být efektivním způsobem, jak zvýšit schopnost lesů zadržovat vodu v krajině. Tyto mokřady mají schopnost absorbovat vodu během dešťových srážek a postupně ji uvolňovat do okolního prostředí (Černohous V., Příhoda J., 2012).

- Využití přirozených vodních toků

Jak zmiňuje Černohous a Příhoda (2012) mohou být přirozené vodní toky, které protékají lesy, mohou být využity k zvýšení schopnosti lesů zadržovat vodu. Voda může být udržována v nádržích na toku, které zvyšují čas, po který je voda uvolňována do krajiny.

Aby se zabránilo vodní erozi a odnosu splavenin do nižších částí toků, jsou v lesích prováděna opatření v oblasti vodohospodářství. Tyto opatření se soustřeďují na ukládání povrchových vod v lesích a klíčovou roli hraje správa vodního režimu a vodní bilance lesních porostů. To zahrnuje zajištění dostatku dostupné vody v půdě a v prostředí lesního porostu (Kantor P., Šach F., 2002).

Chřadnutí dřevin a snížení odolnosti lesních porostů vůči klimatickým změnám je důsledkem nedostatku vody, kterou by mohly rostliny přijmout a transportovat. Tento nedostatek vody omezuje potenciál lesů pro ukládání uhlíku. Navíc, neplánovaná a neúmyslná těžba v kalamitních situacích vede k negativnímu vlivu na emise v lesním hospodářství (Allen C.D., Macalady A.K. a kol., 2010).

Hlavním cílem je vytvářet lesy s vysokou druhovou pestroostí, které jsou odolné vůči klimatickým změnám a zároveň minimalizují erozi a poškození lesních půd. Toto je nejen nejrychlejší, ale také nejspolehlivější způsob, jak obnovit schopnost lesů vázat CO₂ (Allen C.D., Macalady A.K. a kol., 2010).

V důsledku abiotických i biotických katastrof na území České republiky se vyskytují rozsáhlé plochy, které vyžadují obnovu, péči a výsadbu lesů. Současné problémy se zdravotním stavem lesů jsou způsobeny nevhodnou druhovou, věkovou a prostorovou skladbou lesů. Nyní je nutné obnovit tyto poškozené lesy co nejrychleji, aby plnily své funkce, zejména zadržovaly vodu. Je třeba zvýšit podíl dřevin vhodných pro melioraci a zpevnění lesů, aby byly stabilnější vůči klimatickým změnám (Hlásny T., Zimová S. a kol., 2021).

Zdravotní problémy lesů jsou z velké části způsobeny nevhodnou druhovou skladbou lesních porostů. Postupná optimalizace druhové skladby probíhá v souladu s produkčním cyklem a platnou legislativou, například zastoupení smrku kleslo o 3,8 % od roku 2000. Vzhledem k současnému odumírání lesů na Moravě a ve Slezsku se očekává rychlejší změna zastoupení druhů, což nese rizika spojená s rychlou obnovou lesa na velkých plochách, včetně nedostatku vhodného reprodukčního materiálu a ochrany nových výsadeb před zvěří (Hlásny T., Zimová S. a kol., 2021).

Potenciál zadržování vody, která odtéká z lesů, není dostatečně využíván. Tento potenciál spočívá v možnosti výstavby nebo obnovy malých vodních nádrží v lesích, které dokážou převést vodu z přívalových srážek na stabilnější odtok z lesního povodí, nebo posílit převod těchto srážek do půdy (Štěpánek P., Huth R. a kol., 2018).

Lesy pokrývají přibližně 34 % území ČR a mají zásadní vliv na vodní bilanci a mikroklima krajiny. Je proto důležité se zaměřit na menší vodohospodářské projekty, které pomohou zlepšit zadržování vody v krajině a ochranu před povodněmi, snížit rizika eroze a zvýšit biodiverzitu. Mezi klíčová opatření patří úprava toků, hrazení bystřin a zvětšení podílu lesních a vodních ploch pro celkové ochlazení krajiny a snížení výparu. Pro udržení a zlepšení infiltrace, krátkodobé retence a dlouhodobé akumulace vody je nezbytné používat šetrné těžební technologie a využívat celý půdní profil (Štěpánek P., Huth R. a kol., 2018).

- Výpis jednotlivých opatření, která uvádí Kulhavý a kol. (2015):
 1. Rekultivace lesních cest

Pozitivní efekt: Snížení odtokových poměrů, zlepšení retence a kvality vody a podpora regenerace lesů

Negativní efekt: Vynaložení finančních a technických prostředků na snížení sklonů cest a výsadbu rostlin na krajích cest

2. Pestrá dřevinná skladba

Pozitivní efekt: rychlá změna zastoupení druhů, další výhody spojené s funkcemi lesa

Negativní efekt: možný nedostatek vhodného reprodukčního materiálu, náročná ochrana nových výsadeb před zvěří

3. Výstavba a obnova vodních ploch včetně toků

Pozitivní efekt: Hlavní výhodou je pozitivní vliv na mikroklíma. Velká retenční schopnost a biodiverzita

Negativní efekt: Opět vynaložení prostředků a spojení s jinými opatřeními jako ochrana před zanášením

4. Další možná opatření: podpora hospodářských způsobů s trvalým půdním krytem s dlouhou nebo nepřetržitou obnovní dobou, vhodné postupy při těžbě a důsledná sanace po těžebních či jiných technologických narušení půdy, ponechání mrtvého dřeva, nízký les, ochranné lesní pásy kolem vodohospodářsky významných vodních toků, hrazení strží, hrazení bystřin, ochrana lesních pramenů a pramenišť

3.6.2 Zemědělské pozemky

Je důležité i nadále podporovat způsoby hospodaření na zemědělské půdě, které zvyšují retenci krajiny a tím pomáhají předcházet nedostatku vody v obdobích s nižšími srážkovými úhrny a omezovat škody způsobené povodněmi (Strategický plán SPZ na období 2023-2027, 2022).

Abychom zlepšili vodní režim, je důležité realizovat pozemkové úpravy a společná zařízení, která obsahují celková opatření pro ochranu životního prostředí a udržení krajinného rázu. Tyto opatření zahrnují protierozní a protipovodňová opatření, jako jsou příkopy, průlehy, meze, travnaté pásy a další prvky pro zdržení vody, včetně polních cest, revitalizace vodních toků a akumulacních nádrží. Dále je nutné provádět opatření k zajištění ekologické stability krajiny, jako jsou biocentra, biokoridory, interakční prvky a další výsadby zeleně mimo les a v zemědělské krajině, a také vodohospodářská opatření (Strategický plán SPZ na období 2023-2027, 2022).

Snaha o dosažení kvalitní produkce na trvalých travních porostech vede k intenzivnímu hospodaření, které bohužel negativně ovlivňuje ekologickou stabilitu krajiny a může vést k degradaci porostů. Toto intenzivní hospodaření může také způsobit změny v druhovém složení a zhoršování stanovišť, což vede k nízké pestrosti zemědělské krajiny a snížení její biodiverzity (Strategický plán SPZ na období 2023-2027, 2022).

Bude podporováno hospodaření, které bude chránit stanoviště s hodnotnějšími typy travních porostů, avšak za stanovených podmínek, jako jsou například pevně dané termíny sečení a intenzity pastvy. K udržení historického zemědělského rázu krajiny a odrůdové rozmanitosti bude podporováno udržení krajinnotvorných sadů, kde není primárním cílem zemědělská produkce. V důsledku intenzivního zemědělství je v krajině nízký podíl ekostabilizačních prvků, jako jsou břehové porosty, remízky, meze, stromořadí, aleje, travnaté pásy, vlhké louky a další prvky s protierozními a retenčními účinky, které byly v minulosti z velké části odstraněny z intenzivně obhospodařované zemědělské krajiny (Strategický plán SPZ na období 2023-2027, 2022).

V dnešní době je vytváření ekostabilizačních prvků minimální kvůli komplikovaným vlastnickým vztahům. Dalším problémem je vysoká homogenita hospodaření na sousedních půdních blocích, kdy jsou používány stejné postupy. Na orné půdě je to zejména jedna plodina, která se pěstuje na velké ploše, zatímco na travnatých porostech se jedná například o jednorázové posečení trávy (Strategický plán SPZ na období 2023-2027, 2022).

Důvodem je snaha o vysokou efektivitu a snadnou organizaci hospodaření. V ČR zaujímají pozemky s výměrou do 10 ha 23 % orné půdy a stejnou výměru mají i pozemky nad 50 ha. Téměř polovinu celkové orné půdy tvoří pozemky nad 25 ha, což může být pro ekologickou stabilitu krajiny problematické. Pro obnovu mozaikovitosti krajiny je třeba omezit monokultury a zvýšit počet krajinných prvků a neprodukcčních ploch (Strategický plán SPZ na období 2023-2027, 2022).

Příklady agrotechnických opatření:

1. Technologie ochranného zpracování půdy, mělké kypření půdy, zpracování půdy s ponecháním většího množství posklizňových zbytků, setí do obilných pásů aj.

Pozitivní efekt: zpomalení povrchového odtoku a snížení jeho objemu, snížení množství odnesených půdních částic, ochrana půdního povrchu především v období největšího výskytu přívalových srážek, zvýšení organické hmoty v půdě, čímž je podpořena retenční schopnost půdy, zvýšení vsaku vody do půdy

Negativní efekt: Vyšší náklady na provoz, častější zpracování půdy, menší účinnost, tedy výnosy z půdy, možná eroze půdy

2. Hrázkování, založení ochranných hrázek v mezi řadí, čímž se vytvoří řada malých akumulacních příkopů
3. Vrstevnicový směr výsadby při zakládání nových kultur
4. Mulčování, nastlání vrstvy krycího materiálu (slámy) v tloušťce cca 10 až 20 cm na povrch půdy

Pozitivní efekt: ochrana půdního povrchu především v období výskytu přívalových srážek, zvýšení organické hmoty v půdě, čímž je podpořena retenční schopnost půdy, snížení výparu, zvýšení vsaku vody do půdy

Negativní efekt: zvýšená potřeba vody, zvýšená potřeba živin, nutnost sežínání trávy, možnost rozšíření hlodavců a jiných škůdců, mulčování může půdu ochlazovat, což může být nevýhodou pro rostliny, které potřebují vyšší teploty pro růst a vývoj, vyžaduje více mulčovacího materiálu než tradiční metody zpracování půdy, což může být nákladné a pracnější (Kulhavý Z., Štibinger J. a kol., 2015)

Příklady biotechnických opatření:

1. Průlehy



Obrázek 1 Protierozní průleh s hrázkou (Kadlec V., 2014)

Průleh je mělký široký prostor s mírným sklonem, který slouží k zachycení povrchové vody. Existují tři druhy průlehů: záchytné, zasakovací a svodné. Tyto prvky mohou být propojeny nízkou zemní hrázkou nebo travnatým pásem, což zvyšuje jejich kapacitu a umožňuje výsadbu vegetace. Cílem travnatého pásu je zachytit splaveniny z vyšších pozemků, aby se nedostaly do retenčního prvku a dále do hydrografické sítě. Průleh se od příkopu liší tím, že umožňuje mechanizaci a přejetí. Na rozdíl od příkopu, průleh nepředstavuje nepřekonatelnou překážku na pozemku, která by vyžadovala výstavbu přejezdů.

Pozitivní efekt: zvýšení retence, přerušení délky svahu a dráhy odtoku, zachycení přívalových srážek a ochrana před zatopením objektů pod nimi, neškodné odvedení povrchového odtoku, zpomalení povrchového odtoku a snížení jeho objemu

Negativní efekt: pravidelné čištění od nánosů a porostu, nutnost sežínání trávy, u průlehů s velkým sklonem údržba a opravy opevnění

(Kulhavý Z., Štibinger J. a kol., 2015)

Základní technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy;
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy;
- ČSN 75 4210 Hydromeliorace – Odvodňovací kanály;
- ČSN 75 4200 Hydromeliorace – Úprava vodního režimu zemědělských půd odvodněním. (Janeček a kol., 2012)

2. Příkopy



Obrázek 2 Záchytný příkop (Kadlec V., 2014)

Příkop je podobný průlehu, ale má prudší svahy a menší záchytný objem na stejnou délku. Obvykle se navrhuje na místech, kde není možné získat dostatečnou plochu pro výstavbu průlehu. Podobně jako průleh, i příkop se dělí na záchytné a svodné, a může být doplněn nízkou zemní hrázkou. Na rozdíl od průlehu, příkop není překonatelný pro techniku a vyžaduje výstavbu propustek nebo mostů pro překonání.

Pozitivní efekt: Příkop je efektivní při odvodnění pozemku, zabraňuje záplavám a udržuje stabilitu pozemku. Příkop může být výhodný zejména tam, kde není možné vybudovat průleh z důvodu omezeného prostoru nebo kdy je zapotřebí vysokého odvodnění

Negativní efekt: Příkop je méně stabilní než průleh a může se snadno zřítit. Kromě toho, příkop je překážkou pro techniku a vyžaduje výstavbu propustků nebo mostů, aby mohla být pozemkem přejížděna, pravidelné čištění od nánosů a porostu, u příkopů s velkým sklonem údržba a opravy opevnění (Kulhavý Z., Štibinger J. a kol., 2015)

Základní technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy;
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy;
- ČSN 75 4210 Hydromeliorace – Odvodňovací kanály;
ČSN 75 4200 Hydromeliorace – Úprava vodního režimu zemědělských půd odvodněním. (Janeček a kol., 2012)

3. Zasakovací pásy



Obrázek 3 Zasakovací travnatý pás (Janeček M., 2012)

Zasakovací pásy představují prvky ochrany, které jsou cenově velmi dostupné a spočívají v travnatých pásmech širokých minimálně 20 metrů, které jsou vedeny po vrstevnici. Tyto pásy mohou být travnaté, křovinné nebo lesní a jsou navrhovány buď na svažitých pozemcích vedle plodin, které nedostatečně chrání půdu před erozí, nebo se staví podél nádrží a toků, aby se zabránilo vnikání erozních smyvů.

Pozitivní efekt: převedení povrchově odtékající vody na odtok podpovrchový, zvýšení vsaku vody do půdy, zpomalení až zastavení rozrušování a následné degradace půdy (zpevnění půdy kořenovým systémem), snížení odnosu půdních částic, snížení rychlosti povrchového i soustředěného odtoku, zlepšují vodní režim v půdě a omezují důsledky eroze, pozitivní pro vodní organizmy

Negativní efekt: Omezená účinnost, nutnost údržby, omezení využití půdy (Kulhavý Z., Štibinger J. a kol., 2015)

Základní technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy;
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy;
- ČSN 83 7005 Ochrana přírody – Krajiny – Termíny a definice
- ČSN 46 4902 Výpěstky okrasných dřevin – Společná a základní ustanovení (Janeček a kol., 2012)

4. Stabilizace drah soustředěného odtoku (zatravnění údolnice)

Údolnice pokryté rostlinným krytem, obvykle trávou, dokážou úspěšně odvést povrchový odtok bez projevů eroze. Tato schopnost se ukazuje zejména v dobách přívalových dešťů a jarního tání, kdy silně proudící voda může vytvářet erozní rýhy, a dokonce strže. Pro stabilizaci odtokové dráhy se nejčastěji používá tvar paraboly s malou hloubkou, což odpovídá přirozeným vodním cestám a minimalizuje riziko meandrování. Tento tvar lze snadno vytvořit pomocí dostupné technologie.

Vegetační kryt má vliv na rychlost toku vody v údolnici. Hustota a kvalita kořenového systému ovlivňují zpevnění půdy a snižují odnášení půdních částic. Trávy mají především ochranný účinek, protože snižují kinetickou energii a transportní schopnost vody, zároveň zpevňují půdu díky svému kořenovému systému.

Základní technické normy využitelné pro návrh opatření:

- EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí;
- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy;

ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy;
(Janeček a kol., 2012)

5. Hrázky

Aby se snížilo riziko eroze, staví se protierozní hrázky na zemědělských pozemcích s nulovým podélným sklonem a ve směru vrstevnic na úpatí svahů. Musí být vytvořen dostatečný prostor před hrází a hrázka musí být dostatečně vysoká, aby zachytila erozní smyvy a udržela vodu. Hrázky jsou obvykle zemní a dosahují výšky 1 m až 1,5 m, jsou opevněné trávou. Je vhodné umístit je na místech, kde by při malém sklonu docházelo k zanášení příkopů a průlehub.

Základní technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy;
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy;

(Kadlec V., 2014)

6. Meze



Obrázek 4 Mez se sběrným příkopem (Janeček M., 2012)

Meze, které jsou vedené po vrstevnici, jsou většinou navrhovány s průlehy v dolní části, které slouží jako trvalá překážka pro soustředěný povrchový odtok. Nejefektivnější jsou meze se sedimentačním pásem nad nimi a průlehem pod nimi. Proti erozi by měla být mez podle sklonu svahu maximálně vysoká 1 až 1,5 metru, se svahy se sklonem do 1-1,5° pokrytá trávou a doplněná doprovodnou zelení.

