

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr CSc.

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Retenční schopnost krajiny v ČR – historie, současnost, ovlivňující  
faktory, problémy a možnosti zlepšení

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

Autor: Bohumil Macho

České Budějovice, duben 2016

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bohumil MACHO**  
Osobní číslo: **Z12824**  
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**  
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**  
Název tématu: **Retenční schopnost krajiny v ČR - historie, současnost, ovlivňující faktory, problémy a možnosti zlepšení**  
Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

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

Práce bude mít charakter literární rešerše týkající se schopnosti krajiny zadržet vodu, která se v daném území vyskytuje. Rešerše bude zpracována tak, aby sloužila jako podklad pro případné zpracování diplomové práce zabývající se touto problematikou.

Rámcový obsah literární rešerše:

Oběh vody v přírodě.

Charakteristika základních pojmů - retence, akumulace, odtokový režim, vodní režim, atd.

Faktory ovlivňující retenční schopnost krajiny.

Možnosti využití těchto faktorů pro zvýšené zadržování vody v území.

Změny v retenční schopnosti krajiny - příčiny, následky, kvantifikace změn, atd.

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

Brutsaert, W. Hydrology: An introduction. Cambridge University Press, 2005, 605 s.  
Serrano, E.S. Hydrology for Engineers, Geologists and Environmental Professionals. HydroScience Inc. Lexington, Kentucky, 1997, 468 s.  
Maidment, D.R. (ed.). Handbook of hydrology. McGraw-Hill, New York, 1993, 1424 s.  
Davie, T. Fundamentals of hydrology. Routledge, New York, 2008, 200 s. \96  
časopisy: Hydrological processes, Journal of hydrology, Physics and chemistry of the earth, Hydrological studies, atd.

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

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

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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studená 19  
370 01  
L.S.

  
doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 23. března 2015

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci s názvem Retenční schopnost krajiny v ČR – historie, současnost, ovlivňující faktory, problémy a možnosti zlepšení jsem vypracoval samostatně, jen za použití literárních zdrojů níže uvedených v seznamu citované literatury. Dále prohlašuji, že souhlasím podle platného znění § 47b zákona č. 111/1998 Sb. se zveřejněním své bakalářské práce v nezkrácené podobě, a to elektronickou cestou, ve veřejně přístupné části databáze IS STAG, kterou provozuje Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích na svých internetových stránkách. Souhlasím rovněž s porovnáním mého textu v databázi kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 4. 4. 2016

.....  
Bohumil Macho

## **Poděkování**

Rád bych zde poděkoval panu Ing. Václavu Bystřickému Ph.D. za trpělivost při vypracovávání mé bakalářské práce, stejně tak za cenné rady a v neposlední řadě za ochotu. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během mého studia.

## **Abstrakt**

Tato práce je psána formou literární rešerše a zabývá se retenční schopností krajiny České republiky. Jsou zde popsány faktory ovlivňující tuto schopnost krajiny a jejich následné využití k dosažení pozitivních změn v zadržování vody v krajině. Jednotlivé faktory a opatření jsou porovnávány mezi určitými obdobími minulého století a současností, potažmo budoucností. V poslední kapitole se nachází jevy spojené se špatnou retenční schopností krajiny v důsledku nesprávných, ve většině případů antropogenních, zásahů v krajině. V závěru jsou zhodnoceny realizace veškerých opatření a zásahů z širších úhlů pohledů.

**Klíčová slova:** retence, akumulace, povrchový odtok, infiltrace, intenzita

## **Abstract**

This bachelor thesis is written as a form of literary research into the water retention abilities of landscape in the Czech Republic. A descriptive overview is given of the factors that influence the ability of landscape to retain water and the subsequent application of this knowledge to instigate increased retention levels. Comparisons are made for the individual factors and measures over time, with a view to predicting what may happen in the future. The final chapter looks in-depth at the phenomenon associated with the poor water retention capabilities of landscape as a result of incorrect interventions, in most cases anthropogenic, in the countryside. An evaluation of the broader issues regarding such interventions and the implementation of measures follows in the conclusion.

**Key words:** retention, akumulation, surface runoff, infiltration, intensity

## Obsah

1. Úvod.....	9
2. Oběh vody.....	10
3. Srážkoodtokové vztahy.....	11
4. Charakteristika základních pojmů.....	15
5. Faktory ovlivňující retenční schopnosti krajiny.....	16
5.1. Atmosférické srážky.....	16
5.2. Geomorfologie terénu.....	18
5.3. Land use.....	18
5.3.1. Extravilán.....	18
5.3.2. Lesy.....	19
5.3.3. Intravilán.....	20
5.4. Antropogenní činnost.....	21
5.4.1. Úpravy toků.....	21
5.4.2. Zemědělství.....	22
5.5. Vodní eroze.....	23
5.6. Fyzikální vlastnosti půdy.....	25
6. Možnosti využití těchto faktorů pro zvýšené zadržování vody v území.....	28
6.1. Úprava toků.....	28
6.2. Revitalizace vodních toků.....	30
6.3. Obnova mokřadů.....	31
6.4. Technické úpravy a opatření v krajině.....	32
6.4.1. Průlehy.....	33
6.4.2. Terasování svahů.....	34
6.4.3. Travní zasakovací pásy.....	34
6.5. Budování vodních nádrží.....	35
6.5.1. Vodní nádrže.....	36
6.5.2. Retenční nádrže.....	36
6.5.3. Řízené rozlivy.....	38
6.6. Zalesňování.....	38
7. Změny v retenční schopnosti krajiny - příčiny, následky, kvantifikace změn.....	39
7.1. Odvodňování pozemků.....	39
7.2. Změna říční nivy.....	41

7.3. Povodně.....	42
7.4. Změna půdního profilu .....	43
7.5. Zalesňování .....	45
8. Závěr .....	48
9. Seznam použité literatury .....	50
10. Seznam tabulek .....	54
11. Seznam obrázků .....	54



## 1. Úvod

Voda je pro lidstvo a pro vše živé nenahraditelný zdroj života. Je tedy nutné přistupovat k jejímu užívání velmi obezřetně. Jednou z nejdůležitějších problematik je udržování vysoké retenční schopnosti v krajině, jež je popsána jako dočasné zadržování vody. Retenční schopnost je důležitou vlastností krajiny, ve které žijeme. Ve chvíli kdy krajina tuto vlastnost postrádá, dochází k nežádoucím ztrátám vodního bohatství, které mají za následek velké množství negativních dopadů.

Člověk svými činy krajinu přetváří k pohledu svému, avšak ne vždy vedou tyto změny ke zkvalitnění životních podmínek a prostředí jako takového. Tyto změny jsou patrné až po delším časovém úseku a situacích, které danou schopnost v krajině prověří. Distribuce vody je v naší krajině dána její retenční kapacitou.

Krajina je obecně prostředím, ve kterém probíhá hned několik fází hydrologického cyklu. Je zapotřebí nalézt správné odpovědi na otázky vhodných úprav krajiny s ohledem na výskyt povodní včetně napravování některých chybných zásahů, kterými jsou nevhodná meliorační opatření, vytváření podmínek pro vznik vodní eroze, odlesňování a tak dále. Důležité též je, jaké jsou v krajině podmínky pro odvádění vody do toků a kolik vody je zadržováno v nádržích. Významnou roli při poznání procesů v rámci hydrologického cyklu hraje plošné zobrazení retence půdního profilu, které usnadňuje věrohodnější poznání vzniku odtokového procesu.

Retenční schopnost je ovlivňována řadou faktorů. Následně je za pomoci těchto faktorů docilováno zlepšení této schopnosti. Je zapotřebí zpomalovat povrchový odtok a zbrzdit rychlý odtok vody do vodních toků.

Cílem této práce je popsat faktory ovlivňující retenční schopnost krajiny České republiky a na základě těchto faktorů uvést možnosti zlepšení této schopnosti. V poslední kapitole jsou uvedeny významné dopady změn retenční schopnosti na území našeho státu.

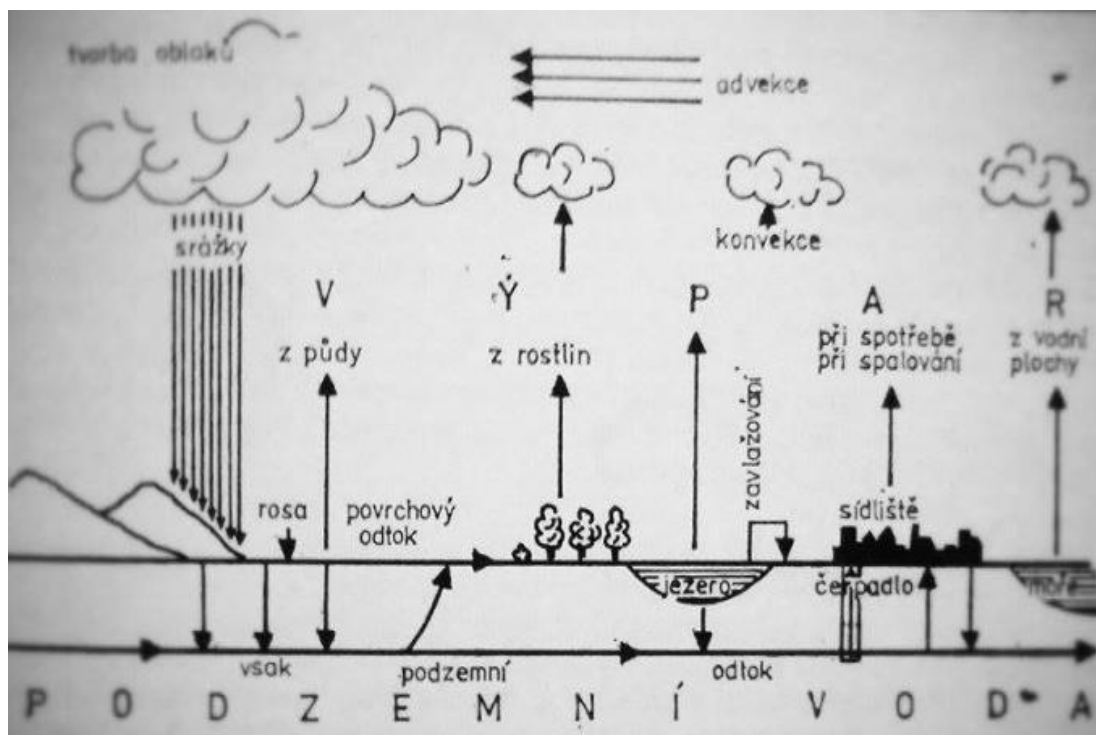
## 2. Oběh vody

Voda je důležitou součástí života na Zemi. Člověk ji potřebuje primárně jak pro svoji vlastní existenci, tak i k využití zdrojů energie v průmyslu a zemědělství. Množství vody na naší planetě je nerovnoměrně rozloženo. Nacházejí se zde oblasti s nadbytečným množstvím vody a na druhé straně také oblasti s jeho extrémním nedostatkem (Hadač, 1982).

Voda je nejrozšířenější hmotou na naší planetě a díky slunečnímu záření dochází ke stálému výparu, tedy přeměně jejího skupenství z pevného na plynné, a pohybu nad i pod povrchem země. Působením tlaku se mění zpět na kapalinu, která v podobě atmosférických srážek dopadá zpět na zemský povrch. V dalších procesech dochází k opětovnému výparu, následnému transportu v troposféře a k dalšímu návratu na zemský povrch v podobě dešťových srážek, sněhových srážek, námrazy, krup, mlhy, atd. Proces zvaný hydrologický cyklus, taktéž oběh vody, probíhá na povrchu naší planety neustále dokola (Netopil, 1972). Blažek a kol. (2006) uvádí, že se voda nachází v různých skupenstvích a formách pod povrchem, v půdě, v zemské kůře a také v atmosféře a v troposféře, jež dosahuje průměrné výšky 11 km. Zde je zahrnuto velké množství procesů výměny vody, přeměny skupenství, energických přenosů a chemických reakcí. Hydrologický cyklus zajišťuje funkci klimatického systému Země, jako jeho nejzákladnější součást se uvádí odtok vody.

Podle Hadače (1982) k velkému oběhu vody neodmyslitelně patří vodní toky, které považujeme za artérie krajiny. Odpařená voda z hladin oceánů zanesená proudícím větrem nad pevninu plní funkci zavlažování krajiny. Stává se zde i součástí malého koloběhu vody a poté proudí zpět do oceánu. Blažek a kol. (2006) vysvětlují malý koloběh jako koloběh vody jen v rámci světového oceánu nebo pevniny. Území našeho státu je zapojeno jak do velkého koloběhu, jenž je určován středoevropskými klimatickými poměry, tak do malého oběhu, který probíhá v místní krajině. U nás v České republice jsou atmosférické srážky jediným primárním zdrojem vody. S tím souhlasí i Netopil (1972) a doplňuje, že k malému a velkému koloběhu vody patří ještě malá část vody, jež vykonává samostatný oběh nad bezodtokovými oblastmi. Melioris a kol. (1988) uvádí, že množství atmosférických srážek je vyjadřováno jako výška vrstvy vody, kterou vytvoří srážková voda při dopadu na nepřístupné vodorovné ploše bez výparu a odtoku.

Voda je též důležitým kulturním, historickým a estetickým činitelem tvořícím naši krajinu a právě její nedostatky nás nutí s ní pečlivě hospodařit a nakládat (Kliner a kol., 1978). Zde Blažek a kol. (2006) konstatuje, jak se lidé již odpradáвна snaží zmírnit nerovnoměrný odtok a vytvářet zásoby vody tam, kde je její výrazný nedostatek. V celosvětovém měřítku proto neustále rostou zásoby vody zadržené v uměle vytvořených přehradních nádržích. Na obrázku č. 1. je popsán hydrologický cyklus.



