

**VÝZKUMNÝ ÚSTAV  
VODOHOSPODÁŘSKÝ  
T.G. MASARYKA**

veřejná výzkumná instituce

Číslo úkolu: 3702.09

ČINNOSTI K PODPOŘE VÝKONU STÁTNÍ SPRÁVY V PROBLEMATICE  
SUCHO V ROCE 2016 – ÚKOL 3702

POTENCIÁL APLIKACE PŘÍRODĚ BLÍZKÝCH OPATŘENÍ PRO ZADRŽENÍ  
VODY V KRAJINĚ A ZLEPŠENÍ EKOLOGICKÉHO STAVU VODNÍCH ÚTVARŮ

**Název a sídlo organizace:**

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.  
Podbabská 30, 160 00 Praha 6

**Ředitel:**

Mgr. Mark Rieder

**Zadavatel:**

Ministerstvo životního prostředí  
Vršovická 65, 100 10 Praha 10

**Zástupce zadavatele:**

Ing. Josef Nistler, Ing. Tereza Davidová, Ph.D.

**Zahájení a ukončení úkolu:**

září až prosinec 2016

**Místo uložení zprávy:**

MŽP a VÚV TGM, v.v.i.

**Náměstek ředitele pro výzkumnou a odbornou činnost:**

Ing. Petr Bouška, Ph.D.

**Vedoucí odboru:**

Ing. Karel Drbal, Ph.D.

**Hlavní řešitel:**

Ing. Miriam Dzuráková

**Spoluřešitelé:**

Mgr. Martin Caletka

Mgr. Jiří Kroča

RNDr. Denisa Němejcová

Mgr. Jana Ošlejšková

Mgr. Marek Polášek

Ing. Pavel Richter, Ph.D.

Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D.

Ing. Lukáš Smelík, Ph.D.

Mgr. Pavla Štěpánková, Ph.D.

Ing. Petr Tesař

Ing. Kateřina Uhlířová, Ph.D.

Ing. Jana Uhrová, Ph.D.

Ing. Lucie Vysloužilová

Doc. RNDr. Světlana Zahradková, Ph.D.

Ing. Kamila Zárubová

Doc. Ing. Petr Kupec, Ph.D. (MENDELU)

Dr. Ing. Jaromír Macků (ÚHÚL)

## Obsah

|   |    |
|---|----|
| Souhrn .....  | 6  |
| Anotace .....   | 6  |
| Hlavní výsledky .....   | 6  |
| Výstupy pro naplnění kapitol návrhu Koncepce v gesci MŽP .....  | 7  |
| Nejistoty řešení a navazující práce .....   | 10 |
| Východiska řešení a zdrojové podklady .....   | 11 |
| 1 Rešerše přístupů ke zlepšení zadržení vody v krajině .....  | 13 |
| 1.1 Strategické dokumenty k problematice sucha .....  | 13 |
| 1.1.1 Evropa .....  | 13 |
| 1.1.2 Střední Evropa .....  | 14 |
| 1.1.3 Další regiony .....   | 15 |
| 1.1.4 Shrnutí .....   | 17 |
| 1.2 Navržená opatření v ploše povodí v rámci projektu Strategie .....   | 18 |
| 1.2.1 Obecná opatření .....   | 19 |
| 1.2.2 Nižší opatření .....  | 19 |
| 1.2.3 Vyšší opatření .....  | 19 |
| 1.2.4 Nádrže .....  | 19 |
| 1.2.5 Opatření na vodních tocích a v nivách .....   | 20 |
| 1.2.6 Opatření na lesní půdě .....  | 21 |
| 1.3 Možnosti zmírnění současných důsledků klimatické změny zlepšením akumulací<br>schopnosti povodí Rakovnického potoka ..... | 23 |
| 1.4 Opatření na tocích, revitalizace, renaturace .....  | 26 |
| 1.4.1 Současný stav .....   | 26 |
| 1.4.2 Revitalizace .....  | 28 |
| 1.5 Mokřady .....   | 29 |
| 1.6 Opatření na lesní půdě .....  | 31 |
| 1.7 Vliv opatření na ekologický stav vodních útvarů .....   | 38 |
| 1.8 Popis současného stavu legislativy .....  | 40 |
| 1.8.1 Manipulační řády na malých vodních nádržích .....   | 41 |
| 1.8.2 Pozemkové úpravy .....  | 43 |
| 1.8.3 Odnětí zemědělské půdy ze ZPF .....   | 43 |
| 1.8.4 Obnova mokřadů .....  | 44 |
| 2 Návrh vhodných typů opatření pro zadržení vody v krajině .....  | 45 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 2.1   | Popis opatření navrhovaných v extravilánu a jejich potenciál pro zadržení vody v krajině..                          | 45  |
| 2.1.1 | Organizační opatření .....  | 46  |
| 2.1.2 | Agrotechnická opatření .....  | 48  |
| 2.1.3 | Opatření na speciálních kulturách.....  | 49  |
| 2.1.4 | Biotechnická opatření.....  | 51  |
| 2.2   | Malé vodní nádrže .....   | 62  |
| 2.3   | Návrh vhodných typů opatření na lesní půdě .....  | 70  |
| 2.4   | Návrh vhodných typů opatření na tocích.....   | 73  |
| 2.4.1 | Typologie revitalizačních zásahů .....  | 73  |
| 2.4.2 | Opatření na tocích v nezastavěných územích .....  | 76  |
| 2.4.3 | Opatření na tocích v zastavěných územích .....  | 100 |
| 2.4.4 | Opatření v údolní nivě .....  | 112 |
| 2.4.5 | Opatření na suchých a retenčních nádržích .....   | 118 |
| 2.5   | Obnova zaniklých a realizace nových vodních prvků v krajině (včetně mokřadů) .....                                  | 120 |
| 2.5.1 | Obnova zaniklých vodních ploch .....  | 120 |
| 2.5.2 | Typy mokřadních biotopů jako opatření .....   | 121 |
| 2.5.3 | Nástroje pro predikci vhodných ploch k obnově mokřadů .....   | 127 |
| 3     | Příklady realizovaných opatření .....   | 131 |
| 3.1   | Realizovaná opatření v ploše povodí.....  | 131 |
| 3.1.1 | Protierozní a protipovodňová opatření po KoPÚ v Blatničce.....  | 131 |
| 3.1.2 | Suchá retenční nádrž a svodný průleh Starovice.....   | 134 |
| 3.1.3 | Zatravnění a ozelenění stabilizace dráhy odtoku u Nenkovic .....  | 137 |
| 3.1.4 | Retenční nádrž Nenkovice - Vodní nádrž „Nynek“.....   | 139 |
| 3.1.5 | Terasy Starovice.....   | 142 |
| 3.1.6 | Revitalizace mokřadní lokality Rybníček .....   | 144 |
| 3.1.7 | Biokoridor za sv. Trojicí v Šardicích .....   | 146 |
| 3.1.8 | Mokřad v trati Dlouhé čtvrtě v Šardicích.....   | 148 |
| 3.1.9 | Mokřady v Hovoranech .....  | 150 |
| 3.2   | Revitalizace vodních toků.....  | 152 |
| 3.2.1 | Revitalizace toku Velička .....   | 152 |
| 3.2.2 | Sledování změn v zastoupení biotopů v nivě revitalizovaných vodních toků – Lubnický potok                           | 155 |
| 3.2.3 | Sledování změn v zastoupení biotopů v nivě revitalizovaných vodních toků – Přítoky Moravice (lokality Lučiny) ..... | 160 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 3.2.4 | Sledování změn v zastoupení biotopů v nivě revitalizovaných vodních toků – lokalita Borová  | 167 |
| 3.3   | Typové lokality obnovujících se mokřadů na orné půdě.....   | 175 |
| 3.3.1 | Prameniště/údolnice (pahorkatina) .....   | 175 |
| 3.3.2 | Mokrá/podmáčená louka (nížina) .....  | 178 |
| 3.3.3 | Zaniklé nivní louky .....   | 180 |
| 4     | Návrh opatření na pilotním území – Husí potok .....   | 182 |
| 4.1   | Vstupní data .....  | 182 |
| 4.2   | Návrhy opatření.....  | 183 |
| 4.2.1 | Návrhy malých vodních nádrží .....  | 183 |
| 4.2.2 | Návrhy opatření v ploše povodí .....  | 184 |
| 4.3   | Tvorba hydrologického modelu.....   | 186 |
| 4.3.1 | Metoda vytvoření hydrologického modelu.....   | 186 |
| 4.3.2 | Kalibrace modelu.....   | 189 |
| 4.3.3 | Verifikace modelu.....  | 190 |
| 4.4   | Zhodnocení vlivu navrhovaných opatření .....  | 191 |
| 4.4.1 | Plnění nádrží .....   | 191 |
| 4.4.2 | Vypouštění nádrží v období sucha.....   | 194 |
| 4.5   | Nejistoty řešení při hydrologickém modelování .....   | 198 |
| 5     | Závěry a doporučení.....  | 199 |
| 5.1   | Shrnutí potenciálu jednotlivých typů opatření pro zlepšení retence vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů..... | 199 |
| 5.2   | Doporučení pro navazující projekty, monitoring, další práce .....   | 202 |
| 5.3   | Doporučení pro změny právních předpisů a dotace .....   | 203 |
|       | Literatura .....  | 206 |
|       | Seznam zkratk.....  | 212 |
|       | Seznam obrázků .....  | 213 |
|       | Seznam tabulek .....  | 217 |
|       | Přílohy.....  | 219 |

## Souhrn

### **Anotace**

Úkol se zabývá zhodnocením potenciálu přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině. Popisuje a hodnotí jednotlivé typy opatření v ploše povodí (na zemědělské i lesní půdě), malé vodní nádrže (dle ČSN 75 2410) a opatření na tocích. Zároveň je hodnocen i potenciální vliv těchto opatření na biologickou složku ekologického stavu. Výsledkem jsou doporučení vhodných typů opatření pro zlepšení retence vody v krajině, které zároveň přispějí ke zlepšení ekologického stavu vodních útvarů. Podrobněji se zpráva zabývá zásadami pro obnovu zaniklých vodních prvků v krajině, včetně mokřadů. Samostatná kapitola je věnovaná zhodnocení účinnosti různých typů již realizovaných opatření, která byla navržena za účelem zlepšení zadržení vody v krajině. V pilotním povodí Husího potoka je navržen soubor opatření na zemědělské půdě spolu s MVN a modelován účinek několika variant těchto opatření na snížení povrchového odtoku. Zpráva analyzuje i současný právní stav ve vztahu k navrhovaným typům opatření a dává doporučení pro změny.

### **Hlavní výsledky**

- **Název: *Analýza současného právního stavu a doporučení pro změny***  
Z analýzy současného právního stavu týkajícího se problematiky sucha a nedostatku vody vyplynula doporučení vztahující se především k připravované novele zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, a k manipulačním řádům na MVN. Uvedeny jsou rovněž postřehy týkající se i témat vymezování krajinných prvků, mokřadů, meliorací a možností rušení vodních děl. Tyto tématicky by si v budoucnu zasloužily podrobnější řešení.
- **Název: *Návrh vhodných typů opatření v ploše povodí (na zemědělské půdě + MVN)***  
Změnami ve využití a způsobu obdělávání zemědělských pozemků doplněných biotechnickými prvky lze docílit zmírnění projevů sucha, posílení retence vody v krajině. Zásadní vliv na prodloužení retence vody v povodí mají malé vodní nádrže s vodohospodářskou funkcí (zejména akumulace vody), retenční nádrže s malým stálým nadržáním, suché nádrže a částečně i závlahové a zasakovací biotechnické prvky. Optimálním řešením pro krajinu jako celek je komplexní přístup k řešení problematiky sucha, tzn. navrhnout kombinaci vhodně se doplňujících všech typů opatření (Tabulka 2).
- **Název: *Návrh vhodných typů opatření na lesní půdě***  
Odezva velké části opatření v lesích je patrná v dlouhodobém časovém horizontu. Efektivní zadržení vody v lesích lze docílit pouze „udržením lesa a jeho inventáře v optimální kondici“ (tzn. v odpovídající dřevinné skladbě v odpovídajících podmínkách, se zdravou lesní půdou, zdravým lesním porostem a optimálním lesním inventářem).
- **Název: *Návrh vhodných typů opatření na tocích***  
Revitalizace na vodních tocích jsou soborem dílčích opatření, které ve výsledku slouží zejména ke třem účelům v souvislosti s hydrologickým suchem. Prvním je akumulace vody v podzemní vodě niv, druhým je vytvoření refugií pro vodní biotu v tocích a třetím je podpora samočištění.

- **Název: *Obnova zaniklých a realizace nových vodních prvků v krajině***  
Pro využití ploch zaniklých vodních prvků byly připraveny metodické postupy k rámcové identifikaci ploch využitelných k realizaci nových vodních prvků v krajině. Realizace by měly být součástí komplexních řešení hospodaření s vodou a revitalizací říční sítě v krajinných celcích nebo povodích. Pro podporu retence vody v krajině je klíčová podpora vzniku mokřadů, a to i spontánně se objevujících v krajině v návaznosti na změny vláhových poměrů pozemků.
- **Název: *Návrh opatření na pilotním území***  
Bylo provedeno zpracování komplexního návrhu opatření v povodí Husího potoka. Základem je volba vhodných morfologických profilů pro následnou realizaci malých vodních nádrží doplněná návrhem ochranných, organizačních a biotechnických opatření v ploše povodí. Návrhy následně prošly vyhodnocením jejich vlivu na odtok z povodí a retenci vody v krajině za pomoci hydrologického modelování v programu HEC-HMS.

## **Výstupy pro naplnění kapitol návrhu Konceptu v gesci MŽP**

### Kapitola 3. 1. c) i)

Vhodně navržená ochranná opatření v krajině plní vždy řadu funkcí (protierozní, protipovodňovou, ochranu před suchem, ale i ekologickou) zásadně podporujících ochranu krajinných systémů i obnovu v místech předchozího narušení způsobeného převážně za přispění lidské činnosti. Vhodně navržená protipovodňová a protierozní opatření mají i velice pozitivní vliv při ochraně před následky sucha, protože celková ochrana povodí sleduje tyto základní cíle:

- co nejvíce podpořit vsakování vody do půdy,
- omezit možnost, aby se odtok soustřeďoval do stružek, tzn. podpořit jeho rozptýlování,
- zpomalovat a neškodně odvádět povrchový odtok tak, aby nenabyl unášecí síly schopné odnášet zeminu,
- prodloužit dobu retence vody v ploše povodí.

Vhodnými krajinnými prvky, podporujícími udržení vody v krajině, jsou zejména biotechnická liniová zasakovací opatření, jako např. průlehy, příkopy, zasakovací pásy apod., doplněné o travnatý pás s doprovodnou zelení, čímž se zvýší i jejich ekologická funkce a tyto prvky pak mohou být začleněny do územního systému ekologické stability (ÚSES). Tato opatření mají zároveň protierozní funkci a snižují objem a rychlost povrchového odtoku. Změnami ve využití a způsobu obdělávání zemědělských pozemků, tedy organizačními a agrotechnickými opatřeními na orné půdě, ideálně doplněných biotechnickými prvky, lze docílit zmírnění projevů sucha. Zásadní vliv na prodloužení retence vody v povodí mají malé vodní nádrže s vodohospodářskou funkcí (akumulace vody, nadlepšování průtoků v tocích), retenční nádrže s malým stálým nadržáním, suché nádrže a částečně i závlahové nádrže a zasakovací biotechnické prvky. Dalšími prvky v krajině podporujícími retenci vody jsou nivní pásy vodních toků, včetně všech vodních prvků (boční a odstavená ramena, tůně, mokřady s vodní hladinou, boční koryta periodicky průtočná, apod.), které mimo zpomalení odtoku vody z území podporují i zachycení a eliminaci transportovaného znečištění a vytváří podmínky pro udržení vhodných podmínek pro biotu v období sucha. Základní účinnost jednotlivých prvků se pak zvyšuje jejich kombinací. Při návrhu opatření je vhodné vycházet z historických map znázorňujících místa

původního umístění krajinných prvků před kolektivizací, při které došlo k jejich rozorání (meze, polní cesty aj.) a obnovovat je.

Lesní ekosystém, jako významný krajinný prvek, je ve vztahu ke klimatické změně značně zranitelný. Jde především o velkou setrvačnost zdánlivě se neprojevující žádnou nebo málo přesvědčivou reakcí. O to razantnější může být následný kolaps celého systému. Začít cestou uplatnění adaptačních opatření ve smyslu pojetí „principu předběžné opatrnosti“ je naprosto prioritní už z podstaty lesního ekosystému, neboť se jedná o běh na dlouhou trať.

Z dlouhodobého pohledu by opatření měla směřovat především k postupné revizi systémů lesnické typologie, tvorbě hospodářských souborů a s nimi souvisejících rámcových směrnic hospodaření alespoň v suchem nejvíce ohrožených lokalitách a lokalitách, které mají vysoký potenciál k zadržování vody (lokality s výrazně aktivními vodními bilancemi).

Prvořadým úkolem operativních opatření (s rychlou odezvou) je udržet srážkovou vodu v lesních porostech. Je třeba změnit na mnohých lesních majetcích stále ještě praktikované přístupy k hospodaření s vodou na lesotechnickém inventáři. Od přístupu směřujícímu k rychlému odvedení srážkové vody např. z lesních odvozních cest, skládek dříví a jiných manipulačních ploch do recipientů a následně mimo lesní porosty, je třeba jednoznačně přejít k přístupu zadržování a postupného využívání veškeré vody přicházející do lesních povodí. Opatření jsou přitom poměrně jednoduchá, od opatření v porostech, kdy např. po těžbách je vhodnější klest vyrovnávat do hromad orientovaných po vrstevnici, na plochách je vhodné ponechávat v rozumné míře přirozené změny mikroreliefu (např. vývratové jámy), po vlastní technická opatření např. zaústování svodných příkopů a rigolů do drénů, revitalizace vodních toků, výstavba malých vodních nádrží atp.

Přestože jsou výše uvedená opatření v praxi lesního hospodářství relativně známá, k jejich dodržování mnohokrát chybí v praxi motivace. Je zřejmé, že v situaci, kdy stát kontroluje hospodaření v lesích, jakožto složce životního prostředí, prostřednictvím rozsáhlého legislativně-správního aparátu, je to právě stát, kdo by měl být iniciátorem posilování hydrických a vodohospodářských funkcí lesa prostřednictvím nástrojů lesního hospodářství. Vliv lesa a hospodaření v lesích na vodní režim krajiny je v podmínkách ČR natolik zásadní, že hospodaření s vodou v lesích by se do budoucna mělo stát plnohodnotnou součástí lesnických činností.

**Pro efektivní zadržení vody v lesích je primárním předpokladem „udržení lesa a jeho inventáře v optimální kondici“** (tzn. v odpovídající dřevinné skladbě v odpovídajících podmínkách, se zdravou lesní půdou, zdravým lesním porostem a optimálním lesním inventářem).

### Kapitola 3. 1. c) iii)

Pro obnovu zaniklých a realizaci nových vodních prvků v krajině platí stejné principy, které jsou uvedené v bodech i), vii) a ix).

K identifikaci ploch zaniklých vodních prvků v krajině je možné využít certifikovanou mapu „Současný stav historických rybníků na území České republiky“ (výstup projektu QJ1220233), která je v interaktivní podobě dostupná v informačním systému HEIS VÚV TGM, v.v.i. na adrese:

<http://www.heisvuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/HistorickeRybniky/default.asp>

Pro rámcové posouzení využití ploch zaniklých vodních prvků v krajině pro účely vodního hospodářství, realizaci vodních a mokřadních prvků (protipovodňová ochrana, opatření proti suchu,



apod.) lze využít certifikovanou metodiku David a kol. (2015) zabývající se hodnocením ploch zaniklých rybníků z hlediska optimalizace jejich využití.

### Kapitola 3. 1. c) vij)

Mokřady a břehové zóny podél vodních toků plní tyto hydrologické a ekologické služby a funkce:

- zadržení vody během mokřých období a protipovodňová ochrana,
- rezervoár vody během suchých období,
- zadržení sedimentů a přidružených polutantů (jejich uložení),
- zadržení nutrientů (absorpce, denitrifikace) a polutantů na jejich cestě do říčního systému,
- zajištění přirozeného prostředí pro rybářství,
- zachování biologické diverzity.

Mokřady patří také mezi nejúčinnější prvky pro obnovu krátkého vodního cyklu v krajině. Živiny a látky unášené vodou se zde využívají a usazují, neodcházejí z povodí, recyklují se. Mají vyrovnávací a filtrační funkci průtoku vody, sedimentů a rozpuštěných nutrientů a polutantů. Zmírňují dopady povodní, zlepšují kvalitu vody ve vodních tocích, zmírňují dopady sucha a redukují proces eroze. Historické porozumění vzniku mokřadů a jejich dynamice je základním předpokladem pro efektivní opatření pro jejich management, ochranu a obnovu. Jako podklady pro identifikaci ploch vhodných pro zakládání a obnovu mokřadů mohou sloužit historické mapy, mapy stabilního katastru, starší letecké snímky (50. léta 20. století), současná ortofotomapa a GIS vrstvy aktuální lokalizace a klasifikace různých typů krajinného pokryvu. V současnosti končí životnost některých drenáží na zemědělské půdě a taková území se navrací do zamokřeného stavu. Informace o lokalizaci těchto ploch mohou být součástí podkladů pro rozhodování o zachování spontánně vznikajících mokřadů, nebo pro realizaci nových.

Klíčovými mokřadními prvky v krajině jsou prameniště a na ně navazující plochy a údolnice. Tyto mokřady by měly být chráněny, vyjmuty z obhospodařování pozemků a zahrnuty do realizací komplexních opatření (protierozních, protipovodňových, revitalizačních, atd.).

Mokřadní biotopy jsou součástí niv vodních toků a při plánování revitalizačních opatření by měly být jejich součástí. Při návrhu konkrétních mokřadních prvků je třeba vždy zvážit jejich následný vývoj, možnost zanášení, zarůstání a případně plánovat cílový stav prvků.

### Kapitola 3. 1. c) ix)

Jako jeden z výstupů projektu „Strategie“ jsou na webových stránkách [www.vodavkrajine.cz](http://www.vodavkrajine.cz) prezentovány návrhy opatření na vodních tocích a v nivách. Návrhy jsou členěny do 8 typů opatření a 4 skupin opatření. Návrhy zahrnují soubor dílčích opatření, která jsou podrobněji uvedena v kapitole 3.4 této Zprávy. Prostorovým propojením s Mapou rizika vysychání drobných vodních toků v ČR (výstup projektu TA02020395) je tak možné identifikovat úseky vodních toků vhodných pro zlepšení morfologie prostřednictvím revitalizačních a renaturačních typů opatření. Mapa je volně dostupná online na adrese:

<http://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/Biosucho/default.asp>

### Kapitola 3. 1. e)

Vyhodnocení vlivu navrhovaných opatření z hlediska vodní bilance může být provedeno v programu HEC-HMS (Hydrology Engineering center – Hydrologic modeling system) (ONLINE 1) vyvinutém v US Army Corps of Engineers. Jedná se o srážko-odtokový model, tedy modelování účinků opatření vychází z velikosti objemu povrchového odtoku a množství zadržené vody v krajině.

Matematický model může prokázat schopnost navrhovaných opatření splnit požadované cíle, zejména zpomalení a snížení objemu povrchového odtoku. I aplikací organizačních a agrotechnických opatření na orné půdě, tedy tzv. nižších opatření, které lze aplikovat bez povolení vodoprávními úřady či složitějších dokumentací, lze zvýšit retenci vody v krajině o několik %. S tzv. vyššími opatřeními (TTP, biotechnická opatření, VN) zvýšení retence vody v krajině prudce stoupá.

Model Hec-HMS umožňuje modelování jakosti vody (zejména z pohledu transportu splavenin a obsahu nutrientů), musí být k dispozici vstupní data, tedy monitoring ukazatelů kvality vod. Existuje řada dalších modelů (Hydrog, MIKE-SHE, SWAT, Sacramento atd.), jak pro modelování hydrologických srážko-odtokových procesů, tak i pro modelování kvality vody. Výběr vhodného modelu závisí dle Jeníčka (2009) na 5 hlavních kritériích:

- aplikovatelnost v daných fyzicko-geografických podmínkách,
- velikost povodí,
- dostupnost a množství vstupních dat,
- vazba na programy pro zpracování dat, grafické výstupy (např. ArcGIS),
- dostupnosti modelu (komerční/bezplatný).

#### **Nejistoty řešení a navazující práce**

Aby se nejistoty řešení omezily, je zapotřebí učinit následující kroky a procesy:

- účelová podpora monitoringu kvality vod a bioty před a po realizaci přírodě blízkých opatření v ploše povodí a na tocích za účelem zhodnocení vlivu těchto opatření na ekologický stav vodních útvarů,
- podpora opakovaných průzkumů aktuálního stavu vybraných vzorových realizovaných opatření a hodnocení jejich přínosu pro omezení dopadů sucha (a povodní), hydrologický režim, transport sedimentů, případně dopad na chemický a ekologický stav vodního prostředí a vodních útvarů, retenci či akumulaci vody v krajině, mokřadní a nivní terestrické ekosystémy, apod. Průzkumy by měly být komplexní a opakované v určitém časovém kroku,
- aby bylo možné relevantně posoudit vliv preferovaných plošných opatření v krajině a říčních renaturací či revitalizací, je potřeba zajistit účelovou podporu monitoringu vybraných opatření v suchem sužovaných povodích. Výsledky takto koncipovaného komplexního monitoringu poslouží pro podporu dalšího rozhodování státní správy o vhodných opatřeních v povodí a na toku,
- účelová podpora komplexního průzkumného monitoringu za účelem zjištění dílčích a synergických efektů opatření v krajině a na toku s ohledem na jednotlivé parametry a biologické složky vodní bioty,

- porovnání efektivnosti přírodních ekosystémů (lužní les, niva) a různých typů opatření (revitalizovaný tok, vodní nádrž) na hydrologický režim krajiny a samočistící procesy, včetně podpory diverzity krajiny a zajištění časových a prostorových refugií,
- doplňování měřících systémů (srážkoměry, hladinoměry) i do malých povodí,
- aplikace a testování alternativních postupů měření průtoků a teplot vody v tocích
- nejistoty v hydrologickém modelu – vstupy a nejistoty modelu → vhodné doplňovat měřící systémy do malých povodí a na menší vodní toky.

### Východiska řešení a zdrojové podklady

Pro řešení dílčího úkolu byly taktéž využity výstupy z následujících projektů:

- Kód projektu: není  
Název projektu: Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice  
Řešitel: VÚV TGM, v.v.i., SWECO Hydroprojekt, a.s., VRV, a.s., WASTECH, a.s., ŠINDLAR, s.r.o.  
Doba řešení: 1. 6. 2014–2015  
Zadavatel: SFŽP (OPŽP)
- Kód projektu: EHP-CZ02-OV-1-039-2015  
Název projektu: Komplexní plánovací, monitorovací, informační a vzdělávací nástroje pro adaptaci území na dopady klimatické změny s hlavním zřetelem na zemědělské a lesnické hospodaření v krajině  
Řešitel: VÚT v Brně, VÚV TGM, v.v.i., EKOTOXA, s.r.o., ÚZEI, Bioforsk  
Doba řešení: 2015–2016  
Zadavatel: MF (EHP a Norské fondy)
- Kód projektu: QJ1520268  
Název projektu: Nové postupy optimalizace systémů integrované ochrany území v kontextu jejich ekonomické udržitelnosti  
Řešitel: VÚV TGM, v.v.i., VUT v Brně, Povodí Moravy, s.p., Město Fulnek, ZD Vrchovina  
Doba řešení: 2015–2018  
Zadavatel: MZe (NAZV KUS)
- Kód projektu: QJ1220233  
Název projektu: Hodnocení území na bývalých rybníčních soustavách (vodních plochách) s cílem posílení udržitelného hospodaření s vodními a půdními zdroji v ČR  
Řešitel: UPOL, VÚV TGM, v.v.i., ČVUT, Ecological Consulting a.s.  
Doba řešení: 2012–2015  
Zadavatel: MZe (NAZV KUS)
- Kód projektu: VaV SL/8/59/04  
Název projektu: Výzkum vodních ekosystémů v rámci povodí  
Řešitel: VÚV TGM, v.v.i.  
Doba řešení: 2004–2006  
Zadavatel: MŽP
- Kód projektu: M0061

Název projektu: ProFor – Výzkum procesů samočištění drobných, silně degradovaných toků v oblasti Weinviertel a Jižní Moravy: Vývoj metodiky pro trvale udržitelná opatření ke zlepšení jakosti vod

Řešitel: VÚV TGM, v.v.i., Úřad Dolnorakouské zemské vlády

Doba řešení: 2009–2011

Zadavatel: Evropská územní spolupráce Rakousko – ČR (2007–2013)

- Kód projektu: EHP-CZ02-OV-1-018-2014

Název projektu: Monitoring dlouhodobých změn biologické diverzity tekoucích vod v období klimatické změny: návrh, realizace a implementace do veřejného informačního systému ARROW

Řešitel: VÚV TGM, v.v.i., Masarykova univerzita v Brně, Hydrosoft Veleslavín s.r.o.

Doba řešení: 2015–2016

Zadavatel: MF (EHP a Norské fondy)

- Kód projektu: TA02020395

Název projektu: Vysychání toků v období klimatické změny: predikce rizika a biologická indikace epizod vyschnutí jako nové metody pro management vodního hospodářství a údržby krajiny

Řešitel: VÚV TGM, v.v.i., Mendelova univerzita v Brně, WELL Consulting, s.r.o.

Doba řešení: 2012–2015

Zadavatel: TA ČR

## 1 Rešerše přístupů ke zlepšení zadržení vody v krajině

### 1.1 STRATEGICKÉ DOKUMENTY K PROBLEMATICE SUCHA

Jedním z negativních projevů globální změny klimatu je sucho, které se však projevuje regionálně nerovnoměrně. Mění se přírodní podmínky spolu se změnami socioekonomických poměrů vedou k rostoucímu tlaku na vodní zdroje, které v mnoha případech přestávají být schopny zabezpečovat potřeby společnosti a existence funkčních ekosystémů. Řada států proto přijala strategické dokumenty definující komplex adaptačních a mitigačních opatření vůči projevům klimatických změn, včetně sucha. Jednotlivá opatření se liší s ohledem na velikost jednotlivých územních celků i geografických podmínek.

#### 1.1.1 Evropa

EU v tomto tématu nesměřuje k hledání univerzálního řešení a opatření, zaměřují se spíše na budování znalostní základny. Pořádání konferencí, výměna zkušeností, podpora výzkumné a metodické činnosti a spolupráce členských zemí. Cílem EU je zajistit aby se jednotlivá opatření realizovala integrovaným a koordinovaným způsobem, který bude brát v úvahu přeshraniční dopady, zaručí vzájemnou solidaritu, zabráni nesprávnému přizpůsobení, umožní zohlednit aspekty adaptace ve společných politikách.

K základním dokumentům EU patří Zelená a Bílá kniha. Zelená kniha je dokument definující 4 pilíře rámci procesu adaptace celé EU. Včasné opatření v rámci EU. Začlenění přizpůsobení se změně klimatu do zahraniční politiky EU. Snižování nejistoty pomocí rozšiřování znalostí základny prostřednictvím integrovaného výzkumu v oblasti změny klimatu. Zapojení evropské společnosti a veřejného sektoru do problematiky komplexních strategií na adaptaci. Bílá kniha se opírá o konzultace, které zahájila zelená kniha a to o přizpůsobení se změně klimatu v Evropě. Z vědeckých prací, byla objevena opatření, které jsou nezbytná z krátkodobého hlediska realizovat. Zároveň vybízí členské státy k vypracování vlastní vnitrostátní adaptačních strategií. Strategie EU pro přizpůsobení se změny klimatu byla připravena v souladu se závěry Rady ministrů životního prostředí EU k Bílé knize. Cílem strategie je přispět k lepší odolnosti států EU na změnu klimatu, která by měla znamenat menší ekonomické ztráty a nižší sociální náklady. Definuje základy a principy priorit pro stanovení adaptace na všech jejích úrovních, včetně mezinárodní spolupráce (ONLINE 2).

V dubnu 2013 Evropská Komise zveřejnila dokument „Strategii EU pro přizpůsobení se změně klimatu“. Pro jednotlivé státy z Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu vyplývá úkol vytvořit a implementovat adaptační plán a jednotlivá opatření proti suchu.

Mezinárodní plány povodí podle článku 13.2 Rámcové směrnice zabezpečují členské státy, které sdílejí konkrétní mezinárodní povodí. Například V České republice je to mezinárodní oblast povodí Labe, Dunaje a Odry, na Slovensku je to povodí Dunaje a Visly. Národní plány pořizuje Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci se správci povodí a místně příslušnými krajskými úřady. Za cíl si klade ochranu a zlepšování stavu povrchových a podzemních vod a ekosystémů. Snížení účinků povodní a sucha. Hospodaření a zlepšování vodních poměrů a ochranu stability krajiny. Plány dílčích povodí jsou koncepční plány pro jednotlivé oblasti povodí, doplňují národní plány o podrobné údaje a návrhy (ONLINE 3).

### 1.1.2 Střední Evropa

#### Česká republika

Národní adaptační strategii pro zvládání klimatických změn představuje „Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR“, kterou schválila vláda v roce 2015. Byl připraven v rámci mezinárodní spolupráce a její obsah vychází z Bílé knihy. Dokument obsahuje zhodnocení pravděpodobných změn klimatu a návrhy konkrétních adaptačních opatření, legislativu a částečnou ekonomickou analýzu.

V červenci 2015 byla vládou schválena komise VODA-SUCHO, která byla reakcí na výskyt sucha v roce 2015. Vzniklo tak 50 konkrétních úkolů pro zvládání sucha cílená na lokální řešení.

Na úrovni krajů vznikají koncepce a plány na zvládání sucha. Např. kraj Vysočina měl v srpnu roku 2015 problémy s množstvím a s kvalitou pitné vody u zhruba 53 obcí a 18 místních částí obcí. Jednalo se o obce, které nebyly napojeny na vodovodní infrastrukturu a spoléhaly se na místní zdroje vody. Z tohoto důvodu v kraji Vysočina vznikly návrhy pro zvládání extrémního sucha a to krátkodobá, střednědobá a dlouhodobá opatření.

Krátkodobá opatření jsou nouzové zásobování vodou za krizové situace a to dovoz, úprava a distribuce pitné vody. Kraj také jednal s provozovateli vodohospodářské infrastruktury o využití jejich prostředků k nouzovému zásobování. Zhodnocení stávajících a vytipování nových kapacit vodních zdrojů na území kraje se diskutovalo se správci toku. Regulační opatření týkající se zákazu nebo omezení odběru vody. Na tyto opatření mohou navazovat další opatření s ohledem na negativní vývoj situace.

Ke střednědobým opatřením patří navýšení podpory rozpočtu obcím. Při územním plánování věnovat pozornost opatřením k zadržení vody v krajině. Omezení eroze, zpomalení odtoku vody z krajiny, drobné vodní nádrže, mokřady, meandry atd. Pěstování vhodných plodin na zemědělských půdách, zejména v místech ohrožených erozí a přívalovými srážkami. Hrazení bystřin v lesích a péči o vodohospodářské poměry. Opravy přivaděčů vody, údržba příkopů a rušení opevnění.

Plán budování dlouhodobých opatření zahrnuje přípravu a realizaci vodních nádrží, jedná se o vhodná území stanovené z Generelu pro kraj Vysočina. Vhodně vytipovaných lokalit v tomto kraji je 8. Kladení důrazu na retenční i akumulaci funkce vodních nádrží a na kvalitu zadržované vody. Posouzení potřeby závlah u zemědělsky hospodařících subjektů a zpracování pozemkových úprav s provedením následných opatření na zemědělské půdě. Podpora hospodaření se srážkovou vodou ve městech a obcích, oddělené soustavy pitné a užitkové vody. Možnosti dlouhodobých zdrojů vody pro nejvíce ohrožená území. (ONLINE 3 a 4).

#### Slovensko

V současné době, vodní politika Slovenské republiky, vychází ze směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a rady ze dne 23. října 2000, kterou se stanovil rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Základem této politiky je dosažení environmentálních cílů. Slovenská republika tedy vytvořila dokument „Plán managementu správního území povodí Dunaje“, kde se zabývá monitoringem, a hodnotícím stavem vody v krajině, programem opatření a legislativou. Vzhledem ke skutečnosti, že Slovenská republika je vnitrozemský stát, implementační proces RSV (Rámcová směrnice o vodách) probíhá na několika úrovních, liší se v měřítku podrobnosti řešení. Programy řešení by měli být koordinovány v celém správním území povodí. Slovenská republika je součástí

dvou mezinárodních oblastí povodí. Z tohoto důvodu se musí postupy a programy opatření sblížovat se zpracovávaným mezinárodním plánem povodí Dunaje.

Aktivní adaptace opatření je zatížena vysokým stupněm nejistoty klimatických scénářů, ale také dopadů jednotlivých opatření a zejména limitovaným počtem jejich praktických aplikací. Při výběru jednotlivých opatření musíme zohlednit regionální a místní specifika a objektivními kritérii vybrat vyhovující adaptační opatření. (ONLINE 5).

Určujícím kritériem, pro výběr prioritních opatření jsou:

- naléhavost problému,
- komplexnost řešení,
- realizovatelnost řešení,
- identifikované další příležitosti.

### **Polsko**

V Polsku se v rámci zvýšení teploty a sucha stala nutnost vytvořit dokument s podmínkami, pro globální změnu v oblasti klimatu. Jevy, způsobené klimatickou změnou představují hrozbu pro sociální a ekonomický rozvoj v mnoha zemích světa, včetně polské. Vybraná opatření, která budou snižovat citlivost země ke klimatické změně, jsou sepsány ve „Strategickém plánu pro přizpůsobení sektorů a oblastí ohrožených změnou klimatu do roku 2020, s perspektivou do roku 2030. Byl připraven s ohledem na zajištění podmínek na stabilní vývoj společnosti s riziky, která představuje změnu klimatu (ONLINE 6).

#### **1.1.3 Další regiony**

### **Španělsko**

Státy jižní a jihovýchodní Evropy patří na základě klimatických projekcí k suchem nejvíce ohroženým. Z tohoto důvodu je pro ně strategie boje proti suchu zvláště významné.

Ve Španělsku vytváří platformu Plány na zvládání sucha (Drought Management Plans - DMP) z r. 2007 (ONLINE 7). Hlavním cílem těchto plánů je příprava na období sucha a příprava prioritních řešení, která sníží sociálně-ekonomické a ekologické dopady sucha. Plány stanovují sled opatření aktivovaných na základě stavu či hodnot referenčních indikátorů (např. srážkové úhrny, průtoky, vlhkost půdy a úrovně hladin podzemních vod apod.) a předpokládaného vývoje sucha. Jednotlivé indikátory a jejich prahové hodnoty jsou vybírány vždy podle specifických podmínek té které oblasti.

Mezi konkrétní opatření definovaná v rámci DMP patří například: týdenní monitorovací systém, investice do infrastruktury s cílem zvětšit zdroje vody, zákaz zavlažování v době sucha, modernizace vodovodů a zavlažovacích systémů, ekonomická podpora farmářů v době omezení užívání vody.

### **USA**

Velmi propracovaný plán boje proti suchu existuje ve Spojených státech amerických. Boj proti suchu je definován na úrovni federální i na úrovni jednotlivých států. Prezidentské memorandum z r. 2016 nařizuje federálním plnit Federální akční plán (Federal Action Plan) za účelem zvýšení národní odolnosti vůči dlouhodobému suchu. Federální akční plán zahrnuje šest cílů. Plnění Federálního akčního plánu probíhá ve spolupráci federálních úřadů - National Drought Resilience Partnership

(NDRP) (ONLINE 8). Úkolem tohoto útvaru je koordinovat federální politiku sucha s programy na podporu na úrovni států, regionů apod., sběr a syntéza dat z monitorovacích sítí či předpovědí.

Významným prvkem je National Integrated Drought Information System (NIDIS) (ONLINE 9). Jedná se o systém, na kterém se podílí řada subjektů (the U. S. Army Corps of Engineers, the U. S. Geological Survey, NASA, the U. S. Environmental Protection Agency aj.). Byl vyvinut za účelem shromažďování všech operativních dat týkajících se monitoringu sucha (U. S. Drought Monitor), sestavování výhledů (Seasonal Drought Outlook) a včasného varování v různých měřících. V r. 2007 byl v rámci NIDIS spuštěn U. S. Drought Portal (ONLINE 10), který sdružuje data monitoringu sucha z různých federálních, státních i vědeckých zdrojů.



Obrázek 1 Federální americký portál U. S. Drought Portal (ONLINE 10)

Významnou roli při sestavení NIDIS a prosazení komplexní celonárodní strategie boje proti suchu sehrála asociace Western Governors' Association (WGA) (ONLINE 11). Ta zastupuje devatenáct států a tři americká teritoria na západě USA, kde především sucho představuje významný problém.

Příkladem státu s propracovanou strategií je Kalifornie. California Water Plan (ONLINE 12) je dlouhodobý plán pro koordinované efektivní využívání vodních zdrojů. První verze byla přijata již v r. 1957. Za dobu své existence prošel řadou změn. Aktualizace probíhají vždy po pěti letech. Původně se jednalo o spíše technický dokument zaměřený na zásobování vodou. Později, v reakci na rostoucí problémy s omezenými vodními zdroji, se začal zaměřovat více na možnosti řešení budoucího nedostatku vody. Od 90. let se na přípravě dokumentu podílejí kromě vodohospodářů a politiků také zástupci vlastníků půd, komunit a dalších zájmových skupin. V rámci aktualizace v r. 2013 byl začleněn California Water Action Plan (ONLINE 13). Jedná se o pětiletý strategický plán rozdělený do deseti okruhů aktivit. Směřuje k obnově a zajištění ochrany spolehlivých a odolných vodních zdrojů pro společnost i životní prostředí. Obecněji je strategie členěna do tří témat:

- zajištění integrovaného vodního hospodářství,
- efektivní řízení, plánování a správa dat,



- investice do inovací a infrastruktury.

## **Austrálie**

Obdobně jako ve Spojených státech bylo v průběhu 20. st. vnímáno sucho v Austrálii zejména z pohledu zemědělství. Navíc bylo sucho dlouho chápáno jako klimatická abnormalita a byly na něj uplatňovány strategie zmírňování následků katastrof (tzv. disaster-relief policies). Teprve v r. 1992 byla přijata národní strategie National Drought Policy (NDP) (ONLINE 14). Vznikla na základě spolupráce jednotlivých australských států a teritorií s australskou vládou. Tato strategie chápala sucho jako nedílnou součást přírodního prostředí Austrálie, takže byl i nadále hlavní důraz kladen na podporu zemědělců (podpůrný program the Rural Adjustment Scheme nebo the Farm Household Support Scheme), nikoli na řešení sucha jako takového. Teprve později v souvislosti s Mezivládním panelem pro změny klimatu byla vytvořena vědecká platforma zabývající se změnou klimatu a jejími projevy, včetně sucha. Ve vztahu k suchu to znamenalo posun od krizového managementu k podpoře dlouhodobé, udržitelné a koordinované strategie.

Aktuální vodní politiku v Austrálii je možné rozdělit do tří úrovní: národní, státní a regionální. Na národní úrovni existuje dlouhodobý rámcový program australské vlády Water for the Future (ONLINE 15). Tento plán má čtyři klíčové priority:

- přijímání opatření vůči změnám klimatu,
- racionální nakládání s vodou,
- zabezpečení dodávek vody,
- podpora řek a na vodu vázaných ekosystémů.

Strategické dokumenty existují také na úrovni jednotlivých států. Jako příklad je možné uvést stát Viktorie na jihovýchodě Austrálie, kde místní vláda v r. 2004 přijala dlouhodobý plán Our Water, Our Future zahrnující sto deset aktivit pro udržitelné vodní hospodářství, zabezpečení dodávek vody a udržitelný růst v následujících 50 letech (ONLINE 16). Regionální vodní politika je pak více zaměřena na konkrétní specifické potřeby jednotlivých území. Například v rámci Viktorie existují strategie pro jednotlivé regiony Sustainable Water Strategies (ONLINE 17).

### **1.1.4 Shrnutí**

Strategické dokumenty a opatření zabývající se problematikou sucha jsou přijímány a realizovány po celém světě. Mezi jednotlivými zeměmi a regiony však existují velké rozdíly. V rámci vyspělého světa jsou v tomto ohledu dobře připraveny především ty státy, které jsou již suchem postiženy a dle klimatických projekcí zintenzivňováním suchých období velmi ohroženy (např. Kalifornie, Austrálie). Naproti tomu v oblastech, které dosud nebyly suchem příliš postihovány, je situace méně příznivá. Jako příklad je možné uvést státy střední Evropy. Obecně je možné říci, že všechny se intenzivně zabývají problematikou povodní, avšak hrozba sucha byla zatím velmi opomíjena. Zkušenosti z posledních let i klimatické projekce přitom nasvědčují tomu, že se budou střídat období nedostatku vláhy s obdobími vydatnějších srážek. Je proto důležité se na tyto velmi pravděpodobné změny včas připravit a v rozumné míře aplikovat protipovodňová opatření spolu s opatřeními proti suchu, a to ruku v ruce a v předstihu.

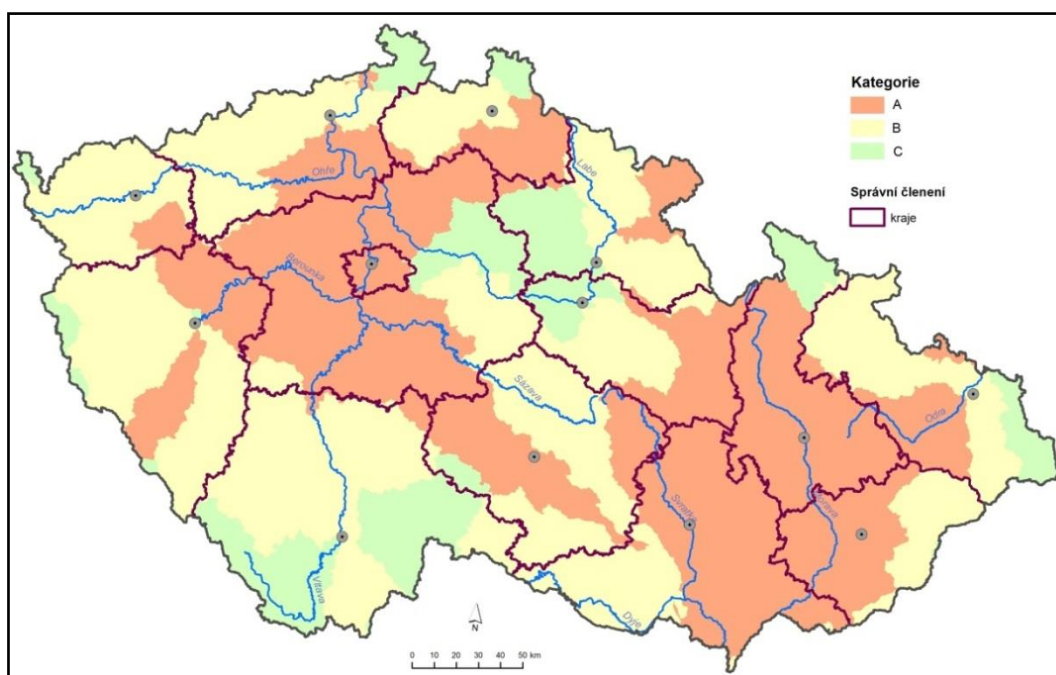
## 1.2 NAVRŽENÁ OPATŘENÍ V PLOŠE POVODÍ V RÁMCI PROJEKTU STRATEGIE

Projekt Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice (dále jen „Strategie“, <http://www.vodavkrajine.cz>) vychází z usnesení vlády ČR č. 541/2008, na jehož základě byla resorty MŽP a MZe vypracována Koncepce řešení problematiky ochrany před povodněmi v České republice s využitím technických a přírodě blízkých opatření. V rámci projektu Strategie tak byl navržen komplexní a propojený systém opatření, který bude mít účinek zejména protierozní a protipovodňový. Jedním z hlavních cílů těchto opatření je zadržení vody v krajině, podpoření vsaku vody, zpomalení povrchového odtoku apod., což pomáhá pro omezení vlivu povodní, snižuje erozi a také snižuje dopady sucha.

V rámci projektu nebylo možné řešit celé území České republiky stejně podrobně. Byl tedy proveden výběr území z hlediska rizika povodní a eroze. Pro tuto kategorizaci byla uplatněna tři hlediska:

- povodňové ohrožení trvale bydlících osob,
- povodňové ohrožení majetku,
- erozní ohroženost.

Bylo tedy přistoupeno ke kategorizaci území České republiky podle míry ohrožení: velmi vysoká – kategorie A, vysoká – kategorie B a střední míra ohrožení – kategorie C (Obrázek 2).



Obrázek 2 Kategorizace území ČR v projektu Strategie

Návrhy opatření v projektu Strategie vycházejí zejména z tzv. „Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE“ dle Wischmeiera a Smithe (1978), vycházející z principu přípustné ztráty půdy na jednotkovém pozemku. Na půdních blocích, kde byl překročen přípustný erozní smyv (4 t/ha/rok), mimo území kategorie C, které bylo z návrhů opatření vyňato, byla postupně navrhována dále uvedená opatření:

### 1.2.1 Obecná opatření

Obecná opatření byla navržena na speciálních kulturách (vinice, sady a chmelnice), kde byl navrhován zejména protierozní vrstevnicový směr výsadby při zakládání porostů a zatravnění meziřadí u stávajících porostů. Tato opatření byla paušálně navržena na všech speciálních kulturách dle LPIS (neboli registr produkčních bloků), bez ohledu na erozní smyv.

### 1.2.2 Nižší opatření

Mezi tzv. nižší opatření patří organizační a agrotechnická opatření, které se projeví změnou (snížením) hodnoty faktoru C – faktoru ochranného vlivu vegetačního pokryvu tak, aby byl snížen erozní smyv minimálně na přípustnou hodnotu. Tato opatření mají pozitivní vliv nejen na erozi, ale i na infiltraci vody v krajině či omezení povrchového odtoku. Příklady těchto opatření (organizačních i agrotechnických), včetně popisu a jejich potenciálu pro retenci vody krajině jako nástroje pro zvládání sucha jsou uvedeny v kapitole 3. Rozsah navržených opatření je uveden v Tabulka .

### 1.2.3 Vyšší opatření

Pokud bylo po aplikaci tzv. nižších opatření zájmové území stále erozně ohroženo, byly zde navrženy tzv. vyšší opatření, pouze však již na území kategorie A. Mezi tato opatření jsou zařazena biotechnická (polotechnická opatření) a zatravnění – trvalý travní porost.

Biotechnická protierozní opatření byla navržena za účelem omezení hodnoty LS faktoru (faktoru délky a sklonu svahu) na řešených pozemcích s tím, že byla upřednostněna opatření retenční před odváděcími, což je pro řešení problematiky sucha přínosné. V projektu Strategie byla navržena tato biotechnická opatření:

- odváděcí příkop o šířce 5 m,
- odváděcí průleh s porostem a současně biokoridor o šířce 20 m,
- odváděcí průleh samostatný o šířce 10 m,
- retenční zasakovací průleh o šířce 10 m,
- retenční zasakovací s porostem a současně biokoridor o šířce 30 m,
- retenční zasakovací s travnatým pásem o šířce 20 m,
- zatravněná DSO o šířce 20 m,
- zasakovací pásy podél vodních toků (proti vniku smyvů z polí do vodního toku).

Pro koncepci ochrany před následky sucha jsou žádoucí zejména retenční zasakovací prvky a jejich podrobný popis i potenciál (účinky proti suchu) jsou uvedeny v kapitole 3.1. Rozsah a množství navržených opatření je uveden v Tabulka .

### 1.2.4 Nádrže

V rámci projektu Strategie byly navrhovány také nádrže (suché i vodní), zejména jako prvky ochrany intravilánů před povodněmi. Bylo navrženo celkem 39 retenčních suchých nádrží na dráhách soustředěného odtoku bez trvalého přítoku, které byly navrhovány pouze na území kategorie A, a 776 suchých nádrží na páteřních tocích IV. řádu, které byly navrhovány na území kategorie A a B. Nádrže byly navrhovány také v rámci samostatného řešení ploch kritických bodů (KB) (Drbal a kol., 2009), zabývající se právě kritickými body a návrhy opatření v jejich přispívajících plochách. V povodí

KB tak bylo navrženo celkem 334 nádrží (vodních i suchých). Celkem tedy bylo v rámci Strategie navrženo 1149 nádrží – 816 suchých nádrží a 333 vodních nádrží (Tabulka ).

### 1.2.5 Opatření na vodních tocích a v nivách

Opatření na vodních tocích a v nivách byly navrhovány ve 2 etapách – v povodí tzv. kritických bodů (KB) (Drbal a kol., 2009), která se řešila samostatně a podrobněji a mimo povodí KB.

Opatření na vodních tocích a v nivách, navrhovaná samostatně v přispívajících plochách KB:

- a) Nová vodní nádrž - návrhy vodních i suchých nádrží ve vhodných profilech s potenciálem pro transformaci povodňové vlny. V povodí KB bylo navrženo celkem 334 nádrží (333 vodních a 1 suchá nádrž).
- b) Úprava vodního toku a objektů na toku v intravilánu - soubor opatření, které mají zajistit odpovídající protipovodňovou ochranu v intravilánu. Jedná se zejména o zvýšení kapacity koryta vodního toku včetně mostů, zajištění stabilizace objektů a koryta vodního toku apod.
- c) Individuální ochrana - zajištění protipovodňové ochrany objektů, které jsou situovány mimo hlavní zástavbu obce (intravilán). Ve většině případů se jedná o samostatně stojící domy (popř. skupiny domů), průmyslové a zemědělské objekty.
- d) Opatření na stávajících vodních nádržích - z databáze ZABAGED (základní báze geografických dat ČR) byly vybrány stávající nádrže (s délkou zátopy alespoň 100 m) a soustavy nádrží u kterých se předpokládají potenciální opatření typu rekonstrukce objektů, hrází, odbahnění apod., které mohou zlepšit protipovodňovou ochranu intravilánu.
- e) Revitalizace vodního toku a nivy - opatření, která mají zlepšit morfologii koryta vodního toku, zajistit migrační zprůchodnění příčných objektů, obnovit proces zaplavování nivy při zvýšených průtocích apod.
- f) Opatření na zachycení odtoku - typicky liniové prvky s retenční funkcí v ploše povodí, jako jsou hrázky, zasakovací průlehy apod., situované do významných údolnic a drah soustředěného odtoku. Tato opatření nejsou zahrnuta v Tabulka 1 a Tabulka 2, protože nebyla navržena jejich bližší specifikace.
- g) Opatření na svedení odtoku - typicky liniové prvky s funkcí odvádění odtoku do jiného povodí, mimo intravilán apod. Tato opatření nejsou zahrnuta v Tabulka 1 a Tabulka 2, protože nebyla navržena jejich bližší specifikace.
- h) Hrazení bystřin - opatření, která jsou situována do horských a podhorských oblastí, popřípadě strží, kde dochází k ohrožení intravilánu zvýšeným přísunem splavenin z povodí.

Opatření na vodních tocích a v nivách v přispívajících mimo plochy KB:

- a) Přírodě blízká protipovodňová opatření (PBPO) v nezastavěném území - snížení kapacity koryta revitalizací a formou zvýšení kapacity rozlivů do údolní nivy, které se podílí na transformaci povodňových průtoků.
- b) Přírodě blízká protipovodňová opatření (PBPO) v zastavěných oblastech - zkapacitnění koryta a urychlení odtoku, složený profil se stěhovavou kynetou - revitalizovaným korytem, možnost ohrázení zastavěných území.
- c) Přírodě blízká protipovodňová opatření (PBPO) pro transformaci povodňové vlny v suchých nádržích a revitalizace toků a niv v zátopě nádrže.

- d) Opatření na tocích, které zajišťují ekologické nebo architektonické funkce toku a nejsou přímou součástí potřebných protipovodňových opatření (např. v parcích a zastavěných oblastech, náhony).
- e) Ochrana fungující retenční záplavových území nebo toků v sevřených údolích a realizace dílčích opatření pro zlepšení hydromorfologické struktury toků a niv.
- f) Opatření kombinující typy 1 a 5 + technická PPO.
- g) Opatření v intravilánu, o kterém nemáme relevantní informace ohledně stávajícího stavu PPO. Jedná se o kombinaci opatření 2, 4 a 6.
- h) Opatření na vodních nádržích, které jsou situovány na řešeném vodním toku. Jedná se o kombinaci potenciálních opatření pro zlepšení technického stavu objektů s cílem zvýšení retenční a dalších přírodě blízkých prvků.

Bližší popis opatření na vodních tocích je uveden v další kapitole (kapitola 2.4).

### 1.2.6 Opatření na lesní půdě

Návrhy opatření v lesních porostech a jejich dopady na hydrický režim a erozi lesní půdy představují soubor komplexního vyhodnocení pěstební a těžebně-dopravní činnosti. Vzhledem k délce obmýtí a ekologickým nárokům lesních dřevin jsou možnosti změny druhové skladby omezené, resp. dlouhodobé.

Plánovací jednotkou je hospodářský soubor – HS (agregované jednotky lesnické typologie a porostního typu). Návrh opatření vychází se schopnosti lesních porostů aktivně ovlivnit hydrologické podmínky. Hodnotící jednotkou je struktura kumulovaných porostních typů (KPT) a jejich zastoupení v zonálních lesních vegetačních stupních (LVS) včetně azonálních luhů a olšin. Tato struktura je srovnatelná s plánovací jednotkou HS.

Obecně návrhy pěstebních opatření v lesních porostech vycházejí z poznatků, že lesy významně zvyšují retenci srážek, tím snižují velikost efektivního deště a přispívají k retardaci odtoku. Vodu zadržují v korunách stromů a její hodnota závisí na věku, druhové skladbě a zakmenění. Věková struktura je závislá na zastoupení spektra věkových stupňů lesních porostů v povodí. To je závislé na době obmýtí (průměr v ČR 113 let) a povinností vzniklou holinou zalesnit do 2 let od vzniku a zajistit do 7 let (v náročných podmínkách jsou stanoveny výjimky prodloužení). V lesích bohatě strukturovaných obnova probíhá kontinuálně bez vzniku holiny. S tím také souvisí hodnota zakmenění, které ve stádiu od zajištění kultury po začátek obnovy nesmí klesnout pod 0,7. Aktivně lze postupně ovlivnit druhovou skladbu porostů. Ta je však závislá na současném stavu zastoupení dřevin. V rámci jednoho obmýtí lze však dosáhnout zejména od 4. LVS výše max. změny kolem 25 %, které na úrovni velikosti povodí III. řádu a vlivu na odtokové poměry mají jen malý význam. Důležitější je vliv druhové skladby na ekologickou stabilitu porostů.

Struktura a velikost lesních ploch je odvozena z kritérií podmiňující funkčnost lesního prostředí a prezentaci druhové diversity lesních porostů v povodí III. řádu. Plocha o velikosti zpravidla do 3 ha nevytváří lesní prostředí (podmínkou je poměr stran min. 1 : 4). Týká se to liniových prvků - ochranných lesních pásů, břehových a doprovodných porostů apod. Velikost plošky 3 - 15 ha prezentuje funkčnost na lokální úrovni, 15 – 30 a 30-100 ha na úrovni regionální, tj. povodí III. řádu. Nad 100 ha a výše je to úroveň nadregionální přesahující reprezentaci povodí III. řádu.

Limitujícím krokem pro použití optimálních těžebně-dopravních technologií (TDT) je zpřístupnění lesa. To vychází ze systémové jednotky globálního zpřístupnění lesa - transportního segmentu, který poskytuje informace o aktuálním a cílovém stavu lesní dopravní sítě. Hustota sítě odvozních cest je daná hospodárnou přibližovací vzdáleností, tedy v podstatě rozestupem odvozních cest v souvislosti s gravitačním přibližovacím rozhraním buď jednostranným, nebo oboustranným.

Kritériem pro použití optimálních TDT je terénní (sklon svahu a únosnost podloží) a technologická typizace. Vymezuje limitující těžební technologie, které vycházejí z minimálního poškození lesního ekosystému ve vztahu k erodovatelnosti lesní půdy na pozemcích určených k plnění funkcí lesa (PUPFL) ve smyslu zákona o lesích č. 289/1995 Sb.:

- E – erozní ohrožení (přípustné prostředky: F, K, L a jejich kombinace), podvozky typu Ratrac ,
- F – UKT (universální kolový traktor) - Horal vybavený lesnickou kompletací, LKT s nízkotlakými (flotačními) pneumatikami, podvozky typu Ratrac ,
- K – kůň,
- L – lanové dopravní zařízení,
- S – LKT (lesnický kolový traktor) se standardním vybavením, harvestery,
- U – UKT (universální kolový traktor) se standardním vybavením, harvestery.

V následujících tabulkách jsou uvedeny výměry (popř. počty) navržených opatření v rámci projektu Strategie.

**Tabulka 1 Rozlohy navrhovaných opatření**

| Typ opatření                           | rozloha [ha] |           |        |           |
|--|--------------|-----------|--------|-----------|
|  | kat. A       | kat. B    | kat. C | celkem    |
| nížší (organizační + agotechnická)     | 371306,89    | 390004,79 | 0,00   | 761311,68 |
| speciální kultury                      | 20146,75     | 12330,83  | 0,00   | 32477,58  |
| vyšší (TTP + biotechnická):            | 13114,22     | 0,00      | 0,00   | 13114,22  |
| změna C faktoru                        | 7497,58      | 0,00      | 0,00   | 7497,58   |
| zatravnění (TTP)                       | 5135,49      | 0,00      | 0,00   | 5135,49   |
| delimitace (nevhodné k hospodaření)    | 1,45         | 0,00      | 0,00   | 1,45      |
| odváděcí příkop š. 5 m                 | 4,91         | 0,00      | 0,00   | 4,91      |
| odváděcí průleh (biokoridor) š. 20 m   | 25,15        | 0,00      | 0,00   | 25,15     |
| odváděcí průleh š. 10 m                | 43,26        | 0,00      | 0,00   | 43,26     |
| retenční průleh š. 10 m                | 198,24       | 0,00      | 0,00   | 198,24    |
| retenční průleh (biokoridor) š. 30 m   | 11,65        | 0,00      | 0,00   | 11,65     |
| retenční průleh + travnatý pás š. 20 m | 85,57        | 0,00      | 0,00   | 85,57     |
| zatravnění DSO š. 20 m                 | 104,26       | 0,00      | 0,00   | 104,26    |
| zasakovací pás podél vodního toku      | 6,66         | 0,00      | 0,00   | 6,66      |
| suché nádrže na DSO                    | 14,49        | 0,00      | 0,00   | 14,49     |
| suché nádrže na vodním toku            | 4887,09      | 3893,37   | 0,00   | 8780,46   |
| vodní nádrže                           | 1072,77      | 803,24    | 0,00   | 1876,01   |

Tabulka 2 Počty navrhovaných opatření

| Typ opatření                           | počet [ks] |        |        |        |
|--|------------|--------|--------|--------|
|  | kat. A     | kat. B | kat. C | celkem |
| odváděcí příkop š. 5 m                 | 37         | 0      | 0      | 37     |
| odváděcí průleh (biokoridor) š. 20 m   | 75         | 0      | 0      | 75     |
| odváděcí průleh š. 10 m                | 179        | 0      | 0      | 179    |
| retenční průleh š. 10 m                | 772        | 0      | 0      | 772    |
| retenční průleh (biokoridor) š. 30 m   | 13         | 0      | 0      | 13     |
| retenční průleh + travnatý pás š. 20 m | 149        | 0      | 0      | 149    |
| zatravnění DSO š. 20 m                 | 205        | 0      | 0      | 205    |
| zasakovací pás podél vodního toku      | 12         | 0      | 0      | 12     |
| suché nádrže na DSO                    | 39         | 0      | 0      | 39     |
| suché nádrže na vodním toku            | 411        | 366    | 0      | 777    |
| vodní nádrže                           | 221        | 112    | 0      | 333    |

### 1.3 MOŽNOSTI ZMÍRNĚNÍ SOUČASNÝCH DŮSLEDKŮ KLIMATICKÉ ZMĚNY ZLEPŠENÍM AKUMULAČNÍ SCHOPNOSTI POVODÍ RAKOVNICKÉHO POTOKA

Pilotní studie Rakovnického potoka (Kašpárek a kol., 2012) zahrnuje komplexní popis charakteristik povodí, analýzu trendů meteorologických a hydrologických veličin spolu s odhadem jejich budoucího vývoje, zpřesnění znalostí o časoprostorové variabilitě hydrologických veličin. Dále také analýzu příčin dopadů klimatické změny, zpřesnění znalostí o extrémních povodních a posouzení různých typů potenciálně použitelných adaptačních opatření (agrotechnické úpravy v ploše povodí, akumulční nádrže, převody vody). Z posouzení jejich účinnosti pro zvětšení akumulční i retenční schopnosti povodí vzešly návrhy variant akumulčních nádrží i agrotechnických úprav v povodí Rakovnického potoka.

#### Změny využití pozemků

Na základě pozorování v experimentálních povodích a z provedených statistických analýz lze usuzovat, že změnami pozemků (při vyloučení některých drastických zásahů) prakticky není možné trvale znatelně měnit průměrnou výšku odtoku z povodí.

Rozdílné využití pozemků se však pozitivně projevuje u povodní. Největší vliv má při krátkodobých velmi intenzivních srážkách. U povodní z několikahodinových extrémních dešťů se zmenšuje a řádově nižší je u povodní z regionálních dešťů.

Změny využití pozemků vedoucí ke zvýšení retenční schopnosti krajiny (například zalesněním) jsou sice vhodné z hlediska redukce povodní z krátkodobých srážek, ale v povodích s menšími průměrnými srážkami se mohou projevit znatelným zmenšením celkového odtoku.

#### Možnosti zvětšení dotace podzemních vod pomocí změn v povodí

Zatravnění či zalesnění se projevuje pozitivně z hlediska tvorby povrchového odtoku, neboť více vody vsakuje do půdy. Zasakující voda se pak dále dělí na hypodermický odtok preferovanými cestami a na

vodu, která prosakuje až do zóny podzemní vody. Množství této vody závisí především na schopnostech půdy tuto vodu pojmout.

Je na místě také uvést, že větším využitím akumulační schopnosti půdy se zvětšuje množství vody, které se může vypařit v období bez srážek. Voda, která se vypaří, se přitom v našich geografických podmínkách vrací zpět na naše území jen ve velmi malé míře. Zvětšením výparu tedy dochází ke snížení celkového odtoku.

Odhad výsledného efektu je však možné provést vzhledem k tomu, na jak velké části povodí je možné změny realizovat. Konkrétně v povodí Rakovnického potoka zaujímá orná půda 58 % plochy. Efekt posuzovaných opatření při reálně odhadnutých možnostech změn využívání zemědělské půdy je velmi malý, pouze v řádu jednotek procent (Tabulka 3). Navíc při uvážení již nastalých změn klimatu došlo k celkovému poklesu odtoku z povodí i odtoku podzemní vody o několik desítek procent. Je tedy zřejmé, že již posuzovanými změnami nelze tento deficit kompenzovat.

I přes relativně malý účinek protierozních opatření na změnu výšky základního odtoku nebo snížení kulminace povodňové vlny je vhodné tato opatření zavádět. Jejich aplikací se mění přístup k obhospodařování pozemků i hospodaření s vodou v povodí. Primárním efektem je snížení eroze půdy na zemědělských pozemcích a snížení rizika možné degradace půd, která dále prohlubuje problémy v obdobích sucha. Následně prodlužuje životnost a snižuje náklady na údržbu u vodních nádrží a revitalizovaných vodních toků. Dalším efektem je zvýšení infiltračního potenciálu území, a tím zvýšení možnosti dalšího využití přírodních srážek v dané lokalitě. Zvýšením drsnosti povrchu, vlhkosti ornice a snížením degradace vrchních částí půdního profilu se také snižuje riziko větrné eroze, které roste právě v obdobích sucha a její podíl na snižování mocnosti orničního horizontu postupně narůstá.