Základní technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy;
 - ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy;
 - ČSN 75 4200 Hydromeliorace – Úprava vodního režimu zemědělských půd odvodněním.
- (Kadlec V., 2014)

7. Terasy



Obrázek 5 Terasy (Kadlec V., 2014)

Terasování je vhodné pro využití pozemků s velkým sklonem, které by jinak nebylo možné účinně využívat. Terasování se používá na svazích se sklony nad 15 % a slouží ke snížení sklonu terénu, rozdělení svahu na menší úseky, které minimalizují erozi povrchového odtoku, a k usnadnění mechanizace. Nicméně, terasování může způsobit

značné změny v geologii, geomorfologii, pedologii a biologii krajiny, což může negativně ovlivnit přirozené ekologické procesy. Proto by mělo být terasování považováno za krajní opatření proti erozi.

Základní technické normy využitelné pro návrh opatření:

- EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí;
- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy;
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy;
(Kadlec V., 2014)

3.6.3 Vodní plochy

1. Malé vodní nádrže



Obrázek 6 Malá vodní nádrž (Havlová N., 2020)

Mezi malé vodní nádrže se řadí vodárenské, závlahové, retenční suché, retenční nádrže s malým zásobním prostorem, čistící a usazovací, krajnotvorné nádrže ležící mimo vodní tok (Kadlec V., 2014).

Jako příklad k podrobnějšímu popisu poslouží polosuchá retenční nádrž (poldr). Hlavní účel polosuché retenční nádrže je krátkodobé zadržení velkého objemu vody. Nezadrží celý objem povodňové vlny, ale sníží její kulminační průtok. Dočasnou akumulací vody minimalizují škody při povodních a zvyšují retenční kapacitu území (Kadlec V., 2014).

Pozitivní efekt: Trvalá akumulace vody, ukládání sedimentů a živin, retardace vody z výše položených pozemků, zlepšení jakosti vody v tocích, zadržení vody v krajině – podpora infiltračních procesů v místě nádrže, případně v trase níže ležícího vodního

toku (prodloužením doby transformace povodňového průtoku). Lze realizovat i v místech bez stálého průtoku vodoteče.

Negativní efekt: Zábor plochy, trvalá změna terénu, nutná údržba, riziko při poruše

Základní technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy;
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy;
- ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže;
- ČSN 75 2415 Suché nádrže;
- ČSN 73 6815 Vodohospodářská řešení vodních nádrží
(Kadlec V., 2014)

2. Mokřady



Obrázek 7 Mokřad (Podešva Z., 2005)

Mokřady patří také mezi neúčinnější prvky pro obnovu krátkého vodního cyklu v krajině. Živiny a látky unášené vodou se zde využívají a usazují, neodcházejí z povodí, recyklují se. Půda se samozřejmě také dosycuje vodou (Pokorný J., Eiseltová M., 1998). Mokřady představují rozhraní mezi suchozemským ekosystémem a povrchovou vodou v říčním povodí. Mají vyrovnávací a filtrační funkci průtoku vody, sedimentů a rozpuštěných nutrientů a polutantů. Zmírňují dopady povodní, zlepšují kvalitu vody ve vodních tocích, zmírňují dopady sucha a redukují proces eroze. Obnovený mokřad může být účinnější než nově založený, neboť v obnoveném byly kdysi vytvořeny příznivé podmínky pro jeho existenci. Podporují vodní,

semiakvatickou a pozemní biotu a zvětšují zásobu mělké podzemní vody v území (Orálek M., Korňan J., 2020).

Pozitivní efekt:

Filtrace vody: Mokřady mají schopnost filtraci vody, což umožňuje odstraňování nečistot a chemických látek, které by jinak mohly způsobit znečištění vodních zdrojů

Regulace povodní: Mokřady dokážou absorbovat velké množství vody, čímž snižují riziko povodní v okolních oblastech. Při nadměrných srážkách jsou schopny udržet vodu a postupně ji uvolnit zpět do okolí.

Omezování eroze: Mokřady chrání okolní půdu před erozí a úbytkem půdní vrstvy, což zajišťuje lepší kvalitu půdy a ochranu okolní krajiny

Ochrana biodiverzity: Mokřady jsou domovem mnoha druhů rostlin a živočichů, včetně mnoha ohrožených druhů. Mokřady také poskytují prostředí pro migraci a rozmnožování některých druhů

Produkce kyslíku: Rostliny v mokřadech produkují kyslík, který přispívá ke zlepšení kvality ovzduší v okolí

Záchyt uhlíku: Mokřady mají schopnost ukládat velké množství uhlíku, což pomáhá snižovat množství skleníkových plynů v atmosféře

Rekreace: Mokřady jsou oblíbeným místem pro turistiku, rybolov a pozorování ptáků, což přináší ekonomické výhody pro místní komunity

Hospodářské využití: Mokřady poskytují prostor pro chov ryb, sběr léčivých rostlin a využití dřeva

Krajinná estetika: Mokřady jsou často považovány za krásné a jedinečné přírodní scenérie, které přispívají k pozitivnímu vnímání okolní krajiny.

Negativní efekt:

Rozmístění: Mokřady mohou být v některých oblastech obtížně dostupné nebo se nacházet na nepřístupných místech, což ztěžuje jejich monitorování a ochranu

Komáři a další hmyz: Mokřady jsou často hnízdištěm komárů a jiného hmyzu, což může být pro lidi a zvířata obtěžující a nebezpečné zejména v oblastech s vysokým výskytem nakažlivých chorob

Zdroj chorob: Některé mokřady mohou být zdrojem chorob, jako například leptospirózy nebo melioidózy, které mohou být přenášeny na člověka nebo zvířata

Nízká hodnota půdy: Vzhledem k vysoké vlhkosti a nízkému obsahu živin v půdě jsou mokřady málo produktivní a méně vhodné pro zemědělské využití, možnost zamokření okolních pozemků

Hrozba sucha: V některých oblastech mohou mokřady představovat hrozbu pro okolní oblasti, protože mohou vysušovat zdroje vody, zejména v období sucha, možnost kompletního vyschnutí během, prohřívání, nadměrná produkce fytoplanktonu, výkyvy a úbytek rozpuštěného kyslíku

Přemnožení invazních druhů: Mokřady mohou být náchylné k přemnožení invazních druhů, jako jsou například invazní rostliny nebo druhy ryb, což může mít negativní dopad na původní druhy v ekosystému

Ztráta mokřadů: Změna používání krajiny, odvodňování a další lidské aktivity vedou k ztrátě mokřadů, což může mít vážný dopad na místní ekosystémy, biodiverzitu, kvalitu vody a další ekologické procesy

Základní normové a metodické předpisy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy;
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy;

(Kadlec V., 2014)

3. Vodní toky

Technická opatření:

Dle Kravky M. (2009) zahrnuje úprava vodních toků komplex vodo hospodářských, stavebních a ekologických opatření v korytech toků, s cílem zabezpečit plnění jejich funkcí, včetně retenčních schopností. Úprava toku má za cíl odstranit nepříznivé stavy v korytech, obnovit hydrologické a ekologické funkce toku, chránit lidské životy, nemovitosti, kulturní památky a zemědělskou produkci v zátopových oblastech toků, umožnit bezpečné odvodnění povodňového průtoku, upravit vodní režim přilehlých pozemků, zaústění a odvodnění stávajících drenážních odtoků, odpadní vody z čistíren odpadních vod a umožnit hospodářské využití povrchové vody, včetně plnění vodních nádrží a energetického využití proudící vody.

Existuje široké spektrum úprav, které mohou být prováděny na vodních tocích. Tyto úpravy mohou být soustavné, pokrývající celý tok, nebo dílčí, aplikované pouze na vybraných úsecích. Komplexní úpravy mohou být navrženy tak, aby regulovaly

srážkové poměry v povodí. Tyto úpravy často navazují na revitalizaci zemědělského a lesnického území, územní systémy ekologické stability (ÚSES) a projekty komplexních pozemkových úprav (KPÚ). Úpravy zlepšují retenční a akumulaci kapacitu území a omezují vznik a projevy vodní eroze. Revitalizace říčních systémů může být komplexním opatřením, kterým se zabezpečuje obnova, trvalý vývoj a stabilita přirozeného stavu toku. (Kravka M., 2009)

Při výběru způsobu úpravy vodního toku je klíčovým faktorem výsledek komplexního průzkumu, který se provádí na ploše povodí. Tento průzkum obsahuje popis stavu koryta a objektů v korytě a sbírá hydrologická, hydrogeologická, geologická a klimatická data. Splaveninový režim v toku je zhodnocen, způsoby využívání pozemků na ploše povodí jsou posouzeny, stavební práce jsou přehledně popsány a podmínky a rozsah stávajícího stavu nakládání s vodami jsou zjištěny. Důležité je také určení ekologického stavu toku, včetně břehových porostů, a zjištění hodnot nemovitostí a kulturních památek v záplavové zóně toku. (Kravka M., 2009)

Při úpravě vodního toku se řeší několik parametrů, jako jsou hydrotechnické vlastnosti toku, kapacita koryta a objektů v něm, trasa toku v terénu i v zastavěném území, sklon dna koryta a příčný profil koryta. Dále je nutné navrhnout potřebné objekty v trase toku, včetně úprav břehů a dna koryta a vegetačního doprovodu toku. Je třeba zohlednit i podmínky zaústění odpadů z drenáží, kanalizací a komunikací, které tok křižují. (Vokurka A., Zlatuška K., 2020)

Na menších tocích se používají příčné objekty k vyrovnání sklonu a k udržení stability koryta. Tyto objekty pomáhají snižovat erozní účinky proudící vody. Běžnými příčnými objekty, které se používají při obnově toků, jsou skluzy, stupně, prahy a jízky. Zvyšováním hladiny vody v řece se zvyšuje akumulace vody v krajině, a to jak v korytě vodního toku, tak hlavně v přilehlém půdním profilu, do kterého voda z koryta proniká skrze břehy. Pro konstrukci příčných objektů se používají výhradně přírodní materiály, jako je kámen, dřevo nebo proutí. Rozložení jednotlivých objektů závisí na sklonu dna, zrnitosti a šířce koryta. (Vokurka A., Zlatuška K., 2020)

Pozitivní efekt: zpomalení rychlosti vody, snížení erozní síly proudící vody při velkém spádu a retardace odtoku, zvýšení výšky hladiny v korytě a s tím související posílení infiltrace do břehů koryta a do podloží, v kombinaci s bočními tůňemi

umožňují rozlítí vody do nivy a do bočních tůní, stabilizace koryta, provzdušnění vody.

Tyto objekty zpomalují tok vody, což snižuje její erozní sílu při velkém spádu. Zároveň zvyšují výšku hladiny v korytě, což umožňuje lepší infiltrační schopnost břehů a podloží. V kombinaci s bočními tůněmi, tyto objekty umožňují rozlítí vody do nivy a do bočních tůní. Díky tomu dochází ke stabilizaci koryta a zlepšení provzdušnění vody.

Negativní efekt: možné nežádoucí zvýšení vlhkosti přilehlých pozemků, vytvoření migrační překážky pro organismy v toku, zábrana pro chod splavenin, nutnost oprav, může dojít k nežádoucímu zvýšení vlhkosti okolních pozemků, vytvoření překážky pro migraci organismů v toku, omezení volného pohybu sedimentů a následně nutnost provádět opravy (Kulhavý Z., Štibinger J. a kol., 2015)

Asanace výmolů a strží



Obrázek 8 Strž stabilizovaná konstrukcí z kulatiny a kamennou výplní (Vokurka A., Zlatuška K., 2020)

Asanace zahrnuje opatření zaměřená na zlepšení a obnovu poškozeného místa. K dosažení stability existují dvě strategie. Snížení energie vodního proudu nebo výstavba opevnění koryta. Mezi asanační opatření patří jak technické, tak biotechnické opevnění. Při úpravě koryta je klíčové zachovat jeho přirozený tvar s nerovnostmi nivelety dna, který zajistí vznik tůní, výmolů s brodovými úseky a drsného dna (Vokurka A., Zlatuška K., 2020).

Hlavním krokem při asanaci strží je především snaha odklonit přitékající vodu a podpořit její vsakování. K tomu lze využít kanály, které by odebíraly vodu již před strží. Nicméně v praxi není vždy možné a vhodné umístit kanály mimo původní koryto,

zejména kvůli omezení využitelnosti okolních pozemků. Proto je snaha stabilizovat dno strže a opatřit ji pevnými zábranami, aby byla schopna účinně zadržovat vodu stékající ze svahů. Je stále nutné počítat s tím, že voda bude odtékat po svazích strže (Vokurka A., Zlatuška K., 2020).

Kromě stavebních prvků a konstrukcí, které slouží k opevnění, je vhodné zvažovat i biotechnické konstrukce, které se snadněji začleňují do přírodního prostředí. Je výhodné používat místní přírodní materiály, které jsou často účinnější než konstrukce čistě technické. Volba konstrukcí však vždy závisí na charakteru řešeného území (Slavík a Neruda, 2014).

Abychom upravili svahy strže do mírnějšího sklonu, je nejlepší vycházet z úhlu přirozené sklonitosti zeminy a poté je stabilizovat pomocí biotechnických úprav a převážně místních materiálů. Pro stabilizaci se mohou použít zápletové plůtky nebo klestí, které jsou zajištěny kolíky a drátem. Dno strže je třeba stabilizovat menšími příčnými objekty, jako jsou dřevěné srubové přehrážky, zápletové plůtky nebo gabiony. Tyto objekty zachytávají sedimenty v protékající vodě a snižují tak sklon dna. Pokud jde o jemnozrnné strže, je nutné použít objekty s nepropustným založením, aby voda nemohla trvale protékat (Slavík a Neruda, 2014).

Pozitivní efekty: stabilizace příčného i podélného profilu koryta, eliminace vlivu erozní činnosti proudící vody a podpora infiltrace v území, výsadba chybějící chybějící vegetace, oživení svahu, ozdravení prostředí

Negativní efekty: údržba oživených opevňovacích konstrukcí, nutné seřezávání pro zaručení pružného opevnění, zamezení stárnutí, zaručení hustého prokořenění, zamezení nadbytečného zastínění koryta, riziko protržení opevnění a následné lavinovému porušení realizovaných úprav
(Janeček M., 2012)

4. Retence říční nivy

Zvýšení retence v říční nivě lze dosáhnout buď technickými objekty, nebo kompletní revitalizací území. Při úplné revitalizaci je třeba upravit samotné koryto toku, včetně břehových hran a také širší plochy nivy s přilehlými pozemky. Obvykle se tento typ revitalizace provádí spolu s dalšími opatřeními v rámci územního systému ekologické stability, jako jsou komplexní pozemkové úpravy (Rychtecká P., Samec P a kol., 2023).

Během revitalizace aluviálních toků se často uplatňuje zplošťování koryta do přírodních tvarů. Miskovité koryto s pozvolnými svahy je ideální pro tento účel, protože zmenšuje průtočný profil toku a umožňuje, aby se voda rozlévala do okolní nivy při průtoku velkých vod. Obnova rozlivů v okolí toku má velký přínos při revitalizaci, zejména v nezastavěných oblastech, kde není vysoké riziko škod na majetku. Kromě toho lze rozliv využít k transformaci povodňové vlny (Rychtecká P., Samec P a kol., 2023).

Retenci vody v nivách lze zlepšit zamokřením nevyužívaných ploch v povodí, jako jsou staré skládky, zemědělsky odvodněné pozemky nebo rumišťe. Tyto plochy mohou být částečně nahrazeny lučními porosty, stálými vodními plochami, lužním lesem nebo místními mokřady. Nejvýhodnější ekologické úpravy pro malé vodní toky zahrnují velký podíl travnatých ploch a udržovaných doprovodných dřevin. Důležitou součástí je také podpora přilehlých tůní a mokřadů. (Rychtecká P., Samec P a kol., 2023).

Pozitivní efekt: zpomalení postupu povodňové vlny rozlivem v nivě, zmenšení kulminačního průtoku, zmenšení rychlosti proudění za povodně, retardace vody z výše položených pozemků, podpora přirozeného ukládání sedimentu a živin v říční nivě (alternativa okalové závlahy) zlepšení jakosti vody v tocích, snížení povrchového odtoku, který sebou splavuje zemní materiál, zadržení vody v krajině zejména v mikro depresích a povrchových objektech po rozlivu do říční nivy, podpora infiltračních procesů v místě záplavy, uplatňuje se sycení nenasycené zóny půdy a zvýšení hydraulického spádu při infiltraci vody do podzemních zásobáren vody, vytvoření nového ekosystému při trvalé zátopě (mokřady), vodní prostředí využije mnoho rostlin

a živočichů, prvek spojovaný s komplexními pozemkovými úpravami, při vhodném návrhu opatření dále využitelné dřevinné porosty, nový estetický prvek v dané lokalitě, vytvoření cenných biotopů (lužní lesy, louky a mokřady), rozvoj biomasy

Negativní efekt: zemědělské plochy v území nivy jsou ohroženy zaplavováním, přirozený vývoj zpravidla znamená změnu a zintenzivnění akumuláčních procesů, a to jak v nově upravených úsecích toku, tak jim navazujících úsecích, riziko eroze pozemku a jejich zanášení sedimenty, zábor ploch, které by mohly být využity pro zemědělství, či lesnictví, trvalá modelace terénu spojená s úpravou trasy koryta, změna podmínek intenzivního hospodaření (zvýšení vlhkosti půdy na přilehlých pozemcích), regulace odtoku odvodňovací systémy (sítě otevřených příkopů nebo drenážní systémy) potřeba manipulace s hradíci objekty (po krátkodobém zadržení vody v říční nivě a odeznění kulminace ve vodním toku bývá požadováno přiměřeně rychlé odvodnění zaplaveného území)

(Janeček M., 2012)

Přírodní opatření:

Přírodní opatření pro zvýšení retence vody na vodních tocích jsou důležitou součástí ochrany vodního prostředí. Tyto opatření využívají přirozených procesů a materiálů pro zlepšení zadržování a infiltrace vody v nivě toku a v okolí. Mezi přírodní opatření patří například výsadba vegetace, vytváření mokřadů a tůní, zmenšení průtočného profilu koryta toku a zvýšení propustnosti půdy (Štěrbá O., 2008).