Obrázek č. 1: Hydrologický cyklus

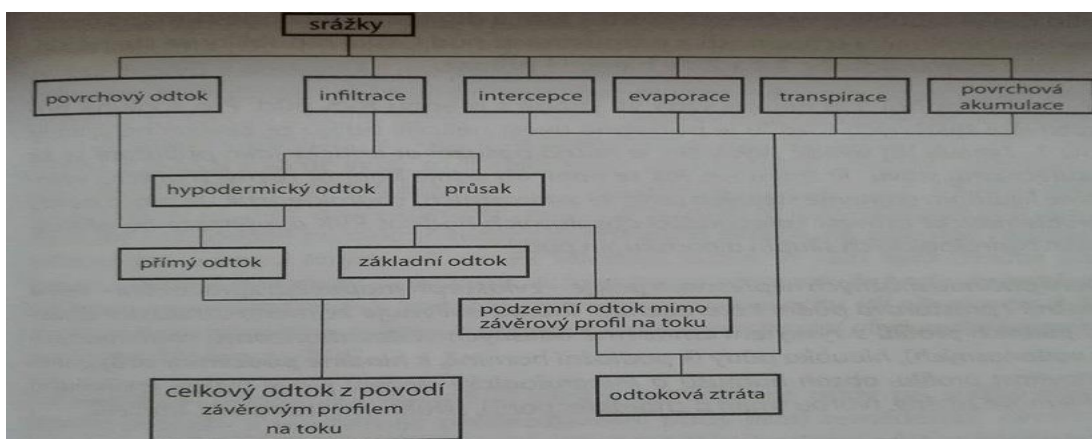
zdroj: (Havlíček a kol., 1986)

### 3. Srážkoodtokové vztahy

Pohyb vody na Zemi je schematicky poměrně jednoduchý, avšak skutečnost je jiná, neboť celkový oběh vody je tvořen velikým počtem lokálních menších oběhů a část vody je neustále přeměňována na všechna skupenství. Stále častější zveřejňování dat o odtokových poměrech celé souše, znázorňovaných na hydrologických mapách, umožňuje poznání, jak je odtok vody rozdělován na jednotlivých kontinentech, do dílčích oceánských pánví i v individuálních geografických pásmech. Tyto hodnoty jsou vždy jen přibližné a velmi proměnlivé. Příčina těchto změn spočívá v přirozených změnách klimatu, dále ve změnách fyzicko-geografických vlastností povodí řek vyvolaných antropogenní činností a také ve změnách plošného a časového odtoku vody, způsobeným rozsáhlými hydrotechnickými zásahy a

stavbami velkých vodních děl. Znatelnější změny povrchového odtoku nastávají obzvláště s intenzitou zemědělské výroby v oblastech, kde jsou prováděny rozsáhlé zákroky pro zlepšení povrchového odtoku a eliminaci jeho nežádoucích účinků. V mnoha oblastech dochází však i dnes ke zhoršování odtokových poměrů, tj. k jejich zvyšování například odstraňováním původního vegetačního krytu za účelem získání nové půdy pro kulturní rostliny. Ta se však velmi brzy vyčerpá a rovněž se zvýšeným povrchovým odtokem za poměrně krátkou dobu znehodnotí natolik, že se z úrodné oblasti stane oblast pustá, zdevastovaná vodní erozí (Netopil, 1972).

Matoušek (2010) uvádí, že srážky dopadající na zemský povrch jsou jednak zadržovány na povrchu vegetace a půdy, jednak se infiltrují či vsakují do půdy, popř. se vypařují zpět do ovzduší. Po nasycení půdy deštěm a při intenzitě deště vyšší než intenzita vsaku, stéká voda nejprve v souvislé vrstvě jako plošný odtok, až poté se rozčleňuje erozivními rýhami do stružek a jimi odtéká do vodotečí, které tvoří říční hydrografickou síť. Tuto fázi odtoku nazýváme soustředěný povrchový odtok. Infiltrací a vsakem se myslí pronikání vody ze zemského povrchu do půd a hornin, což je velmi složitý děj, jenž závisí na mnoha faktorech. Infiltrace je nerovnoměrná, její intenzita se časem snižuje.



Obrázek č. 2: Schéma srážkového odtoku

zdroj: (Matoušek, 2010)

Povrchový odtok jako přírodní proces lidstvo ovlivňovalo a využívalo cíleně i bezděčně mnoha způsoby již řadu let. Především šlo o snahu vyrovnávat výkyvy srážkoodtokových vztahů v jejich průbězích a přizpůsobovat je svým potřebám. Udržování rovnovážného stavu v tomto procesu, jakým je přeměna atmosférických

srážek na povrchový odtok, se v průběhu dosavadního vývoje dařilo i přes jejich dění bez dostačujících kvantitativních podkladů. Jedním z nejvýstižnějších příkladů se stalo vybudování rybniční sítě na Třeboňsku, která zajišťovala dálkový převod vody s mnoha přelivnými objekty a poměrně velkými objemy nádrží (Červený a kol. 1984). Zde Hule (2000) doplňuje, že autorem této rybniční sítě byl Štěpánek Netolický, hlavní rybníkářský hejtman a fišmistr, jehož nejvýznamnějším dílem je Zlatá stoka, jež celou tuto soustavu napájí vodou, a díky které Třeboň při povodních v roce 2002 neskončila pod vodou.

Právě takováto díla poukazují na relativitu pojmů přirozený a neovlivněný srážkový odtok. Lidé si uvědomili, že řešení těchto procesů v jejich ryzí podobě a celém rozsahu jako nástrojů ovlivnitelnosti vodního režimu v přirozených podmínkách je velice obtížné, neboť se zde vyskytuje řada nepříznivých vlivů. K těmto vlivům patří ve velkém globálním měřítku hlavně značné znečištění ovzduší a zvyšující se průměrná roční teplota. Největší následky s sebou nesou úpravy samotného vodního režimu na vodotečích způsobené z valné většiny průmyslovou výstavbou a hlavně stavbou nádrží k řízení regulace zásob vody a ochraně před povodněmi. V místních podmínkách jde zejména o změny způsobené odvodňováním a vytvářením nových vodních ploch, naproti tomu v globálním charakteru mluvíme o změnách způsobených tepelnou bilancí v kontinentálním rozsahu, např. kácením deštných pralesů v Amazonii. Takovéto změny mají určitým způsobem vliv na evapotranspiraci i infiltraci a mění množství zásob podzemních vod. Aspekty ovlivňující srážkoodtokové vztahy mimo činností ve vodním hospodářství se vyskytují po všech plochách v povodí a jedná se zejména o zemědělství, urbanizaci a lesní hospodářství (Červený a kol., 1984).

Na území České republiky je režim povrchového odtoku z velké části ovlivňován právě výstavbou vodních nádrží, vypouštěním a odebíráním vody. Jen zhruba 10 % z našich významnějších toků disponuje přirozeným režimem (Moldan, 1990). K místním faktorům, ovlivňujícím odtokové poměry, náleží kromě klimatických, pedologických, hydrologických a orografických faktorů ještě faktory agrotechnické, lesotechnické a biotechnické, které mohou výrazně ovlivnit vznik a působení vodní eroze (Mezera a kol., 1979).

V minulém století u nás docházelo k výraznému zkracování délky vodních toků v průměru až o 1/3 a jejich rozmanitost v krajině klesla. Za posledních 30 let

narostl problém se zrychleným povrchovým odtokem v krajině kvůli velkoplošnému hospodaření na pozemcích určených pro zemědělskou výrobu, komplexním pozemkovým úpravám, které prakticky zlikvidovaly výskyt rozptýlené zeleně a v neposlední řadě velkoplošnými melioracemi. Výsledkem pro vodohospodářství se staly devastace menších vodních sítí, vymizení bažin a mokřadů a také zvýšení množství ploch velmi náchylných zejména k vodní erozi, za což může nesprávné obdělávání pozemků se zvýšenou svažítostí a absencí protierozního vegetačního krytu, který by do jisté míry mohl vodní erozi příznivě snižovat. Obdobné problémy nacházíme ve vztazích k lesnímu hospodářství, ať už se jedná o devastace lesních ploch škodlivými imisemi, narušení půdního krytu vlivem těžké těžební mechanizace nebo ustoupení od organizací lesotechnických meliorací. Všechny tyto umělé změny a zásahy do krajiny jen posilují výskyt extrémně nerovnoměrných přirozených hydrologických stavů, jako jsou například povodně nebo naopak období sucha (Moldan, 1990).

Matoušek (2010) doplňuje jako významný faktor při sledování srážkoodtokových vztahů retenční vodní kapacitu, která nám ukazuje, za jakého celkového srážkového úhrnu asi dojde k maximálnímu nasycení půdy vodou v námi sledovaném povodí.

Vlček a Kestřánek (1984) uvádějí, že příčinou regionálních a místních rozdílů v uplatnění srážek v odtokovém procesu je rozmanitá geologická stavba a geomorfologický vývoj území našeho státu. Dalším faktorem je hospodářská antropogenní činnost.

Zásadní změna zákonitostí odtokových procesů vyvolaná antropogenní činností je převádění vody mezi povodími, jež je charakterizována propojením vodní sítě přes rozvodnici a řízenou distribucí vody mezi povodími. Cílem převádění vody je většinou pohotově krýt požadavky vody v jiném povodí, v němž je relativní nedostatek vodních zdrojů. Není-li splněna podmínka propojení přirozené nebo umělé vodní sítě mezi nejméně dvěma povodími, jde o tzv. přesun vody uvnitř povodí. Často se nachází v soustavách, které zajišťují zásobení rybníků a menších nádrží vybudovaných v nivě podél toku, odvádění vody při odvodňování zamokřených půd, odvádění odpadních vod při stokování a odlehčování hlavních toků v údolních nivách (Novotný a kol., 1985).

#### **4. Charakteristika základních pojmů**

##### **Retence**

Rozumí se tím schopnost krajiny dočasně zadržovat vodu. Při retenci dochází k prozatímnímu zadržování vody v povrchových depresích různé velikosti, v pokryvné vegetační a případně kulturní vrstvě povrchu krajiny (lužní lesy, mokřady, vhodná opatření agrotechnického charakteru, zasakovací pásy, průlehy, suché nádrže, limany) a především v gravitačních a semikapilárních pórech půd. Retenční schopnost krajiny má mimořádný význam pro vznik a průběh povrchového odtoku a pro snižování a retardaci kulminačních průtoků velkých vod. Je vyjadřována v m<sup>3</sup> nebo v mm vodního sloupce (Janeček, 2004).

##### **Akumulace**

Tato schopnost spočívá v zadržování vody v bezodtokových terénních depresích, mokřadech, jezerech, akumulacích prostorech různých nádrží, ve zvodnělých vrstvách hornin a v neposlední řadě také v půdě (Janeček, 2004).

##### **Vodní režim**

Jedná se o soubor charakteristických změn stavu vodních objektů v čase (Netopil, 1970).

## **5. Faktory ovlivňující retenční schopnosti krajiny**

### **5.1. Atmosférické srážky**

Atmosféra naší země je neustále zásobována vodními parami z povrchů oceánů, jezer, moří, rybníků, řek, z půdy a sublimací z ledu a sněhu. Určité množství vody se také dostává do atmosféry prostřednictvím rostlinných organismů, tzv. transpirací. Vodní páry obsažené v atmosféře se v důsledku kondenzace dostávají zpět na povrch země ve formě atmosférických srážek (Kříž a kol., 1988)

#### **Atmosférické srážky a jejich dělení**

Pod tímto pojmem se rozumí voda nebo tuhé částice dopadající z oblaků v různých formách na zemský povrch. Dochází tedy ke kondenzaci vodních par v ovzduší a tyto částice se vyskytují v kapalně nebo pevně fázi v atmosféře, na zemském povrchu nebo na předmětech v atmosféře. Atmosférické srážky se dělí na padající a usazené. Padající srážky označujeme jako vertikální a vyskytují se v podobě deště, mrholení, deště se sněhem, sněhové krupice a krup (Kopáček, Bednář, 2005)

Děšť tvoří kapky o průměru převyšujícím 0,5 mm, nejčastěji 1-3 mm, ale nepřesahujícím 8 mm. Při průměru větším než 8 mm se kapky rozpadají na drobnější (Kříž a kol., 1988).

Vertikální srážky se dělí podle jejich průběhu na srážky trvalé (též krajinné), jež se vyznačují menší intenzitou a delší dobou trvání a srážky přeháňkové, které mají kratší dobu trvání, ale o to jsou intenzivnější. U těchto srážek dochází v krátké době k častému opakování. Jako další jsou srážky z mrholení, které disponují slabou intenzitou a drobnými kapičkami, jež poletují všemi směry (Kopáček, Bednář, 2005).

Mrholením se označují padající srážky složené z kapiček o průměru 0,05 až 0,5 mm (Kříž a kol., 1988).

Právě zmiňovaná intenzita atmosférických srážek je rovněž agrometeorologickou charakteristikou, protože příznivě i nepříznivě ovlivňuje například vodní erozi, podmínky pro růst rostlin a stav půdy (Havlíček a kol., 1986).

Intenzita atmosférických srážek je popsána jako veličina, která udává množství srážek spadlých za jednotku času, zpravidla v mm za minutu či hodinu. V hydrologii je často nutné znát časové a prostorové rozložení srážek. Za použití běžných statistických metod se obvykle vypočítávají následující charakteristiky:



dlouhodobé průměrné množství srážek pro jednotlivé časové úseky (nejčastěji měsíc, rok, pentáda, dekáda, den), počet srážkových dní, proměnlivost srážek, odchylky od normálu, extrémní úhrny, pravděpodobnost výskytu daných srážkových úhrnů apod. Tato hodnota má spolu s údajem o jejím trvání zásadní význam pro hydrologické účely, například v souvislosti s povodněmi. Významnou pomocí při sledování prostorového rozložení intenzity srážek dnes přinášejí radarové metody měření (Kříž a kol., 1988).

Dále pak rozlišujeme srážky usazené, neboli horizontální, které se srážejí z vodní páry na objektech v přízemní vrstvě atmosféry a to v podobě rosy, jinovatky či námrazy. Tyto páry se dostávají do atmosféry výparem z otevřených vodních ploch, z povrchu půdy a taktéž transpirací. V běžných podmínkách pak dochází ke srážení vodní páry na kondenzačních jádrech v kapičky, jež podle vlhkostních a tepelných poměrů dopadají v různých formách na zemský povrch (Madar a Pfeffer, 1973).

### **Atmosférické srážky a jejich význam**

Červený a kol. (1984) tvrdí, že atmosférické srážky jsou společně s teplotou vzduchu hlavními činiteli při tvorbě krajinného rázu, jeho vegetačního krytu, ekonomických a vodohospodářských vztahů.

. Objem srážek ročně spadlých na zemský povrch překračuje hodnotu 500000 km<sup>3</sup>, s čímž nesouhlasí Madar a Pfeffer (1973) a uvádí hodnotu cca kolem 400000 km<sup>3</sup>. Množství vody obsažené v organismech je cca 1120 km<sup>3</sup> a ve světovém oceánu se nachází kolem 1338 milionů km<sup>3</sup> vody (Hadač, 1982).

Česká republika jako stát v samém nitru střední Evropy je situován na rozvodnici tří moří s poměrně členitým reliéfem a jediným přísunem zdrojové vody v podobě právě atmosférických srážek. Množství vody, které dopadne na území naší republiky v dlouhodobém průměru, je cca 54 miliard m<sup>3</sup> vody. Z tohoto množství se však velká část vypaří z volné půdy a vodních ploch spolu s transpiračním výparem, který probíhá skrze těla rostlin, nebo odteče jak podpovrchovým tak i povrchovým odtokem do sítě vodních toků, která pak odvádí vody z našeho území do okolních států. Velkým problémem je taktéž časová nerovnoměrnost srážek, což má za následek případné povodně nebo odnos půdy způsobený vodní erozí z důvodu špatné

infiltrace vody do půdy a vysoké intenzity srážek a na straně druhé pro zemědělce velmi škodlivý vláhový deficit (Blažek a kol., 2006).