**Tabulka 3 Odhad zvětšení dotace podzemních vod**

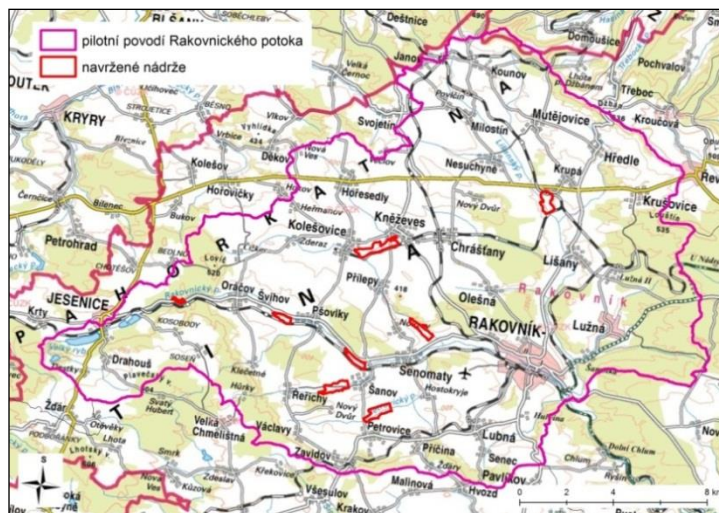
| mezní úhrn srážek [mm/den] | celkem srážek [mm/rok] | zvětšení infiltrace (20 % srážek) [mm/rok] | zvětšení dotace podz. vod z celého povodí (2/3 infiltrace) [mm/rok] | podíl orné půdy změněné opatřeními [%]  |     |     |     |     |     |
|----------------------------|------------------------|--|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|
|                            |                        |  |   | 100   | 50  | 40  | 30  | 20  | 10  |
| 20                         | 90                     | 18,0                                       | 12,0  | 7,1   | 3,5 | 2,8 | 2,1 | 1,4 | 0,7 |
| 30                         | 43                     | 8,6  | 5,7   | 3,4   | 1,7 | 1,3 | 1,0 | 0,7 | 0,3 |
|                            |                        |  |   | zvětšení dotace podzemních vod [% z průměrné výšky podzemního odtoku 40 mm/rok] |     |     |     |     |     |
| 20                         |                        |  |   | 17,6  | 8,8 | 7,1 | 5,3 | 3,5 | 1,8 |
| 30                         |                        |  |   | 8,4   | 4,2 | 3,4 | 2,5 | 1,7 | 0,8 |

Výrazně většího efektu na průtoky ve vodních tocích v porovnání s protierozními opatřeními lze dosáhnout využitím retence v několika vodních nádržích. Jako nejvhodnější se jeví kombinace účinku vodních nádrží a agrotechnických opatření.

### **Akumulace vody v nádržích a nadlepšování průtoků**

Z uvedeného rozboru vyplývá, že v povodí Rakovnického potoka a zřejmě i v povodích s obdobným režimem srážek lze za účinný prostředek zvětšení akumulace vody v povodí, potenciálně využitelné pro zmírnění projevů hydrologického sucha, považovat akumulaci vody v nádržích se zásobní funkcí, případně posílení vodních zdrojů či průtoků převáděním vody z jiného povodí.





**Obrázek 3** Nádrže navržené v povodí Rakovnického potoka

Na základě provedených průzkumů a posouzení z hlediska velikostí průtoků bylo vybráno celkem osm lokalit, v nichž přichází v úvahu výstavba malých vodních nádrží s akumulací (Obrázek 3). Nádrže jsou navrženy na Rakovnickém potoce a jeho hlavních přítocích tak, aby bylo možné kontrolovat odtok z podstatné části celého povodí.

Pro současné hydrologické podmínky činí nadlepšení účinkem všech navržených nádrží 190 l/s. Lze však předpokládat, že ne všechny navrhované nádrže budou vybudovány. Proto byl počet redukován na čtyři nádrže, které by zajistily nadlepšení průtoku v Rakovnickém potoce asi o 80 l/s, což pro současné hydrologické podmínky představuje podstatné zvětšení minimálních průtoků Rakovnického potoka v Rakovníku.

Pokud by se klimatická změna v povodí Rakovnického potoka projevovala dalším oteplováním bez zvětšení množství srážek, klesaly by dále přirozené i nádržemi ovlivněné minimální průtoky. Při vzrůstu teploty o 2 °C by nadlepšení kleslo o 37 % (pro redukovanou soustavu), tj. na 50 l/s, což by ještě režim minimálních průtoků znatelně zlepšovalo. Při zvýšení teploty o 4 °C by uvažovaná redukována soustava zajišťovala nadlepšení o 37 l/s. Při takových podmínkách by již bylo nutné soustavu nádrží posílit převodem vody z jiného povodí.

Je také nutné uvést, že výše uvedené platí za předpokladu, že by v povodí Rakovnického potoka nedocházelo ke zvětšování odběrů vody pro závlahy. Přitom podle studie Dostála a kol. (2008) je velmi pravděpodobné, že další oteplování vyvolá zvýšení spotřeby vody pro závlahy chmele. Proto bude nutné řešit problémy vodohospodářské bilance převodem vod z Ohře.

### **Převody vody**

Reálnou alternativou k výstavbě akumulčních nádrží představuje posílení vodohospodářské bilance převodem vody z jiného povodí. V rámci studie byly posouzeny dvě varianty, které využívají převod vody z Ohře, a to buď z nádrže Nechanice, nebo odběrem v profilu pod přítokem Blšanky. Při kapacitě 60 l/s jsou investiční náklady srovnatelné s těmi na vybudování soustavy nádrží.

Pro řešení problémů vznikajících při téměř nulovém průtoku Rakovnického potoka v Rakovníku byla posouzena i možnost převodu vody uvnitř povodí Rakovnického potoka. Ukázalo se však, že by tímto

způsobem nebylo možné zajistit dostatečné ředění odpadních vod vypouštěných z ČOV Rakovník. Určitého zlepšení by bylo možné dosáhnout doplněním akumulární nádrže, do níž by byla voda čerpána.

## 1.4 OPATŘENÍ NA TOCÍCH, REVITALIZACE, RENATURACE

### 1.4.1 **Současný stav**

Nedávné změny v krajině a na tocích vychází z potřeby snížení dopadů povodní, které se v posledních 20 letech vyskytovaly častěji než dříve. První povodně byly zejména říční. Deště trvaly několik dní, zasáhly území několika okresů a důsledky měly na území kolem řek v několika krajích. V posledních cca 5 až 10 letech se do popředí zájmu dostaly povodně z přívalových srážek, které vznikají z intenzivních krátkodobých dešťů trvajících v řádu minut až hodin na menším území velikosti několika obcí. Tématem posledních cca 3 let je stav, kdy množství srážek nestačí zejména k zabezpečení požadavků na hygienický, chemický a ekologický stav vodních toků, doplňování kolektorů podzemních vod a udržování potřebného stavu vlhkosti v půdě pro účely zemědělského využití. Stát na nastalé skutečnosti reaguje řadou strukturálních a organizačních opatření včetně osvěty odborné a laické veřejnosti. V posledních dvou dekadách se v oblasti protipovodňových (PPO) a protierozních (PEO) opatření proinvestovaly nemalé částky. V případě úprav na značných plochách v zemědělské krajině a lesích se PPO a PEO vyvíjí od techničtějších a geometricky pravidelných návrhů opatření používaných zejména ve 2. polovině 20. století k tzv. přírodně blízkým opatřením. Tento pojem ani další používané termíny (technická úprava toku, polotechnická úprava toku) nejsou nikde závazně definovány (norma, zákon, vyhláška apod.). Jedná se tedy o subjektivní rozdělení podle charakteru cíle opatření a materiálů použitých k realizaci návrhu. V praxi je často využíváno několik málo aktuálně módních opatření vyhovujících stávajícím dotačním programům, u kterých je velká pravděpodobnost, že budou realizována. Takové návrhy často slibují velké množství funkcí, které pak mohou mít v praxi protichůdné požadavky a některé z nich nejsou naplněny. Realizovatelnost ovlivňuje několik vlivů: účinnost opatření, ekologická přínosnost, estetická hodnota, cena a časová náročnost stavby, technická náročnost a pracnost výstavby, plošná náročnost, náročnost na údržbu, aj.

Vodní režim krajiny je často negativně ovlivněn technickými úpravami vodních toků, nevhodným obhospodařováním zemědělské půdy a nárůstem zpevněných ploch. V souhrnu tyto faktory významně snižují retenční schopnosti krajiny. Jako příklad lze použít srovnání dvou toků se shodnými fyzickogeografickými parametry, avšak odlišným způsobem využívání krajiny (extenzivní / intenzivní) a ovlivněním morfologie toku (zachovalý / degradovaný). Zachovalý tok v extenzivní krajině má při srovnání s odstavenými rameny v říční nivě mírně odlišné hodnoty a režim fyzikálně chemických parametrů, v případě degradovaného toku je tento rozdíl markantní. Podobně je tomu s vodními organismy. Rozdíl ve vodním režimu krajiny zde byl patrný v průběhu roku 2015/2016. Vodní stav byl v extenzivně využívané krajině nižší, avšak nedošlo k vyschnutí, ani tvorbě izolovaných tůní, v intenzivně využívané krajině došlo k úplnému vyschnutí dvou ze tří lokalit od července 2015 do ledna 2016.

Rozvoj nového oboru vodohospodářských revitalizací u nás komplikovala nedostatečná odborná a organizační připravenost vodního hospodářství, které je velmi konzervativní a nechce se odpoutat od přežitých způsobů hospodaření s vodou v krajině a úprav vodních toků, které se zformovaly někdy v polovině minulého století. Podle tohoto vodohospodářského paradigmatu měla být krajiny říčních a

potočních niva přeměněna na ryze technický geosystém, řízený a fungující výhradně podle požadavků vodohospodářů. Říční síť měla být přeměněna ve víceúčelové vodohospodářské soustavy, složené z vodohospodářských uzlů. Fungování vodohospodářských soustav měla zajistit akumulace vody v přehradních nádržích a její neškodný odtok kapacitně přizpůsobenými koryty regulovaných řek, ohrázených tak, aby byly pokud možno zcela omezeny rozlivy v nivách. Negativní důsledky tohoto technicistního přístupu, projevující se narušením říčního kontinua a poklesem biodiverzity, byly chápány jako nutné zlo, kterému se v kulturní krajině nelze vyhnout. Dalším nepříznivým vlivem je pozemková politika státu (ONLINE 18), kdy nejsou pozemky vhodné pro revitalizace a další veřejné zájmy (např. realizace soustavy ÚSES) alokovány pro tyto účely, ale dojde k prodeji za účelem jiného využití.

Přínos samovolného vývoje toku bývá často zmařen samoučelně prováděnou údržbou vodohospodářských úprav. Dnes by již nemělo být přípustné provádět čištění koryt, které spočívá v odtěžení náplavů a probírce břehových porostů. Odstraňování usazenin bývá označováno za obecnou povinnost správců toků, to je však deformovaný výklad zákona o vodách. Ten v § 47, odst. 2 říká, že povinností správce toku je „...udržovat koryta vodních toků ve stavu, který zabezpečuje odvádění vody, a přitom se co nejvíce blíží přírodním podmínkám ...“ (ONLINE 18).

Proto je absurdní, že u nás na jedné straně probíhají poměrně nákladné, úplné technické revitalizace a na druhé straně, ve srovnatelných situacích se provádí zbytečné provozní opravy a úpravy, které maří efekty dosahované samovolnou renaturací. V přírodních nebo přírodě blízkých korytech působí i mimořádně silné povodně jen vcelku malé změny. Ty vyžadují nanejvýš odstranění soustředěných návalů naplavenin. Naproti tomu ve srovnatelných úsecích, ale technicky upravených, dochází mnohdy k úplné destrukci, která se pak s vynaložením velkých prostředků navrácí do kolaudačního stavu. U nás stále převažuje ve vodohospodářské praxi přesvědčení, že veškeré změny při povodních jsou negativní a je zapotřebí obnovit původní stav a to včetně těch technických úprav, které se právě při povodních zjevně neosvědčily (ONLINE 18). Drobné toky byly často dimenzovány na kapacitu povodně s dobou opakování 2 roky a mnohdy i více.

Revitalizace (a její podmnožina renaturace) vodních toků je vodohospodářská činnost směřující k obnově přirozených tvarů a funkcí vodních toků a jejich niv. Rozmanitými způsoby je při revitalizacích obnovován prostorový rozsah vodních toků, jejich tvarová a hydraulická členitost, rozsah přirozeně zaplatitelných území. V organizačním smyslu dnes pojmu revitalizace používáme hlavně investiční opatření tohoto směru. Jedná se vždy o umělý zásah do přírodních procesů. Tento zásah by měl mít více pozitivních přínosů než negativního snížení bezpečnosti obyvatelstva nebo poškození ekosystému. Dle míry zásahu lze rozlišovat mezi technickými revitalizacemi (velký zásah) až po renaturace (menší nebo žádný zásah).

Opatření by měly zlepšovat ekologický stav a ekologickou stabilitu vodního toku, což je stav vodního toku definovatelný v aspektu morfologickém, hydrologicko-hydraulickém, chemickém a biologickém. Vzorem příznivého ekologického stavu je přírodní vodní tok nezměněný technickými úpravami, s nezměněným, přirozeným průtokovým a splaveninovým režimem, s přirozeným chemismem a nenarušenou biotou (oživením).

Opatření by měla zlepšovat morfologický stav vodního toku, což je aspekt ekologického stavu vodního toku. Příznivý morfologický stav vodního toku se vyznačuje hlavně přirozeně velkým prostorovým rozsahem a přirozeně velkou tvarovou a hydraulickou členitostí. Došlo by tak nápravě negativních důsledků nevhodně provedených pozemkových úprav.

Měla by být zajištěna ochrana fluviálních procesů, tzn. ochrana stávajících úseků vodních toků a niv, kde probíhají fluviaální procesy odpovídající geomorfologickému (GMF) typu toku. Jedná se zejména o pravidelné záplavy do nivy, stav koryta toku kapacitně odpovídajícího příslušnému GMF typu, přítomnost říčních ramen v nivě, vytváření morfologických struktur charakteristických pro jednotlivé geomorfologické typy, atd. Měla by být chráněna fungující retence záplavových území.

Břehová vegetace (travný a dřevinný porost) má příznivý vliv na kyslíkový a teplotní režim a na procesy čištění. Doprovodné porosty a ochranné pásy a zajišťují podmínky pro biologické oživení toků. Výsledky lze sledovat ve vývoji makrozoobentosu. Zásahy by měly zlepšit samočistící schopnost vodního prostředí. Opatření částečně omezí negativní vlivy nevhodného obhospodařování půdy a velkoplošného odvodnění.

Návrhy by měly zlepšovat migrační prostupnosti koryta a zvyšovat biodiverzitu zvýšením členitosti koryta, čímž by se měla obnovit přirozená funkce vodních toků a jejich koryt včetně hydrologického režimu.

Příznivé účinky revitalizačních opatření by neměly být poškozovány rušivými vlivy. Rušivým vlivem může být zhoršená kvalita vody v toku. Přestože čistírny odpadních vod (ČOV) vyhovují aktuálně platným limitním odtokovým koncentracím, nemusí to v některých případech dostačovat. Většího zlepšení kvality vody na odtoku z ČOV někdy není možné technicky dosáhnout, případně by takové řešení bylo z ekonomického hlediska provozně náročné. Nepříznivá kvalita vody neumožňuje vznik hodnotných biotopů a společenstev organismů v toku nebo nivě, i když pro to revitalizace vytvořila vhodné morfologické podmínky. Dalším rušivým vlivem je nadměrný přísun erodovaného materiálu z povodí. Jemné plaveniny mohou poškozovat hodnotné biotopy, např. zabahněním šterkových koryt a některé revitalizační objekty mohou objemově zanášet. Problémem řady našich toků je nedostatek „čistých“ šterkových splavenin. Problémem pozorovaným na sledovaných vodních tocích, zejména v intenzivně využívané zemědělské krajině je nepřítomnost, nebo nedostatečná šířka nárazníkového pásu, který by snížil dopad eroze z okolních pozemků a dopad hnojení a chemické ochrany rostlin. Tento nedostatek se projevuje na snížení revitalizačního efektu vlivem zhoršené jakosti vod na vodních tocích. Pokud se očekává, že nepříznivé jevy výrazně sníží účinek revitalizace, měly by se před provedením revitalizace provést potřebné úpravy nebo v opačném případě dočasně od revitalizačního záměru upustit.

#### 1.4.2 Revitalizace

V literatuře se objevují pojmy jako technická, polotechnická nebo přírodě blízká opatření. Tyto pojmy nejsou jednoznačně definovány v normě nebo legislativě a jedná se pouze o subjektivní pohled na navrhovaná řešení. Někdo si pod pojmem technická opatření může představovat umělé kanály z betonových panelů, někdo těžký kamenný zához patky v korytě lichoběžníkového tvaru. Přírodě blízká opatření mohou navozovat dojem přirozenosti v daném místě, ale pod tímto pojmem se může skrývat také použití nepřirozeně ostrého lomového kamene, který byl dovezen do šterkonosného toku nebo přírodního materiálu nepůvodního pro danou lokalitu. Proto je vhodnější používat pojmy jako revitalizace, případně renaturace.

**Revitalizace** jsou stavebně-technická opatření zaměřená na odstranění nepříznivých dopadů dřívějších úprav vodních toků a niv a jejich navrácení do přírodě blízkého stavu (Králová, 2008). Předpokládáme definovaný cílový stav vývoje toku, nivy a jejich bioty. Aktuálně jsou vytvářeny umělé zásahy a budovány umělé prvky ve vodních tocích, které mají inicializovat přírodní procesy (vymílání,

zanášení, zarůstání vegetací, vznik mrtvého dřeva), ale které se mají vytvářet na předem definovaných plochách (pozemcích) nebo ve vymezeném pásu. Revitalizace toků je proces, při němž dochází k obnově (řízené přeměně) technicky nevhodně upravených koryt vodních toků do jejich přírodě blízkého stavu. **Komplexní revitalizace** mají přínos ve změně morfologie a podmínek pro vodní biotu i změny v návazných biotopech. Pouze **částečné revitalizace** (vodní toky v intenzivně obhospodařované zemědělské krajině) mají nízký přínos pro změnu ekologického stavu vodních toků, nicméně se řadí mezi hlavní prvky ekologické stability krajiny, slouží jako refugium pro faunu a flóru, jež není bezprostředně vázána na vodní tok. Obecně jsou revitalizace spíše lokální a ojedinělé akce v krajině, mnohdy projekčně i realizačně a organizačně náročné.

**Renaturace** vodních toků je převážně samovolná obnova přirozených tvarů a funkcí vodních toků a jejich niv. Renaturace může být pozvolná, povodňová nebo usměrněná zásahy do toku, zejména odstraněním stávajících stabilizačních prvků. **Pozvolná (samovolná) renaturace** je realizována přirozeným rozpadem umělých technických opevnění a příčných objektů (přehrážky, jezy), vymíláním a zanášením upravených koryt splaveninami a zarůstáním koryt bylinami a dřevinami. Je vítána umírněná boční eroze, nikoliv však hloubková eroze. **Povodňové renaturace** probíhají během krátkého trvání vysokých vodních stavů a průtoků (povodně). S výjimkou případů nadměrného zahlubování koryt vymíláním lze renaturace vnímat jako zásadní příznivý faktor zlepšování morfologického stavu vodních toků. Renaturační procesy lze podporovat dílčími revitalizačními opatřeními a vhodně orientovanou správou a údržbou vodních toků. Na rozdíl od revitalizací, renaturace probíhají trvale a celoplošně. Mohou zásadně příznivě ovlivnit stav vodních toků, což je snadnější ve volné krajině než v zastavěných územích.

Návrhy opatření s cílem zasakování do podzemní vody je vhodné umísťovat do míst k tomu vhodných. Na stránkách (ONLINE 20) je ke stažení mapa potenciálního vsaku (infiltrace) ČR v rámci Programového období 2014-2020 Operačního programu životní prostředí. Lze zde nalézt mapu ČR s vymezenými oblastmi dle infiltrace (vysoká až velmi vysoká, střední, nízká až velmi nízká, nivy, spraše, bez informací). Spraše jsou samostatnou kategorií, neboť ztrácí pevnost v důsledku zvýšení jejich vlhkosti a následně prosedají. Kategorie „bez informací“ zahrnuje výsypky, deponie, haldy, rašeliniště, mokřady a slepá ramena, kde není dostatek informací pro stanovení infiltrace. Při tvorbě mapy byly syntetizovány tři dílčí vrstvy: zranitelnost horninového prostředí, zranitelnost půdy, vláhová bilance s váhami v poměru 50:40:10 (ONLINE 21). Navržená opatření proti suchu, kde se předpokládá, nebo je cílem, interakce s hladinou podzemní vody, by tedy měla být realizována na územích s co nejvyšší infiltrací.

## 1.5 MOKŘADY

### **Mokřady v krajině**

Mokřady a břehové zóny podél vodních toků plní podle Hattermanna et al. (2008) tyto hydrologické a ekologické služby a funkce:

- zadržení vody během mokřých období a protipovodňová ochrana,
- rezervoár vody během suchých období,
- zadržení sedimentů a přidružených polutantů (jejich uložení),
- zadržení nutrientů (absorpce, denitrifikace) a polutantů na jejich cestě do říčního systému,
- zajištění přirozeného prostředí pro rybníkářství,

- zachování biologické diverzity.

Mokřady patří také mezi nejúčinnější prvky pro obnovu krátkého vodního cyklu v krajině. Živiny a látky unášené vodou se zde využívají a usazují, neodcházejí z povodí, recyklují se. Půda se samozřejmě také dosycuje vodou (Pokorný a Eiseltová 1998). Podle Hattermanna et al. (2008) mokřady představují rozhraní mezi suchozemským ekosystémem a povrchovou vodou v říčním povodí. Mají vyrovnávací a filtrační funkci průtoku vody, sedimentů a rozpuštěných nutrientů a polutantů. Zmírňují dopady povodní, zlepšují kvalitu vody ve vodních tocích, zmírňují dopady sucha a redukuje proces eroze.

### Změny mokřadů v kontextu krajiny

Z naší krajiny mokřady, nepočítáme-li rybníky a některé lokality ve zvláště chráněných územích, takřka vymizely (Hudec et al. 1995). S intenzifikací zemědělství rostla v ČR míra i plošný rozsah odvodnění, následkem toho za uplynulých 60 let zmizelo 950 000 ha mokřadů. Nyní končí životnost některých drenáží na zemědělské půdě a taková území se navrací do zamokřeného stavu, což znamená snížení úrodnosti, zakyselení a neobdělávatelnost zemědělskou technikou (Vopravil et al. 2015). Historické porozumění vzniku mokřadů a jejich dynamice je základním předpokladem pro efektivní opatření pro jejich management, ochranu a obnovu (Meyer et al. 2015). Nicméně, pozitivní role mokřadů byla podceňována a tudíž v průběhu 20. století byly celosvětově plochy odvodňovány a to velmi extenzivně. Zejména pro zemědělské využití a jiné účely. Je odhadováno, že bylo ztraceno 1,9 x 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup> z celosvětových přírodních mokřadů (Mayer a Turner 1992). Gimmi et al. (2011) analyzoval změny lokalizace mokřadů za posledních 150 let v kantonu Zürich ve Švýcarsku za použití informací z historických a současných topografických map. Rozloha mokřadů zde dramaticky poklesla z 13 759 ha v roce 1850 (více než 8 % studovaného území) na 1 233 ha v roce 2000 (méně než 1 %). V roce 1850 téměř všechny plochy mokřadů byly spojeny do dvou velkých sítí. Navzdory rozsáhlé ztrátě mokřadů, zůstaly tyto sítě zachovány až do roku 1950, pak ale byly degradovány do mnoha středně velkých a malých sítí, sestávajících pouze z několika plošek mokřadů. Budoucí snahy o obnovu mokřadů v tomto území by se měly zaměřit na obnovení propojení mezi zůstávajícími menšími mokřadními sítěmi. Rozsáhlé oblasti mokřadních ploch lidé nevnímali jako zdroj výrazné hospodářské prosperity. Možností, jak potenciál území, z hlediska hospodaření, lépe využít, bylo území odvodnit a intenzivně zemědělsky využívat. Tyto tendence byly v menší míře uplatňovány ještě dříve než v 19. a první polovině 20. století, kdy nadešel trend velkoplošných meliorací. McCauley a Jenkins (2005) zkoumal mokřady ve státě Illinois. Před osídlením této krajiny Evropany bylo 23 % státu Illinois (3,2 milionu ze 14 milionů ha) pokryto mokřady. Je odhadováno, že 90 % těchto mokřadů bylo vysušeno během přeměny krajiny pro zemědělské využití a osídlení. K odhadu prostorového rozšíření, hustoty a velikosti bývalých i dochovaných mokřadů byl použit GIS. Výsledkem analýz byl odhad, že 1 077 až 4 090 mokřadů dříve lokalizovaných v této oblasti, tj. 78,6 – 91,6 %, bylo vysušeno. Prostorové uspořádání v rámci mokřadů se také změnilo. Přesné modelování umístění dřívějších mokřadů v GIS může být hodnotným výchozím nástrojem pro ochranu mokřadů a pro úsilí o jejich obnovu. V ČR se zastoupením mokřadů v krajině zabývala např. Trpáková (2013) v rámci výzkumného úkolu týkajícího se obnovy krajinných funkcí na Sokolovsku a Karlovarsku. Jedním z výstupů byl kartogram zastoupení bažinatých pozemků v historických katastrech řešeného území. Mokřady na Třeboňsku se zabývala Hamáčková a Vačkář (2015). Mokřady v evropském kontextu s ohledem na klimatickou změnu se zabývala Čížková et al. (2013). Richter a Skaloš (2016) se v případové studii zabývali sledováním změn mokřadů v krajině nížin a pahorkatin ČR mezi lety 1843-2015. Jako podklady byly

použity historické mapy stabilního katastru, současná ortofotomapa a GIS vrstvy aktuální lokalizace a klasifikace různých typů krajinného pokryvu. Rozloha mokřadů dramaticky poklesla z 5 762 ha v roce 1843 (více než 9,5 % řešeného území) na 54 ha v roce 2015 (0,9%). Zatímco převážnou část rozlohy historických mokřadů tvořily mokré louky (89 %), v současnosti zauímají největší plochu mokřadů bažiny a močály (48 %). Polovinu plochy zmizelých mokřadů zaujala orná půda, proto lze sledované změny přičíst na vrub zejména zvyšování produkce zemědělské výroby.

## 1.6 OPATŘENÍ NA LESNÍ PŮDĚ

Fenomén sucha v lesích vychází z obecné definice sucha ([www.intersucho.cz](http://www.intersucho.cz)), když dochází ke kombinaci deficitu srážek (oproti dlouhodobému průměru) v dané oblasti (meteorologické sucho), projevující se poklesem disponibilního množství vody v půdě (zemědělské sucho), povrchové a podzemní vody (hydrologické sucho). Na tuto kombinaci jevů reagují lesní porosty rozdílně. Jednak podle ekologické valence druhu a jednak podle růstové fáze. Nejrychleji reagují prostokořenné sazenice po výsadbě, s dlouhodobou setrvačností pak reagují porosty dospělé. Podobně je tomu u porostů s nevhodnou druhovou skladbou, které reagují rychleji než porosty se skladbou přírodě blízkou. Vyšší zranitelnost vykazuje hospodářský způsob pasečný než podrostní či s bohatou strukturou. Pokud jde o tvar lesa, tak jevu sucha lépe odolává tvar lesa nízký. Ten je omezen ekologickými nároky druhu dřeviny (lípy, duby, habry, buky apod.).

Potenciál odolnosti lesních porostů proti suchu je tedy podmíněn **ekologickými limity lesních dřevin, vlastnostmi půdy a klimatickými podmínkami, především stresovými faktory**. Rozhodující je ekologická stabilita lesního ekosystému, tj. schopnost vyrovnat se, se změnou environmentálních podmínek. Podstatnou myšlenkou je zdůraznění neoddelitelné vazby jednotek potenciální přirozené vegetace s charakteristikami klimatu (Tüxen, 1956, Moravec, 1998).

### **Klimatické podmínky**



Platí princip, že ve vyšších nadmořských výškách je limitujícím faktorem teplota, srážek je relativní dostatek. V nižších polohách jsou naopak limitujícím faktorem převážně srážky. Negativní vliv zvýšené teploty se zde projevuje prostřednictvím zvýšené evapotranspirace. Klasifikace klimatu v lesních ekosystémech je charakterizována vegetační stupňovitostí – lesními vegetačními stupni (LVS). LVS jsou dále podmíněny charakterem mezoklimatu (topoklimatu) za spolupůsobení některých vlastností ekotopu. Jde tedy o celý komplex podmínek ovlivňujících výsledný poměr klimaxových dřevin.

Zdrojovým materiálem pro vymezení klimatických charakteristik LVS byly podklady ČHMÚ ve spolupráci s Centrem výzkumu globální změny AV ČR. Odvozená klimatická data byla zpracována pro zonální LVS (Pojar et al., 1987) v rámci přírodních lesních oblastí (PLO) (Janouš et al., 2011, Plíva, Žlábek, 1986). Pracovníky brněnské pobočky ČHMÚ byly spočítány prostorové průměry základních klimatických charakteristik (průměrná denní teplota, denní úhrn srážek) pro období A (1961 - 1990) a pro období B (1991 – 2009) pro zonální LVS, vyskytující se v jednotlivých PLO. S využitím těchto podkladů byly zpracovány analýzy řídicích LVS pro jednotlivé PLO a navrženy varianty klimaticko-vegetačních segmentů (KVS - Macků, J., 2012, 2014). Normální varianta KVS předpokládá vyrovnaný průběh průměrné teploty a srážek, varianta xerická představuje nízké teploty a omezené srážky, varianta ombrická pak je ve prospěch srážek.

Celkem je vymezeno 7 KVS s 3 variantami (Tabulka , Obrázek 3): varianta xerická (3), normální (5) a ombrická (5).

Tabulka 4 Zastoupení řídicích lesních vegetačních stupňů v přírodních lesních oblastech (PLO, roční srážky mm, průměrné teploty °C)

| PLO* | LVS   | srážky | teploty | PLO   | LVS    | srážky | teploty | PLO    | LVS | srážky | teploty |
|------|-------|--------|---------|-------|--------|--------|---------|--------|-----|--------|---------|
| 35   | 1     | 535,0  | 9,9     | 31    | 3      | 718,4  | 8,2     | 1      | 5   | 818,2  | 7,3     |
| 2b   | 2     | 586,8  | 9,1     | 32    |        | 670,7  | 9,0     | 11     |     | 816,9  | 7,4     |
| 8b   |       | 544,2  | 8,9     | 33    |        | 566,3  | 8,6     | 12     |     | 728,0  | 7,0     |
| 15a  | 2     | 597,7  | 8,7     | 36    | 640,8  | 9,2    | 29      | 766,9  | 7,1 |        |         |
| 17   |       | 616,9  | 9,2     | 37    | 694,9  | 9,0    | 23      | 908,3  | 6,7 |        |         |
| 34   |       | 584,7  | 8,7     | 38    | 805,0  | 8,3    | 28      | 915,4  | 6,7 |        |         |
| 8a   | 3     | 578,0  | 8,5     | 39    | 793,6  | 8,8    | 40      | 1238,8 | 6,8 |        |         |
| 4    |       | 651,5  | 7,9     | 2a    | 657,5  | 7,9    | 41      | 1026,5 | 7,5 |        |         |
| 5a   |       | 661,0  | 8,0     | 5b+c  | 689,9  | 7,3    | 3       | 832,5  | 6,4 |        |         |
| 6    | 612,9 | 8,2    | 7       | 662,2 | 8,0    | 14     | 889,0   | 6,4    |     |        |         |
| 9    | 532,7 | 8,3    | 16      | 701,6 | 7,6    | 24     | 836,3   | 6,0    |     |        |         |
| 10   | 618,4 | 8,3    | 19      | 796,6 | 8,3    | 21     | 1231,8  | 5,7    |     |        |         |
| 15b  | 3     | 633,4  | 8,3     | 20    | 903,2  | 8,1    | 22      | 1265,5 | 5,3 |        |         |
| 18   |       | 684,3  | 8,2     | 26    | 833,8  | 7,7    | 25      | 1165,5 | 5,9 |        |         |
| 30   |       | 597,9  | 8,5     | 13    | 1220,2 | 4,9    | 27      | 1094,4 | 5,1 |        |         |

PLO\* ozn  představují zastoupení varianty xerické  
 představují zastoupení varianty ombrické

Každé variantě KVS je přiřazen vůdčí LVS a z toho plynoucí vymezení limitujících faktorů teplot a srážek. Dokumentované výsledky umožňují rovněž predikci v souvislosti s posunem LVS, jako dopadu globální klimatické změny. Podrobně tak lze sledovat trend změn LVS v jednotlivých variantách KVS a preferovat tak postup a výběr následných opatření. Tato následná zjištění umožňují případnou aplikaci na adaptibilitu lesních porostů v souvislosti se scénáři globální klimatické změny na exaktním základě.

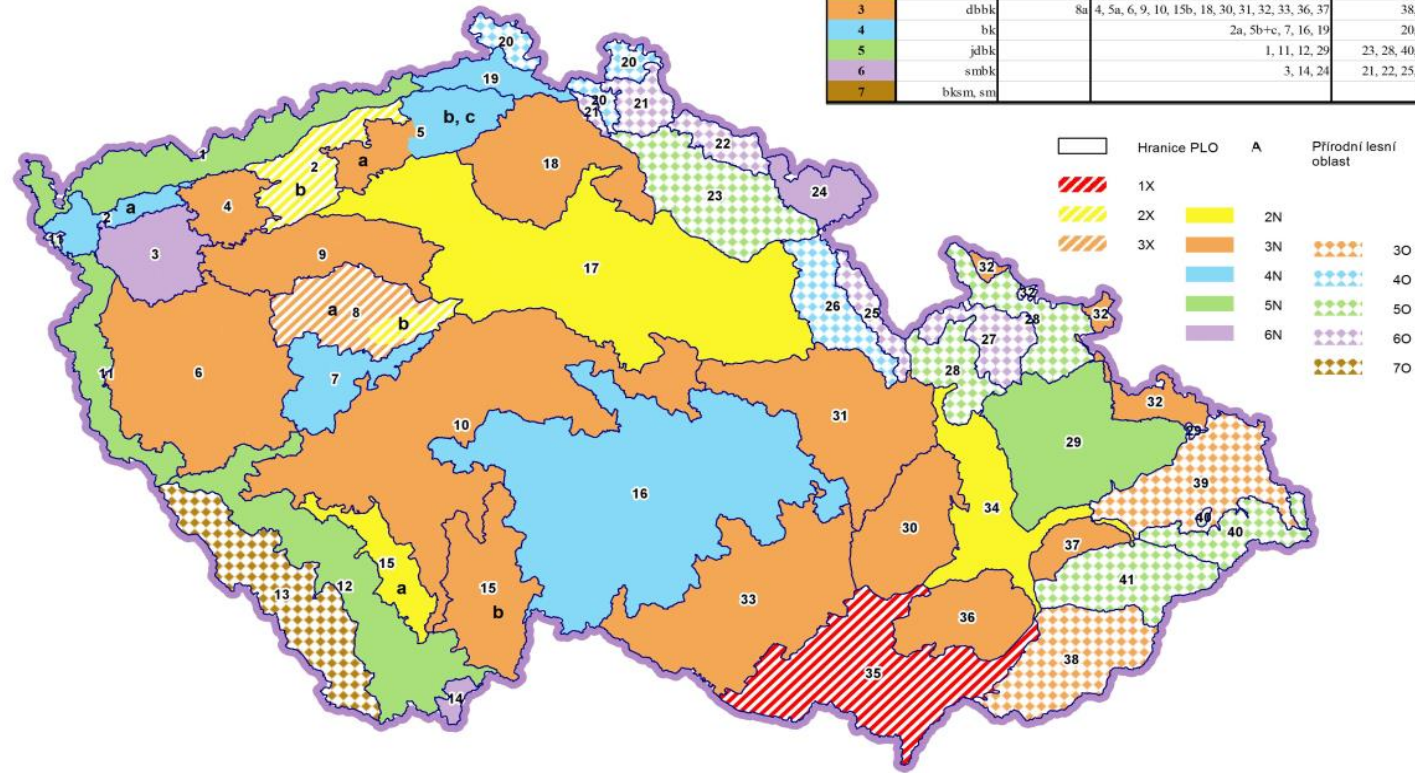
Máme-li kvantifikovat ohrožení suchem (porostní půdy) dle KVS, pak od **nejvyššího ohrožení suchem** jsou varianty seřazeny následovně:

- xerická (rozloha celkem 105 887 ha, 4,1%),
- normální (1 885 363 ha, 69,9%),
- ombrická (671 942 ha, 26,0%).

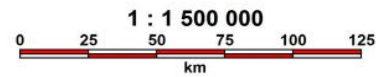


### Klimaticko-vegetační segmenty lesních vegetačních stupňů

| název | KVS      | označení | varianta |  |                |
|-------|----------|----------|----------|--|----------------|
|       |          |          | Xerická  | Normální   | Ombriická      |
| 1     | db       |          | 35       |  |                |
| 2     | bkd      | b        | 2b, 8b   | 15a, 17, 34                                      |                |
| 3     | dbbk     | a        | 8a       | 4, 5a, 6, 9, 10, 15b, 18, 30, 31, 32, 33, 36, 37 | 38, 39         |
| 4     | bk       |          |          | 2a, 5b+c, 7, 16, 19                              | 20, 26         |
| 5     | jdbk     |          |          | 1, 11, 12, 29                                    | 23, 28, 40, 41 |
| 6     | smbk     |          |          | 3, 14, 24  | 21, 22, 25, 27 |
| 7     | bksm, sm |          |          |  | 13             |



Zpracoval a vytiskl ÚHÚL Brandýs nad Labem, pobočka Brno  
srpen 2012



Autoři: Dr. Ing. Jaromír Macků, Ing. Robert Doležal

Obrázek 3 Mapa rozložení klimaticko-vegetačních stupňů na území ČR

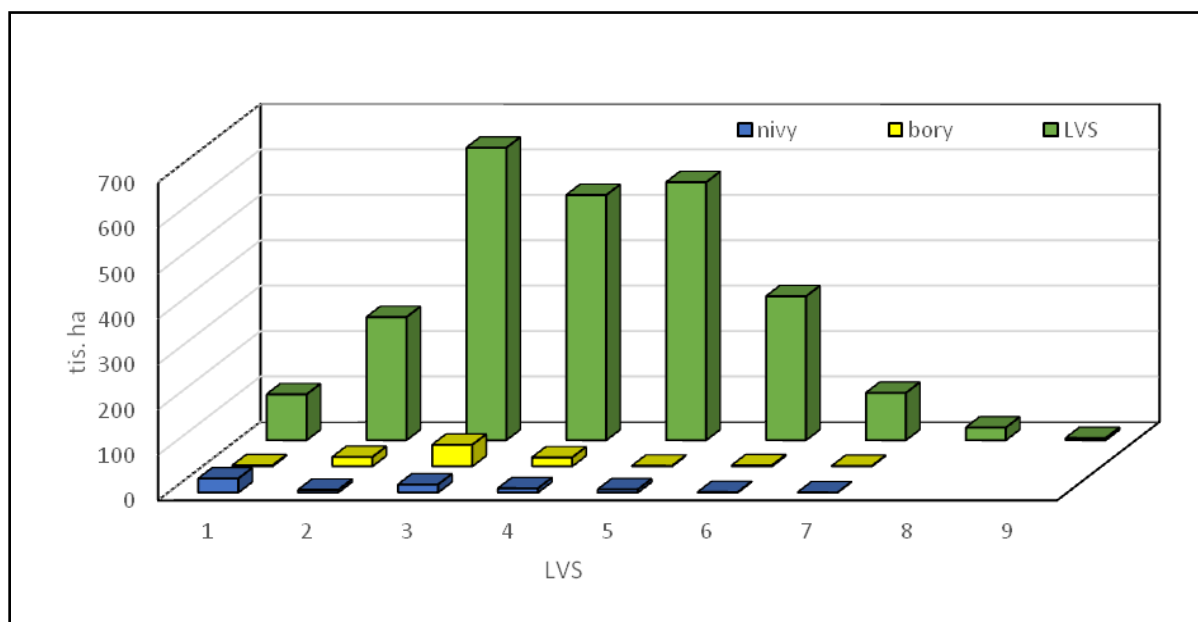
## Ekologické limity dřevin

Hlavními determinátory rozdílů výškového a expozičního klimatu jsou na prvním místě stromovité synusie hlavní úrovně přirozených lesních cenóz, reagující rozhodným způsobem na délku vegetační doby a na případné negativní vlivy klimatu (Zlatník, 1976). Dřevinnou skladbou charakterizované LVS jsou základními jednotkami pro nepřímé vyjádření výškového klimatu (vertikální stupňovitosti). Pro označení LVS je rozhodující dřevinná skladba ekologické živné řady (Tabulka , Obrázek 4), kde je kromě výraznější diferenciacce bohatých fytoocenóz i přímější závislost na výškovém klimatu. Dochází tak k vymezení zonálních LVS, které ctí posloupnost nadmořské výšky (Obrázek 5).

Tabulka 5 Rozloha lesních vegetačních stupňů (LVS) klasifikačního systému lesnické typologie na území ČR

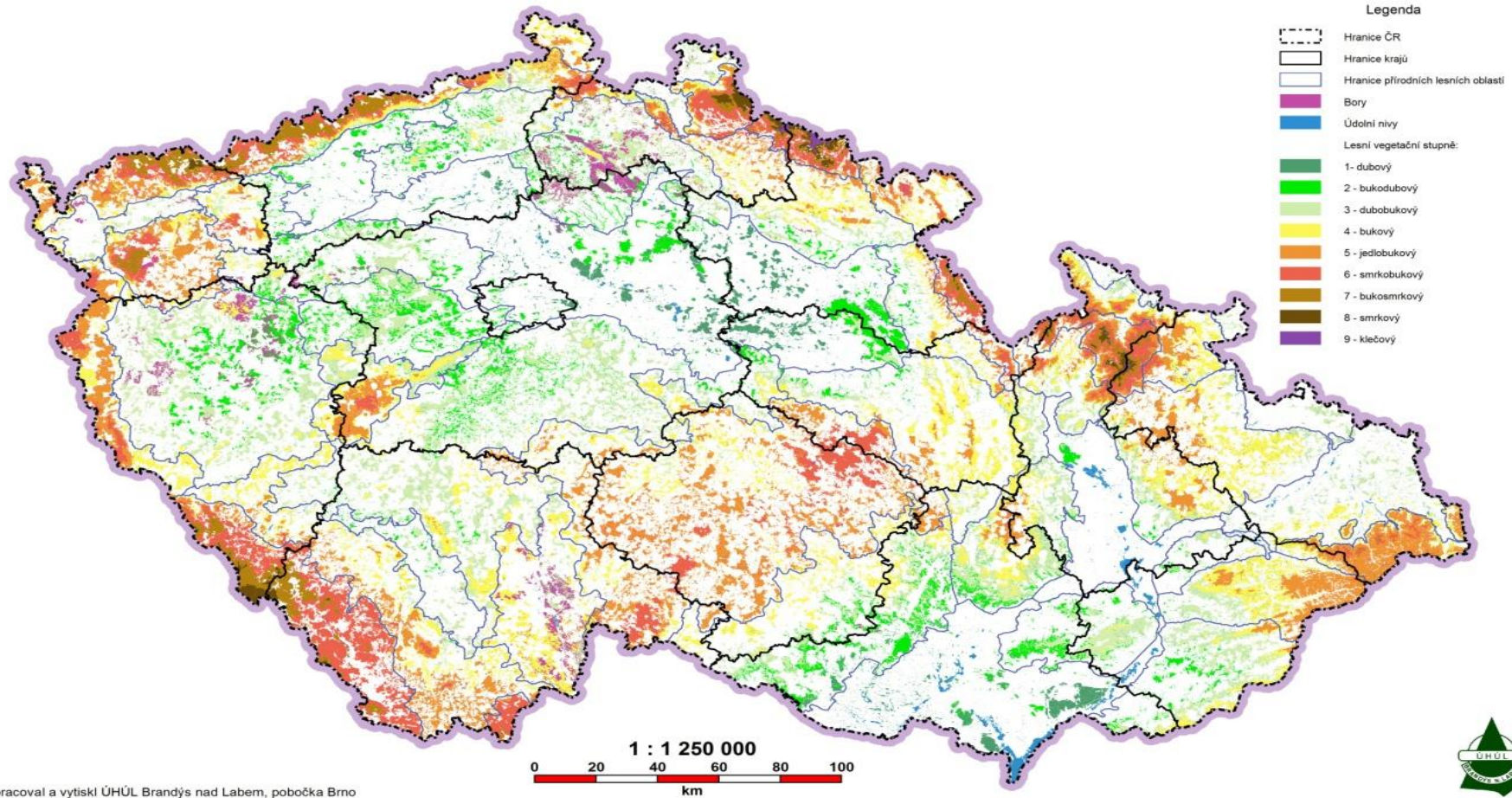
|    | LVS         | LVS         | bory     | nivy      | Celkem      | %     |
|----|-------------|-------------|----------|-----------|-------------|-------|
| 1. | dubový      | 100 909,3   | 2 034,4  | 30 755,7  | 133 699,4   | 3,9   |
| 2. | bukodubový  | 270 986,1   | 20 311,9 | 5 877,0   | 297 175,0   | 10,5  |
| 3. | dubobukový  | 644 059,8   | 4 733,9  | 17 662,4  | 709 061,2   | 25,0  |
| 4. | bukový      | 53 980,7    | 19 461,8 | 9 217,2   | 568 486,0   | 20,9  |
| 5. | jedlobukový | 568 047,3   | 979,7    | 6 810,7   | 575 837,7   | 22,0  |
| 6. | smrkobukový | 316 739,4   | 2 177,6  | 768,6     | 319 685,6   | 12,3  |
| 7. | bukosmrkový | 104 016,3   | 531,3    | 62,9      | 104 610,5   | 4,0   |
| 8. | smrkový     | 2 757,4     |          |           | 2 757,4     | 1,1   |
| 9. | klečový     | 4 675,8     |          |           | 4 675,8     | 0,2   |
|    | ha          | 2 576 815,0 | 92 835,7 | 71 154,5  | 2 740 805,2 | 100,0 |
|    |             |             |          | 163 990,2 |             |       |
|    | %           | 94,0        | 3,4      | 2,6       |             | 100,0 |

\* bory (0) a nivy nejsou součástí zonálních LVS vzhledem k jejich specifickým půdním podmínkám, podmiňující azonální charakter ekotopu



Obrázek 4 Podíl jednotlivých lesních vegetačních stupňů (LVS) v ČR

## Lesní vegetační stupně , údolní nivy a bory v ČR



Obrázek 5 Rozložení jednotlivých lesních vegetačních stupňů v ČR

Epizodami sucha jsou postiženy **dřeviny v 1. – 2. LVS (13,6 % lesní půdy)**. K tomu ale výraznou měrou přispívá zastoupení dřevin, jejichž ekologické limity neodpovídají klimatickým podmínkám LVS. Představují to především **smrkové porosty v 1. - 3. LVS s plochou 254 870 ha (9,3%)**.

Poznatky lesnické hydrologie z celého světa ukazují, že rozhodující složkou lesních ekosystémů a jejich působení na srážkoodtokové procesy je lesní půda. Vlastní druhová skladba, struktura či věk nejsou tak podstatným faktorem hydrických účinků lesů v povodích střední Evropy s obvyklým obhospodařováním lesů. Rozhodující je zdravotní stav lesních porostů a jejich ekologická stabilita.

### **Ekologické charakteristiky ekotopu**

Ekotop (Duvigneaud, 1988) jako součást biotopu je brána jednak na úrovni edafotopu, potažmo v pojetí půdní katény a vazby na geomorfologii terénu, a jednak na úrovni klimatopu v pojetí působení mezní vrstvy ovzduší, resp. topoklimatu.

Výrazné riziko ohrožení lesních ekosystémů suchem představují společenstva s omezeným hydrickým režimem typu habrových doubrav na písčích s arenickými subtypy nevyvinutých půd a habrových doubrav na spraších s arenickými subtypy hnědozemí.

Stanovení kritérií pro identifikaci lesních porostů ohrožených suchem vychází s kombinace ekologických nároků dřevin a z hydrických vlastností půdy. V ekosystémovém pojetí klasifikace lesních společenstev lze tuto skutečnost vyjádřit prostřednictvím charakteristik jednotek lesnické typologie a stávajících porostních typů, resp. stupně přirozenosti porostu (Macků, 2012). Hydrolimity lesních půd - retenční vodní kapacitu (RVK) či využitelnou vodní kapacitu půdy (VVK) lze odvodit dle I. kategorie zrnitosti půdy (Macků, 1982), které jsou součástí databáze lesních půd (ÚHÚL Brandýs n.L.). Samotná kritéria např. hydrolimit VVK nejsou pro lesní ekosystémy akceptovatelná. Výsledné hodnoty VVK vyjadřují jen rámcově schopnost jednotlivých půdních typů v závislosti na zrnitosti a fyziologické hloubce půdy zásobovat rostliny vodou. Dřeviny disponují jednak sacím silou řádu několika desítek MPa a jednak dokážou regulovat uzavřením listových průduchů intenzitu evapotranspirace. Limitující jsou především ekologické vlastnosti dřevin a jim odpovídající vlastnosti ekotopu. Na základě ekosystémového pojetí jednotek lesnické typologie a stávajících porostních typů, resp. jejich ekologických nároků se lze v ohrožení lesních porostů suchem dobře orientovat.

Princip hodnocení vlastností lesních půd naráží na mnoho nejasností. Hodnotíme-li půdní vlastnosti zjištěné podle konkrétních fyzikálně chemických analýz půdních profilů pouze vztažené na taxonomickou klasifikační půdní jednotku (Němeček a kol., 2001, 2011), jedná se vždy o omezenou vypovídací schopnost. Z uvedené skutečnosti pak vyplývá, že jednotka půdního typu a subtypu sama o sobě bez bližší charakteristiky klimatu, expozice, nadmořské výšky, jako hodnotící jednotka je pro komplexní hodnocení půdních vlastností nevyhovující (Macků, 2000).

Pro vyhodnocení hydrických vlastností lesních půd byla použita metoda odvození typu vodního režimu lesní půdy (Macků, 2000) s následným vyhodnocením potenciálu hydrické funkce. Podle parametrů hydrické funkce lze k jednotkám lesních typů či skupiny lesních typů (SLT) přiřadit hydrologické skupiny půd (HSP, Tabulka ), resp. jejich variantu pro lesní půdy (Macků, 2012).

**Nejrizikovější z pohledu sucha jsou HSP typu A (12,9 tis. ha) s největším zastoupením v PLO 35.** Jsou to především oblasti vátých písků (Bzenec, Valtice) na společenstvech borových doubrav. **Celkem je v ČR ohroženo suchem na tomto typu HSP 21,3 tis. ha.** HSP typu AB mají nejvyšší zastoupení v PLO 8 (29 tis. ha). **Celkem je suchem ohroženo na tomto typu v ČR 39,4 tis. ha.**

Tabulka 6 Hydrologické skupiny půd s uvedenou rozlohou a podílem na ploše ČR (úprava MACKŮ, J., 2012)

| Skupina                          |                                   | Charakteristika hydrologických vlastností  |
|----------------------------------|-----------------------------------|--|
| <b>A</b><br>133 586 ha<br>4,9 %  |                                   | Půdy s vysokou rychlostí infiltrace (nad 0,12 mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo štěrky.   |
|                                  | <b>AB</b><br>1 492 331 ha<br>54,6 |  |
| <b>B</b><br>390 839 ha<br>14,3 % |                                   | Půdy se střední rychlostí infiltrace ( 0,06–0,12 mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité       |
|                                  |                                   |  |
| <b>C</b><br>177 590 ha<br>6,5%   |                                   | Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ( 0,02 - 0,06 mm/min) při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité.                    |
|                                  | <b>CD</b><br>306 526 ha           |  |
| <b>D</b><br>89 162 ha<br>3,3 %   |                                   | Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace (pod 0,02 mm/min) půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím. |
|                                  |                                   |  |

#### Současná bilance ohrožených lesních porostů suchem

- dle podmínek klimatických, vykazuje xerická varianta KVS ohrožení suchem na 105 887 ha (3,9 %),
- dle ekologických limitů dřevin zejména v 1.-2. LVS se projevuje ohrožení suchem na 372 895 ha (13,6%), z toho ve smrkových porostech v 1.-3. LVS (mimo jejich ekologickou valenci) to představuje na 254 870 ha (9,3%),
- dle charakteru ekotopu, resp. hydrologických vlastností půd je ohroženo suchem na 133 586 ha (4,9%).

#### Ohrožení lesních porostů suchem dle scénářů globální klimatické změny

Modelové scénáře možného vývoje klimatu v dalších desetiletích jsou závislé **na emisních scénářích**, a tedy na environmentálních podmínkách. Při překročení ekologických limitů lesních dřevin narůstá jejich ohrožení houbovými patogeny a hmyzími kalamitami. **Právě tento typ ohrožení představuje vysoký stupeň nejistoty pro úspěšné řešení adaptačních opatření v lesích.**

Dle scénáře HADGEM modelu RCP 45 a zejména RCP 85 dochází k výrazným změnám environmentálních podmínek, které mohou výrazně ovlivnit setrvání či existenci lesa vůbec. Podle výsledků relativně „pesimistického“ regionálního klimatického modelu MOHC-HADGEM2-ES\_RCP45 a horšího emisního scénáře RCP 85 (ONLINE 22) se již nebudou vyskytovat v období 2040-2060 klimatické podmínky odpovídající současnému 7. lesnímu vegetačnímu stupni (LVS), v období 2080-2100 budou klimatické podmínky v celé ČR odpovídat dokonce jen prvním třem současným LVS.

Podrobně lze sledovat změnu LVS v jednotlivých variantách klimaticko-vegetačních segmentů (KVS) a preferovat tak postup a výběr následných opatření.

## 1.7 VLIV OPATŘENÍ NA EKOLOGICKÝ STAV VODNÍCH ÚTVARŮ

Rešerše vlivu přírodních typů opatření v ploše povodí a na tocích pro zlepšení zadržení vody v krajině je součástí kapitoly 5.2 Zprávy DÚ 07 *Zhodnocení dopadů sucha v útvarech povrchových vod na vodní a vodu vázané ekosystémy*.

Realizace různých typů opatření za účelem zadržení vody v krajině i zlepšení stavu povrchových vod se v povodích ČR běžně provádí. Zejména malé vodní nádrže jsou poměrně častým typem realizovaného opatření. Běžné ale není monitorování ekologického stavu s cílem posoudit efekt opatření na povrchový tok před vlastním zahájením realizace, po realizaci a dále v určitém časovém odstupu (po 3, 5 a 10 letech).

Pro účely této zprávy byla proto hledána taková opatření na toku či v krajině, která by byla mezi navrhanými typy opatření pro eliminaci vlivů sucha, a současně by splňovala podmínku, že je v jejich blízkosti umístěn odběrový profil pro monitoring dle Rámcové směrnice o vodách, na kterém se sledují biologické složky ekologického stavu.

Nalezeno bylo pouze 5 opatření typu malá vodní nádrž, v jejichž blízkosti byl umístěn monitorovací profil (max. do vzdálenosti 1 kilometru pod realizovaným opatřením) a které splňovaly podmínku, že byly sledovány ještě před zahájením realizace opatření, tj. existovaly požadová/referenční data. Na těchto profilech byl vnitřním procesem IS ARROW vypočteny výsledné EQR hodnoty pro ekologický stav pro sledované složky bioty a dále dílčí metriky, tradičně používané pro sledování lehce odbouratelného saprobního znečištění (saprobní index) a diverzity vodních bezobratlých živočichů (index druhové diverzity dle Margalefa). Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 7. Na Skořenickém, Úsobském a Miletínském potoce byly zbudovány malé vodní nádrže, které jsou plošně poměrně rozsáhlé. Na výsledné hodnocení ekologického stavu podle složky makrozoobentos mají opatření významně negativní vliv (Tabulka 7), v jednom případě (Miletínský potok), došlo ke snížení hodnocení o jeden stupeň ekologického stavu (z velmi dobrého na střední stav), ve dvou případech se snížila hodnota EQR o 0,1, ale třída stavu zůstala zachována (Skořenický potok - stav poškozený a Úsobský potok - stav střední)

Ve dvou případech (Studený potok a Chumava) nebylo zjištěno, že by se změnila výsledná hodnota ekologického stavu, ale došlo k nárůstu hodnot saprobního indexu, což indikuje nárůst organického znečištění.

Zjištěná diverzita vodních bezobratlých v toku pod nádržemi se snížila na 4 z 5 sledovaných profilech.

Stále je třeba mít na mysli, že opatření MVN není preferovaným opatřením proti suchu, protože nepodporuje zasakování vod do zvodní, vytváří migrační bariéry a vliv na jakost vody bude velmi souviset s hydrologickými a klimatickými podmínkami a na způsobu užívání. Pro hodnocení dalších typů opatření však v současné době neexistují data, která bychom mohli vyhodnotit a podpořit tak naše doporučení v závěrečných tabulkách v Příloze vlastními naměřenými daty.

Aby bylo možné relevantně posoudit vliv preferovaných plošných opatření v krajině a říčních renaturací či revitalizací, bude třeba zajistit účelovou podporu monitoringu vybraných opatření v suchem sužovaných povodích. Výsledky takto koncipovaného komplexního monitoringu by posloužily pro podporu dalšího rozhodování státní správy o vhodných opatřeních v povodí a na toku.

**Tabulka 7 Výsledky hodnocení dílčích složek ekologického stavu na sledovaných profilech pod realizovanými opatřeními typu MVN.**

| kód profilu | tok              | profil          | před /po realizaci opatření | rok sledování biol. složek ES | Fytobentos EQR MMI | Makrozoobentos EQR MMI | Saprobní index | Index diverzity (Margalef ) |
|-------------|------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------------|----------------|-----------------------------|
| PLA_531     | Skořenický potok | Bošín u Chocně  | před                        | 2010                          | 0,53               | 0,33                   | 2,2            | 1,94                        |
|             |                  |                 | po                          | 2013                          | 0,61               | 0,26                   | 2,4            | 1,68                        |
| PVL_5012    | Úsobský potok    | Klanečná        | před                        | 2004                          |                    | 0,50                   | 1,9            | 3,99                        |
|             |                  |                 | po                          | 2011                          |                    | 0,40                   | 2,0            | 3,50                        |
| PVL_9104    | Miletínský potok | Dolní Slověnice | před                        | 2007                          |                    | 0,64                   | 1,1            | 7,84                        |
|             |                  |                 | po                          | 2010                          |                    | 0,45                   | 1,9            | 4,04                        |
| REF_243     | Studený potok    | Rožnov          | před                        | 1998                          |                    | 0,69                   | 1,3            | 4,64                        |
|             |                  |                 | po                          | 2008                          |                    | 0,69                   | 1,5            | 5,75                        |
| PVL_3727    | Chumava          | Libomyšl        | před                        | 2012                          | 0,62               | 0,47                   | 2,1            | 4,26                        |
|             |                  |                 | po                          | 2014                          | 0,65               | 0,50                   | 2,5            | 3,37                        |



**Obrázek 6 Stav před realizací opatření v r. 2006 - malá vodní nádrž, Miletínský potok, Dolní Slověnice (zdroj: mapy.cz)**



Obrázek 7 Stav po realizaci opatření v r. 2015 – soustava malých vodních nádrží, Miletínský potok, Dolní Slověnice (zdroj: mapy.cz)

## 1.8 POPIS SOUČASNÉHO STAVU LEGISLATIVY

Jako reakce na výskyt sucha v první polovině roku 2014, vznikla prostřednictvím dohody ministrů životního prostředí a zemědělství „Mezirezortní komise VODA-SUCHO“, která zahájila intenzivní práce na zpracování ucelené, dlouhodobé koncepce k zabezpečení ochrany České republiky před škodlivými následky sucha. Dne 29. července 2015 schválila vláda České republiky usnesení vlády č. 620 k přípravě realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody.

V souvislosti s těmito aktivitami vyplynula potřeba zaměřit pozornost i na právní rámec týkající se problematiky sucha a nedostatku vody. Zhodnocení současného stavu a návrhy na doplnění jsou předmětem následujícího textu.

Jedním ze základních právních předpisů v oblasti ochrany vod na národní úrovni je **zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)**. Druhý z hydrologických extrémů, problematika povodní, je v tomto zákoně již zastoupen významně (zejména Hlava IX Ochrana před povodněmi). V rámci Hlavy IV Plánování v oblasti vod je zahrnuta povinnost zpracování plánů povodí a plánů pro zvládnutí povodňových rizik, které se přezkoumávají a aktualizují každých 6 let (§ 25). Hlavním nástrojem k dosažení cílů uvedených v plánech povodí a plánech pro zvládnutí povodňových rizik jsou pak programy opatření (§ 26). Vymezení obsahu základních a doplňkových opatření a postupy při jejich zavádění, stanoví MZe a MŽP vyhláškou 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládnutí povodňových rizik.



Ochranou před povodněmi se zabývá již zmíněná Hlava IX vodního zákona, v rámci které jsou kromě dalšího definována povodňová opatření (§ 65), území určená k řízeným rozlivům povodní (§ 68), stupně povodňové aktivity (§ 70), povodňové plány (§ 71), předpovědní a hlásná povodňová služba (§ 73) a povodňové orgány (Díl 3). Pro oblasti s významným povodňovým rizikem musí být zpracovány a aktualizovány mapy povodňového nebezpečí, mapy povodňových rizik a plány pro zvládnutí povodňových rizik (§ 64a).

Ochrana před suchem, oproti ochraně před povodněmi, však ve vodním zákoně samostatně řešená není. V Analytických podkladech k materiálu problematiky sucha (ONLINE 23) byla vypracována základní doporučení vztahující se k problematice sucha a nedostatku vody. Vodní zákon by dle těchto doporučení měl obsahovat:

- povinnost a pravidla pro sestavení Plánu pro zvládnutí sucha,
- definici stupňů ohrožení suchem,
- pravidla pro ustavení komisí pro zvládnutí sucha a rozsah jejich činnosti,
- výčet aktivit pro orgány správy a samosprávy při krizových situacích vyvolaných suchem.

Jak vyplývá z Vládou projednaného materiálu k problematice sucha (ONLINE 24), nemělo by se rovněž opominout nastavení odpovědnosti a kompetencí relevantních kontrolních orgánů (především vodoprávních úřadů) včetně nastavení účinných kontrolních mechanismů dodržování opatření přijímaných v období sucha (v době platnosti určitého stupně sucha) a zevrubného přehodnocení sankčních, případně trestněprávních postihů při jejich porušení.

V současné době je v procesu příprav **novela vodního zákona**, která bude zahrnovat samostatnou část (Hlavu) zabývající se problematikou sucha. V souladu s dříve definovanými doporučeními bude řešit operativní zvládnutí sucha s důrazem na úpravu Plánu pro zvládnutí sucha, jehož hlavním cílem bude zajistit dostatek vody k pokrytí základních společenských potřeb a minimalizovat negativní dopady sucha na vodní útvary a hospodářskou činnost. Součástí novely je i stanovení základních definic týkajících se sucha a dále stanovení kompetencí a povinností jednotlivých zodpovědných orgánů.

### 1.8.1 Manipulační řády na malých vodních nádržích

V souvislosti s potřebou ochrany před škodlivými následky sucha, přijetím potřebných rozhodnutí a realizací nezbytných opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody, jde ruku v ruce i změna dalších navazujících právních předpisů. Jedněmi z nich jsou **manipulační řády na malých vodních nádržích**. Těch je v České republice přibližně 20 000, ale manipulační řády jich má dle odhadu pracovníků Povodí Moravy, s.p., zpracováno pouze 60-65 %.

Malé vodní nádrže jsou definovány jako vodní nádrže se sypanými hrázemi s objemem nádrže po hladinu ovladatelného prostoru do 2 mil. m<sup>3</sup> a největší hloubkou nádrže do 9 m, nepatří mezi ně nádrže přečerpávacích vodních elektráren, odkališť a nádrže s přítokem a odtokem propustným horninovým prostředím dna a svahů nádrže (ČSN 75 2410).

Vlastníkovi malé vodní nádrže (MVN) může vodoprávní úřad uložit zpracovat manipulační řád vodního díla. U nově projektovaných vodních nádrží je manipulační řád často součástí již projektové dokumentace, tato podmínka je často kladena pravidly dotačních programů. Manipulační řád (MŘ) pak schvaluje vodoprávní úřad na časově omezenou dobu a vlastník vodního díla je povinen ho dodržovat (§ 59 vodního zákona). Vodoprávními úřady jsou dle velikosti vodní nádrže obce

s rozšířenou působností a krajské úřady. Do působnosti krajských úřadů patří schvalovat manipulační řády u vodních děl, která povolují, včetně mimořádných manipulací na nich, a schvalovat komplexní manipulační řády u děl, která jsou na jejich území (§ 107 vodního zákona).

Manipulační řád je soubor zásad a pokynů pro manipulaci s vodou vedoucí mimo jiného i ke snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a ke zlepšení jakosti vody. Pokyny pro vypracování manipulačních řádů vodních děl jsou uvedeny v TNV 75 2910 (Manipulační řády vodních děl na vodních tocích) a především ve vyhlášce č. 216/2011 Sb., o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl. V MŘ jsou především uvedeny pokyny pro manipulace s vodou za situací a podmínek, které lze očekávat, včetně stanovení minimálního zůstatkového průtoku pod VD a snížení povodňových průtoků. Pro případ poklesu přítoků pod hodnotu minimálního zůstatkového průtoku je např. v MŘ nádrže Černá stanoveno, že bude z nádrže odtékat pouze přítékající množství vody. V manipulačních řádech může být dále uvedeno, kdy změna těchto pravidel má být projednána s vodoprávním úřadem, kdy mohou být nahrazena příkazem vodoprávního úřadu nebo správcem povodí a kdy jednat na základě vlastního posouzení (zpravidla za mimořádných situací).

V rámci pravidel pro manipulace v zásobním prostoru jsou stanovena i pravidla pro omezování odběrů a plnění jednotlivých funkcí nádrže v obdobích nedostatku vody nebo ohrožení její jakosti. Manipulačním řádem je rovněž stanoveno, kdo při mimořádných událostech rozhodne o manipulacích nepředvídaných manipulačním řádem. Vodoprávní úřad může rozhodnutím nebo opatřením obecné povahy bez náhrady upravit na dobu nezbytně nutnou povolená nakládání s vodami, popřípadě tato nakládání omezit nebo i zakázat (§ 109 vodního zákona). Tato pravomoc byla mnoha obcemi využita v roce 2015, kdy přetrvávaly minimální průtoky ve vodních tocích pod úrovní  $Q_{355}$ . Veřejnou vyhláškou - opatřením obecné povahy při nedostatku vody byl zakázán odběr povrchových vod z vodních toků pro účely mytí aut, zalévání hřišť, trávníků, napouštění nádrží a bazénů (ORP Nová Paka, ORP Beroun, ORP Hořice atd.).

Ve výjimečných případech však může vodoprávní úřad uložit nebo povolit vlastníkovu mimořádnou manipulaci na vodním díle nad rámec schváleného manipulačního řádu. V takovém případě nevzniká vlastníkovu vodního díla povinnost náhrady oprávněnému k nakládání s vodami v tomto díle za to, že nemůže nakládat s vodami v maximálním povoleném množství a s určitými vlastnostmi povinen (§ 59 vodního zákona).

Povinnosti a odpovědnosti fyzických a právnických osob za dodržování a kontrolu manipulačního řádu jsou stanoveny v závěrečných ustanoveních manipulačních řádů (TNV 75 2910), jsou prováděny vodoprávními úřady a ČIŽP.

Z hlediska ochrany před povodněmi manipulují vlastníci vodních děl na vodních dílech v mezích schváleného manipulačního řádu tak, aby se snížilo nebezpečí povodňových škod, přitom dbají pokynů vodohospodářského dispečinku příslušného správce povodí. K mimořádným manipulacím na vodních dílech nad rámec schválených manipulačních řádů si vyžadují souhlas povodňového orgánu ORP nebo kraje podle možného dosahu vlivu manipulace (§ 84 vodního zákona).

V soustavě vodních děl jsou zásady a pokyny pro koordinaci manipulací s vodou zahrnuty v komplexním manipulačním řádu (§ 1 vyhlášky č. 216/2011). Řídit a ovlivňovat hospodaření s vodami v soustavě vodních nádrží mají dle § 47 vodního zákona za povinnost správci vodních toků podle komplexního manipulačního řádu, dále pak jsou povinni podávat podněty ke zpracování, úpravám a ke koordinaci manipulačních řádů vodních děl jiných vlastníků. V případě mimořádných

situací mohou dávat správci povodí uživatelům pokyny pro manipulaci s vodními díly v rámci komplexního manipulačního řádu soustavy vodních nádrží na vodním toku.

Inspirací pro hospodaření s vodou v obdobích sucha a nedostatku vodu může být tzv. „Program hospodaření s omezenými vodními zdroji“, využívaný od roku 2014 vodohospodářským dispečinkem Povodí Moravy, s.p., hlavně v dílčím povodí Dyje. Cílem Programu je maximálně hospodárně využívat v období sucha vodu zadrženou ve vodních nádržích, tedy vypouštět jen množství vody nezbytná pro zajištění minimálních zůstatkových průtoků a pro skutečně prováděné odběry vody. Pro optimalizaci hospodaření byl dispečink v kontaktu s provozovateli závlah ohledně skutečných požadavků na vodu pro následující období a v týdenním intervalu pak zpracovával zprávu o aktuálním stavu sucha na vodních tocích a o hospodaření s vodou ve vodních nádržích. Díky uplatňování Programu nedošlo v období sucha 2015 v dílčím povodí Dyje k závažným poruchám při užívání povrchové vody (Foltýn, Viskot, 2016).