Jedním z hlavních přístupů je výsadba vegetace, zejména trvale zelených rostlin, které udržují půdu stabilní a pomáhají zlepšit infiltrační schopnosti půdy. Tyto rostliny mohou být doplněny o vytvoření mokřadů a tůní, které pomáhají zadržovat vodu v krajině. Mokřady a tůně mohou být vytvářeny například zastavením odvodňování pozemků, nebo výstavbou přírodních přehrad, viz technické opatření (Štěrbá O., 2008).

3.6.4 Zastavěné území

Město je často přirovnáváno ke karikatuře krajiny, která je charakterizována plochami s nízkou retencí vody. Namísto propustných ploch máme celá území zpevněná, což znamená, že jsou zcela nepropustná. Jsou to například chodníky, parkoviště, silnice, dlážděná prostranství, průmyslové areály a střechy. Například v Praze odeče ročně téměř 100 milionů m³ vody, která není dále využita. (MMR, 2019)

V městských oblastech jsou všechny plochy odvodňovány do nejbližšího kanálu, ačkoliv v některých případech má dešťová voda svůj vlastní kanalizační systém. Většinou jsou však splašky, odpadní vody a dešťovka vedeny v tzv. jednotné kanalizaci. Vzhledem k tomu, že se za deště do kanalizace všechno nevejde, jsou v kanalizační síti instalovány odlehčovací komory. Ty oddělují směs, která putuje dál do čistírny odpadních vod, od zbytku, který je bez čištění odlehčen a vypuštěn přímo do potoka, řeky nebo rybníka. (MMR, 2019)

Tato voda není pouze srážková voda, nýbrž černošedá hustá směs plná znečištění, která vyvěrá z kanálu. Obsahuje rozkládající se látky, nebezpečné viry a bakterie, živiny pro sinice a pozůstatky domácí chemie, léčiv a dalších látek. Bez úspěšného řešení správy srážkové vody v městech a obcích, nemůžeme pokročit ani v zvládnutí sinicových květů v přehradách, ani nezlepšime ekologický stav vodních toků. Řešení zásadně spočívá v tom samém principu jako v přírodní krajině. (MMR, 2019)

Cílem je opět maximalizovat zadržení vody v rámci městského prostoru. K jeho dosažení mohou pomoci zelené střechy, zelené fasády, dešťové zahrady, zasakovací zařízení, jezírka a podzemní nádrže. Moudré hospodaření se srážkovou vodou ve městech a obcích má význam nejen z hlediska klimatizování měst a zavlažování zeleně, ale také z důvodu ochrany vodního prostředí (Salzmann K., 2019)

Výběr vhodné techniky pro vsakování srážkových vod závisí na několika faktorech, jako je typ povrchu a jeho znečištění, schopnost prostředí (půdy a hornin) vsakovat vodu a prostorové možnosti, které mohou ovlivnit velikost plochy potřebné pro vsakování a objem zadržovacího prostoru (Salzmann K., 2019).

1. Městský rybník



Obrázek 9 Městský rybník (Biomatrix Water, 2023)

Voda, která stéká ze střech budov, je odváděna do blízkého rybníka, kde se akumuluje a přispívá k vylepšení místního mikroklimatu. Tento způsob zároveň snižuje celkový odtok dešťové vody z daného území (Beran A., 2020).

Městský rybník slouží k akumulaci dešťové vody a kompenzaci nedostatku vodní bilance v zastavěných oblastech. Pokud jsou splněny určité podmínky, lze využít principu posílení infiltrace dešťové vody, která se uchovává na dně a stěnách nádrže, případně v kombinaci s dalšími opatřeními. (Beran A., 2020).

Při návrhu městského rybníka lze zvolit variantu se zpevněným dnem, což umožní využití prostoru pod ním například pro parkoviště. Na druhé straně je možné volit variantu s nezpevněným dnem, která umožní růst vodní vegetace. Bez ohledu na volbu musí být zaručena stabilní hladina vody. Obvykle je vhodné navrhnout nádrž tak, aby zachytila pětiletou srážku ze střech okolních budov a byla vybavena bezpečnostním přepadem, který zajistí odvod vody při povodni. Bezpečnostní přepad se dimenzuje individuálně podle platných předpisů a zpravidla je navržen na stoletou vodu. Trvalá přítomnost vody v nádrži může vést k rozmnožování komárů, proto je důležité vytvořit vhodné podmínky pro ryby, které přirozeně redukují populaci komárů. (Beran A., 2020).

V případě, že se plánovaný městský rybník nachází v blízkosti vodního toku, je možné ho spojit s tímto tokem pomocí koryta nebo náhonu. Tímto způsobem není nutné kontrolovat hladinu vody pomocí bezpečnostního přelivu, protože tato funkce je zajištěna právě tokem vody z připojeného vodního toku. Navíc tato spojení mohou sloužit i k dotování vody do rybníka, což zlepšuje ekologické podmínky v jeho okolí a umožňuje využití nádrže jako zdroje vody pro zalévání zeleně či čištění odpadních vod. (Beran A., 2020).

Pozitivní efekty: opatření přináší do zastavěného prostředí vysoký estetický prvek který výrazně přispívá k celkovému dojmu okolního prostředí, slouží jako místa pro odpočinek, plní funkci zadržení odtoku vody ze střech budov čímž napomáhá k tlumení odtokových špiček z území, vede ke zlepšení mikroklimatu suchého městského prostředí

Negativní efekty: nevhodným návrhem nebo údržbou může dojít k úbytku kyslíku ve vodním prostředí což povede k úhynu ryb a výskytu sinic, důležité zamezit úniku vody skrze břehy a dno nádrže, což může způsobit podmáčení přilehlých staveb, nutnost udržení vody v nádrži při nedostatku vody (napájení pomocí přilehlého vodovodního hydrantu)

(Kulhavý Z., Štibinger J. a kol., 2015)

2. Vsakovací bloky



Obrázek 10 Vsakovací blok (Eco Aqua shop, 2023)

V případě velkých objektů, jako jsou obchodní centra a parkoviště, se často vyskytuje problém s odváděním dešťových vod do kanalizace. To může vést ke kapacitním problémům na stokové síti a na čistírně odpadních vod. Aby se tento problém vyřešil, je třeba využít princip primárního odvádění dešťových vod ze zpevněných povrchů do vsakovacích bloků umístěných pod terénem. Zde se dešťová voda akumuluje a postupně vsakuje do nižších vrstev, čímž se doplňují zásoby podzemních vod. Pokud dojde k větší intenzitě deště, než na kterou je půdní blok dimenzován, bezpečnostní přeliv, odvede přebytečnou vodu do dešťové kanalizace nebo do objektů pro další využití. Tím je velká část srážkové vody likvidována přímo na místě, což má mnoho pozitivních účinků. Je však nutné zajistit předčištění srážkových vod před tím, než vstoupí do vsakovacích bloků (Novotný I.,2014).

Konstrukce z plastových vsakovacích bloků je stavební systém, skládající se z bloků a přídatných objektů na vtoku a výtoku z podzemního prostoru. Díky variantnímu seskládání bloků lze vytvořit nádrže různých tvarů a kapacit, které odolávají extrémní zátěži a umožňují instalaci pod komunikace. Preferováno je horizontální rozložení bloků, protože zvětšuje plochu pro sání vody a prázdnění nádrže je efektivnější. Výběr konkrétního uspořádání závisí na vlastnostech podloží, přičemž propustnost podloží ovlivňuje velikost plochy, na které lze konstrukci instalovat (Novotný I.,2014).

Pozitivní efekty: zastavení povrchového odtoku ze zpevněných ploch a jeho likvidace formou infiltrace, zvýšení retence vody v krajině, zmenšení závislosti na veřejné technické infrastruktuře (dešťové nebo jednotné kanalizaci), snížení velikosti kulminační vlny bleskové povodně

Negativní efekty: náklady na pořízení provoz a údržbu

Podobná technologie se dá použít i na zahradách rodinných domů při zasakování vody ze střechy rodinných domů.

3. Retenční nádrž



Obrázek 11 (Aliaxis, 2022)

Retenční nádrže mají za úkol dočasně zadržet přítok vody a akumulovat ji buď krátkodobě nebo dlouhodobě. Pokud má nádrž dostatek volného prostoru pro retenci vody před odtokem a manipuluje se s ní vhodným způsobem, může pomoci zploštit přítokovou vlnu a snížit objem povodňové vlny tím, že zadrží vodu v nádrži. Díky tomuto mechanismu je možné posunout kulminaci a zmenšit objem povodňové vlny o objem retence vody v nádrži (Novotný I.,2014).

Pokud se v urbanizované oblasti využívají principy retenčních nádrží k nakládání s dešťovou vodou, dochází k zadržení srážkové vody zpětně ze střech a zpevněných ploch. Tato voda není odváděna přímo do kanalizace ani vypouštěna na povrch, ale místo toho je uchovávána v retenční nádrži. Voda z nádrže pak může být využita pro závlahu, například pro parky, travnaté plochy nebo zahrady, a to buď jako řízená infiltrace do půdy nebo jako užitková voda uvnitř budov. Tento postup výrazně podporuje retenci srážkových vod v dané oblasti a umožňuje jejich využití, čímž dochází ke snížení objemu srážkových vod odváděných do kanalizace (Novotný I.,2014).

Retenční nádrž se nachází mezi místem, kde se srážková voda shromažďuje (např. z okapů domů) a místem, kde se vypouští do dešťové kanalizace nebo na povrch. Je situována v blízkosti objektu, aby bylo možné pomocí gravitace vést vodu ze svodu do nádrže prostřednictvím potrubí (Novotný I.,2014).

Pozitivní efekty: voda zůstává v řešeném území a napomáhá ke zlepšení vodní bilance území, zdroj vody pro závlahu vegetace významné hlavně pro lokality s častým výskytem sucha, snížení odtoku a kulminačního průtoku, šetření s pitnou vodou, voda zbavená nečistot jako jsou sedimenty ropné látky může být použita například pro splachování, eventuální doplňování zásob podzemní vody

Negativní efekty: počáteční investiční náklady na výstavbu retenční nádrže, nutný provoz a údržba a s tím spojené náklady, v případě akumulace vod ze znečištěných zpevněných povrchů například automobilovou dopravou je nutné přečištění

(Kadlec V., 2014)

4. Vegetační střechy



Obrázek 12 Vegetační střecha (Dostal P., 2020)

Střešní krytiny nejsou schopny udržet odtok vody, avšak vegetační zelené střechy disponují touto schopností a jsou optimálním řešením pro zvyšování retence vody a snižování povrchového odtoku z daných objektů. Zelené střechy obsahují vrstvu vegetace a drenáže, která umožňuje absorbovat srážkovou vodu. Tím se snižuje množství odteklé vody a zpomaluje se doba odtoku. Některá voda se zachytí v intercepční zásobě a ve vrstvě substrátu, část se vypařuje a část je zužitkována rostlinami pro svůj růst (transpirace) (Dostálová J., 2021).

Hlavním faktorem, který ovlivňuje velikost retence vody na zelené střeše, je typ a výška vrstvy substrátu, druh vegetačního pokryvu a sklon střechy. Složení jednotlivých vrstev a použitých materiálů se mohou lišit v závislosti na požadavcích investora a stavební firmy, která projekt realizuje (Dostálová J., 2021).

Pozitivní efekty: hlavním pozitivním efektem je snížení a zpomalení odtoku vody do dešťové kanalizace, z toho plynou nižší náklady na odvádění vod a menší zátěž dešťové kanalizace, s tím spojené nadměrné otoky ze zastavěných ploch, estetický vzhled a vegetační kryt který napomáhá k evapotranspiraci a tím přirozenějšímu koloběhu vody v území, dlouhá životnost

Negativní efekty: vysoké náklady na realizaci a údržbu zelené střechy, ve srovnání s klasickými střechami mají velkou hmotnost, konstrukce tedy musí být dostatečně pevná, střecha nesmí mít příliš velký sklon

(Dostálová J., 2021)

5. Vegetační filtrační boxy



Obrázek 13 Vegetační filtrační box (Substráty s biouhlem, 2022)

Toto řešení představuje alternativu k tradičním odvodňovacím systémům intravilánu pro odvod srážkových vod. Princip tohoto opatření spočívá v použití tzv. "řízených mokřadů", kde voda teče přes několik úrovní v boxu s přepadovými otvory, což výrazně zpomaluje rychlost proudění vody. Voda se postupně akumuluje na propustné vrstvě půdy pokryté rostlinami, kterým nevadí delší doba zaplavení, kde se voda filtruje a čistí. Pokud jsou srážky příliš vydatné, voda nepřetéká, ale odtéká zpět na okraj komunikace, kde proudí do dalšího boxu. Přebytečná voda z posledního boxu vtéká do stávající dešťové kanalizace, avšak množství vody je objemově výrazně nižší. Toto opatření umožňuje likvidaci dešťové vody z komunikací bez jakýchkoli omezení parkování vozidel u krajnice (Zapletal M., 2021).

Tento systém se skládá z boxů s otevřeným dnem, které jsou vytvořené z betonových zdí o výšce přibližně 50 cm. Voda se do boxů dostává krátkými otevřenými žlaby s ocelovými pochůznými mřížkami, které zajišťují průchodnost mezi betonovými pasy a komunikací. Poté, co voda gravitačně stéká ke krajnici, vtéká do boxů na propustnou vrstvu. Aby se zabránilo vymývání půdy, je za vtokem umístěna vrstva kameniva, která snižuje rychlost proudění. Boxy jsou vybaveny několika přelivy, které zamezují rychlému protečení vody a přispívají k vaporizaci a postupné infiltraci. Přelivy mohou být vyrobeny z různých materiálů, jako jsou dřevěné fošny, beton nebo ocelové desky. Na druhé straně boxu je spádový chodník, který je nakloněn směrem k boxům a umožňuje vodě z chodníku vtéct do boxů. Mezery v betonových zdech boxů umožňují

průchod vody. Tento systém umožňuje účinné odvodnění srážkových vod a zabraňuje vysychání půdy (Zapletal M., 2021).

Pozitivní efekty: snížení rychlosti odtoku z komunikací a chodníků, snížení znečištění vody zvýšení zásob podzemní vody, zvýšení evapotranspirace v zastavěném území, estetický přínos

Negativní efekty: zmenšení prostoru mezi zástavbu a komunikací nutný nutnost údržby vegetace opatření není vhodné na půdách které špatně propouštějí vodu, možnost výskytu domovních přípojek

(Zapletal M., 2021)

6. Dešťové zahrady



Obrázek 14 Dešťová zahrada (Kravčík M., 2010)

Dešťové srážky, které dopadají na střechy domu, jsou vedeny svodem do uměle vytvořeného průlehu, který má estetickou funkci a slouží jako zahradní záhon poblíž domu. Díky specifickému tvaru a propustné vrstvě půdy v průlehu, je srážková voda zachycena a pomalu se infiltruje do půdy. Voda poté proudí do kamenné vyskládané strouhy, která vede k dešťové zahradě. Místo strouhy může být použita i trouba zakopaná pod zemí, z níž voda vytéká až v místě dešťové zahrady. Po přitečení do dešťové zahrady začíná voda naplňovat její retenční objem a postupně se infiltruje do půdy. Aby nedocházelo k úniku vody mimo dešťovou zahradu během silného deště, je zahrada vybavena vertikálním regulačním potrubím a bezpečnostním přepadovým kanálem, který určuje maximální kapacitu dešťové zahrady. Potrubí je chráněno proti zanášení, což zajišťuje jeho efektivní fungování (Dunnet N., Clayden A., 2007).