Plecháč (1989) uvádí atmosférické srážky jako jeden z určujících činitelů pro vodohospodářské poměry. Blažek a kol. (2006) doplňují, že se srážky vyznačují velkou proměnlivostí jak časovou, tak místní a také ovlivnitelností výskytu nadmořskou výškou a orientací území ke směru převládajícího větru. Výsledky dlouhodobých pozorování průměrné výše srážkového úhrnu v ČR podírají hodnotou 696 mm. Velmi důležitým ukazatelem je také denní maximální výše těchto srážek, která způsobuje již zmiňovaný zrychlený povrchový odtok, čímž dochází ke ztrátám vody v povodích. Když pomíneme tu část srážek, jež je odváděna do vodních toků nebo je vypařována, zbyde nám množství vody, které je infiltrováno do půdy a prosakuje do podzemních vod, kde se akumuluje.

## **5.2. Geomorfologie terénu**

Lów a Míchal (2003) uvádějí podíl členitých tvarů georeliéfu více než 54 %, převládá tak nad podílem rovinných celků, které činí 30 %. 16 % procent území České republiky tvoří kontrastní členité útvary.

Cílek a kol. (2004) publikují názor, že na rovinách se může dočasně akumulovat větší množství vody než na sklonitém terénu. Své uplatnění zde nachází tzv. detence, což je schopnost zbrzdovat odtok naplňováním prostorů jako jsou nerovnosti, prohlubně a bezodtokové deprese terénního povrchu vodou.

## **5.3. Land use**

### **5.3.1. Extravilán**

V průběhu minulého století znamenal vývoj hlavních způsobů využití půdy trvalý nárůst plochy lesů o více než 25 % ve srovnání se stavem na počátku století. Plocha orné půdy mírně narůstala až do roku 1945, ale v druhé polovině století znatelně klesla v celku až o 0,9 mil. ha (-23 %). Podíl travních porostů klesal až do 90. let (-23%). V té době však došlo k radikální změně trendu a v následujících 15 letech bylo zatravněno 73 tis. ha, což činilo nárůst 14 % (Bárta a kol., 2007). Ve studii autorů Leung a kol. (2015) došlo k výzkumu vlivů půd pokrytých vegetací a půd holých z hlediska vsaku vody. Vzorky byly podrobeny dvěma sériím testů. První testování bylo provedeno bez přístupu světla, tudíž zamezení přísunu energie pro transpirační výpar. Druhé testování probíhalo za běžných světelných podmínek. Ukázalo se, že za

nulových světelných podmínkách byl však do půdy porostlé vegetací a prorostlé kořenovým systémem téměř o 100 % větší než u půdy holé. Při normálních světelných podmínkách došlo k rozdílnému nárůstu vsaku půd pokrytých vegetací dokonce v rozmezí 100 až 160 %. Z tohoto výzkumu vyplývá důležitost vegetační pokrývky půdy při dosahování vyššího zadržování vody v krajině.

Změny ve využívání pozemků, které na území našeho státu nastaly, v 90. letech minulého století způsobily, že návrhové parametry některých odvodňovacích staveb nebo jejich dílčích částí již neodpovídají současným podmínkám. Platí to například u pozemků, které byly odvodněny pro plodiny pěstované na orné půdě a nyní jsou využívány jako louky. Trvalé travní porosty mají oproti většině plodin pěstovaných na orné půdě rozdílné požadavky na vláhový režim. V důsledku těchto změn jsou pak některé odvodňovací systémy předimenzovány nebo naopak poddimenzovány (Soukup a kol., 2001).

### 5.3.2. Lesy

Na našem území docházelo po staletí k ubývání lesů z 90 % rozlohy státu, v 9. století, až na současných 34 %. Tento vývoj byl takřka nevyhnutelný pro vytváření současného životního prostředí. V důsledku odlesňování se narušil vztah mezi atmosférickými srážkami a odtokem vody z povodí. Zvětšila se vodní nevyrovnanost odtokových poměrů řek a zmenšila se protierozní odolnost odlesněných ploch, což podmínilo zvýšení eroze půdy, tvorbu a unášení splavenin a jejich usazování v níže ležících úsecích toků a postupné zmenšování kapacity koryta (Raplík a kol., 1989).

Čechy a Morava je celek, do něhož nepřitéká odjinud žádná větší vodoteč. Budeme proto mít vždy k dispozici jen to množství vody, které ve formě srážek spadne na naše území. Podle komise pro vodní hospodářství ČSAV u nás činil odběr vody pro vodovody, zemědělství a průmysl v roce 1960 3127 milionů m<sup>3</sup> a v roce 1970 již 4157 milionů m<sup>3</sup>. V nejbližších 20 letech se počítá, že se odběr vody ještě zdvojnásobí. Bude proto nutné zadržet a zpomalovat odtok vody z našeho území. Právě les má velký hospodářský význam a je jednou z důležitých složek ovlivňující rovnici vodní bilance, jež vypadá následovně: Vodní bilance = intercepce + výpar z půdy + transpirace + povrchový a půdní odtok. Celkově je vliv lesa na průběh odtoku vody hodnocen kladně. Lesní porosty a lesní půda podmiňují: zásak vody do půdy a zdržení odtoku (retence), hromadění vody v půdní pokrývce a přeměňování povrchového odtoku v podzemí (Mezera a kol., 1979).

Lesní porosty představují velký rezervoár zdrojů povrchové vody, která se vsakuje do půdy, vypařuje se anebo odtéká do údolí (Vráblíková a kol., 2011). Mezera a kol. (1979) popisují vhodný druh dřevin v okolí vodních toků jako významný činitel při vsakování vody do půdního profilu. Dřeviny ve svých korunách zachycují od 10 do 50 % atmosférických srážek. Pořadí podle stoupajícího procenta zachytu je: bříza, dub, borovice, modřín, douglaska, smrk. S uchováním vody pro podzemní odtok souvisí i spotřeba vody transpirací. Hodnoty jednotlivých dřevin jsou následující: douglaska 480-580 mm, modřín 460-580 mm, bříza 430-480, smrk 390-450 mm, buk 320-370 mm, borovice 240-300 mm. Z toho vyplývá, že v oblastech s menším výskytem atmosférických srážek, kde se jedná o co největší nabídku vody, mají nejpříznivější vliv borovice a buk, naopak nevídaný vliv mají douglaska a smrk. Tam, kde se jedná o půdy ohrožené erozí a chceme co nejvíce snížit povrchový odtok na svazích, dojde k uplatnění hlubokokořenících dřevin jako je dub, modřín, javor, borovice a buk.

Odumíráním nebo odtěžováním dochází ke snížení retenční schopnosti devastované krajiny na minimum a hrozí eroze úrodné vrstvy půdy. Částečnou nápravu se snaží řešit lesní podniky postupnou výstavbou retenčních nádrží. Ty pomáhají posílit dosud sníženou přirozenou schopnost krajiny zadržovat vody z atmosférických srážek a kumulovat jejich množství v určitých lokalitách (Vráblíková a kol., 2011).

#### **5.3.2.1. Lužní lesy**

Ve střední Evropě bývaly lužní lesy součástí všech řek, dokud nepřišel člověk a nezačal je přeměňovat. Četnost lužních lesů bývala důkazem, že při normálních přírodních podmínkách tvoří řeky a luhy jednotu, a to za dvou předpokladů. Prvním z nich je výskyt podzemní vody, jejíž existence v lužním lese je závislá na výši vodní hladiny v řece. Když hladina vody v řece stoupá, stoupá i hladina podzemní vody. Druhým předpokladem je pravidelné zaplavování luhu povrchovou vodou. Pokud dojde k vyhlížení vody z břehů a zatopení přilehlého břehu, naplní se vodou nejdříve postranní a stará ramena a pak proniká voda i do lužního lesa. (Reichholf, 1998).

#### **5.3.3. Intravilán**

Velmi výrazně vzrostla i plocha zastavěného území, a to až na 2,5 násobek plochy ve srovnání se začátkem 20. století. Z pohledu aktuálního trvalého nárůstu výměry lesů a travních porostů lze konstatovat, že krajina České republiky je

v pozitivním vývoji, avšak až po detailním prozkoumání změn a jejich příčin se dá usoudit, že hospodaření v průběhu minulého století mělo řadu vážných negativních dopadů na krajiny a její funkce. Je ale dobré navíc odlišovat jednotlivá období dvacátého století, jejichž dopady na krajinu se výrazně lišily (Bárta a kol., 2007).

Co se intravilánu týče, tak hlavní rozvoj sídlišť i jiných staveb v říční krajině nastal po vybudování protipovodňové ochrany. Intravilán zasahuje zejména rozlehlejší říční krajinu, protože u menších toků nebývá dostatek místa. Podrobným průzkumem moravských řek bylo zjištěno, že intravilán zabírá 20,2 % délky těchto toků a plošně pak 10,4 % celkové plochy říční krajiny řeky Moravy, což je alarmující údaj (Štěrba a kol., 2008).

## **5.4. Antropogenní činnost**

### **5.4.1. Úpravy toků**

Historie úprav toků byla položena melioračním zákonem z roku 1884. Ta pak pokračovala ve 20. století v souvislosti s vývojem potřeb vodního hospodářství. Byla ovlivňována stupněm technického a přírodovědného poznání i celkovým vývojem naší společnosti. Nástup dalších úprav toků počínající v 50. letech byl důsledkem rozvoje socialistického hospodářství. Budování odvodňovacích soustav na zemědělsky využívaných pozemcích vyvolalo řadu technických zásahů do sítě drobných vodních toků. Během čtyřiceti let bylo odvodněno přes jeden milion hektarů půdy. Rozvoj přehradního stavitelství vedl k přeměně mnoha říčních údolí. Pokračovaly úpravy toků sloužící k ochraně před povodněmi nebo k vodní dopravě (Blažek a kol., 2006).

Hospodářský život v okolí toků a stále intenzivnější využívání území v jejich okolí si však vyžaduje ochranu pro zlepšení vodohospodářských podmínek pro další rozvoj těchto území. Jedním ze způsobů úpravy odtokových poměrů je právě úprava toků, jejichž účelem bývá ochrana sídlišť, stabilizace koryta toků, úpravy tras toků, soustředění středních a malých průtoků vody do jednotného koryta a vytváření optimálních podmínek na zásobování obyvatelstva polního hospodářství a průmyslu vodou. Zásadou komplexního řešení úpravy toku je, aby se realizovala v součinnosti na ostatní zásahy v povodí, jejichž výsledkem má být uspořádání odtokových poměrů, což znamená zvýšení retenčního účinku půdy, zpomalení a vyrovnaní odtoku vody z povodí a snížení erozního účinku vody. Úprava toku bývá významným technickým zásahem v říční nivě, a proto by se k ní mělo přistupovat

s rozvahou. Mezi takovéto úpravy patří: lesomeliorační ochranné úpravy, hrazení bystřin a výstavba retenčních nádrží (Raplík a kol., 1989).

Hadač (1982) popisuje jako velký problém napřimování potoků a vydláždění jejich koryt, jakožto součást melioračních zásahů. V jejich následku dochází k odvodnění pobřežních mokrých pozemků. Při málo uvážených zásazích lze tímto dosáhnout zbytečně velkého poklesu hladiny spodní vody celého povodí potoka. Voda je příliš rychle odváděna z území a nemá dostatek času, aby došlo k jejímu vsaku do půdy (rovněž vsaku brání vydláždění dna, takže zájmové území je zcela zbytečně ochuzováno o potřebnou vodu). Je tedy nezbytné zřizovat v takovýchto případech přiměřený počet malých vodních nádrží, aby se odtok vody z území náležitě zpomalil.

Jůva a kol. (1984) uvádějí jako účel úprav malých vodních toků odstraňování závad, které vykazují v neupraveném stavu a zabezpečení užívání těchto vodních zdrojů pro různé místní vodohospodářské potřeby.

Při takovémto odstraňování závad je třeba vykonat zejména tyto úkoly: zlepšit vodohospodářské poměry a zneškodnit erozní činnost vody v povodí, ustálit koryta upravovaných malých toků a zlepšit v nich průtokové poměry, upravit stav setrvalé vodní hladiny v korytě, vybavit malé toky potřebnými objekty, (které slouží k manipulaci s vodou, regulaci průtoků, odběrům vody atd.), ozdravit okolí malých toků, zlepšit jejich estetický vzhled a umožnit lepší využívání těchto toků, zmenšit odtok srážkových vod z povodí opatřeními, která plošným rozptylováním, zachycováním a zlepšeným vsakováním vody do půdy snižují množství jejího povrchového odtoku (Raplík a kol., 1989)

#### **5.4.2. Zemědělství**

Mezera a kol. (1979) zmiňují, že mezi zemědělskou výrobou a krajinou je bezprostřední závislost, jež je velmi složitá, podmíněna četnými vlivy a dosud ještě nedostatečně v mnoha úsecích známá. Nejvýznamnější vliv na krajinný prostor mají kulturní rostliny, půdy, mechanizační prostředky, stavební a jiná zařízení. Příznivý účinek kulturních rostlin se projevuje jak v atmosféře, tak v pedosféře. Vliv rostlin na půdu je velmi významný. Svým zápojem porostu a kořenovým systémem kladně ovlivňují především vodní režim půdy. Zabraňují neproduktivnímu výparu, ochraňují půdu před ničením struktury a tvorbou půdního škraloupu, umožňují infiltraci

srážkové vody a brání povrchovému odtoku, čímž dochází ke zvyšování retenční schopnosti krajiny.

Poruchy, které způsobil člověk a jeho špatné obhospodařování půdy, zavinily podstatné snížení retenční schopnosti půd. Vodní režim řek je v erozí postižených oblastech zcela rozvrácen, protože mocnými regulátory, jakými jsou půdy a především stromová vegetace ve sběrné oblasti povodí, nejsou již schopny zdolat velké srážky (Dorst, 1985).

Intenzifikací zemědělství obecně dochází ke snižování celkového odtoku vody v důsledku její vyšší spotřeby na produkci rostlinné hmoty a může vést také ke zvyšování plošného i bodového znečišťování vodních zdrojů v důsledku chemizace výroby (Červený a kol., 1984).

Mezi jednu z důležitých oblastí ochrany území patří dodržování technologické kázně při obhospodařování zemědělských pozemků, což znamená obdělávání pozemků po vrstevnici, rozdělení scelených pozemků na maximální velikost 30 ha, budování nových cestních sítí, neskladování rostlinného materiálu v záplavovém území, apod. Rychlost odtoku a bilanci vodních poměrů v území také výrazně ovlivňuje odvodňování pozemků. V minulých letech byly prováděny rozsáhlé pozemkové úpravy požadované právě kvůli intenzifikaci rostlinné výroby na orné půdě. Tyto úpravy byly spojeny s úpravami vodního režimu zemědělských půd, zúžené však jen na plošné odvodňování, které zajišťovalo snadnou přístupnost těžké mechanizace na zemědělské pozemky a jejich snadnou obdělávatelnost. U nově zatravňovaných pozemků není věnována patřičná pozornost odvodňovacím systémům. Změnám plošného převádění orné půdy na louky naprosto nevyhovují projektové parametry, podle kterých se provedla výstavba odvodňovacích systémů pozemků na orné půdě. Při dosahování efektů optimálních úprav vodního režimu pozemků při změnách kultur lze využít různé způsoby retence podpovrchových vod, jako je například regulační drenáž nebo omezení funkcí systematického odvodnění jen na vybraných částech pozemků (Vrána a kol., 2009).