### 1.8.2 Pozemkové úpravy

Opatření vedoucí ke zlepšení zadržení vody v krajině, navržená v této části projektu, mohou být realizována prostřednictvím pozemkových úprav, jejichž řízení upravuje zákon 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech, ve znění pozdějších předpisů. V rámci návrhu pozemkových úprav je zpracováván plán společných zařízení. Těmi jsou dle § 9, odst. 8 tohoto zákona mimo jiné protierozní opatření pro ochranu půdního fondu (protierozní meze, průlehy, zaskovací pásy, záchytné příkopy, terasy, větrolamy, zatravnění, zalesnění), vodohospodářská opatření sloužící k neškodnému odvedení povrchových vod a ochraně území před záplavami (nádrže, rybníky, úpravy toků, odvodnění, ochranné hráze, suché nádrže) a opatření k ochraně a tvorbě životního prostředí a zvýšení ekologické stability (místní územní systémy ekologické stability, doplnění, popřípadě odstranění zeleně a terénní úpravy).

V poslední novelizaci zákona o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech, která byla provedena zákonem č. 185/2016 Sb., došlo k rozšíření definice pozemkových úprav (§ 2) o zajištění podmínek pro lesní hospodářství a především o snižování nepříznivých účinků sucha. V rámci plánu společných zařízení a návrhu nového uspořádání pozemků by tedy měl být kladen větší důraz na návrhy opatření ke zmírnění negativních účinků sucha zadržením vody v krajině (návrhy např. záchytných mezí, průlehů, rybníků a tůní) a následně by tím mělo dojít ke schůdnější realizaci těchto opatření po dokončení pozemkových úprav (Ševčík, 2016).

Postup při provádění pozemkových úprav a náležitosti návrhu pozemkových úprav upravuje vyhláška 13/2014 Sb., která ukládá v plánu společných zařízení posoudit celý obvod pozemkových úprav nejen z hlediska erozního ohrožení a povodňových rizik, ale i posoudit možnost retence území ve vztahu ke zpomalení povrchového odtoku (§ 16).

### 1.8.3 Odnětí zemědělské půdy ze ZPF

V důsledku realizace některých opatření, např. v rámci pozemkových úprav, vyvstává i nutnost odnětí půdy ze zemědělského půdního fondu (ZPF). Zásadami jeho ochrany, pokutami a procesem vynětí půdy z fondu se zabývá zákon 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších zákonů. Fond je tvořen pozemky zemědělsky obhospodařovanými (orná půda, chmelnice, vinice, zahrady, ovocné sady, trvalé travní porosty), půdou dočasně neobdělávanou, chovnými rybníky a půdou potřebnou k zajišťování zemědělské výroby (např. polní cesty, závlahové nádrže).

Zemědělská půda je dle § 22, odst. 2, zákona 334/1992 Sb. rozdělena vyhláškou 48/2011 Sb., do pěti tříd ochrany zemědělského půdního fondu v závislosti na bonitovaných půdně ekologických jednotkách.

K odnětí zemědělské půdy ze zemědělského půdního fondu pro nezemědělské účely je třeba souhlasu orgánu ochrany zemědělského půdního fondu s výjimkou zemědělské půdy pro obnovu přirozených a přírodě blízkých koryt vodních toků (§ 9, zákona 334/1992 Sb.). Příloha tohoto zákona stanovuje výši odvodu za odňatou zemědělskou půdu. Po poslední novelizaci (ve znění zákona 184/2016 Sb.) byly rozšířeny výjimky, pro které platí, že se odvody za trvale odňatou půdu ze zemědělského půdního fondu nestanovují (§ 11a). Rozšíření se nově týká např. zamokřených ploch, vodních ploch se způsobem využití zamokřená plocha nebo rybník, registrovaných významných krajinných prvků, vodních nádrží, staveb k vodohospodářským melioracím, zavlažování a odvodňování pozemků, realizací prvků schválených plánů společných zařízení a opatření pro ochranu a tvorbu životního prostředí. Postupy při odnímání půdy ze zemědělského půdního fondu jsou stanoveny ve vyhlášce 13/1994 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

#### **1.8.4 Obnova mokřadů**

Zkušenosti posledních let (viz kapitoly 2.5 a 3.5) ukazují, že je potřeba věnovat zvýšenou pozornost obnově mokřadů jako krajinného prvku sloužícího k zajištění retence vody v krajině. Z hlediska právních předpisů se situace v této oblasti výrazně zlepšila.

Novelizací nařízení vlády č. 307/2014 Sb., o stanovení podrobností evidence využití půdy podle uživatelských vztahů (LPIS), došlo k zařazení mokřadu mezi ekologicky významné prvky v evidenci ekologicky významných prvků (§ 5). Ve znění tohoto nařízení se mokřadem rozumí samostatný útvar neliniového typu s minimální výměrou 100 m<sup>2</sup>, sloužící k zajištění retence vody v krajině s cílem udržovat přirozené podmínky pro život vodních a mokřadních ekosystémů. Novelizací nařízení vlády č. 50/2015 Sb., o stanovení některých podmínek poskytování přímých plateb zemědělcům, je tato plocha zahrnuta jako krajinný prvek v ekologickém zájmu (§ 11), jehož plněním jsou podmíněny přímé platby pro zemědělce dodržující zemědělské postupy příznivé pro klima a životní prostředí, poskytované Státním zemědělským intervenčním fondem. Krajinné prvky jsou před rušením a poškozováním chráněny standardem dobrého zemědělského a environmentálního stavu dle nařízení vlády č. 309/2014 Sb., o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých zemědělských podpor, ve znění pozdějších předpisů.

Za účelem seznámení zemědělské i odborné veřejnosti s novým krajinným prvkem mokřad, s postupem jeho vymezení v LPIS, s přístupem k němu, s kontrolou dodržování podmínek jeho ochrany a případnou sankcí, vznikla v roce 2016 Metodika vymezení krajinného prvku „mokřad“ (ONLINE 25). Dle této metodiky může provést vymezení mokřadu místně příslušný Orgán ochrany přírody z vlastního podnětu nebo z podnětu zemědělce, ale není zde definována povinnost jejich vymezení v případě jejich výskytu na pozemku. V praxi se pak často stává, že mokřady jsou úmyslně nebo z neznalosti pravidelně zaorávány nebo jinak likvidovány.

Z analýzy současného stavu týkajícího se právních předpisů procesu obnovy mokřadů vyplynulo, že po proběhlých novelizacích jsou předpisy nastaveny dobře, je však důležité věnovat pozornost jejich reálnému využívání.

## 2 Návrh vhodných typů opatření pro zadržení vody v krajině

### 2.1 POPIS OPATŘENÍ NAVRHOVANÝCH V EXTRAVILÁNU A JEJICH POTENCIÁL PRO ZADRŽENÍ VODY V KRAJINĚ

Vhodně navržená ochranná opatření v krajině plní vždy řadu funkcí (protierozní, protipovodňovou, ochranu před suchem, ale i ekologickou) zásadně podporujících ochranu krajinných systémů i obnovu v místech předchozího narušení způsobeného převážně za přispění lidské činnosti. **Vhodně navržená protipovodňová a protierozní opatření mají i velice pozitivní vliv při ochraně před následky sucha, protože celková ochrana povodí sleduje tyto základní cíle:**

- co nejvíce podpořit vsakování vody do půdy,
- omezit možnost, aby se odtok soustřeďoval do stružek, tzn. podpořit jeho rozptýlování,
- zpomalovat a neškodně odvádět povrchový odtok tak, aby nenabyl unášecí síly schopné odnášet zeminu,
- prodloužit dobu retence vody v ploše povodí.

Opatření navrhovaná a realizovaná v ploše povodí na zemědělské půdě se dělí na organizační, agrotechnická a biotechnická. Organizační a agrotechnická opatření jsou plošná ochranná opatření. Jejich aplikace spočívá ve změně hospodaření, což vede ke snadné a rychlé realizaci. Organizační i agrotechnická opatření jsou na orné půdě funkční v součinnosti s ostatními opatřeními a předpokládají dobrou spolupráci a zainteresovanost hospodařících subjektů.

Biotechnická opatření se v povodí navrhují jako základní prvek komplexního systému ochranných opatření zejména na pozemcích, kde nepříznivé důsledky povrchového odtoku ohrožují např. intravilán. Jejich základní účinnost se zvyšuje v kombinaci s opatřeními organizačními a agrotechnickými. Vedle základní funkce mají biotechnická opatření spolu s doprovodnou dřevinnou zelení velký význam i z hlediska krajiny estetického a ekologického. Dřevinná zeleň rostoucí podél opatření slouží jako hnízdiště a migrační zóny drobné zvěře, hmyzu, rostlin a všech živých organizmů a zvyšuje zároveň průchodnost krajiny.

Dle Národního adaptačního programu na změnu klimatu je význam půdy a její udržitelné využívání klíčovou podmínkou pro přizpůsobení se změně klimatu. Řešení by měla být založena zejména na těchto principech:

- minimalizace vyjímání půdy ze zemědělského půdního fondu s výjimkou jejího zalesňování,
- vhodné prostorové uspořádání zemědělské půdy,
- půdoochranná a protierozní opatření,
- zlepšování půdní struktury,
- zvyšování podílu organické hmoty v půdě.

V krajině se jedná o adaptačně-preventivní opatření s kombinovaným účinkem zejména na kvalitu půdy, vody (s důrazem na zadržování vody v krajině) a agrobiodiverzity. Klíčovou podmínkou je udržitelné využívání půdy. Řešení by měla být založena zejména na těchto principech udržitelného hospodaření: vhodné prostorové uspořádání zemědělské půdy, půdoochranná a protierozní opatření,

zlepšování půdní struktury, zvyšování podílu organické hmoty v půdě, šlechtění a využívání odrůd a plemen odolných ke změně klimatickým podmínkám.

Z hlediska zvýšení retence vody v půdě a zemědělské krajině je žádoucí podporovat revitalizace drobných vodních toků, rušení odvodňovacích zařízení, která ztratila opodstatnění, a zakládání povodňových průlehů v blízkosti regulovaných vodních toků, kde revitalizace není vhodná. Významnou součástí retence vody v krajině je údržba, obnova a budování malých vodních nádrží pro účely závlah a retence v zemědělské krajině (Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR, MŽP).

Navrhovaná opatření směřují zejména ke snížení eroze půdy v povodí a zlepšují vodní režim v půdě. Omezení důsledků eroze snižuje nežádoucí vnos erodovaných částic a na ně vázaných polutantů do vodního prostředí. Na vodní ekosystémy působí funkční opatření ke snížení přísunu nadměrného množství splavenin ze zemědělsky obhospodařované půdy do toků příznivě. Splaveniny, částičky zeminy, fyzicky poškozují povrchu těl vodních organismů, zanáší žaberní aparáty, čímž působí neprospívání vodních organismů či jejich úhyn, souvisle zanáší biotop jemnými sedimenty (zeminami), snižuje se habitatová struktura (ztráta členitosti povrchových forem dna koryta) a dno se kolmatuje. S poklesem počtu typů habitatů klesá druhová diverzita. Také se zvyšuje množství živin v toku a mění biochemické procesy.

Výhody a nevýhody realizace jednotlivých opatření v zemědělské krajině při řešení problematiky sucha jsou zjednodušeně znázorněny v příloze, kde bylo snahou vystihnout hlavní a nejvýraznější plusy a mínusy těchto opatření.

### **2.1.1 Organizační opatření**

Základem organizačních opatření je situování pozemků delší stranou ve směru vrstevnic, zvolení vhodné velikosti a tvaru pozemku a vymezení parcel vhodných ke změně druhů pozemků (delimitace), ochranné zatravnění nebo zalesnění. Velikost a tvar pozemku do značné míry určují místní geografické poměry spolu s požadavky na přístupnost pozemků a způsob hospodaření na půdě. Obecně je možné doporučit vytváření půdních bloků o velikosti do 50 ha v rovinných územích a 20 ha ve členitějších územích s převládajícími délkami ve směru vrstevnic (Janeček a kol., 2012).

Delimitace druhu pozemků se chápe jako prostorová a funkční optimalizace využití pozemků sloužících k pěstování jednotlivých kultur. Ochranné zatravnění se používá na pozemcích, které z hlediska ztrát půdy erozí nelze využívat jako ornou půdu, tj. zejména mělké půdy (půdní profil do hloubky 30 cm) a půdy na svazích s vysokými sklony.

Jedním z nejčastěji navrhovaných organizačních opatření jsou protierozní osevní postupy a protierozní rozmísťování plodin, popř. pásové střídání plodin. Protierozní rozmístění plodin a osevní postupy na svazích patří k obecným zásadám ochrany půdy. Při tradičním pěstování lze podle protierozní účinnosti plodiny seřadit od nejvyšší po nejnižší účinnosti v pořadí: travní porosty - jetel - vojtěška - obilnina ozimá - obilnina jarní – řepka ozimá - hrách - plodiny okopaninového charakteru (slunečnice, brambory, cukrovka, kukuřice) a podle toho i rozmísťovat plodiny na pozemcích. Pásovým střídáním plodin je možné omezit ztráty půdy erozí tak, že se střídají pásy plodin chránících půdu (travní porost, jetel, vojtěška, příp. ozimá obilnina, hrách, řepka ozimá) s pásy plodin s nízkým protierozním účinkem (okopaniny, kukuřice). Šíře pásu je doporučena od 20 do 40 m, dle sklonu a tvaru pozemku (Janeček a kol., 2012).



Obrázek 8 Pásové střídání plodin k. ú. Šardice (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)

#### Potenciál organizačních opatření pro retenci vody v krajině a zvládnání následků sucha:

- Návrh vhodného tvaru a velikosti pozemku - situování pozemků delší stranou ve směru vrstevnic (obecně se doporučuje vytváření půdních bloků o velikosti do 50 ha v rovinných územích a 20 ha ve členitějších územích s převládajícími délkami ve směru vrstevnic)
  - omezení délky svahu, tedy i zkrácení drah odtoku.
- Trvalé zatravnění na mělkých půdách a pozemcích s vysokým sklonem svahu
  - zpomalení povrchového odtoku a snížení jeho objemu,
  - zvýšení vsaku vody do půdy a prodloužení doby infiltrace,
  - snížení výparu,
  - zpomalení nebo i zastavení rozrušování a následné degradace půdy a odnosu půdy,
  - snížení přísunu nadměrného množství splavenin do toků – příznivé pro vodní organizmy.
- Protierozní osevní postupy a protierozní rozmísťování plodin (např. pásové střídání plodin, vyloučení erozně nebezpečných plodin apod.)
  - zpomalení povrchového odtoku a snížení jeho objemu,
  - zvýšení vsaku vody do půdy,
  - zpomalení nebo i zastavení rozrušování a následné degradace půdy a odnosu půdy,
  - snížení přísunu nadměrného množství splavenin do toků – příznivé pro vodní organizmy.

- Protierozní směr výsadby (setí po vrstevnici)
  - snížení množství odnesených půdních částic,
  - nedochází ke vzniku soustředěného odtoku,
  - v řádcích je zachytávána voda, dochází ke zpomalení nebo i zastavení odtoku a následnému navýšení vsaku vody do půdy,
  - snížení přísunu nadměrného množství splavenin do toků – příznivé pro vodní organizmy.

### 2.1.2 Agrotechnická opatření

Agrotechnická opatření jsou založena zejména na zkrácení času, kdy je půda bez vegetačního pokryvu, na minimum. K ochraně půdy lze cíleně využívat posklizňové zbytky plodin a biomasu meziplodin (Janeček a kol., 2012). Rizikovým obdobím z hlediska odtoku vody z plochy pozemku je jednak období tání sněhu a dále zejména období nejčastějšího výskytu přívalových dešťů (období od června do srpna), v těchto obdobích jsou zemědělsky využívané svahy nejčastěji bez dostatečného ochranného pokryvu.

Za velmi účinná agrotechnická opatření jsou považovány technologie ochranného zpracování půdy. V těchto technologiích je využíváno místo orby mělké kypření půdy, ale i hlubší prokypření ornice či části podorničí bez obracení zpracovávané vrstvy půdy. Dále také zpracování půdy s ponecháním většího množství posklizňových zbytků (nejčastěji podrcené slámy), hrázkování, důlkování, mulčování apod.

#### Potenciál agrotechnických opatření pro retenci vody v krajině a zvládnání následků sucha:

- Technologie ochranného zpracování půdy – mělké kypření půdy, zpracování půdy s ponecháním většího množství posklizňových zbytků, setí do obilných pásů apod.
  - zpomalení povrchového odtoku a snížení jeho objemu,
  - snížení množství odnesených půdních částic,
  - ochrana půdního povrchu především v období největšího výskytu přívalových srážek,
  - zvýšení organické hmoty v půdě, čímž je podpořena retenční schopnost půdy,
  - zvýšení vsaku vody do půdy.
- Hrázkování/důlkování – založení ochranných hrázek/důlků v meziřadí, čímž se vytvoří řada malých akumulčních příkopů
  - brání vzniku soustředěného povrchového odtoku,
  - akumulace vody (MZe uvádí až 56 m<sup>3</sup>/ha) (Příručka ochrany proti vodní erozi, MZe 2011),
  - zvýšení vsaku vody do půdy.
- Mulčování – nastlání vrstvy krycího materiálu (slámy) v tloušťce cca 10 až 20 cm na povrch půdy
  - ochrana půdního povrchu především v období největšího výskytu přívalových srážek
  - zvýšení organické hmoty v půdě, čímž je podpořena retenční schopnost půdy,



- snížení množství odnesených půdních částic.
- Setí do krycí plodiny
  - ochrana půdy a zvýšení vsaku vody do půdy v období před zapojením širokořádkové kultury,
  - ochrana půdního povrchu.

Pro všechna agrotechnická opatření platí, že zlepšují vodní režim v půdě a omezují důsledky eroze, což snižuje nežádoucí vnos erodovaných částic a na ně vázaných polutantů do vodního prostředí, což je v důsledku pozitivní pro vodní organizmy a tedy i ekologický stav (potenciál) vodních těles.

### 2.1.3 Opatření na speciálních kulturách

Mezi speciální kultury patří vinice, chmelnice a sady a vhodná ochranná opatření jsou zde také rozdělena na organizační a agrotechnická.

Z organizačních opatření lze ve speciálních kulturách aplikovat zejména protierozní vrstevnicový směr výsadby při zakládání porostů. U kořenového systému sadby je vhodné mírné nahrnutí zeminy, díky kterému tak dochází ke vzniku hrázek zadržujících vodu na svahu a prodlužují tak možnou dobu infiltrace vody do půdy.

Jedním z nejpoužívanějších agrotechnických opatření na speciálních kulturách je zatravnění meziřadí. Jedná se o výsev travního porostu do každého nebo každého druhého (či dalšího) prostoru mezi řádky sazené kultury. Použití zatravnění na celé ploše je vhodné na sklonech od 7°, na půdách hůře propustných a snadno erodovatelných již od 4° (Janeček a kol., 2012).

Místo zatravnění lze v meziřadí speciálních kultur také založit i porost kulturních plodin (podkultury) s minimální šířkou pásu 2 metry. Nebo je možné aplikovat v meziřadí mulčování půdy, které spočívá v nastlání (jednorázové či postupné) vrstvy krycího materiálu v tloušťce cca 10 až 20 cm na povrch půdy. Úpravou hrázkováním a důlkováním povrchu půdy v meziřadí se zadržuje srážková voda na povrchu půdy a prodlužuje se doba její infiltrace do půdního profilu. Hrázky a důlky se vytvářejí speciálním důlkovačem (Janeček a kol., 2012).

#### Potenciál opatření na speciálních kulturách pro retenci vody v krajině a zvládnutí následků sucha:

- Zatravnění meziřadí nebo krátkodobé porosty v meziřadí
  - zpomalení povrchového odtoku a snížení jeho objemu,
  - zvýšení vsaku vody do půdy,
  - u krátkodobých porostů v meziřadí přichází obohacení půdy organickou hmotou,
  - snížení množství odnesených půdních částic,
  - zpomalení nebo i zastavení rozrušování a následné degradace půdy a odnosu půdy (zpevnění půdy kořenovým systémem).
- Vrstevnicový směr výsadby při zakládání nových kultur
  - nedochází ke vzniku soustředěného odtoku,
  - zpomalení povrchového odtoku a snížení jeho objemu.
- Hrázkování/důlkování v meziřadí

- brání vzniku soustředěného povrchového odtoku,
  - akumulace vody (MZe uvádí až 56 m<sup>3</sup>/ha) (Příručka ochrany proti vodní erozi, MZe 2011),
  - prodloužení doby infiltrace, zvýšení vsaku vody do půdy.
- Mulčování – nastlání vrstvy krycího materiálu (slámy) v tloušťce cca 10 až 20 cm na povrch půdy
- ochrana půdního povrchu především v období největšího výskytu přivalových srážek,
  - zvýšení organické hmoty v půdě, čímž je podpořena retenční schopnost půdy,
  - snížení výparu,
  - zvýšení vsaku vody do půdy.

Pro všechna opatření na speciálních kulturách platí, že zlepšují vodní režim v půdě a omezují důsledky eroze, což snižuje nežádoucí vnos erodovaných částic a na ně vázaných polutantů do vodního prostředí, což je v důsledku pozitivní pro vodní organizmy a tedy i ekologický stav (potenciál) vodních těles.

Možné nevýhody:

- zvýšená potřeba vody, zvýšená potřeba živin,
- nutnost sežínání trávy,
- možnost rozšíření hlodavců a jiných škůdců.



Obrázek 9 Vinohrad se zatravněným meziřadím Ořechov, okres Uherské Hradiště (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)



**Obrázek 10** Ovocné stromy na zatravnění Ořechov, okres Uherské Hradiště (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)

#### **2.1.4 Biotechnická opatření**

Doplněním biotechnických opatření o travnatý pás, doprovodnou zeleň lze zvýšit jeho ekologickou funkci a může tak být začleněn do prvků ÚSES (biokoridor, biocentrum).

##### *2.1.4.1 Průlehy*

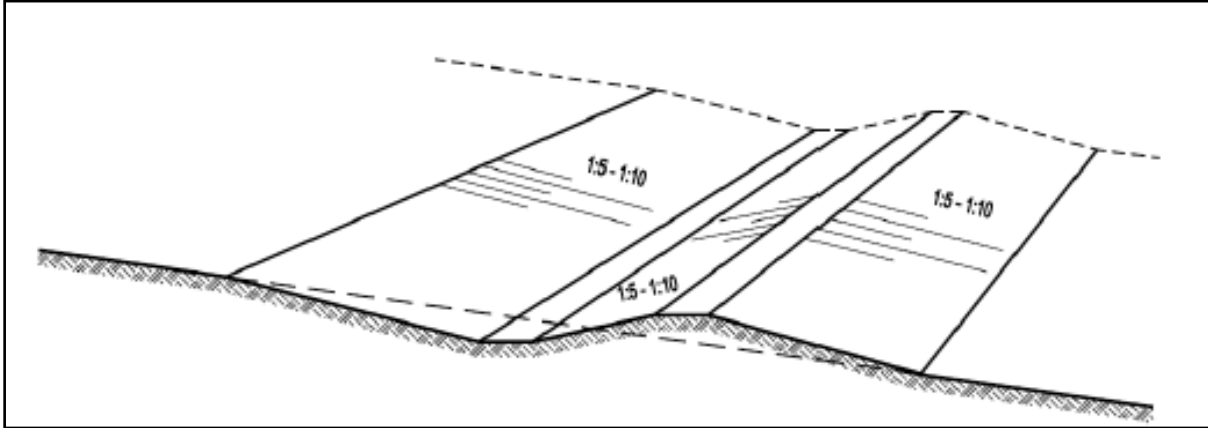
Průleh je mělký, široký příkop s mírným sklonem svahů, založený zpravidla s malým podélným sklonem, kde se povrchově stékající voda zachycuje a je postupně odváděna (záchytné průlehy), postupně se vsakuje (zasakovací průlehy) nebo je neškodně odváděna (svodné průlehy). Tyto prvky mohou být spojeny s nízkou zemní hrázkou/mezí či travnatým pásem. Tím se jednak zvýší celková kapacita prvku a jednak vznikne prostor pro výsadbu vegetace. Cílem travního pásu je zachycení splavenin z výše ležícího pozemku dříve než se dostanou do retenčního prvku (který zanesou) nebo do odváděcího prvku, kterým se dostanou přímo a bez další retence do hydrografické sítě.

Základní odlišností průlehu od příkopu je jeho přejezdnost pro mechanizaci. Průleh tak pozemek nedělí nepřekonatelně a není nezbytné na něm budovat přejezdy, mostky nebo propustky.

##### **Orientační parametry protierozních průlehů:**

- střední profilová rychlost – pro zatravněné průlehy je 1,5 m/s,
- příčný profil – trojúhelníkový, parabolický, lichoběžníkový - sklon svahů 1:10 až 1:5,
- max. hloubka – 100 cm,
- min. hloubka – 30 cm,

- podélný sklon do 3 % u záchytných a zasakovacích průlehů, u svodných průlehů podle sklonu terénu při dodržení maximální profilové rychlosti do 1,5 m/s,
- dimenzování průlehů se provádí pro dané N leté průtoky na základě hydrotechnických a hydraulických výpočtů a odpovídá požadavkům na funkci (Janeček a kol., 2012).



Obrázek 11 Vzorový příčný řez průlehem (Janeček a kol., 2012)



Obrázek 12 Ozeleněný průleh v k.ú. Starovice (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)

#### Potenciál průlehů pro retenci vody v krajině a zvládnutí následků sucha:

- Záchytný průleh – záchytný prvek s minimálním podélným sklonem zajišťující odtok pro odvod vody
  - přerušování délky svahu a dráhy odtoku,

- zachycení odtoku při vyšších srážkových úhrnech přívalových srážek a ochrana před zatopením objektů pod nimi níže po svahu,
  - zpomalení a neškodně odvedení povrchového odtoku tak, aby nenabyl unášecí síly schopné odnášet zeminu,
  - zvýšení vsaku vody do půdy,
  - zlepšují vodní režim v půdě a omezují důsledky eroze - pozitivní pro vodní organizmy.
- Svodný průleh – prvek regulovaně odvádějící vodu
    - přerušení délky svahu a dráhy odtoku,
    - zachycení přívalových srážek a ochrana před zatopením objektů pod nimi,
    - neškodné odvedení povrchového odtoku,
    - zpomalení povrchového odtoku a snížení jeho objemu.
  - Zasadovací průleh – prvek bez odtoku
    - akumulace vody v krajině,
    - zachycení odtoku při vyšších srážkových úhrnech a ochrana před zatopením objektů níže po svahu,
    - snížení rychlosti i objemu povrchového odtoku,
    - zvýšení vsaku vody do půdy,
    - prodloužení doby retence v povodí,
    - zlepšují vodní režim v půdě a omezují důsledky eroze - pozitivní pro vodní organizmy.

#### **Nevýhody průlehů:**

- pravidelné čištění od nánosů a porostu,
- nutnost sežínání trávy,
- u průlehů s velkým sklonem údržba a opravy opevnění.

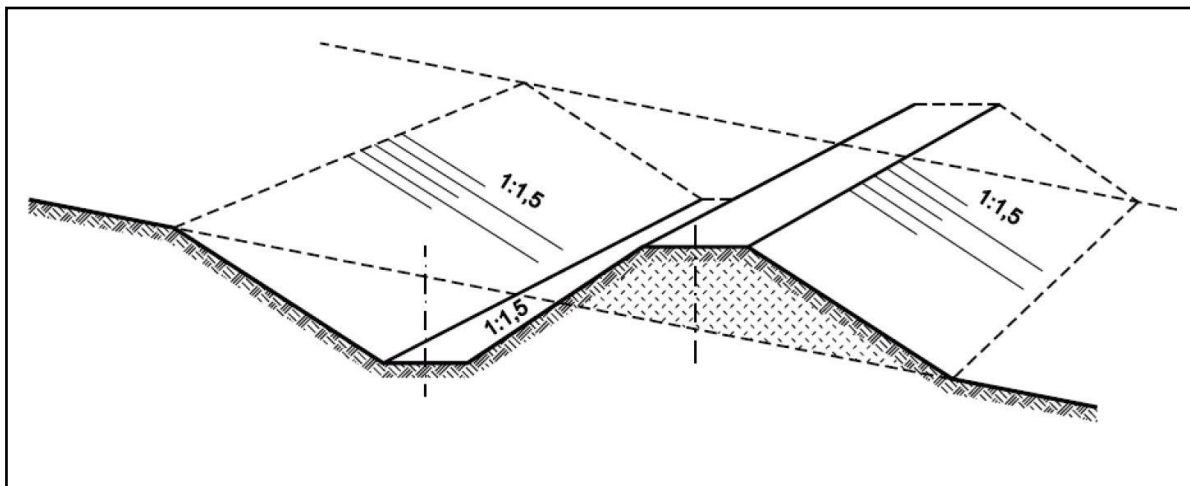
#### **2.1.4.2 Příkopy**

Příkop je prvek podobný průlehu s prudšími svahy, tedy i menším záchytným objemem na stejnou délku (je často navrhován v místech, kde není dostatečně velký možný zábor půdy pro vybudování průlehu) a dělí se stejně, jako průleh, na záchytné a svodné. Tyto prvky mohou rovněž být spojeny s nízkou zemní hrázkou/mezí. Tím se jednak zvýší celková kapacita prvku a jednak vznikne prostor pro výsadbu vegetace. Cílem travního pásu je zachycení splavenin z výše ležícího pozemku dříve než se dostanou do retenčního prvku (který zanesou) nebo do odváděcího prvku, kterým se dostanou přímo a bez další retence do hydrografické sítě. Příkop není pro techniku přejezdný a pro jeho překonání je nezbytné budovat propustky nebo mostky.

#### **Orientační parametry příkopů:**

- podélný sklon do 3 %, u svodných příkopů podle sklonu terénu a druhu zpevnění,
- sklony svahů – 1 : 1,5 až 1 : 2,
- max. délka – 800 m,
- max. hloubka – 100 cm,

- min. hloubka – 40 cm,
- šířka ve dně ideálně kolem 0,6 m,
- dimenzování příkopů se provádí pro dané N leté průtoky na základě hydrotechnických a hydraulických výpočtů a odpovídá požadavkům na funkci. (Janeček a kol., 2012).



Obrázek 13 Vzorový příčný řez příkopem (Janeček a kol., 2012)



Obrázek 14 Ukázka zatravněného příkopu (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)

#### Potenciál příkopů pro retenci vody v krajině a zvládnání následků sucha:

- Záchytný příkop – záchytný prvek s minimálním podélným sklonem zajišťující odtok, ale vodu nezachycující
  - přerušení délky svahu a dráhy odtoku,

- zachycení odtoku při vyšších srážkových úhrnech a ochrana před zatopením objektů níže po svahu,
  - zpomalení a neškodně odvedení povrchového odtoku tak, aby nenabyl unášecí síly schopné odnášet zeminu,
  - snížení rychlosti i objemu povrchového odtoku,
  - zvýšení vsaku vody do půdy,
  - zlepšují vodní režim v půdě a omezují důsledky eroze - pozitivní pro vodní organizmy.
- Svodný příkop – prvek odvádějící vodu
    - přerušování délky svahu a tím dráhy odtoku,
    - neškodné odvedení povrchového odtoku.
  - Zasadovací příkop – prvek bez odtoku, slouží k zadržení maximálně objemu vody, na který je nadimenzovaný
    - akumulace vody v krajině,
    - zachycení odtoku při vyšších srážkových úhrnech a ochrana před zatopením objektů níže po svahu,
    - snížení rychlosti i objemu povrchového odtoku,
    - zvýšení vsaku vody do půdy,
    - prodloužení doby retence v povodí,
    - zlepšují vodní režim v půdě a omezují důsledky eroze - pozitivní pro vodní organizmy.

#### **Nevýhody příkopů:**

- pravidelné čištění od nánosů a porostu,
- u příkopů s velkým sklonem údržba a opravy opevnění.

#### **2.1.4.3 Zasadovací pásy**

Zasadovací pásy jsou liniové prvky ochrany, které jsou investičně málo nákladné, jedná se o po vrstevnici vedené travnaté pásy o šířce minimálně 20 m. Zasadovací pásy travní, křovinné, popř. lesní, se navrhuje buď na svažitých pozemcích podél vrstevnic, kde se střídají s plodinami nedostatečně chránícími půdu před erozí, nebo se budují podél nádrží nebo vodotečí k zabránění vnikání erozních smyčů do recipientů.

#### **Potenciál zasadovacích pásů pro retenci vody v krajině a zvládnutí následků sucha:**

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



Obrázek 15 Zasakovací pásy v k.ú. Bohumilice (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)

#### 2.1.4.4 Stabilizace drah soustředěného odtoku (zatravnění údolnice)

Údolnice zpevněné vegetačním krytem (nejčastěji zatravněním) jsou schopny bezpečně bez projevů eroze odvést povrchový odtok, zejména v době přívalových dešťů nebo jarního tání, kdy soustředěně po povrchu odtékající voda v těchto místech zpravidla způsobuje erozní rýhy a v některých případech i efemerní strže. Nejběžnějším tvarem stabilizované dráhy soustředěného odtoku je parabola s malou hloubkou, jde o nejběžnější tvar nejvíce odpovídající přírodně vymodelovaným vodním cestám. Snižuje pravděpodobnost meandrování a nejsnadněji se realizuje dostupnou technikou (Janeček a kol., 2012).

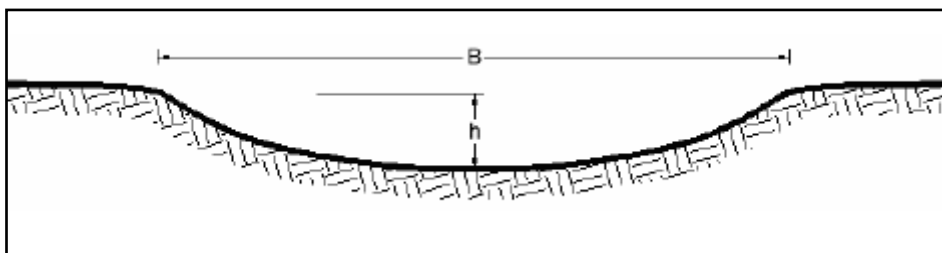
Vegetační kryt údolnice ovlivňuje rychlost pohybu vody v údolnici. Kořenový systém v závislosti na své hustotě a kvalitě půdy zpevňuje půdu a redukuje odnos půdních částic. Ochranný účinek trav spočívá především v útlumu kinetické energie, snížení vymílací a transportní schopnosti a mechanickém zpevnění půdy kořenovým systémem.

#### **Potenciál stabilizace drah soustředěného odtoku pro retenci vody v krajině a zvládnutí následků sucha:**

- neškodné odvedení povrchového i soustředěného odtoku,
- zvýšení vsaku vody do půdy,
- zpomalení nebo i zastavení rozrušování a následné degradace půdy a odnosu půdy (zpevnění půdy kořenovým systémem),
- snížení množství odnesených půdních částic,
- zpomalení odtoku vody a prodloužení jeho doby retence v krajině,



- do určité míry zlepšují vodní režim v půdě a omezují důsledky eroze - pozitivní pro vodní organizmy,
- snížení rychlosti povrchového i soustředěného odtoku.



Obrázek 16 Parabolický profil zatravněné údolnice (Janeček, 2012)



Obrázek 17 Stabilizace dráhy soustředěného odtoku zatravněním v k.ú. Nenkovice (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)

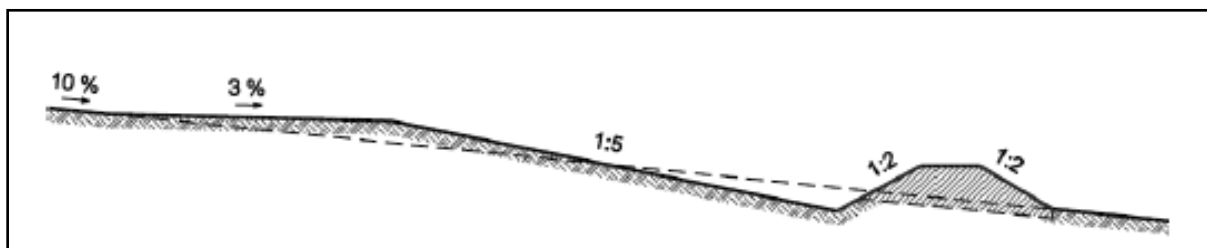
#### 2.1.4.5 Hrázky

Protierozní hrázky se budují na pozemcích ve směru vrstevnic a na úpatí svahů zemědělských pozemků s nulovým podélným sklonem. Prostor před hrázkou a výška hrázky musí vyhovovat potřebě retence vody, včetně objemu usazených erozních smyvů. Hrázky se budují převážně jako zemní, nejvýše 1 m až 1,5 m vysoké, opevněné zatravněním. Ochranné hrázky je vhodné navrhovat tam, kde by v důsledku malého sklonu docházelo k zanášení příkopů a průleहů (Janeček a kol., 2012).

#### Potenciál hrázek pro retenci vody v krajině a zvládnání následků sucha:

- Záchytné hrázky
  - přerušení délky svahu a dráhy odtoku,

- zpomalení až zastavení rozrušování a následné degradace (zpevnění půdy kořenovým systémem),
  - zvýšení vsaku vody do půdy,
  - zlepšují vodní režim v půdě a omezují důsledky eroze - pozitivní pro vodní organizmy.
- Zasadovací hrázky
- zachycení a akumulace vody v krajině,
  - prodloužení doby retence vody v krajině
  - zvýšení vsaku vody do půdy,
  - zlepšují vodní režim v půdě a omezují důsledky eroze - pozitivní pro vodní organizmy.



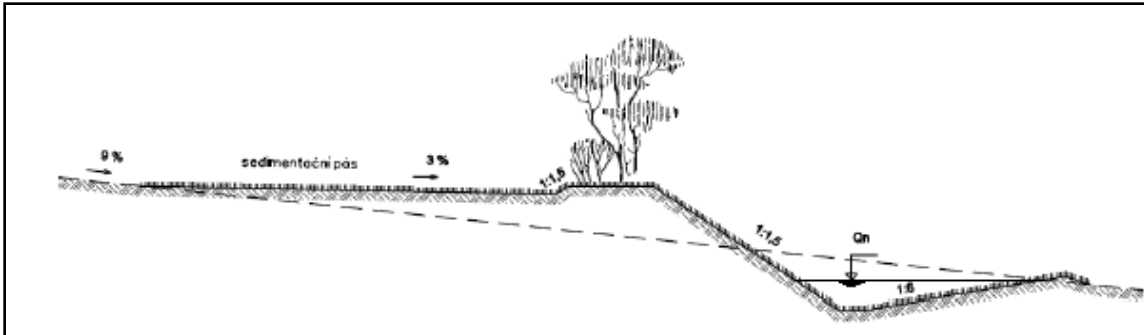
Obrázek 18 Vzorový příčný řez hrázkou (Janeček a kol., 2012)

#### 2.1.4.6 Meze

Meze (vedené po vrstevnici) bývají často navrhované s průlehy ve své spodní části a jsou trvalou překážkou soustředěného povrchového odtoku. Nejvyšší účinnost má mez se zasakovacím sedimentačním pásem nad mezí a průlehu pod ní. Protierozní mez by měla být podle sklonu svahu vysoká maximálně 1 až 1,5 m, se sklony svahů do 1 : 1,5, zatravněna a případně osázena doprovodnou zelení (Janeček a kol., 2012).

#### Potenciál mezí pro retenci vody v krajině a zvládnání následků sucha:

- přerušování délky svahu a dráhy odtoku,
- akumulace vody v krajině,
- zvýšení vsaku vody do půdy,
- zpomalení nebo i zastavení rozrušování a následné degradace půdy a odnosu půdy (zpevnění půdy kořenovým systémem) – sedimentační pás,
- snížení množství odnesených půdních částic,
- snížení rychlosti povrchového odtoku,
- meze a dřevinná zeleň na nich rostoucí má velký význam také z hlediska krajinně estetického, např. jako hnízdiště a migrační zóny drobné zvěře, hmyzu, rostlin a všech živých organismů, zvyšují zároveň průchodnost krajiny apod.



Obrázek 19 Vzorový příčný řez mezi se sedimentačním pásem a průlehem (Janeček a kol., 2012)

Přehrážky slouží k hrazení bystřin a strží, ale je možná i jejich realizace v drahách soustředěného odtoku na zemědělsky obdělávaných pozemcích. Tyto příčné prahy, pásy, stupně podporují stabilizaci údolnice, snižují podélný spád, slouží k akumulaci soustředěného odtoku a napomáhají bezpečnému odvedení odtoku při zvýšených srážkových událostech.

#### Potenciál přehrážek pro retenci vody v krajině a zvládnutí následků sucha:

- přerušení nebo zpomalení odtoku v dráze soustředěného odtoku,
- akumulace vody v krajině,
- zvýšení vsaku vody do půdy,
- zachycení, snížení množství odnesených půdních částic,
- snížení rychlosti povrchového odtoku,
- zlepšují vodní režim v půdě a omezují důsledky eroze - pozitivní pro vodní organizmy.



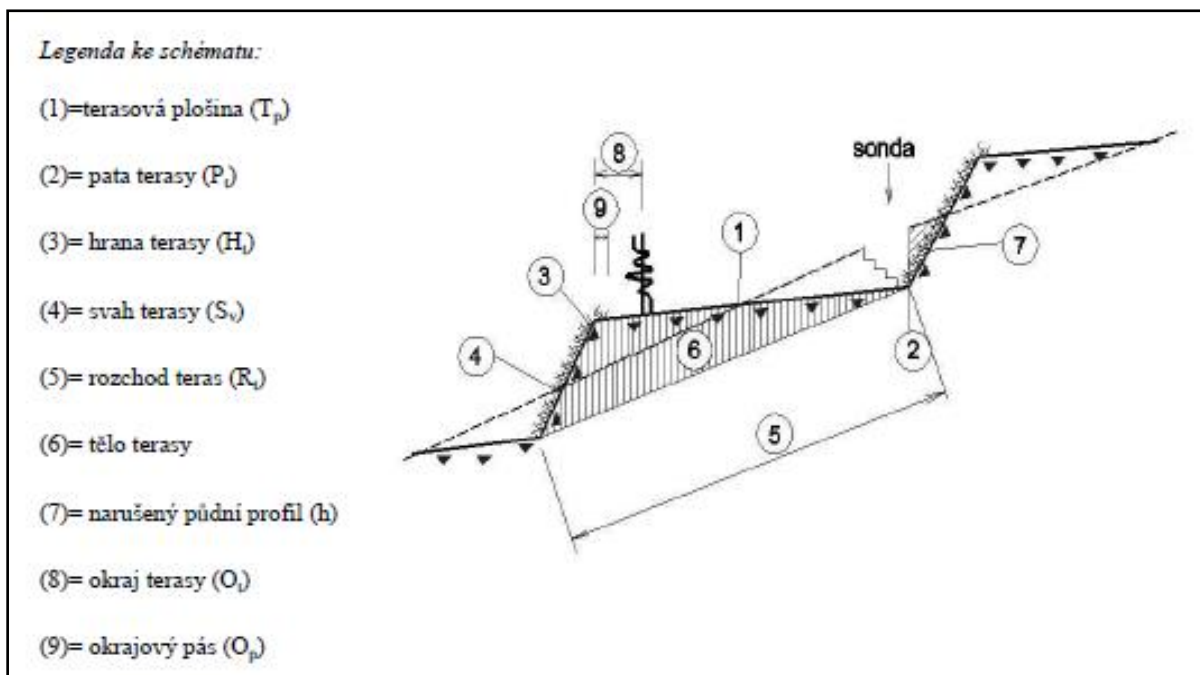
Obrázek 20 Nově vybudovaná přehrážka v zatravněné údolnici v k.ú. Starovice (zdroj: VUV TGM, v.v.i.)

### 2.1.4.7 Terasy

Terasování umožňuje využívat pozemky, které pro velký sklon a členitost by nebylo možno současnými formami zemědělské výroby jinak efektivně využívat. Terasování na svažitéch pozemcích se navrhuje na svazích se sklony nad 15 % a slouží ke zmenšení jejich velkého sklonu terénními stupni, k rozdělení svahu na úseky, aby povrchový odtok nedosáhl nebezpečného erozního účinku, a ke zlepšení využití mechanizace. Terasy jsou vždy značným zásahem do geologie, geomorfologie, pedologie i biologie krajiny a mohou narušit přirozené ekologické mechanismy, jejichž rozsah lze i dnes těžko předvídat. Z toho důvodu je nutno brát terasy jako krajní řešení protierozní ochrany (Janeček a kol., 2012).

Potenciál teras pro retenci vody v krajině a zvládnání následků sucha:

- přerušení délky svahu a dráhy odtoku,
- úplné odstranění erozních projevů,
- snížení sklonu a délky svahu.



Obrázek 21 Schéma uspořádání terasy průřezem (Janeček a kol., 2012)



Obrázek 22 Zemní terasy v k.ú. Starovice (zdroj: VUT v Brně)



Obrázek 23 Zemní terasy v k.ú. Těšany (zdroj: VUV TGM, v.v.i.)

Výhody a nevýhody jednotlivých opatření v zemědělské krajině při řešení problematiky sucha jsou zjednodušeně znázorněny v přílohách 1 a 2, kde bylo snahou vystihnout hlavní a nejvýraznější plusy a mínusy těchto opatření. Jedná se o zjednodušené znázornění hlavních výhod a nevýhod z pohledu vodohospodářského i ekologického.

## 2.2 MALÉ VODNÍ NÁDRŽE

Norma ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže platí pro navrhování, výstavbu, rekonstrukce a provoz vodních nádrží (MVN) se sypanými hrázemi, u kterých jsou splněny současně tyto podmínky:

- 1) objem nádrže po hladinu ovladatelného prostoru (normální hladinu) není větší než 2 mil. m<sup>3</sup>,
- 2) největší hloubka nádrže nepřesahuje 9 m.

V normě je uvedeno rozdělení MVN na 8 základních typů dle využití (mnohé typy MVN se v dnešní době již nenavrhují, mnohdy již ani neexistují a vycházejí z historických souvislostí):

- Zásobní nádrže – akumulují určitý podíl vody v době jejího nadbytku s možností jejího využití v období nedostatku (sucha).
  - Typy zásobních nádrží: vodárenské, průmyslové, závlahové, energetické, kompenzační, zálohové, retardační odvodňovací a aktivizační.
- Ochranné retenční nádrže – zachycují povodňové odtoky, transformují povodňové vlny a chrání zastavěná území a objekty před negativními účinky povodní.
  - Typy ochranných nádrží: suché, ochranné s malým zásobním prostorem, protierozní, dešťové, vsakovací (infiltrační) a nárazové.
- Nádrže upravující vlastnosti vody (čisticí) – jsou určeny k řízení úpravě (popř. změně fyzikálních, chemických či biologických vlastností) vody. Při čištění vody využívají především přírodní způsoby úpravy a samočisticí procesy, probíhající ve vodním prostředí.
  - Typy čisticích nádrží: chladící, předehřívací, usazovací, aerobní biologické a dočišťovací biologické.
- Rybochovné – vytvářejí vhodné vodní prostředí pro chov ryb. Rybník umělá vodní nádrž určená především pro chov ryb s možností úplného a pravidelného vypouštění.
  - Typy rybochovných nádrží: Výtěrové, třecí, plůdkové, výtažníky, komorové rybníky, speciální komory, hlavní rybníky, sádky a karanténní rybníky.
- Hospodářské nádrže – tvoří speciální nádrže určené k plnění konkrétních hospodářských funkcí.
  - Typy hospodářských nádrží: požární, pro chov vodní drůbeže, na pěstování vodních rostlin, napájecí a plavící, výtopové.
- Speciální účelové – tvoří vodní nádrže různého typu a uspořádání, určené pro konkrétní provozní účely a potřeby.
  - Typy speciálních nádrží: recirkulační, vyrovnávací, přečerpávací, rozdělovací, splavovací (klauzury) a závlahové vodojemy.
- Asanační nádrže – používají se k asanaci území narušeného lidskou činností, zachycení a uskladnění škodlivých látek apod.
  - Typy asanačních nádrží: záchytné, skladovací, umělé laguny a otevřené vyhnívací nádrže.
- Rekreační nádrže – vodní nádrže určené k odpočinku, plavání, provozování vodních sportů, doplněné speciálním vybavením, upraveným přístupem do vody a specifickou úpravou břehů.
  - Typy rekreačních nádrží: přírodní koupaliště a nádrže pro plavání a vodní sporty.

Krajinotvorné nádrže a nádrže v obytné zástavbě – navrhuje se ke zlepšení ekologických funkcí a estetického účinku krajiny, sídlišť, parků apod. Jedná se o konstrukčně a tvarově rozmanitá uspořádání s různým vybavením.

Typy krajinotvorných nádrží: hydromeliorační, okrasné nádrže v krajině, okrasné nádrže v sídlištích a parcích, návesní rybníky, umělé mokřady, krajinotvorné a nádrže na ochranu bioty.

Výstavba nádrží je zdůvodňována následujícími požadavky, popř. jejich kombinacemi: protipovodňová ochrana, zadržení a vytváření zásob vody v krajině, přírodně-krajinná funkce, rekreační možnosti a rybářství, upřednostňován je tedy návrh víceúčelových nádrží. Hlavní cíle podpory výstavby, obnovy a rekonstrukcí malých vodních nádrží v rámci dotačních programů resortu Ministerstva životního prostředí jsou deklarovány jako podpora biologické rozmanitosti a zadržování vody v krajině, což je jedním z hlavních aspektů a funkcí vodních nádrží realizovaných za účelem vypořádání se s následky problematiky sucha.

Nejčastěji navrhovanými MVN s cílem zadržení vody v krajině a její ochranu před srážkovými úhrny jsou ochranné retenční nádrže. Ochranné nádrže se navrhuje jako účinná protierozní a protipovodňová opatření k akumulaci, retenci, retardaci a infiltraci povrchového odtoku a k usazování splavenin. Navrhuje se nejčastěji ve formě závěrečných prvků protierozní a protipovodňové ochrany v kombinaci s jinými prvky protipovodňové ochrany. V rámci protipovodňové a protierozní ochrany se jedná nejčastěji o malé vodní nádrže se stálým nadržáním nebo suché retenční nádrže, které se navrhuje na vodních tocích nebo na drahách soustředěného odtoku bez stálého přítoku. Retenční nádrže na vodních tocích by měly být průtočné a neměly by tvořit zásadní překážku na toku při běžných průtocích. Možný je zde několik desítek centimetrů hluboký tzv. mrtvý prostor (pod spodní výpustí, který gravitací neodtéká), který může plnit funkci mokřadu, nesmí však umožňovat rybářské využití, které vede ke komplikacím při plnění ochranné funkce nádrže.

Hlavním přínosem MVN pro zvládání následků sucha a v období sucha je existence disponibilní zásoby (retence) vody v krajině, možnost odebírání vody např. pro závlahy ze zásobních nádrží nebo nadlepšování odtoku v suchých obdobích. Nadlepšování průtoků je významné hlavně v případech regulovaných toků s monotónním korytem.

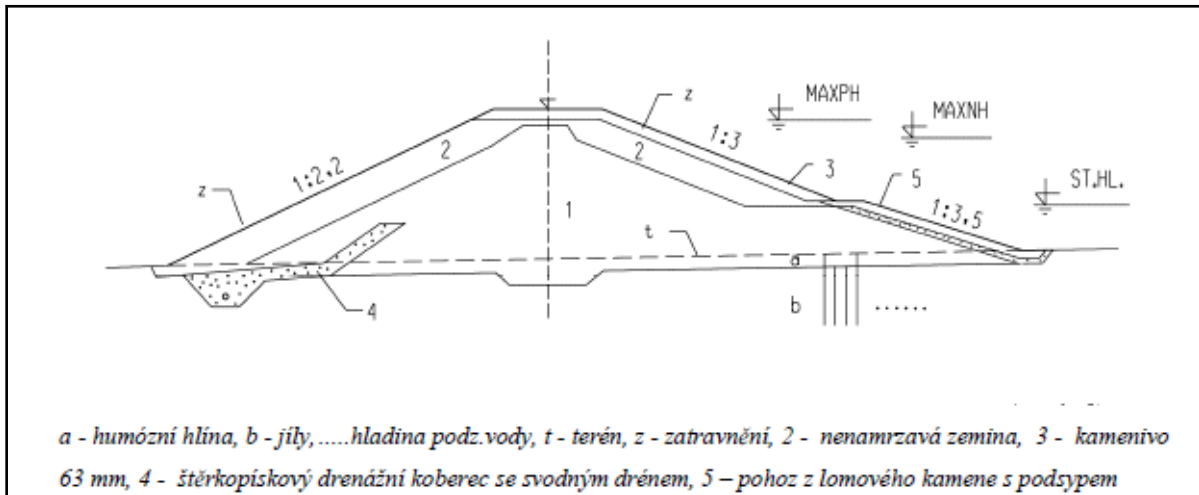
Při vyšších srážkových úhrnech dochází v nádržích k akumulaci odtoku až do výše možného retenčního prostoru. V suchém období mohou být pak následně naplněné nádrže postupně vypouštěny, čímž dochází k nadlepšování průtoků ve vodních tocích pod nimi (toto využití je namodelováno a popsáno v povodí Husího potoka v kapitole 5). Hlavními technicko-ekonomickými nevýhodami u všech nádrží, jsou jejich ekonomická náročnost při realizaci, nutná údržba hrází a funkčních objektů, manipulace s funkčními objekty, potřeba odstraňovat sediment, periodické odstraňování zachycených nánosů a nutné řešení majetkoprávních vztahů před realizací.

#### **Vliv na ekologický stav vodních útvarů:**

Vodní nádrže přináší řadu dalších problémů. Na rozdíl od opatření plošných se nejedná o faktické zadržování vody v krajině, ale o vytváření umělého prostoru s disponibilní zásobou vody, která je využitelná pro různé typy lidských potřeb. Nádrže způsobují nežádoucí fragmentaci říčních ekosystémů, protože vytváří migrační bariéry a oblasti s nepřírozenými biotopy. Mění hydrologický režim v povodí, teplotní poměry a také chod splavenin, což je někdy nežádoucí jev. Umělé nádrže mohou sice formálně zvyšovat jak habitatovou, tak biologickou diverzitu, vždy je však nutno toto

zvýšení posuzovat z hlediska poškození těchto ukazatelů pro tekoucí vody. V intencích RSV je vždy třeba brát v úvahu míru změny vůči referenčnímu stavu.

Z hlediska fungování ekosystémů tedy vykazují umělé vodní nádrže celou řadu škodlivých vlivů a mají také negativní vliv na ekologický stav toků (viz též výše a DÚ 07, kap. 5.2, 6.3). Jako opatření proti suchu by proto neměla být plošně podporována výstavba anebo obnova vodních nádrží, ale přednost by vždy měla být dána plošným opatřením na zemědělské a lesní půdě a na vhodných místech suchým nádržím, u kterých jsou negativa zřetelně menší. Na některých místech je naopak vhodné nádrže rušit - např. v lokalitách, kde je problém kvůli malé vodnosti přítoku nádrží vůbec naplnit.



Obrázek 24 Vzorový řez hrází (Janeček a kol., 2012)



Obrázek 25 Vodní víceúčelová nádrž v k. ú. Nenkovice (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)



## Potenciál vybraných typů malých vodních nádrží pro retenci vody v krajině a zvládnání následků sucha:

- Vodárenské nádrže – určené k zásobování obyvatelstva a služeb akumulovanou pitnou či užitkovou vodou
  - zadržují velké množství vody (akumulace),
  - slouží jako zásoba vody pro suchá období,
  - z hlediska bioty v tocích působí obecné negativní vlivy nádrží (viz DÚ 07 kap. 6.6.2).
- Průmyslové nádrže – slouží k zásobování průmyslových podniků provozní vodou
  - snížení odběrů vody z vodovodních řadů pro průmyslové účely,
  - významné jen v případě, že jde o technologické nádrže v recyklačních okruzích,
  - z hlediska bioty v tocích působí obecné negativní vlivy nádrží (viz DÚ 07 kap. 6.6.2),
  - pro zmírnění následků sucha jinak z hlediska vodohospodářského jsou bezvýznamné.
- Závlahové nádrže – vytvářejí zásobu vody pro závlahy
  - zadržují velké množství vody (akumulace),
  - z hlediska bioty v tocích působí obecné negativní vlivy nádrží (viz DÚ 07 kap. 6.6.2),
  - riziko zhoršení jakosti vody a omezování odtoků z nádrží,
  - zásoba vody pro závlahy na suchá období, zhoršují však hydrologickou bilanci v povodí (mimo jiné např. vysokým odparem).
- Energetické nádrže – vytvářejí zásobu vody pro energetické využití ve vodních elektrárnách
  - zadržují velké množství vody (akumulace),
  - z hlediska bioty v tocích působí obecné negativní vlivy nádrží a devastující vliv špičkových průtoků (viz DÚ 07 kap. 6.6.2),
  - pro zmírnění následků sucha jinak bezvýznamné, naopak negativně ovlivňují hydrologický režim toku.
- Aktivizační nádrže – využívají zásobu pro aktivaci a zrovnoměnění odtoků a infiltrací ke zvýšení zásob podzemní vody v pramenných oblastech
  - zcela nevhodné pro zmírnění následků sucha, nahradit výše popsanými opatřeními v ploše povodí,
  - z hlediska bioty v tocích působí obecné negativní vlivy nádrží (viz DÚ 07 kap. 6.6.2) a to již v nejvyšších částech povodí.
- Suché nádrže – vytvářejí vymezený ochranný prostor, který se plní při průchodu povodňových vod, snižují povodňové průtoky a po průchodu povodňové vlny se řízeně vyprazdňují
  - zadržují velké množství vody zejména z přívalových srážek,
  - při vhodném geologickém podloží zvyšují infiltraci vody do půdy v oblasti zátopy i pod ní při postupném vyprazdňování,
  - zádržný prostor je prázdný - možné využití zátopy (pole, louky, les),

- ochrana objektů před povodněmi,
- při sedimentaci nežádoucích splavenin mají funkci záchytnou,
- pro biotu v tocích je přínosné pozitivní ovlivňování hydrologického režimu se současným zadržením nadměrného množství splavenin.



Obrázek 26 Suchá nádrž k. ú. Nenkovice (zdroj: VUV TGM, v.v.i.), zátopa využívána k pastvě koní



Obrázek 27 Suchá nádrž v k. ú. Starovice (zdroj: VUV TGM, v.v.i.), zátopa využívána jako orná půda

- Ochranné nádrže s malým zásobním prostorem – transformují povodňovou vlnu a po jejím průchodu řízeně vyprazdňují ochranný prostor až po hladinu zásobního prostoru.
  - zadržují velké množství vody zejména z přívalových srážek,
  - při vhodném geologickém podloží zvyšují infiltraci vody do půdy v oblasti zátopy i pod ní při postupném vyprazdňování,
  - část zádržného prostoru je prázdná - možné využití zátopy (pole, louky, les),
  - zásobní prostor může plnit žádoucí funkci mokřadu, naopak rybochovné nádrže či jiné funkce jsou v rozporu s požadavky na boj proti suchu i povodním (nutný větší zásobní objem, který je také třeba udržovat pro chov ryb nebo rekreaci),
  - ochrana objektů pod nádrží před povodněmi,
  - při sedimentaci splavenin mají funkci záchytnou,
  - pro biotu v tocích je přínosné pozitivní ovlivňování hydrologického režimu se současným zadržením nadměrného množství splavenin.



Obrázek 28 Ochranná nádrž s malým zásobním prostorem v k. ú. Staré Hvězdlice (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)

- Usazovací (protierozní) nádrže – slouží k zachycení splavenin (smyvů) přicházejících z povodí sedimentací. Rozdíl mezi retenčními a usazovacími nádržemi je minimální, tedy i jejich funkce a vlivy jsou obdobné.
  - zachycení a sedimentace splavenin (nutné jejich periodické odtěžování),
  - zlepšení jakosti povrchové vody,
  - možné zadržení vody (akumulace),
  - při vhodném geologickém podloží zvyšují infiltraci vody do půdy v oblasti zátopy,
  - pro biotu v tocích je přínosné pozitivní zadržení nadměrného množství splavenin.
  - možná ochrana objektů pod nádrží před povodněmi.

- Rybochovné nádrže – umělé vodní nádrže pro chov ryb.
  - zadržují velké množství vody (akumulace), avšak v rozporu s požadavky na boj se suchem na úkor průtoků v toku pod nimi – neupouští se, zhoršují kvalitu vody a snižují biodiverzitu,
  - zlepšení mikroklimatu,
  - pro zmírnění následků sucha z hlediska vodohospodářského jsou bezvýznamné, až nežádoucí,
  - pro biotu v tocích jsou škodlivé.
- Hospodářské nádrže pro chov vodní drůbeže – ploché a mělké vodní nádrže rybníčního typu.
  - zadržují velké množství vody (akumulace), avšak v rozporu s požadavky na boj se suchem – neupouští se, zhoršují kvalitu vody,
  - pro zmírnění následků sucha z hlediska vodohospodářského jsou bezvýznamné,
  - pro biotu v tocích jsou škodlivé.
- Speciální vyrovnávací nádrže – určené ke krátkodobému vyrovnání nerovnoměrnosti mezi přítokem a odtokem.
  - zadržují velké množství vody (akumulace),
  - vhodné pro částečnou eliminaci uměle vyvolaných průtokových extrémů (např. vliv energetického špičkování, jako opatření pro boje se suchem nemají význam.
  - možné nadlepšování průtoků v době sucha (dle manipulačního řádu).
- Splavovací nádrže (klauzury) – specifické malé vodní nádrže zejména v horských oblastech (Šumava) a lesích, které vytvářely zásobu vody nezbytnou k nadlepšení průtoků pro splavování dřeva (význam historický)
  - vzhledem k dlouhodobé existenci v obvykle nezatíženém prostředí mohou přispívat ke zvýšení biodiverzity, ale způsobují efekt tzv. hladové vody, která vede vymílání toků, rozrušování břehů plaveným dřevem apod.,
  - z hlediska bioty v tocích působí obecné negativní vlivy nádrží (viz DÚ 07 kap. 6.6.2).
  - z hlediska boje proti suchu nemají žádoucí efekt, nemá smysl stavět nebo obnovovat, vhodnější jsou v daných oblastech mokřady.
- Rekreační nádrže – přírodní koupaliště a nádrže pro vodní sporty
  - zadržují velké množství vody (akumulace) i během suchého období na úkor průtoků v toku pod nimi - neupouští se,
  - zhoršení kvality vody (zejména při použití chemikálií),
  - zlepšení mikroklimatu,
  - pro zmírnění následků sucha z hlediska vodohospodářského jsou bezvýznamné, až nežádoucí.
- Hydromeliorační nádrže – pomáhají optimalizovat vlhkostní poměry v krajině, vytvářejí příznivé podmínky pro rozvoj vegetace atd. Tyto nádrže vytvářejí důležitá refugia pro udržení určitých druhů živočichů a rostlin. Definice těchto typů nádrží vychází z ČSN 75 2410 Malé

vodní nádrže, v současnosti by se daly označit na víceúčelové malé vodní nádrže s hlavní krajinotvornou funkcí.

- zadržují množství vody (akumulace),
  - jinak pro boj se suchem z vodohospodářského hlediska bezvýznamné.
- Umělé mokřady – (název dle ČSN 75 2410, vhodnější název „obnovované mokřady“) určené ke zvýšení vlhkostních poměrů (vzdušné i půdní), úpravě jakosti vody, regulaci odtoku vody a bývají důležitou součástí biocenter. Jsou zde uváděny z důvodu jejich zařazení do ČSN Malé vodní nádrže, nejedná se však o vodní nádrž z konstrukčního hlediska a jsou řešeny samostatně (mokřadům se dále věnují kapitoly 2.4 a 3.3).
- jedno z nejvhodnějších opatření pro boj se suchem z hlediska akumulace vody v krajině,
  - zlepšení kvality vody,
  - zlepšení mikroklimatu,
  - zvýšení biodiverzity.



Obrázek 29 Soustava tůň a mokřadu k. ú. Borkovany (zdroj: VUV TGM, v.v.i.)

- Krajínovotvorné nádrže a nádrže na ochranu bioty – především tůň (mimo vodní tok bez regulace odtoku) určené pro zajištění optimálních životních podmínek, zejména pro chráněnou faunu a floru
- zadržení vody pouze v malé míře (akumulace),
  - přispívají k přirozeným funkcím krajiny.
- Nádrže určené k rekultivaci narušené krajiny těžbou, stavbami aj. – postindustriální biotopy

- riziko zhoršení kvality vody – např. kontaminace vody či podloží nebo pozůstatky škodlivých látek z předešlé průmyslové činnosti,
- vliv na biotu v tocích je závislý na okolnostech – lokalizaci nádrže, odtoku atp.
- mohou zlepšovat lokální klima, velmi však záleží na konkrétních podmínkách a situaci,
- jinak nevhodné nádrže, bez vlivu na sucho či jiné extrémy.

Výhody a nevýhody vybraných typů malých vodních nádrží při řešení problematiky sucha jsou zjednodušeně znázorněny v přílohách 3 a 4, kde bylo snahou vystihnout hlavní a nejvýraznější plusy a mínusy těchto opatření. Jedná se o zjednodušené znázornění hlavních výhod a nevýhod z pohledu vodohospodářského i ekologického.

### 2.3 NÁVRH VHODNÝCH TYPŮ OPATŘENÍ NA LESNÍ PŮDĚ

Opatření vedoucí k zadržení vody v lesích lze obecně rozdělit do dvou úrovní:

- 1) opatření strategická (organizační), dlouhodobá,
- 2) opatření aktuální (operativní), technická.

**Strategická opatření** by měla směřovat především k postupné revizi systémů lesnické typologie, tvorbě hospodářských souborů a s nimi souvisejících rámcových směrnic hospodaření alespoň v suchem nejvíce ohrožených lokalitách a lokalitách, které mají vysoký potenciál k zadržování vody (lokality s výrazně aktivními vodními bilancemi).

Současná platná lesnická legislativa, zejména pro vlastníky lesů nad 50 ha má zato, že vytváří podmínky formou doporučených a závazných ukazatelů (min. podíl melioračních dřevin, velikost holé seče, max. podíl celkové výše těžby, min. zakmenění 0,7 apod.). To je však pouze první krok. Pro optimalizaci hospodaření v lesích je předpokladem zavedení integrovaných způsobů hospodaření s cílem tvorby polyfunkčního lesa (Vyskot a kol., 2003). Ten by měl optimalizovat nejen produkční funkci lesa, ale i ostatní environmentální funkce. Vyjádřeno parametry základních hospodářských doporučení lze takto formulovat např. majoritní (min 50 %) zastoupení dřevin přirozené druhové skladby a podrostití formu hospodářského způsobu vedoucí k bohatě strukturovaným lesům. Základem by mimo jiné měla být postupná přeměna smrkových porostů v pěstebních systémech, zejména ve třetím a čtvrtém lesním vegetačním stupni, na porosty s buď jednotlivou (skupinkovou) příměsí smrku nebo zcela bez smrku.

Jako optimální se jeví postupné vytvoření bilančního pěstebního systému, který bude schopen bilancovat v určitých časových intervalech veškeré složky vodní bilance lesních porostů (srážky, přítok, odtok a výpar) v lesních mikropovodích a na základě lesnické typologie formulovat takové optimalizované dřevinné skladby a pěstební (a nakonec i těžební) zásahy v nich, které alespoň vyrovnané vodní bilance v malých vodohospodářských povodích nebudou narušovat.

Synergické působení extrémních klimatických výkyvů, dlouhodobé přirozené acidifikace půdy a antropogenních vlivů, především imisní zátěže a hospodářských zásahů, má na téměř celém území střední Evropy v posledních desetiletích za následek snižování vitality lesních porostů. Naprosto zásadní význam mají v procesu chřadnutí smrku abiotické, především klimatické stresové faktory jako predispoziční, případně iniciační stresory (Jankovský a kol., 2004). K nejvýznamnějším abiotickým stresorům náleží sucho, především v předjaří a jarních měsících. Letní přísušky se uplatňují jako

významný predispoziční faktor pro vznik kořenových hnilob. Významným rizikem je u smrku kombinace abiotických stresorů, kterými jsou letní přísušky a vysoká teplota v kombinaci s vysokou vzdušnou vlhkostí, které mohou jako mortalitní stresor zapříčinit přehřátí pletiv. Klimatické extrémy v zimě jsou pro smrk rizikové především narušením dormance relativně teplým obdobím a náhlým poklesem teplot pod bod mrazu. Biotické faktory se uplatňují především jako iniciační stresory (např. savý a listožravý hmyz). V kombinaci s působením abiotických predispozičních stresorů mohou působit jako mortalitní stresory. V případě lýkožrouta smrkového poskytují polomy vhodné podmínky pro nastartování jeho gradací a ohrožení okolních porostů.