Pozitivní efekty: voda ze střech zůstává na pozemku tím podporuje dotování zásob podzemní vody a zabraňuje odtoku do veřejné dešťové kanalizace, nebo se alespoň výrazně zpomaluje, hustě vysazené rostliny zajišťují velký podíl evapotranspirace a jejich kořenová vrstva podporuje i filtrační schopnost celého opatření, vysoká estetická hodnota

Negativní efekty: Na rozdíl od způsobu likvidace dešťových vod ze střechy skrze vsakovací bloky dešťové zahrady zabírají plochu pozemku, při dlouhotrvajících deštích a veliké nasycenosti půdy může být dešťová zahrada dlouhodobě podmáčena, vhodné životní prostředí pro rozmnožování hmyzu

(Dunnet N., Clayden A., 2007)

7. Zahraníční příklady podpory retence vody

Winnenden v Německu je příkladem inovativního přístupu k udržitelnému využití dešťových vod v souvislosti s rozšiřováním obytného komplexu v této oblasti. Vilový a bytový komplex postavený v roce 2011 je vybaven zelenými střechami a propustnou dlažbou, která umožňuje efektivní hospodaření s dešťovou vodou. Voda z těchto zdrojů je zachycována a používána pro domácí potřeby nebo pro závlahu. Komplex je také vybaven několika menšími a většími retenčními nádržemi, které pomáhají regulovat průtok vody (Kulhavý Z., Štibinger J. a kol., 2015).



Obrázek 15 Winnenden (Doherty, 2013)

Projekt revitalizace řeky v Singapuru, který byl zahájen v roce 2010, patří mezi nejúspěšnější iniciativy na zlepšení retence vody ve městě. V sedmdesátých letech minulého století byla řeka přeložena do betonového koryta v lichoběžníkovém profilu, aby se zabránilo povodním. Díky projektu revitalizace se betonové koryto a okolí řeky změnilo v 60 hektarový park, který obsahuje mnoho nádrží, retenčních prostorů a

prostorů pro rekreaci. Morfologie toku byla upravena do přirozeného stavu, což výrazně zvýšilo biodiverzitu prostředí a zlepšilo mikroklima města. Tyto úpravy také přispěly ke snížení kulminačního průtoku, zpomalení koncentrace odtoku z území a zlepšení rekreačních možností pro místní obyvatele (Kulhavý Z., Štibinger J. a kol., 2015).



Obrázek 16 Koryto řeky Kallang před revitalizací (World Architecture News, 2012)



Obrázek 17 Koryto řeky Kallang po revitalizaci (World Architecture News, 2012)

3.7 Financování a dotace na obnovu retenční schopnosti krajiny

Potřeba zlepšit zadržení vody v krajině a zlepšit kvalitu povrchových a podzemních vod souhlasí s vizí udržitelného rozvoje České republiky, jak je vyjádřeno v dokumentu Strategický rámec Česká republika 2030, také ve Strategickém plánu pro období 2023-2027 a v plánu obnovy ČR. Mimo to, Národní plány povodí se věnují zlepšení stavu vody v České republice, včetně ochrany a obnovy povrchových a podzemních vod a vodních ekosystémů, snižování negativních dopadů povodní a sucha, udržitelnému hospodaření s povrchovými a podzemními vodami, poskytování vodohospodářských služeb a ochrany ekologické stability krajiny (Strategický plán SPZ na období 2023-2027, 2022).

Mezi hlavní zdroje, jak informací, tak samotných dotací patří: Národní plán obnovy, Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zemědělství, Státní fond životního prostředí ČR, Operační program Životní prostředí 2021—2027 EU a Strategický plán SPZ na období 2023-2027 dostupný na stránkách [DotaceEU.cz](https://dotaceeu.cz) (Zastřešující portál Evropských strukturálních a investičních fondů v ČR).

V minulých letech již proběhlo velké množství dotačních programů retence vody v krajině. Například Program Dešťovka pro domácnosti (Národní program životního prostředí), Program Rozvoj venkova: financován Evropskou unií, pro podporu projektů zaměřených na zlepšení retence vody v krajině, např. stavba rybníků, melioračních zařízení, obnovy mokřadů, Operační program Životní prostředí: také financován Evropskou unií s cílem podporovat ochranu a zlepšování životního prostředí v ČR. Součástí programu je například podpora projektů na zadržování vody v krajině, obnovu vodních toků, revitalizaci mokřadů a podobně (DotaceEU,2023).

3.7.1 Lesy

Potřeba zvýšit ochranné funkce lesů v oblasti vody je založena na Státním programu ochrany přírody a krajiny ČR (SPOPK ČR) pro období 2020-2025 a Lesnické strategii EU (2021), která je reflektována ve strategii přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Cílem je zajistit ekologickou stabilitu lesů a poskytování ekosystémových služeb s důrazem na minimalizaci degradace půdy a posílení přirozeného vodního režimu. Adaptivní opatření jsou zaměřena na obnovu

přirozeného vodního režimu v lesích, minimalizaci technického odvodnění lesů, realizaci opatření pro zadržení vody, stabilizaci skupin lesních typů ovlivněných vodou a ochranu mokřadů v lesích. Toto usilování je v souladu s koncepcí státní lesnické politiky do roku 2035, jejímž cílem je zajištění vyrovnaného plnohodnotného plnění všech funkcí lesa pro budoucí generace, včetně podpory pozitivní vodní a uhlíkové bilance krajiny. Lesnická politika podporuje přírodě blízké způsoby hospodaření, které zlepšují vodní bilanci (Nová Lesní strategie EU do roku 2023, 2021).

Mezi klíčové programy patří Operační program Životní prostředí 2021—2027 „Adaptace ekosystémů na změnu klimatu“, který podporuje celou řadu opatření, včetně podpory lesních pozemků s cílem zlepšit zadržení vody. Mezi konkrétní opatření může patřit například výsadba nových lesů nebo úprava stávajících porostů za účelem zlepšení zadržení vody (MŽP, 2020).

V Evropské unii existuje několik programů zaměřených na podporu zadržení vody v lesích. Mezi ně patří například program LIFE, který podporuje projekty na ochranu přírody a biodiverzity. Tento program může finančně podpořit projekty zaměřené na zlepšení zadržování vody v lesích (ProgramLife,2023).

3.7.2 Zemědělské pozemky

V České republice je v současné době aktuální téma poskytování dotací na podporu zadržování vody na zemědělských pozemcích. Tyto dotace mají za úkol zlepšit schopnost půdy udržovat vodu a tím snížit riziko povodní a sucha. Finanční podporu lze získat z různých zdrojů, jako jsou evropské fondy, státní rozpočty, a další veřejné i soukromé zdroje.

V březnu 2023 byla zveřejněna tisková zpráva od Ministerstva zemědělství, která oznámila přípravu pěti nových nařízení vlády, jež budou stanovovat podmínky pro vyplácení hlavních zemědělských dotací do roku 2027. Tato opatření se soustředí na podporu ekologického zemědělství, šetrného hospodaření a zmírňování dopadů klimatické změny. Od letošního roku jsou na standardní orné půdě podporována opatření jako pěstování meziplodin, zakládání ploch s různými druhy rostlin vhodných pro opylovače a vytváření biopásů, což přispívá k rozvoji biodiverzity a zvyšuje

retenci vody. Na tyto opatření je v letech 2023 až 2027 připraveno 18,6 miliardy korun. Dotace jsou financovány z 65 % Českou republikou a z 35 % Evropskou unií. Podobně jsou financována také ekologická zemědělství (Bílý V., 2023).

Konkrétní opatření, na která lze v rámci tohoto programu žádat o dotaci, zahrnují například:

- Výsadbou stromů a keřů na podél polních okrajů a mezi nimi, což pomáhá snížit erozi půdy a zpomalit odtok srážkových vod.
- Vytvoření travnatých pásů, které fungují jako zadržovací nádrže a zároveň slouží jako potravní zdroj pro domácí i divokou zvěř.
- Výstavbu rybníků a dalších vodních nádrží, které slouží k zadržování srážkových vod a zlepšení kvality vody.
- Vytvoření přírodních bariér, jako jsou tůně, mokřady a bažiny, které zlepšují zadržování vody v krajině a zároveň přispívají k větší biodiverzitě.

Finanční podpora pro retenci vody na zemědělských pozemcích v ČR je často získávána z evropských fondů, které jsou spravovány Evropskou unií. Tyto fondy umožňují financování různých zemědělských projektů, včetně těch, které mají za cíl zlepšit retenci vody na zemědělských pozemcích. Projekt Agroforestry je příkladem takového projektu, který je financován z evropských fondů a zaměřuje se na zalesňování zemědělských pozemků s cílem zlepšit retenci vody a snížit erozi půdy (Reforest, 2022).

Finanční podpora pro projekty zaměřené na zlepšení retence vody v zemědělských pozemcích v ČR může pocházet také ze státních rozpočtů. Státní program ochrany přírody a krajiny ČR pro období 2020-2025 poskytuje finanční podporu pro projekty, které mají za cíl zlepšit retenci vody v krajině. Tyto projekty mohou být realizovány na soukromých i veřejných pozemcích, včetně zemědělských (MŽP, 2020).

Jinými zdroji dotací na podporu zadržování vody na zemědělských pozemcích v ČR jsou také obce a kraje, které mohou nabídnout finanční podporu pro projekty, které zlepšují zadržování srážkové vody v určitých oblastech. Soukromé organizace, jako nadace a společnosti, také mohou poskytovat finanční podporu pro projekty zaměřené na zlepšení zadržování vody na zemědělských pozemcích (Žák V., Kubala P., 2023).

Státní fond životního prostředí ČR je dalším významným zdrojem podpory projektů zaměřených na ochranu a zlepšení kvality vody. Fond může poskytnout finanční podporu pro projekty zlepšující retenci vody na zemědělských pozemcích, což může přispět k ochraně přírody a snížení negativních dopadů sucha a povodní (Žák V., Kubala P., 2023).

3.7.3 Vodní plochy

Podpora retence vody vodních ploch se v ČR řeší prostřednictvím dotací ze strany státu. Cílem této podpory je zlepšit vodohospodářské schopnosti vodních ploch a minimalizovat rizika povodní (OPŽP Výzva 19, 2022).

V současné době jsou hlavním dotačním titulem pro podporu retence vody vodních ploch prostředky z operačního programu životní prostředí. Tento program je financován z Evropského fondu pro regionální rozvoj a zaměřuje se na opatření, která mají pozitivní vliv na vodohospodářské schopnosti vodních ploch v ČR (OPŽP Výzva 19, 2022).

Tento dotační titul poskytuje finanční podporu na různá opatření, jako je například podpora přirozeného tlumení povodní v nivách, realizace přírodě blízkých opatření na vodních tocích, uvolňování území ohrožených povodněmi pro zakládání povodňových parků, obnova, výstavba a rekonstrukce ochranných nádrží a vybudování nebo rekonstrukce bezpečnostních přelivů na vodních nádržích. Dotace se odvíjejí od konkrétního opatření a podmínek dotačního titulu.

Jako příklad uvádím výzvu č. 28, která je určena pro projekty péče o různé druhy přírodních stanovišť, jakými jsou například tůňe, rašeliniště, prameniště, malé vodní nádrže, vodní toky a jejich nivy nebo projekty výstavby a rekonstrukce malých vodních nádrží. (OPŽP Výzva 28, 2022).

Program 129 390 "Podpora opatření na drobných vodních tocích a malých vodních nádržích – 2. etapa" je realizován v letech 2020–2024. Poskytuje dotace na obnovu přirozeného charakteru vodních toků a na obnovu přirozeného prostředí v okolí vodních toků. Tyto dotace jsou určeny zejména pro Obce, svazky obcí, státní podniky Povodí a Lesy České republiky s.p. (OPŽP Rybářství 2021-2027).

Jako alternativní dotační program lze zvážit Operační program Rybářství a vodní hospodářství (ENRAF), který je financován jak Evropskou unií, tak státním rozpočtem a zaměřuje se na podporu udržitelného rybářství a zlepšení vodního hospodářství v ČR. Hlavním cílem programu je vytvoření konkurenceschopné, odolné a udržitelně se rozvíjející akvakultury, což odpovídá také cílům Zelené dohody a strategii Evropské komise "Od zemědělce ke spotřebiteli". Program poskytuje dotace na řadu opatření, mezi nimiž jsou budování nových rybníků a nádrží, rekonstrukce stávajících vodních objektů a revitalizace toků s cílem zlepšit retenci vody na vodních plochách (OPŽP Rybářství 2021-2027).

3.7.4 Zastavěné území

V České republice existuje řada dotačních programů a projektů zaměřených na podporu retence vody v urbanizovaných oblastech. Tyto iniciativy mají za cíl zlepšit vodohospodářskou situaci v městských aglomeracích a minimalizovat rizika spojená s povodněmi a suchem (NPŽP, 2023).

V oblasti podpory retence vody v urbanizovaném prostředí hraje významnou roli Operační program Životní prostředí, který je financován z prostředků Evropské unie a státního rozpočtu. Jeho hlavním cílem je trvale udržitelný rozvoj a zlepšení stavu životního prostředí v České republice. V rámci tohoto programu jsou nabízeny dotace na řadu projektů a opatření, která mají za úkol zlepšit zadržování vody v městských oblastech. Tyto projekty zahrnují například výstavbu zelených ploch, revitalizaci mokřadů a bažin, výsadbu dřevin, výstavbu dešťových zahrad a nádrží pro dešťovou vodu. Tímto způsobem lze snížit riziko povodní a sucha v urbanizovaném prostředí a zlepšit vodohospodářskou situaci (NPŽP, 2023).

Dalším dotačním programem podporujícím retenci vody v urbanizovaném území je Národní program Životního prostředí. Tento program se zaměřuje na obnovu zeleně ve městech a obcích a na odstranění odvodňovacích systémů, které negativně ovlivňují vodní hospodářství v době klimatické změny. Stomilionové finanční prostředky jsou k dispozici pro vlastníky pozemků, bez ohledu na to, zda se jedná o veřejné nebo soukromé subjekty. Tyto prostředky mohou být použity na stavební práce spojené s rušením drenáží a odvodňovacích příkopů, aby bylo zabráněno dalšímu vysychání půdy a zvýšilo se množství živé přírody na těchto pozemcích (NPŽP, 2023).

Mezi další iniciativy, které podporují udržitelné hospodaření s vodou v domácnostech, patří program Nová zelená úsporám-Dešťovka. Tento program, který byl původně součástí Národního programu Životní prostředí, je nyní začleněn do dotačního programu Nová zelená úsporám financovaného z Národního plánu obnovy. Jeho cílem je podněcovat majitele rodinných a bytových domů v celé ČR k udržitelnému a účinnému využívání vody a snižovat tak spotřebu pitné vody z povrchových a podzemních zdrojů.

Z dotace lze pokrýt až 50 % výdajů na pořízení těchto systémů:

- Systém na využití zachycené srážkové vody na zalévání zahrady
- Systém na využití zachycené srážkové vody pro splachování WC a případně pro závlivku zahrady
- Systém na využívání vyčištěné odpadní vody jako vody užitkové, případně pro závlivku zahrady (s jednou či dvěma nádržemi) s možnou kombinací s dešťovou vodou

(SFŽP-Nová zelená úsporám-Dešťovka)

Dalším zdrojem financování mohou být také místní samosprávy a obce, které mohou poskytnout dotace nebo příspěvky na projekty využívající dešťovou vodu.

3.8 Legislativa

V oblasti ochrany životního prostředí se využívají jak nástroje přímého působení, jako jsou nástroje koncepční a administrativně-právní, tak nástroje nepřímého působení, zejména ekonomické nástroje.

3.8.1 Koncepční nástroje zadržování vody v krajině

V oblasti zadržování vody v krajině jsou koncepční nástroje nezbytné pro účinné řešení dlouhodobých vodohospodářských problémů a zajištění udržitelného hospodaření s vodními zdroji. Mezi relevantní koncepční dokumenty patří například koncepce územního plánování, plány povodí, plány ekologické stability krajiny a další dokumenty. Jejich hlavním cílem je poskytnout komplexní rámec pro další nástroje opatření.

Koncepční nástroje jsou také klíčové pro koordinaci různých subjektů a institucí, které se podílejí na zadržování vody v krajině. Vzhledem k tomu, že zadržování vody v krajině zahrnuje mnoho různých aspektů, je důležité zajistit koordinaci a spolupráci mezi různými sektory, jako jsou vodohospodářství, zemědělství, lesnictví, stavebnictví a další.

3.8.2 Strategický rámec Česká republika 2030

Strategický rámec ČR 2030 je klíčový dokument, který definuje dlouhodobou strategii České republiky v oblasti udržitelného rozvoje, a to navzdory tomu, že tento dokument není právně závazný. Jeho hlavním cílem je vytvoření udržitelného a konkurenceschopného hospodářství, které bude spočívat na zodpovědném využívání přírodních zdrojů, včetně vodních zdrojů (Strategický rámec Česká republika 2030, 2017).

V kapitole Odolné ekosystémy Strategického rámce ČR 2030 jsou uvedena opatření na zadržení vody v krajině a péči o půdu. Tyto opatření zahrnují například rekultivaci vodních toků, říčních niv a obnovu mokřadů a vodních nádrží. Je rovněž důležité provést revizi odvodňovacích systémů a zavést dlouhodobá opatření v celém povodí. Další kroky směřují k redukci eroze půdy, jako například dělení půdních bloků na menší celky s výsadbou dřevin a trvalým travním porostem a omezení pěstování plodin

v svažitých terénech, které nedisponují dostatečnou ochranou proti erozi (např. řepka, brambory, řepa) (Strategický rámec Česká republika 2030, 2017).