## **5.5. Vodní eroze**

Vodní eroze se projevuje škodlivým odplavováním půdy (unášecí silou proudící vody) a jejím ukládáním v nižších částech povodí. Eroze probíhá buďto vlivem trvalého průtoku vody v korytech vodotečí, nebo při občasném přívalovém odtoku

(prudké deště, tání sněhu). Pro erozi je příznačné, že bez účinných ochranných opatření její důsledky trvale stoupají. Cílem protierozní ochrany půdy je zastavení eroze a odstranění vzniklých škod. Nejrozšířenějším a zároveň účinným opatřením v povodí je správné hospodaření v lese, jenž má těžko nahraditelnou retenční a retardační schopnost ovlivňující pozitivně odtok v celém povodí (Mezera a kol., 1979).

Horské svahy, kaňony i široká údolí s koryty vodních toků jsou výsledky dlouhodobé činnosti odtékající vody. Voda narušuje povrch a uvolněný materiál odnáší do nižších poloh, kde ho zanechává v podobě sedimentů. Tento proces nazýváme vodní erozí. Její vznik je ovlivněn přírodními podmínkami, především intenzitou srážek, sklonem svahů a erozní náchylností půd a vegetačního pokryvu. V celosvětovém srovnání má krajina našeho státu poměrně nízký erozní potenciál díky absenci příkrých velehorských svahů a tropických přívalových srážek. Území našeho státu má navíc přirozenou lesní vegetaci původní krajiny, která nás do jisté míry chrání před nadměrnou vodní erozí, avšak převládající zemědělský ráz krajiny s často vysokým podílem orné půdy, nevhodného hospodaření s lesními porosty a častých antropogenních zásahů, zvyšují erozní náchylnost naší krajiny. V České republice je vodní erozí ohroženo přes 50 % rozlohy orné půdy. Tato ohroženost byla v minulosti zvýšena velkovýrobními systémy zemědělských hospodaření, které nás nutily do změn struktury krajiny spojovaných s výrazným prodlužováním délek svahů a jejich sklonů, přičemž přesně toto je rozhodující morfologický faktor vzniku eroze na orné půdě. Erozním smyvem je nejvíce ohrožena půda orná, činností a mechanizovanou těžbou dřeva pak poškozené půdy lesní (Blažek a kol., 2006).

S problémem zrychlené eroze úzce souvisí celý hydrologický režim, který je ovlivňován lidskou činností velmi změněn. Lidský vliv na hydrologickou rovnováhu erodovaných oblastí má vážné následky. Rozlišujeme tři typy: postupné vysoušení, záplavy a obrovská a nekontrolovatelná sedimentace hmot v dolních částech hydrologické sítě. Vážný problém je zrychlený odtok z erodovaných území. Půda bez rostlinné pokrývky má změněnou strukturu a už není schopna zadržovat vodu. Erozní rýhy se zařezávají do svrchních vrstev zemské kůry a snižují hladinu podzemních vod. Většina poruch hydrologického režimu vzniká špatným vsakem srážkových vod do půdy, která je zničena erozí. Tato voda tudíž odtéká bez jakéhokoli užitku (Dorst, 1985).



Eroze je jednou z hlavních příčin změn fyzikálních vlastností půdy, jako jsou zejména struktura, pórovitost, infiltrační schopnost, vodní kapacita, aj. Jejím vlivem dochází u těchto vlastností jak ke kvantitativním změnám, tak i ke změnám vzájemných vztahů mezi jednotlivými půdními vlastnostmi (Říha a kol., 2005).

### **5.6. Fyzikální vlastnosti půdy**

Váša a Drbal (1975) konstatují, že v půdě dochází k neustálým procesům změn vodních poměrů, jež jsou výsledkem přemísťování a retence vody. Jako jeden z nejdůležitějších procesů uvádějí právě vsak neboli infiltraci. Ta je v nejširším pojetí chápána jako vnikání vody ze srážek do půdy. Základními infiltračními charakteristikami je intenzita (rychlost) infiltrace a velikost infiltrace. Intenzitou infiltrace rozumíme množství vody, které se za jednotku času vsákne do půdy v určitém časovém termínu od počátku vsakování. Velikost infiltrace je pak celkové množství vody, které se vsákne do půdy od počátku vsakování. Průběh procesu infiltrace závisí jak na způsobu a množství dodávky vody na povrch půdy, tak na jejích vlastnostech. Intenzita infiltrace záleží na množství povrchově dodané vody. Je-li toto množství značné, rovná se intenzita infiltrace vsakovací schopnosti půdy, což je množství vody, které je půda schopna přijmout za jednotku času v určité době od počátku vsakování. Jakmile vznikne stav, kdy intenzita dopadajících atmosférických srážek je vyšší než intenzita infiltrace vody do půdy, nastane povrchový odtok.

Při správném využívání půdy pro zemědělskou výrobu má půda podle Mezery a kol. (1979) příznivý vliv na všechny složky krajinného prostoru. Naopak nesprávně využívaná půda velmi nepříznivě působí na celkový vodní režim krajiny: na ulehle půdě, nekryté porostem, vlivem evaporace půda vysychá a snižuje se hladina podzemní vody; nízká pórovitost půdy omezuje infiltraci srážkové vody a umožňuje nebezpečnou vodní erozi se všemi neblahými důsledky. Nepříznivě působí zejména neorganizované používání těžkých dopravních a mechanizačních prostředků, jež značně utužují půdu, omezují infiltraci, podporují erozi půdy a snižují její provzdušnění. Nesprávně obdělávaná půda se špatnými, nezapojenými porosty kulturních rostlin a plevelů zhoršuje také celkový estetický vzhled krajiny.

Velkým problémem je podle Šarapatky a kol. (2002) rozpad půdní struktury související s půdní aciditou, účinkem nadměrného množství sodíku a draslíku v půdě. Rozpad půdní struktury na písčité, prachovité a jílovité částice zmenšuje v půdě

prostor pro vodu a vzduch. Člověk se podílí na tomto rozpadu struktury zemědělských půd například pěstováním monokultur, nevhodným mechanickým obděláváním půdy, podporou acidifikace půdy (nedostatečné vápnění, špatné hnojení), nedostatečným přísunem organických hnojiv, nadměrnou závlahou půdy a podporou zrychlené půdní eroze.

Podstatně vyšší vertikální pohyb vody shora dolů oproti polním půdám mají půdy lesní, zásak silného deště může být 10 až 20krát intenzivnější. Podmiňuje to vrstva hrabanky na povrchu půdy, kyprost a pórovitost lesní půdy a kanálky po odumřelých kořenech, umožňující snadný pohyb vody dolů. Lepší zásak srážek z tajícího sněhu podmiňuje též okolnost, že lesní půda méně promrzá a tání sněhu v lese je prodlouženo. Uskladňování většího množství vody v lesní půdě je zapříčiněno jednak strukturou lesní půdy a vyšším obsahem humusu, jednak okolností, že hladina spodní vody pod lesem bývá nižší než v bezlesí. Lesní půda zde působí jako houba, je schopna pojmout velká množství vody a v období sucha ji vydávat. Horší poměry zásaku jsou v rekreačních lesích vlivem intenzivně navštěvované plochy, protože dochází k ulehlosti půdy sešlapováním. Jinak ale lesy působí v krajině na vyrovnanější odtok vody, snižují špičkové povodně a napájejí lesní vodoteče i v době sucha (Mezera a kol., 1979). S tímto výrokem souhlasí i Poštulka (2007) a dodává, že voda proniká podél živých kořenů a chodbami po odumřelých kořenech, žízálech a jiných půdních organismech. Navíc kořeny zpevňují půdu a zabraňují erozi. Uvádí též vysokou míru schopnosti humusu při zadržování obrovského množství vody.

Matoušek (2010) se zmiňuje o dvou důležitých vlastnostech půd, kterými jsou retenční vodní kapacita a infiltrační schopnost půd. Retenční vodní kapacitou se rozumí celkové množství srážkových úhrnů, při kterých asi dojde k plnému nasycení půdy v povodí. Infiltrační schopností půd se nazývá schopnost půdy pohlcovat vodu. Obě tyto vlastnosti jsou důležitými parametry při sledování zadržování vody v krajině a jejich hodnoty se nacházejí v příslušných mapách.

V neposlední řadě jsou důležitými fyzikálními vlastnostmi půd objemová hmotnost a pórovitost. Pokorný a kol. (2007) zobrazují závislost těchto dvou veličin v následující tabulce:

Tabulka č. 1: Objemová hmotnost půdy a pórovitost

Zdroj: vlastní zpracování dle Pokorného a kol. (2007)

Strukturní stav humusového horizontu	Objemová hmotnost půdy ( $\text{g.cm}^{-3}$ )	Pórovitost (%)
Výborný	<1,2	>54
Dobrý	1,2 – 1,4	46 - 54
Nevyhovující	1,4 – 1,6	39 - 46
Nestrukturní	1,6 – 1,8	31 - 39

Z této tabulky je patrná nepřímá úměrnost v závislosti těchto dvou veličin. S rostoucí objemovou hmotností půdy klesá její pórovitost, jež úzce souvisí s retenční schopností půdy.

Půda je z hlediska retenční schopnosti krajiny velmi důležitým aspektem. Například půdní pedon středně těžké půdy o objemu  $1 \text{ m}^3$  je schopen zadržet téměř 300 litrů vody, což znamená celkovou kapacitu zhruba 3 miliónů litrů vody na ploše 1 ha (Janeček, 2004).

### **Hydromeliorační stavby**

Jde o stavby, které jsou významnou součástí melioračních zásahů. Jejich hlavním cílem je úprava vodního režimu půdy do optimálního stavu, odpovídajícího způsobu jejího hospodářského využití. Podle potřeby jde o odvodnění nebo závlahy. Hydromeliorační zásahy do značné míry ovlivňují odtokové poměry v povodí a těsně souvisejí s ochranou proti vodní erozi. Jestliže odtokové poměry na soustředěných osách odtoku, tj. na vodotečích, lze ovlivňovat hydrotechnickými stavbami (vodní nádrže, rybníky, úpravy toků, převody vody), uplatňují se meliorační stavby tam, kde odtok má ještě plošný charakter, tj. kde není soustředěn. Obecně lze říci, že hydromeliorační opatření upravují odtokové poměry v horních částech povodí (Mezera a kol., 1979).

## **6. Možnosti využití těchto faktorů pro zvýšené zadržování vody v území**

Obnovu nebo zvýšení retenční schopnosti krajiny řadíme do skupiny preventivních krajinných opatření. Patří sem zachování či zvýšení retenční kapacity půdy a její infiltrační způsobilosti, ale také rozloha lesních a lučních porostů oproti orné půdě, ponechání a vytvoření ploch lužních lesů údolních niv, úprava hospodaření na orné půdě, apod. V minulosti byl častokrát jako důsledek povodňových škod realizován preventivní systém, nejčastěji úpravy toků, výstavba ochranných hrází anebo přehrad. Tato technická opatření na území našeho státu jsou však zatím vybudována jen v částečném rozsahu a poskytují proto pouze omezenou možnost aktivní ochrany proti povodním (Cílek a kol., 2004).

Lidé využívali říční krajinu od nepaměti, ale její závažné destrukce se odehrávají až v průběhu posledních 150 let. Užívání této krajiny v současné podobě je prakticky vždy spojováno s určitým způsobem odpřírodnění a vodní toky se svými krajinami se postupně stávají globálním problémem životního prostředí. Na jejich ovlivňování se nejvíce podílí úprava koryt, likvidace lesů, zemědělství, sídliště, technická výstavba a vodní nádrže. Je velice pravděpodobné, že první velké ovlivnění říční krajiny přineslo usedlé zemědělství. Zemědělci se o říční krajinu vždy určitým způsobem zajímali, ale jejich vliv na krajinu z počátku nebyl tak drastický jako v případě stepních a posléze i lesních areálů. Časté povodně je totiž vytlačovaly z říční krajiny na terasy, kam povodně nikdy nemohou dosáhnout. Proto se spíše předpokládá, že skutečně velký tlak na říční krajinu vyvinuli zemědělci až poté, co byla vytvořena určitá protipovodňová ochrana jejich polí, a to se odehrálo až v průběhu 19. a 20. století. Tehdy došlo k masovým přeměnám zdejších lesů na pastviny, pole i louky a rozloha lužních lesů začala rapidně klesat. Kde to však terénní konfigurace dovozovala, došlo k decimaci lužních lesů již ve středověku. Tato změna je jedním z největších zásahů do říční krajiny, která způsobuje mnoho funkčních poruch, a navíc vyvolává řetězec změn, jako je distribuce vody, přerušení ekologického kontinua, ovlivnění klimatu, atd. (Štěrba a kol., 2008).

### **6.1. Úprava toků**

V minulosti, ale hlavně v posledních padesáti letech bylo cílem úprav vodních toků především „ovládnutí a podmanění vodního živlu“. K radikalizaci těchto snah došlo s dostupností stále výkonnější mechanizace. Cílem úprav koryt vodních toků bylo dosažení maximální protipovodňové ochrany a rychlé odvádění vody z území.

Revitalizační úpravy se diametrálně liší od hydrotechnických úprav, uplatňovaných při úpravách potočních koryt v minulosti. Stavebně technické řešení však nelze zcela odsoudit. Je třeba zachovat respekt k naší antropogenizované krajině, kterou utváří hlediska požadované funkčnosti všech opatření, jež jsou nutná k jejímu využívání (Vrána a kol., 2004).

Podle Blažka a kol. (2006) změna politického systému v 90. letech přinesla postupné zavádění vhodnějších biotechnických úprav toků a možnosti postupné revitalizace některých dříve nevhodně upravených úseků. Poukazují na antropogenní změny různých charakterů, které postihly velkou část říční sítě v České republice. Ze 76 tis. km vodních toků je upraveno 21, 6 tis. km (28,4 %). Mírně nadprůměrně jsou pozměněna koryta vodohospodářsky významných toků, která byla upravena na jedné třetině celkové délky. Vodní toky náležející Zemědělské vodohospodářské správě reprezentující převážně drobné toky v zemědělské krajině, mají upravenost téměř 40 %, naopak podprůměrný (méně než 10 %) je podíl úprav na horských úsecích a v lesích. Cílem úprav vodních toků je především ochrana pozemků ležících v nivě před povodněmi, neškodné převedení odtoku, umožnění úprav vodního režimu okolních pozemků, odběrů vody, atp.

### **Ochranná infiltrační pásma**

Vodní tok je mnohdy účelné chránit nejen vegetačním doprovodem, ale tento doprovod doplnit i ochranným pásmem, které chrání vodní tok především před erozními smyvy a vytváří tak do určité míry nárazníkové pásmo. Tohoto účinku lze dosáhnout zejména v revitalizačních opatřeních, jež spočívají v realizaci infiltračních (vsakovacích pásů) a obhospodařovaných průlehů nebo suchých záchytných nádrží. Řízenou filtrací vody do půdního profilu dosáhneme odstranění znečištění. Musí však být splněny podmínky, které jsou určující pro čisticí účinek a mezi něž patří: hydraulické podmínky, půdně mechanické podmínky, časové podmínky a vhodná skladba vegetačního travobylinného krytu. Na základě těchto předpokladů je tedy možno ochranná vegetační infiltrační pásma definovat jako opatření v krajině, která svou zejména vsakovací schopností chrání níže ležící plochy (například zemědělskou půdu, zástavbu, komunikaci, vodní tok nebo vodní plochu) před škodlivými účinky plošného povrchového odtoku po kvalitativní i kvantitativní stránce. Požadavek trvalého zvýšení infiltrační schopnosti ochranných pásem je zabezpečen vhodnými,

zpravidla trvalými vegetačními pokryvy, které svou nadzemní biomasou dostatečně ochraňují půdu (Kender, 2000).