Obecně lze předpokládat velmi citlivou reakci lesních společenstev na stres různým stupněm poškození a následnou změnou vitality, která se projevuje:

- redukcí běžného přírůstu,
- redukcí celkového průměrného přírůstu,
- změnou struktury fytoocenózy (druhová abundance a dominance),
- změnou vlastností ekotopu indikovaného světelnými a tepelnými poměry, prouděním vzduchu na rozsáhlých holinách a v prosvětlených porostech, provázenou změnou humusové formy a koloběhu živin (pH, sorpčního komplexu, vytěšňováním AL apod.).
- stresovaná stadia lesních společenstev jsou provázena zpravidla sníženou fruktifikací dřevin, nižší klíčivostí a vitalitou semenáčků nebo úplnou neplodností semen a tím dochází k celkovému oslabení regeneračních schopností ekosystému.

### **Adaptace lesů na globální klimatickou změnu – Climate Smart Forestry**

Les je v kontextu globální klimatické změny (GZK) významným tím, že ovlivňuje klimatický systém Země akumulací a uvolňováním uhlíku, vlivem na vodní režim a dalšími regulačními mechanismy. Aktivní obhospodařování lesa může zmírnit průběh změny klimatu. **Adaptační opatření** představují takové změny hospodaření, kdy jsou nepříznivé vlivy GZK zmírňovány a pozitivní využívány. Klíčovými nástroji jsou změna dřevinného složení, včetně introdukce nových druhů, zvýšení biodiverzity, snížení doby obmýtí zranitelných dřevin a využívání nepasečných hospodářských způsobů.

Dopady klimatické změny na lesní ekosystémy jsou a budou regionálně velmi proměnné, proto adaptační opatření musí být výsledkem dlouhodobého strukturovaného plánování počínaje úrovní klimaticko-vegetačních segmentů, přírodních lesních oblastí až porostu. Rozhodnutí o uskutečnění či neuskutečnění opatření musí být učiněno u konkrétního porostu určité kvality a podle lokální predikce možného ohrožení. Obecně nejdůležitějším opatřením je zvyšování adaptačního potenciálu lesů druhovou, genovou a věkovou diverzifikací porostů.

Nejrazantnějším opatřením je přeměna druhové skladby porostů, a to těch, které neodolají klimatické změně na příslušných stanovištích. Jedná se zejména o předčasné smýcení porostů jehličnanů, zvláště smrku, a náhradu těchto porostů směsí dřevin o vyšší ekologické stabilitě, tedy s podílem dřevin přirozené druhové skladby ve smrkových porostech s vyšším zastoupením nad 50 %.

Strategickou záležitostí představuje vyhodnocení hydrické a protierozní funkce lesa a jeho zakotvení do rámcového plánování. Vyplyvá z toho na úrovni přírodních lesních oblastí stanovit hydrický potenciál lesní půdy včetně vlivu lesních porostů. Na to navazují těžebně-dopravní technologie, které zásadním způsobem ovlivňují hydrický režim lesa. Optimalizovaná hustota odvozních cest v

transportních segmentech a navazující limitující typy těžebních technologií představují součást komplexního hodnocení ohrožení lesních porostů suchem.

Prvořadým úkolem **operativních opatření** je udržet srážkovou vodu v lesních porostech. Je třeba změnit na mnohých lesních majetcích stále ještě praktikované přístupy k hospodaření s vodou na lesotechnickém inventáři. Od přístupu směřujícímu k rychlému odvedení srážkové vody např. z lesních odvozních cest, skládek dříví a jiných manipulačních ploch do recipientů a následně mimo lesní porosty je třeba jednoznačně přejít k přístupu zadržování a postupného využívání veškeré vody přicházející do lesních povodí. Opatření jsou přitom poměrně jednoduchá, od opatření v porostech, kdy např. po těžbách je vhodnější klest vyrovnávat do hromad orientovaných po vrstevnici, na plochách je vhodné ponechávat v rozumné míře přirozené změny mikroreliefu (např. vývratové jámy), po vlastní technická opatření např. zaústování svodných příkopů a rigolů do drénů, revitalizace vodních toků, výstavba malých vodních nádrží atp.

### **Operativní opatření k zadržení vody v lesích**

(zdroj: materiál Kolektiv, 2000)

Jedná se o souhrn operativních opatření lesního provozu, která mohou výrazně pozitivně ovlivnit zadržení vody v lesích:

- minimalizace vlivu lesního hospodářství na lesní půdu (zajištění dostatečné infiltrační kapacity) – pojezdy mechanizace, vyklizování atp.,
- důsledná sanace potěžebních či jiných technologických narušení půdy,
- po těžbách klest vyrovnávat do hromad orientovaných po vrstevnici,
- na těžebních plochách ponechávat v rozumné míře přirozené změny mikroreliefu (např. vývratové jámy),
- minimalizace holosečných těžebních prvků,
- minimalizace uzavřených povrchů na stavbách určených k plnění funkcí lesů – cesty, skládky, manipulační plochy,
- zaústování svodných příkopů a rigolů do drénů (ne do toků), případně jejich řízené rozlivy,
- hrazení strží a bystřin,
- revitalizace vodních toků,
- obnova popř. výstavba malých vodních nádrží.

Pro ochranu kvality vody, především v případě vodních zdrojů, chráněných oblastech přirozené akumulace vod (CHOPAV) je třeba aplikovat opatření, která eliminují možnost znečištění vodních zdrojů:

- leso-technická opatření by měla být realizována min. 50 m od vodního zdroje,
- preferovat podrostní (výběrný) a násečný hospodářský způsob,

*Násečný hospodářský způsob: část nového porostu vzniká na holé ploše (tzv. násek) a část v navazujícím prosvětleném okraji lesa pod ochranou mateřského porostu (vnitřní a vnější okraj porostu). Kombinace holosečného a podrostního hospodářského způsobu.*

- vodochranné funkční typy lesů – ochranné pásy lesa o šířce 20 – 150 m v okolí vodárensky významného toku.



V lesích se nachází také velké množství pramenů a pramenišť, které si zasluhují zvláštní pozornost a přístup. V jejich blízkosti by měla být dodržována následující pravidla:

- vyloučit přejezdy lesnické techniky v blízkosti vodních zdrojů,
- vyloučit veškeré zemní práce, které by mohly ohrozit vydatnost či kvalitu pramene,
- vyloučit chemický posyp cest v blízkosti vodních zdrojů a chemické ošetřování porostů, hnojení, trvalé i dočasné skladování chemikálií, chemickou asanaci dřevní hmoty včetně lapáků,
- vyloučit budování a provoz krmných zařízení a slanisek pro zvěř včetně volného přikrmování zvěře,
- k údržbě a obnově cest používat pouze inertních přírodních materiálů (ze zdrojů se stejným pH).

Přestože jsou výše uvedená opatření v praxi lesního hospodářství relativně známá, či relativně dobře propagována, k jejich dodržování namnoze chybí v praxi motivace. Je zřejmé, že v situaci, kdy stát kontroluje hospodaření v lesích, jakožto složce životního prostředí, prostřednictvím rozsáhlého legislativně-správního aparátu, je to právě stát, kdo by měl být iniciátorem posilování hydrických a vodohospodářských funkcí lesa prostřednictvím nástrojů lesního hospodářství. Vliv lesa a hospodaření v lesích na vodní režim krajiny je v podmínkách ČR natolik zásadní, že hospodaření s vodou v lesích by se do budoucna mělo stát plnohodnotnou součástí lesnických činností.

Na závěr lze konstatovat, že **pro optimální zadržení vody v lesích je primárním předpokladem „udržení lesa a jeho inventáře v optimální kondici“** (tzn. v odpovídající dřevinné skladbě v odpovídajících podmínkách, se zdravou lesní půdou, zdravým lesním porostem a optimálním lesním inventářem).

Přínosy a případné nevýhody vybraných popisovaných opatření na lesní půdě při řešení problematiky sucha jsou zjednodušeně znázorněny v přílohách 5 a 6, kde bylo snahou vystihnout hlavní a nejvýraznější plusy a mínusy těchto opatření. Opatření, která jsou podrobněji popsána v jiných kapitolách (např. revitalizace vodních toků, malé vodní nádrže) a jsou doporučována i jako opatření v lesích, již v těchto přílohách znovu uváděna nejsou.

## 2.4 NÁVRH VHODNÝCH TYPŮ OPATŘENÍ NA TOCÍCH

### 2.4.1 Typologie revitalizačních zásahů

V souvislosti s tématem vodních toků bylo v projektu „Strategie“ (Strategie, 2015), který se zabýval povodňovou a erozní tematikou, navrhováno osm typů opatření, z nichž každé bylo souborem několika dílčích opatření. Opatření použitá v projektu „Strategie“ z velké části odpovídají aktuálním poznatkům z oblasti revitalizací, a proto byla inspirací pro návrh opatření vhodných k eliminaci negativních dopadů hydrologického sucha. Řešením je zejména přirozené nebo umělé dočasné zadržení vody v krajině (v půdě, říční nivě, ve vodních nádržích apod.), zajištění kvality a dostatečného množství vody pro hygienické, ekologické a estetické funkce vodních toků. Jednotlivé návrhy jsou rozděleny podle druhu území, ve kterém se s nimi lze nejčastěji setkat. To ale neznamená, že se nemohou používat i v jiných druzích území. Základní rozdělení je na:

- A. Opatření na tocích v nezastavěných územích,

- B. Opatření na tocích v zastavěných územích,
- C. Opatření v údolní nivě,
- D. Opatření na suchých a retenčních nádržích.

Jednotlivá opatření jsou hodnocena parametry, které znamenají následující:

- vhodnost - druhy území vhodné pro aplikaci dílčího opatření (A, B, C, D),
- parametry - parametry ovlivňující výslednou účinnost dílčího opatření,
- omezení - možné komplikace a nepříznivé dopady realizace dílčího opatření,
- klady - pozitivní dopady realizace dílčího opatření,
- zápory - negativní dopady realizace dílčího opatření,
- řešení - možnosti technických a stavebních řešení,
- materiály - zastoupení hlavních materiálů k realizaci dílčího opatření dle zvoleného řešení,
- cena - finanční náročnost na realizaci dílčího opatření,
- pracnost - zohlednění časové náročnosti a podílu manuálních prací,
- zábory - územní náročnost pro realizaci dílčího opatření,
- údržba - náročnost, četnost a provozní náklady pro udržitelné fungování dílčího opatření,
- ekologie - míra zlepšení ekologického stavu toku a nivy ovlivněného dílčím opatřením,
- samočištění - míra zvýšení samočisticí schopnosti toku a nivy,
- morfologie - míra zlepšení morfologického stavu toku a nivy ovlivněného dílčím opatřením,
- estetika - míra zlepšení vzhledu a rekreačního potenciálu toku a jeho okolí dílčím opatřením,
- PPO - míra zvýšení protipovodňové ochrany území v blízkosti realizace dílčího opatření,
- OPNS - míra příznivého vlivu dílčího opatření na eliminaci nepříznivých dopadů sucha.

Vliv jednotlivých parametrů na navrhovaná opatření je uveden v Tabulka . Vliv je vyjádřen odborným odhadem. Je potřeba uvést, že vyjádření vlivu nemůže postihnout všechny situace, které mohou nastat.

Tabulka 8 Komplexní hodnocení vlivů dílčích revitalizačních opatření

| Opatření:                                      |   | Vhodnost               | Morfologie | Ekologie | Samočištění | Estetika | PPO | OPNS | Cena        | Pracnost | Zábory     | Údržba |  |
|--|---|------------------------|------------|----------|-------------|----------|-----|------|-------------|----------|------------|--------|--|
| A – Opatření na tocích v nezastavěných územích |   |                        |            |          |             |          |     |      |             |          |            |        |  |
| 1  | Změna trasy                                 | A, B, D                | ++         | +        | +++         | ++       | 0   | ++   | ++          | ++       | ++         | +++    |  |
| 2  | Využití původního upraveného koryta         | A, B, C, D             | 0          | ++       | +++         | +        | +   | ++   | +++         | +++      | +++        | +++    |  |
| 3  | Členitost koryta                            | A, B, D                | +++        | +++      | +++         | ++       | +   | +++  | ++          | ++       | +++        | +++    |  |
| 4  | Podpora boční eroze                         | A, C                   | +++        | +++      | +           | ++       | +   | +++  | ++          | ++       | ++         | +++    |  |
| 5  | Vzdouvací prvky, rybí přechody              | A, B, D                | ++         | +++      | ++          | +        | 0   | +++  | ++          | ++       | +++        | +++    |  |
| 6  | Režim splavenin                             | A, B                   | +++        | ++       | +++         | +        | +   | +    | +           | +++      | +++        | +++    |  |
| 7  | Úprava stabilizace koryta                   | A, B                   | ++         | ++       | +++         | +++      | +   | ++   | ++          | ++       | +++        | ++     |  |
| 8  | Břehová a doprovodná vegetace               | A, B, C                | ++         | ++       | ++          | ++       | +   | +    | +++         | +++      | ++         | ++     |  |
| B – Opatření na tocích v zastavěných územích   |   |                        |            |          |             |          |     |      |             |          |            |        |  |
| 9  | Složený profil se stěhovavou kynetou        | A, B                   | ++         | +        | ++          | ++       | +   | +++  | ++          | ++       | +++        | ++     |  |
| 10   | Stabilizace koryta                          | A, B                   | +          | ++       | ++          | ++       | +   | 0    | +           | +        | +++        | ++     |  |
| 11   | Ohrázování                                  | B                      | 0          | -        | 0           | +        | +++ | 0    | +           | +        | ++         | ++     |  |
| 12   | Břehová a doprovodná vegetace v zástavbě    | B                      | +          | ++       | ++          | +++      | -   | +    | ++          | +        | ++         | ++     |  |
| 13   | Parková úprava toků a jejich okolí          | B                      | +          | +        | 0           | +++      | -   | +    | ++          | +        | ++         | +      |  |
| C – Opatření v údolní nivě                     |   |                        |            |          |             |          |     |      |             |          |            |        |  |
| 14   | Umožnění rozlivů, změna využívání inundace  | A, C, D                | +          | +++      | ++          | +        | +++ | +++  | +++         | +++      | +          | +++    |  |
| 15   | Boční a odstavená ramena, tůně, mokřady     | A, C, D                | 0          | +++      | ++          | +        | ++  | ++   | +++         | +++      | ++         | +++    |  |
| 16   | Obnova potenciálně přirozené nivní vegetace | A, C, D                | +          | ++       | ++          | ++       | +   | ++   | +++         | +++      | ++         | +++    |  |
| D – Opatření na suchých a retenčních nádržích  |   |                        |            |          |             |          |     |      |             |          |            |        |  |
| 17   | Suché a retenční nádrže                     | D                      | +          | -        | ++          | ++       | +++ | +++  | +           | +        | +          | ++     |  |
| Dopad:   |   | -                      |            |          |             |          |     |      | Příznivost: |          | + nízká    |        |  |
|  |   | 0 žádný                |            |          |             |          |     |      |             |          | ++ střední |        |  |
|  |   | +                      |            |          |             |          |     |      |             |          | +++ vysoká |        |  |
|  |   | ++ střední (pozitivní) |            |          |             |          |     |      |             |          |            |        |  |
|  |   | +++ vysoký (pozitivní) |            |          |             |          |     |      |             |          |            |        |  |

## 2.4.2 Opatření na tocích v nezastavěných územích

Cílem opatření je snížit kapacitu koryta, přiblížit hydromorfologii toku místním přírodě blízkým podmínkám, zvýšit retenční kapacitu údolní nivy, iniciovat přirozený splaveninový režim, napomáhat biologické rozmanitosti a příznivému uspořádání vodních poměrů, zejména přirozenější dynamice průtoku během roku. Návrhy zahrnují revitalizace a renaturace nevhodně odvodněných ploch, opatření pro podporu vsakování vody a tvorby zásob podzemní vody. Návrhy jsou zaměřené na retardaci odtoku v povodí vodních toků a hospodaření se srážkovými vodami. Ve výsledku by mělo území plnit funkci biokoridoru s mezofilními, mokřadními a vodními biocenózami. Revitalizace lze realizovat pomocí komplexního systému opatření (prvků), které jsou uvedeny dále v textu.

### 2.4.2.1 Změna trasy

Úvod: Obecně by se měla trasa inspirovat v historických mapách dané lokality. Navrhne se rekonstrukce iniciálního tvaru trasy koryta dle geomorfologické analýzy. Zatrubněné úseky by měly být odkryty, meandry pročištěny a zprůtočněny. Pokud to územní možnosti dovolují (typ údolí), přímé odvodňovací meliorační kanály by měly být nahrazeny trasou s oblouky různých parametrů (rozvolnění proudnice, přidání zákrutů) - meandrovitost (poměr délky přímého úseku a délkou osy nově navržené trasy) by měl být co nejvyšší - vhodně mezi 1,5 až 2,0. Lze vytvořit nové větve toku. Trasu lze rozvolnit i pomocí výhonů a započít procesy boční eroze. V případě potřeby lze navrhnout zcela nové mělké koryto, které by mělo umožňovat korytotvorný průtok nejvíce  $Q_1$  a optimálně  $Q_{30d}$  s rozlivy do okolní nivy. Toto řešení je vhodné pro koryto po úplné destrukci po povodni v případě, že nejsou důvody pro návrat koryta do původního stavu. Někdy je koryto s oblouky mylně nazýváno stěhovavou kynetou (v případě, že není navržena berma). Rovněž meandrující koryto by mohl být zavádějící pojem. Meandry vznikají v oblastech s malým podélným sklonem, neustále se vyvíjí a jsou bez umělé stabilizace koryta. Navržená trasa koryta je přibližně ohraničena nebo vymezena obalovými křivkami koryta jako meandrační (říčním, potočním) pás, kde převažují z pohledu využití území funkce vodního toku - neomezované provádění povodňových průtoků, zaplavitelné porosty, tůně, mokřady. Pás je obvykle součástí inundačních (záplavových) území ve smyslu vodoprávním. Koryto může být nepravidelně stabilizováno kamenem. V některých částech může být trasa ponechána beze změny trasy a bez demontáže opevnění. Po realizaci může dojít k samovolnému vzniku úseku nového koryta přírodě blízkých tvarů - opuštěné revitalizační koryto zůstane bez vody a zarůstá. Tento vývoj lze vnímat jako přirozenou reakci na nadměrné zvlnění revitalizačního koryta, funkce díla nejsou dotčeny.

Cíl, popis: zpomalení odtoku, průtoku a doby dotoku vody, snížení podélného sklonu, zvětšení omočené plochy, vyšší diverzita koryta, podpora samočištění

Vhodnost: A. nezastavěná území / B. zastavěná území / C. niva / D. zátopa nádrže

Parametry: meandrovitost, rozměry koryta, materiál zemin v okolí, úroveň hladiny podzemní vody (HPV)

|              |   |
|--------------|---|
| Omezení:     | pročištěním meandrů se naruší lokální ekosystém, v případě realizace změny trasy se mohou uvolnit jemné částice, které mají negativní vliv na vodní bentos a rybí obsádku (ryby mohou v úseku vyhynout a pokud je níže migrační překážka, nemusí se vrátit), v případě, že se navrhne nepřirozená trasa, může naopak koryto působit umělým dojmem |
| Klady:       | snížení eroze, transformace zvýšených průtoků (dle možnosti rozlivů do nivy), příznivější podmínky k zasakování (delší zdržení, větší kontaktní plocha) a samočištění, zvětšení prostorového rozsahu, zpomalení proudu, zvětšení diverzity hloubky vody   |
| Zápory:      | nepřirozený stav (v případě špatného návrhu), vytvoření nového koryta zcela bez vodního ekosystému (časem se stav napraví), porušení přirozené ochrany dna (tzv. dnové dlažby)  |
| Řešení:      | zemní práce   |
| Materiály:   | zemina, kamenný zához, výhony   |
| Morfologie:  | žádná / nízká / <u>střední</u> / vysoká, nastavení iniciálního tvaru, ponechání dalšímu GMF vývoji  |
| Ekologie:    | negativní / žádná / <u>nízká</u> / střední / vysoká, vyšší diverzita habitatů, zpomalení proudu, větší hloubka, menší prohřívání, větší diverzita prostor pro biotu   |
| Samočištění: | žádné / nízké / střední / <u>vysoké</u>   |
| Estetika:    | nízká / <u>střední</u> / vysoká, přírodnější charakter  |
| PPO:         | negativní / <u>žádná</u> / nízká / střední / vysoká, minimální až žádný vliv transformace povodně .... dle možnosti rozlivu do nivy   |
| OPNS:        | žádná / nízká / <u>střední</u> / vysoká   |
| Cena:        | nízká / <u>střední</u> / vysoká   |
| Pracnost:    | nízká / <u>střední</u> / vysoká   |
| Zábory:      | nízké / <u>střední</u> / vysoké   |
| Údržba:      | <u>nízká</u> / střední / vysoká, běžná nebo minimální údržba, ideálně vývoj k potenciálně přirozenému stavu bez nutnosti údržby   |
| Příklady:    | ilustrační fotografie   |



Povodňový průleh Ebermannstadt



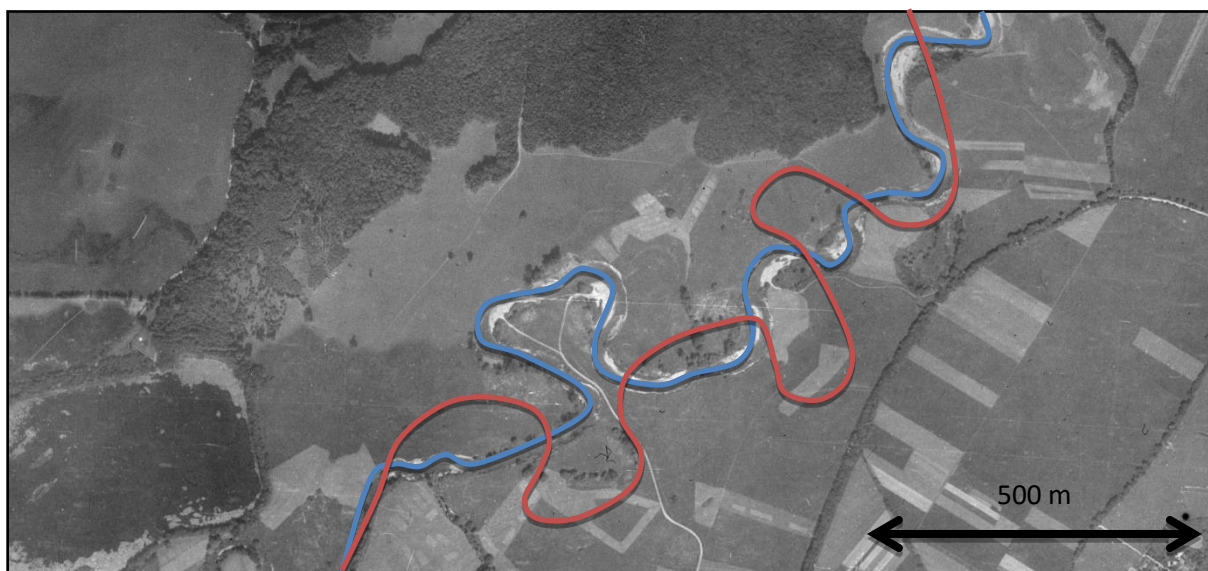
před výstavbou



výstavba



po výstavbě



Řeka Odra na hranici katastrálních území Polanka nad Odrou a Proskovice (1950)-modrá linie



Řeka Odra na hranici katastrálních území Polanka nad Odrou a Proskovice (současnost)-červená linie



výstavba





výstavba

po výstavbě

**Obrázek 30** Soubor fotografií zachycujících změnu trasy vodních toků

#### 2.4.2.2 Využití původního upraveného koryta

**Úvod:** Po návrhu nové trasy koryta může být původní koryto zasypano, rekultivováno nebo použito k vytvoření tůní, mokřadů apod. Záleží, zda je původní koryto regulované nebo přirozené (tok zde před úpravou v minulosti tekli). Tůně a mokřady v původním korytě mohou být napájeny z drenů a původní meliorace, drenáž je možné odstranit. Vzniká stanoviště pro obojživelníky. Lze využít pro účely větvení toku a zvýšení hydraulické členitosti toku - nižší nebo vyšší rychlost než v hlavním korytě. Charakter (průtočný, mokřad, osamocený prvek) závisí na vodním stavu. Strom vložený včetně kořenů a větví do původního koryta může po zasypaní sloužit jako armatura.

**Cíl, popis:** zvýšení akumulační schopnosti a dočištění přitékajících vod v případě vytvoření tůní a mokřadů, zvýšení členitosti v případě využití jako vedlejší větve, tvorba biotopů

**Vhodnost:** A. nezastavěná území / B. zastavěná území / C. niva / D. zátoka nádrže

**Parametry:** místní materiál (z okolí), přítok z meliorací / zdroj povrchové či podzemní vody, objem akumulace, podélný sklon původního koryta, hloubka vody

**Omezení:** zrušená meliorace nesmí způsobit zamokření na pozemcích, kde je to nežádoucí, ze zkušeností vyplývá, že je lepší vytvářet větší hlubší tůně, u kterých nedochází tak často ke zazemnění a vyschnutí

**Klady:** lokální biotopy, prostor pro transformaci a zasakování vody

**Zápory:** možné refugium nepůvodních a invazivních druhů

**Řešení:** zemní práce, nastavení hloubek a přítoků

**Materiály:** zemina, vegetační doprovod

**Morfologie:** žádná / nízká / střední / vysoká, bez vlivu na tok, vyšší diverzita nivy

**Ekologie:** negativní / žádná / nízká / střední / vysoká, vznik lokálních biotopů – změna společenstva, případně zvýšení habitatové diverzity, dočištění vod

Samočistění: žádné / nízké / střední / vysoké

Estetika: nízká / střední / vysoká, v případě začlenění vegetace zpestřující prvek v krajině

PPO: negativní / žádná / nízká / střední / vysoká, drobná akumulace vod

OPNS: žádná / nízká / střední / vysoká

Cena: nízká / střední / vysoká

Pracnost: nízká / střední / vysoká

Zábory: nízké / střední / vysoké

Údržba: nízká / střední / vysoká, minimální až žádná, ideálně vývoj k potenciálně přirozenému stavu bez nutnosti údržby

Příklady: ilustrační fotografie



před výstavbou



výstavba



po výstavbě



po začlenění do krajiny

po povodni

Obrázek 31 Soubor fotografií zachycujících využití původního upraveného koryta

### 2.4.2.3 Členitost koryta

Úvod: Nejčastěji se jedná o členitost (nehomogenitu) podélného sklonu dna koryta. Dochází ke střídání brodů, mělčin, skluzů, stupňů, vzduť, peřejí a tůň, tišin, prohlubní atd. Přímo v toku lze rozšířením do boku vytvořit boční tůň nebo rozšířením koryta podélné tůň. Členitost se vztahuje i na hloubky v příčném řezu. Členitost vytváří úseky s pomalejším prouděním a hlubší vodou nebo naopak s rychlejší a mělkou vodou. Po délce se mění s tím související drsnost koryta. To je vhodné pro geomorfologické procesy (vymílání, zanášení) a biologickou diverzitu (jednotlivé druhy se seskupují podle nároků na prostředí). Návrh by měl vycházet z GMF analýzy. Úseky s rychleji proudící vodou nesmí vytvářet výmoly a rozšiřovat se akcelerovanou erozí, kdy může dojít až k havarijnímu zahlobení, v případě úseků, kde není možné ponechat zcela samovolný prostorový vývoj. Záleží pak na velikosti zrn materiálu dna. Obecně dochází ke změně charakteristik koryt toků, zejména struktury dnového substrátu (rozvoj biofilmu a bioty podílejících se na čistících procesech), drsnosti, délky omočeného obvodu, šířky koryta atd. Pomístním zvýšením hloubky vody je příznivě ovlivněn teplotní a kyslíkový režim, zejména za běžných a nižších průtoků. Pro rybí obsádky a další formy bioty však je také významná členitost, která jim umožňuje setrvání a přežívání za povodňových průtoků. Nebezpečím je nadměrné zahlobování koryta (hloubková eroze), které nastává po neodborně provedených prohrábkách nebo po rozpadu stabilizace upraveného koryta (zvýšení podélného sklonu a rychlosti úpravou). Výmol může být hluboký až několik metrů. Pokud se koryto nevhodným zásahem zahlobí, dochází v čase v důsledku soustředěného proudění k dalšímu samovolnému zahlobování. Pokud to podmínky dovolí, je pro takový případ efektivnější staré koryto opustit a vytvořit nové koryto.

Cíl, popis: zvýšení biodiverzity, zvýšení úrovně hladiny mělké podzemní vody v nivě, umožnění vývoje mokřadních biotopů, zvětšení zásoby nivní vody, prodloužení doby odtoku

Vhodnost: A. nezastavěná území / B. zastavěná území / C. niva / D. zátopa nádrže

Parametry: hloubka a šířka koryta, materiál dna a svahů, úroveň HPV

- Omezení: při návrhu nivelety je potřeba respektovat výškovou úroveň přítoků, zaústění melioračních drenáží, vedení dopravních staveb a inženýrských sítí, atd., nebezpečí narušení ekosystému v případě velkého zahloubení koryta
- Klady: zpomalení odtoku, podpora samočištění, diverzity a tvorby habitatů
- Zápory: nebezpečí zamokření a eroze pozemků, u kterých je to nežádoucí
- Řešení: zemní práce, výhony, prvky stabilizace, rozražeče, balvanité skluzy, příčné pásy, tůně, dřevěné stupně, mrtvé dřevo
- Materiály: balvany, zemina, kamenný zához, dřevo
- Morfologie: žádná / nízká / střední / vysoká, výrazně pozitivní vliv
- Ekologie: negativní / žádná / nízká / střední / vysoká, zvýšení habitatové diverzity, hydraulická členitost za běžných a malých průtoků je příznivým iniciačním prvkem ekologické diverzity a základem příznivého ekologického stavu, dochází ke změně transportu znečištění, úkryty pro rybí obsádku
- Samočištění: žádné / nízké / střední / vysoké
- Estetika: nízká / střední / vysoká, zvýšení prostorů s cennými stanovišti
- PPO: negativní / žádná / nízká / střední / vysoká, drobná transformace
- OPNS: žádná / nízká / střední / vysoká
- Cena: nízká / střední / vysoká
- Pracnost: nízká / střední / vysoká
- Zábory: nízké / střední / vysoké
- Údržba: nízká / střední / vysoká, dodatečná stabilizace v případě vzniku hloubkové eroze
- Příklady: ilustrační fotografie





Obrázek 32 Soubor fotografií zachycujících členitost koryt



Obrázek 33 Soubor fotografií zachycujících hloubkovou erozi koryt

#### 2.4.2.4 Podpora boční eroze

Úvod:

Cíle procesů erodujících svahy koryta jsou obdobné jako při vytváření členitého koryta, které je zaměřeno na návrhy ve dně koryta, tedy členitost příčného profilu toku. Základním principem pro vývoj boční eroze geometricky jednoduchých koryt je vkládání různých prvků, které mohou způsobit vzdutí úseků nad nimi nebo podporujících boční erozi. Pro vytvoření efektu příčných proudů, které přirozeně vytvářejí oblouky v korytě, se jak do malých, tak do širších toků vkládají střídavě na jednu a druhou stranu ke břehu různé prvky. Nejčastěji jsou to velké kameny, drny, mrtvé dřevo a výhony z kamene, dřeva nebo proutí. Prvky koncentrují vodu k druhému svahu, kde koncentrovaný proud provádí vymílání. Výhony rovněž vytvářejí proudové stíny z důvodu usazování materiálu. Dochází tak ke změlnění

koryta, kterým lze napravit přílišné zahloubení technicky upraveného koryta a podpořit rozliv povodňových průtoků do nivy. Odkloněním proudu dochází k ochraně břehů před erozí.

**Mrtvé dřevo a dřevinné výsadby** lze použít u větších vodních toků. K těmto účelům mohou sloužit například následující konstrukční řešení. Lze použít odvětvené nebo neodvětvené kmeny pokácených stromů nacházejících se jako břehové porosty. Lze použít celé stromy (vhodný je smrk - nehodí se do části niv, plochý kořenový systém tvoří u ležícího stromu ve svahu kotvu) s větrovím i s kořeny, které jsou mechanizací vytržené ze země a vložené do vodního toku. Dřevo je vhodné ukotvit lany nebo kůly. Lze použít dřívky kmenů stromů (smrky nebo listnaté stromy s bohatými kořenovými systémy) zakopané do břehů s kořenovým systémem do vody - dočasná náhrada přirozeně rostlého kořenového systému břehové vegetace. Jako výhony jsou vhodné také svazky větví svázané ocelovými lany, kotvené kůly a zatížené velkými balvany nebo zakopané do břehů. Do zápletových plůtků, válců a vrbových rohoží lze nechat zakořenit vrby. V korytech vodních toků se přirozeně vyskytují neorganizované ulámané a vyvrácené stromy, kmeny, pařezy, kořeny, větve a jemné splávi, které je vhodné v toku ponechat, pokud není z nějakého důvodu na obtíž. Přestože se toto dřevo nazývá „mrtvé“, může být stále zakořeněné, olistěné nebo se může jednat o větve ponořené do koryta. Mrtvé dřevo je důležité pro vytváření stanovišť a úkrytů ryb a dalších skupin vodních živočichů. I přes vydařenou revitalizaci, dobrou kvalitu vody, rozvinutou morfologii ale bez mrtvého dřeva zůstávají toky často málo zarybněné. Struktury mrtvého dřeva jsou totiž významné pro ryby a jejich potravu jako úkryty před predátory, ale také jako rozmnožovací a odpočinková stanoviště (nepříznivé průtokové stavy). Podpora mrtvého dřeva by ovšem neměla znamenat nevhodné zásahy do živoucích břehových porostů. Na prvcích z mrtvého dřeva se mohou zachytit zbytky plovoucích rostlin, listů a komunální odpad (plasty, textil, plech apod.), který vytvoří v případě, že je mrtvé koryto umístěno přes celou šířku toku, hráz i povodňovou bariéru. Takto se zvýší hladina v toku, omočený obvod a případně i HPV. Všechny aplikace dřeva samozřejmě musejí být vždy dobře zváženy, řádně vodoprávně projednány a odborně prováděny. Mrtvé dřevo by nemělo vytvářet nebezpečné pasti v místech vodáckého provozu.

- Cíl, popis: snížení průtočnosti (šířky proudu), usazování materiálu za výhony, změkčení koryta, inicializace vymílání, stabilizace koryta, vytváření vzdutých úseků a členitého dna s vodou v období sucha
- Vhodnost: A. nezastavěná území / B. zastavěná území / C. niva / D. zátoka nádrže
- Parametry: šířka toku, množství materiálu, velikost prvků, dřevní hmota: rozměry (zejména tloušťka), hustota, ohebnost větví
- Omezení: stromy musí být ukotveny lany do svahů, ale i přesto bývají některé odneseny a je potřeba je pak doplňovat, nesmí tvořit překážky pro vodáky, v místech, kde je dostatek dřeva, mrtvé dřevo se po krátké době v toku olamuje.

- Klady:** usazování nebo vymílání materiálu, usměrnění proudu, úkryty pro živočichy, zpomalení a změkčení proudu
- Zápory:** nebezpečí úplného ucpání toku, v případě uvolnění většího množství kmenů může dojít ke stržení mostů a lávek nebo vzdutí v nežádoucích místech
- Řešení:** výhony ze dřeva (kmeny, větve, kořeny) nebo kamene, drny, zasazené vrby
- Materiály:** dřevní hmota, proutí, kameny
- Morfologie:** žádná / nízká / střední / vysoká, příznivé účinky
- Ekologie:** negativní / žádná / nízká / střední / vysoká, vytváření proudových stínů, úkryty pro ryby, uvolněná poškozená lana jsou nebezpečná pro zvěř (zamotání)
- Samočistění:** žádné / nízké / střední / vysoké
- Estetika:** nízká / střední / vysoká, pozitivní, pokud se na mrtvém dřevě nezachytí odpadky
- PPO:** negativní / žádná / nízká / střední / vysoká, transformace povodně v kombinaci s rozlivy do nivy
- OPNS:** žádná / nízká / střední / vysoká
- Cena:** nízká / střední / vysoká
- Pracnost:** nízká / střední / vysoká
- Zábory:** nízké / střední / vysoké
- Údržba:** nízká / střední / vysoká, doplňování mrtvého dřeva, které odnese povodeň, umírněná údržba, odstraňování kmenů odnesených do intravilánu nebo představujících nebezpečí pro situaci v intravilánu
- Příklady:** ilustrační fotografie



před výstavbou



před výstavbou



před výstavbou

výstavba

Obrázek 34 Soubor fotografií zachycujících dřevo v korytě



Obrázek 35 Skupina fotografií zachycujících pozitivní boční erozi

#### 2.4.2.5 Vzdouvací prvky, rybí přechody

Úvod: V korytech vodních toků se nachází různé příčné překážky, které není pro živočichy snadné překonat z důvodu jejich výšky, tvaru nebo malého proudu vody. Cílem je nefunkční a nevyužívané příčné překážky odstraňovat. V opačném případě (jez) je nutné stavět rybí přechody a podobné stavby umožňující překonání výškového rozdílu. Rybí přechod by měl být navržen tak, aby u jeho ústí byl dostatečný vábivý proud a při překonávání se vyskytovala místa s rychlejším a klidnějším proudem pro odpočinek. Skluzy je potřeba doplnit vývary nebo stabilizací dna pomocí dřevěných



nebo kamenných prahů, aby byla tlumena kinetická energie vody. V rámci revitalizačních opatření se návrhy zaměřují na nahrazení spádových stupňů balvanitými nebo kamennými skluzy nebo rampami, stupni z kulatiny, prodloužení délky vodního toku při zachování podélného sklonu a nahrazení jednoho většího stupně několika menšími (migračně průchozími). Lze využít dřevěné prahy z kůlů v úrovni dna nebo vyvýšené nade dno a dle místních technických a biologických požadavků případně kombinované s kamenným záhozem. Toto řešení vytváří mírné vzdutí, které může být přínosné během sucha. Může ale docházet ke změně teplotních a kyslíkových poměrů v závislosti na hloubce vody ve vzdutí a zastínění vegetací, což může mít i negativní vliv na požadovaný stav.

|              |  |
|--------------|--|
| Cíl, popis:  | prodloužením koryta odstranit potřebu příčných překážek, odstranění příčných překážek, nahrazení stupně více stupni menší výšky nebo balvanitým skluzem, stavba rybího přechodu  |
| Vhodnost:    | <u>A. nezastavěná území</u> / <u>B. zastavěná území</u> / C. niva / <u>D. zátopa nádrže</u>  |
| Parametry:   | výška stupně, délka prodloužené trasy toku, náchylnost materiálu dna k erozi, využití spádového prvku  |
| Omezení:     | v případě stavby rybího přechodu je potřeba větších záborů, v případě malé vodnosti toku nebude dostatek vody (hloubka) pro migraci ryb, balvanitý skluz použít pouze u toků v oblastech, kde je to morfologicky vhodná napodobenina přírodních struktur |
| Klady:       | zvýšení migrační propustnosti, zvýšení členitosti koryta   |
| Zápory:      | nefunkčnost při vyschnutí toku, balvanitý skluz působí jako cizorodý prvek u drobného vodního toku - voda je přes velké kameny pouze cezena a po delší době bývá často poškozen nebo takřka úplně rozebrán   |
| Řešení:      | prodloužení délky toku, balvanitý skluz nebo rampa, příčné prahy s nebo bez kamenného záhozu, nízké dřevěné stupně   |
| Materiály:   | kámen, dřevo (kulatina, desky), zemní práce, betonářské práce v případě stísněných prostorů  |
| Morfologie:  | žádná / nízká / <u>střední</u> / vysoká, možnost vzniku tůní a výmolů, v případě hloubkové eroze nežádoucí   |
| Ekologie:    | negativní / žádná / nízká / střední / <u>vysoká</u> , odstranění migrační překážky, je potřeba vyhodnotit účinnost a zajistit případnou úpravu rybího přechodu nebo balvanitého skluzu   |
| Samočišťení: | žádné / nízké / <u>střední</u> / vysoké  |
| Estetika:    | <u>nízká</u> / střední / vysoká, změna charakteru tekoucí vody   |
| PPO:         | negativní / <u>žádná</u> / nízká / střední / vysoká, téměř bez vlivu   |

- OPNS: žádná / nízká / střední / vyšoká
- Cena: nízká / střední / vyšoká .... dle potřeby stavby rybiho přechodu
- Pracnost: nízká / střední / vyšoká
- Zábory: nížké / střední / vyšoké ... dle potřeby stavby rybiho přechodu
- Údržba: nížká / střední / vyšoká, ponechání vývoje, výjimečně minimální - v případě tvorby výmolů
- Příklady: ilustrační fotografie



Obrázek 36 Skupina fotografií zachycujících vzdouvací prvky v tocích

#### 2.4.2.6 Režim splavenin

Úvod: Splaveniny jsou materiálem dna, který je unášen, valen či sunut po dně nebo těsně nad ním podle rychlosti proudění. V místech pomalejšího proudění rychle vytváří usazeniny. Splaveniny se mohou podle frakcí ukládat do hlinitých (jílových), písčitých, štěrkových nebo kamenitých lavic a vytvářet tak mělká místa v korytě. Mohou vznikat během povodně nebo postupným usazováním materiálu. Na lavicích může růst vegetace. V urbanizovaných územích považují správci toku nánosy za překážky, které blokují koryto a zmenšují jeho průtočnou kapacitu. Proto jsou odtěžovány (prohrábka materiálu). V minulosti byl štěrk a písek těžen jako nerostná surovina, čímž se lokálně zvětšovala průtočná kapacita koryta. Dnes jsou problémem splachy z pole. Kromě degradace života v korytech způsobují zanášení vodních nádrží a funkčních objektů na nich. Erozní smyvy lze omezit opatřeními v krajině, sedimentačními nádržemi nebo ochranným pásem zeleně (zejména trvalý travní porost) před vlastním korytem,

případně nenápadným nízkým ozeleněným zemním valem. Příliš zanesené meandry a boční ramena je možné pročistit (odbahnit). Štěrkové lavice lze místně prokopat (snaha o minimální vliv na biotu) a vytvořit rozvětvené koryto s různými hloubkami.

|              |  |
|--------------|--|
| Cíl, popis:  | zabránit vnosu jemnozrnných sedimentů do vodních toků, podpora GMF procesů hrubozrnných splavenin, které zabraňují vymílání dna (tzv. hladová voda), odstraňovat vzdouvací objekty, kde k usazování dochází, navrhnout takový podélný sklon, rozměry koryta a opatření pod vzdouvacími objekty (usazování v tzv. hrušce), aby nebyla voda hladová - výhony |
| Vhodnost:    | <u>A. nezastavěná území</u> / <u>B. zastavěná území</u> / C. niva / D. zátoka nádrže   |
| Parametry:   | zrnitost materiálu, délka revitalizované trasy toku, podélný sklon, přítomnost vzdouvacích objektů   |
| Omezení:     | bude-li do koryta stékat množství jemnozrnného materiálu společně s živinami a dalším znečištěním, nebude mít revitalizace zásadní účinek  |
| Klady:       | podpora členitosti koryta, podpora splaveninového režimu   |
| Zápory:      | zanášení upraveného koryta v intravilánu v případě nízké rychlosti v tamějším korytě   |
| Řešení:      | miskovitý tvar koryta, eliminace vzdouvacích objektů, vytvoření tzv. hrušky pod jezem včetně výhonů  |
| Materiály:   | –  |
| Morfologie:  | žádná / nízká / střední / <u>vysoká</u> , pozitivní vliv, pokud není voda tzv. hladová   |
| Ekologie:    | negativní / žádná / nízká / <u>střední</u> / vysoká, podpora členitosti koryta, zvýšená drsnost jako podpůrný prvek pro ekologickou diverzitu  |
| Samočištění: | žádné / nízké / střední / <u>vysoké</u>  |
| Estetika:    | <u>nízká</u> / střední / vysoká, může působit neudržovaně, zvláště pokud na nánosech v intravilánu roste náletová vegetace   |
| PPO:         | negativní / žádná / <u>nízká</u> / střední / vysoká  |
| OPNS:        | žádná / <u>nízká</u> / střední / vysoká  |
| Cena:        | nízká / střední / <u>vysoká</u> ... v případě jemnozrnných sedimentů   |
| Pracnost:    | <u>nízká</u> / střední / vysoká ... v případě jemnozrnných sedimentů   |
| Zábory:      | <u>nízké</u> / střední / vysoké ... v případě vytváření hrušky   |
| Údržba:      | <u>nízká</u> / střední / vysoká, odtěžování nánosů v případě velkého zanesení koryta v zástavbě  |

Příklady: ilustrační fotografie



po výstavbě



po začlenění do krajiny



Obrázek 37 Skupina fotografií zachycujících režim splavenin vodních toků

#### 2.4.2.7 Úprava stabilizace koryta

Úvod:

Před revitalizací je upravené koryto běžně technicky stabilizováno před erozními vlivy. Pokud není koryto zcela umělé (beton, betonové panely, tvárnice apod.), provádí se stabilizace dna za jezy, stabilizačními prahy, balvanitými skluzy, spádovými stupni apod. Používá se kamenný zához, plné nebo polovegetační tvárnice a v některých případech dřevo ve formě kulatin, plůtků apod. Svahy a paty svahů se stabilizují zejména v obloucích. Pokud je důvod nenechat revitalizované koryto samovolnému vývoji, přistupuje se k lokální stabilizaci. Obvykle se nejprve odstraní zbytky původního opevnění (cizorodý prvek), aby se nezneškodnoval přírodní vývoj toku. Po povodni je často koryto vyplněno zmetí betonových prvků z původního opevnění. Tento stav nelze ponechat samovolnému vývoji, protože se v podstatě jedná o rumišť. Je potřeba zajistit, aby následně nedošlo k nadměrnému zahlubování. Pokud toto výpočet prokáže, je vhodné využít kombinace snížení podélného sklonu prodloužením délky toku, využití nízkých spádových stupňů a lokálního opevnění. K opevnění se používá propustných prvků pro obnovení biologické rozmanitosti. Souvislá stabilizace kamenivem se dnes jeví jako nadbytečná. Starší přístup k revitalizacím využíval z důvodu počátečních obav z nestability opevnění častěji, než je tomu dnes. Stabilizace koryta je opodstatněná jen tam, kde je to skutečně nezbytné. K opevnění lze využít následující prvky:

**Kamenná rovnanina** (může být oživená vrbovými řízků) ručně kladená na sucho s mezerami vyplněnými menším kamenivem, kamenná dlažba je obdobná rovnanině,

jen je uložena do podsypu (lože), kamenný zához z balvanů nebo lomového kamene (velký rozměr materiálu, velká vrstva) většinou na paty svahů, kamenný pohoz (menší rozměr materiálu, malá vrstva) na svahy nebo dno koryta. Opatření lze v případě rovnániny nebo dlažby kombinovat s volně loženým proutím místo podsypu. Proutí se navzájem překrývá - hrubší konce se napříč překryjí např. proutěnými válci a zakotví kolíky.

**Drátokoše (gabiony), drátokamenné válce nebo haťošterkové válce** (jako obal lze použít proutí nebo pletivo) se používají většinou na stabilizaci pat nebo konkávních břehů. Na svahy lze použít ochranné sítě (geotextilie, geosít, drát), které se zajistí dřevěnými kolíky nebo se zatíží.

**Prahy** jsou tvořeny dřevěnými pilotami zaraženými do dna a o ně opřeny fošny nebo kulatinou a doplněnými kamenem. Za prahe bývají menší neškodné výmoly. Pokud je práh vyvýšen nad niveletu dna pro vzdouvání vody, musí být dno níže opevněno (kámen).

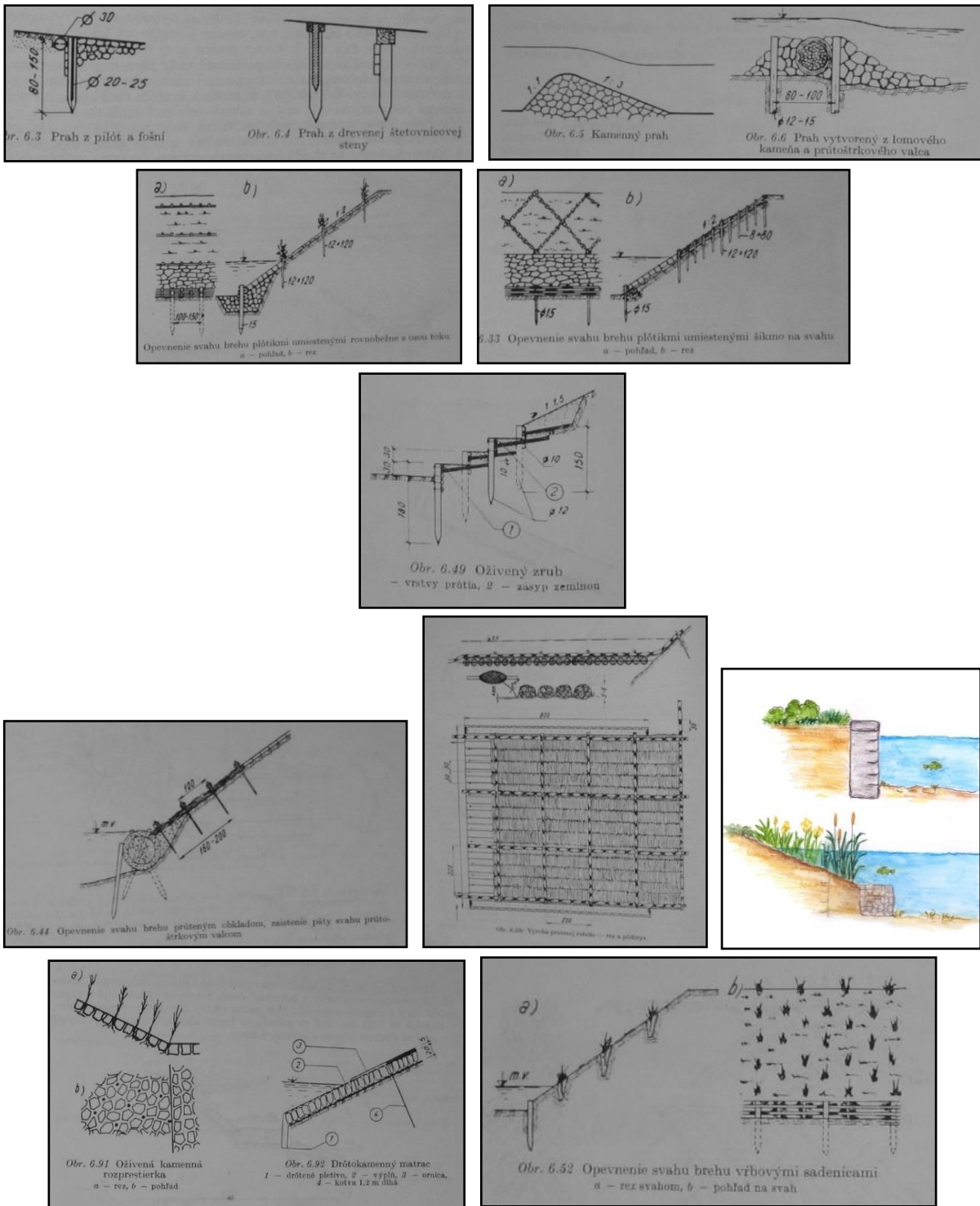
**Kmeny, větve, pařezy, kořenový bal stromů a keřů** (bližší informace u tématu boční eroze) vytváří liniovou nebo bodovou stabilizaci nebo výhony. Jejich konce jsou zatížené kamenem, místním materiálem nebo jsou kotveny lany. Někdy je paradoxně mrtvé dřevo z toků odstraňováno.

Zejména z vrbového proutí (dále líska, topol a jiné nepříliš široké větve, keře, stromy) a dřevěných kůlů zaražených do dna nebo svahu lze vytvářet **zápletové plůtky** (do kříže, vodorovně s proudem). Oživené sruby jsou kaskády vytvořené z kolíků, zapleteného proutí a zásypu zeminy. Ponorné proutěné rohože se používají pro velké hloubky, svahy a části dna. Provedení staveb z proutí je nepřiměřeně pracné.

**Travní drny** se používají ke stabilizaci svahů, kde lze očekávat pomalou dynamiku vývoje zatravnění.

- Cíl, popis: využít přírodního místního materiálu, který je propustný a členitý, podpora a stabilizace hlubších výmolů (členité dno), kde může zůstat voda v období sucha, stabilizace může vytvářet vzduch
- Vhodnost: A. nezastavěná území / B. zastavěná území / C. niva / D. zátopa nádrže
- Parametry: podélný sklon, rozměry koryta, poloměry oblouků, míra přirozeného vývoje, šíře meandrového pásu
- Omezení: v případě opevněného koryta např. se zapojenými polovegetačními tvárnici se při odstranění opevnění může do toku uvolňovat větší množství jemného sedimentu, který je pro život v toku nepříznivý, v případě použití pletiva není používán přírodní materiál, do pletiva se mohou zamotat vodní živočichové.
- Klady: podpora biodiverzity tůní a stabilizovaných výmolů, zamezení hloubkové eroze, zamezení boční eroze, podpora členitosti dna

|              |   |
|--------------|---|
| Zápory:      | lomový kámen nebo pletivo v toku je cizorodým prvkem, zamezení přirozených procesů  |
| Řešení:      | kamenný zához, pohoz, rovnanina, dlažba, drátokoše, haťošterkové válce, gabiony, geotextilie, geosítě, prahy, mrtvé dřevo, zápletové plůtky, oživené sruby, travní drny |
| Materiály:   | kámen, dřevo, drny  |
| Morfologie:  | žádná / nízká / <u>střední</u> / vysoká, změny morfologie (trasa, příčný a podílný profil, drsnost), v případě odstranění opevnění značný přínos                        |
| Ekologie:    | negativní / žádná / nízká / <u>střední</u> / vysoká, prostupnost, členitost dna, úkryty pro živočichy   |
| Samočistění: | žádné / nízké / střední / <u>vysoké</u>   |
| Estetika:    | nízká / střední / <u>vysoká</u> , místní stabilizační prvky z přírodních materiálů jsou přirozenější než technická stabilizace  |
| PPO:         | negativní / žádná / <u>nízká</u> / střední / vysoká, malý vliv, urychlení odtoku v kombinaci se zvýšenou drsností   |
| OPNS:        | žádná / nízká / <u>střední</u> / vysoká   |
| Cena:        | nízká / <u>střední</u> / vysoká ... dle pracnosti   |
| Pracnost:    | nízká / <u>střední</u> / vysoká ... dle vybraných prvků, ve velké míře ruční práce  |
| Zábory:      | <u>nízké</u> / střední / vysoké   |
| Údržba:      | nízká / <u>střední</u> / vysoká, sledování funkčnosti a případné opravy, odebrání nebo přidání prvků, dle míry ponechání činnosti přírodních procesů                    |
| Příklady:    | ilustrační fotografie a obrázky   |



Obrázek 38 Skupina obrázků zachycujících stabilizační prvky z přírodních materiálů

Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2016 – úkol 3702  
Potenciál aplikace přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů







Obrázek 39 Skupina fotografi zachycujících využití mrtvého dřeva při stabilizaci toků

#### 2.4.2.8 Břehová a doprovodná vegetace

Úvod: Vegetační doprovod posiluje ekologickou hodnotu území a zároveň působí příznivě na zpomalování povodňových průtoků a na stabilitu koryta, břehů i nivy. Vegetace stabilizuje pásy vodních toků a snaží se obnovit prvek stromo-keřových lemů, který potokům v důsledku dřívějších technických úprav chyběl. Je vítána obnova břehového a doprovodného vegetačního porostu (založení nových porostů tam, kde chybí). Výchovné zásahy a rozšíření druhové skladby (vrby, olše, lípa, jasan, jilm, dub, topol)

by mělo být realizováno minimálně v prostoru vymezeného meandrového pásu. Obvykle je prostor pro obnovu břehového a doprovodného porostu omezen. Meandrový pás má být tvořen měkkým luhem, nivní pás tvrdým luhem. Nové porosty mohou být založeny jako skupinová výsadba keřů či stromů nebo jako nepravidelná výsadba středně velkých sazenic stromů. Vzrostlá vegetace plní funkci větrolamu a umožňuje zastínit hladinu. Rovněž se snižuje okolní teplota. Zatravnění svahů koryt chrání povrch před vysycháním a biologicky je stabilizují. Stabilizaci pomáhá např. výsadba řízků vrb. Je potřeba zajistit kvalitně provedenou výsadbu, aby se nově vysazená vegetace ujala. Ochranné oplocenky (účinnější) nebo individuální ochrana stromů před okusem zvěří jsou sice pracné a nákladné, ale podle zkušeností se vyplácí. Pokud již nejsou oplocenky potřeba nebo jsou poškozené, měly by se odstranit.

|              |   |
|--------------|---|
| Cíl, popis:  | cílem je vytvořit přírodě blízké biotopy zahrnující vegetaci, zvýšit zastínění a tím snížit teplotu a výpar z vodní hladiny. Mrtvé dřevo poslouží ke zvýšení členitosti toku, vzduť vody a rozlivům do krajiny. Kořeny zvyšují schopnost zadržovat vodu |
| Vhodnost:    | <u>A. nezastavěná území</u> / <u>B. zastavěná území</u> / <u>C. niva</u> / D. zátopa nádrže   |
| Parametry:   | šířka meandrového pásu  |
| Omezení:     | stromy spotřebovávají z prostoru vodu, kterou vypaří  |
| Klady:       | zástin hladiny, stabilizace, zvýšení členitosti a vzduť mrtvým dřevem, vytvoření biokoridoru nebo biocentra, omezení vysychání půdy   |
| Zápory:      | odebírání vody a následný výpar, částečné odklonění dešťové vody do toku a okamžitý odtok místo zasakování  |
| Řešení:      | výsadba a probírka stromů a keřů  |
| Materiály:   | dřeviny, křoviny  |
| Morfologie:  | žádná / nízká / <u>střední</u> / vysoká, zvýšení členitosti toku  |
| Ekologie:    | negativní / žádná / nízká / <u>střední</u> / vysoká, obohacení krajiny o úkryty, významné krajinné prvky, biocentra, biokoridory  |
| Samočistění: | žádné / nízké / <u>střední</u> / vysoké   |
| Estetika:    | nízká / <u>střední</u> / vysoká, kladný přínos, probírkou se odstraní nevhodná a invazivní, nepůvodní, vegetace   |
| PPO:         | negativní / žádná / <u>nízká</u> / střední / vysoká, snížení rychlosti, snížení kapacity koryta, drobná transformace, případně umožnění rozlivů   |
| OPNS:        | žádná / <u>nízká</u> / střední / vysoká   |

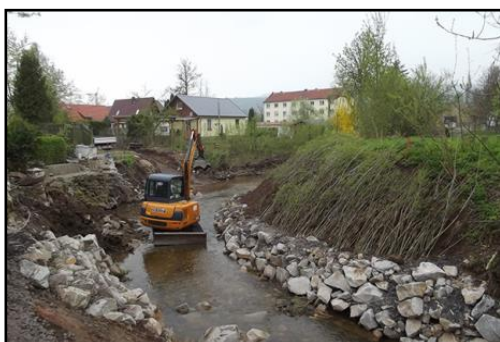
Cena: nízká / střední / vysoká

Pracnost: nízká / střední / vysoká

Zábory: nízké / střední / vysoké ... dle šířky meandrového pásu a vegetačního pásu

Údržba: nízká / střední / vysoká, běžná údržba s prioritou zachování průtočnosti nebo minimální údržba s podporou mrtvého dřeva, údržba nebo odstranění oplocenek, doplňování vegetace, výchovné zásahy

Příklady: ilustrační fotografie





Obrázek 40 Soubor fotografií zachycujících břehovou a doprovodnou vegetaci

### 2.4.3 Opatření na tocích v zastavěných územích

Cílem opatření je, při zachování požadované průtočné kapacity koryta, napomáhat biologické rozmanitosti a příznivému uspořádání vodních poměrů. Návrhy zahrnují revitalizace a renaturace nevhodně navržených úprav vodních toků, opatření pro podporu biodiverzity a úkrytů pro vodní živočichy v době minimálních vodních stavů. Výše jmenovaná opatření lze realizovat pomocí komplexního systému prvků, které jsou uvedeny dále v textu. Mnohá opatření jsou shodná s opatřeními na tocích v nezastavěném území, proto budou zmíněny jen odlišné přístupy k revitalizacím. Obecně platí, že před urbanizovaným územím je voda soustředěna do kapacitního koryta. V zástavbě je požadována určitá průtočná kapacita, stabilita koryta, udržovaný vzhled a ekologická hodnota toku. Cílem městského inženýrství je také efektivní hospodaření se srážkovými vodami v intravilánu a jejich další využití namísto jejich urychleného odvádění kanalizací do toků.

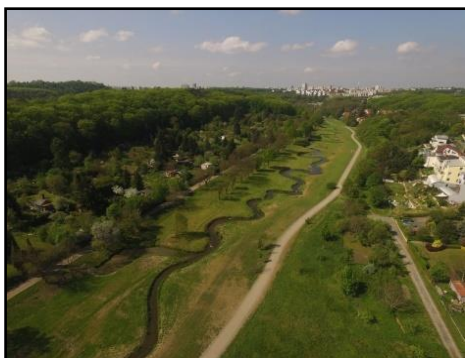
#### 2.4.3.1 Složený profil se stěhovavou kynetou

Úvod: Potřeba převedení návrhového průtoku a zároveň zajištění dostatečné hloubky v korytě v době malého průtoku na toku s velkou rozkolísaností průtoku během roku vede k návrhům složených profilů, kde kyneta bývá miskovitého tvaru nebo lichoběžníková. Kyneta se navrhuje jako stěhovavá imitující přírodě blízkou morfologii. Prodlouží se tak její délka, sníží se podélný sklon a rychlost a zvýší se hloubka proudu. Prodloužením trasy se sníží potřeba stabilizace oblouků a dna. Berma je pak obvykle zaplňována od průtoků mezi  $Q_{30d}$  a  $Q_1$ . Na rozdíl od toků mimo zástavbu chybí za bermou inundační prostor pro rozlivy. Bermu lze využívat k rekreaci, procházkám nebo sportovnímu využití. Proto je vhodné zmenšit sklony svahů a zajistit přístup k vodě. Po povodni může prostor bermy podmáčen. Bermu lze doplnit o tůň, které budou dotovány průsaky vody z kynety. Bermu lze rovněž využít k výsadbě vegetace a vytvoření širšího meandrového pásu. Za povodně nemá zpomalená voda v kynetě zásadní vliv na snížení povodňových průtoků. Kyneta by měla být členitá (střídání tůní a brodů), aby byl podpořen příznivý ekologický stav. Vkládáním destabilizačních prvků lze podpořit geomorfologický vývoj.

Cíl, popis: snížení rychlosti, zvýšení hloubky, zvýšení členitosti koryta, vznik refugií pro vodní živočichy, zastínění hladiny a snížení prohřívání a výparu, estetické zhodnocení, usnadnění údržby

Vhodnost: A. nezastavěná území / B. zastavěná území / C. niva / D. zátoka nádrže

|              |   |
|--------------|---|
| Parametry:   | šířka mezi břehovými hranami, podélný sklon, návrhová protipovodňová ochrana, přítomnost těsnících stěn   |
| Omezení:     | nelze zhoršit odtokové poměry snížením kapacity koryta, přítomnost vzduší jezu neumožní vytvářet revitalizované koryto, návrh by mohl umožnit strojní údržbu berem, v případě přítomnosti těsnících stěn u nábřežních zdí nedochází k přímé interakci s podzemní vodou, hladina podzemní vody může být ovlivněna odběrem ze studní, nebo stavbami městského inženýrství |
| Klady:       | zvýšení estetické hodnoty, migrační prostupnost, GMF potenciál, rekreační využití, podpora samočištění  |
| Zápory:      | komplikovanější údržba, nebezpečí zachycení kmenů na vegetaci v bermě   |
| Řešení:      | zemní práce, doplnění vegetačního doprovodu, vkládání mrtvého dřeva nebo balvanů pro stabilizaci a nastartování erozních procesů  |
| Materiály:   | zemina, kámen, stromy, keře   |
| Morfologie:  | žádná / nízká / <u>střední</u> / vysoká, inicializace GMF procesů   |
| Ekologie:    | negativní / žádná / <u>nízká</u> / střední / vysoká, zvýšení členitosti a přítomnosti úkrytů, možnost úpravy vývarů pod jezy zvýšením jejich členitosti nebo velikosti pro období s minimálními průtoky   |
| Samočištění: | žádné / nízké / <u>střední</u> / vysoké   |
| Estetika:    | nízká / <u>střední</u> / vysoká, zvýšení hodnoty  |
| PPO:         | negativní / žádná / <u>nízká</u> / střední / vysoká, stejná míra nebo mírné zvýšení ochrany   |
| OPNS:        | žádná / nízká / střední / <u>vysoká</u>   |
| Cena:        | nízká / <u>střední</u> / vysoká   |
| Pracnost:    | nízká / <u>střední</u> / vysoká .... dle použitého typu biotechnické stabilizace  |
| Zábory:      | <u>nízké</u> / střední / vysoké   |
| Údržba:      | nízká / <u>střední</u> / vysoká, častější údržba - nelze nechat vegetační doprovod přirozenému vývoji   |
| Příklady:    | ilustrační fotografie   |



před výstavbou



výstavba

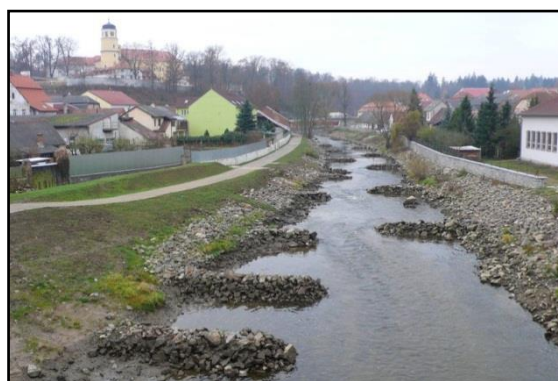


po začlenění do krajiny



po začlenění do krajiny

po povodni



Obrázek 41 Soubor fotografií zachycujících koryta se stěhovavou kynetou

#### 2.4.3.2 Stabilizace koryta

**Úvod:** V zastavěných územích obvykle nebývá mnoho prostoru pro samovolný vývoj. V blízkosti toku bývají nábřežní zdi, silnice nebo domy, které by podemletí mohlo poškodit. Proto je potřeba v opodstatněných případech podle aktuálních podmínek využít stabilizační prvky. Na dno lze použít kamenný pohoz, v konkávní části oblouku je možné využít kamenného záhozu, balvanů, gabionů, mrtvého dřeva nebo vrbového proutí. Stavby z proutí jsou časově náročné a vyžadují velký podíl manuální práce. Proutí je vhodné ke stavbě zápletových plůtků, haťošterkových válců, výhonů doplněných kamenem, oživených srubů atd. Při stabilizaci dna lze využívat i nízké prahy ve dně. Ty by ale neměly omezovat migrační prostupnost v období sucha. Jsou-li ze dřeva, může v důsledku častého vysychání docházet k jejich rychlé degradaci (hnití).