3.8.3 Koncepce ochrany před následky sucha v ČR

Koncepce ochrany území České republiky před následky sucha je dokument, který vznikl v rámci mezirezortní komise VODA-SUCHO, která byla zřízena v roce 2014 za účelem řešení této problematiky. Schválení koncepce v roce 2017 však nemá právní povahu a není závazná. Má tedy pouze vnitřní závaznost pro veřejnou správu (MŽP-Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky).

Koncepce se zaměřuje na předcházení následkům sucha prostřednictvím opatření v oblasti vodního hospodářství, zemědělství, lesnictví, ochrany přírody a krajiny, průmyslu a energetiky. Kromě toho se věnuje také přípravě na možné krizové situace způsobené suchem a zajištění potřebného koordinovaného postupu v případě jejich vzniku (MŽP-Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky).

Mezi hlavní opatření koncepce patří zvýšení efektivity vodohospodářského hospodaření, zlepšení vodního režimu v krajině, například zadržováním srážkové vody a obnovou mokřadů, podpora diverzifikace zemědělské produkce a zvýšení odolnosti lesů vůči suchu a kůrovcovým kalamitám. Významnou roli hrají také opatření zaměřená na osvětu a informování veřejnosti o problematice sucha a jeho následků (MŽP-Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky).

V rámci koncepce byla vytvořena také mapa ohroženosti území České republiky suchem a jsou identifikována konkrétní území, která jsou z hlediska následků sucha nejohroženější. Tyto oblasti jsou následně zařazeny do příslušných kategorií ohrožení a na základě toho jsou vypracovávány konkrétní plány a opatření k ochraně před následky sucha (MŽP-Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky).

3.8.4 Vliv územního rozvoje na retenci vody v krajině

Politika územního rozvoje ve smyslu § 31 zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu je celostátním strategickým nástrojem územního plánování, který stanovuje priority územního rozvoje a určuje podmínky pro jejich

naplňování. Územní plánování a další plány na úrovni obcí a krajů mají vliv na uspořádání krajiny a využívání ploch v krajině, což ovlivňuje i způsob zadržování vody (PÚR ČR, 2021).

V praxi to znamená, že územní plánování může podporovat nebo bránit zadržování vody v krajině. Například plánování výstavby nových silnic nebo průmyslových zón může mít negativní dopad na zadržování vody v krajině, pokud se tyto stavby budou nacházet v oblastech, které jsou důležité pro zadržování vody. Na druhé straně mohou být v územním plánování určeny plochy, které jsou vhodné pro zadržování vody, jako jsou například mokřady, rybníky, nebo zalesněné oblasti (PÚR ČR, 2021).

Dalším aspektem politiky územního rozvoje, který má vliv na zadržování vody v krajině, jsou podmínky pro výstavbu a údržbu infrastruktury pro zadržování vody, jako jsou například nádrže, hráze, nebo vytváření podmínek pro přirozenou retenci srážkové vody v území a pro využívání dešťových vod jako zdroje vody v zastavěných plochách (PÚR ČR, 2021).

Zároveň mohou být prostřednictvím politiky územního rozvoje podporovány i další opatření pro zadržování vody, jako jsou například agrotechnická opatření na polích, jako jsou protierozní opatření, či opatření na zalesňování ploch. Důležité je také zohlednění vlivu klimatických změn v územním plánování a politice územního rozvoje (PÚR ČR, 2021).

3.8.5 Plánování v oblasti vod

Plánování v oblasti vod představuje systematickou a koncepční činnost státu, která se zaměřuje na vymezení a srovnání veřejných zájmů v oblasti ochrany vod jako klíčového prvku životního prostředí. Hlavním cílem této činnosti je minimalizovat negativní dopady povodní a sucha a udržitelně spravovat vodní zdroje, zejména z hlediska zásobování pitnou vodou v souladu s § 23 odst. 1 vodního zákona. Plánování vodního hospodářství vychází z Rámcové směrnice o vodách, která zavazuje ČR přijmout odpovídající plány povodí. (Směrnice Evropského parlamentu a Rady, 2000)

Plánování v oblasti vod reprezentuje systematickou koncepční činnost státu, která má za úkol definovat a sjednotit veřejné zájmy v oblasti ochrany vod jakožto klíčové složky životního prostředí, minimalizaci škodlivých dopadů povodní a sucha a

udržitelného využívání vodních zdrojů, především pro účely zásobování pitnou vodou v souladu s § 23 odst. 1 vodního zákona. Plánovací proces v oblasti vodního hospodářství vychází z Rámcové směrnice o vodách, která nařizuje ČR vytvořit odpovídající plány povodí.

3.8.6 Další legislativní nástroje

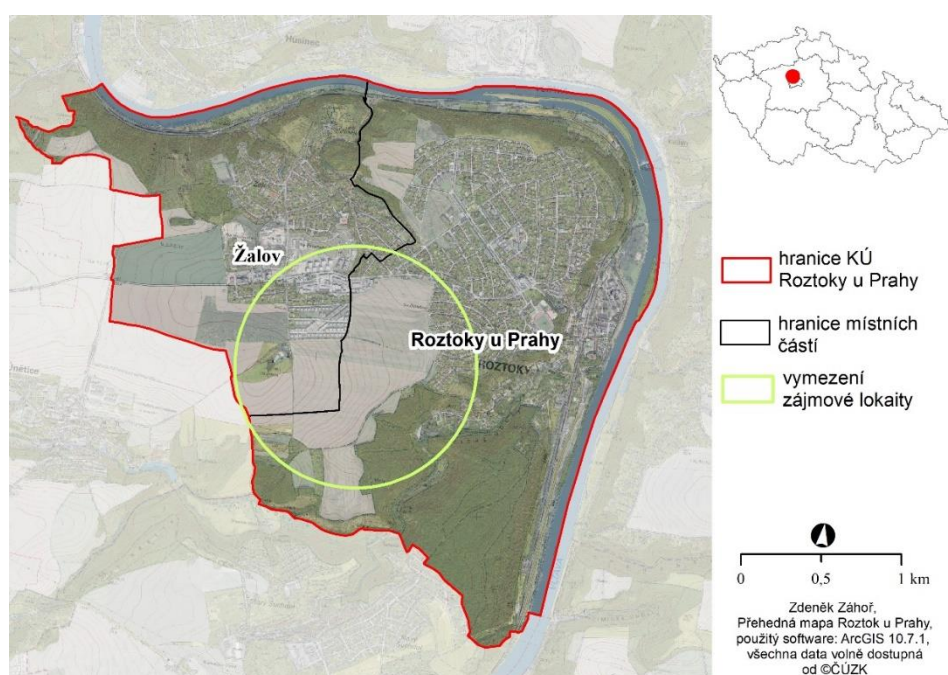
- Plány ekologické stability krajiny

Územní systém ekologické stability krajiny (ÚSES) je komplexní soubor propojených ekosystémů, které slouží k udržení přírodní rovnováhy a biodiverzity. Jeho hlavním cílem je dosáhnout ekologické stability krajiny a zvýšit zadržování vody v krajině. ÚSES se skládá z biokoridorů a biocenter, které jsou propojeny a tvoří celistvou síť. Podle geografického hlediska se rozlišují místní, regionální a nadregionální ÚSES, přičemž každý z těchto typů má své specifické charakteristiky.

- Obecná ochrana zemědělské a lesní půdy
- Mnohé další legislativní druhy ochrany, například pokud se jedná o významné krajinné prvky
(ÚSES, 2004)

3.9 Příklady nástrojů určených pro vymezení lokalit s potřebou zavedení opatření zlepšujících retenci vody v krajině s ukázkou na zvoleném území

Zvolené území Roztoky u Prahy se nachází severně od hl. města Prahy na levém břehu řeky Vltavy, v okrese Praha-západ ve středočeském kraji. Plocha města činí 8,13 km². Obec je rozdělena do dvou katastrálních území, Roztoky u Prahy a Žalov. Posuzovaná lokalita spadá do prvního klimatického regionu, který je rozšířen v nejužší oblasti Čech, jedná se o západní část Pražské plošiny.



Obrázek 18 Hranice města Roztoky a vymezení zájmové lokality (ArcGIS)

Jako doplnění rešeršní části textu je vypracováno několik mapových výstupů z veřejně dostupných mapových aplikací. Vybrané území se nachází ve střední části katastrálního území obce Roztoky, jihovýchodně od zastavěné oblasti místní části Žalov a jihovýchodně od části Roztoky u Prahy. Na vybrané části katastrálního území Roztoky u Prahy je popsán vývoj zemědělských pozemků v čase, ve srovnání historických a současných ortofoto map. Dále schopnost půdy zadržovat vodu včetně zobrazení dlouhodobé průměrné ztráty půdy (G), způsobené vodní erozí; nákrese rizika erozního smyvu v současných klimatických podmínkách; maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace a protierozních opatření ($C_p \cdot P_p$), retenční vodní kapacita půd a mapa odtokových linií.



Obrázek 19 Letecká mapa z roku 1953 (ags.cuzk)

Na obrázku č. **19** je vyobrazena letecká mapa z roku 1953. Orná půda nacházející se jižně od zastavěné oblasti obce je zde rozdělena za pomoci vegetačních pásů na několik kvadrantů. Vybraný kvadrant je ohraničen po všech stranách. Což zmírňuje vodní erozi a zvyšuje retenční schopnost půdy, mimo jiné slouží jako biokoridor a estetický prvek.



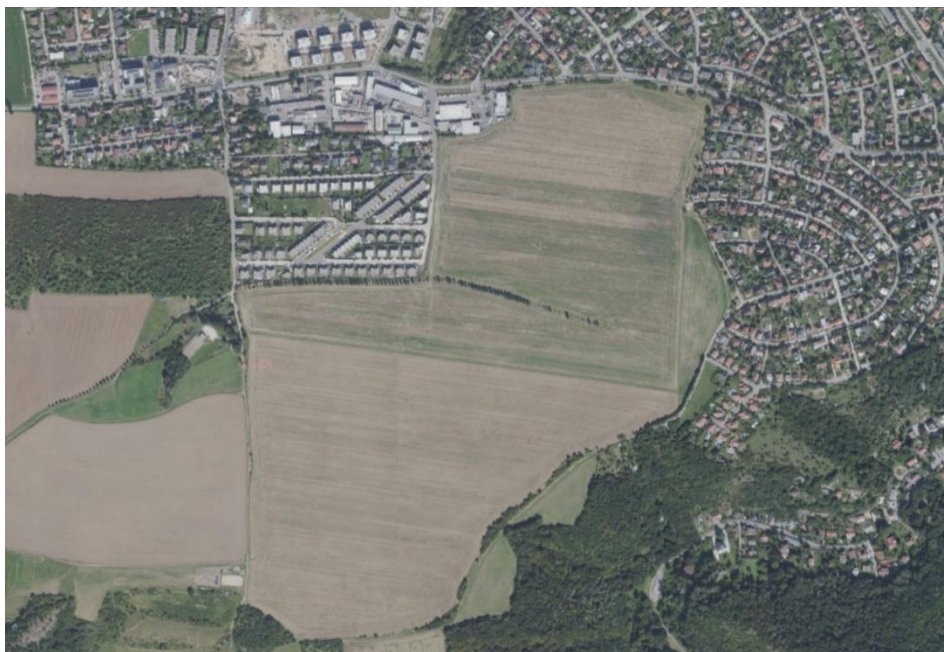
Obrázek 20 Letecká mapa z roku 2000 (ags.cuzk)

Obrázek č. **20** je letecká mapa z roku 2000. Největším rozdílem je sjednocení kvadrantů v jeden velký půdní celek, včetně odstranění vegetačních pásů.



Obrázek 21 Letecká mapa z roku 2006 (ags.cuzk)

Obrázek č. **21** zobrazuje leteckou mapu z roku 2006. Pole zůstalo jako jeden celek, v severozápadním rohu mapy vznikají nové plochy pro bydlení. Podél okrajů pole je zřetelně vidět stopa od kol zemědělské techniky. To může být způsobeno podmáčením půdy a následkem může být utužování půdy.

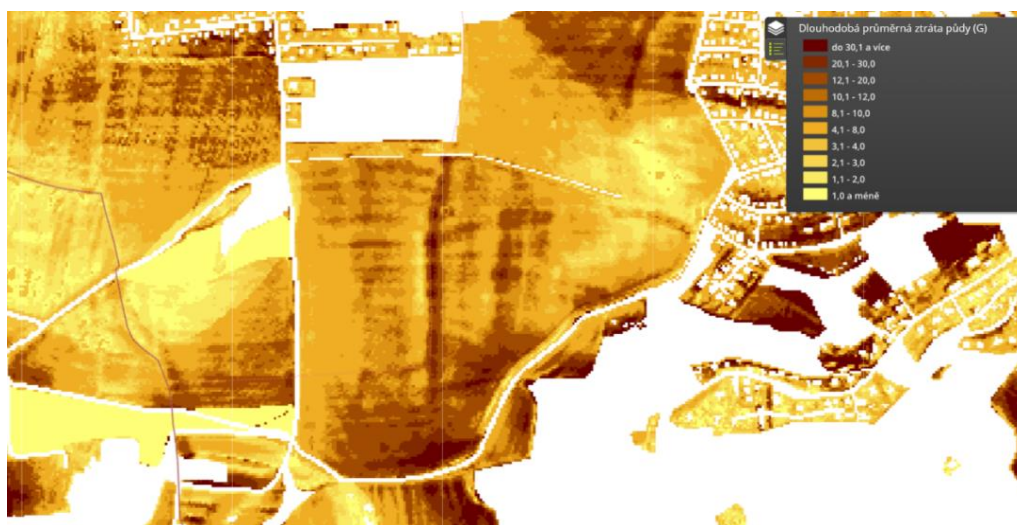


Obrázek 22 Letecká mapa z roku 2022 (ags.cuzk)

Obrázek č. 22 je současná letecká mapa. V severozápadním rohu byla vybudována nová zástavba. Od nové zástavby vede pás stromořadí do cca poloviny pole. Dále zde vzniknul travnatý pás vedoucí přibližně v půlce pole ze západu na východ, kde se napojuje na zatravněnou plochu.

Dle platného územního plánu (ÚP Roztoky, 2021) se zastavěné plochy budou rozšiřovat, a to mezi současnou východní a západní zástavbou. Rozšíření zastavěného území, je ovšem doplněno o krajinnou zeleň a dle textové části budou pro zpevněné plochy používány polopropustné povrchy doplněné retenčními prvky pro akumulaci a zpoždění odtoku dešťových vod. Na stavebních pozemcích bude dešťová voda v co největší míře zadržována v akumulčních nádržích pro zpětné využití na závlahu nebo jako voda užitková. Přepady z akumulčních nádrží budou řešeny zasakováním.

Dlouhodobá průměrná ztráta půdy



Obrázek 23 Dlouhodobá průměrná ztráta půdy G (VUMOP, v.v.i.)

Obrázek č. 23 je mapa dlouhodobé průměrné ztráty půdy (G). Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí, je vyjádřena dlouhodobým průměrným smyvem půdy (G), vychází z rovnice USLE (Wischmeier W.H, Smith D.D., 1978) s využitím faktoru ochranného vlivu vegetace C podle klimatických regionů. Vyjadřuje hodnoty dlouhodobého průměrného smyvu půdy (G).

Dlouhodobá průměrná ztráta půdy se počítá pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) (Wischmeier W.H, Smith D.D., 1978):

$$G = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

kde:

G - průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$),

R - faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii a intenzitě erozně nebezpečných dešťů, představuje schopnost uvolňovat půdní částice z povrchu půdy a rozrušovat půdní agregáty,

K - faktor erodovatelnosti půdy, definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku vyjádřená v $t \cdot ha^{-1}$ na jednotku erozní účinnosti deště R; vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti půdního profilu,

L - faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí,

S - faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí,

C - faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice,

P - faktor účinnosti protierozních opatření.

Pro výpočet dlouhodobé průměrné ztráty půdy (G) byla použita hodnota faktoru erozní účinnosti přívalového deště $R = 20 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$. (Janeček M. 2012)

Průměrná hodnota faktoru R je v našich podmínkách hodnotou za vegetační období, neboť přívalové deště vyvolávající erozi se vyskytují převážně od konce dubna do počátku října.

Faktor erodovatelnosti půdy (K) představuje náchylnost půdy k erozi, tedy schopnost půdy odolávat působení rozrušujícímu účinku deště a transportu povrchového odtoku. Tento faktor byl stanoven na základě hlavní půdní jednotky (HPJ) (Vopravil J, 2006) z aktualizované databáze Bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) v měřítku 1: 5 000.

Topografický faktor (LS), neboli faktor délky (L) a sklonu svahu (S), vyjadřuje vliv morfologie terénu na vznik a vývoj erozních procesů. Představuje poměr ztrát půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na jednotkovém pozemku o délce 22,13 m se sklonem 9 %.

Pro faktor ochranného vlivu vegetace (C) byly využity hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace dle klimatických regionů (Kadlec, Toman, 2002). K určení klimatických regionů byla použita data z aktualizované databáze BPEJ v měřítku 1: 5 000.