## **6.2. Revitalizace vodních toků**

Za revitalizaci můžeme považovat jakékoliv zlepšení ekologického stavu říční krajiny. Obvykle se jedná o změnu vyvolanou cíleně antropogenní činností, třebaže některé revitalizace probíhají bez přispění člověka. Státem organizované revitalizace mají za sebou jen krátkou historii. Individuální snahy o zlepšení poškozených krajín existují naopak již velmi dlouho. Pojem revitalizace znamená v překladu „opětné oživení“. Většinou se jedná o zvýšení druhové pestrosti na revitalizovaném území, ale řada revitalizací také směřuje k jiným cílům, například k zadržení vody v krajině. Obvyklé motivy dnes prováděných revitalizací jsou: zadržení vody v krajině, obnova či tvorba mokřadů, ekologické protipovodňové úpravy koryta, obnova rybníku v nivě, změna využívání krajiny, apod. (Štěrba a kol., 2008). Významným mezníkem se stal podle Blažka a kol. (2006) rok 1990, kdy se začaly prosazovat nejrůznější skupiny a subjekty, jejichž snahou bylo urychleně řešit neutěšenou situaci. Nositelem a koordinátorem těchto aktivit se stalo nově vzniklé Ministerstvo životního prostředí. V roce 1992 vláda České republiky schválila svým usnesením 373 Program revitalizace říčních systémů. Ten si vytkl za cíl nápravu vodního režimu krajiny ve všech jeho ekosystémových aspektech. Mezi stěžejní úkoly tak byla zahrnuta obnova retenční schopnosti krajiny - budováním drobných rybníků a tůní, revitalizací liniových prvků hydrografické sítě, zejména drobných vodních toků a prvků na ně vázaných. Konečně byl k dispozici nástroj k odstraňování následků nemístného velkoplošného odvodňování pozemků, nevhodného zemědělského hospodaření v minulosti a k biologickému ožívání vodních toků.

Právě změna společenských poměrů v roce 1989 u nás ukončila ještě probíhající vodohospodářské technické úpravy, zemědělské meliorace a náhradní rekultivace. Ve velmi kritické reakci na dosavadní vývoj vodního hospodářství a ve snaze změnit dosažený neuspokojivý stav vodních složek krajiny nastoupil u nás zájem o vodohospodářské revitalizace (Just a kol., 2005). Během dvou let podle Štěrby a kol. (2008) došlo k vytříbení názorů na organizovaný celostátní projekt, který by podporoval zlepšování ekologického stavu říčních krajín a současně napomáhal přírodnímu zadržování vody v krajině. Tak vznikl Program revitalizace

říčních systémů jako program obnovy, stabilizace a péče o vodní režim krajiny ČR. Je řazen do skupiny tzv. krajinotvorných programů Ministerstva životního prostředí ČR, podporujících ekologickou stabilitu krajiny. Základní cíle programu revitalizací říčních toků jsou podporovat a zvyšovat retenční schopnost krajiny, dále systémově napravovat negativní důsledky dřívějších nevhodně provedených pozemkových úprav, obhospodařování půdy i velkoplošného odvodnění, jakož i omezovat účinky nevhodně provedených odvodňovacích soustav a konečně obnovovat přirozené funkce vodních toků a jejich koryt, odstraňovat nevhodné úpravy vodních toků, zvyšovat odolnost břehů a koryt, podporovat samočisticí schopnost vody a zajistit minimální průtoky a podmínky pro biologické oživení.

Po provedení revitalizace hydrografické sítě by mělo dojít k prodloužení doby odtoku vody z povodí, ke zvýšení zadržení vody v krajině, ke zvýšení hladiny podzemní vody v okolí toku a využití rozlivu vody v údolních nivách pro tlumení účinku povodní. Revitalizační zásahy můžeme chápat jako návrh nové zvolněné trasy koryta, obnovu přírodě blízké morfologické členitosti koryta, obnovu vodního biotopu, případně zpomalení odtoku vody snížením podélného sklonu dna koryta vytvořením příčných staveb. Při návrhu revitalizace toků a potoků je však nutno dobře posoudit jejich současný stav. Součástí revitalizace hydrografické sítě je i návrh nových malých vodních nádrží, mokřadů, tůní nebo rekonstrukce stávajících nádrží. Hlavní účel těchto nádrží v rámci revitalizace krajiny je retenční, tj. zadržení vody v krajině a zpomalení odtoku vody ze srážek (Vrána a kol., 2009).

Zásadním úkolem do budoucna je posunout revitalizace od nahodilé podpory individuálně a izolovaně vznikajících záměrů do podoby koncepční a plánovité činnosti, jednoznačně orientované na obnovování přírodního rázu a přirozených funkcí vodních toků a jejich niv v rámci povodí, včetně aktivace přirozených mechanismů tlumení povodní. Těžiště revitalizačních aktivit by mělo probíhat v rámci základních činností správců vodních toků. V této poloze by se rovněž měly dostat do plného souběhu revitalizace a celková správa a údržba vodních toků (Just a kol., 2005).

### **6.3. Obnova mokřadů**

Mokřady jsou typické vysokou hladinou podpovrchové vody, zvláštním vodním režimem, poměry hydrobiologickými, specifickou mokřadní faunou a florou. Zahrnují biotopy, které jsou zaplavené nebo nasycené vodou dostatečně dlouho, aby

se vyvinula vegetace adaptovaná na půdu saturovanou vodou. V podstatě se mokřady dělí na přírodní a umělé. Nejdůležitější přírodní mokřady jsou chráněny Ramsarskou úmluvou a jsou to mokřady, jež vyrovnávají odtoky v povodí, zejména v pramenných oblastech, zvyšují výpar z půdy a rostlin, podílejí se na jakosti vod, apod. (Šálek, 2000).

Soukup a kol. (2008) popisují mokřady jako přechodné útvary mezi lučním a akvatickým prostředím. V minulosti byly právě tyto útvary ničeny odvodněním. Hladina vody v mokřadech je nad i pod povrchem terénu. Mokřadní stanoviště podporují růst hydrofytní vegetace. Jsou to tzv. vodní zásobníky a současně i biotopy cenné flory a fauny. Z hlediska retence vody jsou mokřady důležité zvláště v pramenných oblastech a pak zejména v údolních nivách, včetně slepých ramen, mokřadních lemů podél vodních toků a nádrží, trvale podmáčených nivních luk a zarostlých malých vodních nádrží.

V mokřadech dochází podle Poštulky (2007) k pozvolnému vsakování vody a obohacování podzemních vod.

Mokřady nivních toků tvoří celkově 17 791 ha, z čehož největší zastoupení mají mokřady dolního toku Dyje (11 500 ha). Litovelské Pomoraví obsahuje 5 122 ha a Poodří 1 169 ha (Blažek a kol., 2006).

Likvidace mokřadů znamená vážné narušení vodního režimu celé krajiny. Jsou též mocnými regulátory teploty krajiny vlivem odpařování vody a následným ochlazením půdy (Poštulka, 2007).

#### **6.4. Technické úpravy a opatření v krajině**

Pokud nelze biologickými úpravami zabránit škodlivému soustředování srážkového odtoku, zejména po rychlém tání sněhu a prudkých deštích, je třeba doplnit jejich účinnost technickými prostředky v povodí (Jůva a kol., 1984). Tato opatření jsou navrhována zejména v rámci pozemkových úprav a vytvářejí spolu s dalšími opatřeními plánu společných opatření v pozemkových úpravách základní kostru protierozní ochrany území. Po její realizaci a zajištění následné péče a údržby, je zaručena jistota trvalé účinnosti oproti opatřením organizačním a agrotechnickým (Janeček a kol., 2007).

K úpravám, jež zmenšují a zneškodňují srážkový odtok, patří především záchytná zařízení, dále na svazích o větších sklonech terasování a v silně členitých



terénech zajištění výmolů a strží. Záchytná zařízení, jejichž účelem je přerušení vzniku nebezpečného srážkového odtoku na svahových polohách a umožnění jeho vsaku do půdy, se zakládají napříč svahu ve formě záchytných průleहů, příkopů nebo hrázek (Jůva a kol., 1984).

#### **6.4.1. Průlehy**

Tato opatření jsou navrhována především tam, kde dochází k soustředění povrchového odtoku. Jde o vodohospodářská opatření, která slouží k ochraně pozemků proti účinkům eroze a k úpravě odtokových podmínek (Soukup a kol., 2008).

Příčné průlehování je bráno jako jedno z nejdůležitějších ochranných opatření na orné půdě. Spočívá v rozdělování dlouhých svahů na svahy kratších délek (Janeček a kol., 2007). Soustředí povrchový odtok do přirozených údolnic, úžlabin a průleहů. V místech akumulace odtoku je třeba chránit povrch relativně odolným vegetačním drnem. Zatravněné průlehy jsou navrhovány k odvádění krátkodobého povrchového odtoku, který je způsoben přívalovým deštěm nebo náhlým táním sněhu, ale také k zachycování splavenin a infiltraci. Průlehy bývají ve vhodných situacích odvodněny drenážemi. Z funkčního hlediska se umělé průlehy navrhují jako: záchytné, které chrání pozemky před cizí vodou; sběrné, jež se dělí na vsakovací a odváděcí. Sběrné vsakovací průlehy jsou průlehy s nulovým nebo minimálním podélným sklonem, vhodné pouze pro propustné půdy (Soukup a kol., 2008). Použitelné jsou na svazích s hlubšími půdami do sklonu nejvýše 15 %, výjimečně 18 % (Janeček a kol., 2007).

Dále existují svodné průlehy - zpravidla v podobě zatravněných drah soustředěného povrchového odtoku. Průlehy slouží k přerušování povrchového odtoku na pozemcích a jsou budovány převážně jako sběrné prvky (Soukup a kol., 2008).

U nejrizikovějších lokalit dochází k návrhům vytvoření obdělávatelných průleहů, které zachycují povrchový odtok z navazujících pozemků a postupně ho převádějí na odtok podpovrchový. Průlehy mají dvě základní funkce. První z nich je přispívání při převodu vody značnou měrou k zasakování a změně povrchového odtoku na odtok hypodermický. Druhou funkcí je bezpečné provádění návrhových průtoků vody bez poškození svahů. Z hlediska krajinně-estetického přispívají průlehy k modelaci reliéfu krajiny a lze je jednoznačně upřednostnit před řešením

převodu vod ve formě příkopů. Technickou nevýhodou průleहů je, že pokud není dokonale výškopisně provedena povodní břehová hrana průlehu, může dojít k jejímu přelití. Následky takového přelití jsou vždy značné a vzniklé škody na pozemcích pod průlehem velké. Průlehy se používaly hojně i v minulosti, protože nebránily obdělávání pozemků. Postupem času se však zapomnělo na jejich poslání a postupně se ke škodě celého území rušily (Vrána a kol., 2009).

#### **6.4.2. Terasování svahů**

Terasování svahů se používá při úpravách srážkového odtoku a jeho erozního působení na svahových polohách při sklonu nejméně 9° (15 %) a nejvýše asi 35° (70 %), obhospodařovaných hlavně jako ovocné sady a vinice. Záleží na odstupnění svahu zemními, popř. i zděnými stupni v mírně sklonité až vodorovné plošině neboli terase, prudší svahy se již nedoporučuje terasovat pro velké pořizovací náklady a využijí se lépe jako horské louky a pastviny nebo les. Vodorovné terasy se zřizují, mají-li se pěstované plodiny zavlažovat. Podélný sklon teras bývá nejvýše 5 %. Výška terasy, tj. svislá odlehlost břehových hran dvou sousedních teras, se volí 1 až 3 metry, šířka terasy obecně 5 až 20 m i více. Stupně, které oddělují terasy, se upravují jako zemní svahy o sklonu 1:1 až 1:1,25 nebo jako opěrné zídky. Zemní stupně jsou vysoké obvykle 0,9 až 1,8 m a často převyšují úroveň terasy o 15 až 30 cm, aby se zadržela stékající voda a podpořilo se její vsakování do půdy (Jůva a kol., 1984).

Terasy zajišťují komunikační přístupnost a slouží k umožnění optimální regulace vodohospodářských poměrů. Umožňují i vybudování výše uvedených hydrotechnických objektů, jako jsou například průlehy (Janeček a kol., 2007).

Tento typ technického opatření označují Vrána a Beran (1998) jako opatření podstatně finančně náročné, tudíž jejich realizace je výhodnější v rámci komplexních pozemkových úprav.

#### **6.4.3. Travní zasakovací pásy**

Travní zasakovací pásy jsou v krajině používaným opatřením navrhovaným pro snížení povrchového odtoku, podporu zasakování a zvýšení retence vody. Zasakovací travní pásy jsou navrhovány ve směru podél vrstevnic nebo mírném odklonu od jejich směru. Délka travních pásů závisí na lokalitě, především na velikosti a tvaru pozemku a šířka na sklonu pozemku a požadované účinnosti, kterou vzhledem k jejich hydrologické funkci zasakování (infiltrační schopnosti) chceme

dosáhnout. Travní pásy získávají dostatečnou účinnost postupně během 6 až 10 let. Minimální šíře travního pásu je 12 m. Při sklonu 8 až 12 % a více ve zhoršených půdních podmínkách se šířka pásu zvyšuje asi o 6 m. Při vyšším sklonu je šířka dvoj až trojnásobná. Travní porosty je třeba udržovat v dobrém stavu sekáním dvakrát až třikrát za rok, aby po větších srážkách nedošlo k polehnutí porostu. V zimě při zámruzu drnu a polehnutí listových čepelí, porosty ztrácejí účinnost (Soukup a kol., 2008).

Vegetační pásy je třeba udržovat ve vzpřímeném stavu o výšce alespoň 2,2 m. Toto opatření je praktikováno v USA, v našich podmínkách dochází spíše ke sporadickému využívání. Jejich realizace je vhodná ve všech lokalitách, kde jsou předpoklady k vytvoření trvalého, plošného a hustého zápoje a kde bude docházet k zamezování vzniku soustředěného odtoku (Kender, 2000).

Soukup a kol. (2008) udávají možnost doplnění těchto travních pásů keřovou a stromovou vegetací, která slouží jako biokoridory a přispívá ke zlepšení estetiky krajiny.