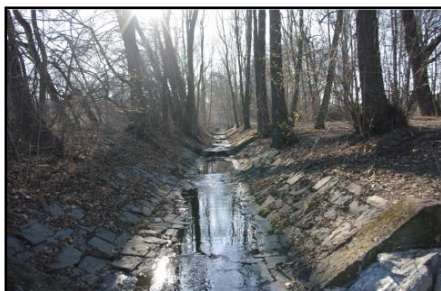
**Cíl, popis:** zvýšení členitosti koryta, stabilizace výmolů a využití jako úkrytů pro vodní živočichy

**Vhodnost:** A. nezastavěná území / B. zastavěná území / C. niva / D. zátoka nádrže

**Parametry:** rychlost proudění, rozměry kynety, vzdálenost od nemovitostí a infrastruktury, celková šířka koryta, materiál sedimentů, šířka mostních profilů a lávek

**Omezení:** je potřeba podpořit přirozené vymílací a usazovací procesy, ale nesmí být ohrožen majetek poblíž koryta, využití mrtvého dřeva je dáno nebezpečím ucpání mostních profilů a lávek

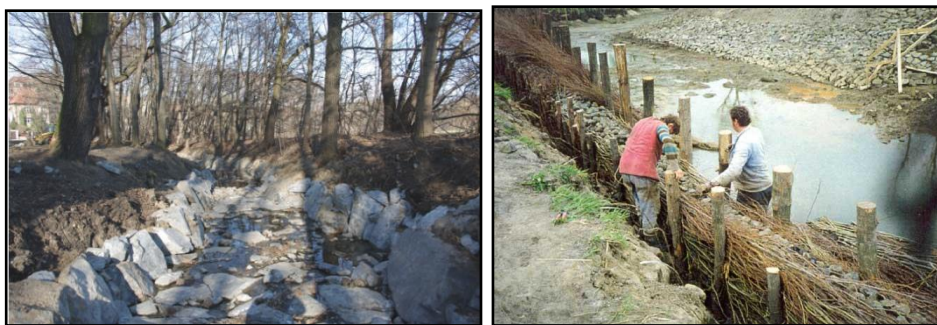
|              |  |
|--------------|--|
| Klady:       | zvýšení členitosti, vznik úkrytů pro vodní živočichy   |
| Zápory:      | možnost ucpání profilů mostů a lávek kmeny stromů  |
| Řešení:      | kamenné opevnění (zához, balvany), gabiony, mrtvé dřevo, haťošterkové válce, zápletové plůtky, oživené sruby, prahy ve dně, nízké stupně |
| Materiály:   | kámen, dřevo, proutí   |
| Morfologie:  | žádná / <u>nízká</u> / střední / vysoká, podpora GMF procesů   |
| Ekologie:    | negativní / žádná / nízká / <u>střední</u> / vysoká, zvýšení drsnosti a členitosti dna a břehů, vznik úkrytů v tůních                    |
| Samočištění: | žádné / nízké / <u>střední</u> / vysoké  |
| Estetika:    | nízká / <u>střední</u> / vysoká, zvýšení atraktivity   |
| PPO:         | negativní / žádná / <u>nízká</u> / střední / vysoká, dle navržených opevňovacích prvků   |
| OPNS:        | <u>žádná</u> / nízká / střední / vysoká  |
| Cena:        | nízká / střední / <u>vysoká</u>  |
| Pracnost:    | nízká / střední / <u>vysoká</u> ... dle využití staveb z proutí  |
| Zábory:      | <u>nízké</u> / střední / vysoké  |
| Údržba:      | nízká / <u>střední</u> / vysoká, opravy v případě uvolnění mrtvého dřeva, běžná údržba v městském režimu                                 |
| Příklady:    | ilustrační fotografie  |



před výstavbou

po výstavbě





po výstavbě



po výstavbě



po začlenění do krajiny



před výstavbou



po začlenění do krajiny



Obrázek 42 Soubor fotografií zachycujících způsoby stabilizace koryt v intravilánech a jejich blízkosti

### 2.4.3.3 Ohrázování

**Úvod:** V případě nedostatečné kapacity koryta ve vymezeném prostoru je pro splnění požadovaného stupně protipovodňové ochrany území nutné zvážit další možnosti opatření. Lze navrhnout ohrázování koryta, aby se co nejvíce využil prostor pro rozliv. Lze využít jak nízkých homogenních zemních hrází, tak ochranných zídek, případně lokálně i mobilního hrazení. V současné době ale nelze předpokládat, že efekty revitalizace budou mít přednost před náklady na pořízení, skladování, údržbu, školení pracovníků a náklady spojené se stavbou mobilního hrazení. Toto řešení je tedy pravděpodobně okrajové. Pokud je nedostatečná kapacita způsobena nekapacitními profily mostů nebo propustků, je potřeba zvážit jejich odstranění (propustek) nebo zvýšení mostovky (most). V případě, že je to možné, je vhodné zvážit odlehčení vod přelivem nebo stavidlem do inundace výše nad obcí či do obtokového koryta kolem zastavěného území.

**Cíl, popis:** Opatření má cíleně zvýšit kapacitu koryta, ovšem na zlepšení situace v době sucha, zlepšení ekologického stavu a zvýšení biodiverzity vliv nemá. Pozitivní vliv může mít v případě, že se sníží účelně kapacita koryta pro zvýšení drsnosti, ekologické a GMF účely, tvorbě úkrytů pro živočichy a tato snížená kapacita se vynahradí právě stavbou ochranných hrází nebo zídek.

**Vhodnost:** A. nezastavěná území / B. zastavěná území / C. niva / D. zátoka nádrže

**Parametry:** rozměry koryta, změna drsnosti koryta po revitalizaci, parametry vzdouvacích objektů a jejich manipulační řád

**Omezení:** je potřeba si uvědomit, že návrhový průtok je statistický údaj, který se v průběhu času mění - po několika letech může být kapacita opět nedostačující

**Klady:** získání prostoru pro zvýšení členitosti koryta, vznik úkrytů pro živočichy, možnost inicializace geomorfologických procesů

**Zápory:** zvýšené náklady na údržbu a kontroly provozuschopnosti, znesnadněný přístup k toku, náklady

**Řešení:** stavba hrází nebo zídek, opatření pro případné přelítí, změna organizačních opatření

|              |   |
|--------------|---|
| Materiály:   | zemina, zdivo   |
| Morfologie:  | <u>žádná</u> / nízká / střední / vysoká, prostor pro podporu GMF procesů  |
| Ekologie:    | <u>negativní</u> / žádná / nízká / střední / vysoká, ztížení přístupu, na druhou stranu může vzniknout prostor pro zvýšení drsnosti a členitosti, což zvýší biodiverzitu a ve stabilizovaných výmolech vytvoří úkryty pro vodní živočichy |
| Samočištění: | <u>žádné</u> / nízké / střední / vysoké   |
| Estetika:    | <u>nízká</u> / střední / vysoká, prostor pro estetické zkvalitnění a vložení architektonických prvků  |
| PPO:         | negativní / žádná / nízká / střední / <u>vysoká</u> , zvýšení kapacity  |
| OPNS:        | <u>žádná</u> / nízká / střední / vysoká   |
| Cena:        | nízká / střední / <u>vysoká</u>   |
| Pracnost:    | nízká / střední / <u>vysoká</u>   |
| Zábory:      | nízké / <u>střední</u> / vysoké   |
| Údržba:      | nízká / <u>střední</u> / vysoká, kontrola stavu, složitější údržba  |

#### 2.4.3.4 Břehová a doprovodná vegetace v zástavbě

|             |  |
|-------------|--|
| Úvod:       | Vegetace zvolená pro revitalizační účely do meandrového pásu koryta nebo berem v zastavěném území podléhá režimu městské zeleně. Měla by být přístupná pro údržbu. Pro dosažení efektu ozelenění, estetickou a stabilizační funkci ihned po ukončení revitalizačních prací se využívají vzrostlejší sazenice, keře a stromy. Při jejich rozmístění je potřeba spolupracovat jak s odborníky na revitalizace, tak s architekty, kteří začlení vegetaci do své koncepce využití území včetně funkčního propojení s vodním tokem. Z vegetace jsou voleny vlhkomilné druhy rostlin a dřevin. |
| Cíl, popis: | Účelem je opticky využít prostor pro rekreaci, zajistit zastínění pro návštěvníky a vodní hladinu. Tůň slouží jako úkryty pro vodní živočichy v době minimálních nebo žádných průtoků. Mrtvé dřevo poslouží ke zvýšení členitosti toku.  |
| Vhodnost:   | A. nezastavěná území / <u>B. zastavěná území</u> / C. niva / D. zátoka nádrže  |
| Parametry:  | šířka meandrového pásu, šířka rozlivu, možnost větvení toku  |
| Omezení:    | stromy mohou způsobit omezení části průtočného profilu a jeho ucpání zachycením splávím, vegetace spotřebovává část vody ze zeminy a dále ji vypaří, se zvýšeným množstvím dřevin v toku souvisí produkce listů - náklady pro údržbu v případě odklizení   |

- Klady: zástin hladiny, estetický efekt, vzduší mrtvým dřevem, vytvoření biokoridoru nebo biocentra
- Zápory: odebírání vody a následný výpar, částečné odklonění dešťové vody do toku, snížení kapacity části toku ucpáním
- Řešení: výsadba a probírka stromů a keřů, umístování a ukotvení mrtvého dřeva
- Materiály: dřeviny, křoviny
- Morfologie: žádná / nízká / střední / vysoká, v případě mrtvého dřeva výrazné zvýšení členitosti toku
- Ekologie: negativní / žádná / nízká / střední / vysoká, obohacení toku o úkryty, zajištění členitosti koryta, tůň
- Samočištění: žádné / nízké / střední / vysoké
- Estetika: nízká / střední / vysoká, kladný přínos
- PPO: negativní / žádná / nízká / střední / vysoká, snížení rychlosti, snížení kapacity koryta
- OPNS: žádná / nízká / střední / vysoká
- Cena: nízká / střední / vysoká
- Pracnost: nízká / střední / vysoká
- Zábory: nízké / střední / vysoké ... dle šířky meandrového pásu a vegetačního pásu
- Údržba: nízká / střední / vysoká, běžná údržba s prioritou zachování průtočnosti nebo minimální údržba s podporou mrtvého dřeva, doplňování vegetace, výchovné zásahy
- Příklady: ilustrační fotografie



před výstavbou



výstavba



Po začlenění do krajiny

po povodni

**Obrázek 43** Soubor fotografií zachycujících břehovou a doprovodnou vegetaci v intravilánech

#### 2.4.3.5 Parková úprava toků a jejich okolí

**Úvod:** V zastavěných oblastech se lze občas setkat se speciálními požadavky na využití revitalizovaného území, např. kolem rušených náhonů, zatrubněných úseků, rušených rybníků, v zanedbaných územích, v parcích apod. Cílem bývá území kolem takových vodních toků oživit a zpestřit vložením prvků zahradní architektury. Opatření je vhodné realizovat v plochách, které je možné začlenit do záplavového území. U náhonů bývá definován stálý a maximální průtok, daný kapacitou a konstrukčním řešením odběrného objektu, který lze ale nastavit na jiný průtok než v současnosti. Zanedbané prostory mnohdy vznikaly zavezením původní nivy toku, tůň, starých ramen apod. navážkami různorodého materiálů. Měl by být proveden inženýrsko – geologický průzkum, navrhnout potřebný postup a provést případná sanační opatření. Někdy bývají vytvářeny parkové plochy s retenční funkcí za povodní (někdy označováno jako povodňový park), kde mohou být umístěny lavičky (omyvatelné), chodníky, ozdobné lávky, sochy, umělecká díla, naučné tabule, zařízení pro volnočasové aktivity, vodní prvky, jezírka, tůně, rybníčky, prvky využívající přepadající vody aj. V území rozlivu lze zasadit nový nebo obnovený ovocný sad. Vodní prvky by měly být vhodně zapojeny do rekreačních zón městského a vesnického prostředí tak, aby vznikl prostor pro oddech a rekreaci návštěvníků. Měl by být umožněn pozvolný přístup k vodnímu toku. Je-li tok využíván vodáky, mělo by být vytvořeno adekvátní zázemí. V letních měsících jsou takové parky protikladem ulic, kde sálá teplo ze zastavěných ploch.

**Cíl, popis:** Technicky opatření vychází z návrhů na tocích v zastavěných územích. V tomto případě ale není cílem zvýšení kapacity toku, ale zejména zvýšení estetické kvality toku, mírná podpora morfologických procesů a biologické diverzity, zpomalení proudu a zvýšení hladiny podzemní vody v okolí.

**Vhodnost:** A. nezastavěná území / B. zastavěná území / C. niva / D. zátoka nádrže

**Parametry:** šířka území, podélný sklon, splaveninový režim, způsob využití území, materiál okolí (navážky, rostlý terén)

- Omezení: v případě navážek může dojít k zamokření okolních pozemků nebo úplnému zasáknutí vody
- Klady: zvýšení estetické hodnoty, migrační prostupnost, zvýšení biodiverzity, mírný GMF vývoj, rekreační využití
- Zápory: náročnější údržba, náročnější opravy po každé povodni
- Řešení: zemní práce, doplnění vegetačního doprovodu, bourací práce, vkládání mrtvého dřeva nebo balvanů pro stabilizaci a nastartování erozních procesů, vybavení okolí, využití esteticky hodnotných a náročných stabilizačních staveb z proutí, drnů apod.
- Materiály: kámen, drny, proutí, dřeviny, mrtvé dřevo
- Morfologie: žádná / nízká / střední / vysoká, drobná podpora, stav koryta nastaven návrhem
- Ekologie: negativní / žádná / nízká / střední / vysoká, podpora biodiverzity, zastínění
- Samочиštění: žádné / nízké / střední / vysoké
- Estetika: nízká / střední / vysoká, pozitivní posun, prostor pro rekreaci
- PPO: negativní / žádná / nízká / střední / vysoká, snížení kapacity v případě parků, zvýšení kapacity u odtrubněných úseků a náhonů
- OPNS: žádná / nízká / střední / vysoká
- Cena: nízká / střední / vysoká
- Pracnost: nízká / střední / vysoká ... dle náročnosti stavby stabilizačních prvků
- Zábory: nízké / střední / vysoké
- Údržba: nízká / střední / vysoká, náročná, revitalizace je nastavena návrhem - nepředpokládají se zásadní změny, po každé povodni je nutné území uvést do původního stavu
- Příklady: ilustrační fotografie a vizualizace





před výstavbou



výstavba

po začlenění do krajiny



#### Obrázek 44 Soubor fotografií zachycujících způsoby řešení parkových úprav toků v intravilánech

### 2.4.4 Opatření v údolní nivě

Cílem opatření je využít transformačních a akumulačních vlastností niv a lužních lesů podél koryt vodních toků mimo zastavěné území. Opatření má napomáhat biologické rozmanitosti a příznivému uspořádání vodních poměrů. Návrhy zahrnují revitalizace a renaturace melioračních kanálů, odstavených ramen a tůní, opatření pro podporu biodiverzity a úkrytů pro vodní živočichy v době minimálních vodních stavů. Výše jmenovaná opatření lze realizovat pomocí komplexního systému prvků, které jsou uvedeny dále v textu. Mnohá opatření jsou shodná s opatřeními na tocích v nezastavěném nebo zastavěných územích, a proto budou zmíněny jen odlišné přístupy k revitalizacím.

#### 2.4.4.1 Umožnění rozlivů, změna využívání inundace

**Úvod:** Inundace, tj. niva nebo lužní lesy, je ploché dno údolí, které je zasahováno a utvářeno povodňovými průtoky. Obecně nezáleží na tom, zda je území využíváno jako louky, pastviny, luhy, pole nebo zda je zastavěno. V rozlivových plochách se vyskytují také přírodní jezera, travinná společenstva a různé typy ekosystémů lužního lesa od nejvlhčích po nejsušší. Území nivy zůstává v geomorfologickém smyslu nivou i v případě, že jeho zaplavování je omezeno například hrázemi. Bylo-li v minulosti hrázemi omezeno časté zaplavení nivy, je možné navrhnout odlehčení nebo snížení břehových hran kolem toku. Pro akumulaci co největšího množství vody je vhodné, když se voda po opadnutí povodně nevrací zpět do koryta, ale postupně zasakuje, pokud je to žádoucí. Niva také může sloužit obdobně vegetačnímu pásu jako nárazníkové pásmo mezi zemědělsky využívanými pozemky a tokem pro zadržení smyvu jemného materiálu a živin z polí. V případě, že je možnost využití rozsáhlých prostorů nivy, je potřeba provést výkupy pozemků a nemovitostí (nebo jejich směna), zamezit opětovnému zastavění nivy a optimalizovat její využití. Tím je myšleno snižování podílu orné půdy, zakládání luk, omezení odvodňování a vymezení prostoru pro vývoj koryta. Jako prostor pro přirozené rozlivy může sloužit i prostor aktivní zóny záplavového území. Odstraňování nevhodných staveb je obtížný proces, protože to znamená střety s jejich majiteli. Kromě vlastních úprav v nivě je potřeba koordinovat opatření obnovující či posilující přirozenou retenci vody v krajině.

**Cíl, popis:** Cílem je akumulovat vodu během zvýšených průtoků a postupně ji vsakovat do nivy s dotováním toku v období sucha nebo zvýšit hladinu podzemní vody ve vzdálenějším okolí toku.

**Vhodnost:** A. nezastavěná území / B. zastavěná území / C. niva / D. zátoka nádrže

**Parametry:** plocha, šířka a sklon nivy směrem k toku, doba a periodicita záplavy, kvalita vody, materiál zemin, možnost zpětného nátoky

**Omezení:** zhoršená kvalita vody během povodní může ohrozit podzemní vody, zejména studny a vrty nebo dokonce jímací území, opatření závisí na propustnosti zemin v rozlivu - v případě velké propustnosti je zadrženo velké množství vody, která ale brzy vyčerpá



svou dotační schopnost pro tok, v případě nízké propustnosti je potřeba delší čas na zasáknutí

- Klady: vsakování, vliv na PPO, změna společenstev v nivě
- Zápory: možné znečištění podzemních vod, zhoršené obdělávání území, obklíčení zvěře
- Řešení: odstranění ohrázení, snížení koruny v části ohrázení, odlehčovací objekt, vznik tůň a mokřadů, obnova zaniklých nádrží
- Materiály: zemní + TTP, dřevo, kámen + gabion
- Morfologie: žádná / nízká / střední / vysoká, má malý vliv
- Ekologie: negativní / žádná / nízká / střední / vysoká, existuje možnost změny společenstev z terestrických (např. lučních) na mokřadní a vodní v závislosti na době zamokření
- Samočištění: žádné / nízké / střední / vysoké
- Estetika: nízká / střední / vysoká, lze očekávat znečištění pozemků sedimenty, splaveninami aj.
- PPO: negativní / žádná / nízká / střední / vysoká, opatření má pozitivní efekt na transformaci povodně
- OPNS: žádná / nízká / střední / vysoká
- Cena: nízká / střední / vysoká .... dle nákladů na výkup a úpravu pozemků a řešení nátoku do niv
- Pracnost: nízká / střední / vysoká
- Zábory: nízké / střední / vysoké
- Údržba: nízká / střední / vysoká, provádí se běžné úkony jako před revitalizací - sekání trávy nebo ponechání vývoje, v případě zaplavení je nutné počkat na zasáknutí vody
- Příklady: ilustrační fotografie





Obrázek 45 Soubor fotografií zachycujících využití nivy k rozlivům za povodní

#### 2.4.4.2 Boční a odstavená ramena, tůň, mokřady

Úvod: V prostoru nivy mohou být vytvořena nivní nebo obnovena (prokopáním, odstřelením) odstavená ramena, která zvyšují retenci, pestrost biotopů a přispívají ke komplexnosti revitalizace území. V přirozených podmínkách mohou mít odstavená ramena, podle vzdálenosti od toku a četnosti přirozených disturbancí, různé sukcesní stáří, což ovlivňuje společenstva fauny a flory. Tato společenstva jsou odlišná od společenstev vodního toku. V době povodní mohou být odstavená ramena obohacena o druhy hlavního koryta, pro něž v určitých podmínkách (odstavená ramena divočícího toku) mohou fungovat jako přechodná refugia. Lze vytvořit mělký revitalizační záliv, který se umísťuje paralelně s tokem a chrání jej výhon s nátokem v dolní části pro snížení rychlostí. Mohou být vytvořeny umělé tůň napájené nivní vodou, podzemní vodou nebo dotovány vodou z toku. Lze vytvořit mělké biotopní tůň. Ty se ale mohou časem zazemnit, zarůst a ztratit funkci vodního biotopu. Ve velkých tůňích se udrží voda delší dobu. Lze uvažovat o vytvoření soustavy tůň, které mohou být např. v původním korytě a propojené podzemní vodou, povrchovým přeronom nebo zakopaným mrtvým dřevem, které funguje jako drenáž. Tůň fungují jako stanoviště vodních a mokřadních rostlin a živočichů. Tůň může být využívána jako napajedlo zvěře (sešlapané okraje, zákal). Netypickým případem může být velká tůň pod hrází rybníka (nádrže), která se za povodňových průtoků uplatňuje jako vývar pod bezpečnostním přelivem a za sucha slouží jako refugium pro živočichy. Tůň může za povodně rozptylovat po svém obvodu povodňové průtoky do okolního terénu. Tímto řešením je využit prostor pod hrází, kde se sdružují vody z požeráku a bezpečnostního přelivy, a který není jinak funkčně využit. Mokřady podporují akumulaci a retenci vody, vázání oxidu uhličitého a organických látek (zvyšují schopnost vázat vodu) v biomase a půdě, produkci rostlinné biomasy a kyslíku a ochranu biodiverzity. Mokřad je sezonně nebo trvale podmáčená nebo mělce zatopená plocha, kde se běžně vytvářejí podmínky k rozvoji rostlin přizpůsobených k životu ve vodě. Obnovený mokřad může být účinnější než nově založený, neboť v obnoveném byly kdysi vytvořeny příznivé podmínky pro jeho existenci. Všechny tyto podporují vodní, semiakvatickou a pozemní biotu a zvětšují zásobu mělké podzemní vody v území.

|              |   |
|--------------|---|
| Cíl, popis:  | Opatření sleduje možnosti vsakování vod do půd a podloží v tůních, mokřadech a obnovených ramenech toků. Předpokládá se zvýšení biologické rozmanitosti a vznik útočišť s vodou v době sucha.   |
| Vhodnost:    | <u>A. nezastavěná území</u> / B. zastavěná území / <u>C. niva</u> / <u>D. zátoka nádrže</u>   |
| Parametry:   | plocha, šířka přítomnost nerovností, doba a periodicita záplavy, kvalita vody, materiál zemin   |
| Omezení:     | je možné, že voda během sucha zcela vyschne, menší tůně mohou být zazemněny a ztratí svou funkci, je vhodné zastínění vodní plochy před přímým slunečním svitem - prohřívání, nadměrná produkce fytoplanktonu, výkyvy a úbytek rozpuštěného kyslíku |
| Klady:       | transformace, zvýšení biologické rozmanitosti, vytvoření útočišť pro vodní organismy, vsakování vody do podloží   |
| Zápory:      | možnost zamokření okolních pozemků, rychlé prohřívání v teplém počasí   |
| Řešení:      | nátoky, vegetační úpravy, zajištění přísunu vody, tůně, mokřady, odstavená ramena, revitalizační záliv  |
| Materiály:   | zemina, vegetace, kámen   |
| Morfologie:  | <u>žádná</u> / nízká / střední / vysoká, ne v toku, zvýšení diverzity morfologie nivy   |
| Ekologie:    | negativní / <u>žádná</u> / nízká / střední / <u>vysoká</u> , výrazné posílení druhové rozmanitosti a stability, biocentra, refugia  |
| Samočistění: | <u>žádné</u> / nízké / <u>střední</u> / vysoké  |
| Estetika:    | <u>nízká</u> / střední / vysoká, může působit zarostlým dojmem, znehodnocení ruderalizací   |
| PPO:         | negativní / <u>žádná</u> / nízká / <u>střední</u> / vysoká, transformace povodně, zejména na drobných vodních tocích  |
| OPNS:        | <u>žádná</u> / nízká / <u>střední</u> / vysoká  |
| Cena:        | <u>nízká</u> / střední / vysoká   |
| Pracnost:    | <u>nízká</u> / střední / vysoká   |
| Zábory:      | nízké / <u>střední</u> / vysoké   |
| Údržba:      | <u>nízká</u> / střední / vysoká, minimální, upravení nátoky v případě zanesení  |
| Příklady:    | ilustrační fotografie   |



po výstavbě



po začlenění do krajiny



Obrázek 46 Soubor fotografií zachycujících boční ramena, tůně a mokřady na tocích

#### 2.4.4.3 Obnova potenciálně přirozené nivní vegetace

Úvod: Rozlohy lužních lesů byly snižovány často až na úroveň břehových porostů. Tím byla krajina připravena o výhody lužních a nivních území, tj. vysokou produktivitu biomasy, biodiverzitu, retenční schopnost při záplavách, pozitivní vliv na kvalitu vodních zdrojů a na estetiku krajiny a přeměnu oxidu uhličitého na kyslík. Dřeviny navíc zastíňují vodní plochy a tím snižují výpar. Lužní lesy jsou citlivým ekosystémem, který je stavěn na časté zatopení, kdy po vyschnutí půdy začne kořenový systém stromů trpět suchem. Také dlouhodobé zaplavení může způsobit úhyn stromů, v tomto případě z nedostatku kyslíku. Je vhodné do inundace vysazovat tvrdý luh, ideálně ve shluku než jako jednotlivé výsadby vzdálené od sebe, které mohou žít. Tůně či odstavená ramena je vhodné doplnit výsadbami vodních rostlin. Druhy je nutné volit s ohledem na původ, vzhled a ekologické nároky rostlin.

V případě nadměrné lidské činnosti (eutrofizace, utužování, narušování půd a rostlinného krytu) dochází k přeměně přirozeného společenstva na společenstvo rumištních druhů (ruderalizace břehů). Zamokření pomáhá zániku části ruderální vegetace (rumištní druhy), která je nahrazována mokřadními bylinnými porosty.

Cíl, popis: Účelem opatření je pomocí podpory vegetace vytvořit lepší retenční podmínky v krajině, zvýšit biodiverzitu, snížit prohřívání vodních ploch a výpar.

Vhodnost: A. nezastavěná území / B. zastavěná území / C. niva / D. zátoka nádrže

Parametry: plocha území, četnost povodní, doba záplavy

Omezení: Je potřeba vysadit stanovištně vhodné druhy dřevin tak, aby byly schopny zvládnout dlouhodobější zaplavení i delší suché období, je vhodné zajistit přelivy, stavidly nebo snížením úrovně břehu přísun vody, nesmí být ohroženy pozemky, které jsou intenzivně využívány.

Klady: zvýšení retenční schopnosti krajiny, zástin, zvýšení biodiverzity

Zápory: nemožnost užívání zaplaveného pozemku, podmáčení pozemků

Řešení: výsadba, údržba a selekce dřevin

Materiály: dřeviny

Morfologie: žádná / nízká / střední / vysoká, ne v toku, působení vegetace na diverzitu morfologie nivy (růstem, odumíráním, vývraty a usměrněním toku vody)

Ekologie: negativní / žádná / nízká / střední / vysoká, vliv na biodiverzitu, teplotní režim

Samočištění: žádné / nízké / střední / vysoké

Estetika: nízká / střední / vysoká, zvýšení pestrosti, vymizení rumištních druhů

PPO: negativní / žádná / nízká / střední / vysoká, zvýšení retence - souvisí spíše s rozlivy než vegetací

OPNS: žádná / nízká / střední / vysoká

Cena: nízká / střední / vysoká

Pracnost: nízká / střední / vysoká

Zábory: nízké / střední / vysoké

Údržba: nízká / střední / vysoká, minimální, dosazování uschlých dřevin, stavba a likvidace oplocenek

Příklady: ilustrační fotografie



Obrázek 47 Soubor fotografií zachycujících obnovu a ochranu potenciálně přirozené nivní vegetace

#### 2.4.5 Opatření na suchých a retenčních nádržích

Úvod: Vyschne-li pramen vodního toku, případně přítoky nebo vsákne-li se voda v toku, může vodu v tocích dotovat nádrž (retenční, suchá) nebo soustava nádrží. V horní části povodí je tak omezený objem k manipulaci. Dolní části povodí jsou díky soustavě opatření lépe zabezpečeny. Největší množství vody je akumulováno v retenčních vodních nádržích, které se zaplní při povodních, a které mohou v období sucha dodávat vodu do toku. Objem vody v osamocených malých vodních nádržích je omezen. V případě suchých nádrží dochází k častějšímu zatápění území, v prostoru zátopů ale zůstává po odeznění povodně malá akumulace vody. Akumulovaná voda se vsakuje do podzemních vod. Ve zdrži je možné navrhnout opatření obdobná těm, která se nacházejí v nezastavěném území. Distribuce a manipulace na funkčních objektech nádrží tak záleží na včasné identifikaci rizika vzniku sucha, jeho počátku a odhadu délky období sucha. V případě nádrží lze uvažovat o jejich obnově, rekonstrukci, úpravě nebo výstavbě nových. Je potřeba počítat se změnami vodního režimu, ke kterým dojde v ploše maximální zátopů. V případě rekonstrukce se může jednat o odbahnění zátopů nebo zlepšení technického stavu funkčních objektů a hráze, čímž se zvýší bezpečnost díla. V rámci úpravy se může jednat o změny v manipulačním řádu vodní nádrže nebo úpravy na funkčních objektech, které pak v krajině působí co nejméně rušivě (využití přírodních materiálů, krytí konstrukcí zemními přísypy, přizpůsobení morfologii terénu apod.). Kolem nádrže a v navazujících tocích je vhodné provést výsadbu dřevin a založení trvalých travních porostů. V litorálním pásmu nádrže, která je z hlediska přírody a krajiny tím nejcennějším a nejzajímavějším, je vhodné vysadit rákosiny, které posilují ekologické funkce. Litorální pásmo je mělkovodní oblast v konci vzduť nádrže, ve kterém se nachází biotop společenstva rostlin a živočichů, který je přechodem mezi vodním a suchozemským prostředím. Pokud se v litorálu téměř nevyskytuje porost makrofyt a voda je zakalená, svědčí to o silnějším zarybnění nádrže.

Nádrže a další příčné překážky způsobují přerušení transportu splavenin a migrační prostupnosti vodních nádrží. V závislosti na vyskytujících se živočišných druzích musí být zajištěna obousměrná migrační prostupnost objektů. Lze použít obtok nebo rybí přechod instalovaný např. do bezpečnostního přelivu. Takové řešení ale bývá z funkčního hlediska problematické a pro bezobratlé živočichy takřka nemá smysl. Profil hráze má zajistit volný transport splavenin.

|              |   |
|--------------|---|
| Cíl, popis:  | účelem vodních nádrží je kromě transformace povodně také dotace vody do vodního toku v období sucha. Nádrž podporuje biotu zejména v litorálním pásu  |
| Vhodnost:    | A. nezastavěná území / B. zastavěná území / C. niva / <u>D. zátopa nádrže</u>   |
| Parametry:   | objem hráze, výška hráze, batygrafie zátopy, podélný sklon, šířka údolí   |
| Omezení:     | mrtvé dřevo může způsobit omezení funkčnosti objektů nádrže nebo až destrukci hráze přelitím, musí být zajištěna migrační prostupnost a zachován transport sedimentů, aby pod vodní nádrží nevznikala hladová voda a mohly pokračovat GMF procesy |
| Klady:       | zajištění dotace vody v období sucha dle typu nádrže, rekreace, podpora diverzity vodních a mokřadních biotopů  |
| Zápory:      | přerušení migrace a transportu splavenin, narušení původního ekosystému, velký zásah do území, odpouštěná voda z nádrže má jiné fyzikálně-chemické vlastnosti než je žádoucí pro vodní toky   |
| Řešení:      | hráz, funkční objekty, revitalizace v zátopě, výsadba vegetace v litorálním pásmu   |
| Materiály:   | zemina, železobeton, dřevo, kámen   |
| Morfologie:  | žádná / <u>nízká</u> / střední / vysoká, zvětšení morfologie uvnitř zátopy např. suché nádrže, pod nádrží omezení GMF procesů   |
| Ekologie:    | <u>negativní</u> / žádná / nízká / střední / vysoká, dle typu nádrže zánik nivních společenstev a zároveň vznik mokřadních společenstev a útočišť v litorálním pásmu a tůních   |
| Samočistění: | žádné / nízké / <u>střední</u> / vysoké ... dle typu nádrže a jakosti vody na vtoku   |
| Estetika:    | nízká / <u>střední</u> / vysoká, vodní prvek v krajině  |
| PPO:         | negativní / žádná / nízká / střední / <u>vysoká</u> , zvýšení ochrany před povodněmi pomocí transformace průtoků  |
| OPNS:        | žádná / nízká / střední / <u>vysoká</u> ... dle dopadu na ekologický stav toku  |
| Cena:        | nízká / střední / <u>vysoká</u> ... dle stavební povahy (rekonstrukce / stavba)   |
| Pracnost:    | nízká / střední / <u>vysoká</u>   |
| Zábory:      | nízké / střední / <u>vysoké</u>   |
| Údržba:      | nízká / <u>střední</u> / vysoká, údržba hráze, kontrola funkčnosti objektů, kontrola funkčnosti hráze   |
| Příklady:    | ilustrační fotografie   |



Obrázek 48 Soubor fotografií zachycujících nádrže, jejich zátopu a litorální pásma

## 2.5 OBNOVA ZANIKLÝCH A REALIZACE NOVÝCH VODNÍCH PRVKŮ V KRAJINĚ (VČETNĚ MOKŘADŮ)

### 2.5.1 **Obnova zaniklých vodních ploch**

Pro rámcové posouzení využití ploch zaniklých vodních prvků v krajině pro účely vodního hospodářství, realizaci vodních a mokřadních prvků (protipovodňová ochrana, opatření proti suchu, apod.) lze využít certifikovanou metodiku David a kol. (2015) zabývající se hodnocením ploch zaniklých rybníků z hlediska optimalizace jejich využití. Metodika byla vytvořena v rámci projektu QJ1220233 Hodnocení území na bývalých rybníčních soustavách (vodních plochách) s cílem posílení udržitelného hospodaření s vodními a půdními zdroji v ČR řešeného v rámci programu NAZV KUS MZe v letech 2012 – 2015. V rámci řešení byly z podkladů historických map (druhé vojenské mapování v 19. století) identifikovány plochy historických „rybníků“, které jsou i s jejich vybranými atributy součástí certifikované mapy Pavelková a kol. (2013). Tato mapa je v interaktivní podobě funkční a



dostupná pro další využití jako webová mapová aplikace (ONLINE 26) běžící pod informačním systémem HEIS ve VÚV TGM.

Odkaz na webovou aplikaci:

<http://www.heisvuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/HistorickeRybniky/default.asp>

Postup identifikace a digitalizace ploch zaniklých vodních prvků typu „rybník“ je podrobně popsán v publikaci Pavelková a kol. (2014). V prostředí webové aplikace je možné pracovat s databází historických rybníků s plochou větší než 0,5 ha. U ploch menších než 0,5 ha je nutné počítat s prostorovou nepřesností vlastní digitalizace. Vlastní databáze obsahuje záznamy o vodních plochách, které se zachovaly až do současnosti a rovněž záznamy o vodních plochách zaniklých, na kterých se v současné době může nacházet vodní plocha jiného typu (jezero, lom, přehradní nádrž), umělý objekt (koupaliště, požární nádrž, usazovací nádrž) nebo má zcela jiné využití (nejčastěji orná půda, zatravnění, zastavěné území).

Detailnější postup pro posouzení využití ploch těchto zaniklých rybníků obsahuje, včetně tří zpracovaných případových studií lokalit v povodí Vlašimské Blanice, Kyjovky a Lubiny, publikace Rozkošný a kol., 2015. Potenciální využití nezahrnuje pouze možnost obnovy rybníka, ale i analýzy a vyhodnocení variant realizace jiných typů malých vodních nádrží a jiných vodních a mokřadních prvků krajiny.

Uvedené podklady a přístupy je možné aplikovat plošně pro vodní plochy zaniklé v krajině i v pozdějších obdobích.

## **2.5.2 Typy mokřadních biotopů jako opatření**

Typy mokřadních biotopů vhodných jako opatření pro prevenci dopadu sucha byly vybrány na základě zkušeností z průzkumů opatření v krajině a revitalizací v terénu s cílem maximálně využít typologie Katalogu biotopů ČR (Chytrý a kol., 2001).

Základní dělení mokřadních biotopů je na prameniště biotopy, biotopy doprovázející vodní toky, biotopy doprovázející vodní nádrže, mokřady s volnou vodní hladinou, zamokřené pozemky (orná půda, louky, pastviny, lesní pozemky).

Pro charakterizování části níže uvedených typů mokřadních biotopů byly využity citace popisů z katalogu biotopů (Chytrý a kol., 2001).

### Charakteristika typů mokřadních biotopů:

#### *Prameniště a údolnice (luční, lesní)*

Dle katalogů biotopů – biotop R1

Prameniště vznikají zpravidla na plochách několika málo metrů čtverečních na vývěrech podzemní vody a v okolí pramenných stružek v lučních nebo lesních celcích. Je pro ně důležitý trvalý přísun tekoucí prameništění vody.

Údolnice je prvek navazující na pramenný vývěr s podmáčením povrchu, případně s výskytem povrchově tekoucí vody, s vlhkomilnou vegetací.

#### *Slatinná a přechodová rašeliniště*

#### Dle katalogů biotopů – biotop R2

Minerotrofní rašeliniště s vyvinutou vrstvou organogenních sedimentů (slatiny nebo rašeliny), zásobované převážně podzemní vodou obohacenou o vápník a další kationty. Slatinná a přechodová rašeliniště se vyskytují jak na pramenech, tak na okrajích vodních nádrží, přechodová rašeliniště i na částečně odtěžených neodvodněných vrchovištích a minerálně bohatších okrajích vrchovišť. Mohou být přirozenou vegetací, ale častěji jde o extenzivně kosené rašelinné a slatinné louky.

#### Vrchoviště

#### Dle katalogů biotopů – biotop R3

Ombrotrofní, srážkovou vodou zásobená, zpravidla horská rašeliniště, jejichž živá vrstva se dlouhodobým přirůstáním dostala mimo dosah povrchové a podzemní vody. Výskyt v převážně horských oblastech s vysokým úhrnem srážek, v komplexech s rašelinnými lesy i ve stěžených polohách.

#### Mokřadní vrbiny

#### Dle katalogů biotopů – biotop K1

Terénní sníženiny s podzemní vodou dlouhodobě stagnující u povrchu půdy, nebo nad ním, litorál rybníků a malých vodních nádrží, lesní mokřady a opuštěné vlhké louky, a to s převládající vegetací keřové nebo stromové vrbiny.



Obrázek 49 Prostor zátopy bývalého rybníka s protřzenou hrází s porostem mokřadních vrb (Kouřimsko)

#### Mokřadní olšiny

#### Dle katalogů biotopů – biotop L1

Zamokřené terénní sníženiny, převážně v nížinách a pahorkatinách mezi 150 a 400 m n.m. Půdy se vyznačují nadbytkem vody stagnující po většinu roku v úrovni povrchu nebo jej dlouhodobě přeplavující. Světlé porosty olše lepkavé, místy se slabou příměsí břízy pýřité. Bylinné patro má rozdílné složení podle zásob živin v půdě.

#### Lužní lesy

Dle katalogů biotopů – biotop L2

Světlé lesy s dominancí stromů snášejících dočasně zamokření půdy. V podrostu převažují vlhkomilné druhy. Výskyt v potočním a říčním aluviu, svahová lesní prameniště a terénní sníženiny s nehlubokou, protékající a výrazně kolísající podzemní vodou, občas vystupující nad povrch.

#### Mokré / podmáčené louky

Dle katalogů biotopů – biotopy T

Louky a pastviny na podmáčených (glejových) půdách v údolích vodních toků nebo na prameništích. Hladina podzemní vody je trvale vysoká, případně může docházet k periodickému zaplavování. V současnosti může být vznik iniciován i poškozením odvodňovacích sítí.

#### Mokřadní plochy na orné půdě

Mokřadní biotopy vznikající sukcesí, spontánním vývojem, v návaznosti na změnu vlhkostních poměrů pozemků, často na místě bývalých vodních prvků (rybníků, mokřadů) v krajině. Mohou být iniciovány i poškozením odvodňovacích sítí. Periodický, nebo i trvalý, výskyt vody na povrchu půdy. Mohou doprovázet prameniště na zemědělsky využívaných pozemcích (pole, louky, pastviny).

#### Tůň

Dle katalogů biotopů – biotopy M1 / M3

Různé typy mokřadů přirozeného nebo umělého charakteru, trvale nebo periodicky zaplavované, nebo dotované přítokem (nátok z vodního toku, vyústění drenáží, apod.). Vegetace lokalit se kromě druhového složení liší i svými ekologickými nároky, především na vlhkost a úživnost prostředí. Hloubka vody v tůňkách dosahuje řádu desítek cm i více, což brání zrástnutí vegetací a volná vodní hladina se udrží dlouhodobě.



**Obrázek 50** Hlubší tůň v původním upraveném korytě potoka Borová vytvořené během revitalizace (stav v roce 2006). Zdroj vody představují průsaky z hlavního koryta a drenážní výusti.



**Obrázek 51** I po deseti letech (foceno podzim 2016) nejsou hlubší části tůň zarostlé vlhkomilnou vegetací. Díky tomu, že do prostoru nepřichází erozní smyvy (okolní pozemky využívané jako extenzivní pastviny), nedochází k zazemnění tůň a jejich přeměně na mokřad

#### Mokřadní plochy s vodní hladinou

Dle katalogů biotopů – biotopy M1 / M3

Různé typy mokřadů přirozeného nebo umělého charakteru, trvale nebo periodicky zaplavované, nebo dotované přítokem (nátok z vodního toku, vyústění drenáží, apod.). Vegetace lokalit se kromě druhového složení liší i svými ekologickými nároky, především na vlhkost a úživnost prostředí. Oproti tůňm není hloubka vody větší než hloubka umožňující postupný zárůst vegetací. Předpokládá se, že plochy postupně zarostou vegetací.



**Obrázek 52** Jedna z postranních tůň revitalizační akce na potoce Brodec u obce Načeradec těsně po dokončení. Byla hloubena jako mělká mísa s mírně sklonitými břehy (období 2002-2003).



**Obrázek 53** Stav tůň na jaře 2013, po cca deseti letech od realizace.



Obrázek 54 Mokřadní plocha vytvořená při revitalizaci potoka Borová v dolní části toku v roce 2001.



Obrázek 55 Stejná plocha v roce 2006, s postupným zanášením se rozšiřuje vlhkomilná vegetace a snižuje se rozloha volné vodní hladiny. Na podzim 2016 je již prakticky celá původní plocha mokřadu bez volné vodní hladiny, zarostlá vegetací s dominancí bahenních trav.

#### Litorální pásma vodních nádrží a rákosiny eutrofních stojatých vod

Dle katalogů biotopů – biotopy m 1.1 / M 1.3

Přirozeně eutrofní, vzácněji až mezotrofní vody, zejména mělká pobřeží vodních nádrží, mrtvá ramena a aluviální tůně ve středně pokročilé až pokročilé fázi zazemňování, uměle vytvářené zóny nádrží s hloubkou vody do cca 0,5 m, případně pobřežní svahy nádrží s touto hloubkou vody.

#### Pobřežní lemy vodních toků

Dle katalogů biotopů – biotopy M1.4 / M1.5 / M5 / M6 / M7

Jedná se o společenstva vlhkomilných rostlin doprovázejících vodní toky v různé nadmořské výšce. Složení vegetace je závislé i na stupni trofie podloží a vodního prostředí.

#### Štěrkové říční náplavy

Dle katalogů biotopů – biotop M4

Štěrkové náplavy vznikají na březích řek v říčních zákrutech, břehových lavicích nebo tvoří ostrůvky v korytech. V závislosti na síle proudu a jeho unášivé schopnosti jsou budovány sedimenty různé zrnitosti.

Obecně lze nově vznikající mokřadní biotopy v krajině rozdělit na spontánně vznikající a uměle zakládání, vytvářené.

Využití spontánně vznikajících mokřadů na pozemcích v důsledku změny vláhového režimu by mohlo značně snížit finanční náročnost projektů krajinné obnovy při vhodné kombinaci s technickými opatřeními (Richter 2011). Prach (2003) se zabýval poměrem řízení sukcese, zapojením cílových druhů a společenstev, dřevin a ruderalních a nepůvodních druhů. Dále změnami druhové rozmanitosti, proměnlivosti směřování sukcese a úlohou abiotických podmínek prostředí. Zdůrazňuje velký potenciál pro používání sukcese u programů obnovy krajiny. Prach a Hobbs (2008) se zabývali podmínkami, za kterých je možné spoléhat na sukcesu a kdy jsou efektivnější technická opatření v programech krajinné obnovy. Obecně lze říci, že větší pravděpodobnost dosažení cíle obnovy krajiny je při přijetí technických opatření, ale sukcese je podstatně méně finančně náročná. Z tohoto důvodu je sukcese doporučována, zvláště když v místě aplikace nejsou příliš extrémní podmínky.

Mokřady jsou nejvýznamnější ekosystémy, které lze v české přírodě najít. Jsou jedním z nejvýznamnějších prvků ekologické stability krajiny s vysokou biologickou diverzitou. Mokřad je stále, či jen po určité období roku, zatopené území nebo území s půdou, která je stále nasycená spodní vodou. Jedná se o území, která tvoří jakýsi přechod mezi suchozemskými a vodními ekosystémy. Tyto ekosystémy mají mnoho podob, které se vždy liší od těch ostatních. Jmenujme například bažiny, tůňe, rašeliniště, slatiniště, lužní louky a lesy. Vzácnost a důležitost těchto ekosystémů dokládá i Ramsarská konvence, Úmluva o mokřadech. Mokřady slouží i jako časová a prostorová refugia.

V mokřadní krajině se vyskytují některé vzácné druhy vlhkomilných rostlin, které jsou vázány přímo na tento ekosystém, a jinde je tedy nenajdeme. Mokřady jsou ekosystémem, který je nepříznivý pro růst rostlin. Je to zapříčiněno nedostatkem kyslíku v půdě. Za ohrožené druhy lze jmenovat třeba stulík žlutý nebo plavín šitnatý. Na mokřadech se nedaří stromům. Rostou zde jen do malé výšky a brzy odumírají. Vydrží zde jen takové dřeviny jako je vrba, olše a topol, z keřů pak krušina a střemcha.

Z hlediska fauny jsou mokřady důležité především tím, že hostí mnohem více životních stádií různých druhů vodních i na vodu vázaných živočichů, například hmyzu či obojživelníků. Z hmyzu lze jmenovat všudypřítomné komáry či pakomáry nebo nápadné vážky a šídla, vzácné druhy brouků. V polních mokřadech se nachází kriticky ohrožené druhy korýšů periodických tůň. Mokřady si oblíbily také některé druhy motýlů.

Výskyt obratlovců silně záleží na velikosti mokřadu. Z ptáků lze zde spatřit bekasinu otavní, chřástaly i jedinou naši sovu, která hnízdí na zemi, kalouse pustovku. Typickými živočichy jsou obojživelníci. Kromě hmyzu jsou právě oni představiteli druhů, které se zde vyskytují v několika životních stádiích, od vajíčka, které se vyvíjí ve vodě, larvy - pulce až po dospělce, který žije po většinu života na souši. Obojživelníci patří mezi druhy specializované na takováto území, takže je jinde než v blízkosti mokřadů nenajdete. Jmenujme například ropuchy, rosničky, z ocasatých pak čolky. Čolkové u nás patří k ohroženým druhům - příčinou je co jiného než znečištění povrchové vody (ONLINE 27).

Z výše uvedených typů se následující řadí k těm, u nichž se předpokládá spíše umělé zakládání při řešení realizací (opatření) pro snížení následků sucha:

- mokřadní plochy s vodní hladinou,

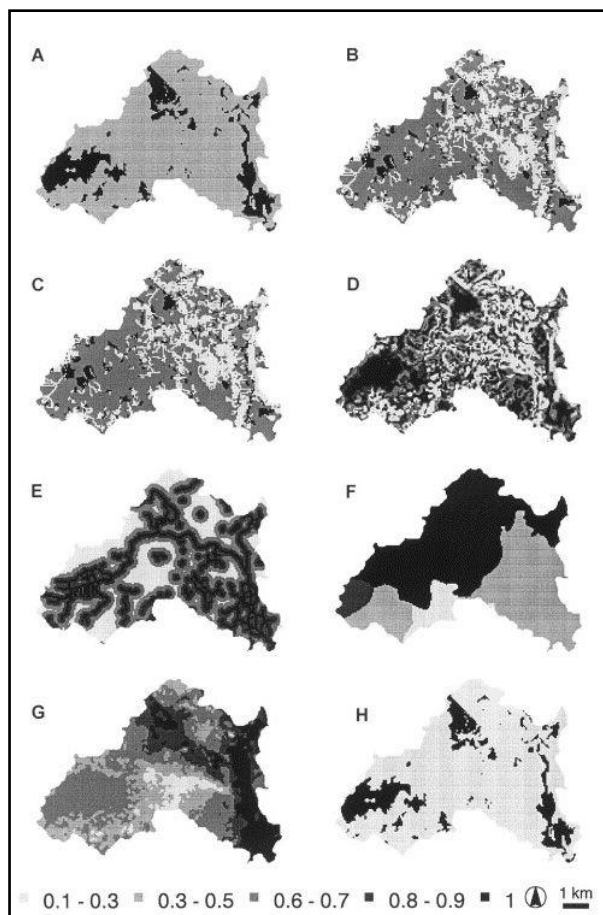
- tůně,
- lužní lesy,
- mokřadní vrbiny a olšiny,
- litorální pásma vodních nádrží.

Specifickou kategorií pak představují umělé mokřady, často řízené, udržované, doplněné navrženým filtračním prostředím, které mají sloužit ke kontrolovanému čištění drenážních vod, povrchových vod, nebo pro dočištění odtoků z objektů čištění odpadních vod.

V tabulce v Příloze P7 je na základě expertního odhadu definována vhodnost využití jednotlivých uvedených typů mokřadních biotopů pro řešení problematiky sucha z hlediska vodohospodářského (vodní bilance) a ekologického ve smyslu požadavků Rámcové směrnice o vodách (vliv na biologické složky určující ekologický stav/potenciál a vliv na fyzikálně-chemické parametry vodního prostředí).

### **2.5.3 Nástroje pro predikci vhodných ploch k obnově mokřadů**

Mokřady jsou ceněny pro svůj vysoký retenční potenciál a jejich jedinečnou biologickou rozmanitost. V posledních letech se zvyšuje počet aktivit zaměřených na obnovu mokřadů jako multifunkčních krajinných prvků. Úspěch obnovy mokřadů však zřetelně závisí na výběru místa vhodného pro dosažení konkrétních cílů obnovy nebo i realizace nového mokřadu. Jak uvádí ve své studii Premalatha et al. (2010) k identifikaci ploch vhodných pro obnovu mokřadů lze jako vhodný nástroj využít prostředí GIS s jeho možnostmi prostorových dotazů, analýz a modelování terénu. Podpůrné GIS nástroje se stávají čím dál více užitečným nástrojem při realizaci environmentálního managementu, pro krajinné plánování a prosazování environmentálního aspektu zemědělského hospodaření (Moreno-Mateos et al. 2010).



Obrázek 56 Vstupní data pro identifikaci nejvhodnějších území pro obnovu mokřadů (zdroj: Trepel a Palmeri (2002))

Trepel a Palmeri (2002) vyvinuli vhodný nástroj k identifikaci nejvhodnějších území pro obnovu mokřadů a k zlepšení kvality vody v daném povodí a také pro srovnávání tří různých matematických rovnic s cílem kvantifikovat vliv účinku dusíku při obnově vhodných mokřadních lokalit. Systém vyvinutý pro výběr lokality byl propojen s GIS. Tento systém kombinuje informace z daného povodí v osmi datových vrstvách: vlastnost půdního typu, využití území (land use), reliéf území, svažitost území, vzdálenost od sítě vodních toků, socioekonomická přijatelnost, nadmožská výška, historická lokalizace mokřadů. Všem parametrům v každé datové vrstvě byla přidělena hodnota mezi 0 a 1. Hodnota 1 byla přiřazena v případě, že daný parametr byl velmi vhodný pro obnovu mokřadů, např. rašeliniště z vrstvy využití půdy. Naopak, nízká hodnota byla přiřazena tomu parametru, který nebyl vůbec vhodný pro obnovu mokřadů, např. 0,2 pro městské a průmyslové oblasti (Obrázek 56). Vhodně přiřazená hodnota pro každý parametr všech datových vrstev je základním předpokladem pro další navazující prostorové dotazy a sestavení modelu.

#### Charakteristiky datových vrstev vstupujících do modelu:

- **Vlastnost půdního typu**

Hodnoty v datové vrstvě půdních typů jsou přiřazeny na základě vlastnosti infiltrační schopnosti půdy a obsahu organického uhlíku v ní. Rašelinné půdy jsou bohaté na uhlík a rozvíjí se v oblastech, kde je hladina podzemní vody souvislá až k povrchu půdy nebo se k němu velmi blíží. Proto jsou oblasti těchto půd velmi vhodné pro obnovu mokřadů. Naopak, vzhledem k vysoké propustnosti písku, hodnota pro tento typ půdy je nízká (0,3).



- **Využití území (land use)**

Typ využívání půdy (land use) ovlivňuje možnost obnovy mokřadů prostřednictvím ekologického a sociálně-ekonomického omezení. Z ekologického hlediska, oblasti klasifikované jako rašeliniště či bažiny jsou velmi vhodné pro obnovu mokřadů kvůli jejich vysoké hladině vody. Obdělávaná půda a plochy v zastavěném území mohou být také přeměněny na mokřady v rámci programu na jejich obnovu. Vhodnost těchto typů využití půdy klesá v pořadí: louka > orná půda > les > městské a průmyslové plochy.

- **Reliéf a svažitost území**

Datové vrstvy reliéfu a sklonu území jsou vypočteny z digitálního modelu terénu. Hodnoty jsou založené na hydrologických předpokladech. Deprese nebo mírné svahy jsou velmi vhodné jako oblasti pro obnovu mokřadů.

- **Vzdálenost od sítě vodních toků**

Vrstva vzdálenosti od sítě vodních toků udává vzdálenost k nejbližšímu vodnímu toku, vypočtenou z digitální sítě vodních toků. Předpokládá se, že vhodnost lokality pro obnovu mokřadů klesá se vzdáleností od nejbližší vodoteče.

- **Socioekonomická přijatelnost**

Hodnoty přiřazené vlastnostem/parametrům této vrstvy jsou založené na socioekonomickém předpokladu, že mokřady jsou snadněji obnovitelné v oblastech, kde nepřevažují lidské zájmy na jiné využití území.

- **Nadmořská výška**

Hodnoty tohoto ukazatele podporují obnovu mokřadů v dolních částech povodí.

- **Historická lokalizace mokřadů**

Předpokládá se, že historicky doložený (identifikovatelný) výskyt mokřadů na dané lokalitě může predikovat vhodnější podmínky pro obnovu mokřadů na těchto lokalitách z hlediska geomorfologie, hydrologie i ekologické stability území.

Moreno-Mateos et al. (2010) použil flexibilní model pro identifikaci vhodných ploch pro umístění mokřadů na malých zemědělských povodích v semiaridním povodí řeky Ebro ve Španělsku. Pomocí jednoduchých nástrojů a dostupných informací byla vybrána místa vhodná pro obnovu nebo vytvoření mokřadů. Model využívá upravené existující datové vrstvy (půda a geomorfologie), jednoduché geografické transformace (sklon a vzdálenost od proudících toků) a vrstvu land use/cover. Byla požadována velmi dobrá znalost studovaného území pro snížení subjektivity spojené s rozhodnutím o umístění mokřadu. Vzhledem k tomu, že se jednalo o práci s malými povodími, byly použity datové vrstvy s měřítkem 1:5 000 a velikostí pixelu menší než 30 m. Studií bylo zjištěno, že 31 % z plochy povodí je vhodných k vytvoření mokřadů a dalších 12 % této plochy bylo klasifikováno jako území velmi vhodné. V 11 ze 12 studovaných povodí vybral model jako vhodné všechny již existující mokřady. Dle této studie byly nevhodnější plochy pro naplnění funkčního požadavku mokřadu jako nástroje pro zlepšení kvality vody umístěné v nižších částech povodí. Model je jednoduchý a použitelný pro environmentální plánování v místech, kde již došlo ke snížení zavlažování plochy zemědělské půdy.

V podmínkách České republiky se nabízí možnost využití nástrojů GIS v kombinaci s novým výškopisem (DMR 5G nebo DMR4G) pro nalezení lokalit vhodných pro obnovu nebo realizaci nových ploch mokřadů. Co se týká identifikace lokalit historických mokřadů, je možné vycházet z map II. vojenského mapování analogicky jako při identifikaci historických vodních prvků typu „rybník“ uváděných v textu výše. Je však zřejmé (i z příkladů obnovy mokřadů v kapitole 4.3), že identifikace těchto lokalit na historických mapách bude nesrovnatelně obtížnější a nebude možné ji provést celoplošně pro území ČR. Využití historických map tak může být jen jedním z podpůrných nástrojů identifikace historických ploch mokřadů.



### Popis technologie realizace

Navržená opatření jsou situována kolem polních cest, ve svahu nad intravilánem obce, v severovýchodní části obce. V dané lokalitě není žádná vodoteč, průměrný sklon pozemku je 8–10 %. Jedná se o systém dvou otevřených příkopů a zpevněného průlehu, které jsou přes sedimentační jímku zaústěny do potrubí s výustí do toku Svodnice. Součástí opatření jsou i zatravněné ovocné sady. Cílem opatření je omezit účinky srážkové vody přitékající z kopce do obce.

### Základní technický popis

Stavba sestává z následujících šesti stavebních objektů:

#### SO 01: Příkop C podél cesty HC5

#### SO 02: Příkop C podél cesty VC43

Dva otevřené příkopy podél polních cest v délce 532 metrů. Koryto má tvar lichoběžníku, šířka dna 0,6 metru, sklony svahů 1 : 1,25, opevněno dlažbou z lomového kamene do výšky 0,5 metru, zbytek je oset travní směsí.

#### SO 03: Průleh C-2

Koryto zpevněného průlehu má šířku 5 metrů, hloubku 0,25 metru a délku 237 metrů. Na konci je zpevněný sjezd s lapačem splavenin. Průleh zachytává vodu ze svahu, slouží zároveň jako vedlejší polní cesta pro pojezd zemědělské techniky. Je proto zpevněn kloubovou betonovou zatravněovací dlažbou tloušťky 150 mm s dosetím travní směsí.

#### SO 04: Sedimentační jímka

Vybudována na konci otevřeného příkopu před jeho zaústěním do zatrubněného kanálu.

#### SO 05: Interakční prvky IP39 a IP40

Interakční prvky – zatravněné zachycovací ovocné sady na úpatí svahu, po obou stranách hlavní polní cesty. Výsadba švestek, jabloní a hrušní.

#### SO 06: Příkop C – zatrubnění

Potrubí profilu DN 800 vede dešťovou vodu od sedimentační jímky přes část obce do toku Svodnice.



**Obrázek 58** Zpevněný průleh slouží i jako vedlejší polní cesta, ukončen lapačem splavenin a sedimentační jímka, zpevněný příkop a zachycovací zatravněné ovocné sady (Zdroj: EKOTOXA s. r. o.)

### Náklady opatření

Celkové náklady 4 443 500 Kč, z toho:

- SO 01: Příkop C (0,000–0,308) – 1 457 592 Kč,
- SO 02: Příkop C (0,307–0,532) – 665 015 Kč,
- SO 03: Průleh zpevněný – 1 227 647 Kč,
- SO 04: Sedimentační jímka – 489 303 Kč,
- SO 05: Interakční prvky – záchytné sady – 21 505 Kč,
- SO 06: Zatrubněný příkop – 582 436 Kč.

Všechny ceny bez DPH.

### Vliv opatření na krajinu

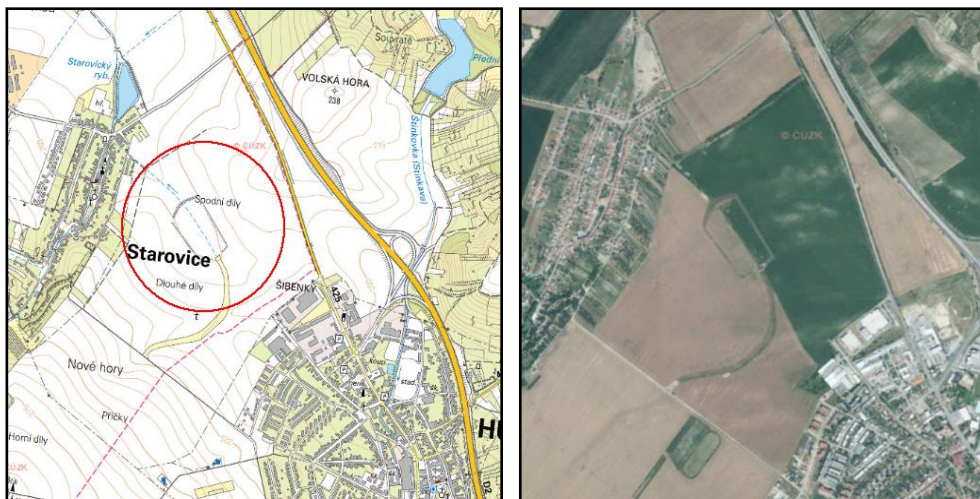
Opatření situovaná ve svahu nad intravilánem chrání zástavbu v obci před odtoky a odnosy půdy ze svažitého pozemku. Vodu dále řízeně odvádí do toku. Zlepší tak odtokové poměry v lokalitě a zároveň zabráni erozním procesům na síti polních cest a jejich okolí. Díky záchytným zatravněným ovocným sadům prvek zvyšuje ekologickou úroveň krajiny a možnost vsaku vody do půdy. Protože jsou prvky realizovány jako víceúčelové (průleh je zároveň vedlejší polní cestou) je zlepšena i dostupnost na pozemky v blízkosti opatření.

### Přínosy opatření

- Stabilizace odtokových poměrů na svažité lokalitě nad obcí, protipovodňová a protierozní ochrana.
- Opatření omezí erozní účinky srážkové vody ze zemědělských pozemků.
- Zlepšení dopravní přístupnosti pozemků.
- Ovocné sady působí protierozně, zvyšují vsak vody do půdy a zároveň zvyšují ekologickou stabilitu krajiny.

### 3.1.2 Suchá retenční nádrž a svodný průleh Starovice

Suchá retenční nádrž a svodný průleh do ní zaústěný se nacházejí v k. ú. Starovice v polní trati mezi Starovicemi a Hustopečemi. V rámci jednoduchých pozemkových úprav bylo navrženo vybudování retenčního prostoru na údolnici na orné půdě a současně byla navržena stabilizace svodného průlehu nad nádrží. Prvky byly realizovány v dubnu 2006 až březnu 2007.



Obrázek 59 Lokalizace suché nádrže a svodného průlehu na topografické mapě 1 : 10 000 a na současném leteckém snímku (Zdroj: ČÚZK)

#### Popis technologie realizace

##### Výkopy v nádrži

Byly odstraněny dřeviny, provedena skrývka 20 cm (uložení v dočasné deponii), odtěžena zemina v zadní části zátopové plochy (použití zeminy pro těleso hráze a zasypání stávajícího příkopu), vyrovnáno dno a vybudovány svahy ve sklonu 1 : 5.

##### Zátopová plocha

Zemník byl ohumusován a oset travní směsí.

##### Drenáže

Bylo dodrženo zachování funkčnosti drenáží nad hrází poldru, drény pod tělesem hráze byly přerušeny, byl vybudován nový svodný drén zaústěný do odvodňovacího příkopu a drenáž nad zátopovou plochou byla svedena přímo do nádrže.

##### Těleso hráze

Byla vybudována zemní hráz se sklonem návodního svahu 1 : 2,8, vzdušného svahu 1 : 2, v ose hráze zavazovací těsnicí zářez, ve vzdušné patě hráze byl vybudován odvodňovací drén z betonových trubek zaústěný do revizní šachty a z ní pak odvod vody ocelovým potrubím na skluz. Zpevnění svahů bylo provedeno pískem, resp. ochrannou vrstvou kameniva u návodního svahu. Svahy a koruna byly ohumusovány a zatravněny.

### Bezpečnostní přeliv

Byl navržen železobetonový kašnový přeliv s výpustným otvorem u dna nádrže, nedrsný skluz z rovnaniny z kamenů prolité betonem se souběžným drenážním potrubím zakončený stabilizačním prahem a výtok z nádrže byl opatřen česlemi. Na exponovaných místech bylo osazeno zábradlí.

### Průleh

Průleh převádí vodu mezi dílčími povodími. V místě, kde trasa průlehu přechází mezi povodími, je průleh opatřen hrázkou. Koruna hráze je cca 0,6 m nad stávajícím terénem, šířka hrázy v koruně je 2,0 m. Sklony svahů hrázy jsou 1 : 5. Hrázka je ohumusována a oseta travní směsí.

Profil průlehu je miskovitý, sklony svahů jsou 1 : 5. Dno i svahy břehů jsou ohumusovány a osety travní směsí. V místě křížení s vodovodním potrubím je potrubí chráněno izolací a silničními panely, dno příkopu je v délce 7,1 m zpevněno kamennou dlažbou.

Pod místní silnicí Hustopeče – Starovice je vybudován trubní propustek. Před vtokem do propustku a za propustkem je terén zpevněn dlažbou z lomového kamene. Čela propusti jsou betonová, roura má průměr DN 1000, délka propusti 12,5 m, osazené zábradlí na čelech propusti.

V délce 20 m za propustkem je osazen měrný Thomsonův přeliv.

### Parametry opatření

#### Suchá retenční nádrž

|  |          |                   |
|--|----------|-------------------|
| Objem vody při retenční hladině 198,90 m n.m.  | 33 800,0 | m <sup>3</sup>    |
| Objem vody při maximální hladině 199,40 m n.m. | 56 070,0 | m <sup>3</sup>    |
| Hloubka vody max.                              | 3,1      | m                 |
| Q <sub>100</sub> celkem v profilu hráze        | 10,1     | m <sup>3</sup> /s |

#### Průleh

|                   |       |   |
|-------------------|-------|---|
| Délka průlehu     | 824,9 | m |
| Sklony svahů      | 1:5   |   |
| Maximální hloubka | 1,2   | m |



Obrázek 60 Suchá nádrž a svodný průleh (Zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)

### Náklady opatření

Náklady na realizaci svodného průlehu a poldru činily cca 12 mil. Kč včetně DPH. Péče o pozemky v suché nádrži náleží obci Hustopeče.

### Vliv opatření na krajinu

Přínosem realizace retenční nádrže a svodného průlehu je protipovodňová ochrana zástavby v Hustopečích a Starovicích a také snížení půdního smyvu. Opatření se ukázalo jako účinné, neboť po jeho výstavbě nedochází v Hustopečích po bouřkách k rozlivům způsobeným odtokem z této lokality. Tento prvek v krajině také zvyšuje celkovou estetickou hodnotu okolí.

Právě díky zatravnění a opevnění profilu průlehu nastalo zásadní snížení erozních smyvů. Tímto se významně snížilo zanášení retenčního prostoru v dolní části údolnice. Zásadní vliv na snížení eroze a odnosu splavenin bude mít i dobudování systému průlehů, příkopů, polních cest a lokálních plošných zatravnění na pozemcích v podvodí.

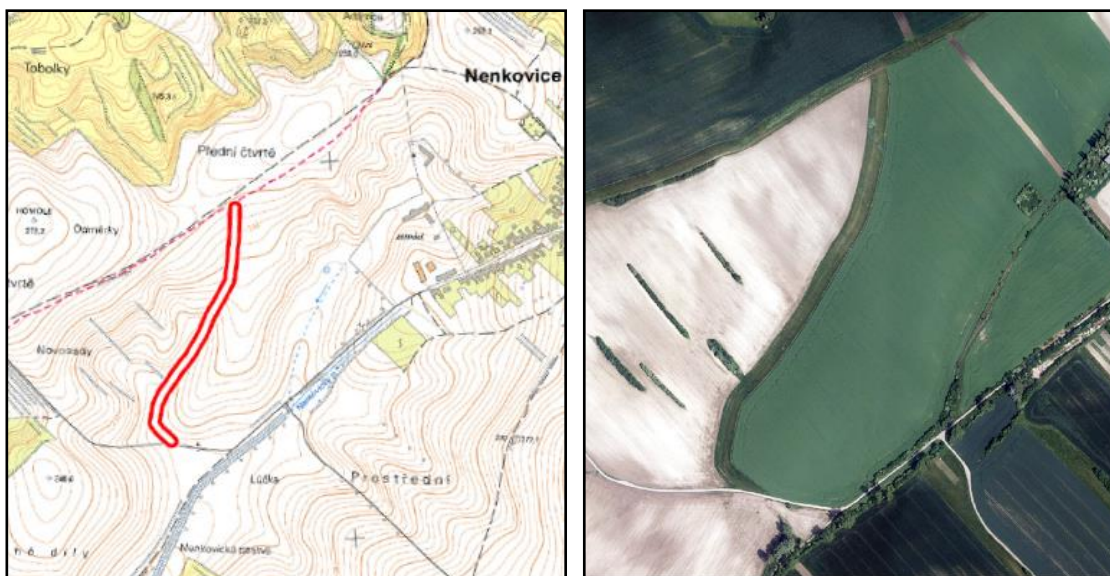
### Přínosy opatření

- stabilizace odtokových poměrů, protipovodňová ochrana,
- díky zatravnění a opevnění profilu průlehu nastalo zásadní snížení odnosu erozních smyvů a následné omezení zanášení retenčního prostoru,
- zvýšení celkové estetické hodnoty okolí.



### 3.1.3 Zatravnění a ozelenění stabilizace dráhy odtoku u Nenkovic

V rámci KoPÚ Nenkovice bylo navrženo zatravnění a ozelenění dráhy soustředěného odtoku (IP1) s výsadbou původních druhů stromů a keřů. Údolnici tvoří deprese jihozápadně od zástavby obce Nenkovice na parcelách 5493, 5494 a 5495, která končí u polní cesty a voda z ní dále odtéká do Nenkovického potoka. Projekt byl vytvořen v dubnu 2008, realizace proběhla v letech 2010 až 2013.