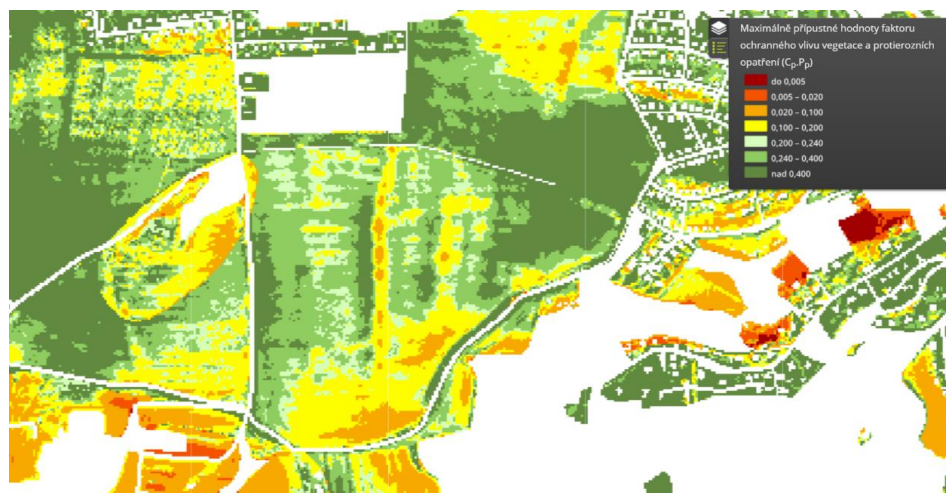
Pro faktor účinnosti protierozních opatření (P) byla použita hodnota $P = 1$, což vyjadřuje, že na území nebyla uplatněna žádná protierozní opatření.

Kategorie	Hodnoty dlouhodobé průměrné ztráty půdy (G) [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]	Kategorie ohroženosti vodní erozí
1	méně než 1,0	velmi slabě ohrožená
2	1,1 - 2,0	slabě ohrožená
3	2,1 - 4,0	středně ohrožená
4	4,1 - 8,0	silně ohrožená
5	8,1 - 10,0	velmi silně ohrožená
6	více než 10,1	extrémně ohrožená

Tabulka 2 Rozdělení hodnot dlouhodobé průměrné ztráty zemědělské půdy (VUMOP, v.v.i.)

V našem případě na námi řešeném kvadrantu se tedy převážně jedná o extrémní ohrožení půdy vodní erozí.

Maximálně přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace a protierozních opatření (CpPp)



Obrázek 24 Maximálně přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace a protierozních opatření (VÚMOP, v.v.i.)

Obrázek č. 24 je mapa s vyobrazením maximálně přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace a protierozních opatření. Hodnota C_p vyjadřuje míru ohroženosti území vodní erozí pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace. Tato limitní hodnota faktoru C by neměla být na daném místě překročena a v případě, že se tak stane, měla by být eliminována protierozními opatřeními.

V České republice jsou maximálně přípustné hodnoty P-faktoru a C-faktoru stanoveny podle metodiky, kterou vydává Ministerstvo zemědělství ČR. Tyto hodnoty se mohou lišit v závislosti na typu půdního fondu a klimatických podmínkách dané oblasti.

Podle aktuální metodiky platné od roku 2017 jsou maximálně přípustné hodnoty P-faktoru pro různé typy porostů následující:

- pro obdělávanou půdu s jednoletými plodinami: 0,2
- pro obdělávanou půdu s trvalými plodinami: 0,15
- pro trvalé travní porosty: 0,05

Maximálně přípustné hodnoty C-faktoru pro různá protierozní opatření jsou také stanoveny v metodice a liší se v závislosti na druhu opatření a typu půdy. Pro příklad, C-faktor pro využití krycích plodin se pohybuje mezi 0,05 až 0,15, zatímco C-faktor pro použití kamenných překážek se pohybuje mezi 0,2 až 0,4 (VÚMOP).

Hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace (P-faktor) a protierozních opatření (C-faktor) jsou důležité pro odhad množství eroze půdy v dané oblasti. Tyto faktory se používají v matematických modelech, které zahrnují různé proměnné, jako jsou typ

půdy, klimatické podmínky, sklon terénu, délka svahu a typy plodin pěstovaných na poli (VÚMOP).

P-faktor vyjadřuje schopnost vegetace chránit půdu před erozí, tedy jak účinně rostliny udržují půdu na místě. Čím vyšší je hodnota P-faktoru, tím vyšší je ochranný účinek vegetace. Naopak, nízké hodnoty P-faktoru znamenají, že půda je vystavena většímu riziku eroze (VÚMOP).

C-faktor zase zohledňuje protierozní opatření, jako jsou například krycí plodiny, kamenné překážky, terasování nebo změna způsobu obdělávání půdy. Hodnota C-faktoru vyjadřuje schopnost těchto opatření snižovat riziko eroze. Čím vyšší je hodnota C-faktoru, tím účinnější jsou protierozní opatření (VÚMOP).

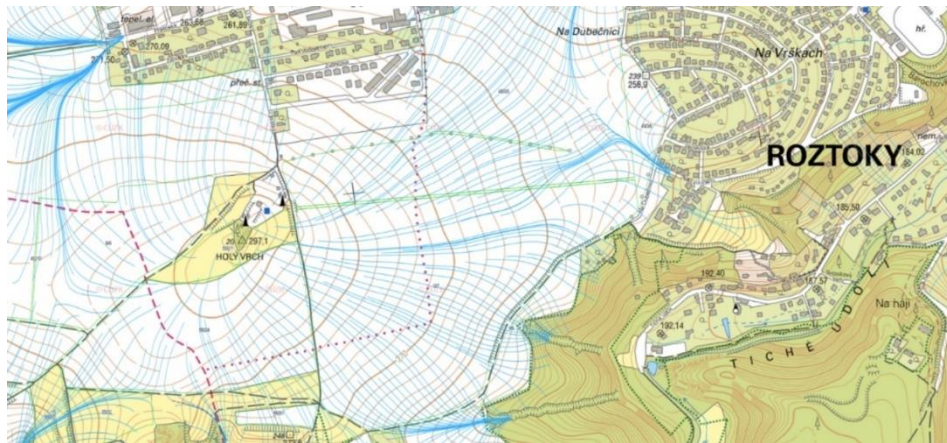
Hodnoty P-faktoru a C-faktoru jsou tedy důležité pro určení úrovně ochrany půdy před erozí a pomáhají při rozhodování o tom, jaká protierozní opatření jsou nejefektivnější v dané oblasti, viz. Tabulka č. 3

Kategorie	Přípustná hodnota C	Doporučený management
1	0,005 a méně	ochranné zatravnění
2	0,006–0,020	víceleté pícniny nebo ochranné zatravnění
3	0,021–0,100	vyloučení erozně nebezpečných plodin a vyšší zastoupení víceletých pícnin
4	0,101–0,200	vyloučení erozně nebezpečných plodin a použití půdoochranných technologií
5	0,201–0,240	pásové střídání plodin nebo vyloučení erozně nebezpečných plodin
6	0,241–0,400	erozně nebezpečné plodiny pěstovány s půdoochrannými technologiemi
7	0,401 a více	bez omezení

Tabulka 3 Maximálně přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace a protierozních opatření (Cp·Pp) (VUMOP, v.v.i.)

Na vybraném kvadrantu je vyloučeno pěstování erozně nebezpečných plodin a doporučeno použití půdoochranných technologií a pěstování víceletých pícnin.

Odtokové linie



Obrázek 25 Odtokové linie (VÚMOP)

————— Odtokové linie

Na obrázku č. **25** jsou vyobrazeny odtokové linie, které vyjadřují odtokové poměry v lokalitě. Představují modelové dráhy povrchového odtoku srážkové vody. K tomu dochází v případě, kdy intenzita srážek překročí mez schopnosti půdy infiltrovat vodu a ta začne odtékat po povrchu. Podstatný je vztah sklonu svahu a délky svahu, který ovlivňuje unášecí schopnost vody a tím i intenzitu eroze. Délka svahu je přitom uvažována ve smyslu spádnice svahu, tj. ve směru odtokové linie. Místa křížení drah soustředěného odtoku (koncentrace odtokových linií) s intravilánem obce, hydrotechnickými prvky, komunikacemi atd. lze považovat za místa, na kterých dochází nebo může docházet k jejich ohrožení. Pomocí odtokových linií lze identifikovat místa, která mohou dotovat odtékající vodu půdními částicemi (VÚMOP).

Odtokové linie byly generovány nad digitálním modelem terénu a v posuzované lokalitě naznačují místa výraznější koncentrace povrchového odtoku.

Návrh opatření-travního pásu



Obrázek 26 Návrh opatření travního pásu (VUMOP)

Dle odtokových linií byly navrženy tyto šířky travního pásu.

Odtoková linie č. 1 (292 m)		
#	Délka svahu (L)	Šířka travního pásu (D)
1	292 m	0 m
Σ	292 m	0 m

Odtoková linie č. 1 (292 m)

- Vstupní hodnoty výpočtu: Intenzita srážky [mm/h]: 35.00
- Limitní hodnota tečného napětí [Pa]: 2.5
- Intenzita infiltrace travního pásu [mm/min]: 2.8
- Vypočtené hodnoty:
 - Segment č.1 Délka svahu (L): 292 m Šířka travního pásu (D): 0 m
 - Součet délek: 292 m Součet šířek: 0 m

Odtoková linie č. 2 (615 m)		
#	Délka svahu (L)	Šířka travního pásu (D)
1	615 m	0 m
Σ	615 m	0 m

Odtoková linie č. 2 (615 m)

Vstupní hodnoty výpočtu:

- Intenzita srážky [mm/h]: 35.00
- Limitní hodnota tečného napětí [Pa]: 2.5
- Intenzita infiltrace travního pásu [mm/min]: 2.8
- Vypočtené hodnoty:
 - Segment č.1 Délka svahu (L): 615 m Šířka travního pásu (D): 0 m
 - Součet délek: 615 m Součet šířek: 0 m

Odtoková linie č. 3 (795 m)		
#	Délka svahu (L)	Šířka travního pásu (D)
1	333 m	23 m
2	439 m	0 m
Σ	772 m	23 m

Odtoková linie č. 3 (795 m)

Vstupní hodnoty výpočtu:

- Intenzita srážky [mm/h]: 35.00
- Limitní hodnota tečného napětí [Pa]: 2.5
- Intenzita infiltrace travního pásu [mm/min]: 2.8
- Vypočtené hodnoty:
 - Segment č.1 Délka svahu (L): 333 m Šířka travního pásu (D): 23 m
 - Segment č.2 Délka svahu (L): 439 m Šířka travního pásu (D): 0 m
 - Součet délek: 772 m Součet šířek: 23 m

Odtoková linie č. 4 (517 m)  

#	Délka svahu (L)	Šířka travního pásu (D)
1	364 m	25 m
2	128 m	0 m
Σ	492 m	25 m

Odtoková linie č. 4 (517 m)

Vstupní hodnoty výpočtu:

- Intenzita srážky [mm/h]: 35.00
 - Limitní hodnota tečného napětí [Pa]: 2.5
 - Intenzita infiltrace travního pásu [mm/min]: 2.8
 - Vypočtené hodnoty:
 - Segment č.1 Délka svahu (L): 364 m Šířka travního pásu (D): 25 m
 - Segment č.2 Délka svahu (L): 128 m Šířka travního pásu (D): 0 m
- Součet délek: 492 m Součet šířek: 25 m

Kritické body smyvu a jejich mikropovodí

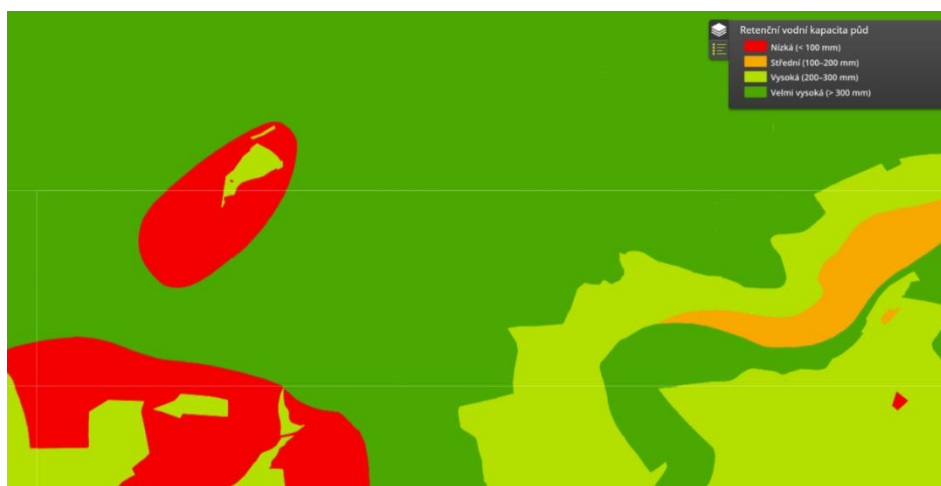


Obrázek 27 Kritické body smyvu a jejich mikropovodí (HEIS,2023)

Obrázek č. 27 vyobrazuje riziko erozního smyvu v současných klimatických podmínkách bez aplikace opatření. Na obrázku jsou viditelné kritické body smyvu s jejich mikropovodím. Aplikace (dostupná z: <https://heis.vuv.cz/>) byla navržena pro oblast celé České republiky a její výpočty jsou pouze simulační a nezahrnují specifické lokální podmínky a vlivy. Výpočet výsledné eroze v aplikaci probíhá pomocí modelu WATEM/SEDEM (Van Rompaey a kol., 2001) s využitím Revidované univerzální rovnice ztráty půdy (RUSLE).

Ve vybraném kvadrantu je dle aplikace velmi vysoká hrozba erozního smyvu. Dle aplikaci nepomohou změny osevních postupů ani zpracování půdy. Erozní smyv pozitivně ovlivní pouze vhodná kombinace opatření nebo kompletní zatravnění.

Retenční vodní kapacita půd



Obrázek 28 Retenční vodní kapacita půd (VÚMOP, v.v.i.)

Dle Obrázku č. 28 je retenční kapacita na vybraném kvadrantu velmi vysoká. Retenční vodní kapacitu můžeme charakterizovat jako množství vody, které je půda schopna zadržet v systému kapilárních pórů a postupně ji pro potřeby rostlin uvolňovat. Pro zemědělské půdy je určena na základě bonitovaných půdně-ekologických jednotek a údajů z databáze fyzikálních, chemických a morfologických charakteristik půd ČR. Výsledné hodnoty retenční vodní kapacity zohledňují průměrnou hloubku profilu a obsah vody, charakterizují tak skutečné množství vody, které je půda při srážkách schopna zadržet. (VÚMOP)

4. Shrnutí

Česká republika je geograficky situována tak, že z ní voda odtéká, aniž by sem přitékala nějaká významná řeka. Z tohoto důvodu je nutné rozvážně hospodařit s vodou z dešťových srážek. Bohužel, v minulosti se krajina díky lidským činnostem potýkala s mnoha obtížemi. Odlesňování a propojování polí do velkých celků vedlo k neschopnosti půdy zadržovat vodu, což bylo ještě zhoršeno zásahy do koryt řek, například jejich napřimováním, které vede ke zrychlenému odtoku vody.

Postupem času a neustálému výskytu sucha, nastává snaha najít způsoby, jak situaci změnit. Existují tři hlavní přístupy, jak zadržet co nejvíce vody v krajině. Prvním z nich je péče o krajinu, druhým je péče o kvalitu a množství půdy, čím více půdy máme, tím více vody v ní můžeme zadržet, a třetím způsobem je vhodné lesní hospodářství. Krajina by měla být rozdělena mezi meze a remízky, měla by obsahovat víc mokřadů a oblastí, které umožňují vsakování vody. Z hlediska srážek lze naši krajinu rozdělit na místa, kde vodu zachytáváme v půdě v depresích a na terasách, a na říční systémy, kde se zaměřujeme na prodloužení toků a zvětšení plochy, na které voda sytí nivní sedimenty. Také je nezbytné se věnovat stavu půd, přičemž důležitou roli hraje doplňování organické složky a citlivé hnojení, které nepoškozuje půdu a nevytváří dešťové pasti.

Je potřebné zajistit zadržování vody na místě, kde v podobě srážky dopadla na zemský povrch, a poté na všech dalších lokalitách, kterými prochází. Je výhodné zpomalovat povrchový tok vody pomocí příčných překážek, které umožňují rozlití vody na větší plochy a její následné zasakování do půdního prostředí. V českém právním systému existuje mnoho nástrojů a dotačních programů pro opatření ke zvýšení zadržování vody v krajině, včetně opatření zaměřených přímo na ochranu půdy a vody, ale i ochranu dalších prvků životního prostředí, s vedlejším účinkem zadržování vody v krajině. Účinnost těchto opatření závisí na aktivním prosazování, koordinaci, kontrole a případném trestání porušení pravidel. Vzhledem k aktuálním klimatickým změnám se očekává, že tyto nástroje budou nadále rozšiřovány a zdokonalovány, aby bylo zadržování vody v krajině co nejefektivnější. Z pohledu autora je volba vhodné kombinace nástrojů a opatření, která budou přispívat ke zvýšené retence vody v krajině s možností protierozní či jiné přírodně ochranné funkce, klíčová.