## **6.5. Budování vodních nádrží**

Vodohospodářská činnost v krajině se projevuje řadou zásahů, jejichž důsledky pro tvorbu a ochranu krajiny se mohou projevovat v širokém rozsahu vlivů, od vysloveně pozitivně působících až po negativní. Tato činnost nám v krajině představuje soubor zásahů a vlivů působících dočasně nebo trvale, jejichž míru ovlivnění přírodního prostředí lze více nebo méně regulovat vhodným biologickým, technickým, architektonicko-výtvarným řešením nebo organizačním opatřením. V tvorbě krajiny se aktivně využívá všech pozitivních faktorů vodohospodářské činnosti v krajinném prostředí. Jednou z takových činností, kterou lze využívat, je budování vodních nádrží a rybníků a jejich působící zapojení do prostředí i do celých povodí (Mezera a kol., 1979).

Výstavbou těchto objektů však dochází podle Štěrbý a kol. (2008) k likvidaci říční krajiny a současně také k původní drsnosti krajinného povrchu. Stejně tak dochází ke snížení možnosti povodňového rozlivu do nivy a tím k vyrušení původní protipovodňové účinnosti říční krajiny. Tato položka by měla být odečtena od protipovodňového efektu vodních nádrží, který je sledován, popularizován a často silně nadhodnocen.

### **6.5.1. Vodní nádrže**

Mezi přirozené povrchové vodní zdroje patří vodní toky a jezera. Při převýšení požadavků na vodní zdroje nad vydatností přirozených vodních zdrojů v určitém území (povodí), které se zjistí podle vodohospodářské bilance, je třeba vytvářet umělé vodní zdroje, popřípadě provést opatření pro zvětšení vydatností přirozených vodních zdrojů, které lze u povrchových vodních zdrojů zajistit následovně: vybudováním nádrží s možností akumulace vody v nich, zvyšováním nízkých průtoků v tocích a snižováním rozkolísanosti průtoků, převody vody z jiných povodí a oblastí na vodu s bohatšími, dosud nevyužitými vodními zdroji (Patera a kol., 2002).

Umělé vodní nádrže jsou zřizovány v různých rozměrech, charakterizovaných hloubkou nádrže, nádržným objemem a zatopenou plochou. Podle těchto hlavních kritérií se rozdělují na velké a malé vodní nádrže. Velké vodní nádrže, též zvané údolní nebo přehradní, o značných hloubkách vody (nejméně 10 m) a velkých nádržních objemech (mnoha milionu m<sup>3</sup>) vytvářejí hlavní oblastní zásoby vody (Jůva a kol., 1980). Malými vodními nádržemi nazýváme takové nádrže, jejichž objem po hladinu ovladatelného prostoru nepřesahuje 2 miliony m<sup>3</sup> a největší hloubka nepřesahuje 9 m. Navrhují se v zemědělsko-lesnický využívané krajině, vesměs s víceúčelovým využitím. O jejich umístění rozhodují morfologické a hydrogeologické poměry. Nádrže i rybníky tvoří často soustavy, jejichž účinek je z hlediska retence vody v povodí kumulativní. V praxi však z ekonomických důvodů převažuje využití rybníků a nádrží k chovu ryb, jímž jsou ostatní možnosti využití (zejména pro dočasnou retenci povodňových vln a pro závlahy) značně omezena (Soukup a kol., 2008).

### **6.5.2. Retenční nádrže**

Jde o malé vodní nádrže, které se používají k ochraně před velkými vodami, zachycují odtok z dešťových srážek, povodňové odtoky a splaveniny v ochranném (retenčním prostoru). Využívají se zvláště v horních částech povodí s malými vodními toky a v urbanizovaném prostředí. Do skupiny ochranných (retenčních) nádrží patří zejména suché nádrže, nádrže s přesně vymezeným ochranným prostorem, protieroční nádrže, dešťové nádrže, infiltrační výtopové zdrže a nárazové nádrže (Šálek, 2000).

Důležitým parametrem je výpočet retenčního prostoru nádrže. Jako podklady slouží údaje o maximálním průtoku s opakováním jednou za 100 let, údaje o průběhu a objemu návrhové povodňové vlny, charakteristická čára retenčního objemu a kapacita bezpečnostního přelivu (Vrána K., Beran J., 1998). Retenční vodní nádrže obvykle zvyšují akumulaci a retenci vody v krajině a jsou významným prvkem ochrany povrchových vod před difusním znečištěním (Soukup a kol., 2008).

Retenční nádrže jsou zvláště vhodným opatřením při navrhování komplexních pozemkových úprav. Je třeba klást důraz na realizaci dostatečně účinných protierozních opatření v zemědělské krajině daného povodí, aby nebyly nádrže neúměrně zatěžovány množstvím hrubých sedimentů, které je pak zapotřebí vyvážet, a zamezit tak snižování jejich retenčního prostoru (Soukup a kol., 2001).

### Suché a polosuché nádrže

Vytvoření suché nebo polosuché nádrže je velmi účinné protipovodňové opatření, kterým je dosahováno snížení kulminačního průtoku za povodní a rozložení objemu povodňových vln do delšího časového intervalu dočasnou akumulací vody. Když povodeň odezní, dojde k vyprázdnění nádrže a území slouží k původnímu využívání. U polosuché nádrže, s vymezeným retenčním prostorem, může mít stálé nadržení funkci technickou, krajinotvornou a ekologickou. Suché i polosuché nádrže máme průtočné nebo boční. Pro správnou funkci a zajištění dobrého účinku je nezbytné navrhnout správný poměr kapacity ve vztahu k očekávanému přítoku za povodní, nebo zajistit řízené plnění a prázdnění. Tyto nádrže propouští neškodný průtok, pokud ale dojde k jeho zvýšení, nastane retence neboli plnění nádrže (Soukup a kol., 2008).

Úkolem suchých a retenčních nádrží je zachycení části povodňové vlny a hrubých splavenin v retenčním prostoru nádrže. V důsledku tohoto zadržetí dochází k transformování průtoku na přijatelnou hodnotu (Soukup a kol., 2001).

### Umělé suché poldry

Jde o nenapuštěné vodní nádrže s velkým odtokovým otvorem ve hrázi, jež se naplní vodou jen při povodni. Voda se v nich rozlévá a vsakuje jako v nivě a zadržuje jako v nenapuštěné přehradě. Podobně fungují řízené rozlivy v inundačních územích. Od umělých suchých poldrů se liší tím, že se do nich voda z rozvodněného vodního toku vypouští kapacitními stavidly řádně, nebo nouzově, a to odstřelením

protipovodňové hráze. Retenční schopnost suchých poldrů i řízených rozlivů ovlivňuje předchozí nasycení území vodou, respektive po větších deštích klesá až na nulu. Tato způsobnost (inundací) je kromě doby jejich naplnění při povodni blízká 100 %, resp. větší deště ji snižují jen o schopnost vody vsakovat do vodou nenasáklé půdy. Přestože suché poldry mají značnou retenční schopnost, u nás v České republice se spolu s řízenými rozlivy cílevědomě používají velmi málo (Cílek a kol., 2004).

### **6.5.3. Řízené rozlivy**

Soukup a kol. (2008) uvádějí, že řízené rozlivy lze s výhodou uplatnit tam, kde je možné vymezit území určená pro rozliv povodní a v nich jednoduchými terénními úpravami zajistit dočasné zadržení většího množství vody než které se do téhož prostoru rozlévá při povodni přirozeným způsobem. Je důležité zřídit na vhodném místě napouštěcí objekt, kterým bude zajištěn neškodný vtok vody do zaplavovaného území. Primárním efektem řízených rozlivů je tedy omezení nepříznivých dopadů rozlévání povodňových průtoků do širokých plochých území.

Cílek a kol. (2004) řadí umělé suché poldry a řízené rozlivy z protipovodňového hlediska mezi ekologicky šetrnější a ekonomicky úspornější než vodní přehradu.

## **6.6. Zalesňování**

Podle sledování účinků lesa na odtok, z dat získaných dlouhodobými pozorováními z běžné sítě ČHMÚ, byly vyšetřovány závislosti vztahů dlouhodobých specifických odtoků na mnoha jevech, mezi nimiž je i lesnatost (Kašpárek, 1980).

Pro určení specifického odtoku stoleté vody vyjádřeného v  $\text{m}^3/\text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  byly prokázány jako statisticky nejvýznamnější v sestavě tyto veličiny: sklon povodí, průměrný dlouhodobý specifický odtok, výškový rozdíl nejvyššího a nejnižšího místa v povodí a lesnatost. Pro soubor 83 povodí z Čech a Moravy se zvyšuje reziduální rozptyl při vypuštění parametru, který charakterizuje lesnatost, o 1,2 %. K úplnějšímu objasnění je potřebné analyzovat srážkoodtokový proces prostřednictvím koncepčních a bilančních modelů. Jejich užitím se získávají spolehlivější výsledky zejména tehdy, lze-li uskutečnit simulaci v kontinuálním sledu a za co nejdélší období anebo jsou-li předpoklady pro věrohodné oceňování počátečních podmínek při uplatňování pro oddělené odtokové epizody (Červený a kol., 1984).

Kulhavý (2015) popisuje hodnocení zemědělských pozemků a lesů nejen díky svým produkčním, ale i mimoprodukčním funkcím. Zalesňováním odvodněných zemědělských pozemků dochází ke změnám jejich vodního režimu zejména s mimoprodukčním efektem v oblasti hydrických funkcí a funkcí ochrany půdy. Přitom plně vyvinutá lesní půda supluje očekávané funkce odvodnění jak z hlediska zvýšení retenčního potenciálu pozemku, tak schopnosti infiltrovat atmosférické srážky a povrchové vody. Další významných funkcí lesa je dosahováno po jeho stabilizaci (v horizontu 25 až 35 let), avšak takovými funkcemi disponuje jen plně vzrostlý a zdravý les. Zalesněním jsou vzhledem ke změnám vodního režimu obecně dosahovány tyto efekty: zvyšování vlhkosti půdy v zóně aerace, snížení kulminace velkých vod až o polovinu, snižování povrchových odtoků a jejich transformace na méně škodlivé odtoky podpovrchové, zvýšení vodní kapacity pramenů zvýšením retenční schopnosti lesní půdy, snížení sumy odtoku z lesního území oproti pozemkům zemědělským, zvýšení infiltrační schopnosti lesních půd, zvýšení úrovně hladiny podzemní vody první zvodně.

Dorst (1985) připomíná, že les je možno svými hydrologickými vlastnostmi přirovnat k retenční nádrži.

Změnou lesnatosti povodí dochází ke změnám rozsahu uplatnění specifických hydrických vlivů lesa. Tyto vlivy souvisí nejen s jejich druhovou, věkovou a prostorovou skladbou, ale rovněž se uplatňuje technologie těžby. Obdobně působí také zemědělství (vliv agrotechniky, mechanizace, atd.). Způsob využití povodí má tedy vliv na jednotlivé složky vodní bilance území, erozní procesy a kvalitu vody. Vliv lesa a územního uspořádání zemědělských soustav na jednotlivé složky oběhu vody lze se záměrem využívat. Na polích v povodích vodárenských nádrží mohou být zavedena například protiodtoková opatření vedoucí k zabránění povrchového smyvu a erozní činnosti vody. Řešením je realizace širokých protierozních pásem drnového fondu nebo protiodtokových lesních pásem na orných půdách a protismyvných pásem orných půd na drnovém fondu. Tyto pásma jsou rozmístěna tak, aby rychlost odtékající vody nepřekročila unášecí rychlost (Kudrna, 1979).

## **7. Změny v retenční schopnosti krajiny - příčiny, následky, kvantifikace změn**

### **7.1. Odvodňování pozemků**

Podle současné evidence k 1. 1. 2002 je v České republice 1 084 400 ha odvodněných a následně rekultivovaných ploch, tj. 25,3 % veškeré zemědělské půdy.

Od roku 1990 se tento stav nezměnil, protože s výjimkou zcela drobných akcí byly všechny projekty po roce 1990 zastaveny. Podle výsledků Komplexního průzkumu půd (1960-1972) bylo však v České republice zamokřeno celkem pouze 843 781 ha, z toho trvalé zamokřeni bylo zjištěno na 235 286 ha (5,3 %) a dočasné zamokřeni na 608 495 ha (13,7 %) plochy zemědělské půdy. Z těchto údajů a z rozdílů mezi plochou průzkumem zjištěných zamokřených zemědělských půd a provedeným odvodněním (240 619 ha) vyplývá až nesmyslně veliký rozsah odvodňovacích prací před rokem 1990. Přitom údaj o odvodněné ploše v sobě nezahrnuje rozsah možných rekonstrukcí; je to skutečná plocha, na které byly odvodňovací stavby provedeny. Jestliže v 80. letech minulého století činily celkové náklady na 1 ha odvodnění kolem 60 000 - 70 000 Kč, znamená to, že bylo v podstatě zbytečně vynaloženo přes 16 miliard korun. Je nutno uvážit, že odvodnění je výrazným zásahem do přirozené přírodní i dlouhodobým zkulturněním vytvořené rovnováhy. Má řadu přímých, ale i nepřímých vedlejších účinků, jak pozitivních, tak i negativních. Vedlejší účinky se mohou projevit i vlivem na vodní režim rozsáhlejšího území, které nemuselo být přímo dotčeno stavbou (Janeček, 2004).

Velké ztráty postihly také zamokřené nížinné louky, jejichž přirozený sklon byl příhodný k odvodňování drenážemi a ke kultivování stroji. Voda, která po povodních tato místa občas zatopila, byla pak co nejrychleji odvedena hlubokými příkopy a regulovanými potoky. Docházelo k zániku zásobáren přebytečné dešťové vody. Místo vsaku vody při prudkých a vytrvalých deštích, odtéká do potoků jen s nepatrným zpožděním. Díky regulaci těchto potoků odtéká nezadržená voda dál do řeky a způsobuje povodně. Dnes již stačí pouhé dva dny vytrvalého deště a může dojít ke vzniku povodně, kdežto dříve stoupl průtok řek na tutéž výši teprve po více než týdenním vytrvalém dešti (Reichholf, 1998).

Do odvodněných půd sice dochází k větší infiltraci srážkové vody, což snižuje škodlivé účinky eroze, ale méně se v ní trvale zadržuje. Drenážním systémem je podchyceno a odvedeno zhruba 20-30 % srážkového úhrnu, čímž dochází ke snížení retenční funkce půdy. Drenáž sama o sobě působí na zpomalování povrchového odtoku při vydatných srážkových událostech uvolněním systémů pórů, ale systém odpadů odtok vody naopak velmi urychluje a dochází k porušení transportní a transformační funkce půdy (Janeček, 2004).



Důsledky nesprávných zásahů do režimu krajiny jsou patrné až po několika letech (Reichholf, 1998). Negativní jevy odvodnění území našeho státu jsou již naštěstí spjaty s uzavřeným historickým obdobím. Neutěšený stav našich odvodňovacích staveb bude však pravděpodobně muset být v budoucnu alespoň částečně řešen. Je zapotřebí, aby si z minulých chyb vzala ponaučení meliorační praxe současnosti i budoucnosti (Janeček, 2004).

## **7.2. Změna říční nivy**

Údolní nivy mají nenahraditelný vodohospodářský význam. V jejich kvartérních sedimentech se vyskytuje většina zdrojů pitné vody České republiky. Představují prostory mimořádně cenné a zároveň mimořádně zatížené lidskou činností (Měkotová, Štěrba, 2005).