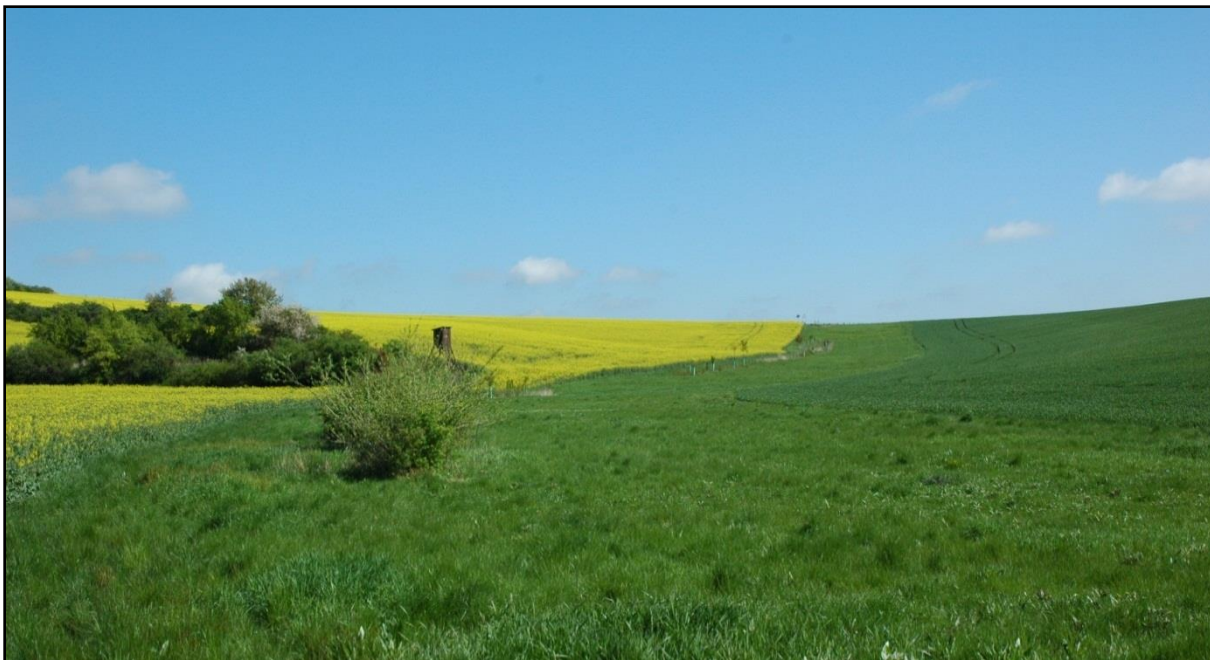


Obrázek 61 Průběh nově založené stabilizace dráhy odtoku na topografické mapě 1 : 10 000 a na současné ortofotomapě (Zdroj: ČÚZK)

#### Popis technologie realizace

Proběhla výsadba travnatého pásu v šířce 25 m, dále pak dosadby původních druhů dřevin na orné půdě, které travnatý pás doplňují a vymezují, aby nedošlo k jeho rozorávání. Součástí interakčního prvku je travnatá polní cesta se stromořadím.

- 1. etapa: Přípravy ploch pro další úpravy  
Vyčištění ploch a odstranění bylinných porostů před zahájením stavby.
- 2. etapa: Úpravy ploch, založení bylinného patra  
Po sklizni na pozemcích bylo provedeno zatravnění ploch, a sice porost s převahou stínomilných druhů byl vyset mezi dřevinami a v jejich stínu, světlomilné druhy byly použity na osluněné ploše.
- 3. etapa: Výsadby  
Proběhla výsadba prostokořenných výpěstků v několika pásech se třemi řadami keřů se skupinami stromů. Na 10 stromů a stromovitých keřů bylo vysázeno 50 podsadbových keřů. Mezi pásy dřevin jsou travnaté pásy umožňující pohyb sekaček v prvních letech po výsadbě. Proti plevelu bylo použito mulčování.
- 4. etapa: Zajištění porostů  
Kosení 2× ročně, zálivka, ochrana proti okusu, zdravotní a výchovný řez.



Obrázek 62 Pohled na zatravněnou a ozeleněnou stabilizaci dráhy odtoku (Zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)

#### Parametry opatření

|                        |         |                |
|------------------------|---------|----------------|
| Délka údolnice         | 700,0   | m              |
| Šířka travnatého pásu  | 25,0    | m              |
| Plocha travnatého pásu | 1,8     | ha             |
| Vysazené stromy        | 54,0    | ks             |
| Vysazené keřové stromy | 40,0    | ks             |
| Zálivka                | 6 870,0 | m <sup>3</sup> |
| Mulč                   | 80,0    | m <sup>3</sup> |

#### Náklady opatření

Celková cena včetně DPH činí 855 807 Kč, z toho:

- úprava terénu a realizace výsadeb – 420 493 Kč,
- následná údržba po dobu 3 let – 435 314 Kč.

#### Vliv opatření na krajinu

Výrazná protierozní ochrana – údolnice umožní redukci erozních smyvů a zajistí velmi důležitou prevenci zaměňování Nenkovického potoka a nově vybudované retenční nádrže, zadržení vody v krajině a tím zlepšit místní mikroklima, dále podpora biodiverzity, obnova krajinné struktury a krajinného rázu, rozšíření ÚSES.

#### Přínosy opatření

- hlavním přínosem je protierozní ochrana, která redukuje erozní smyv a zajistí velmi důležitou zachycení odnosu dřívě, než by docházelo k zanášení potoka a retenční nádrže,

- rozčlenění intenzivně zemědělsky využívané krajiny a zvýšení tak její průchodnosti a ekologické stability,
- zvýšení diverzity krajiny a podpora biodiverzity.

### 3.1.4 Retenční nádrž Nenkovice - Vodní nádrž „Nynek“

Základním účelem realizace je vytvoření biocentra s vodní plochou v jinak intenzivně zemědělsky využívané krajině. Víceúčelová vodní nádrž navržena v rámci KoPÚ za účelem zachycení vody v krajině s protipovodňovou funkcí v k.ú. Nenkovice (okres Hodonín) na Nenkovickém potoce. Stavba byla realizována na základě návrhu v komplexních pozemkových úpravách z roku 2009 a to v období od dubna do července 2013.

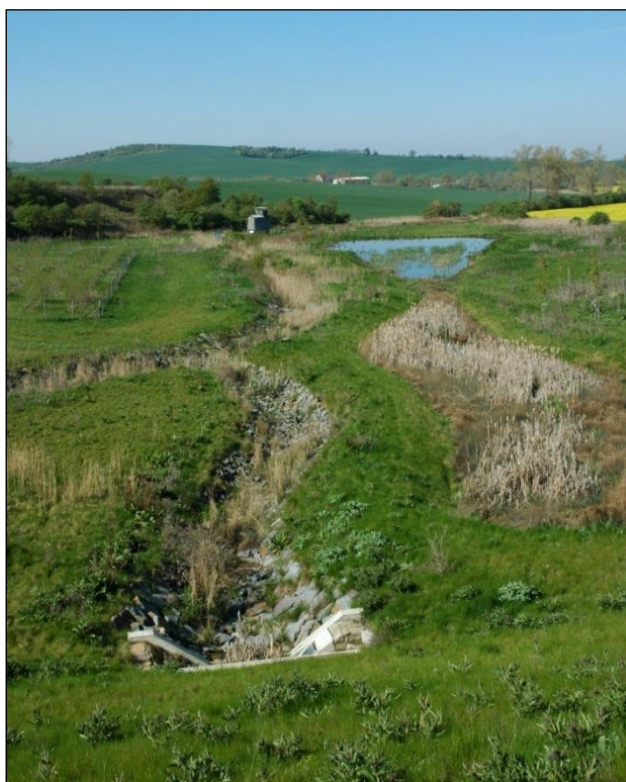


Obrázek 63 Lokalizace vodní nádrže na topografické mapě 1 : 10 000 a na současné ortofotomapě (Zdroj: ČÚZK)

Jedná se o průtočnou vodní nádrž sestávající z homogenní zemní hráze se zátopou a funkčního objektu. Stavba se skládá z vodní nádrže včetně všech nezbytných funkčních objektů, z krajinářských úprav v okolí nádrže a z vodních tůní v okolí nádrže. V horní části nádrže je rozsáhlý litorál s malou hloubkou vody a přirozeně pozvolně klesajícími břehy. Jako součást realizace stavby vodní nádrže je zajištěna realizace části biocentra B2 Úlehle v nivě Nenkovického potoka, která je v bezprostředním okolí vodní nádrže. Účelem bylo vytvoření podmínek k uchování a rozvoji společenstev blízkých původním, zlepšení životního prostředí, kompenzace negativních důsledků rozvoje zemědělství, zvelebení krajiny a zvýšení její ekologické stability.



Obrázek 64 Pohled na vodní nádrž v k.ú. Nenkovice (Zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)



Obrázek 65 Odtok s nádrže doplněný tůňkami (Zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)

### Parametry opatření

#### Základní parametry hrázového tělesa:

|  |       |        |
|--|-------|--------|
| Kóta koruny hráze                      | 204,0 | m.n.m. |
| Max. výška hráze nad základovou spárou | 8,0   | m      |
| Délka hráze v ose                      | 164,0 | m      |
| Šířka hráze v koruně                   | 4,0   | m      |

|                                  |          |                |
|----------------------------------|----------|----------------|
| Sklon návodního svahu            | 1:3,7    |                |
| Sklon vzdušného svahu            | 1:2,2    |                |
| Kubatura násypu hrázového tělesa | 19 800,0 | m <sup>3</sup> |

#### Základní parametry vodní nádrže:

|                                 |           |                |
|---------------------------------|-----------|----------------|
| kóta zásobní hladiny Mz         | 202,9     | m.n.m.         |
| plocha při zásobní hladině      | 3,5       | ha             |
| objem při zásobní hladině       | 110 000,0 | m <sup>3</sup> |
| plocha hladiny při Mmax         | 3,9       | ha             |
| celkový retenční objem při Mmax | 24 000,0  | m <sup>3</sup> |
| kategorie nádrže TBD            | IV.       |                |

#### Náklady opatření

Skutečná uhrazená cena díla činila dle SPU 13 561 253 Kč včetně DPH.

#### Vliv opatření na krajinu

Přínosem realizace vodní nádrže “Nynek“ je protipovodňová ochrana a zásobní funkce nádrže v obdobích sucha. Nádrž svým akumulacním zásobním prostorem zajišťuje udržení minimálního zůstatkového průtoku v toku pod ní. Vlivem retenčního objemu dochází k příznivému upravení odtokových poměrů při povodních.

Přínosem vodního prvku realizovaného společně s biocentrem a tůněmi v okolí výtoku z nádrže je pro takto zemědělskou krajinu i velmi významné zvýšení estetické hodnoty krajiny.

#### Přínosy opatření

- jedním z přínosů je protipovodňová ochrana v období vysokých nebo dlouhodobých srážkových úhrnů,
- dalším velkým přínosem je zásobní funkce nádrže. Díky zásobnímu objemu zajišťuje nádrž udržení minimálního zůstatkového průtoku v toku pod ní v suchých obdobích,
- jako stálý vodní prvek a i díky dalším doprovodným prvkům (biocentrum, tůně) zvyšuje ekologickou a estetickou hodnotu v intenzivně zemědělsky využívané krajině.

### 3.1.5 Terasy Starovice

Terasy se nacházejí v okolí Starovického potoka, jižně od intravilánu obce Starovice, asi 1,5 km severozápadně od Hustopečí (okres Břeclav).



Obrázek 66 Lokalizace teras na topografické mapě 1 : 10 000 a na současné ortofotomapě (Zdroj: ČÚZK)

#### Popis technologie realizace

V povodí Starovického potoka byly vytipovány pozemky ohrožující během intenzivních srážek obec povrchovým odtokem. Byl navržen a realizován systém teras. Po vytvoření teras bylo uloženo 40 cm ornice (skryté před terénními úpravami) a biologická rekultivace byla dokončena hydroosevem. Již po 3 letech byly terasy využívány jako sady (meruňky, broskve) a vinice.

Soustava teras byla doplněna cestní sítí a systémem záchytných a svodných příkopů vč. sedimentačních nádrží. Na pozemcích evidovaných převážně jako ovocné sady dnes hospodaří společnost BIOSADY s. r. o. v režimu certifikovaného ekologického zemědělství. Po 30 letech jsou pozemky plně zapojeny do krajiny.

#### Parametry opatření

|                                  |        |                                 |
|----------------------------------|--------|---------------------------------|
| Šířka terasové plošiny           | 10–15  | m                               |
| Příčný sklon terasy              | 5      | %                               |
| Podélný sklon terasy             | 0–2    | %                               |
| Sklony svahů                     | 1:1,25 |                                 |
| Ohumšení                         | 40     | cm ornice (z předchozí skrývky) |
| Celková výměra upraveného terénu | 55     | ha                              |
| Výměra terasových plošin         | 40     | ha                              |

#### Náklady opatření

Zhruba 300 tis. Kčs/ha upravené plochy v roce 1986 (přepočteno na dnešní hodnotu 1,87 mil. Kč/ha).



Obrázek 67 Zemní terasy v k.ú. Starovice (Zdroj: VUT v Brně)

#### Vliv opatření na krajinu

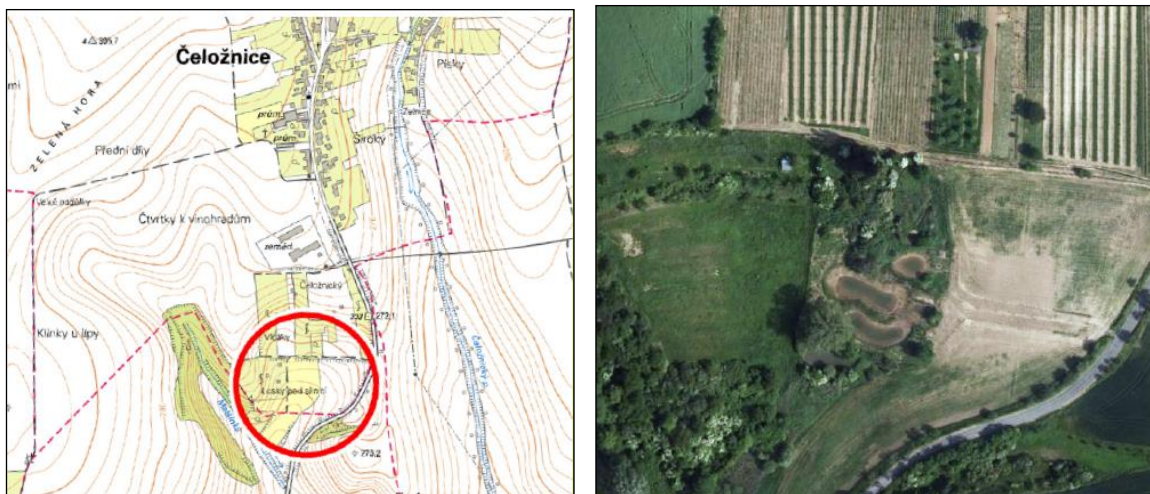
Opatření funguje jako účinná protipovodňová ochrana zástavby Starovic, přispívá také k snížení půdního smyvu v lokalitě a menšímu zanášení potoka. Funguje také jako estetický a ekologický prvek v krajině.

#### Přínosy opatření

- hlavním přínosem je protipovodňová ochrana obce,
- stavba také funguje jako protierozní ochrana, která redukuje erozní smyv a nedochází tak v takové míře k následnému zanášení potoka,
- funguje také jako estetický a ekologický prvek v krajině.

### 3.1.6 Revitalizace mokřadní lokality Rybníček

Rybníček se nachází v obci Čeložnice, cca 5 km severně od města Kyjov v okrese Hodonín. Stavba byla zahájena v roce 2013 a dokončena v roce 2015.



Obrázek 68 Lokalizace místa realizace mokřadní lokality na topografické mapě 1 : 10 000 a na současné ortofotomapě (Zdroj: ČÚZK)

#### Popis technologie realizace

Řešené území o výměře 16 019 m<sup>2</sup> se nachází asi 700 metrů jižním směrem od centra obce Čeložnice. Před realizací to byla podmáčená neužívaná lokalita s vysoko položenou hladinou podzemní vody. Část se nachází na území registrovaného VKP „Rybníček“ (Okresní úřad Hodonín). Vlastníkem většiny pozemků je Václav Šalša, zadavatel projektové dokumentace.

#### Základní technický popis

Stavba mokřadu byla rozdělena na 3 stavební objekty:

SO 01 – Zemní práce, biotechnické objekty – zahrnují výkop tůň s předchozím sejmutím humózní vrstvy, terénní urovnávky a ohumusování. Celkem 3 tůň jsou doplněny dalšími drobnými biotechnickými objekty z přírodních materiálů – 2 kamenné suché zídky jako úkryt pro hady a 2 plazníky k rozmnožování slepýšů. Tůň jsou periodické s mírnými svahy z důvodu rozmnožování obojživelníků.

SO 02 – Demolice stavebního objektu – proběhla demolice nefunkčního objektu čerpací stanice s odvezením materiálu na nejbližší skládku.

SO 03 – Vegetační úpravy – výsadby původních druhů stromů a keřů jsou doplněny trvalými travními porosty. Jedná se o zatravnění orné půdy protierozní travní směsí s občasnou výsadbou dřevin a vytvoření ochranné zóny.





Obrázek 69 Pohled na realizovaný mokřad (Zdroj: EKOTOXA)

#### Parametry opatření

| Parametr opatření   | T1  | T2  | T3  | Celkem |
|---|-----|-----|-----|--------|
| Plocha tůní (m <sup>2</sup> )                                   | 624 | 824 | 305 | 1753   |
| Výkop tůní (m <sup>3</sup> )                                    | 424 | 733 | 194 | 1351   |
| Plocha orné půdy navržená na převedení do TTP (m <sup>2</sup> ) |     |     |     | 11 430 |

#### Náklady opatření

Celkové náklady 605 645 Kč z toho:

- SO 01 Zemní práce, biotechnické objekty – 332 322 Kč,
- SO 02 Demolice stavebního objektu – 114 048 Kč,
- SO 02 Vegetační úpravy – 159 275 Kč.

Všechny ceny bez DPH.

#### Vliv opatření na krajinu

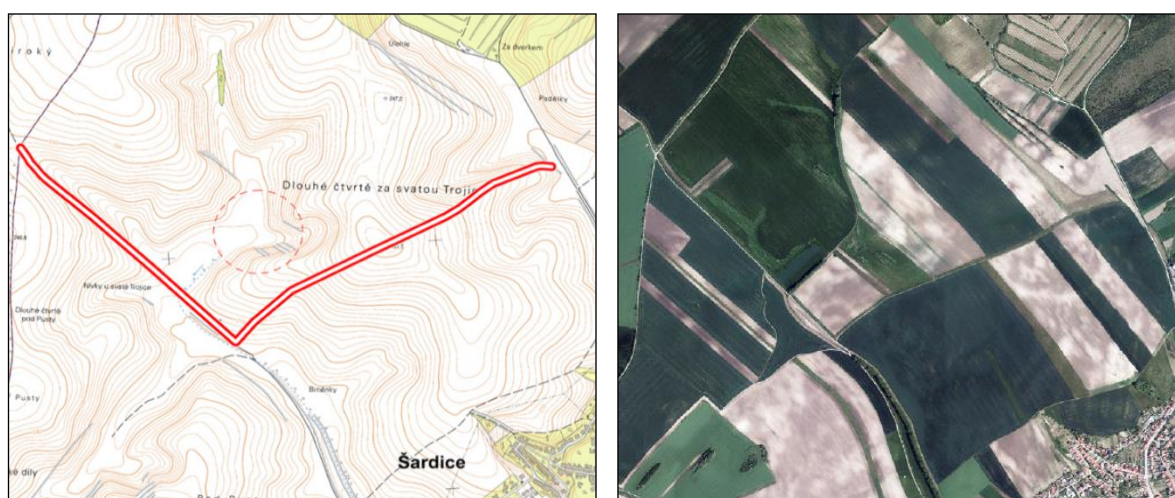
Díky projektu se v jinak obtížně využitelném místě vybudovaly tůně, které zpětně příznivě ovlivňují okolní krajinu. Díky různým sklonům břehů tůní byly posíleny přechodové zóny mezi souší a vodní plochou, jež zpestřují nabídku potravy a úkrytu pro mnoho živočichů (včetně chráněných druhů ptáků) a nabízí vhodné podmínky pro vlhkomilné rostliny. Nevyužívaná lokalita byla tímto projektem přeměněna na místo zlepšující vodní režim krajiny, protože voda z tůně neodtéká, ale zasakuje do spodních vrstev půdy. Tím Rybníček přispívá k velmi důležité prevenci vysoušení krajiny. Dalším pozitivem je přívětivější mikroklima a celkově vyšší ekologická stabilita lokality.

### Přínosy opatření

- navýšení retenční schopnosti krajiny, zlepšení vodního režimu krajiny,
- zvýšení vsaku vody do půdy, protože vody z tůně neodtéká,
- příznivé účinky na zlepšení mikroklimatu a celkové navýšení ekologické stability lokality,
- zvýšení diverzity krajiny a podpora biodiverzity,
- zvýšení estetické hodnoty krajiny.

#### **3.1.7 Biokoridor za sv. Trojicí v Šardicích**

Biokoridor se nachází v katastru obce Šardice (okres Hodonín) v intenzivně zemědělsky využívané krajině s nízkou ekologickou hodnotou. Založen byl v letech 2009 až 2011.



**Obrázek 70** Průběh nové založeného biokoridoru (plnou čarou) a nedaleké lokality mokřadu (čárkovaně) na topografické mapě 1 : 10 000 a na současné ortofotomapě (Zdroj: ČÚZK)

Biokoridor navazuje na západě na již existující, dříve vytvořený biokoridor na hranici katastrálního území. Prochází východním směrem podél polní zpevněné komunikace. Navazuje na vybudovaný mokřadní ekosystém a extenzivní sad.

Koridor je trasován podél polní cesty na dříve orné půdě v šířce 15 m. Je tvořen stromy, keři a travním porostem. Stromy jsou vysázeny ve středu pásu ve dvou řadách, ve sponu 2,6 × 1 m, druhové složení je popsáno v části Parametry opatření. Výsadba keřů je provedena taktéž ve dvou řadách, napravo a nalevo od vysazených stromů. Smíšená dřevina je nepravidelná, druhové rozmístění rovnoměrné.

Travní porost byl založen na celé ploše koridoru s výjimkou úzkých pruhů kolem řad stromů a keřů, kde byla v následných letech prováděna péče o stromy a keře. Zatravnění je provedeno semenem Luční směs.

Údržba zahrnuje ochranu proti bušení třikrát ročně po dobu 5 let, první zásah okopáním kolem dřevin, další zásahy vyžínáním. Proti zvěři byla použita mechanická ochrana oplocením po celém obvodu biokoridoru s ponecháním mezer pro migraci zvěře.

### Náklady opatření

Celkem za vybudování biokoridoru 1 030 644 Kč, celkem za vybudování a zapojení biokoridoru (5 let) 1 491 620 Kč, z toho (všechny částky včetně DPH):

- výsadby – 536 250 Kč,
- příprava půdy a zatravnění – 84 415 Kč,
- oplocenka – 409 979 Kč,
- následná péče (5 let) – 460 976 Kč.



**Obrázek 71** Pohled na biokoridor (Zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)

### Parametry opatření

|                        |   |
|------------------------|---|
| Délka biokoridoru      | 2 500 m   |
| Počet stromů           | 5 000 ks  |
| Druhové složení stromů | dub zimní (30 %), lípa malolistá (15 %), habr obecný (15 %), buk lesní (15 %), příměs dalších dřevin do 25 % (javor babyka, javor mléč, jeřáb ptačí, třešeň ptačí, jilm habrolistý) |
| Počet keřů             | 5 000 ks  |
| Druhové složení keřů   | svída krvavá, hloh obecný, dřín obecný, ptačí zob obecný, brslen evropský, trnka obecná, líska obecná, vrba jíva a růže šípková, brslen bradavičnatý, kalina tušalaj                |
| Zatravnění             | 31 000 m <sup>2</sup>   |

### Vliv opatření na krajinu

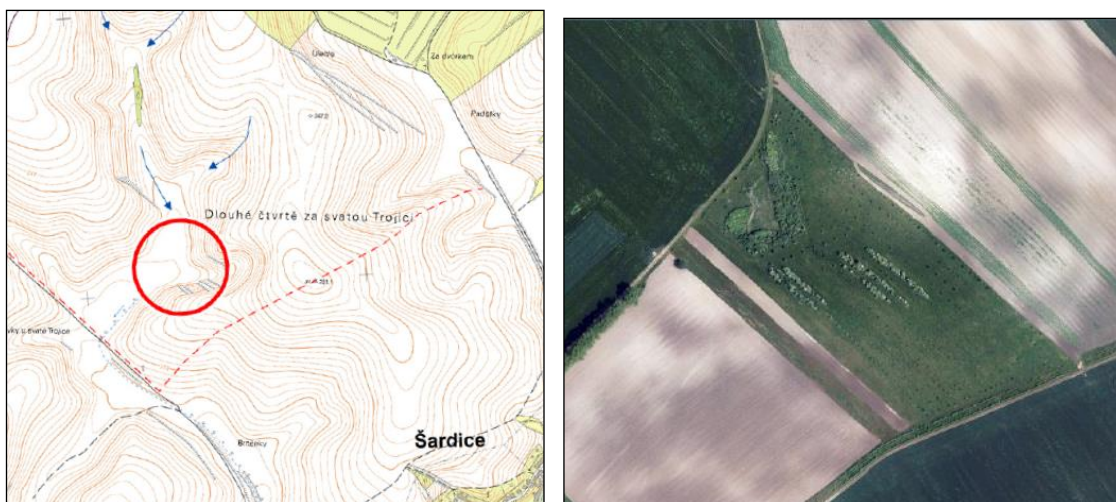
Hlavními přínosy jsou pro zemědělskou krajinu velmi významné zvýšení a posílení biodiverzity, zlepšení možností migrace živočichů, příznivý vliv na zadržení vody v krajině, protierozní funkce a v neposlední řadě zvýšení estetické hodnoty krajiny.

### Přínosy opatření

- zvýšení retenční schopnosti krajiny,
- protierozní funkce, omezení transportu splavenin,
- zvýšení diverzity krajiny,
- podpora biodiverzity,
- zvýšení estetické hodnoty krajiny.

#### **3.1.8 Mokřad v trati Dlouhé čtvrtě v Šardicích**

Mokřad byl realizován v roce 2007 v obci Šardice (okres Hodonín), severozápadně od zástavby obce v lokalitě Dlouhé čtvrtě za svatou Trojicí. Opatření se nachází v terénní depresi, v prameništi Loučkového potoka. Pro realizaci stavby byly čerpány finanční prostředky z národního programu Péče o krajinu spravovaného Ministerstvem životního prostředí.



**Obrázek 72** Lokalizace mokřadu na topografické mapě 1 : 10 000 a leteckém snímku (Zdroj: ČÚZK)

Řešené území vedené v katastru nemovitostí jako ostatní plocha bylo intenzivně zemědělsky obhospodařováno. V roce 2007 byl schválen Návrh KoPÚ, který danou lokalitu zahrnul do lokálního ÚSES jako interakční prvek. V lokalitě byla v rámci místního šetření zjištěna vysoká hladina podzemní vody a tendence přirozené akumulace vody v období tání sněhu a přívalových srážek. Bylo konstatováno, že lokalita má potenciál a atributy pro založení mokřadu a pracovníkem AOPK bylo doporučeno vypracovat jednoduchou studii záměru a odhad nákladů. Vlastníkem pozemků a zadavatelem akce je Dr. Ing. Petr Marada.

### Základní technický popis

Byla vyhloubena tůň, vysázeny vhodné rostliny a podpořen jejich rozvoj. Mokřad je členěn do čtyř na sebe navazujících částí (ploch):

- Plocha A: vodní plocha (1 873 m<sup>2</sup>) – hloubka umělého zahloubení v příčném profilu kolísá od 0,2 – 2,0 m, podporovaná rostlinná společenstva: vodní a mokřadní společenstva (stulíky, rákosy, orobince, skřípiny)

- Plocha B: vlhkomilná bylinná louka (686 m<sup>2</sup>) – podporovaná rostlinná společenstva: mokřadní a vlhkomilná vegetace (ostřice, rákosy a jiné druhy trav)
- Plocha C: měkký luh a jiné doprovodné porosty (1 880 m<sup>2</sup>) – podporovaná rostlinná společenstva: keřové vrby, další dřeviny lužních lesů a mokřadních olšin
- Plocha D: ochranné trvalé travní porosty (14 087 m<sup>2</sup>) – tato plocha je realizována v rámci agroenvi programů MZe, podporovaná rostlinná společenstva: mezofilní louky



**Obrázek 73** Lokalita těsně po realizaci opatření (Zdroj: Ing. Dr. Marada)

#### Náklady opatření

Celkové náklady 492 462 Kč, z toho:

- práce – 373 673 Kč,
- materiál – 118 789 Kč.

Všechny ceny jsou uvedeny včetně DPH.

#### Vliv opatření na krajinu

V relativně uniformním, intenzivně obhospodařovaném území došlo k obnově mokřadního biotopu, resp. prameniště Loučkového potoka. Lokalita se stala mozaikou v naší zemědělské krajině ohrožených biotopů a podílí se formou zadržování vody na zlepšení vodního režimu území, které tak dokáže lépe odolávat extrémním výkyvům počasí. Nesporný klad záměru spočívá v čistící funkci mokřadu, čímž se zvýší kvalita vody pod mokřadem. Navržené a realizované biotopy jsou v naší krajině silným lákadlem pro ohrožené a vzácné druhy rostlin a živočichů. Jaké bude záměr hostit druhy, bude mj. záležet na dalším vývoji a managementu území.

#### Přínosy opatření

- obnova prameniště bývalého Loučkového potoka,
- zvýšení retenční schopnosti krajiny,
- zlepšení kvality vody ve vodoteči (Loučkový potok) ústící do Šardického potoka,

- omezení transportu splavenin do profilu navrhované ochranné retenční nádrže v rámci KoPÚ,
- zvýšení diverzity krajiny,
- podpora biodiverzity,
- možnost vzdělávání, výzkumu a ekovýchovy.

### 3.1.9 Mokřady v Hovoranech

Lokalita se nachází v obci Hovorany (okr. Hodonín), ve východním cípu území obce v části Mokroňovsko. Opatření probíhala v nivě Šardického potoka mezi plochami okolních lesů. Řešené území bylo před realizací součástí podmáčeného bloku orné půdy a neposkytovalo pro zemědělství příliš vhodné podmínky. Realizace projektu začala v srpnu roku 2013. Pro realizaci stavby byly čerpány finanční prostředky z OPŽP osy 6 Zlepšování stavu přírody a krajiny, z oblasti podpory 6.3 Obnova krajinných struktur. Oficiální ukončení stavby bylo v roce 2016. Po obvodu lokality se vyskytoval nepůvodní invazivní druh slunečnice topinambur, střední část plochy byla porostlá rákosem s opět nepůvodním a invazivním druhem zlatobýlem kanadským.



Obrázek 74 Lokalizace mokřadu na topografické mapě 1 : 10 000 a současném leteckém snímku (Zdroj: ČÚZK)

#### Základní technický popis

Záměrem investora bylo vybudovat soustavu tůní včetně biotechnických objektů (broukoviště, plazníky, kamenná zídka) a vegetační úpravy spočívající ve výsadbě geograficky a stanovištně původních dřevin a v založení trvalých travních porostů. Stavba se člení na:

- Zemní práce a biotechnické objekty zahrnují vyhloubení celkem 5 tůní s předpokládanou hloubkou vody v tůních mezi 0,5 – 2,0 m a 3 mikrotůně s předpokládanou hloubkou vody do 0,5 m. Dále je na lokalitě umístěna zídka z kamenné rovnaniny a 1 m vysoký plazník sloužící jako úkryt pro plazy, hlavně pro silně ohrožené slepýše. Ve střední části lokality jsou navržena 2 broukoviště, užitečná pro další organismy.
- Vegetační úpravy zahrnují výsadbu dřevin, hlavně druhů měkkého až tvrdého luhu (jak i napovídají názvy tůní Jasaňák, Olšovník a Vrbatec) a výsev trvalých travních porostů. Ochranu před zoráním zajišťují keřové lemy (střemcha hroznovitá, svída krvavá, brslen evropský aj.).

Na severu lokality je vysázena alej z lípy srdčité, javoru mléče a javoru babyky. V blízkosti plazníku jsou vysázeny 3 dubové solitéry.



**Obrázek 75** Lokalita těsně po realizaci opatření (Zdroj: Ing. Dr. Marada)

#### Náklady opatření

Celkové náklady 2 325 991 Kč, z toho:

- zemní práce a biotechnické objekty – 2 085 926 Kč,
- vegetační úpravy – 240 065 Kč.

Všechny ceny uvedeny bez DPH.

#### Vliv opatření na krajinu

Záměr využil dlouhodobě podmáčené, ale přesto obhospodařované půdy charakteru degradovaného mokřadu. Kladný vliv záměru na dané území je patrný již v současnosti, území se stalo mozaikou v naší zemědělské krajině ohrožených biotopů a podílí se formou zadržování vody na zlepšení vodního režimu území, které tak dokáže lépe odolávat extrémním výkyvům počasí. Navržené a realizované biotopy jsou v okolní krajině silným lákadlem pro ohrožené a vzácné druhy rostlin a živočichů. Přesné druhové složení a jeho změny budou samozřejmě záviset na dalším vývoji podmínek i managementu území.

#### Přínosy opatření

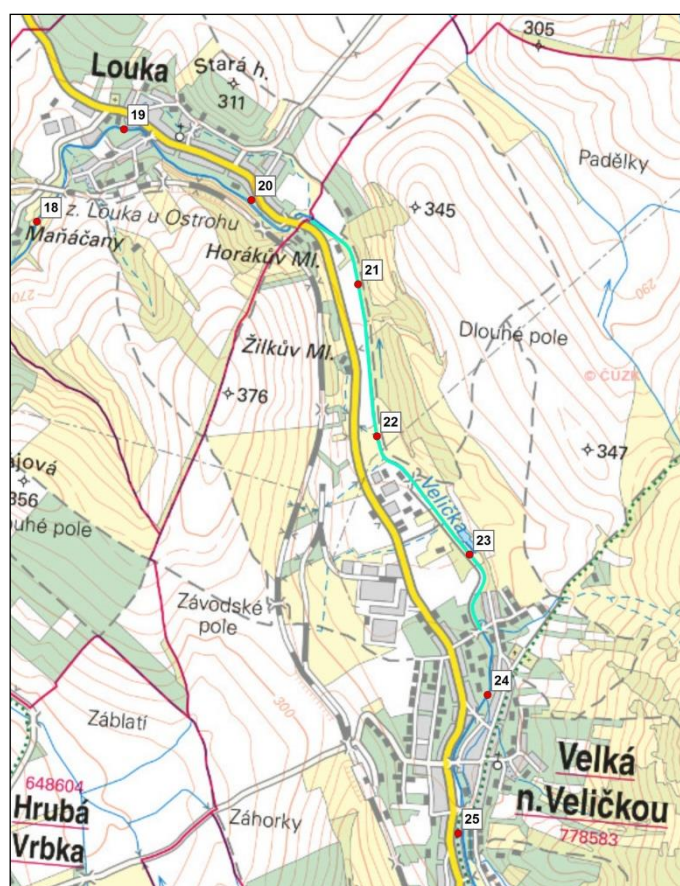
- obnova funkce významného krajinného prvku (degradované nivy),
- zvýšení retenční schopnosti krajiny,
- zvýšení diverzity krajiny,
- podpora biodiverzity,
- možnost vzdělávání, výzkumu a ekovýchovy.

## 3.2 REVITALIZACE VODNÍCH TOKŮ

### 3.2.1 Revitalizace toku Velička

Zdroj informací: Povodí Moravy, s.p.

Na konci roku 2009 byla dokončena revitalizace toku Velička v úseku km 20,360-23,444. Řešený úsek byl vybrán na základě výsledku studie „Velička I. – koncepce revitalizace povodí“ vypracované v roce 2002 firmou Atelier Fontes, s.r.o. Situace na tomto úseku určovala nepříznivé hodnocení celého toku. Návrh revitalizace úseku toku zohledňoval i řešení problému nízkých průtoků v letním období s dopadem na biologickou složku. Lokalita se nachází u obce Velká nad Veličkou (okr. Hodonín), cca 10 km od Veselí nad Moravou (Obrázek 76). Investorem bylo Povodí Moravy, s.p.



Obrázek 76 Revitalizovaný úsek toku Veličky s vyznačenou kilometrází toku (podklad: Základní mapy ČR, ©ČÚZK)

#### Popis původního stavu a cílů revitalizace:

Vodní tok Velička byl v řešeném úseku fragmentován soustavou 9 migračně neprostupných příčných staveb (Obrázek 77) o výšce 1 až 1,6 m. Cílem bylo přeměnit stávající stupně na přírodě blízké balvanité rampy umožňující migraci vodních živočichů (Obrázek 78) a tím i podpořit biodiverzitu v toku. Tok Velička byl v minulosti také silně upraven. Kromě směrových a výškových úprav došlo také k unifikaci příčného profilu do tvaru jednoduchého lichoběžníku. Došlo k závažnému snížení diversity koryta a velkým problémem byly rovněž nízké průtoky v letním období. Na druhou stranu se na některých místech samovolně obnovily prvky přirozené říční morfologie, jako jsou štěrkové lavice,



balvanité peřeje nebo podemílané břehy. Cílem projektu bylo zachovat a podpořit v korytě Veličky tyto prvky přirozené říční morfologie. Stávající prvky byly doplněny skupinami osamělých balvanů, kamennými výhony nebo neúplnými řadami balvanů, které koncentrují minimální průtoky, podporují diverzitu dna a korytotvorné procesy. Nedošlo ke změnám trasy koryta, pouze byla na vhodných místech korytotvorná činnost podpořena zmenšením sklonu svahů nebo lokálním rozšířením koryta. Revitalizační úpravy na toku byly navrženy tak, aby přirozenou morfologickou činností řeky vznikaly i drobné vodní tůně rovnoměrně rozmístěné po délce toku.

Přehled typů opatření:

- rybí přechody – úpravy původních stupňů a skluzů,
- úpravy koryta toku – rozšíření toku ve třech částech, stavba hrázek, instalace osamělých kamenů, rekonstrukce brodu, odstranění zeleně v místech rozšíření toku, vytvoření drobných příčných objektů (výhony, hrázky, kameny),
- dvě osamocené tůně v místech původních meandrů Veličky,
- ozelenění – dosadby břehových porostů (tvrdý luh).

Celkové náklady opatření: 23 mil. Kč bez DPH.



Obrázek 77 Původní stupeň před vybudováním balvanitého skluzu, 2004 (zdroj: M. Foltýn, Povodí Moravy, s.p.)



Obrázek 78 Vybudování balvanitého skluzu, 2009 (zdroj: D. Veselý, Povodí Moravy, s.p.)

Zjištěné přínosy:

- diverzifikace vodního prostředí (tvorba mělčin a hlubších partií) – přínos pro živočichy i kvalitu vody,
- zvýšení prostupnosti koryta pro vodní faunu,
- tůňě a úprava břehů – vhodné podmínky pro pestrá společenstva,
- akcelerace morfologických procesů v toku, zlepšení morfologie koryta – schopnost udržet říční kontinuum i při extrémně nízkých průtocích (rok 2012),
- migrační funkce rybích přechodů i při nízkých průtocích,
- v částech nulových průtoků si rybí přechody zachovaly alespoň funkci biotopu (Obrázek 79).



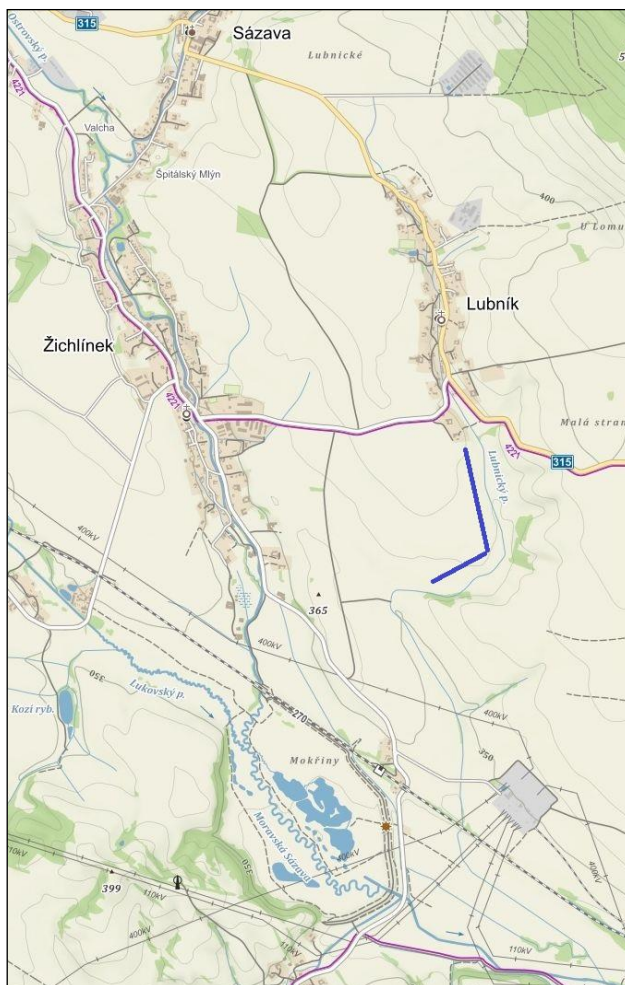
Obrázek 79 Tůňě rybího přechodu při nulovém průtoku v roce 2012 (zdroj: D. Veselý, Povodí Moravy, s.p.)

### Závěr:

Přesto, že při revitalizaci nebylo zasahováno mimo stávající koryto, podařilo se natolik zlepšit morfologii toku, že dostatečně plní svojí funkci i v období minimálních průtoků. Odstraněním fragmentace toku mají především ryby a další na vodu vázané živočichy možnost najít vhodné stanoviště i v případě lokálního vyschnutí toku. Je otázkou, zda lokální vyschnutí štěrkonosného koryta za extrémního sucha není možné také považovat za přirozený jev. Velmi negativně se v období minimálních průtoků projevují některé vlivy lidské činnosti, zejména znečištění toku (nízké ředění odpadních vod, vysoký obsah živin a mohutný nárůst vodních makrofyt), a i zdánlivě nevýznamný zásah, jako je minimální dotace boční nádrže, může zásadně ovlivnit celý úsek toku. Z hlediska dalšího vývoje bude podstatné, jak dynamicky se bude život vracet do celého úseku po odeznění epizody nízkých průtoků a částečného vyschnutí koryta.

### **3.2.2 Sledování změn v zastoupení biotopů v nivě revitalizovaných vodních toků – Lubnický potok**

Lokalita leží na jihovýchod od Lanškrouna, severní částí prochází silnice spojující Lanškroun s obcí Lubník, západní hranice v jižní části území se přibližuje obci Žichlínek.



**Obrázek 80** Orientační vyznačení revitalizovaných úseků (modré úsečky) Lubnického potoka (podklad: mapy.cz)

### Popis původního stavu a cílů revitalizace:

Tento potok oblasti pahorkatin se nachází uprostřed intenzivně obdělávaných polí a četné zástavby. Na plochách jižně od obce Lubník proběhly v minulosti rozsáhlé meliorační úpravy. Lubnický potok byl technicky upraven – uložen do přímé trasy s hlubokým lichoběžníkovým profilem a opevněn struskocementovými tvárnicemi. Důvodem úprav bylo vyvedení soustav plošných drenáží ze sousedních polností a přímé odvodnění pozemků v blízkosti potoka. Tok byl při melioracích vydlážděn kvádrovými tvárnicemi.

Revitalizace tu byla prováděna v letech 2004 - 2005 a spočívala v odstranění opevnění, částečné úpravě koryta (příčné jízky a za nimi tůňky a částečné zvlnění trasy), vybudování průtočných mokřadů a nové výsadbě doprovodných dřevin. Podél toku byl místy vytvořen nárazníkový pás (zatravnění, dřevinná a bylinná vegetace) na ochranu před splachy z okolních pozemků. Dno toku je kamenité s četnými jemnozrnnými sedimenty pocházejícími z eroze pozemků.

### Přehled typů opatření:

- úprava stabilizace koryta – odstranění opevnění kvádrovými dlaždicemi,
- úpravy koryta toku – místní rozšíření toku – tvorba podélných tůní, vytvoření drobných příčných objektů (vložené kameny, kamenné skluzy), stabilizační prahy z kulatiny,
- ozelenění – dosadby břehových a doprovodných porostů,
- ochranný pás oddělující koryto toku od okolních zemědělsky využívaných pozemků.

### Popis vývoje revitalizace:

**V roce 2006** byla situace v nivě toku charakterizována následovně: v rovném úseku toku došlo k odstranění opevnění. Revitalizovaný tok tak zůstal stále částečně napřímený a poměrně zahloubený. Rozšíření koryta bylo realizováno pouze místy v délce několika desítek metrů. V těchto místech došlo ke vzniku nehlubokých tůní, postupně zarůstajících od břehů mokřadní vegetací. Revitalizaci doprovázejí výsadby dřevin a podél potoka byly založeny travní porosty na ochranu před splachy z okolních zemědělských pozemků. Vlastní revitalizační přínos toku pro krajinu je v současnosti minimální. Vzhledem k tomu, že akce byla realizována těsně před začátkem terénních šetření, lze předpokládat zvyšování přínosu revitalizace pro krajinu. Vodní tok by měl tvořit pátevní biokoridor v této zemědělské krajině. Problémem k řešení je ale vnos znečištění z obce Lubník a z drenáží výustí. Biotopy ve vlastním místě revitalizace se nacházejí často v počátečních stádiích svého vývoje. Jejich druhová skladba je značně ochuzená, mnohdy se zde nachází společenstva segetálních a ruderálních stanovišť. Ojedinele se v zamokřených úsecích nacházejí fragmenty mokřadních rostlinných společenstev. Travní porosty jsou významně ovlivněny především vysokým zorněním oblasti a následnými splachy z polí, což způsobuje značnou ruderalizaci a degradaci travinobylinných společenstev, následné ochuzení jejich druhové diverzity a eutrofizaci vody.

**V roce 2010** bylo zjištěno, že část původně ruderálních porostů se vyvíjí směrem k jednotce 3c (polokulturní, polopřirozené bylinná společenstva s nezapojenými dřevinami). Místy provedeny další výsadby dřevin. Na části koryta, kde bylo odstraněno tvrdé opevnění břehů a dna dochází pozvolna k vývoji koryta od tvrdě opevněného melioračního kanálu k vodnímu toku. V povodí byly provedeny liniové výsadby dřevin a vybudována malá vodní nádrž nad obcí. Vývoj lokality je ovlivněn

převládajícím přítokem znečištěných vod od obce Lubník. V doprovodném pásu kolem toku však dochází k pozvolnému pozitivnímu rozvoji.

**V roce 2016** odpovídal stav koryta návrhu revitalizace, tedy za desetiletí sledování nedošlo k větším změnám trasování a morfologie koryta (změny podélného a příčného profilu). V území také pravděpodobně neprošla žádná povodeň. V podélném profilu došlo k úpravám v místech podélných tůní a příčných prvků (zejména kamenných skluzů). Jedná se především o menší rozvolnění konstrukcí, případně dotváření morfologie sedimenty. Pomístní zachycování dřevní hmoty a sedimentů a dotváření morfologie v rámci koryta souvisí i s růstem dřevin v korytě a jejich vývraty v důsledku odumření. Koryto je v celé délce zastíněné vzrůstem výsadeb dřevin a zejména i růstem bylinného patra vlhkomilných rostlin v důsledku eutrofizace pobřežních lemů. Ruderální porosty tohoto lemu byly již zcela nahrazeny polopřirozenými bylinnými společenstvy s dřevinami.

#### Zjištěné přínosy:

- diverzifikace morfologie koryta toku - tvorba mělčin a hlubších podélných tůní (s hloubkami několika decimetrů, do cca 60 cm při průměrném vodním stavu) – při nízkém vodním stavu zůstávají refugia pro přežití bioty (ústní sdělení místně hospodařícího farmáře),
- úsekově urychlení morfologických procesů v toku, zlepšení morfologie koryta,
- rozvoj břehové a doprovodné vegetace – dřeviny zapojené, porost přírodě blízkého charakteru, včetně již se objevujícího mrtvého dřeva v korytě – pozitivní vliv na změny morfologie,
- ochranné pásy omezují možnost přímých splachů do koryta toku, ale díky eutrofizace převládají živinově náročné mokřadní a ruderální druhy,
- podpora samočištění – rychlejší dočištění vod z obce a rybníka,
- vytvoření biokoridoru v zemědělsky využívané krajině.

#### Závěr:

V případě Lubnického potoka se jedná o revitalizaci typu „změny v rámci koryta – vyšší morfologická členitost – dlouhý úsek“, která byla umožněna majetkovými poměry v lokalitě. V desetiletí mezi průzkumy došlo k pozitivnímu pomístnímu vývoji diverzity koryta s využitím iniciačních opatření (založení podélných tůní, prahů, kamenných prvků). Nejedná se však o ideální řešení přírodě blízkého stavu, i díky využití nepůvodních materiálů (kvádrovitých dlaždic z opevnění, vložených kamenů a kamenných záhozů). Z pohledu řešení následků sucha se ukázaly jako příznivě působící prvky – podélné hlubší tůně a břehová vegetace. Břehová a doprovodná vegetace se dále vyvíjí směrem k eutrofně ovlivněnému mokřadnímu společenstvu s lužními dřevinami, včetně tzv. mrtvého dřeva.

Revitalizační efekt je ovlivněn znečištěním z obce Lubník.

V případě využití více přírodě blízkých materiálů (dřevo místo dlaždic a kamenů), by se mohlo jednat o vhodné řešení revitalizace menšího vodního toku v zemědělsky intenzivně využívané krajině, včetně podpory intenzivnějšího samočištění.

Fotodokumentace:



Obrázek 81 Pohled na koryto vodního toku v roce 2005 (vlevo) a v roce 2016 (vpravo)



Obrázek 82 Původní stav koryta a opevnění kvádrovými tvárniciemi (2005)



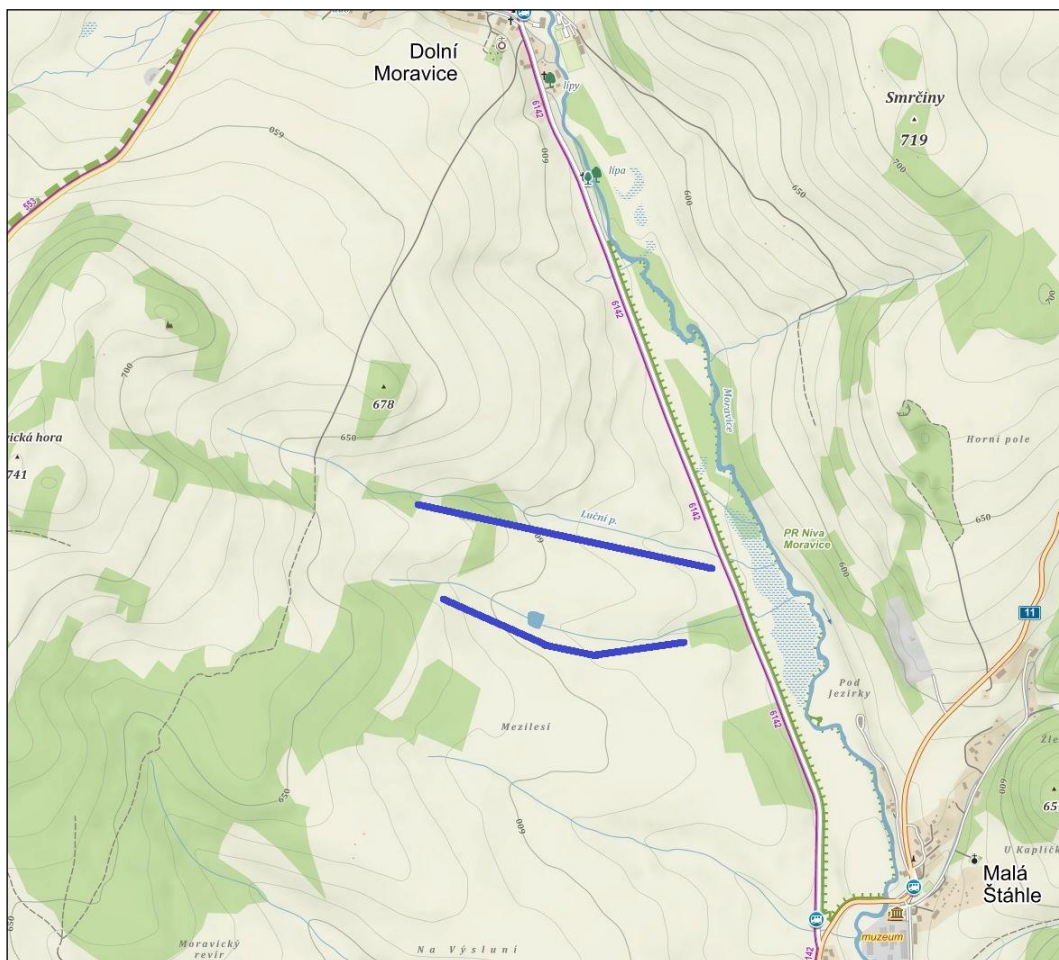
**Obrázek 83 Úpravy koryta toku při revitalizaci, vytvořené tůně a příčné překážky (2005)**



**Obrázek 84 Pohled na koryto, příčné překážky a podélné tůně v roce 2016**

### 3.2.3 Sledování změn v zastoupení biotopů v nivě revitalizovaných vodních toků – Přítoky Moravice (lokality Lučiny)

Zájmová oblast se nachází v západní části Moravskoslezského kraje mezi Rýmařovem, Velkou Štáhlí a Dolní Moravicí, v katastru obce Malá Štáhle (číslo KÚ 690350). Je situována v pohoří Nížký Jeseník.



Obrázek 85 Orientační vyznačení revitalizovaných úseků (modré úsečky) Lubnického potoka (podklad: mapy.cz)

#### Popis původního stavu a cílů revitalizace:

Asi 1 km dlouhé svahy byly v minulosti rozděleny systémem šikmých mezí. Při scelování pozemků byly tyto meze rozorány, pozemky zmeliorovány a drobné toky zatrubněny. Při intenzivních srážkách vznikaly na orné půdě až 2 m hluboké výmoly a odplavovaná ornice se dostávala přes silnici do ZCHÚ Niva Moravice, kde sedimentovala a zanášela mokřadní a rašelinné ekosystémy.

Revitalizace z roku 2000 v délce 1 290 m byla provedena na dvou malých potocích na lučním území nazývaném Lučiny a spočívala zejména v jejich odtrubnění a obnovení přírodně blízkých koryt. Oba potoky jsou malé vodnosti. V létě prakticky bezvodé. Oba toky ústí do řeky Moravice v oblasti PP Niva řeky Moravice. Cílem bylo vytvořit koryta toků přírodně blízkého charakteru, výhledově zastíněná vysokými lučními trávami, bylinami a doprovodným pásem dřevin. První vodní tok, ústící do řeky Moravice již v obci Malá Štáhle zůstal napřímený, nerevitalizovaný.



Na druhém vodním toku byla ve středním a v dolním úseku provedena výsadba dřevin a vytvořeny tři retenční nádrže doprovázené mokřady. Horní, kratší úsek pod rozvodnicí, zůstal bez revitalizace, část toho potoka je přitom zatrubněna. Účelem retenčních nádrží bylo zachycení splavenin a přívalů, zasakování vody do podloží, a zejména ochrana přírodní památky Niva řeky Moravice, zejména v počátku po realizaci odtrubnění toků, kdy panovala obava z nadměrné eroze údolnic bez stabilizace koryt.

Na třetím toku (Luční potok) byla výsadba provedena téměř v celé délce. Nad potokem byl realizován suchý retenční prostor, ve střední části malá vodní nádrž a ve spodní části mokřad s hrází. Bylo vytvořeno nové koryto vodního toku, které bylo původně také zatrubněné. Revitalizovaná koryta toků byla upravena do mělkých také přírodě blízkých tvarů.

Vegetační doprovod byl obnovován z prostředků programu Péče o krajinu (financováno mimo revitalizaci toků a realizaci nádrží) – stromy i keře v druhové skladbě odpovídající místním podmínkám, pestrá skladba.

V cílové podobě měly obě údolnice plnit funkci lesolučního biokoridoru s mezofilními, mokřadními a vodními biocenózami.

#### Přehled typů opatření:

- úpravy toků – odtrubnění, modelování mělkých přírodě blízkých koryt bez opevnění s mírnou vlnivostí, bez realizace příčných překážek, nebo stabilizačních prvků
- realizace retenčních nádrží a mokřadních ploch
- ozelenění – rozsáhlé dosadby břehových a doprovodných porostů
- ochranný pás oddělující koryto toku od okolních zemědělsky využívaných pozemků

#### Popis vývoje revitalizace:

**V letech 2005 a 2006** byly prováděné opakované průzkumy stavu revitalizovaných toků. Oba potoky jsou malé, přírodě blízkého charakteru, koryta byla zcela zastíněna vysokými lučními trávami a bylinami a v létě prakticky bezvodá, zejména u druhého potoka. Koryta v revitalizovaném úseku byla již přírodních tvarů s nízkou kapacitou, mělká, částečně meandrující. Vytvářely se i místní morfologické útvary v měřítku příslušném těmto drobným vodním tokům, iniciované splávním a kameny objevujícími se díky erozi koryt.

V prostorách retenčních nádrží se udržovala větší část s volnou vodní hladinou. Okrajově se vyvíjela mokřadní společenstva bahenních bylin a vlhkomilných dřevin.

Výsadby se nacházely ve stádiu zajištěné kultury.

Biotopy ve vlastním místě revitalizace se nacházely převážně v počátečních stádiích svého vývoje. Jejich druhová skladba byla prozatím značně ochuzená, mnohdy se zde nacházela společenstva segetálních a ruderálních stanovišť.

Zjištěné biotopy byly následující:

#### **L2.2 Údolní jasanovo-olšové luhy**

Jedná se o výsadby provedené v rámci revitalizace, v počátečním vývojovém stádiu. V bylinném podrostu převládaly ruderální druhy.

## **X9 Lesní kultury s nepůvodními dřevinami**

Lesní kultury s převahou smrku ztepilého (*Picea abies*) a modřínu opadavého (*Larix decidua*).

### **K1 Mokřadní vrbiny**

Lemují nově vybudované nádrže a mokřady.

#### **M1.1 Rákosiny eutrofních stojatých vod**

Nacházely se kolem nádrží a mokřadů.

### **V1F Makrofytní vegetace přirozeně eutrofních a mezotrofních stojatých vod**

V rámci vodních ploch.

**V roce 2010** byly zaznamenány tyto změny: vybudované malé vodní nádrže již měly vyvinutá litorální pásma. Sukcese v údolních nivách směřovala ke vzniku lužního lesa. V místě neudržované louky (jednotka 3a), docházelo k sukcesi (pomístně se nachází skupinky dřevin). Koryta vodotečí se v místě revitalizací blížila přirozenému stavu, včetně místních morfologických změn. Nebyly patrné projevy nadměrné eroze koryt.

**V roce 2016** bylo zjištěno, že vývoj koryt vodních toků i břehových a doprovodných porostů, v podstatě obou údolnicových pásů, se dále přiblížil potenciálně přirozenému stavu. Výsadby jsou již velmi vzrostlé, dochází i k odumírání jednotlivých stromů, jejich vývrátům (mrtvé dřevo), ale i k růstu nových jedinců v obou pásech toků. Mrtvé dřevo přirozeně vznikající pomáhá ke zvýšení morfologické členitosti obou koryt. Co se týče všech retečnických nádrží, byla zjištěna velmi malá plocha vodní hladiny až prakticky žádná (možná ale také aktuální stav). Plochy zátop byly ve zbývajících částech mimo volnou vodní hladinu zarostlé pásy vlhkomilných bylin a trav až po části dřevin (měkký luh). V prostorách s vodou byly patrné porosty ponořených makrofyt.

#### Zjištěné přínosy:

- zásadní diverzifikace morfologie koryt toků,
- dlouhodobý pozvolný, přírodě blízký vývoj morfologie koryt,
- rozvoj břehové a doprovodné vegetace – dřeviny zapojené, porost přírodě blízkého charakteru, včetně již se objevujícího mrtvého dřeva v korytě – pozitivní vliv na změny morfologie, již přirozená dynamika porostu,
- vytvoření biokoridorů v extenzivně zemědělsky využívané krajině,
- zvýšení retenční kapacity krajiny.

#### Závěr:

V případě této lokality se jedná o komplexní revitalizaci, která byla umožněna majetkovými poměry v lokalitě. V desetiletí mezi průzkumy došlo k velmi pozitivnímu vývoji směrem k potenciálně přirozenému stavu.

Překážku k přirozenému stavu, včetně průtokového a splaveninového režimu představují všechny realizované nádrže.

Dalším problémem představují ponechané plastové chráničky u vysazených dřevin, většina v rozpadu, částečně se povalující v pásu vodního toku, a také zbytky oplocenek a zpevňujících kůlů.

Fotodokumentace:



Obrázek 86 Pohled na pás pozemku s jedním ze zatrubněných toků před revitalizací a pohled na likvidaci trubního vedení v roce 2000



Obrázek 87 Pohled na jednu z nově vybudovaných retenčních nádrží s výsadbami dřevin s chráničkami (2001)



Obrázek 88 Koryto odtrubněného toku a stav výsadem v oplocence v roce 2005. Vpravo je na snímku patrná i hráz a stavidlový objekt dolní retenční nádrže.



Obrázek 89 Stav výsadeb na podzim 2016. V tomto úseku bylo koryto toku vyschlé. Na pravém snímku již není hráz a stavidlový objekt viditelný. Koryto toku se vyvinulo do mělkého miskovititého průřezu vinoucího se údolnicí mezi výsadbou.



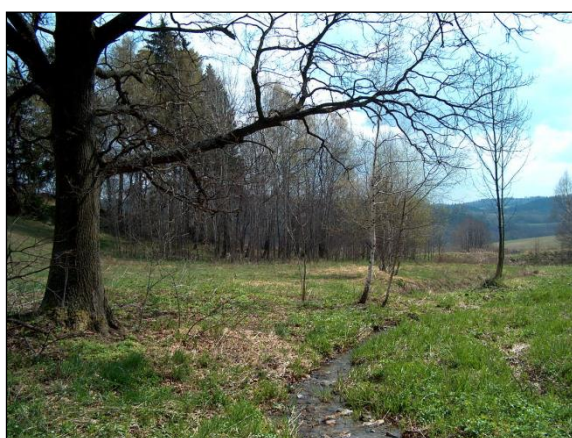
Obrázek 90 Srovnání výsadby doprovodné dřevinné vegetace pásu toku mezi roky 2006 a 2016.



Obrázek 91 Vývoj zátopy jedné z retenčních nádrží mezi roky 2006 a 2016



Obrázek 92 Vývoj pásu doprovodné dřevinné vegetace podél toku (2006 a 2016)



Obrázek 93 Pohled na horní část Lučního potoka a mokřadní retenční plochu v roce 2006



Obrázek 94 Pohled na horní část Lučního potoka a mokřadní retenční plochu v roce 2016



Obrázek 95 Revitalizované koryto Lučního potoka v roce 2006



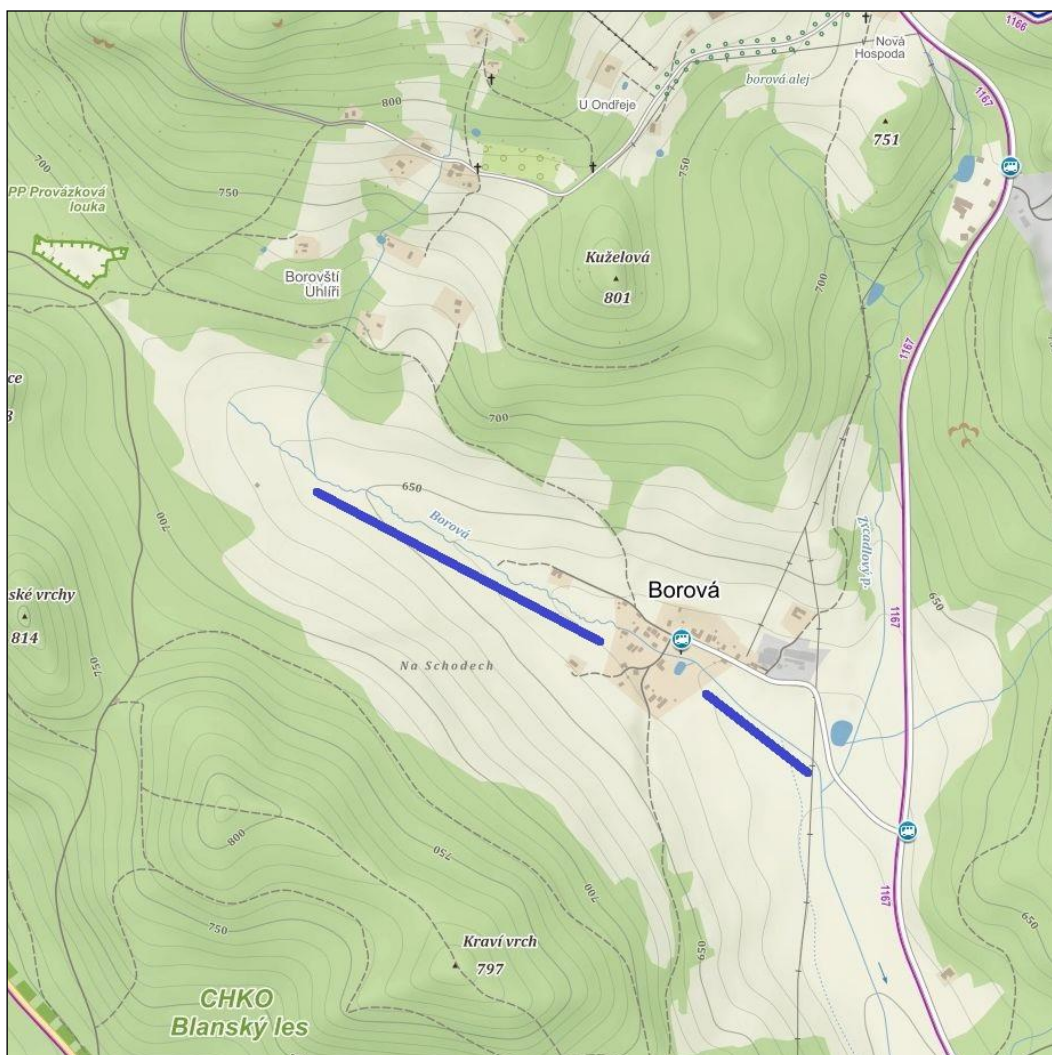
Obrázek 96 Revitalizované koryto Lučního potoka v roce 2016



Obrázek 97 Stav ochranných oplocenek výsadeb (2006 a 2016)

### 3.2.4 Sledování změn v zastoupení biotopů v nivě revitalizovaných vodních toků – lokalita Borová

Zájmová oblast se nachází v jižní části Jihočeského kraje, okres Český Krumlov, nedaleko obce Chvalšiny. Borová je horský tok, který byl v 80.tých letech 20. století napřímen a zahlouben kvůli napojení drenážního systému odvodňujícího okolní intenzivně obhospodařované pozemky.



Obrázek 98 Orientační vyznačení revitalizovaných úseků (modré úsečky) potoka Borová (podklad: mapy.cz)

#### Popis původního stavu a cílů revitalizace:

Původní úprava byla provedena při odvodňování pozemků. Napřímené hluboké lichoběžníkové koryto se sklonem svahů 1:1.5 ve velkém sklonu bylo opevněno ve dně a patách svahů betonovými tvárnicemi. Úpravou byl zcela narušen potoční ekosystém, vzhledem k velké rozkolísanosti průtoků bylo koryto po část roku bez vody.

Potok Borová má charakter horského potoka o malé ploše povodí s intenzivním transportem a ukládáním štěrku a písku, přirozený splaveninový režim nebyl původní úpravou ani užíváním pozemků v povodí narušen. Vzhledem k vysoké stabilitě povodí (lesy, louky, pastviny) byl transport hlinito-písčitých splavenin, písku a štěrku omezen.