5. Diskuze

Globální klimatická změna v posledních letech přinesla velké nárůsty teplot a výkyvy počasí. Ukazuje se, že česká krajina není na tyto změny dostatečně připravená. Problémem je hlavně současný způsob hospodářského využití zemědělské a lesní krajiny, přílišné zásahy do říční krajiny a současný způsob hospodaření s dešťovou vodou. Klimatické změny znamenají také nárůst teplot ve městech, pro které jsou typické příliš rozsáhlé zpevněné a nepropustné plochy bez funkčního systému městské zeleně, která by urbanizované oblasti ochlazovala. Jako zásadní problém vnímám nedostatečnou oporu legislativy v opatřeních ke zvýšení retence vody v krajině. Existuje značné množství dokumentů a právních koncepcí, ovšem velká část z nich není právně závazná. Bylo by vhodné definovat nástroje pro dodržování pravidel v době vyhlášení stavu sucha a nedostatku vody a definovat kontrolní orgány včetně stanovení jejich kompetencí (např. v rámci samospráv nebo státní správy). Zvýšit informovanost zemědělců ohledně vymezení krajinných prvků, posílit možnosti získání dotací na zachování krajinných prvků a zlepšit jejich přehlednost.

Podle Tomáše Hofmeistera, vedoucího odboru vodního hospodářství Lesů ČR, s.p., je základním cílem zpomalení odtoku vody z povodí a zadržení vody pomocí retenčních opatření. Tyto opatření však mohou mít negativní dopady, jako je trvalá změna terénu, vysoké pořizovací a údržbové náklady. Je žádoucí šetrnější obhospodařování zemědělské půdy, jedná se o malé kroky jako tvorba průlehlů a dalších retenčních opatření, pokud by tak učinila větší část zemědělců vliv by byl značný. Kromě toho, je třeba nejen šetrnější obhospodařování zemědělské půdy, ale také obnova přírodně blízkých retenčních nádrží. Více vody je dle McAlistera (2001) možné zachytit pomocí větších technických zásahů do krajiny, ty ale mají své nevýhody, například stavba přehrad narušuje přirozený biorytmus ryb. Podle Bošínové L. (2021) by kvalitní a hluboká vrstva půdy s dobrou strukturou mohla snížit dopad a intenzitu sucha, ale většina půd v ČR tyto parametry nesplňuje. Eroze ohrožuje polovinu půd v zemi a 45 % půd je utuženo. Navíc na třech čtvrtinách zemědělských ploch nejsou majitelé aktivní zemědělci, ale pouze pronajímatelé, což dále prohlubuje negativní trendy. Hospodářské subjekty, které půdu obhospodařují, se soustředí na zisk a nejsou motivovány k realizaci nákladných opatření k ochraně půdy. Pro zadržování vody v krajině je zásadní vodní hospodářství. V minulosti byla voda z území rychle odváděna,

což vedlo k poškození a odvodnění většiny vodních toků bez ohledu na environmentální dopady. Dle Ivanega J. (2012) se situace od roku 1989 pomalu zlepšuje, ale změny k lepšímu jsou na zemědělských plochách minimální, a návrat k individuálnímu zemědělství je neproveditelný. Nicméně stále se provádí odstraňování nevhodných vodohospodářských úprav na vodních tocích, lesních i zemědělských půdách. Tento trend by měl v příštích letech růst, a to ve všech typech krajinného krytu, dokládá to například Strategický plán společné zemědělské politiky na období 2023-2027, Generel vodního hospodářství krajiny České republiky, Nová Lesní strategie EU do roku 2030 a Strategický rámec ČR na rok 2030. V rámci současného poznání nelze nalézt jediný způsob, jak účinně řešit danou problematiku. Je nutné kombinovat různé postupy a opatření tak, aby se navzájem doplňovaly a pozitivně ovlivňovaly výsledný efekt. Při zvyšování retence vody v krajině je výhodou dostupnost množství dotací, které lze čerpat, některé z nich jsou v práci zmíněny. Nevýhodou je nepřehlednost a složité hledání specifických dotací, jednou z příčin je jejich omezená platnost.

6. Závěr

Retence vody v krajině je velice obsáhlé téma, které vyžaduje k jeho pochopení velké množství vzájemně provázaných informací. V první části se bakalářská práce zaměřuje na popis půdy, jelikož interakce půdy a vody je pro zvýšení retence v krajině zásadní. Dále popisuje hydrologické extrémy, jejich vznik, průběh a následky na krajinu a společnost. V další části je rozebrána retence vody v jednotlivých typech krajinného krytu, s návazností na současný ale i historický vývoj těchto typů krajiny v České republice. Následuje popis hlavních opatření pro zvýšení retence vody v jednotlivých krajinných typech, včetně jejich výhod a nevýhod. V neposlední řadě se práce věnuje možnostem financování opatření ke zvýšení zadržování vody a stručný popis právních aspektů retence vody v legislativě České republiky. Poslední kapitola slouží jako představení dostupných internetových mapových aplikací, které se věnují vývoji půdy v čase a vykreslení jednotlivých informací, jako je dlouhodobá průměrná ztráta půdy, maximální přípustné hodnoty ochranného vlivu vegetace, odtokové linie povrchového odtoku, retenční kapacitu půd, nebo třeba riziko erozního smyvu. Tyto podklady mohou sloužit subjektům obhospodařující půdu či jako podklad pro komplexní pozemkové úpravy, popřípadě územní plánování.

Práce komplexně pojednává o retenci vody v jednotlivých typech krajinného krytu, zhodnocuje vývoj krajiny České republiky se sociálními i klimatickými změnami. Popisuje možnosti opatření napomáhající retenci vody, včetně možnosti financování.

Vybrané zkoumané území Roztoky u Prahy bude z hlediska srážko-odtokových procesů a dalších přírodních podmínek, s výběrem lokalit a konkrétními návrhy pro možné opatření sloužící k zadržení vody v krajině, dopodrobna zkoumáno v navazující diplomové práci, která by dále mohla sloužit i jako podklad pro zatím v rámci katastrálního území nerealizované komplexní pozemkové úpravy.

7. Použitá literatura

Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H. et al. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259, 660-684 (2010).
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>

Amaranthus, M. P., Parrish, D. S., Perry, D. A. (1989): Decaying Logs as Moisture Reservoirs After Drought and Wildfire, *Proceedings of Watershed: A Conference on the stewardship of soil, air and water resources*, USDA Forest servis, p. 191–194

Amatya, D.M. & Sun, Ge & Green, Colleen & Ssegane, Herbert & Nettles, Jamie & Panda, Sudhanshu. (2015). *Forests, Land Use Change, and Water*. 10.1201/b18652-8. DOI:[10.1201/b18652-8](https://doi.org/10.1201/b18652-8)

BERAN, Adam, Josef DATEL, Pavel ECKHARDT, et al. *Město a voda*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2020. ISBN 978-80-87402-82-5.

BERANOVÁ, Magdalena a Antonín KUBAČÁK. *Dějiny zemědělství v Čechách a na Moravě*. Praha: Libri, 2010. ISBN 978-80-7277-113-4.

BÍLÝ, Vojtěch. *Zemědělské dotace přispějí v příštích letech k lepšímu hospodaření s přírodními zdroji a k lepší péči o přírodu a krajinu* [online]. 2023 [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2023_zemedelske-dotace-prispeji-v-pristich.html

BLAŽEK, Vladimír, NĚMEC, Jan a Josef HLADNÝ, ed. *Voda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2006. ISBN 80-903482-1-1.

BLINKA P., LITSCHMANN, Tomáš a Jaroslav ROŽNOVSKÝ, ed. *Extrémy počasí a podnebí: sborník abstraktů a CD ROM s články*. Brno: Český hydrometeorologický ústav, 2004. ISBN isbn80-86690-12-1.

Boix, D., Biggs, J., Céréghino, R. *et al.* Pond research and management in Europe: “Small is Beautiful”. *Hydrobiologia* **689**, 1–9 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1015-2>

BOŠINOVÁ, Lucie, Anne DOSTÁLOVÁ, Andrea HRABALOVÁ, *et al.* *Ekologické zemědělství: zodpovědná volba*. Praha: Ministerstvo zemědělství, [2021]. ISBN 978-80-7434-637-8.

CÍLEK, Václav, Tomáš JUST, Zdenka SŮVOVÁ, *et al.* *Voda a krajina: kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině*. Ilustroval Marie KOHOUTOVÁ. Praha: Dokořán, 2017. ISBN 978-80-7363-837-5.

CÍLEK, Václav. *Zadržování vody v krajině od pravěku do dneška*. [Praha]: Akademie věd České republiky, 2021. Věda kolem nás. ISBN 978-80-11-00036-3.

ČERNOHOUS, Vladimír. *Metodické postupy úpravy vodního režimu lesních půd: certifikovaná metodika*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2012. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-050-8.

ČESKO V DATECH: *Vodní plochy v Česku* [online]. 2018 [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.ceskovdatech.cz/clanek/111-vodni-plochy-v-cesku/>

ČHMÚ, © 2022. Co je to povodeň? Hlásná a předpovědní povodňová služba. (online) [cit.2023.02.26], dostupné: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/verejnost_povoden_definice.html

Daňhelka J., Bercha Š. a Boháč M. *Vyhodnocení sucha na území České republiky v roce 2015: Český hydrometeorologický ústav* [online]. In: . 2015 [cit. 2023-02-29]. Dostupné: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/zpravy/Sucho_2015_CHMU_prosinec.pdf

Davie, T. (2008) *Fundamentals of hydrology*, 2nd ed., Routledge Fundamentals of Physical Geography, Taylor and Francis Group, London and New York

DOSTALOVÁ, Jitka, Samuel BURIAN, Karel CHALOUPKA, et al. *Zelené střechy: souhra architektury s přírodou*. Praha: Grada, 2021. ISBN 978-80-271-1326-2.

Doswell C. A., ©2003: Flooding (online) [cit. 2023.03.26.] dostupné z <http://curry.eas.gatech.edu/Courses/6140/ency/Chapter8/Ency_Atmos/Flooding.pdf>.

DotaceEU [online]. [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://dotaceeu.cz/cs/evropske-fondy-v-cr/kohezni-politika-po-roce-2020/programy/list/op-zivotni-prostredi>

Dunnett, N., a Clayden, A. (2007). *Rain gardens: Sustainable landscaping for a beautiful yard and a healthy world*. Portland: Timber Press. ISBN: 978-0-7603-4044-8

DURAS, Jindřich. *Uteče to jako voda: kniha o zadržování vody v krajině*. [Plzeň]: Petr Sichinger, 2020. ISBN 978-80-270-8609-2.

DZURÁKOVÁ, Miriam, POTENCIÁL APLIKACE PŘÍRODĚ BLÍZKÝCH OPATŘENÍ PRO ZADRŽENÍ VODY V KRAJINĚ A ZLEPŠENÍ EKOLOGICKÉHO STAVU VODNÍCH ÚTVARŮ: ČINNOSTI K PODPOŘE VÝKONU STÁTNÍ SPRÁVY V PROBLEMATICE SUCHO V ROCE 2016 – ÚKOL 3702 [online]. Brno: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, 2016 [cit. 2023-03-02]. Dostupné: https://suchovkrajine.cz/sites/default/files/podklad/potencial_aplikace_prirode_blizkych_opatreni.pdf

EuropeanCommission,2007,s.5).ISSN0022-1694,
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.05.003>.(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169415003388>)

Grote, R., Brang, P., Schuck, A., & Varnagiryte-Kabašinskiene, I. (2020). Forest management in Europe: evidence from the ENFIN survey. *Forests*, 11(1), 55. doi: 10.3390/f11010055.

HARTMAN, Pavel, Ivo PŘIKRYL a Eduard ŠTĚDRONSKÝ. *Hydrobiologie*. 3., přeprac. vyd. Praha: Informatorium, 2005. ISBN 8073330466.

HAVLOVÁ, Nina, 2018. Rybníky a česká krajina. Naše voda, informační portál o vodě [online]. © 2011-2018 NAŠE VODA ; © Servis-net.cz, 5. 8. 2018 [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/rybniky-ceska-krajina-2/>

Heath, R. C. (1983) Basic Ground Water Hydrology; Water Supply Paper 2220; U. S. Geological Survey: Reston, VA

HILLEL, Daniel. *Environmental Soil Physics*. I. title. USA: ACADEMIC PRESS, 1998. ISBN 978-0-12-348525-0.

HLADÍK, Jiří, Jan VOPRAVIL a Marek BATYSTA. ŽIVA: Povodně a sucho – krajina jako základ řešení. Zemědělská půda v ČR. ŽIVA rozhled v oboru veškeré přírody [online]. Academia, SSČ AV ČR, 2015 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/povodne-a-sucho-krajina-jako-zaklad-reseni-zemedel.pdf>

Hlásny T., S. Zimová, K. Merganičová, P. Štěpánek, R. Modlinger, M. Turčáni, Devastating outbreak of bark beetles in the Czech Republic: Drivers, impacts, and management implications, *Forest Ecology and Management*, Volume 490, 2021, 119075, ISSN 0378-1127, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119075>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811272100164X>)

IVANEGA, Jan. *Z historie zemědělství*. Praha: Národní zemědělské muzeum Praha, 2012. Prameny a studie (Národní zemědělské muzeum). ISBN 978-80-86874-40-1.

JANEČEK, Miloslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.

Kadlec, M., & Toman, F. (2002). Faktor ochranného vlivu vegetace (C). In *Hydrologické modelování [Hydrological modeling]* (pp. 187-190). Praha: Český hydrometeorologický ústav.

KADLEC, Václav. *Navrhování technických protierozních opatření: metodika*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2014. ISBN 978-80-87361-29-0.

KANTOR, Petr a František ŠACH. Možnosti lesů při tlumení povodní. *Lesnická práce: časopis pro lesnickou vědu a praxi*. Lesnická práce: Kostelec nad Černými lesy, 2002, **81**(11), 493-495. ISSN 0322-9254.

KANTOR, Petr. *Lesy a povodně: souhrnná studie*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003. ISBN 80-7212-255-X.

KRAVKA, Miroslav. *Úpravy malých vodních toků v krajině a lesnické meliorace*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009. ISBN 978-80-7375-337-5.

KŘOVÁK, František a Pavel KOVÁŘ, ed. *Possibilities to increase ecological stability, retention and accumulation of water in landscape: Možnosti zvyšování ekologické stability, retence a akumulace vody v krajině*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Lesnická fakulta, Katedra biotechnických úprav krajiny, 2002. ISBN 80-213-1006-5.

KULHANOVÁ, Petra, PŘÍHODA, Jan, ed. 25 let Lesů ČR v rozhovorech a datech [online]. 2017 [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: https://lesy-cr.cz/wp-content/uploads/2018/01/25_let_LCR_PUBLIKACE.pdf

KULHAVÝ, Zbyněk, Jakub ŠTIBINGER, František KŘOVÁK, et al. *Opatření k posílení infiltračních procesů v krajině: metodika*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2015. ISBN 978-80-87361-52-8.

KUTÍLEK, Miroslav, Václav KURÁŽ a Milena CÍSLEROVÁ. *Hydropedologie 10*. Vyd. 2. přeprac. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-01-02237-4.

Langhammer J., 2009: Vliv úprav toků a údolní nivy na průběh a následky povodní (online)[cit.2023.03.04],dostupné:<https://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/floods/prezentace/langhammer_2_vliv_uprav_toku_na_povodne.pdf>.

Luboš Borůvka, Vít Penížek, Tereza Zádorová, Lenka Pavlů, Radka Kodešová, Josef Kozák, Jaroslava Janků, Soil priorities for the Czech Republic, *Geoderma Regional*, Volume 29, 2022, e00525, ISSN 23520094, <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00525>. Dostupné:

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352009422000451>)

M.J.M Römken, K Helming, S.N Prasad, Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes, *CATENA*, Volume 46, Issues 2–3, 2002, Pages 103-123, ISSN 0341-8162

MACHAR, Ivo. *Mokřadní ekosystémy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3946-4.

MARTÍNEK, Jiří a Miroslav ŠOBR. ŽIVA: České vodní plochy ve středověku. *ŽIVA rozhled v oboru veškeré přírody* [online]. Academia, SSČ AV ČR, 2022 [cit. 2023-03-04]. Dostupné: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/ceske-vodni-plochy-ve-stredoveku.pdf>

McAllister, B. G. (2001). Damming progress: the benefits and drawbacks of dams. *Geographical Review*, 91(3), 370-383.

MILERSKI, Rudolf, Jan MIČÍN a Jaroslav VESELÝ. *Vodohospodářské stavby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-759-8.

Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí. *Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území* [online]. In: 2011 [cit. 2023-03-03]. Dostupné:

https://eagri.cz/public/web/file/133229/Generel_LAPV___vc._protokolu.pdf

Ministerstvo zemědělství. (2016). Metodika vymezení krajinného prvku "mokřad". Dostupné: http://eagri.cz/public/web/file/456017/Metodika_mokrad_total_final.pdf

Ministerstvo životního prostředí. *Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky* [online]. [cit. 2023-03-21]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_170724_sucho/\\$FILE/koncepce_sucho_material.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_170724_sucho/$FILE/koncepce_sucho_material.pdf)

MOLDAN, Bedřich. *Podmaněná planeta*. Praha: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1580-6.