Velký stupeň přeměny (podíl zastavěného území, liniiových úprav, navážek a těžných území) vykazuje niva dolní Berounky, kde je člověkem výrazně přeměněno 33 % povrchu nivy z valné většiny obytnou zástavbou a navázkou. Díky nevhodnému umístění liniiových staveb (převážně komunikací) bylo možno vymezit nevyužité retenční prostory v nivě o ploše 155 ha z celkově posuzovaných 2276 ha nivní plochy. Kvůli převážnému výskytu těchto prostorů v okrajových částech nivy s předpokládanou nízkou hloubkou záplavy, nebyl jejich efekt na snížení povodňové vlny nijak významný (Cílek a kol., 2004). Do těchto prostorů by se právě měly povodně rozlévat a infiltrovat do aluvia, ale díky tomu, že říční nivy jsou již značnou dobu epicentrem lidského podnikání, značně se jejich postavení oproti přírodnímu stavu mění (Štěrba a kol., 2008).

Jako další příklad uvádějí Cílek a kol. (2004) výrazně upravenou nivu Vltavy nad Českými Budějovicemi. Jedná se o 23 % plochy nivy. U ostatních niv řek Malše, Lužnice, Úhlavy a Labe dosahuje podíl nivy upravené antropogenní činností od 9 do 13 %. S uváděným rozsahem antropogenních úprav nivy samozřejmě velice dobře koresponduje rozsah zaznamenaných škod, které byly nejčetnější v nivě Berounky. Alarmujícím údajem jsou podíly orné půdy v některých nivách (85 % na dolní Blanici, 60 % na dolní Otavě po Písek, 57 % na Malši). Akumulační a erozní projevy povodně v detailně sledovaných nivách byly soustředěny zpravidla do vzdálenosti 50 m od břehové čáry a často byly vázány na úpravy nivy a ornou půdu.

### 7.3. Povodně

Povodňové ztráty, které utrpělo území našeho státu v letech 1997-2004 patří patrně mezi největší škody tohoto druhu v posledních staletích a činily zhruba 143 miliard Kč. Při těchto povodních přišlo o život 90 lidí a statisíce obyvatel bylo třeba evakuovat. Byly zničeny tisíce hospodářských a obytných objektů (Blažek a kol., 2006).

V průběhu těchto povodní dochází v postižených oblastech k vyplavování celé řady nebezpečných látek. Obvykle bývají vyřazeny z provozu čistírny odpadních vod a dochází k vyplavení kalů. Rozlivy mohou zasáhnout také areály chemických a průmyslových podniků. V důsledku zhoršení jakosti vody v průběhu povodně mohou být poškozeny zasažené biotopy, kontaminovány zdroje pitné vody, apod. (Říha a kol., 2005).

Na eliminaci častěji se vyskytovaných povodní přibližně do úrovně 5 až 10 leté vody mají rozhodující vliv krajinná opatření, jež především posilují infiltraci a změny povrchového odtoku do odtoku podpovrchového při dešťových srážkách menší intenzity. V letech 1997, 1998 a 2002 došlo ke katastrofálním povodním a hlavní význam na zmírnění jejich dopadů měla stavebně technická opatření (Měkotová, Štěrba, 2005). Například vliv revitalizace potoka a nivy na průběh povodně je popsán v Cílkovi a kol. (2004) na příkladu Borové na Českokrumlovsku, kterou v roce 2001 postihla povodeň na úrovni  $Q_{100}$ . Revitalizace zde prokazatelně zmenšila úroveň kulminačního průtoku a zmenšila rychlost povodňového proudění. Podle propočtů zmenšil zhruba tříkilometrový revitalizovaný úsek velikost kulminačního povodňového průtoku povodně v závěrném profilu zhruba o 20 % oproti stavu před provedenou revitalizací, což je nezanedbatelný účinek.

Záplavy spojené s erozí půdy patří k jedněm z nejvýznamnějších faktorů degradace lesních a zemědělských půd jako důsledek jejich neadekvátního intenzivního využívání. Dochází k plošnému smyvu půd a zkracování půdních profilů na svažitých pozemcích, k překrytí původního humusového horizontu vrstvou šterku, písku a jiného nežádoucího materiálu. V důsledku eroze i akumulace dochází také ke změnám skeletovitosti a struktury půd a zhoršují se její fyzikálně chemické vlastnosti. Negativní působení těchto faktorů se odráží ve změnách bonitovaných půdně ekologických jednotek (Říha, 2002).

Extrémní situace počasí jako jsou povodně či extrémní sucha, výrazně ovlivňují v naší krajině oběh vody. Je zapotřebí provádět veškerá opatření a hlavně je nutné zvyšovat její retenční kapacitu (Janeček, 2004).

#### 7.4. Změna půdního profilu

Velkou změnou v retenční schopnosti krajiny je dále změna půdního profilu. Jako příklad kvantifikace těchto nepříznivých změn uvádějí Říha a kol. (2005) účinky povrchového odtoku. Pro výzkum bylo vybráno katastrální území Lichnov v okrese Bruntál, které bylo v letech 1996 a 1997 postiženo povodněmi. Pro posouzení plošného rozsahu a intenzity poškození půd byly porovnány výsledky první bonitace ZPF z roku 1978 se stavem zjištěným při aktualizaci BPEJ (rebonitaci) v roce 1999. V této tabulce byly vzájemně porovnány a vypočteny plošné rozdíly hlavních půdních jednotek:

Tabulka č. 2: Kvantitativní změny HPJ

Zdroj: vlastní zpracování dle Říhy a kol., (2005)

HPJ	Půdní typ	Rok 1978	Rok 1999	Rozdíl	
		Ha	Ha	ha	%
15	luvizemní půdy	149,5	30,3	-119,2	-9,1
26	Kambizem	333,5	480,3	+146,8	+11,2
37	mělké půdy	99,5	124,3	+24,8	+1,9
39	Litozem	-	4,7	+4,7	+0,4
40	svažitě půdy nad 12°	38,1	44,9	+6,8	+0,5
46	luvizemně pseudoglej.	129,5	97,8	-31,7	-2,4
47	Pseudoglej	495	459	-36,0	-2,7
48	kambizem pseudglej.	-	27,5	+27,5	+2,1
58	fluvizem glejová	-	12,6	+12,6	+1,0
59	fluvizem pelická	42,5	-	-42,5	-3,2
67	Glej	-	8,2	+8,2	+0,6

68	glej organozemní	-	1,4	+1,4	+0,1
70	glej (na terasách)	5,5	-	-5,5	-0,4
73	pseudoglej organozem.	-	11,6	+11,6	+0,9

Z tabulky vyplývá, že za sledované období 1978 až 1999 eroze půdy společně s periodickými záplavami degradovala ZPF na 17,8 % zájmového území. Nejvíce byly zasaženy především půdy typu hnědozemí, hnědozemí luvizemních. Úbytek je zaznamenán i u fluvizemí a pseudoglejů (Říha a kol., 2005).

Tyto změny HPJ spolu se snížením hloubky půd a zvýšením obsahu skeletu se ve svém důsledku promítají do snížení ceny půd ve smyslu zákona o oceňování nemovitostí č. 151 /97 Sb., kde se jako základ pro oceňování půd bere kód BPEJ (Říha, 2002).

Dalším problémem je podle Šarapatky a kol. (2002) utužování půd neboli pedokompakce, což je vážné poškození půdy, při kterém dochází ke zmenšení jejího objemu a snižuje se pórovitost, tedy prostor pro vodu a vzduch. Podle odhadů je v Evropě utužením půd poškozeno cca 33 milionů ha. V České republice podle odborného odhadu je utužením ohroženo 45 % zemědělských půd, z toho 15 % představuje genetické zhutnění dané přirozenými parametry těžkých půd. Největší problémy vznikají v řepářském výrobním typu.

Ve studii autorů Swetha a Varija (2015) došlo k odebrání půdních vzorků zemědělských a lesních pozemků z povrchových vrstev až do hloubky 150 cm z povodí indické řeky Pavanje a ke zkoumání jejich fyzikálních vlastností jako jsou objemová hmotnost, pórovitost, obsah organické hmoty, distribuce velikosti částic a zadržování půdní vody. V zemědělských oblastech měly všechny vrstvy půdy vysoký obsah písku (41-89 %), obsah bahna (10-52 %) a obsah jílu cca 1 až 5 %. Pórovitost činila 33-44 %. Objemová hmotnost byla 1,36 až 1,69 g/cm<sup>3</sup>. Lesní půda vykazovala nižší obsah písku a to od 30 do 57 %, obsah bahna kolem 14 % a pórovitost od 32 % do 52 %. Objemová hmotnost činila 1,22 až 1,69 g/m<sup>3</sup>. Pórovitost a objemová hmotnost jsou velmi důležitou fyzikální vlastností půdy z hlediska její retenční schopnosti, tudíž zastoupení lesní půdy v krajině je velmi důležitým faktorem.

## 7.5. Zalesňování

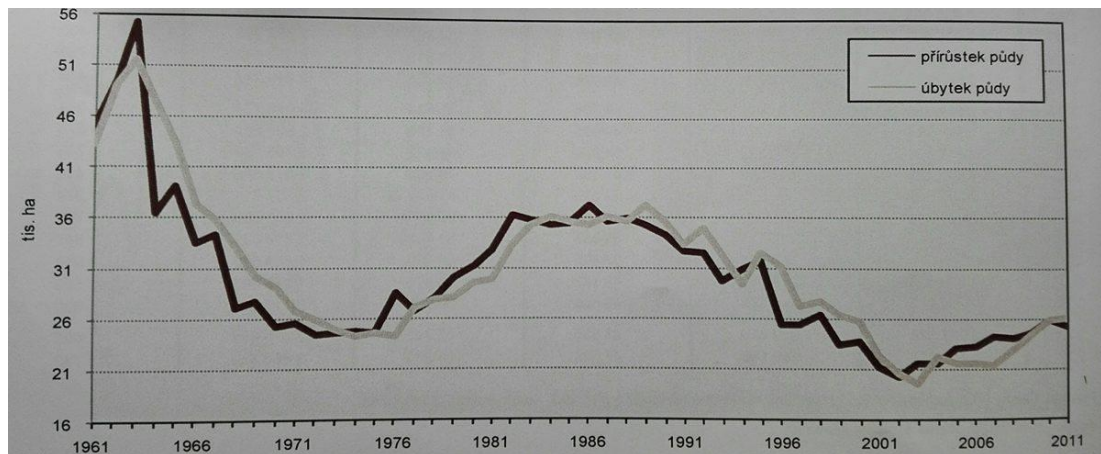
Krešl (1980) usuzuje, že podstata retenční účinnosti lesa při utváření extrémních průtoků nespočívá v relativně větším dlouhodobějším zadržování srážkové vody ve srovnání s bezlesím, ale v účincích povrchových vrstev, především nadložního humusu. Na základě dat z povodí Kychové a Zděchové se předpokládá, že zvýšení kulminačních průtoků je způsobováno zejména snížením součinitele drsnosti povrchu a nikoliv podstatnými rozdíly v retenci atmosférických srážek z intervalu 10-100 mm lesem. V tomto rozmezí jsou účinky lesa statisticky nevýznamné. Význam lesa pro vodní bilanci naznačují výsledky měření a výpočtů pro zalesněné a nezalesněné plochy uvedené v této tabulce:

Tabulka č. 3: Vliv lesa na vodní režim

Zdroj: vlastní zpracování podle Item, (1974)

Hodnocené období (dny)	313	
Srážky celkem (mm)	2072	
	Produktivní les	Louka
Potenciální evapotranspirace (mm)	1542	616
Skutečná evapotranspirace (mm)	1032	605
Půdní vlhkost (mm)	6	372

Neopomenutelná je především schopnost lesa spotřebovávat vodu při jejím dostatku na evapotranspiraci. Simulace vodního režimu pro výše uvedené oblasti při třítydenním bezesrážkovém období dále ukazují výrazně vyšší hodnoty evapotranspirace v 1. a 5. dnu pro les než pro louku a nižší ve zbytku období (Červený a kol., 1984). Účinek lesa na srážkoodtokové vztahy se ovšem může projevat v mnoha dalších podobách. Může jít i o zvýšení srážkových úhrnů, zejména formou horizontálních srážek, např. v polohách okolo 1000 m až o 20-30 %. To však není u nás bilančně významné, protože jde o nepatrné rozlohy (Krešl, 1980). Hrbek a kol. (2012) uvádějí v obrázku č. 3 pokles půdy určené k zalesnění od roku 1961 do roku 2011 téměř o polovinu navzdory příznivým dopadům lesních porostů.



Obrázek č. 3: Pokles půdy určené k zalesnění

zdroj: (Hrbek a kol., 2012)

Madar a Pfeffer (1973) popisují právě disponibilitu lesní půdy retenční schopností, kterou zachycuje a udržuje zásoby vody v půdě v průběhu roku. Tato vlastnost je podmíněna drobtovitou strukturou lesních půd a bohatou vrstvou humusu. Lesní půdy dokáží na jaře zachytit obrovské množství vody z tající sněhové pokrývky v lesních porostech a značné množství vody z povrchového odtoku proudícího z nezalesněných poloh nad lesem. Retenční schopnost závisí na druhové skladbě, stáří, zápoji porostu, na způsobu hospodaření a bonitě půdy. Nejoptimálnější podmínky mají 80-120 leté smíšené porosty buku, smrku, jedle a klenu. Retence lesních půd patří mezi nejdůležitější ukazatele vodohospodářské důležitosti lesa.

Poštulka (2007) uvádí, že voda, která se vsákne během dešťů do lesní půdy, se zdržuje též v mokřadech nebo proniká na geologicky vhodných územích do hlubších zvodnělých horizontů (zvodní). Pro doplňování zvodní je velmi důležité, v jakém stavu jsou lesní vodní toky a mokřady. V tabulce č.4 jsou rozděleny dobré a špatné metody lesního hospodaření.

Tabulka č. 4: Lesní hospodářství

Zdroj: vlastní zpracování dle Poštulky, (2007)

<b>Dobré metody</b>	<b>Špatné metody</b>
Výběrové hospodaření s šetrnou těžbou jednotlivých stromů nebo skupin stromů. Ponechávání podrostu.	Holosečné hospodaření.
Les je různověký a patrovitý.	Les je stejnověký, s jedním patrem.
Pestrá druhová skladba lesních dřevin (včetně hlubokokořenících).	Zastoupení jediného druhu dřeviny.
Kolem vodních toků je ochranný pás, kde se stromy nechávají zestárnout.	Vodní toky se čistí od napadaného dřeva, přes vodní toky přejíždí těžká těžební technika.
Revitalizace a zahrazování odvodňovacích struh a kanálů.	Udržování funkce odvodňovacích struh a kanálů.
Přírozená obnova porostů s případným využitím dřevin.	Umělá obnova stanovištně nepůvodními druhy dřevin.
Dřevo se z porostů vyklízí pomocí koní či lanovek s plným závěsem. Ze zpevněných cest se přitahuje navijákem.	Těžká mechanizace se při vyklízení dřeva pohybuje v porostech.
Cesty jsou na úrovni terénu. Kopírují vrstevnice. V pravidelných úsecích vyúsťují do přilehlých lesů a mokřadů.	Cesty jsou zahloubené. Fungují jako dlouhé svážnice, po kterých stéká voda.