Revitalizace, která byla realizována v roce 1997 v horním pramenném úseku a následně v roce 2002 v dolním úseku v délce 1.700 m, spočívala ve vytvoření nového koryta se zvlněnou trasou, které protéká extenzivně obhospodařovanými loukami a pastvinami ve svažitém terénu. Při revitalizaci potoka bylo vyhloubeno nové koryto ve vymezeném potočním koridoru, nepravidelný průtočný profil byl dimenzován na průtok  $Q_{1d}$ . Dno a paty svahů byly stabilizovány pohozem z valounů  $d = 32\text{--}63$  mm, konkávní svahy byly stabilizovány geotextilií a vrbovými řízků. Byly zřízeny prahy z valounů  $d > 200$  mm o spádu  $s = 0.1 - 0.3$  m, ve vtoku do tůní byly zřízeny balvanité skluzy hruškovitého půdorysu. Do dna byly nepravidelně vloženy kameny z výkopu o průměru  $d = 100 - 200$  mm. Při své modelaci bylo nové koryto opevněno lomovým kamenem i vegetačními tvárnicemi (v místě, kde majitel pozemků neumožnil rozvolnění trasy koryta). Byly vytvářeny úseky s vyšší drsností a členitostí (kamenné skluzy, peřeje). Nová meandrující trasa křížuje původní koryto, které bylo zasypáno a zrekultivováno. V místě funkčních drénů byly ponechány úseky původního koryta, kde vznikly tůně a mokřady. V původní trase koryta byl na konci dolního revitalizovaného úseku vytvořen centrální mokřad.

Pás nového koryta toku byl doplněn po celé délce vysazenými doprovodnými dřevinami autochtonního charakteru (zejména vrby a olše).

#### Přehled typů opatření:

- úprava toku – modelování nového mělkého přírodě blízkého meandrujícího koryta, avšak stabilizovaného záhozem a příčnými prvky, doplněného o skluzy a kameny a pomístní stabilizací vrbovými řízků,
- realizace tůní a mokřadních ploch,
- ozelenění – rozsáhlé dosadby břehových a doprovodných porostů,
- ochranný pás oddělující koryto toku od okolních zemědělsky využívaných pozemků.

#### Popis vývoje revitalizace:

**V letech 2005 a 2006** byly prováděny opakované průzkumy stavu revitalizovaných toků. Potok již měl meandrující koryto přírodě blízkého charakteru s nízkou kapacitou. Vytvářely se i místní morfologické útvary v měřítku příslušném tomuto typu malého vodního toku. Významný vliv na změnu morfologie koryta, ale i částečné zanesení mokřadu na konci dolního revitalizovaného úseku a části tůní, měly i povodňové stavy v období 2001 a 2003, tedy krátce po dokončení revitalizačních zásahů. V publikaci Just a kol. (2005) je obsažena kapitola věnovaná této povodni a modelování jejího průběhu a srovnání s potenciálním průběhem v původním regulovaném korytě Borové.

Centrální mokřad na konci dolního revitalizovaného úseku hustě zarůstá vodní a bažinnou vegetací. V mokřadu dochází k intenzivní akumulaci neseného materiálu. Mokřad má zcela přirozený charakter a tvoří jakési biologické centrum revitalizace. Jsou v něm vytvořena autonomní mokřadní společenstva typu biotopů M1.7 a V1F (viz níže). V prostorách tůní se udržovala větší část plochy s volnou vodní hladinou. Okrajově se vyvíjela mokřadní společenstva bahenních bylin a vlhkomilných dřevin uvedených typů biotopů.



### Vývoj biotopů v místě revitalizace:

**L2.2 Údolní jasanovo-olšové luhy** – na lokalitě se nachází v jižní části v okolí potoka pod rybníkem. Je charakteristický výskytem především olše lepkavé s příměsí jasanu ztepilého. Společenstvo podrostu je částečně ruderalizované. Společenstvo je zralé, na hranici obnovy.

**M1.7 Vegetace vysokých ostřic** – vyskytuje se hojně v „hlavním“ mokřadu a fragmentárně v tůních. Společenstvo mokřadu je kvalitní, společenstva tůní jsou částečně ruderalizované a narušované nedostatkem vody. Pro jejich další zkvalitnění by bylo vhodné omezit splachy z pastvin.

**T1.1 Mezotrofní ovsíkové louky** – tvoří hlavní společenstva luk. Aktuálně jsou v různé kvalitě dle stupně využití.

**T1.5 Vlhké pcháčové louky** – fragmentárně v okolí toku. Pro jejich další zkvalitnění by bylo vhodné omezit splachy z pastvin.

**T1.6 Vlhká tužebníková lada** – fragmentárně v okolí toku. Pro jejich další zkvalitnění by bylo vhodné omezit splachy z pastvin.

**M1.5 Pobřežní vegetace potoků** – iniciační stádia biotopu jsou situovaná do bezprostředního okolí toku. Jedná se o biotop, který může pravděpodobně zaznamenat v souvislosti s revitalizací největší progresi.

**V1F Makrofytní vegetace přirozeně eutrofních a mezotrofních stojatých vod** – rozšířen v „hlavním“ mokřadu

**Stav v roce 2010** byl následující:

Některým loukám a pastvinám v okolí toku byla zvýšena hodnota ekologické stability vzhledem k extenzifikaci hospodaření a jejich návratu k přírodě blízkému stavu.

Na velké části koryta toku bylo odstraněno betonové opevnění břehů. Zbývající regulované segmenty nedosahují délky přes 20m, nebo se jedná o náhon rybníka, kde je regulace nutná. Celkově působí revitalizace jako podařená, větší část toku byla také převedena na jednotku 8a (přírodě blízké toky), neboť regulace břehů a stabilizace nového koryta povedené při revitalizaci již nejsou pozorovatelné.

Revitalizační tůně byly vlivem sukcese přeměněny na mokřadní rákosová společenstva, prakticky všechny bez hlubší vody již byly bez otevřené vodní hladiny.

**V roce 2016** bylo zjištěno, že vývoj koryta, tůní mokřadů i břehových a doprovodných porostů, se dále přiblížil potenciálně přirozenému stavu. V korytě toku probíhají intenzivní procesy změn morfologie, bylo zjištěno mnoho mělčin, peřejnatých úseků, břehových nátrží v obloucích, apod.

Výsadby jsou již velmi vzrostlé, dochází i k odumírání jednotlivých stromů, jejich vývrátům (mrtvé dřevo), ale i k růstu nových jedinců v obou pásech toků. Mrtvé dřevo přirozeně vznikající pomáhá ke zvýšení morfologické členitosti obou koryt. Centrální mokřad je zřejmě již zazemněný, patrný byl souvislý porost bahenních travin. Plochy zátop tůní byly v částech mimo volnou vodní hladinu zarostlé vlhkomilnými bylin a trav až po části dřevin (měkký luh). Díky hloubce vody nad 0,5 m v některých tůních zůstávala stále volná vodní hladina. V prostorách s vodou byly patrné porosty ponořených makrofyt.

### Zjištěné přínosy:

- zásadní diverzifikace morfologie koryta toku,
- dlouhodobý pozvolný, přírodě blízký vývoj koryta,
- rozvoj břehové a doprovodné vegetace – dřeviny zapojené, porost přírodě blízkého charakteru, včetně již se objevujícího mrtvého dřeva v korytě – pozitivní vliv na změny morfologie, již přirozená dynamika porostu,
- vytvoření biokoridoru v extenzivně zemědělsky využívané krajině,
- zvýšení retenční kapacity krajiny,
- dočištění drenážních odtoků v tůních před vtokem do potoka,

U tohoto toku byl opakovaně sledován dopad revitalizace na rybí obsádku:

V případě potoka Borová byl průzkum rybiho společenstva před revitalizací v roce 1995 prováděn pouze vizuálně a kontrolou náplavových sedimentů. Byla zjištěna přítomnost těchto druhů: mihule potoční (*Lampetra planeri*) a pstruh obecný potoční (*Salmo trutta m. fario*), bohužel bez uvedení počtu jedinců ve sledovaném úseku. Při průzkumu v letech 2003 a 2004 (podklady o průzkumu poskytla správa CHKO Blanský les v roce 2006) byla zjištěna rybí obsádka bohatší, co do druhové diverzity, nebyl však potvrzen výskyt mihule. Při srovnání s nerevitalizovaným úsekem toku Borová lze jednoznačně potvrdit úspěšnost revitalizace.

### Závěr:

V případě této lokality se jedná o komplexní revitalizaci, která byla umožněna majetkovými poměry v lokalitě. V desetiletí mezi průzkumy došlo k velmi pozitivnímu vývoji směrem k potenciálně přirozenému stavu.

### Fotodokumentace:



Obrázek 99 Stav výsadeb v pásu kolem potoka v roce 2005 (vlevo) a 2016 (vpravo)



Obrázek 100 Stav koryta před revitalizací, detailní pohled na provedené opevnění při melioraci



Obrázek 101 Stavba meandrujícího koryta v roce 1998



Obrázek 102 Usazeniny v centrálním mokřadu v roce 2003 po několika povodních na toku



Obrázek 103 Pohled na mokřad v roce 2006



Obrázek 104 Pohled na nově vybudované tůně (1998 – vlevo) a v roce 2002 (vpravo)



Obrázek 105 Pohled na tůně v roce 2006



Obrázek 106 Pohled na tůně v roce 2016



Obrázek 107 Koryto potoka v roce 2006



Obrázek 108 Koryto potoka v roce 2016

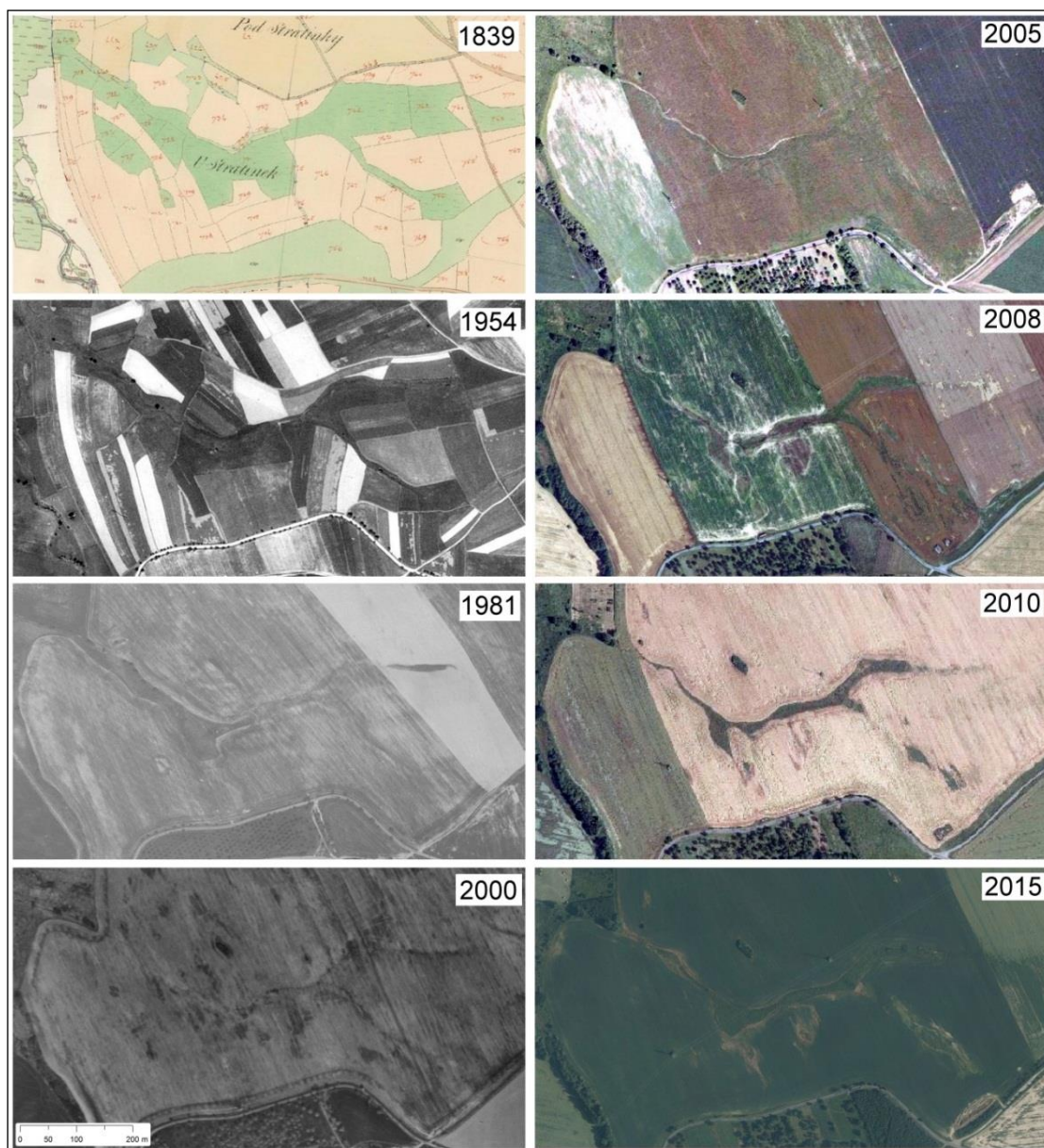
### 3.3 TYPOVÉ LOKALITY OBNOVUJÍCÍCH SE MOKŘADŮ NA ORNÉ PŮDĚ

Na území ČR se vyskytuje stále více lokalit, kde dochází k sukcesní tvorbě/obnově mokřadů na podmáčených lokalitách současné orné půdy. Zpravidla se tyto lokality nacházejí v místě historického výskytu mokřadů (tzv. mokrých luk), kde došlo k znefunkčnění melioračních zařízení.

#### 3.3.1 **Prameniště/údolnice (pahorkatina)**

Zde je prezentována mokřadní lokalita nacházející se v k.ú. Rašovice u Uhlířských Janovic (okres Kutná Hora) ve výběžku Českomoravské vrchoviny, kde se od roku 2008 vyvíjí (obnovuje) mokřadní ekosystém, který je v současnosti pramennou oblastí (Obrázek 109, Obrázek 110, Obrázek 111, Tabulka ). Nicméně, současný stav není výsledkem cíleného managementu, ale pouze odrazem aktuálního stavu půdy, která neumožňuje obdělávání. Tento mokřad je zemědělskou

činností soustavně narušován, není respektován vznik drobného vodního toku (Obrázek 110) a k orbě dochází i v bezprostřední blízkosti vzniklého prameniště, kde je půda stále ještě silně podmáčená. Jako důkaz, že tento mokřad je považován za stabilní krajinnou strukturu sloužící také jako úkryt pro zvěř, je vybudování stálého mysliveckého posedu. Po celé sledované období pokračuje trend v rozrůstání této lokality na okolní zemědělskou půdu a vlivem sukcese stále dochází k přibližování stavu lokality minimálně tomu v roce 1954. Z leteckých snímků (Obrázek 109) je zřejmé, že v letech 2005 až 2008 byla na této lokalitě pouze orná půda. Nicméně na leteckém snímku z roku 2005 je v lokalitě, na níž se v současnosti nachází mokřad, patrná erozní rýha a v roce 2008 pak rozsáhlejší podmáčená oblast. Z mapových podkladů z roku 1839 je patrné, že vznikající ekosystém s velkou přesností kopíruje tvar a lokalizaci bývalých mokřatých luk v této oblasti. Tato skutečnost je potvrzena také leteckým snímkem z roku 1954, kde je dobře patrné koryto drobného vodního toku. Ještě na snímku z roku 1981 se nachází ve spodní polovině současné mokřadní lokality louka (zamokřená louka). V levém dolním rohu mapových podkladů z let 1839 a 1954 je zřetelný tvar původního koryta Annenského potoka (Richter, 2011).





**Obrázek 109** Vývoj/obnova mokřadního ekosystému (typ prameniště/údolnice) v letech 1839-2015 dle dostupných podkladů (Zdroj: Richter, 2011, ONLINE 27)

**Tabulka 9** Vývoj mokřadního ekosystému v letech 1839 až 2010 (Zdroj: Richter 2011)

| Rok  | Rozloha (ha) | Počet plošek | % rozlohy |
|------|--------------|--------------|-----------|
| 2010 | 1,77         | 4            | 23        |
| 2005 | 0            | 0            | 0         |
| 1981 | 1,57         | 2            | 20        |
| 1954 | 5,28         | 1            | 68        |
| 1839 | 7,73         | 2            | 100       |



**Obrázek 110** Stav spodní části prameniště v září 2009 a listopadu 2012 (foto: VÚV TGM, v.v.i.)



**Obrázek 111** Stav horní části prameniště v září 2009 a březnu 2012 (foto: VÚV TGM, v.v.i.)

### 3.3.2 Mokrá/podmáčená louka (nížina)

Zde jsou prezentovány dvě mokřadní lokality nacházející se v k.ú. Libenice v Polabské nížině, kde minimálně od roku 2004 dochází k silnému podmáčení velkých ploch současné orné půdy. Zatímco na jedné lokalitě došlo v rámci pozemkových úprav k částečné obnově vodní plochy, dřevin a travních porostů (Obrázek 113), v lokalitě sousední stále dochází k disturbancím periodicky se obnovujícího mokřadu (Obrázek 114, Obrázek 115).



Obrázek 112 Vývoj/obnova mokřadního ekosystému v Polabské nížině v letech 1836-2015 dle dostupných podkladů (Zdroj: ONLINE 27 a 28)



Obrázek 113 Obnovená vodní plocha na bývalé orné půdě, květen 2015 (foto: VÚV TGM, v.v.i.)



Obrázek 114 Jarní stadium sukcesního mokřadu na orné půdě, květen 2015 (foto: VÚV TGM, v.v.i.)

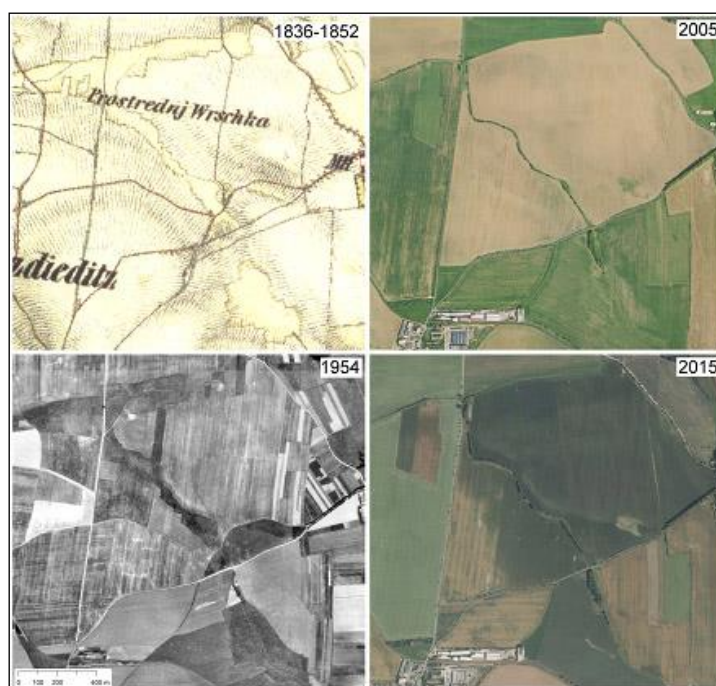


Obrázek 115 Sukcesní mokřad na orné půdě v srpnu 2015 (foto: VÚV TGM, v.v.i.)

### 3.3.3 Zaniklé nivní louky

Zde je prezentována jedna z mnoha lokalit tohoto typu, konkrétně se jedná o oblast na rozhraní k.ú. Skřípel a Hostomice pod Brdy. Na podkladech II. vojenského mapování (1836-1952) a ortofotomapy z 50. let minulého století (

Obrázek 116) je zřetelně vidět rozsah nivních luk (tzv. mokrých luk) a jejich vymizení v současnosti s tím, že v některých místech jsou lokality, které jsou podmáčené a dochází zde opět k periodické obnově mokřadů, resp. k jejich periodické disturbanci zemědělskou technikou (Obrázek 117, Obrázek 118).



**Obrázek 116** Vývoj/obnova mokřadního ekosystému (zaniklá nivní louka) v letech 1836-2015 dle dostupných podkladů  
(Zdroj: ONLINE 11, ONLINE 12)



**Obrázek 117** Mokřad (na místě zaniklé nivní louky) červen 2012 (foto: VÚV TGM, v.v.i.)



**Obrázek 118** Tentýž mokřad po zásahu zemědělské techniky, listopad 2012 (foto: VÚV TGM, v.v.i.)

## 4 Návrh opatření na pilotním území – Husí potok

Zhodnocení vlivu kombinovaných návrhových stavů ochranných opatření v ploše povodí vychází z činností prováděných na pracovišti brněnské pobočky VÚV TGM, v.v.i., v zájmovém povodí Husího potoka v rámci projektu QJ1520268 „Nové postupy optimalizace systémů integrované ochrany území v kontextu jejich ekonomické udržitelnosti“, financovaného programem KUS Ministerstva zemědělství ČR. Cílem projektu je vytvoření návrhu systému optimalizovaného hospodaření s vodními i půdními zdroji v dlouhodobém horizontu, včetně jejich bilancování v systému půda-rostlina-atmosféra. Současně řešení sleduje omezení dopadů klimatických změn a jejich extrémů – povodní i sucha.

Na základě prostorových analýz povodí byl zpracován návrh vhodných morfologických profilů pro následnou realizaci malých vodních nádrží, které zadržují vodu z přívalových srážek, v suchém období mohou nadlepšovat průtoky ve vodních tocích pod nádržemi a zároveň za pomoci částečného stálého nadržení plnit funkci mokřadních systémů. Byl také vypracován návrh dalších ochranných, organizačních i přírodě blízkých ochranných opatření v ploše povodí. Tím vznikl komplexní systém opatření omezující dopady klimatických změn, které se v dnešní době projevují zejména oteplováním a nerovnoměrností srážkových úhrnů, což má také za následek zvyšování výskytu a prodlužování suchých období.

Zhodnocení vlivu navrhovaných opatření bylo provedeno na vytvořeném srážko-odtokovém modelu v programu HEC-HMS (Hydrology Engineering center - Hydrologic modeling system) (ONLINE 1) vyvinutém v US Army Corps of Engineers. Model pokrývá část povodí Husího potoka po závěrový profil ve městě Fulnek, kde se na Husím potoce (ř. km 10,36), před vtokem levostranného přítoku Gručovky, nachází jediný dlouhodobě monitorovaný měřicí profil v povodí. Jedná se o profil kategorie B, který je provozovaný ČHMÚ (vedený na hlásné a předpovědní povodňové službě ČHMÚ pod číslem 266, databankové číslo stanice 2511) a zaznamenává hodnoty průtoků v hodinovém kroku.

Vliv opatření, posuzovaných zejména s ohledem na jejich funkci zpomalit odtok z povodí a zajistit tak potřebné hydrologicky příznivé podmínky v obdobích bez srážkových úhrnů, byl tedy posuzován pro část povodí Husího potoka s plochou 58,97 km<sup>2</sup>, což je zhruba 41 % výměry celého povodí.

### 4.1 VSTUPNÍ DATA

Návrhy konkrétních opatření v ploše povodí vycházely z geomorfologických podmínek v povodí dle platných metodik a standardů. Hlavním vstupem pro analýzu stávajících podmínek v povodí byl digitální model terénu 4. generace (DMT 4G), získaný od ČÚZK, který zobrazuje upravený zemský povrch v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v pravidelné síti (5 x 5 m) bodů s úplnou střední chybou výšky 0,3 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu. Tato 4. generace DMT byla vytvořena metodou leteckého laserového skenování, které proběhlo v letech 2009 až 2013. Pro zhodnocení stávajících vodních ploch byla jako základ využita digitální bázi vodohospodářských dat (DIBAVOD), která byla následně doplněna realizovanými suchými nádržemi, které jsou zařazeny v seznamu nádrží, u kterých je možné získat náhradu škod podle zákona č. 181/2008 Sb. po jejich zatopení a nádržemi, které jsou zakresleny v základní mapě ČR, popř. rozpoznatelné z ortofotomapy a v databázi DIBAVOD chyběly. Pro identifikaci plošně limitujících prvků nových návrhů vodních

nádrží (zastavěná území, infrastruktura apod.) byly využity aktuální základní mapy ČR, ortofotomapy i základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED).

Pro modelování v programu HEC-HMS jsou kromě stávajících geomorfologických podmínek, charakterizovaných pomocí model terénu 4. generace (DMT 4G), vstupem zaznamenané srážkové úhrny a hodnoty průtoků vztažené k řešenému území. Událost z období 29. 6. – 1. 7. 2009 byla použita pro kalibraci modelu a událost z května 2010 sloužila jako verifikační (ověřovací). Další použité události, kdy byl úhrn srážek velmi malý (resp. žádný) a měřené průtoky velmi malé, sloužily pro simulaci jednotlivých stavů v povodí.

## 4.2 NÁVRHY OPATŘENÍ

V zájmové části povodí Husího potoka byl proveden návrh malých vodních nádrží (suchých retenčních), doplněný o návrh opatření v ploše povodí. Opatření byla navrhována primárně jako protipovodňová a protierozní doplněná o ekologickou funkci (počítáno je ale i s propojením s návrhy i stávajícím systémem ÚSES). Snahou však bylo nalézt takový systém opatření, který by plnil ochrannou funkci v době povodní, ale i podpořil zadržení vody v krajině a infiltraci vody pro případ suchého období. Vhodně navržená protipovodňová a protierozní opatření mají totiž i velice pozitivní vliv při zvládnutí problematiky sucha.

### 4.2.1 Návrhy malých vodních nádrží

Při návrzích retenčních prostor (suchých nádrží) bylo prvním krokem zhodnocení morfologie terénu pro umístění profilů hrází při maximálním možném prostoru nadržení. Pro zhodnocení morfologie terénu, identifikaci stávajících vodních nádrží a limitujících prvků byly použity výše zmíněné podklady a zdroje. V rámci návrhu byly uvažovány nádrže s různými funkcemi – akumulační, sedimentační i retenční ochranné nádrže (suché nebo se stálým nadržením).

S přihlédnutím ke stávajícím vodním nádržím a po převzetí návrhů z již ukončených komplexních pozemkových úprav (KoPÚ) v k. ú. Větrkovice v podobě dvou navržených nádrží a jednoho rozšíření stávající nádrže, bylo po odborném zhodnocení celého hydrologicky uzavřeného zájmového území identifikováno 6 dalších vhodných profilů. Vliv všech 8 prozatím nerealizovaných nádrží a zvětšení objemu 1 stávající nádrže na problematiku sucha byl dále testován při modelování. Základní charakteristiky nově uvažovaných nádrží jsou uvedeny v Tabulka , lokalizace těchto profilů je znázorněna na Obrázek 119.

Tabulka 10 Základní charakteristiky uvažovaných nádrží v jednotlivých katastrech zájmového území

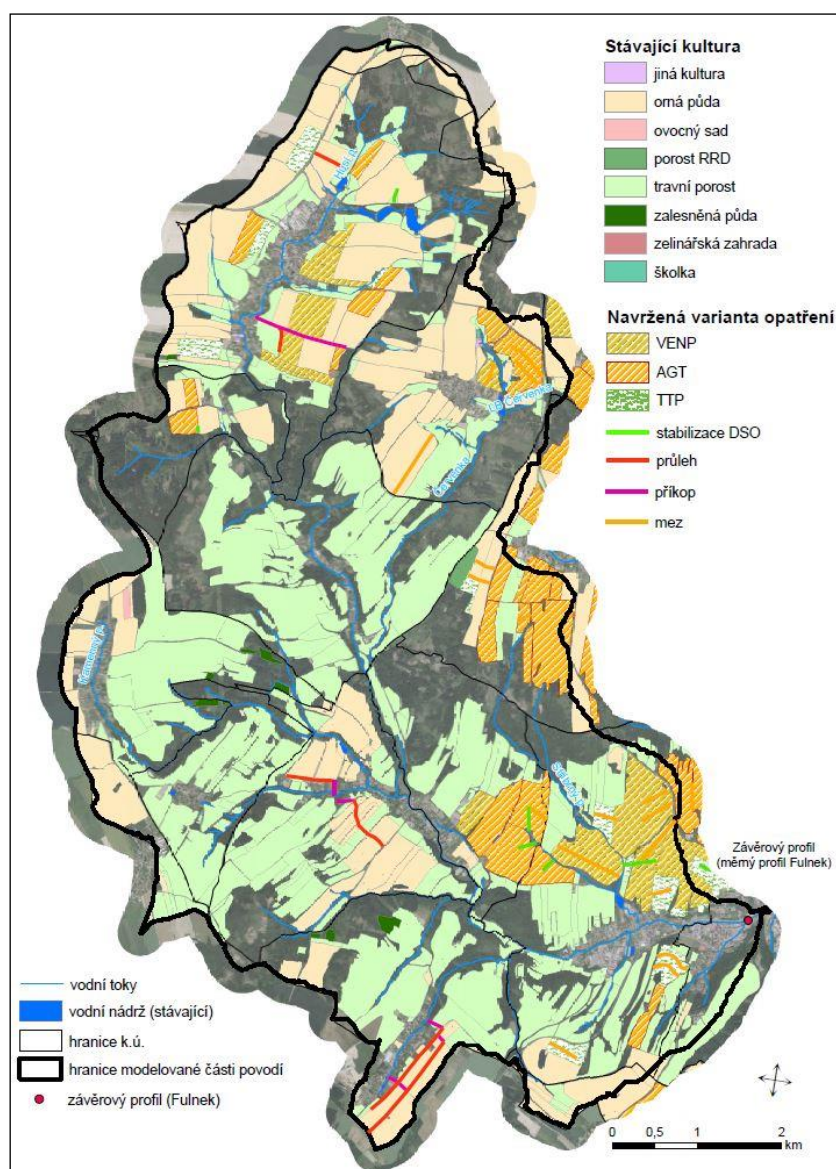
| Název k.ú.        | počet nádrží [ks] | celkový maximální objem [m <sup>3</sup> ] | celková maximální plocha zátop [m <sup>2</sup> ] | celková kubatura hrází [m <sup>3</sup> ] |
|-------------------|-------------------|---|--|--|
| Jerlochovice      | 1                 | 153 180                                   | 74 165   | 16 390                                   |
| Nové Vrbno        | 2                 | 413 670                                   | 84 967   | 111 429                                  |
| Větrkovice        | 3                 | 247 325                                   | 82 904   | 94 853                                   |
| Dolejší Kunčice   | 1                 | 284 156                                   | 54 353   | 118 237                                  |
| Slezské Vlčkovice | 1                 | 178 367                                   | 40 173   | 62 402                                   |
| celkem            | 9                 | 1 276 698                                 | 336 562  | 403 311                                  |





zatravnění (TTP) bylo navrženo 4,9 % orné půdy (Obrázek 120). Druhý scénář spočíval v zatravnění veškeré orné půdy v zájmové části povodí, což je cca 46 % plochy povodí.

Návrhy nádrží byly doplněny nejen o plošná opatření na orné půdě v zájmovém území, ale také o liniová biotechnická opatření, která byla navržena dle běžných postupů realizujících se v pozemkových úpravách. Ta mohou mít vedle primární protierozní a protipovodňové funkce spolu s doprovodnou zelení také význam i z hlediska krajinně estetického a ekologického. Systém liniových opatření se zelení může fungovat v krajině i jako významná součást územních systémů ekologické stability (ÚSES), čímž je podpořena biodiverzita i zadržení vody v krajině (Janeček a kol., 2012). Z liniových biotechnických opatření byly v zájmové části povodí navrženy stabilizace drah soustředěného odtoku (zatravnění údolnic), průlehy (svodné i záchytné), příkopy a meze. Celkem byly navrženy průlehy v délce 4 675 m, příkopy v délce 2 105 m, meze v délce 6 874 m a stabilizace drah soustředěného odtoku v délce 1 343 m (Obrázek 120). Návrhy liniových biotechnických opatření probíhaly v souladu a vycházely z již ukončených komplexních pozemkových úprav (KoPÚ) v k.ú. Větrkovice.



**Obrázek 120 Variantní návrh (scénář 1) plošných protierozních opatření (VENP – vyloučení erozně nebezpečných plošin, AGT – agrotechnická opatření, TTP – trvalý travní porost, DSO – dráha soustředěného odtoku)**

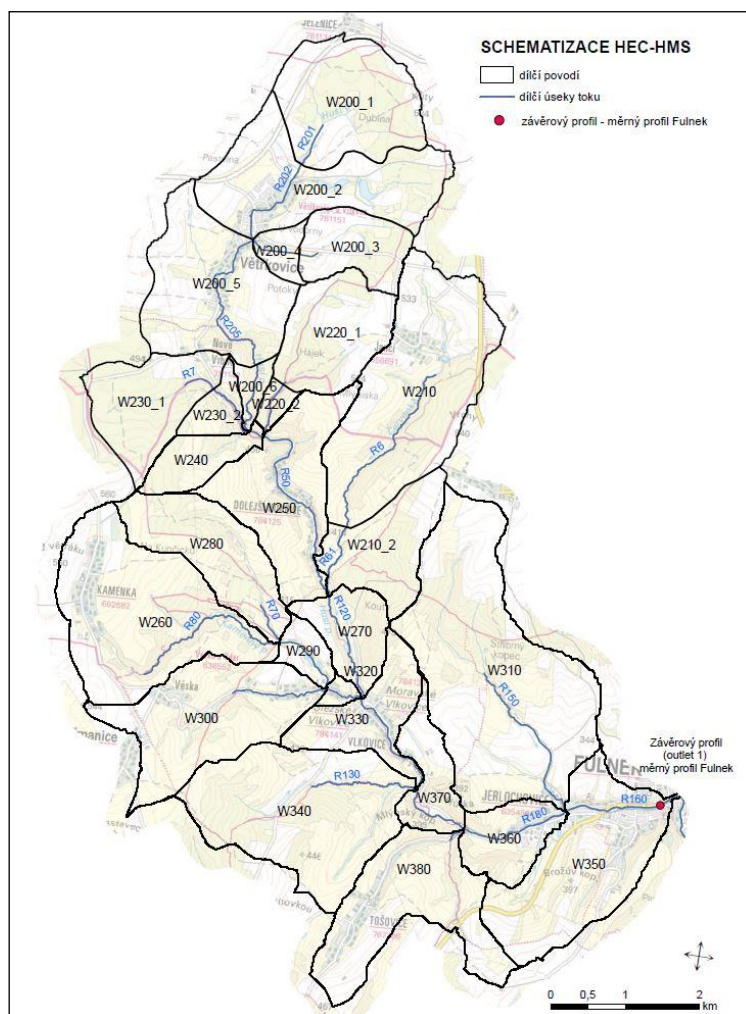
### 4.3 TVORBA HYDROLOGICKÉHO MODELU

Pro posouzení vlivů konkrétních změn v povodí Husího potoka byl vytvořen srážko-odtokový (S-O) model v programu HEC-HMS pro závěrový profil ve městě Fulnek, které zaujímá plochu 58,97 km<sup>2</sup>. V tomto vytvořeném S-O modelu byla testována jednotlivá opatření a jejich kombinace, zejména z pohledu snížení povrchového odtoku, tedy množství zadržené vody v krajině během srážek, a následnému nadlepšování průtoků v období sucha.

#### 4.3.1 **Metoda vytvoření hydrologického modelu**

Prvním nezbytným krokem pro vytvoření S-O modelu je schematizace povodí, tj. rozdělení na dílčí povodí, z nichž každé má své specifické vlastnosti. Hlavním vstupem pro schematizaci i stanovení základních vstupních parametrů byl digitální model terénu 4. generace (DMT 4G). Schematizace byla vytvořena v prostředí GIS za pomoci nástroje HEC-GeoHMS (ONLINE 1), který byl využit ke zpracování DMT, určení rozvodnic a říční sítě, určení finální podoby členění povodí a říční sítě. Zároveň byl použit i pro výpočet některých fyzicko-geografických charakteristik povodí soutokových uzlů a k nim vztahujících se dílčích úseků vodních toků, které tvoří vstupní parametry S-O modelu a jsou uvedeny v

Tabulka . Řešené území bylo rozděleno na 27 dílčích povodí s plochou v rozmezí zhruba 0,15 – 6,6 km<sup>2</sup> (Obrázek 121).



Obrázek 121 Schematizace zájmové části povodí pro HEC-HMS

Tabulka 11 Vstupní parametry do modelu - Charakteristiky dílčích povodí a úseků toků

| Charakteristiky dílčích povodí |  |               |                 |                                |                         | Charakteristiky úseků toků |                    |           |                            |           |                   |
|--------------------------------|--|---------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|-----------|----------------------------|-----------|-------------------|
| ozn. povodí                    | Plocha dílčího povodí [km <sup>2</sup> ] | CN povodí [-] | prům. sklon [-] | Čas konc. T <sub>c</sub> [hod] | podíl neprop. ploch [%] | ozn. úseku                 | Šířka ve dně b [m] | 1 : m [-] | Drsnostní součinitel n [-] | Délka [m] | Podélný sklon [-] |
| W200_1                         | 2,7234                                   | 72,74         | 0,7274          | 0,74                           | 0,00                    | R201                       | 1,5                | 1,0       | 0,048                      | 648,3     | 0,0055            |
| W200_2                         | 3,2377                                   | 77,14         | 0,7714          | 1,13                           | 4,84                    | R202                       | 1,5                | 1,0       | 0,048                      | 1509,5    | 0,1519            |
| W200_3                         | 1,2664                                   | 75,39         | 0,7539          | 1,19                           | 0,00                    | R203                       | 1,5                | 1,0       | 0,048                      | 1382,3    | 0,0265            |
| W200_4                         | 0,3820                                   | 79,94         | 0,7994          | 0,44                           | 41,05                   | R204                       | 1,5                | 1,0       | 0,048                      | 692,7     | 0,0272            |
| W200_5                         | 3,2499                                   | 74,05         | 0,7405          | 1,59                           | 4,82                    | R205                       | 1,5                | 1,0       | 0,048                      | 2712,2    | 0,0115            |
| W200_6                         | 0,2945                                   | 48,01         | 0,4801          | 1,06                           | 0,00                    | R206                       | 1,5                | 1,0       | 0,048                      | 1187,8    | 0,0188            |
| W210_1                         | 4,7685                                   | 66,89         | 0,6689          | 1,79                           | 4,35                    | R6                         | 1,1                | 2,0       | 0,072                      | 3003,3    | 0,0274            |
| W210_2                         | 1,7880                                   | 60,28         | 0,6028          | 1,00                           | 0,74                    | R61                        | 1,1                | 2,0       | 0,072                      | 1184,8    | 0,0226            |
| W220_1                         | 1,9461                                   | 65,85         | 0,6585          | 0,07                           | 0,63                    | R5                         | 1,7                | 0,7       | 0,096                      | 41,8      | 0,0531            |
| W220_2                         | 0,2219                                   | 43,77         | 0,4377          | 0,84                           | 0,00                    | R51                        | 1,7                | 0,7       | 0,096                      | 874,3     | 0,0372            |
| W230_1                         | 1,9174                                   | 62,99         | 0,6299          | 0,51                           | 0,57                    | R7                         | 0,9                | 1,2       | 0,075                      | 448,1     | 0,0342            |
| W230_2                         | 0,5058                                   | 60,38         | 0,6038          | 0,78                           | 0,00                    | R71                        | 0,9                | 1,2       | 0,075                      | 940,1     | 0,0276            |
| W240                           | 0,8222                                   | 54,57         | 0,5457          | 0,29                           | 0,00                    | R30                        | 1,9                | 0,8       | 0,080                      | 219,0     | 0,0222            |
| W250                           | 2,8624                                   | 66,29         | 0,6629          | 1,66                           | 2,45                    | R50                        | 2,1                | 1,2       | 0,046                      | 3220,3    | 0,0147            |
| W260                           | 4,3709                                   | 70,14         | 0,7014          | 1,56                           | 7,77                    | R80                        | 1,6                | 1,5       | 0,079                      | 2718,6    | 0,0331            |
| W270                           | 1,1133                                   | 60,87         | 0,6087          | 1,09                           | 0,32                    | R120                       | 3,5                | 1,0       | 0,061                      | 1741,1    | 0,0130            |
| W280                           | 2,1388                                   | 59,89         | 0,5989          | 0,71                           | 0,00                    | R70                        | 1,2                | 0,6       | 0,078                      | 676,1     | 0,0276            |
| W290                           | 0,4690                                   | 79,27         | 0,7927          | 0,59                           | 5,05                    | R90                        | 2,1                | 0,7       | 0,079                      | 1081,9    | 0,0249            |
| W300                           | 3,1887                                   | 71,86         | 0,7186          | 0,93                           | 8,49                    | R100                       | 1,2                | 1,0       | 0,062                      | 1488,2    | 0,0334            |
| W310                           | 6,6377                                   | 70,85         | 0,7085          | 1,53                           | 0,60                    | R150                       | 0,8                | 1,1       | 0,068                      | 2674,8    | 0,0212            |
| W320                           | 0,1513                                   | 76,70         | 0,7670          | 0,40                           | 24,39                   | R110                       | 1,2                | 1,4       | 0,048                      | 571,1     | 0,0178            |
| W330                           | 1,5455                                   | 74,36         | 0,7436          | 1,02                           | 15,46                   | R140                       | 1,8                | 1,1       | 0,052                      | 1819,6    | 0,0086            |
| W340                           | 4,3201                                   | 68,28         | 0,6828          | 1,12                           | 0,00                    | R130                       | 1,4                | 1,1       | 0,070                      | 1801,6    | 0,0188            |
| W350                           | 3,4618                                   | 72,90         | 0,7290          | 0,74                           | 24,31                   | R160                       | 4,4                | 1,0       | 0,032                      | 1394,9    | 0,0067            |
| W360                           | 1,1249                                   | 70,99         | 0,7099          | 0,84                           | 24,40                   | R180                       | 3,2                | 1,0       | 0,048                      | 1614,2    | 0,0087            |
| W370                           | 1,0216                                   | 73,01         | 0,7301          | 0,59                           | 2,69                    | R170                       | 3,6                | 0,6       | 0,058                      | 1079,8    | 0,0101            |
| W380                           | 3,0309                                   | 72,90         | 0,7290          | 0,18                           | 6,01                    | R190                       | 1,7                | 1,4       | 0,078                      | 218,1     | 0,0347            |

Do programu HEC-HMS vstupuje schematizované povodí, tj. úseky a jejich charakteristiky (délky, průměrné sklony, rozměry, drsnosti) a k nim zavěšené plochy a jejich charakteristiky (plocha, sklon aj.) dle zvolených výpočtových metod. Rozměry a drsnosti úseků toků byly stanoveny velice podrobně na základě terénních měření, která proběhla v létě tohoto roku. V rámci těchto měření byly šetřeny jednotlivé, typově rozdílné úseky toků tak, aby byly v každém stanoveném úseku zaměřeny a zmapovány nejméně 2 prizmatické úseky. Došlo tak k vytvoření podrobné databáze informací o stavu toků v povodí Husího potoka a stanovení vypovídajících charakteristik pro každý úsek. Pro výpočet jednotlivých komponentů odtoků je v HEC-HMS na výběr několik metod. Pro naše podmínky byla pro výpočet zvolena metoda SCS CN a tedy dalšími definovanými parametry plochy dílčích povodí byly průměrné hodnoty čísla odtokových křivek (CN - Curve Number), čas koncentrace T<sub>c</sub>, podíl nepropustných ploch a počáteční ztráty.

Většina vstupních ukazatelů byla stanovena v prostředí GIS za pomoci nástrojů Geo-HMS a Spatial Analyst. Pracovní postup stanovení čísel CN v prostředí GIS spočívá v sestrojení vektorové vrstvy kombinující vrstvy HSP a vrstvy využití území. Jednotlivým vzniklým kombinacím HSP a využití území byly přiřazeny konkrétní hodnoty čísla CN čerpané z metodického postupu Ochrana zemědělské půdy před erozí (Janeček et al., 2012). Hodnoty CN reprezentují vlastnosti povodí – půdní poměry, využití území a předchozí vláhové podmínky. Důležitým faktorem z hlediska tvorby odtoku a tedy i retence povodí je také nasycenost povodí před povodňovou událostí. Předchozí vlhkosti půdy určované na základě 5denního úhrnu předcházejících srážek, resp. indexu předchozích srážek (IPS) na IPS II.

Volba metody transformace přímého odtoku je klíčovou součástí metodického postupu, neboť přímo určuje tvar vlny, a tím i velikost kulminačního průtoků. V tomto případě byl využit jednotkový hydrogram dle Clarka (Clark unit hydrograph). Pro výpočet podzemního odtoku byla využita recesní metoda (recession) a odtok v korytě byl stanoven s využitím metody Muskingum-Cunge. Metoda je založena na aproximaci kombinace rovnice kontinuity a difúzní formy momentové rovnice (Šercl, 2009) a podrobněji je popsána např. Feldmanem (ONLINE 29).

Základem odtoku vody z povodí, potažmo přirozené retence povodí jsou srážky, které jsou do modelu zadávány ve formě časové řady (hyetogramu). Pro stanovení charakteristik využitých příčinných dešťů (Tabulka ) byla využita data z pozemní srážkoměrné stanice Mošnov, provozovanou ČHMÚ.

**Tabulka 12** Základní charakteristiky použitých vstupních časových řad srážek

| Časové období      | Srážkoměrná stanice | Délka trvání deště $t_d$ [min] | Celkový úhrn deště $H_s$ [mm] | Intenzita příčinného deště $i_d$ [mm.min <sup>-1</sup> ] | Kulminační průtok [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ] |
|--------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|--|
| 29.6. - 1. 7. 2009 | Mošnov              | 360                            | 12,8                          | 0,0356   | 7,600  |
| 27. - 29. 5. 2010  |                     | 480                            | 10,7                          | 0,0223   | 5,300  |
| 6. - 11. 3. 2005   |                     | 1620                           | 4,9                           | 0,0030   | 0,400  |
| 17. - 22. 3. 2006  |                     | 540                            | 1,7                           | 0,0031   | 0,220  |
| 13. - 18. 6. 2009  |                     | 0                              | 0,0                           | 0,0000   | 0,072  |

Před samotnou simulací těchto různých scénářů a variant opatření bylo potřeba provést kalibraci a následnou verifikaci kvůli porovnání správnosti modelu. Událost s největším úhrnem srážek, tj. období 29. 6. – 1. 7. 2009 byla použita pro kalibraci modelu a pro simulaci plnění suchých vodních nádrží s mírným stálým nadržením (mokřadem) s různými kombinacemi opatření v ploše povodí na orné půdě. Událost z května 2010 sloužila jako verifikační (ověřovací). Ostatní události, kdy byl úhrn srážek velmi malý (resp. žádný) a měřené průtoky velmi malé, sloužily pro simulaci vypouštění naplněných nádrží a jejich vliv pro nadlepšování průtoků ve vodních tocích pod nimi.

#### 4.3.2 Kalibrace modelu

Pro kalibraci byla použita časová řada srážek ze stanice Mošnov a průtoků v profilu Fulnek z přelomu června a července 2009 (Tabulka ) s hodinovým krokem s dosaženým kulminačním průtokem 7,6 m<sup>3</sup>/s.

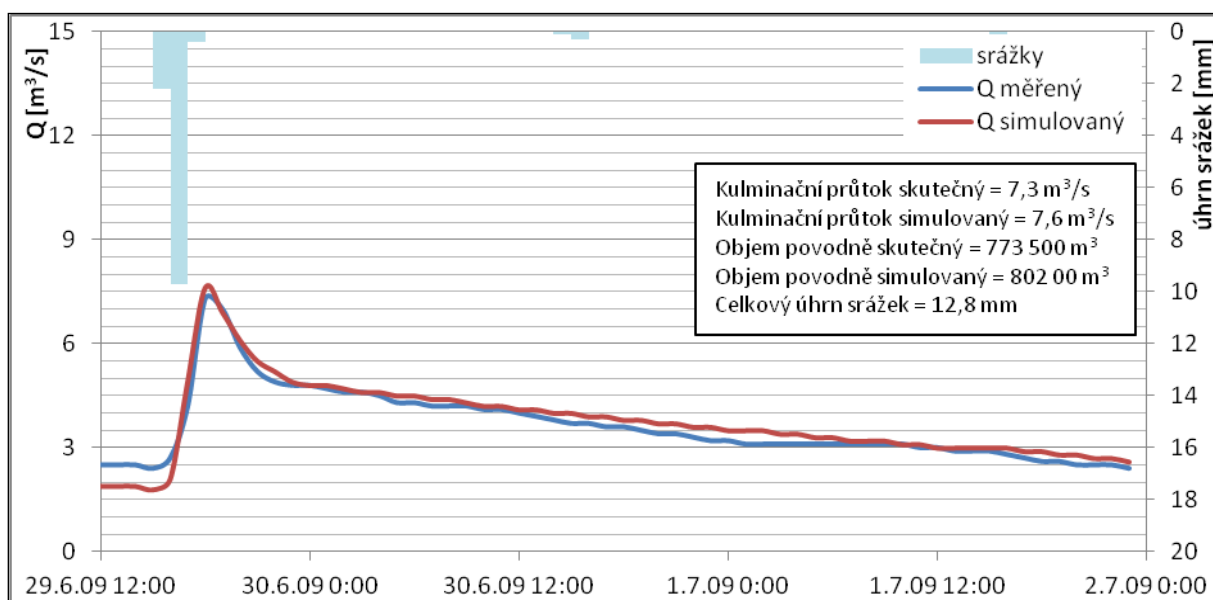
V rámci ruční kalibrace byly kalibrovány tyto parametry:

- počáteční ztráta (Initial abstraction) [mm],
- číslo CN (Curve number) [-],
- zásobní koeficient (storage coefficient) [hod],
- čas koncentrace (time of concentration) [hod],
- recesní konstanta (recession constant) [-],
- konstanta ratio to peak [-].

Po kalibraci byla provedena automatická optimalizace s maximálním počtem iterací 200 pro zpřesnění kalibrovaných hodnot. Kalibrované hodnoty byly optimalizací zpřesněny, změny těchto parametrů se pohybovaly v průměru řádově v jednotkách %, pro čísla CN byl vyhodnocen index změny roven 1,0076, tedy téměř beze změny.

Pro posouzení shody modelovaného a měřeného hydrogramu v závěrovém profilu S-O modelu bylo použito Nash-Suttcliffe kritérium E (Jeníček, 2009), které je pravděpodobně nejpoužívanějším kritériem při hodnocení hydrologických modelů. Pokud se kritérium shody  $E = 1$ , jedná se o absolutní shodu. Když je  $E \geq 0,5$ , jedná se o uspokojivou shodu a pokud je  $E < 0,5$  (může nabývat hodnot až do  $-\infty$ ), pak jde o neuspokojivou shodu a simulovaný hydrogram není dostatečně kvalitní.

Pro kalibraci modelu (Obrázek 122) na použitou událost z roku 2009 byla vypočítaná hodnota Nash-Suttcliffe kritéria shody  $E = 0,926$ , přičemž vypočítaný kulminační průtok dosáhl hodnoty  $7,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , oproti naměřené hodnotě kulminace  $7,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , a objem povodně byl oproti skutečnému naměřenému stavu o 3,6 % vyšší. Z dosažených výsledků bylo možné kalibraci tedy považovat za uspokojivou a vhodnou pro následnou verifikaci modelu.

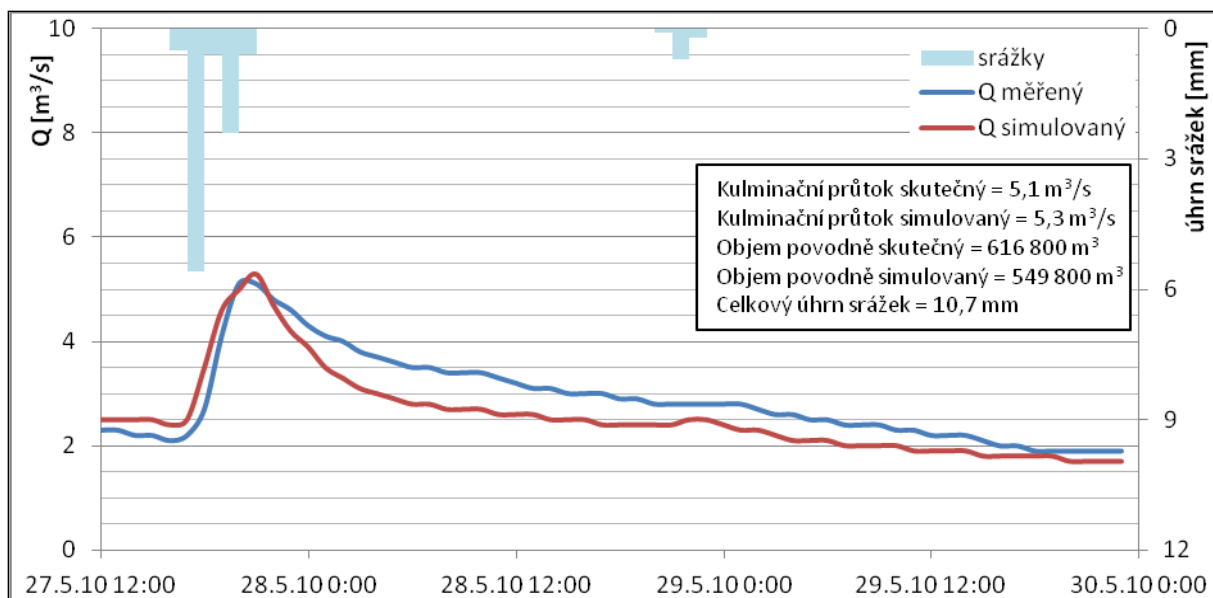


Obrázek 122 Kalibrace S-O modelu

#### 4.3.3 Verifikace modelu

Verifikace je ověření správnosti kalibrace na jiné povodňové události. Pro verifikaci byly použity srážky z května 2010 (Tabulka ) s hodinovým krokem. Pro verifikaci modelu (Obrázek 123) na

použitou událost z roku 2010 byla vypočítaná hodnota Nash-Suttcliffe kritéria shody  $E = 0,701$ , přičemž vypočítaný kulminační průtok dosáhl hodnoty  $5,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , oproti naměřené hodnotě kulminace  $5,1 \text{ m}^3/\text{s}$ , a objem povodně byl oproti skutečnému naměřenému stavu o 12,2 % nižší. S přihlédnutím na hodnotící kritérium i rozdílnost měřených a vypočítaných řad lze i verifikaci považovat za přijatelnou a model může být použit pro následnou simulaci vlivu ochranných opatření v povodí.



Obrázek 123 Verifikace S-O modelu

#### 4.4 ZHODNOCENÍ VLIVU NAVRHOVANÝCH OPATŘENÍ

Na kalibrovaném a verifikovaném modelu byly následně provedeny simulace různých scénářů. Prvním scénářem byla simulace plnění navržených nádrží při dešti s krátkou dobou trvání a vyšší intenzitou (Tabulka) s kombinací opatření v ploše povodí, uvedených v předchozích kapitolách (kap. 5.2 Návrhy opatření). Následně pak byly provedeny simulace 3 suchých období (se srážkami na začátku simulovaného období, s mírnými srážkami uprostřed simulovaného období a období bez srážek).

##### 4.4.1 Plnění nádrží

Na období přelomu června a července 2009, kdy byl úhrn srážek  $12,8 \text{ mm}$ , byla provedena simulace vlivu navržených opatření v ploše povodí na orné půdě, které byly reprezentovány především změnou parametrů CN a následně byla provedena simulace plnění retenčního prostoru navržených nádrží. Kombinací těchto scénářů vzniklo celkem 5 variant:

- Aplikace opatření v ploše povodí (organizační a agrotechnická) na orné půdě (PEO)
- Zatravnění veškeré orné půdy v povodí (TTP)
- Plnění prázdných nádrží
- Plnění prázdných nádrží + aplikace opatření v ploše povodí na orné půdě (PEO)
- Plnění prázdných nádrží + Zatravnění veškeré orné půdy v povodí (TTP)

Pro vyjádření vlivu těchto opatření pro období sucha je hlavním ukazatelem objem povrchového odtoku z povodí, čím více se tento objem sníží, tím více vody se zadrží v krajině. Míra zadržení vody po aplikaci opatření je uvedena v Tabulka a znázorněna v grafu (Obrázek 124).

**Tabulka 13 Vliv navržených opatření na zadržení vody v krajině**

| Typ opatření | Kulminační průtok [m <sup>3</sup> /s] | Objem odtoku [m <sup>3</sup> ] | zadržený objem v krajině [m <sup>3</sup> ] |
|--------------|---------------------------------------|--------------------------------|--|
| bez opatření | 7,6                                   | 802 000                        | -  |
| PEO          | 6,9                                   | 730 300                        | 71 700                                     |
| TTP          | 6,5                                   | 683 500                        | 118 500                                    |
| VN           | 5,3                                   | 520 400                        | 281 600                                    |
| VN + PEO     | 4,9                                   | 484 500                        | 317 500                                    |
| VN + TTP     | 4,7                                   | 463 400                        | 338 600                                    |

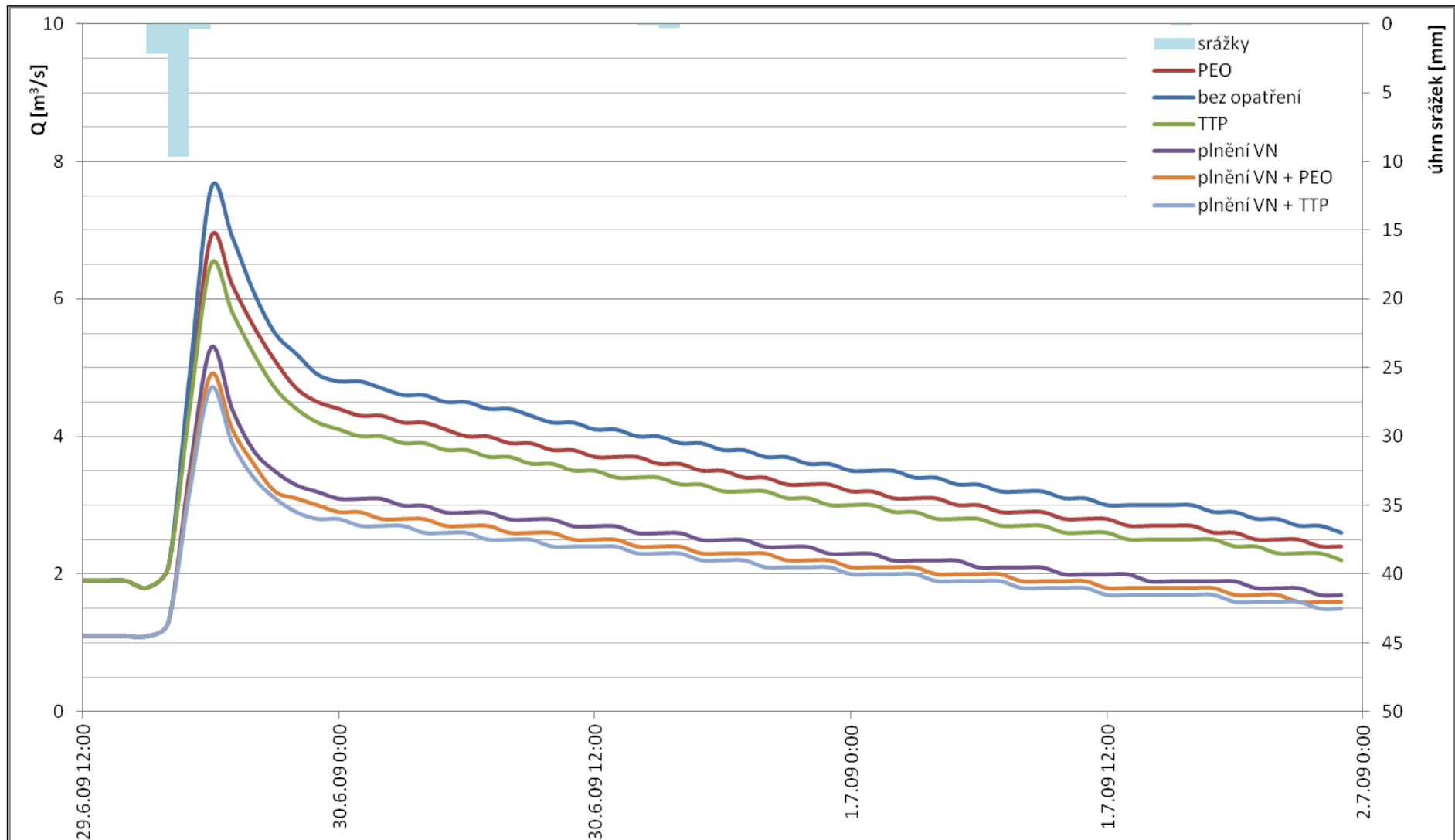
Z Tabulka je patrné, že i jen při aplikaci opatření v ploše povodí na orné půdě lze snížit objem povrchového odtoku o téměř 9%, při aplikaci trvalého zatravnění lze snížit objem odtoku o téměř 15 %. Nejvíce zadržené vody, včetně vody zadržené ve vodních nádržích, která může být následně v období sucha postupně vypouštěna, lze při výše popsaných návrzích opatření zadržet až 42 % povrchového odtoku.

Biotechnická opatření (příkopy, průlehy, meze apod.) vstupují do modelu pouze ve formě změny čísla CN, což má vzhledem k jejich malé rozloze téměř nulový význam pro hodnocení snížení povrchového odtoku v závěrovém profilu povodí. Dle maximálních doporučených rozměrů, uvedených v Metodice Ochrana zemědělské půdy před erozí (Janeček a kol., 2012), lze však stanovit možný zadržený objem vody na 1 metr délky daného opatření s uvažovanou šířkou ve dně 0,5 m v případě průlehu a příkopu (Tabulka ) jedná se však pouze o orientační odhad. Vliv a potenciál těchto opatření v boji se suchem jsou popsány v předchozích kapitolách. Celkem byly navrženy v zájmové části povodí průlehy v délce 4 675 m, příkopy v délce 2 105 m, meze v délce 6 874 m a stabilizace drah soustředěného odtoku v délce 1 343 m (Obrázek 120). Tato opatření nevstupovala do hydrologického modelu, možná retence tedy není započítána v Tabulka , protože ne všechna navrhovaná liniová opatření byla navržena jako retenční či zasakovací, ale některá byla navržena jako svodná se zaústěním do recipientu, z nichž část vody odeče ve formě povrchového odtoku.

**Tabulka 14 Orientační odhad možné retence biotechnických opatření dle maximálních doporučených parametrů**

| Typ opatření   | Možný zadržený objem na 1 m délky [m <sup>3</sup> ] | Max. doporučená délka opatření [m] |
|----------------|---|------------------------------------|
| průleh         | 10,50   | 800                                |
| příkop         | 2,50  | 800                                |
| hrázky         | 11,25   | 450                                |
| mez s průlehem | 10,50   | 450                                |





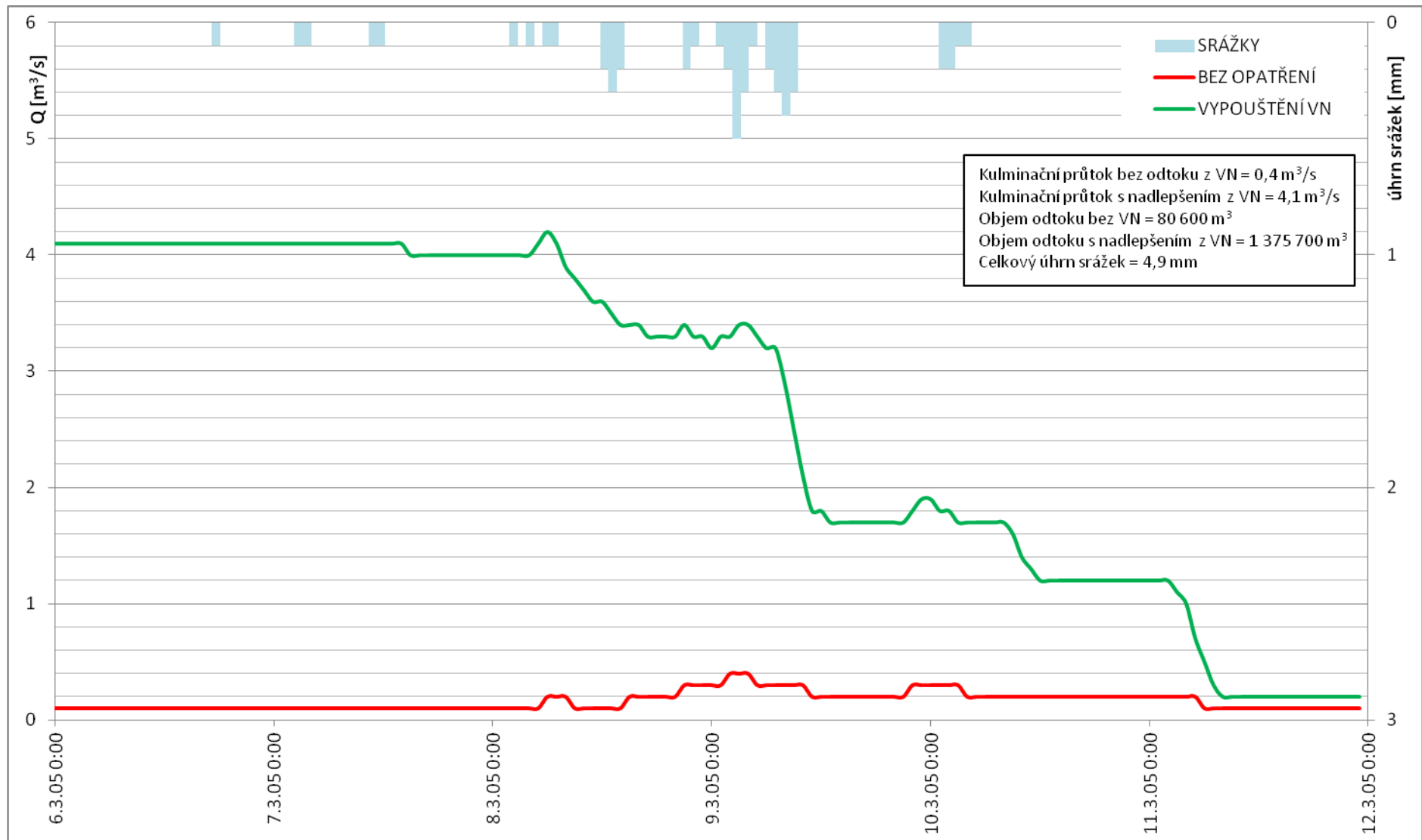
Obrázek 124 Porovnání hydrogramů odtoku v závěrovém profilu při různých variantách opatření

#### 4.4.2 Vypouštění nádrží v období sucha

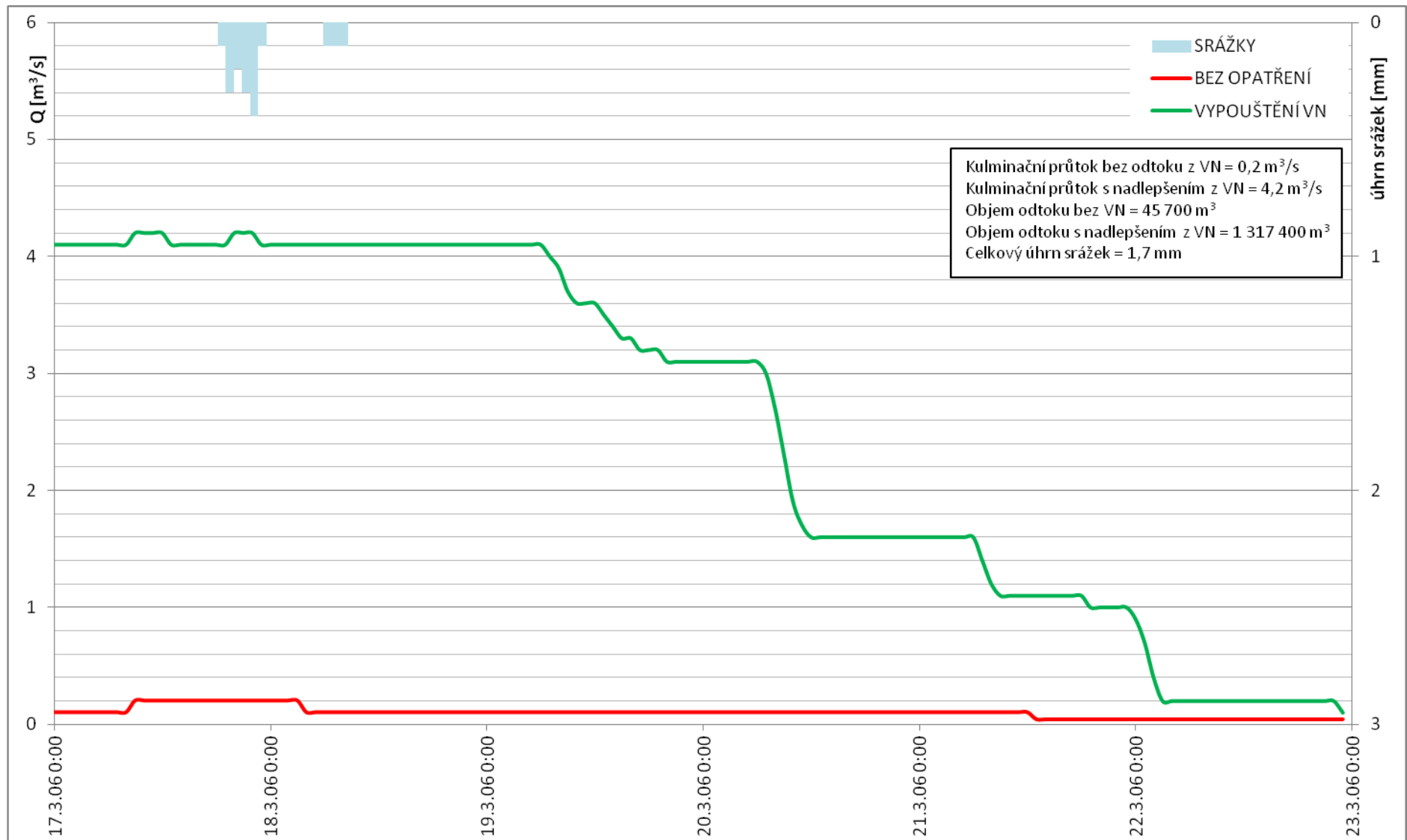
Modelování vypouštění nádrží v období sucha bylo provedeno za předpokladu, že při vyšších srážkách budou nádrže naplněny a následně v suchém období postupně vypouštěny pro nadlepšení průtoku na vodních tocích pod nimi. Tím by došlo ke snížení hrozby vysychání vodních toků, zachování minimálního průtoku pro zachování biodiverzity i k udržování odpovídajících poměrů k ředění vypouštěných odpadních vod do recipientů pod nádržemi. Pro tuto simulaci byly využity tři reálné časové řady, uvedené v Tabulka . Množství vypouštěné vody bylo modelově stanoveno na  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  pro nádrže umístěné na přítocích Husího potoka a  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  pro nádrže umístěné přímo na Husím potoce tak, aby nebyl překročen  $Q_1 = 4,65 \text{ m}^3/\text{s}$  (ONLINE 30). S ohledem na konstrukci spodních výpustí a jejich možnost manipulace je možných nespočet variant vypouštění. Při modelovaných hodnotách vypouštěného množství vody se naplněné nádrže vyprázdní během 6 dní, délka vypouštění je nepřímo úměrná velikosti vypouštěného průtoku a přímo úměrná % naplnění nádrží. To znamená, že při polovičním naplnění nádrží by při stejném vypouštěném množství trvalo nadlepšování průtoků 3 dny, naopak při polovičním vypouštěném množství (tedy  $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ , resp.  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) plných nádrží trvalo nadlepšení 12 dní a na začátku vypouštění by bylo dosaženo maximálního průtoku v závěrovém profilu ve městě Fulnek průtoku okolo  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Modelované nadlepšování však vychází ze základního vodohospodářského řešení bez uvažování výparu a dalších ztrát.