Národní program životního prostředí. *Kdo zachraňuje zeleň ve městech, může počítat s naší pomocí. Na výsadbu v obcích i omezení sucha v krajině míří 200 milionů korun* [online].2023,02.03.2023[cit.2023-03-18].Dostupné:

<https://www.narodniprogramzp.cz/tiskove-zpravy/detail-tiskove-zpravy/?id=111>

NETOPIIL, Rostislav. *Fyzická geografie: celostátní vysokoškolská učebnice pro stud. přírodověd. a pedagog. fakulty stud. oboru 76-12-8 učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů - aprobace zeměpis*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1984. Učebnice pro vysoké školy (Státní pedagogické nakladatelství).

Nimmo, J., (2004): Porosity and Pore Size Distribution. In Encyclopedia of Soils in the Environment 4. Hillel, D. [ed.] Elsevier, London.

Nová Lesní strategie EU do roku 2030: SDĚLENÍ KOMISE EVROPSKÉMU PARLAMENTU, RADĚ, EVROPSKÉMU HOSPODÁŘSKÉMU A SOCIÁLNÍMU VÝBORU A VÝBORU REGIONŮ [online]. Brusel, 2021 [cit. 2023-03-11]. Dostupné

z:<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0572&from=CS>

NOVOTNÝ, Ivan. *Příručka ochrany proti vodní erozi: [aktualizované znění - leden 2014]*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2014. ISBN 978-80-87361-33-7.

Operační program životního prostředí. *Rybářství 2021–2027* [online]. 2022 [cit. 2023-03-].Dostupné:<https://dotaceeu.cz/cs/evropske-fondy-v-cr/kohezni-politika-po-roce-2020/programy/list/op-rybarstvi>

Operační program životního prostředí. *Výzva – 19 Srážkové vody a opatření proti povodním* [online].2022 [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: <https://opzp.cz/dotace/19-vyzva/>

Operační program životního prostředí. *Výzva – 28 Srážkové vody a opatření proti povodním* [online]. 2022 [cit. 2023-03-31]. Dostupné z: <https://opzp.cz/dotace/19-vyzva/>

Operační program Životní prostředí – Dotační program [online]. [cit. 2023-03-08]. Dostupné z: <https://opzp.cz>

ORÁLEK, Milan, Ján KORŇAN a Tomáš HOLAZA. *Mokřady*. [Valašské Meziříčí]: 1. ZO ČSOP Valašské Meziříčí, 2020. ISBN 978-80-270-9017-4.

Petra Rychtecká, Pavel Samec, Jana Rosíková, Floodplain forest soil series along the naturally wandering gravel-bed river in temperate submontane altitudes, CATENA, Volume 222, 2023, 106830, ISSN 0341-8162, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106830>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816222008165>)

POKORNÝ, Jan a M. EISELTOVÁ. Člověk mění toky energie, vody a dalších látek v krajině. *EKO*. 1998, 9(1), 6-10.

Politika územního rozvoje České republiky: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR Ústav územního rozvoje. Brno, Praha: Ústav územního rozvoje, 2021. ISBN 978 -80 -7538 -360 - 0.

Pretzsch, H., Schütze, G. and Uhl, E. (2013), Resistance of European tree species to drought stress in mixed *versus* pure forests: evidence of stress release by inter-specific facilitation. *Plant Biology*, 15: 483-495. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2012.00670.x>

ProgramLife: Finanční nástroj EU pro životní prostředí a klima [online]. 2023 [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://www.program-life.cz/>

Reforest [online]. 2022 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <http://agroreforest.eu/>

REJŠEK, Klement a Radim VÁCHA. *Nauka o půdě*. Olomouc: Agriprint, 2018. ISBN 978-80-87091-82-1.

SALZMANN, Klára. *Doporučení k péči o vodní zdroje v obcích*. [Praha]: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2019. ISBN 978-80-7538-239-9.

SLAVÍK, Ladislav a Martin NERUDA. *HOSPODAŘENÍ S VODOU V KRAJINĚ* [online]. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí, 2014 [cit. 2023-03-03]. ISBN 978-80-7414-865-1. Dostupné z: http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/42e_final_tisk.pdf

SLAVÍK, Ladislav a Martin NERUDA. *Voda v krajině*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2007. ISBN 978-80-7044-882-3.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A32000L0060>

Sobíšek B., Krška K., Munzar J., et al. *Meteorologický slovník výkladový terminologický: s cizojazyčnými názvy hesel ve slovenštině, angličtině, němčině, francouzštině a ruštině*. Praha: Academia, 1993. ISBN 80-85368-45-5.

Státní fond životního prostředí Dešťovka: Nová zelená úsporám- dešťovka [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/destovka/>

Strategický plán společné zemědělské politiky na období 2023-2027 [online]. 2022 [cit.2023-03-06].Dostupné: https://eagri.cz/public/web/file/711276/Strategicky_plan_SZP_na_obdobi_2023_2027.pdf

Strategický rámec Česká republika 2030. Praha: Úřad vlády České republiky, Odbor pro udržitelný rozvoj, 2017. ISBN 978-80-7440-181-7.

Stručně o vodě v České republice. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2020. ISBN isbn978-80-7434-555-5. Dostupné:

https://eagri.cz/public/web/file/650470/Publikace_Strucne_o_vode_185x100mm_web.pdf

ŠÁLEK, Jan. *Malé vodní nádrže v životním prostředí*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. Phare. ISBN 80-7078-370-2.

Šarapatka, B.: *Pedologie a ochrana půdy*, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, ČR, 2014, 232 s.

Šárka Kročová, Štěpán Kavan, *Cooperation in the Czech Republic border area on water management sustainability*, Land Use Policy, Volume 86, 2019, Pages 351-356, ISSN0264-8377,

<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.019>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837718316636>)

ŠIMEK, Miloslav, Dana ELHOTTOVÁ, Pavel FUKSA, et al. *Živá půda: praktický manuál*. Praha: Academia, 2021. ISBN 978-80-200-3199-0.

ŠIMEK, Miloslav. *Základy nauky o půdě*. 2., upr a rozš. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 2005. ISBN isbn:80-7040-747-6.

Štěpánek, P., Huth, R., Skalák, P., Klem, K., & Čermák, P. (2018). Vliv vysychání a kůrovcové kalamity na hydrologickou bilanci lesa a vodní režim povodí v Krušných horách. *Lesnická práce*, 97(7-8), 305-311.

ŠTĚRBA, Otakar. *Říční krajina a její ekosystémy*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2008. ISBN 978-80-244-2203-9.

Tiskové oddělení MŽP. *SPOPK ČR 2020 – 2025: Prioritou je posílit biologickou rozmanitost země* [online]. In: . 2020 [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20200401_Vlada-schvalila-Statni-program-ochrany-prirody-a-krajiny

Trnka, P., 2010: Možné důsledky déletrvajícího sucha v naší krajině a ve světě (online) [cit.2023.2.22.], dostupné: <http://user.mendelu.cz/xvlcek1/rrc/sucho/TRNKA_1.pdf>

United States Geological Survey. (2019). What are the two types of floods?. Dostupné z: <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-two-types-floods>

Univerita Palackého v Olomouci. (2010). Geomorfologické celky. Načteno z Lexikon tvaru reliéfu České republiky: <https://geography.upol.cz/soubory/studium/eucebnice/Smolova-2010/lexikon/fluvialni/meandr.html>

ÚSES - zelená páteř krajiny: sborník k semináři .. Brno: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, [2004]

Územní plán Roztoky. *Město Roztoky* [online]. Atelier T-plan, 2021 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: https://www.roztoky.cz/files/documents/uzemni_plan/Uzemni_plan_Roztoky.pdf

VÁLEK, Zdeněk. *Lesní dřeviny jako vodohospodářský a protierozní činitel*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1977. Lesnictví, myslivost a vodní hospodářství.

Van Rompaey, A. J., Verstraeten, G., Van Oost, K., Govers, G., & Poesen, J. (2001). Assessment of soil erosion and sedimentation risk in Europe. *Catena*, 44(3), 215-226.

VOKURKA, Adam a Karel ZLATUŠKA, ed. *Technická doporučení pro hrzení bystřin a strží*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2020. ISBN 978-80-7434-557-9.

Vopravil, J. (2006). Aktualizované databáze Bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) v České republice: metody, výsledky, aplikace. Praha: VÚMOP.

VSAKOVÁNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD: Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj [online]. Praha, 2019 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://www.mmr.cz/getattachment/e16069fa-3bf8-4a1d-82af-28a17df865c5/Methodika-vsakovani_srpe

Wilhite D. A., Glantz M. H., 1985: Understanding the drought phenomenon: The role of definitions, *Water International* 10: 111-120. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. *Agriculture Handbook*, (537), 58.

ZAPLETAL, Miloš, Vít KAŠPAR, Pavel SAMEC, et al. *Zelená infrastruktura pro města*. [Ostrava]: statutární město Ostrava, odbor strategického rozvoje, 2021. ISBN 978-80-88399-01-8.

Zbigniew W. Kundzewicz & Zdzislaw Kaczmarek (2000) Coping with Hydrological Extremes, Water International, 25:1, 66-75, DOI: 10.1080/02508060008686798

Zemědělská krajina by mohla zadržet o 40 procent více vody. *Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.* [online]. 2015 [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://www.vumop.cz/zemedelska-krajina-mohla-zadrzet-o-40-procent-vice-vody>

ŽÁK, Vilém a Petr KUBALA. Světový den vody - Urychleme změnu, dokud je čas.... *Ministerstvo zemědělství* [online]. 2023 [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2023_svetovy-den-vody-urychleme-zmenu-dokud.html

Seznam obrázků:

Graf 1 SLAVÍK, Ladislav a Martin NERUDA. HOSPODAŘENÍ S VODOU V KRAJINĚ [online]. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí, 2014 [cit. 2023-03-27]. ISBN 978-80-7414-865-1. Dostupné z: http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/42e_final_tisk.pdf

Tabulka 1 SLAVÍK, Ladislav a Martin NERUDA. HOSPODAŘENÍ S VODOU V KRAJINĚ [online]. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí, 2014 [cit. 2023-03-27]. ISBN 978-80-7414-865-1. Dostupné z: http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/42e_final_tisk.pdf

Tabulka 2: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. dostupné z: <https://mapy.vumop.cz/>

Tabulka 3: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. dostupné z: <https://mapy.vumop.cz/>

Obrázek 1 KADLEC, Václav. Navrhování technických protierozních opatření: metodika. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2014. ISBN 978-80-87361-29-0. Dostupné z: http://www.cmkpu.cz/upload/files/Methodika_TPEO.pdf

Obrázek 2 KADLEC, Václav. Navrhování technických protierozních opatření: metodika. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2014. ISBN 978-80-87361-29-0. Dostupné z: http://www.cmkpu.cz/upload/files/Methodika_TPEO.pdf

Obrázek 3 JANEČEK, Miloslav. Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.

Obrázek 4 JANEČEK, Miloslav. Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.

Obrázek 5 KADLEC, Václav. Navrhování technických protierozních opatření: metodika. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2014. ISBN 978-80-87361-29-0. Dostupné z: http://www.cmkpu.cz/upload/files/Methodika_TPEO.pdf

Obrázek 6 HAVLOVÁ, Nina. Malá vodní nádrž Švábínov už hostí vodní ptáky [online]. In: . 2020 [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/mala-vodni-nadrz-svabinov-uz-hosti-vodni-ptaky/>

Obrázek 7 PODEŠVA, Zdeněk. Tůň v přírodní rezervaci Choryňský mokřad [online]. In:2005[cit.2023-03-03].Dostupné: https://nature.hyperlink.cz/vsetinsko/Chorynsky_mokrad.htm

Obrázek 8 VOKURKA, Adam a Karel ZLATUŠKA, ed. Technická doporučení pro hrazení bystřin a strží. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2020. ISBN 978-80-7434-557-9.Dostupné:

https://eagri.cz/public/web/file/651981/Technicka_doporuceni_hrazeni_bystrin_strzi_A4_WEB.pdf

Obrázek 9 Biomatrix Water: city pond [online]. In: 2023 [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.biomatrixwater.com/casestudies/gallery/>

Obrázek 10 Eco aqua shop: vsakovací bloky [online]. In: 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.eco-aqua-shop.cz/vsakovaci-systemy-bloky-tunely-jimky-pro-vsakovani-ploch>

Obrázek 11 Aliaxis: Retenci_nadrz. In: Aliaxis [online]. 2022 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.aliaxis.cz/cs/produkty/inzenyrske-site/nadrze-na-destovou-vodu>

Obrázek 12 DOSTAL, Pavel. Zelená střecha rodinného domu v Hostěnicích. In: Státní fond životního prostředí ČR [online]. 2020 [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/zvysujeme-dotaci-na-zelene-strechy/>

Obrázek 13 Substraty s biouhlem. In: Substráty s Biouhlem [online]. 2022 [cit. 2023-03-08]. Dostupné z: <https://www.substraty-s-biouhlem.cz/filtrace-destove-vody/>

Obrázek 14 KRAVČÍK, Michal. Dešťová zahrada. In: Blog.sme [online]. 2010 [cit. 2023-03-08]. Dostupné z: <https://blog.sme.sk/kravcik/nezaradene/dazdove-zahrady-pre-zdravu-klimu-miest-iii>

Obrázek 15 Doherty. Arkadien Winnenden. In: Landezine [online]. 2013 [cit. 2023-03-08]. Dostupné z: <https://landezine.com/arkadien-winnenden-by-atelier-dreiseitl/>

Obrázek 16 World Architecture News. Singapur revitalizace řeky Kallang. In: Stavebnikomunita.cz [online]. 2012 [cit. 2023-03-08]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/m/blogpost?id=6453524%3ABlogPost%3A11218>

Obrázek 17 World Architecture News. Singapur revitalizace řeky Kallang. In: Stavebnikomunita.cz [online]. 2012 [cit. 2023-03-08]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/m/blogpost?id=6453524%3ABlogPost%3A11218>

Obrázek 18 ArcGIS Esri. ArcGIS Desktop: Release 10.7.1 [software]. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute; 2020.

WMS ortofoto ČR: ČÚZK (Český úřad zeměměřický a katastrální)

[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(Orjafn5ct2tzvohdrclnjqw\)\)/Default.aspx?menu=3121&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ORTOFOTO-P&metadataXSL=metadata.sluzba](https://geoportal.cuzk.cz/(S(Orjafn5ct2tzvohdrclnjqw))/Default.aspx?menu=3121&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ORTOFOTO-P&metadataXSL=metadata.sluzba)

WMS ZM 10: Základní mapa České republiky 1:10 000, ČÚZK (Český úřad zeměměřický a katastrální)

[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(Orjafn5ct2tzvohdrclnjqw\)\)/Default.aspx?menu=3115&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZM10-P&metadataXSL=metadata.sluzba](https://geoportal.cuzk.cz/(S(Orjafn5ct2tzvohdrclnjqw))/Default.aspx?menu=3115&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZM10-P&metadataXSL=metadata.sluzba)

Vrstva KÚ Rožtoky u Prahy: ČÚZK (Český úřad zeměměřický a katastrální)

<https://services.cuzk.cz/shp/ku/epsg-5514/>

Topografická databáze České republiky (Data200)- vrstva hranice, ČÚZK (Český úřad zeměměřický a katastrální)

[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(2hufodb5k3aropjer3g45bsg\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=mapy_data200&metadataID=CZ-CUZK-DATA200-HRANICE-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=2294](https://geoportal.cuzk.cz/(S(2hufodb5k3aropjer3g45bsg))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=mapy_data200&metadataID=CZ-CUZK-DATA200-HRANICE-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=2294)

Obrázek 19 Archiv geodetických a kartografických služeb [online]. [cit. 06. března 2023]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/archiv/?start=lms>

Obrázek 20 Archiv geodetických a kartografických služeb [online]. [cit. 06. března 2023]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/archiv/?start=lms>

Obrázek 21 Archiv geodetických a kartografických služeb [online]. [cit. 06. března 2023]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/archiv/?start=lms>

Obrázek 22 Archiv geodetických a kartografických služeb [online]. [cit. 06. března 2023]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/archiv/?start=lms>

Obrázek 23 Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. dostupné z: <https://mapy.vumop.cz/>

Obrázek 24 Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. dostupné z: <https://mapy.vumop.cz/>

Obrázek 25 Protierozní pásy. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy [online]
Dostupné z: <https://protieroznipasy.vumop.cz//map.php> [Přístup k datům: 03/03/2023]

Obrázek 26 Protierozní pásy. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy [online]
Dostupné z: <https://protieroznipasy.vumop.cz//map.php> [Přístup k datům: 03/03/2023]

Obrázek 27 HEIS. (2023) [online] Dostupné z: <https://heis.vuv.cz/> [Přístup k datům:
04.3.2023].

Obrázek 28 Obrázek 24 Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. dostupné z:
<https://mapy.vumop.cz/>