Podle Kendera (2000) je řadou zahraničních odborníků přijímán názor, že zalesněny by měly být v první řadě pozemky se sklonem převyšujícím 50 %.

## 8. Závěr

Voda je důležitým bohatstvím pro veškerý život na naší planetě, je tedy nutno to brát na vědomí a snažit se s ní nakládat co nejefektivněji. Je třeba se pokusit vodu v krajině zachycovat a nenechávat ji odtékat bez využití. K tomu je zapotřebí efektivně upravovat krajinu, aby měla dostatečnou retenční schopnost. Z pohledu využívání území hrají značnou roli lesy. V lese je voda zachycována jednak přímo na listech stromů, ale důležitějším faktorem je půda, která je prorostlá jejich kořeny a obohacená humusem a organickou hmotou. Do této půdy se dokáže vsáknout obrovské množství vody a při hodnotě množství zalesněného území České republiky, která činí cca 34 %, jde o rozlehlé vodní rezervoáry. Značně významné jsou též lesy lužní a nivy, kde mohou být zřizovány umělé suché poldry a řízené rozlivy, jež dokáží bezpečně zachytit vodu při povodních a částečně tak eliminovat následné škody například v intravilánu. Lesy mají obdobnou funkci jako retenční nádrže a z vodohospodářského hlediska by se tedy mělo dbát na jejich rozšiřování a udržování jejich kvality.

Největší zastoupení na území má zemědělská půda (cca 53 %), která je tvořena převážně ornou půdou a trvalými travními porosty. V případě, že již nepostačují biologická opatření, jsou efektivním řešením technické úpravy a opatření. Patří mezi ně například terasy, průlehy a travní zasakovací pásy. Jedná se o opatření trvalého charakteru a jejich asi největším problémem je finanční náročnost, která vede k jejich minimálnímu využívání, přestože by jimi byla dosahována cílená efektivita. K dalším úpravám patří úprava toků a jejich revitalizace. Velký problém způsobilo zejména napřimování toků, což vede k jejich razantnímu zkrácení. Při současných revitalizacích jde především o napravování chyb, které vznikly úpravami v minulém století, jako například o opětovné zvlnění říčního toku, aby docházelo k co nejpomalejšímu odtoku vody z povodí. Dále sem patří i obnova mokřadů, které bývaly povětšinou odvodňovány, ačkoliv tvoří velké zásoby podzemní vody a jsou biotopy cenné flóry a fauny.

Nejrozsáhlejším a zároveň nejnákladnějším technickým zásahem do krajiny je budování vodních nádrží, které slouží pro akumulaci vody. Významné jsou zejména nádrže retenční, jež zvyšují akumulaci a retenci vody v krajině a chrání povrchové vody před difusním znečištěním. Retenční nádrže jsou též mocným regulátorem povodňových vln a splavenin. S budováním retenčních nádrží jsou spjaté i suché



poldry a řízené rozlivy, jejichž využívání bych z mého pohledu doporučoval nejvíce, jelikož se nejedná o tak velký zásah do krajiny.

Touto prací bych chtěl upozornit na nynější ne příliš pozitivní vývoj retenční schopnosti krajiny našeho státu. Myslím si, že finanční prostředky vynaložené na provádění všech těchto úprav a opatření by nakonec nebyly tak velké jako při odstraňování škod vzniklých důsledkem povodní.

## 9. Seznam použité literatury:

1. Bárta F., Bartoš J., Bičík I., Břízová E., Buček A., Cílek V., Čtverák V., Dejmal I., Erban V., Gojda M., Hentschel W., Hentschelová H., Hlávka J., Husáková T., Hušek J., Kavalcová V., Kavalec K., Kender J., Kopp J., Křivánek J., Kuča K., Kučová V., Kupková L., Ložek V., Lów J., Lutterer I., Mentlík P., Nevrlý M., Němec J., Plesník J., Pošmourný K., Schmelzová R., Sklenička P., Špryňar P., Vlašín M., Vorel I., Wieser S. (2007): Krajina v České republice, Praha, Ministerstvo životního prostředí, 399s.
2. Blažek V., Cílek V., Ehrlich P., Frank D., Gergel J., Hladný J., Hofmeister T., Janský B., Kakos V., Kender J., Kopp J., Král M., Krátká M., Krátký M., Kvítek T., Lídlová D., Langhammer J., Maníček J., Matoušek V., Matoušková M., Nesměrák I., Němec J., Nietzscheová J., Plesník J., Pokorný D., Punčochář P., Řádek T., Satrapa L., Šámalová Z., Šťastný B., Vrabc M., Vylita T., Zeman O. (2006): Voda v České republice. Praha, Consult, 253s.
3. Cílek V., Hladný J., Jongepierová I., Just T., Kender J., Ložek V., Němec J., Novotná D., Plesník J., Svoboda J., Tremel V., Vopálka J., Zeman J. (2004): Voda v krajině. Praha, nakladatelství Consult, 207s.
4. Červený J., Böhlm B., Bubeníčková L., Buchtele J., Čulík J., Daňková H., Friga J., Hladný J., Kříž V., Kurpelová M., Nedelka M., Šebek O., Škulec Š., Vaníček K., Vitoslavský J., Závodský D. (1984): Podnebí a vodní režim ČSSR. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 416s.
5. Dorst J. (1985): Ohrožená příroda: Avant que Nature meure (Orig.:) . Praha, Panorama, 420s.
6. Hadač E. (1982): Krajina a lidé. Praha, Academia, 152s.
7. Havlíček V., Coufal V., Špánik F., Uhrecký I., Klabzuba J., Kurfürst J., prošek P., Bureš R. (1986): Agrometeorologie. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 264s.
8. Hrbek J. a kol. (2012): Historie a současnost lesního hospodářství: dlouhodobé časové řady. Praha, Český statistický úřad, 41s.
9. Hule M. (2000): Rybníkářství na Třeboňsku; historický průvodce. Třeboň, Carpio, 250s.

10. Item H. (1974): Modell für den wasserhaushalt eines Laubwaldes. Zurich, Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, 137-330s in Červený J., Böhlm B., Bubeníčková L., Buchtele J., Čulík J., Daňkovi H., Friga J., Hladný J., Kříž V., Kurpelová M., Nedelka M., Šebek O., Škulec Š., Vaníček K., Vitoslavský J., Závodský D. (1984): Podnebí a vodní režim ČSSR. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 416s.
11. Janeček M. (2004): Meliorace včera, dnes a zítra; sborník vbranych příspěvků z celostátního semináře pořádaného u příležitosti 50. Výročí založení ústavu. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 224s.
12. Janeček M. (2007): Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 76s.
13. Jůva K., Hrabal A., Pustějovský R. (1980): Malé vodní nádrže. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 280s.
14. Jůva K., Hrabal A., Tlapák V. (1984): Malé vodní toky. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 256s.
15. Just T., Matoušek V., Dušek M., Fischer D., Karlík P. (2005): Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. Praha, Ekologické služby s.r.o., 359s.
16. Kašpárek L. (1980): Rozbor vlivu činitelů, které působí na velikost stoletých průtoků. Praha, výzkumná zpráva ČHMÚ in Červený J., Böhlm B., Bubeníčková L., Buchtele J., Čulík J., Daňková H., Friga J., Hladný J., Kříž V., Kurpelová M., Nedelka M., Šebek O., Škulec Š., Vaníček K., Vitoslavský J., Závodský D. (1984): Podnebí a vodní režim ČSSR. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 416s.
17. Kender J. (2000): Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny. Praha, Ministerstvo životního prostředí, 220s.
18. Kliner K., Kněžek M., Olmer M., Čapková A., Fuksa J., Hroch., Jedlička B., Kouřil Z., Němec V., Pačes T., Pelikán V., Pištora Z., Řezáč B. Slepíčka J., Stibral J., Svobodová V., Švihla V., Zajíček V., Žáček L. (1978): Využití a ochrana podzemních vod. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 295s.
19. Kopáček J., Bednář J. (2005): Jak vzniká počasí. Praha, Karolinum, 226s.
20. Krešl J. (1980): K některým otázkám hydrických funkcí lesa; sborník hydrologické dny. Brno, ČSVTS in Červený J., Böhlm B., Bubeníčková L., Buchtele J., Čulík J., Daňková H., Friga J., Hladný J., Kříž V., Kurpelová M.,

- Nedelka M., Šebek O., Škulec Š., Vaníček K., Vitoslavský J., Závodský D. (1984): Podnebí a vodní režim ČSSR. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 416s.
21. Kříž V., Jičínský K., Kněžek M., Kolář M., Kolář V., Mrkva M., Sochorec R. (1988): Hydrometrie. Praha, Státní pedagogické nakladatelství, 176s.
  22. Kudrna K. (1979): Zemědělské soustavy. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 708s in Červený J., Böhms B., Bubeníčková L., Buchtele J., Čulík J., Daňková H., Friga J., Hladný J., Kříž V., Kurpelová M., Nedelka M., Šebek O., Škulec Š., Vaníček K., Vitoslavský J., Závodský D. (1984): Podnebí a vodní režim ČSSR. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 416s.
  23. Kulhavý Z., Čmelík M., Tlapáková L., Pelíšek I., Švihla V. (2015): Zalesňování v minulosti odvodněných zemědělských pozemků. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 55s.
  24. Leung A. K., Garg A., Wau Ng Ch., W. (2015): Effects of plant roots on soil-water retention and induced suction in vegetated soil. *Engineering Geology* 193, 183-197s.
  25. Lów J., Míchal I. (2003): Krajinový ráz. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 552s.
  26. Madar Z., Pfeffer A. (1973): Životní prostředí. Praha, Orbis, 572s.
  27. Matoušek V. (2010): Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních dešťů. Praha, Výzkumný ústav vodohospodářský, 103s.
  28. Melioris L., Mucha I., Pospíšil P. (1988): Podzemná voda- metody výskumu a prieskumu. Bratislava, vydavateľství technické a ekonomické literatury, 432s.
  29. Mezera A., Beneš S., Fér F., Hron F., Kolář O., Kubín J., Nováková E., Pokorný J., Štolc J., Vidláková O. (1979): Tvorba a ochrana krajiny. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 476s.
  30. Měkotová J., Štěrba O. (2005): Říční krajiny 3; se zaměřením na problematiku řek a okolní krajiny. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 394s.
  31. Moldan B. (1990): Životní prostředí České republiky; vývoj a stav do konce roku 1989. Praha, Academia, 284s.
  32. Netopil R. (1972): Hydrologie pevnin. Praha, Academia, 294s.
  33. Netopil R. (1970): Základy hydrologie povrchových a podpovrchových vod. Praha, Státní pedagogické nakladatelství, 223s.

34. Novotný S., Bernardová I., Pavlovský L., Sochorec J., Vlček V. (1985): Moravské vodohospodářské soustavy. Praha, státní zemědělské nakladatelství, 184s.
35. Patera A., Nacházel K., Fošumpaur P. (2002): Nádrže a vodohospodářské soustavy 10. Praha, vydavatelství ČVUT, 217s.
36. Plecháč V. (1989): Voda problém současnosti a budoucnosti. Praha, Svoboda, 327s.
37. Pokorný E., Šarapatka B., Hejátková K. (2007): Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku; metodická pomůcka. Náměšť nad Oslavou, Zemědělská a ekologická regionální agentura, 28s.
38. Poštulka Z. (2007): Příští povodeň může být menší: praktická příručka pro obec, místní organizace, lesníky a zemědělce. Brno, Hnutí Duha, 24s.
39. Raplík M., Výbora P., Mareš K. (1989): Úprava tokov. Bratislava, vydavatelství technické a ekonomické literatury, 640s.
40. Reichholf J. (1998): Pevninské vody a mokřady: ekologie evropských sladkých vod a bažin. Praha, Ikar, 223s.
41. Říha J. (2002): Riziková analýza záplavových území: seminář 2002: sborník příspěvků. Brno, ECON, 174s.
42. Říha J., Kratochvíl J., Šlezinger M., Dráb A., Dumbrovský M., Golík P., Jandora J., Julínek T., Korytářová J., Koutková H., Tichá A., Uhmánová H. (2005): Riziková analýza záplavových území. Brno, Akademické nakladatelství CERM, 286s.
43. Soukup M., Eichler J., Sklenička P., Kulhavý Z., Vlčková M., Pilná E. (2008): Biotechnická opatření v krajině pro zvýšení retence vody na odvodněných pozemcích v pramenných oblastech. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 82s.
44. Soukup M., Kulhavý Z., Pilná E., Mimrová K., Eichler J. (2001): Opatření pro regulaci odtoků zemědělsky využívaném povodí: metodika. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 50s
45. Shwetha P., Varija K. (2015): Soil water retention curve from saturated hydraulic conductivity for sandy loam and loamy sand textured soils. Aquatic Procedia 4, 1142-1149s.
46. Šarapatka B., Dlapa P., Bedrna Z. (2002): Kvalita a degradace půdy. Olomouc, Univerzita Palackého, 246s.

47. Šálek J. (2000): Malé vodní nádrže v zemědělské krajině. Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 70s.
48. Štěrba O., Měkotová J., Bednář V., Šarapatka B., Rychnovská M., Kubíček F., Řehořek V. (2008): Říční krajina a její ekosystémy. Olomouc, Univerzita Palackého, 391s.
49. Váša J., Drbal J. (1975): Retence, pohyb a charakteristiky půdní vody. Praha, Výzkumný ústav vodohospodářský, 377s.
50. Vlček V., Kestřánek J. (1984): Vodní toky a nádrže. Praha, Academia, 315s.
51. Vráblíková J., Beránek K., Blažková M., Farský M., Jirásek P., Neruda M., Novák P., Šoch M., Štýs S., Vráblík P., Zahálka J. (2011): Revitalizace území v severních Čechách. Ústí na Labem, Univerzita J.E. Purkyně, 294s.
52. Vrána K., Beran J. (1998): Rybníky a účelové nádrže. Praha, Vydavatelství ČVUT, 150s.
53. Vrána K., Dostál T., Gergel J., Kender J., Zuna J. (2004): Revitalizace malých vodních toků. Praha, Consult, 60s.
54. Vrána K., Ehrlich P., Gergel J., Hůda J., Kender J., Moravcová J. (2009): Revitalizace krajiny. České Budějovice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích; Zemědělská fakulta, 150s.

## **10. Seznam tabulek**

Tabulka č. 1: Objemová hmotnost půdy a pórovitost

Tabulka č. 2: Kvantitativní změny HPJ

Tabulka č. 3: Vliv lesa na vodní režim

Tabulka č. 4: Lesní hospodářství

## **11. Seznam obrázků**

Obrázek č. 1: Hydrologický cyklus

Obrázek č. 2: Schéma srážkového odtoku

Obrázek č. 3: Pokles půdy určené k zalesnění