Na následujících grafech je znázorněno postupné vypouštění vodních nádrží, které byly uvažovány se 100% naplněním maximálního možného objemu. Červená čára znázorňuje skutečné naměřené průtoky v daném období. Ve všech třech obdobích byly naměřené průtoky, zejména pak v červnu 2009, pod průměrným ročním průtokem, který je ve městě Fulnek  $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sucho je v tomto měrném profilu při výšce hladiny 34 cm a menší (ONLINE 30), což odpovídá průtoku zhruba  $0,11 \text{ m}^3/\text{s}$  (tento průtok byl stanoven na základě sestavení měrné křivky koryta, jehož rozměry byly pro S-O modelování zaměřeny v terénu). Všechny simulované události začínají na průtoku nižším, než je stanovený suchý stav.

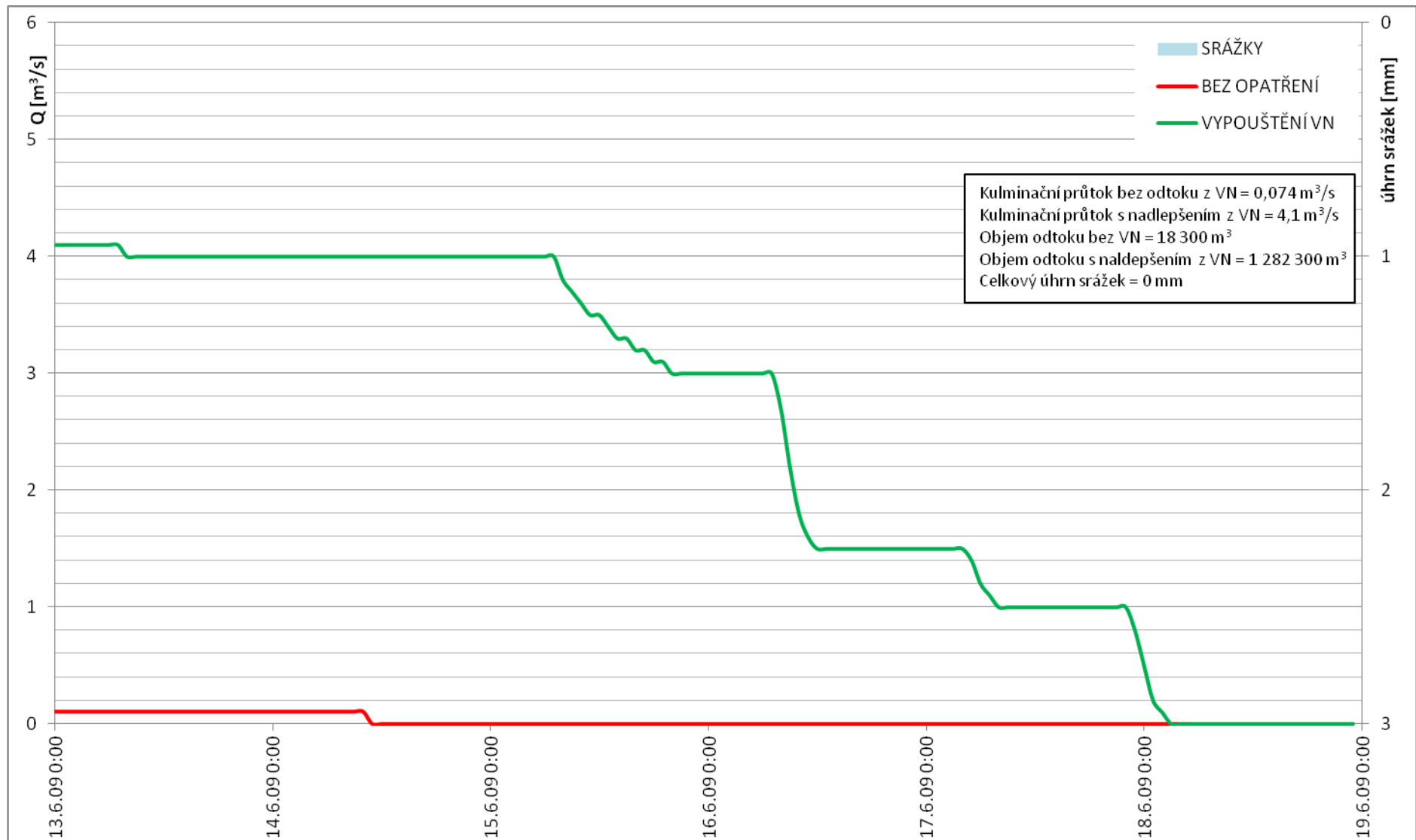
Nadlepšování průtoků na vodních tocích pod nádržemi může zlepšit ekologický stav vodních toků v období sucha, zvýšit jakost vody, zvýšení okysličení vody v suchých obdobích apod.



Obrázek 125 Nadlepšení průtoků v profilu Fulnek – březen 2005



Obrázek 126 Nadlepšení průtoků v profilu Fulnek – březen 2006



Obrázek 127 Nadlepšení průtoků v profilu Fulnek – červen 2009

#### 4.5 NEJISTOTY ŘEŠENÍ PŘI HYDROLOGICKÉM MODELOVÁNÍ

Velkým problémem u takto malých povodí, jako je povodí Husího potoka, je častá absence podrobného měření proběhlých srážko-odtokových událostí, což je částečně případ i povodí Husího potoka. V povodí se sice nachází měrný profil se záznamem průtoků ve městě Fulnek, chybí však měření průtoků na toku těsně před jeho zaústěním do Odry a srážkoměrná stanice s dlouhodobým záznamem dat umístěná přímo v povodí. Vhodné je tedy postupné doplňování měřících systémů i do takto malých povodí.

Při srážko-odtokovém modelování je také třeba počítat s tím, že jak do výpočtů vstupních parametrů, tak i následně do samotného modelu vstupuje řada nejistot a nepřesností. Chyby v měření průtoků při měření vodního stavu jsou asi 1cm a hlavní zdroj nejistoty nastává při převodu naměřených vodních stavů na průtokové veličiny. U měřených srážkových dat může mít například velký vliv působení větru (2–15 %) a další náhodné i systematické chyby. Celkově se tedy chyby v měření vstupů ve formě srážek a průtoků pohybují okolo 10–15 % (ONLINE 31).

Velkou nejistotou v hydrologickém modelování je volba vhodných výpočetních metod, které byly vybrány z hlediska použitelnosti pro podmínky České republiky. Každá metoda má však své klady i zápory a nelze jednoznačně říci, že jedná daná metoda je ta správná a nevhodnější.

Obecně lze rozdělit nejistoty hydrologického modelování do 2 kategorií: nejistoty vstupů (nejistoty měření a zpracování vstupních dat) a nejistoty modelu (rovnice, schematizace, kalibrace, počáteční podmínky apod.) (Jeníček, 2009).

I přes všechny nejistoty lze s ohledem na Nash-Suttcliffe kritérium „E“ považovat kalibrované a následně verifikované modely povodí za dostatečně vypovídající a funkční, aby byly výsledky přijatelné a vypovídající.

Další nejistotou je stanovení množství zachycené vody v liniových biotechnických opatřeních, tedy jejich retenční schopnosti. V Tabulka je uveden orientační možný zadržený objem, jedná se však o odhad dle maximálních doporučených parametrů. Vše však závisí na lokálních podmínkách a bez terénního šetření a projektové dokumentace (navržených rozměrů) nelze objem zadržené vody v těchto opatřeních přesně stanovit. Toto stanovení retenčního objemu však platí pouze pro zasakovací či záchytná bezodtoková opatření s nulovým podélným sklonem. Část těchto opatření byla v zájmovém povodí navržena jako svodná, tedy se zaústěním do recipientu (např. vodního toku), čímž se zachycená voda zpomalí, částečně vsákne, část však odteče do recipientu. Objem zadržené vody tak nelze jednoznačně stanovit, zde vstupuje další nejistota, a to poměr vsaku a povrchového odtoku, který závisí na podélném sklonu, typu zatravnění, nasycení, typu půdy, podloží atd.

## 5 Závěry a doporučení

### 5.1 SHRNUTÍ POTENCIÁLU JEDNOTLIVÝCH TYPŮ OPATŘENÍ PRO ZLEPŠENÍ RETENCE VODY V KRAJINĚ A ZLEPŠENÍ EKOLOGICKÉHO STAVU VODNÍCH ÚTVARŮ

Využití jednotlivých typů opatření by mělo být hierarchicky uspořádáno s ohledem na aktuální stav posuzovaného území. Přednost je nutno dávat měkkým typům opatření s reverzibilním charakterem (opatření na zemědělské a lesní půdě, budování mokřadů, tj. zelená opatření). Budování nádrží, jejich obnova nebo převody vody mezi povodími (technická opatření) by měly být nanejvýše dočasným řešením v silně antropogenně ovlivněných územích a to pouze pro překlenutí období nutného pro realizaci opatření zelených. U technických opatření je potřebné upřednostnit optimalizované využití stávajících kapacit před budováním nových staveb vzhledem k jejich negativním dopadům na životní prostředí.

**Doporučení jednotlivých typů opatření v ploše povodí (na zemědělské i lesní půdě), typů malých vodních nádrží i opatření na tocích vedoucích ke zlepšení zadržení vody v krajině jsou shrnuta v Přílohách P1 – P7, včetně výhod a nevýhod jednotlivých typů opatření.**

**Výhody a nevýhody jednotlivých opatření v zemědělské krajině** při řešení problematiky sucha jsou zjednodušeně znázorněny v přílohách P1 a P2, kde bylo snahou vystihnout hlavní a nejvýraznější plusy a mínusy těchto opatření. Jedná se o zjednodušené znázornění hlavních výhod a nevýhod z pohledu vodohospodářského (retence vody v krajině a povrchový odtok), pohledu vlivu na biologickou složku určující ekologický stav VÚ a vlivu na fyzikální, fyzikálně-chemické a chemické parametry podporující biologickou složku.

Omezení délky svahu, zkrácení dráhy odtoku, snížení rizika vzniku soustředěného povrchového odtoku a snížení jeho rychlosti i objemu spolu úzce souvisí a jedná se o hlavní funkce zejména liniových biotechnických opatření. Zvýšení vsaku vody do půdy a prodloužení doby infiltrace závisí jak na zpomalení povrchového odtoku, tedy voda má více času se vsáknout, než odteče, tak i na stavu půdy (nakypřená půda vodu lépe vsákne) a krajinném pokryvu. U biotechnických opatření je však podpořen zejména u zasakovacích a záchytných bezodtokových typů. Narušení a degradace půdy hrozí zejména u půdy nechráněné krajinným pokryvem, řešením proti tomu jsou opatření, jejichž součástí je zatravnění, nebo jiná ochrana půdního povrchu. Zvýšení organické hmoty v půdě také napomáhá ke zvýšení retenční kapacity půd. Dle výzkumu United States Department of Agriculture každé zvýšení obsahu organické hmoty v půdě o 1 % zvýší půdní retenci o více než 35 000 l/ha (Hladík, 2016). S ohledem na tyto účinky a další, uvedené v příloze, jsou nejvhodnějšími opatřeními pro řešení problematiky sucha právě **zasakovací prvky**. Ty splňují hlavní aspekty pro zmírnění účinků sucha - podpora infiltrace a prodloužení doby vsaku i zpomalení povrchového odtoku. Jedná se zejména o **zasakovací příkopy a průlehy, zasakovací pásy, hrázky doplněné průlehy a přehrázky v údolnicích. Plošná opatření v krajině** (organizační, agrotechnická i na speciálních kulturách) jsou žádoucí opatření ve všech ohledech. Z hlediska řešení problematiky sucha je důležitý zejména jejich vliv na zpomalení povrchového odtoku a zvýšení infiltrace. Pro většinu plošných opatření na orné půdě platí, že zlepšují vodní režim v půdě a omezují důsledky eroze, což snižuje nežádoucí vnos erodovaných částic a na ně vázaných polutantů do vodního prostředí, což je v důsledku pozitivní pro vodní organizmy a tedy i ekologický stav.

V rámci opatření typu **malých vodních nádrží** jsou hlavní pozitiva v této problematice akumulace vody a její možné využití v období sucha. S ohledem na funkce MVN, z nichž mnohé sice vodu akumulují, ale není možné ji v suchých obdobích využívat, lze za nejvhodnější označit **retenční nádrže s malým stálým nadřzením, suché nádrže a částečně i zásobní (zejména závlahové)**, které vytvářejí disponibilní zásoby vody pro využití v období sucha. Suché nádrže, zejména mimo vodní tok na drahách soustředěného odtoku (DSO), kde netvoří migrační bariéru pro živočichy, zadržují vodu z přívalových srážek, čímž snižují rychlost povrchového odtoku. Retenční nádrže s malým stálým nadřzením mohou v suchém období sloužit jako mokřady, čímž je podpořena retence vody v krajině a v období srážek vodu v retenčním prostoru akumuluje a obdobně jako u suchých nádrží může být později voda upouštěna. Tyto nádrže by se však neměly stávat útočištěm nepůvodních nebo invazivních druhů (např. střevlička východní z ryb), případně v důsledku eutrofizace i zdrojem zhoršení kvality vodního prostředí v navazujících úsecích toků a zdrojem nadměrné produkce fytoplanktonu. Návrh zátopy by měl zohlednit i tyto možné negativní dopady. Ideálně by měla mít výška vodní hladiny těchto nádrží do 0,6 m. Závlahové nádrže mají hlavní výhodu v akumulaci vody určené primárně pro závlahové systémy, z pohledu retence či zasakování vody jsou bezvýznamné, pro vodní ekosystémy negativní. Malé vodní nádrže jsou velmi diskutovaná opatření. V závislosti na výsledcích ze srážko-odtokového modelu lze konstatovat, že dokáží zadržet poměrně velké množství vody v povodí a následné nadlepšování průtoků v suchém období může mít pozitivní vliv na vodní toky pod nimi až několik dní. Vše však závisí na typu a ovladatelnosti spodních výpustí, manipulaci a manipulačním řádu. Často bývá v projektech nádrží uváděno, že nádrž bude v suchých obdobích sloužit k nadlepšování průtoků, po realizaci však k tomu nedochází (zejména u rybochovných či rekreačních nádrží, kde naopak v suchých obdobích téměř veškerou vodu zadržují a vypouští se pouze nezbytné stanovené minimum). Tuto problematiku by mohla alespoň částečně vyřešit například vhodná změna legislativy a její důsledné dodržování.

**V povodí Rakovnického potoka**, které je specifické tím, že leží ve srážkovém stínu a v důsledku toho patří mezi nejsušší oblasti v ČR, byla provedena studie (Kašpárek a kol., 2012). Ze závěrů studie vyplynulo, že zlepšení vodohospodářské bilance tohoto povodí je možné docílit budováním akumulačních nádrží, doplněných o převody vody z jiných povodí. Naproti tomu změnami ve využití zemědělských pozemků zatravněním či zalesňováním s ohledem na silně antropogenně přeměněnou krajinu při uvážené reálné proveditelnosti těchto změn významného zlepšení docílit nelze v časově krátkém horizontu 10 až 15 let. I přesto má tento typ opatření své nesporné pozitivní dopady, zejména ve snížení eroze půdy, zpomalování povrchového odtoku a podpoře infiltrace srážek do půdy. Díky zvýšení infiltračního a retenčního potenciálu povodí se snižuje riziko degradace půd, především orníčního horizontu, jehož vlastnosti jsou významné z hlediska udržení zemědělské produkce v dané oblasti, především v obdobích s nižšími úhrny srážek.

Riziko zranitelnosti **lesního ekosystému**, coby původně klimaxového společenstva, ovlivněného klimatickou změnou je značné. Především je tu zrádnost setrvačnosti zdánlivě neprojevuující se žádnou nebo málo přesvědčivou reakcí. O to brutálnější může být rychlý kolaps celého systému. Konečný impuls může být vyvolán zcela nevinným spouštěcím mechanismem na principu mávnutí „motýlího křídla“. Výsledek poškození může ale rychle vést ke strukturálním změnám s náhradou plevelných druhů. Začít cestou **uplatnění adaptačních opatření** ve smyslu pojetí „principu předběžné opatrnosti“ je naprosto prioritní už z podstaty lesního ekosystému, neboť se jedná o běh na dlouhou trať.



**Adaptační opatření** představují takové změny hospodaření, kdy jsou nepříznivé vlivy globální změny klimatu zmírňovány a pozitivní využívány. Klíčovými nástroji jsou změna dřevinného složení, včetně introdukce nových druhů, zvýšení biodiverzity, snížení doby obmýtí zranitelných dřevin a využívání nepasečných hospodářských způsobů.

Dopady klimatické změny na lesní ekosystémy jsou a budou regionálně velmi proměnné, proto adaptační opatření musí být výsledkem dlouhodobého strukturovaného plánování počínaje úrovní klimaticko-vegetačních segmentů, přírodních lesních oblastí až porostu. Rozhodnutí o uskutečnění či neuskutečnění opatření musí být učiněno u konkrétního porostu určité kvality a podle lokální predikce možného ohrožení. Obecně nejdůležitějším opatřením je zvyšování adaptačního potenciálu lesů druhovou, genovou a věkovou diverzifikací porostů.

Nejrazantnějším opatřením je přeměna druhové skladby porostů, a to těch, které neodolají klimatické změně na příslušných stanovištích. Jedná se zejména o předčasné smýcení porostů jehličnanů, zvláště smrku, a náhradu těchto porostů směsí dřevin o vyšší ekologické stabilitě, tedy s podílem dřevin přirozené druhové skladby ve smrkových porostech s vyšším zastoupením nad 50 %.

Strategickou záležitostí představuje vyhodnocení hydrické a protierozní funkce lesa a jeho zakotvení do rámcového plánování. Vyplývá z toho na úrovni přírodních lesních oblastí stanovit hydrický potenciál lesní půdy včetně vlivu lesních porostů. Na to navazují těžebně-dopravní technologie, které zásadním způsobem ovlivňují hydrický režim lesa. Optimalizovaná hustota odvozních cest v transportních segmentech a navazující limitující typy těžebních technologií představují součást komplexního hodnocení ohrožení lesních porostů suchem.

Všechna výše zmíněná opatření v lesích mají také zpravidla pozitivní vliv na ekologický stav vodních toků (podrobnější hodnocení viz Přílohy P5 a P6). Jsou zaměřena zejména na zadržení srážkové vody v lesních porostech a zajišťují infiltraci srážkové vody do hlubších vrstev zvodní, popř. převádí povrchový odtok na odtok podpovrchový. V případě hrazení strží je vhodné přednostně využívat polopropustné hráze. Při průchodu vody zvodní dochází k procesům samočištění a do říčních systémů vtéká „vyčištěná“ podzemní voda s lepšími fyzikálně-chemickými a chemickými parametry, která podporuje rozvoj vodní bioty a nemění habitatovou strukturu vodních biotopů.

**Úspěšná realizace těchto opatření vyžaduje změnu způsobů rozhodování v lesním hospodaření,** komplexně zohledňující měnící se přírodní podmínky, hospodářské ukazatele a environmentální limity pěstování lesa.

**Přírodě blízké úpravy vodních toků (revitalizace, renaturace) a jejich niv** (realizace tůní, mokřadních ploch, apod.) jsou opatřeními, které i při realizaci v omezeném prostoru stávajících koryt toků poskytují operativní prostor pro přežití bioty při výskytu sucha. Přínos pro řešení problematiky sucha z pohledu vodohospodářského a ekologického se zvyšuje s komplexností provedení revitalizačních a renaturačních zásahů (tabulka P7). V projektech řešených VÚV TGM, v.v.i. bylo zjištěno, že vliv revitalizace na zlepšení ekologického stavu závisí i na jakosti vod. Dopad na zlepšení fyzikálně-chemických parametrů vodního prostředí se zvyšuje s délkou revitalizačních úprav. Např. při řešení projektu ProFor bylo prokázáno, že pro odstranění určitého množství živin ve vodě je třeba u malého vodního toku v zemědělsky intenzivně využívané krajině jižní Moravy s úpravou členitosti dna a svahů v rámci stávajícího regulovaného koryta potřeba mnohem kratší délka toku, než v případě regulovaného, napřímeného úseku s jednotvárnou kynetou. Podobné úpravy toků, které nezasahují příliš do majetkoprávních poměrů, mohou pomoci zlepšit situaci v míře znečištění navazujících páteřních toků, pomoci k rychlejšímu dočištění vypouštěných čištěných odpadních vod (přínos

v obdobích s nízkou vodností toků). Opatření v údolních nivách, které zvýší jejich diverzitu a rozsah, zvýší i jejich potenciál zásaku vod při rozlivech. Obecně realizace všech typů mokřadních biotopů v krajině podporuje zadržení vody, výpar v místě, rozšiřuje plochy ohrožených a cenných biotopů.

**Přírodě blízká opatření v ploše povodí i na vodních tocích** jsou opatření, která spolu úzce souvisí. Je nutné si uvědomit, že tato opatření přispívají nejen ke snížení povodňového nebezpečí a snížení ztráty půdy smyvem, ale podporují i zasakování a akumulaci vody v krajině a zpomalují povrchový odtok. To jsou dva hlavní aspekty pro zvládnutí problematiky sucha – podpora infiltrace a prodloužení doby vsaku i zpomalení povrchového odtoku. Pojem sucha však není hydrologicky zcela jednoznačně definován a jeho působení je na rozdíl od povodní pomalé a jeho následky mohou být pozorovatelné i několik let po skončení suchých period.

Jak již bylo zmíněno v předchozím textu, pro řešení problematiky sucha i protipovodňové či protierozní ochrany by neměla být plošně podporována pouze výstavba anebo obnova vodních nádrží, ale kombinace s dalšími opatřeními v ploše. Přednost by vždy měla být dána plošným opatřeními na zemědělské a lesní půdě a na vhodných místech suchým nádržím, u kterých jsou negativa zřetelně menší a nádrže je třeba brát v potaz jako poslední článek komplexního systému. **Kombinací různých typů vhodných opatření** tak vznikne komplexní systém, který bude mít protipovodňovou a protierozní funkci i funkci důležitou pro boj se suchem.

**Matematický model aplikovaný na pilotním území Husího potoka** prokázal schopnost navrhovaných opatření dostát sledovaným cílům, zejména zpomalení a snížení objemu povrchového odtoku. Jen aplikací organizačních a agrotechnických opatření na orné půdě, tedy tzv. nižších opatření, které lze aplikovat bez povolení vodoprávními úřady či složitějších dokumentací, lze zvýšit retenci vody v krajině o několik %. S tzv. vyššími opatřeními (TTP, biotechnická opatření, VN) zvýšení retence vody v krajině prudce stoupá (Obrázek 124).

**Nejistoty zhodnocení vlivu navrhovaných opatření** závisí na metodě hodnocení, v tomto případě se jedná o nejistoty spojené s hydrologickým modelem. Obecně lze rozdělit nejistoty hydrologického modelování do 2 kategorií: nejistoty vstupů (nejistoty měření a zpracování vstupních dat) a nejistoty modelu (rovnice, schematizace, kalibrace, počáteční podmínky apod.) (Jeníček, 2009). Nejistoty modelu vycházejí z vhodně či nevhodně zvolené metody výpočtu a odborného odhadu kalibračních koeficientů, počátečních podmínek apod., ty však nelze nijak systematicky redukovat. Větším zdrojem nejistot a nepřesností jsou vstupní data, tedy měřené průtoky a srážky, které mají dle ČHMÚ chyby v měření okolo 10 – 15%. Tyto chyby nelze nijak omezit, ty se však rapidně zvětšují, pokud v zájmovém území chybí měřicí systémy a data jsou přejímána ze vzdálenějších srážkoměrů. Proto je vhodné doplňovat měřicí systémy i do menších povodí.

## 5.2 DOPORUČENÍ PRO NAVAZUJÍCÍ PROJEKTY, MONITORING, DALŠÍ PRÁCE

- Účelová podpora monitoringu kvality vod a bioty před a po realizaci přírodně blízkých opatření v ploše povodí a na tocích za účelem zhodnocení vlivu těchto opatření na ekologický stav vodních útvarů
- Podpora opakovaných průzkumů aktuálního stavu vybraných vzorových realizovaných opatření a hodnocení jejich přínosu pro omezení dopadů sucha (a povodní), hydrologický režim, transport sedimentů, případně dopad na chemický a ekologický stav vodního prostředí

a vodních útvarů, retenci či akumulaci vody v krajině, mokřadní a nivní terestrické ekosystémy, apod. Průzkumy by měly být komplexní a opakované v určitém časovém kroku.

- Aby bylo možné relevantně posoudit vliv preferovaných plošných opatření v krajině a říční renaturací či revitalizací, je potřeba zajistit účelovou podporu monitoringu vybraných opatření v suchem sužovaných povodích. Výsledky takto koncipovaného komplexního monitoringu poslouží pro podporu dalšího rozhodování státní správy o vhodných opatřeních v povodí a na toku.
- Účelová podpora komplexního průzkumného monitoringu za účelem zjištění dílčích a synergických efektů opatření v krajině a na toku s ohledem na jednotlivé parametry a biologické složky vodní bioty.
- Porovnání efektivnosti přírodních ekosystémů (lužní les, niva) a různých typů opatření (revitalizovaný tok, vodní nádrž) na hydrologický režim krajiny a samočistící procesy, včetně podpory diverzity krajiny a zajištění časových a prostorových refugií.
- Doplnění měřících systémů (srážkoměry, hladinoměry) i do malých povodí
- Aplikace a testování alternativních postupů měření průtoků a teplot vody v tocích.
- Nejistoty v hydrologickém modelu – vstupy a nejistoty modelu → vhodné doplňovat měřící systémy do malých povodí a na menší vodní toky.

### 5.3 DOPORUČENÍ PRO ZMĚNY PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ A DOTACE

Na základě analýzy právních předpisů a souvisejících norem týkající se problematiky sucha a nedostatku vody (kapitola 2.8) byla navržena tato doporučení k úpravě právních předpisů (určená k další diskuzi):

#### **Novelizace zákona č. 254/2001 Sb., o vodách:**

- zpracování samostatné vyhlášky zabývající se Plány pro zvládání sucha,  
Tato vyhláška by měla být zpracována analogicky s vyhláškou 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik, včetně definování obsahu, podrobnosti etap zpracování jejich návrhů a jejich zpracování a vyhodnocení. Podobně jako u povodňové problematiky by měly být rovněž definovány programy opatření:
  - preventivní opatření,
  - operativní opatření,
  - ekonomické nástroje,
- plán pro zvládání sucha zařadit i do podkladů pro vypracování manipulačních řádů (kap. 5 TNV 75 2910 a vyhláška 216/2011 Sb.).

#### **ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže**

- Doporučujeme iniciovat úpravu v části "Příloha A (Informativní)" s cílem aktualizace přehledu a charakteristik typů malých vodních nádrží. V návaznosti na to se jedná i o tabulkový přehled typů malých vodních nádrží (Tabulka 1). Úprava by měla přinést i definování výhod, nevýhod a zásad využití jednotlivých typů v současnosti, v podmínkách platnosti aktuálních předpisů (např. Rámcová směrnice o vodách) a pohledu na vodní hospodářství krajiny.

### **TNV 75 2910 Manipulační řády vodních děl na vodních tocích:**

- v části Podklady pro vypracování MŘ – doplnit o Plán pro zvládnání sucha,
- v části Akumulace vody ve vodních nádržích – doplnit o manipulaci za sucha a nedostatku vody,
- do části Manipulace s vodou při mimořádných událostech a bezpečnostní opatření zavést jako mimořádnou událost stav sucha,
- v části Přílohy doplnění o případné doložení plánů pro zvládnání sucha.

### **Vyhláška 216/2011 Sb., o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl, § 2 Náležitosti manipulačních řádů:**

- odst. 1a) – doplnit o příslušné orgány pro zvládnání sucha a nedostatku vody,
- odst. 1e) – doplnit o situaci při vyhlášení stavu sucha a nedostatku vody,
- odst. 1g) – doplnit o adresy a komunikační spojení na orgány pro zvládnání sucha a nedostatku vody,
- odst. 1j) bod 3 – doplnění příloh MŘ o „... části povodňových plánů a plánů pro zvládnání sucha...“.

### **Další doporučení**

V rámci řešení této části projektu byly diskutovány i další okruhy opatření. Z těchto diskuzí následně vyplynuly poznámky a postřehy, které by neměly být opomíjeny a v budoucnu by si zasloužily podrobnější a ucelené řešení:

- zavést povinnost zpracovat manipulační řád u všech MVN,
- definovat nástroje pro dodržování pravidel v době vyhlášení stavu sucha a nedostatku vody a definovat kontrolní orgány včetně stanovení jejich kompetencí (např. v rámci samospráv nebo státní právy),
- zvýšit informovanost zemědělců ohledně vymezování krajinných prvků,
- posílit možnosti získání dotací na zachování krajinných prvků,
- zesílit tlak na vůli tyto krajinné prvky vymezovat (dotace v rámci systému zemědělské výroby jsou vztaheny především k jednotce plochy obdělávané půdy, což nevede zemědělce k ochraně podmáčených lokalit, ale naopak k jejich opakovanému rozorávání),
- doplnit definice mokřadů o mokřad na současné orné půdě a zjednodušit dotační politiku v případě těchto mokřadů, zároveň integrovat (nebo koordinovat) do tohoto procesu AOPK s jejich dotacemi (jednorázovými) na obnovu mokřadů,
- snížit podporu intenzivních rybochovných nádrží,
- s obnovou mokřadů do určité míry souvisí i reálný stav meliorací, neboť v důsledku jejich zanášení nebo nefunkčnosti, se v lokalitách, kde jsou k tomu přirozené podmínky, opět vytváří mokřady – na zemědělské půdě doporučujeme zprostit majitele pozemků povinnosti udržovat meliorace ve funkčním stavu v lokalitách, kde se historicky vyskytoval mokřad,
- v souvislosti s předchozím bodem definovat zásady ve vztahu obnova mokřadů a obnova meliorační zařízení s cílem ochrany mokřadů proti disturbanci,

- na rušení závlah existuje metodika, ale řešení je aplikováno na ucelený pozemek a ne na závlahu po celé její délce až po zaústění do toku – doporučujeme zpracovat komplexně,
- chybí zákon pro minimální ovlivnění vodního režimu krajiny, kdy např. v horním úseku povodí jsou meliorace funkční, ale v dolním ne, takže pak je problém, uvažovat o více typech řešení i s ohledem na historický výskyt mokřadů,
- vzhledem k povinnosti správců vodních toků navrhopat opatření k nápravě zásahů způsobených lidskou činností vedoucí k obnovení přirozených koryt vodních toků (§ 47, odst. 2h vodního zákona) se nabízí obnova nivních (rozlivových) luk, případně i v dlouhodobějším horizontu lužních lesů nebo renaturace povodňovými průtoky,
- možnosti zrušení vodního díla (např. VD již nemá opodstatnění, stavba je poškozena, neplní již svou funkci, zhoršuje ekologický stav toku, vyžaduje značné náklady na údržbu):
  - vodoprávní úřad po rekognoskaci terénu VD prohlásí dílo za zaniklé (např. zaniklo pod nánosem sedimentu),
  - VD je zrušeno vodoprávně (např. hráz), ale stavba se nechá v terénu bez zásahu,
  - VD je zrušeno vodoprávně a je odstraněno,
- problém v opuštěných vodních dílech, kdy není dohledatelný vlastník – legislativně zajistit rychlé převedení těchto děl např. na stát nebo státní organizace,
- v případě, že VD mají negativním dopad na výskyt sucha a nedostatku vody – umožnit odstranění VD z důvodu veřejného zájmu.

## Literatura

ČÍŽKOVÁ, H., KVĚT, J., COMÍN, F.A., LAIHO, R., POKORNÝ, J., PITHART, D.. Actual state of European wetlands and their possible future in the context of global climate change. *Aquatic Science* 75 (1), 2013, pp. 3–26.

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže, Praha, 2011.

DAŇHELKA, J. a kol. Vyhodnocení sucha na území České republiky na území České republiky v roce, Praha, ČHMÚ, MŽP, 2015.

DAVID, V., DAVIDOVÁ, T., VRÁNA, K., KOUDELKA, P., PAVELKOVÁ, R., ROZKOŠNÝ, M. Hodnocení ploch zaniklých rybníků z hlediska optimalizace jejich využití. Certifikovaná metodika pro praxi. Certifikace MZe ČR č.j. 19004/2015-MZE-15100. ČVUT, Praha, 2015, 57 s.

DOSTÁL, T. a kol. Posouzení disponibilních vodních zdrojů pro závlahu chmelařských oblastí. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 2008.

DRBAL, K. a kol. Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky, DÚ Metodika mapování povodňového rizika. VÚV TGM, Brno, 2009.

DUVIGNEAUD, P. Ekologická syntéza, Academia Praha, 1998, 480 str.

FOLTÝN, M., VISKOT, M. Vliv vodních nádrží v povodí Moravy a Dyje na zvládnání povodní a sucha, Sborník příspěvků ze Semináře Adolfa Patery 2016, Praha, 2016, s. 17-25.

GIMMI, U., LACHAT, T., BÜRGI, M. Reconstructing the collapse of wetland networks in the Swiss lowlands 1850-2000. *Landscape Ecology* 26 (8), 2011, pp. 1071-1083.

HAMÁČKOVÁ, Z., VAČKÁŘ, D. Modelling regulating ekosystém services trade-offs across landscape scenarios in Třeboňsko Wetlands Biosphere Reserve, Czech Republic. *Ecological Modelling* 295 (2015), 2015, pp. 207–215.

HATTERMANN, F.F., KRYŠANOVA, V., HESSE, C. Modelling wetland processes in regional applications. *Hydrological Science Journal* 53 (5), 2008, pp. 1001-1012.

HLADÍK, J. Půda a voda v zemědělské krajině. Konference Sucho v krajině, Brno, 2016.

HRDINKA, T., VLNAS, R. a kol. Metodika pro sestavení hierarchie opatření pro jednotlivé fáze ohrožení suchem, Praha, VÚV TGM, v.v.i., 2015, 12 s.

HUDEC, K. a kol. Mokřady České republiky - přehled vodních a mokřadních biotopů ČR. Upr. dotisk 2. verze. Český ramsarský výbor, Třeboň. JAVA Třeboň 1995, 191 s.

JANEČEK, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika. ČZU, Praha, 2012. ISBN 978-80-87451-42-9.

JANKOVSKÝ, L., CUDLÍN, P., ČERMÁK, P., MORAVEC, I. The prediction of development of secondary Norway spruce stands under the impact of climatic change in the Drahany highlands (The Czech Republic). *Ekologia (Bratislava)*, 23, Supplement 2/2004, s. 101-112

JENÍČEK, M. Modelování průběhu extrémních povodní v kontextu krajinných změn a integrované protipovodňové ochrany. Praha, 2009.

- JUST, T. A KOL. Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. ZO ČSOP Hořovicko. Praha 2005. ISBN 80-239-6351-1
- JUST, T. Revitalizace v intravilánech. Prezentace. Potamologický klub VODOMIL. Nedatováno.
- Kašpárek, L. a kol. Závěrečná zpráva projektu Možnosti zlepšení současných důsledků klimatické změny zlepšením akumulací schopnosti v povodní Rakovnického potoka, Praha, 2012.
- Kolektiv. Program 2000, zajištění veřejného zájmu u LČR. LČR, Hradec Králové, 2000, 63 s.
- KRÁLOVÁ H. Revitalizace a stabilita krajiny. Modul M01. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. Vysoké učení technické v Brně, Brno, 2008.
- MÁČA, P., BAŠTA P., KOŽÍN R., HANEL M. Využití geomorfologických charakteristik pro odhad celkové retence povodí. VTEI 6/2016, Praha, 2016.
- MACKŮ J. Komplexní hodnocení lesních půd. In: Systém komplexního hodnocení půd. Projekt VaV 640/3/99, AOPK ČR, 2000, 73 s.
- MACKŮ J. Návrh cílové druhové skladby, NLP II. manuskript, 2012.
- MACKŮ, J. Methodology for establishing the degree of naturalness of forest stands. Acta univ. Agric. Et. Silv. Mendel., Brun., LX, No. 5, 2012, pp. 161-166.
- MACKŮ, J. Problematika stanovení hydrologických skupin půd v lesích, sborník ČSKI, 2012, s. 15- 21.
- MACKŮ, J. Stanovení hodnot polní kapacity a jejich využití v pedologické a inženýrskogeologické praxi, ÚHÚL Brandýs nad Labem, 1982, s. 5.
- MACURA, L. Úpravy tokov. Bratislava, Slovenské vydavateľstvo technickej literatury, Bratislava, 1966.
- Manipulační řád pro SN Černá na Moravském potoce v km 1,950, Povodí Moravy, s.p., 2013.
- MAYER, W.B., TURNER, B.L. Human population growth and global land-use/land-cover change. Ann. Rev. Ecol. Syst. 23, 1992, pp. 39-61.
- MCCAULEY, L.A., JENKINS, D.G. GIS-based estimates of former and current depression wetlands in an agriculture landscape. Ecological Applications 15 (4), 2005, pp. 1199-1208.
- MEYER, B.K., VANCE, R.K., BISHOP, G.A., DEOCAMPO, D.M. Origin and Dynamics of Nearshore Wetlands: Central Georgia Bight, USA. Wetlands (2015) 35, 2015, pp. 247-261.
- Ministerstvo zemědělství, Příručka ochrany proti vodní erozi. Praha, 2011. ISBN 978-80-7084-996-5.
- Ministerstvo životního prostředí, Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Praha, 2015.
- MORAVEC J. Reconstructed natural versus potential natural vegetation in vegetation mapping: a discussion of concepts. Applied Vegetation Science, 1, 1998, s. 173-176.
- MORENO-MATEOS, D., MANDER, U., PEDROCCHI, C. Optimal location of created and restored wetlands in Mediterranean agricultural catchments. Water resour manage 24, 2010, pp. 2485-2499.
- Nařízení vlády č. 307/2014 Sb., o stanovení podrobností evidence využití půdy podle uživatelských vztahů, ve znění nařízení vlády č. 61/2016 Sb.
- Nařízení vlády č. 309/2014 Sb., o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých zemědělských podpor, ve znění pozdějších předpisů.

Nařízení vlády č. 50/2015 Sb., o stanovení některých podmínek poskytování přímých plateb zemědělcům, ve znění pozdějších předpisů.

NĚMEČEK J. a kol. Taxonomického klasifikačního systému půd ČR, 2011, ČZU Praha, 2011, ISBN 978-80-213-2155-7, 94 str.

PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, R., FRAJER, J., NETOPIIL, P., ŠARAPATKA, B., ROZKOŠNÝ, M., DZURÁKOVÁ, M., KONVIT, I., DAVID, V., VRÁNA, K. Současný stav historických rybníků na území České republiky. UP Olomouc, 2013. Specializovaná mapa s odborným obsahem. Certifikované na MZe v Praze dne 31. 10. 2013.

PAVELKOVÁ, R., FRAJER, J., NETOPIIL, P. A KOL. Historické rybníky České republiky: srovnání současnosti se stavem v 2. polovině 19. století. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Praha, 2014, 167 s.

PLÍVA K., ŽLÁBEK I. Přírodní lesní oblasti ČSR. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1986, 313 s.

POJAR J., KLINKA K, MEIDINGER D.V. Biogeoclimatic ecosystem classification in British Columbia. Forest Ecology and Management, 22, 1987, s. 119-154

POKORNÝ, J. Dissipation of solar energy in landscape - Role of vegetation, impact of drainage on local climate, policy implication. In: Vymazal, J. (eds.). Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands, 2001a, pp. 329-333.

PRACH, K., HOBBS, R.J. Spontaneous succession versus technical reclamation in the restoration of disturbed sites. Restoration Ecology 16 (3), 2008, pp. 363-366.

PREMALATHA, M., TASNEEM, A., ABBASI, S.A. Applications of GIS in Wetland Management: An Overview. Research journal of chemistry and environment, 14 (4), 2010, pp. 87-102.

RICHTER, P. Analýza vývoje krajiny v zemědělských oblastech na příkladu k.ú. Rašovice. Acta Pruhoniceana. Průhonice, roč. 2011, č. 99, 2011, s. 29-39.

RICHTER, P., SKALOŠ, J. Sledování změn mokřadů v krajině nížin a pahorkatin ČR 1843 - 2015. Vodní hospodářství 2016, č.8, 2016, s. 30-34.

ROZKOŠNÝ, M. Revitalizace malých vodních toků. Prezentace z Regionální konference projektu ProFor Weinviertel - Jižní Morava. 2010.

ROZKOŠNÝ, M., PAVELKOVÁ, R., DAVID, V., TRANTINOVÁ, M., FRAJER, J., DZURÁKOVÁ, M., DAVIDOVÁ, T., HŮLA, P., NETOPIIL, P., FIALOVÁ, M. Zaniklé rybníky v České republice – případové studie potenciálního využití území. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Praha, 2015, 170 s.

Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodně blízkými opatřeními v České republice. VÚV TGM, 2015

ŠERCL, P. Vliv fyzicko-geografických faktorů na charakteristiky teoretických návrhových povodňových vln. Praha, 2009. ISBN 978-80-86690-62-9.

ŠEVČÍK, J. Pozemkové úpravy, jejich význam a využití v krajině. Seminář Sucho v krajině, Brno, 2016.

TNV 75 2910 Manipulační řady vodních děl na vodních tocích.



TREPEL, M., PALMERI, M. Quantifying nitrogen retention in surface flow wetlands for environmental planning at the landscape-scale. *Ecological Engineering* 19, 2002, pp. 127-140.

TRPÁKOVÁ, I. Krajina ve světle starých pramenů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 1. vydání, 2013, 248 s.

TÜXEN, R. Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. *Angewandte Pflanzensoziologie*, 13, 1956, s. 5–55.

Usnesení vlády č. 620 k přípravě realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody ze dne 29. července 2015.

VOPRAVIL, J., KULÍŘOVÁ, P., KULHAVÝ, Z. Povodně a sucho – krajina jako základ řešení 3. Voda v zemědělských půdách. *Živa* 3/2015, 2015, s. 116-119.

Vyhláška č. 216/2011 Sb., o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl, ve znění pozdějších zákonů.

Vyhláška č. 48/2011 Sb., o stanovení tříd ochrany.

VYSKOT I., a kol. Kvantifikace a hodnocení funkcí lesů ČR. MŽP ČR, 2003, ISBN 80-7212-264-9

VZD Invest s.r.o. Náměšť nad Oslavou - přírodě blízká protipovodňová opatření, obnova přirozené hydromorfologie a retenční kapacity vodohospodářsky významného toku Oslava a jeho nivy - Vizualizace návrhu. 2014

WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. *Agricultural Handbook*. No. 537. 1978. US Department of Agriculture, Washington, DC. 1978.

Zákon 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech, ve znění pozdějších zákonů.

Zákon 185/2016 Sb., kterým se mění zákon č. 503/2012 Sb., o Státním pozemkovém úřadu a o změně některých souvisejících zákonů.

Zákon 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších zákonů.

Zákon 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších zákonů.

ZHAO, R.F., XIE, Z.L., ZHANG, L.H., ZHU, W., LI, J., LIANG, D. Assessment of wetland fragmentation in the middle reaches of the Heihe River by the type change tracker model. *Journal of Arid Land* 21 (5), 2015, pp. 845-858.

ZLATNÍK, A. Lesnická fytoecologie. Praha, SZN Praha, 1976, 455 s.

Zpráva o životním prostředí České republiky 2010. MŽP, CENIA, Praha, 148 s.

#### Online zdroje

ONLINE 1. HEC - Hydrologic Engineering Center. US Army Corps of Engineers [online]. 2010 [cit. 2010-06-13]. Dostupné z: <http://www.hec.usace.army.mil/>

ONLINE 2. Home%20—%20Climate-ADAPT.html

ONLINE 3. <http://eagri.cz/public/web/mze/>

- ONLINE 4. <http://www.kr-vysocina.cz/opatreni-ke-snizeni-dopadu-dlouhodobeho-sucha-a-nedostatku-vody-na-uzemi-kraje-vysocina/d-4074363>
- ONLINE 5. <http://www.minzp.sk/aktualne/navrh-planu-manazmentu-spravneho-uzemia-povodia-dunaja-navrh-planu-manazmentu-spravneho-uzemia-povodia-visly.html>
- ONLINE 6. <http://www.minzp.sk/files/oblasti/politika-zmeny-klimy/nas-sr-2014.pdf>
- ONLINE 7. Climate Change Post, Droughts – Spain [cit. 2016-12-06]. Dostupný z: <http://www.climatechangepost.com/spain/droughts/>
- ONLINE 8. National Drought Resilience Partnership [cit. 2016-12-02]. Dostupné z: <[https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/drought\\_resilience\\_action\\_plan\\_2016\\_final.pdf](https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/drought_resilience_action_plan_2016_final.pdf)>
- ONLINE 9. NOAA, Climate Program Office [cit. 2016-12-02]. Dostupné z: <<http://cpo.noaa.gov/ClimatePrograms/ClimateandSocietalInteractions/NIDISProgram.aspx>>
- ONLINE 10. U. S. Drought Portal, National Integrated Drought Information System [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <<https://www.drought.gov/drought/>>
- ONLINE 11. Western Governors' Association [cit. 2016-12-05]. Dostupný z: <<https://www.westgov.org/>>
- ONLINE 12. California Department of Water Resources, The California Water Plan [cit. 2016-12-04]. Dostupný z: <<http://www.water.ca.gov/waterplan/>>
- ONLINE 13. California Natural Resources Agency, California Water Action Plan [cit. 2016-11-30]. Dostupný z: <[http://resources.ca.gov/california\\_water\\_action\\_plan/](http://resources.ca.gov/california_water_action_plan/)>
- ONLINE 14. Department of Agriculture and Water Resources, National Drought Policy [cit. 2016-12-02]. Dostupný z: <<http://www.agriculture.gov.au/ag-farm-food/drought/drought-policy>>
- ONLINE 15. Department of Environment and Energy, Water for the Future [cit. 2016-12-01]. Dostupný z: <https://www.environment.gov.au/system/files/resources/7d4c4922-9374-4e19-bf8a-5b5c152ac6bb/files/water-future.pdf>
- ONLINE 16. Department of Sustainability and Environment, Our Water, Our Future [cit. 2016-12-01]. Dostupný z: <[http://images.theage.com.au/file/2011/12/09/2828453/water\\_policy.pdf](http://images.theage.com.au/file/2011/12/09/2828453/water_policy.pdf)>
- ONLINE 17. Department of Environment and Primary Industries [cit. 2016-12-01]. Dostupný z: <<http://www.depi.vic.gov.au/water/governing-water-resources/sustainable-water-strategies>>
- ONLINE 18. [is.muni.cz/el/1431/podzim2009/Z8308/um/Lekce11\\_revitalizace.doc](http://is.muni.cz/el/1431/podzim2009/Z8308/um/Lekce11_revitalizace.doc)
- ONLINE 20. [http://www.povis.cz/html/download\\_opzp\\_2014\\_13.htm](http://www.povis.cz/html/download_opzp_2014_13.htm)
- ONLINE 21. [http://www.vodakh.cz/wp-content/uploads/2014/10/OOV\\_Mapa\\_potencialniho\\_vsaku\\_20151022.pdf](http://www.vodakh.cz/wp-content/uploads/2014/10/OOV_Mapa_potencialniho_vsaku_20151022.pdf)
- ONLINE 22. Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i. Klimatická změna. [Online]. Přístupné na: [www.klimatickazmena.cz](http://www.klimatickazmena.cz). [navštíveno: 15. 11. 2016]

- ONLINE 23. Analytické podklady k materiálu problematiky sucha, 2015  
([http://eagri.cz/public/web/file/417669/Priloha\\_\\_\\_VODA\\_SUCHO\\_usn.\\_vl.\\_620.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/417669/Priloha___VODA_SUCHO_usn._vl._620.pdf))
- ONLINE 24. Vládou projednaný materiál k problematice sucha, 2015 (zdroj:  
[http://eagri.cz/public/web/file/417667/\\_3\\_material\\_VLADA.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/417667/_3_material_VLADA.pdf))
- ONLINE 25. Metodika vymezení krajinného prvku „mokřad“, 2016. Dostupné z:  
[http://eagri.cz/public/web/file/456017/Metodika\\_mokrad\\_total\\_final.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/456017/Metodika_mokrad_total_final.pdf)
- ONLINE 26. DLABAL, J., PICEK, J., DZURÁKOVÁ, M., ROZKOŠNÝ, M., PAVELKOVÁ, R., DAVID, V.  
Hodnocení území na bývalých rybníčních soustavách (vodních plochách) s cílem  
posílení udržitelného hospodaření s vodními a půdními zdroji v ČR - interaktivní  
aplikace [on-line]. , 2015, dostupné z:  
<http://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/HistorickeRybniky/default.asp>
- ONLINE 27. CUZK 2016. Geoportál ČÚZK – přístup k mapovým produktům a službám resortu  
[online]: <<http://geoportal.cuzk.cz/>>, citováno 26.11. 2016.
- ONLINE 27. KADLÍKOVÁ, L. Ekosystémy v české přírodě – mokřady. Příroda, cit z.  
<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=447>, 2005.
- ONLINE 28. NGI 2016. Národní geoportál INSPIRE [online]: <<http://geoportal.gov.cz/>>CENIA,  
Praha, citováno 26.11. 2016.
- ONLINE 29. FELDMAN, A.D. (Ed.). Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference  
Manual. US Army Corps of Engineers. Washington, 2000. 149 s. Dostupné z:  
<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation.html>
- ONLINE 30. ČHMÚ. Hlásná a předpovědní povodňová služba [online]. 2016 [cit. 2016-09-20].  
Dostupné z: [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_main.php](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_main.php)
- ONLINE 31. ČHMÚ. Využití údajů o historických povodních pro účely hydroprognózy, Tomáš  
Vlasák (ČHMÚ České Budějovice). Katalog prezentací [online]. 2016 [cit. 2016-09-29].  
Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/katalogprezentaci/files/prezentace\\_prednaska\\_uk\\_historicke\\_rady\\_zmensene\\_obrazky.ppt](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/katalogprezentaci/files/prezentace_prednaska_uk_historicke_rady_zmensene_obrazky.ppt).

## Seznam zkratk

|         |  |
|---------|--|
| AOPK    | Agentura ochrany přírody a krajiny ČR  |
| CN      | curve number (průměrné hodnoty čísla odtokových křivek)                          |
| ČHMÚ    | Český hydrometeorologický úřad   |
| ČIŽP    | Česká inspekce životního prostředí   |
| ČOV     | čistírna odpadních vod   |
| ČR      | Česká republika  |
| ČÚZK    | Český úřad zeměměřičský a katastrální  |
| DIBAVOD | digitální báze vodohospodářských dat   |
| DMT     | digitální model terénu   |
| DSO     | dráha soustředěného odtoku   |
| GIS     | geografické informační systémy   |
| GMF     | geomorfologie / geomorfologický  |
| HEC-HMS | Hydrology Engineering center - Hydrologic modeling systém                        |
| HPV     | hladina podzemní vody  |
| HS      | hospodářský soubor   |
| HSP     | hydrologická skupina půd   |
| CHOPAV  | chráněné oblasti přirozené akumulace vod   |
| IPS     | index předchozích srážek   |
| KB      | kritický bod   |
| KoPÚ    | komplexní pozemkové úpravy   |
| KPT     | kumulovaný porostní typ  |
| KVS     | klimaticko-vegetačních segmentů  |
| LPIS    | Systém pro identifikaci zemědělských pozemků (Land Parcel Identification System) |
| LVS     | lesní vegetační stupeň   |
| MŘ      | manipulační řád  |
| MVN     | malá vodní nádrž   |
| OPNS    | ochrana proti následkům sucha  |
| OPŽP    | Operační program Životní prostředí   |
| PBPO    | přírodě blízká protipovodňová opatření   |
| PEO     | protierozní opatření (ochrana)   |

|         |   |
|---------|---|
| PLO     | přírodní lesní oblast                           |
| PPO     | protipovodňová opatření (ochrana)               |
| RSV     | Rámcová směrnice o vodách                       |
| SLT     | skupina lesních typů                            |
| S-O     | srážko-odtokový                                 |
| TBD     | technickobezpečnostní dohled                    |
| TDT     | těžebně-dopravní technologie                    |
| TTP     | trvalý travní porost                            |
| ÚSES    | územní systém ekologické stability              |
| VD      | vodní dílo                                      |
| ZABAGED | základní báze geografických dat České republiky |
| ZPF     | zemědělský půdní fond                           |

## Seznam obrázků

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1 Federální americký portál U. S. Drought Portal (ONLINE 10).....   | 16 |
| Obrázek 2 Kategorizace území ČR v projektu Strategie .....  | 18 |
| Obrázek 3 Mapa rozložení klimaticko-vegetačních stupňů na území ČR.....   | 33 |
| Obrázek 4 Podíl jednotlivých lesních vegetačních stupňů (LVS) v ČR .....  | 34 |
| Obrázek 5 Rozložení jednotlivých lesních vegetačních stupňů v ČR .....  | 35 |
| Obrázek 6 Stav před realizací opatření v r. 2006 - malá vodní nádrž, Miletínský potok, Dolní Slověnice (zdroj: mapy.cz) .....             | 39 |
| Obrázek 7 Stav po realizaci opatření v r. 2015 – soustava malých vodních nádrží, Miletínský potok, Dolní Slověnice (zdroj: mapy.cz) ..... | 40 |
| Obrázek 8 Pásové střídání plodin k. ú. Šardice (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.) .....   | 47 |
| Obrázek 9 Vinohrad se zatravněným meziřadím Ořechov, okres Uherské Hradiště (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.) .....                                | 50 |
| Obrázek 10 Ovocné stromy na zatravnění Ořechov, okres Uherské Hradiště (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)   | 51 |
| Obrázek 11 Vzorový příčný řez průlehem (Janeček a kol., 2012).....  | 52 |
| Obrázek 12 Ozeleněný průleh v k.ú. Starovice (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.) .....   | 52 |
| Obrázek 13 Vzorový příčný řez příkopem (Janeček a kol., 2012).....  | 54 |
| Obrázek 14 Ukázka zatravněného příkopu (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.).....  | 54 |
| Obrázek 15 Zsakovací pásy v k.ú. Bohumilice (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.).....   | 56 |
| Obrázek 16 Parabolický profil zatravněné údolnice (Janeček, 2012).....  | 57 |
| Obrázek 17 Stabilizace dráhy soustředěného odtoku zatravněním v k.ú. Nenkovice (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.) .....                             | 57 |
| Obrázek 18 Vzorový příčný řez hrázkou (Janeček a kol., 2012) .....  | 58 |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Obrázek 19 | Vzorový příčný řez mezi se sedimentačním pásem a průlehem (Janeček a kol., 2012) ....   | 59  |
| Obrázek 20 | Nově vybudovaná přehrážka v zatravněné údolnici v k.ú. Starovice (zdroj: VUV TGM, v.v.i.) .....   | 59  |
| Obrázek 21 | Schéma uspořádání terasy průřezem (Janeček a kol., 2012) .....  | 60  |
| Obrázek 22 | Zemní terasy v k.ú. Starovice (zdroj: VUT v Brně) .....   | 61  |
| Obrázek 23 | Zemní terasy v k.ú. Těšany (zdroj: VUV TGM, v.v.i. ) .....  | 61  |
| Obrázek 24 | Vzorový řez hrází (Janeček a kol., 2012) .....  | 64  |
| Obrázek 25 | Vodní víceúčelová nádrž v k. ú. Nenkovice (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.) .....  | 64  |
| Obrázek 26 | Suchá nádrž k. ú. Nenkovice (zdroj: VUV TGM, v.v.i.), zátoka využívána k pastvě koní ....   | 66  |
| Obrázek 27 | Suchá nádrž v k. ú. Starovice (zdroj: VUV TGM, v.v.i.), zátoka využívána jako orná půda   | 66  |
| Obrázek 28 | Ochranná nádrž s malým zásobním prostorem v k. ú. Staré Hvězdlice (zdroj: VÚV TGM, v.v.i.) .....  | 67  |
| Obrázek 29 | Soustava tůní a mokřadu k. ú. Borkovany (zdroj: VUV TGM, v.v.i.) .....  | 69  |
| Obrázek 30 | Soubor fotografií zachycujících změnu trasy vodních toků .....  | 81  |
| Obrázek 31 | Soubor fotografií zachycujících využití původního upraveného koryta .....   | 83  |
| Obrázek 32 | Soubor fotografií zachycujících členitost koryt .....   | 85  |
| Obrázek 33 | Soubor fotografií zachycujících hloubkovou erozi koryt .....  | 85  |
| Obrázek 34 | Soubor fotografií zachycujících dřeva v korytě .....  | 88  |
| Obrázek 35 | Skupina fotografií zachycujících pozitivní boční erozi .....  | 88  |
| Obrázek 36 | Skupina fotografií zachycujících vzdouvací prvky v tocích .....   | 90  |
| Obrázek 37 | Skupina fotografií zachycujících režim splavenin vodních toků .....   | 92  |
| Obrázek 38 | Skupina obrázků zachycujících stabilizační prvky z přírodních materiálů .....   | 95  |
| Obrázek 39 | Skupina fotografií zachycujících využití mrtvého dřeva při stabilizaci toků .....   | 97  |
| Obrázek 40 | Soubor fotografií zachycujících břehovou a doprovodnou vegetaci .....   | 100 |
| Obrázek 41 | Soubor fotografií zachycujících koryta se stěhovavou kynetou .....  | 103 |
| Obrázek 42 | Soubor fotografií zachycujících způsoby stabilizace koryt v intravilánech a jejich blízkosti .....  | 106 |
| Obrázek 43 | Soubor fotografií zachycujících břehovou a doprovodnou vegetaci v intravilánech .....   | 109 |
| Obrázek 44 | Soubor fotografií zachycujících způsoby řešení parkových úprav toků v intravilánech ..  | 112 |
| Obrázek 45 | Soubor fotografií zachycujících využití nivy k rozlivům za povodní .....  | 114 |
| Obrázek 46 | Soubor fotografií zachycujících boční ramena, tůně a mokřady na tocích .....  | 116 |
| Obrázek 47 | Soubor fotografií zachycujících obnovení a ochranu potenciálně přirozené nivní vegetace .....   | 118 |
| Obrázek 48 | Soubor fotografií zachycujících nádrže, jejich zátopy a litorální pásma .....   | 120 |
| Obrázek 49 | Prostor zátopy bývalého rybníka s protrženou hrází s porostem mokřadních vrbin (Kouřimsko) .....  | 122 |
| Obrázek 50 | Hlubší tůně v původním upraveném korytě potoka Borová vytvořené během revitalizace (stav v roce 2006). Zdroj vody představují průsaky z hlavního koryta a drenážní výusti ..... | 123 |

|  |     |
|--|-----|
| Obrázek 51 I po deseti letech (foceno podzim 2016) nejsou hlubší části tůň zarostlé vlhkomilnou vegetací. Díky tomu, že do prostoru nepřichází erozní smyvy (okolní pozemky využívané jako extenzivní pastviny), nedochází k zaměnění tůň a jejich přeměně na mokřad .....     | 124 |
| Obrázek 52 Jedna z postranních tůň revitalizační akce na potoku Brodec u obce Načeradec těsně po dokončení. Byla hloubena jako mělká mísa s mírně sklonitými břehy (období 2002-2003).....   | 124 |
| Obrázek 53 Stav tůň na jaře 2013, po cca deseti letech od realizace. ....  | 124 |
| Obrázek 54 Mokřadní plocha vytvořená při revitalizaci potoka Borová v dolní části toku v roce 2001. ....   | 125 |
| Obrázek 55 Stejná plocha v roce 2006, s postupným zanášením se rozšiřuje vlhkomilná vegetace a snižuje se rozloha volné vodní hladiny. Na podzim 2016 je již prakticky celá původní plocha mokřadu bez volné vodní hladiny, zarostlá vegetací s dominancí bahenních trav. .... | 125 |
| Obrázek 56 Vstupní data pro identifikaci nejvhodnějších území pro obnovu mokřadů (zdroj: Trepel a Palmeri (2002)).....   | 128 |
| Obrázek 57 Navržené ochranné prvky u obce Blatnička na topografické mapě 1 : 10 000 (Zdroj: ČÚZK) .....  | 131 |
| Obrázek 58 Zpevněný průleh slouží i jako vedlejší polní cesta, ukončen lapačem splavení a sedimentační jímka, zpevněný příkop a zachycovací zatravněné ovocné sady (Zdroj: EKOTOXA s. r. o.) .....   | 132 |
| Obrázek 59 Lokalizace suché nádrže a svodného průlehu na topografické mapě 1 : 10 000 a na současném leteckém snímku (Zdroj: ČÚZK) .....   | 134 |
| Obrázek 60 Suchá nádrž a svodný průleh (Zdroj: VÚV TGM, v.v.i.) .....  | 135 |
| Obrázek 61 Průběh nově založeného stabilizace dráhy odtoku na topografické mapě 1 : 10 000 a na současné ortofotomapě (Zdroj: ČÚZK).....   | 137 |
| Obrázek 62 Pohled na zatravněnou a ozeleněnou stabilizaci dráhy odtoku (Zdroj: VÚV TGM, v.v.i.)  | 138 |
| Obrázek 63 Lokalizace vodní nádrže na topografické mapě 1 : 10 000 a na současné ortofotomapě (Zdroj: ČÚZK) .....  | 139 |
| Obrázek 64 Pohled na vodní nádrž v k.ú. Nenkovice (Zdroj: VÚV TGM, v.v.i.) .....   | 140 |
| Obrázek 65 Odtok s nádrže doplněný tůňkami (Zdroj: VÚV TGM, v.v.i.).....   | 140 |
| Obrázek 66 Lokalizace teras na topografické mapě 1 : 10 000 a na současné ortofotomapě (Zdroj: ČÚZK).....  | 142 |
| Obrázek 67 Zemní terasy v k.ú. Starovice (Zdroj: VUT v Brně).....  | 143 |
| Obrázek 68 Lokalizace místa realizace mokřadní lokality na topografické mapě 1 : 10 000 a na současné ortofotomapě (Zdroj: ČÚZK).....  | 144 |
| Obrázek 69 Pohled na realizovaný mokřad (Zdroj: EKOTOXA) .....   | 145 |
| Obrázek 70 Průběh nově založeného biokoridoru (plnou čarou) a nedaleké lokality mokřadu (čárkovaně) na topografické mapě 1 : 10 000 a na současné ortofotomapě (Zdroj: ČÚZK) .....   | 146 |
| Obrázek 71 Pohled na biokoridor (Zdroj: VÚV TGM, v.v.i.).....  | 147 |
| Obrázek 72 Lokalizace mokřadu na topografické mapě 1 : 10 000 a leteckém snímku (Zdroj: ČÚZK)  | 148 |
| Obrázek 73 Lokalita těsně po realizaci opatření (Zdroj: Ing. Dr. Marada) .....   | 149 |

|  |     |
|--|-----|
| Obrázek 74 Lokalizace mokřadu na topografické mapě 1 : 10 000 a současném leteckém snímku (Zdroj: ČÚZK) .....  | 150 |
| Obrázek 75 Lokalita těsně po realizaci opatření (Zdroj: Ing. Dr. Marada) .....   | 151 |
| Obrázek 76 Revitalizovaný úsek toku Veličky s vyznačenou kilometrží toku (podklad: Základní mapy ČR, ©ČÚZK) .....  | 152 |
| Obrázek 77 Původní stupeň před vybudováním balvanitého skluzu, 2004 (zdroj: M. Foltýn, Povodí Moravy, s.p.).....   | 153 |
| Obrázek 78 Vybudování balvanitého skluzu, 2009 (zdroj: D. Veselý, Povodí Moravy, s.p.) .....   | 154 |
| Obrázek 79 Tůně rybího přechodu při nulovém průtoku v roce 2012 (zdroj: D. Veselý, Povodí Moravy, s.p.) .....  | 154 |
| Obrázek 80 Orientační vyznačení revitalizovaných úseků (modré úsečky) Lubnického potoka (podklad: mapy.cz) .....   | 155 |
| Obrázek 81 Pohled na koryto vodního toku v roce 2005 (vlevo) a v roce 2016 (vpravo) .....  | 158 |
| Obrázek 82 Původní stav koryta a opevnění kvádrovými tvárnici (2005).....  | 158 |
| Obrázek 83 Úpravy koryta toku při revitalizaci, vytvořené tůně a příčné překážky (2005) .....  | 159 |
| Obrázek 84 Pohled na koryto, příčné překážky a podélné tůně v roce 2016.....   | 159 |
| Obrázek 85 Orientační vyznačení revitalizovaných úseků (modré úsečky) Lubnického potoka (podklad: mapy.cz) .....   | 160 |
| Obrázek 86 Pohled na pás pozemku s jedním ze zatrubněných toků před revitalizací a pohled na likvidaci trubního vedení v roce 2000 .....   | 163 |
| Obrázek 87 Pohled na jednu z nově vybudovaných retenčních nádrží s výsadbami dřevin s chráničkami (2001).....  | 163 |
| Obrázek 88 Koryto odtrubněného toku a stav výsadem v oplocence v roce 2005. Vpravo je na snímku patrná i hráz a stavidlový objekt dolní retenční nádrže. ....  | 163 |
| Obrázek 89 Stav výsadeb na podzim 2016. V tomto úseku bylo koryto toku vyschlé. Na pravém snímku již není hráz a stavidlový objekt viditelný. Koryto toku se vyvinulo do mělkého miskovitého průřezu vinoucího se údolnicí mezi výsadbou. .... | 164 |
| Obrázek 90 Srovnání výsadby doprovodné dřevinné vegetace pásu toku mezi roky 2006 a 2016. ...  | 164 |
| Obrázek 91 Vývoj zátopu jedné z retenčních nádrží mezi roky 2006 a 2016 .....  | 164 |
| Obrázek 92 Vývoj pásu doprovodné dřevinné vegetace podél toku (2006 a 2016) .....  | 165 |
| Obrázek 93 Pohled na horní část Lučního potoka a mokřadní retenční plochu v roce 2006.....   | 165 |
| Obrázek 94 Pohled na horní část Lučního potoka a mokřadní retenční plochu v roce 2016.....   | 165 |
| Obrázek 95 Revitalizované koryto Lučního potoka v roce 2006 .....  | 166 |
| Obrázek 96 Revitalizované koryto Lučního potoka v roce 2016 .....  | 166 |
| Obrázek 97 Stav ochranných oplocenek výsadeb (2006 a 2016).....  | 166 |
| Obrázek 98 Orientační vyznačení revitalizovaných úseků (modré úsečky) potoka Borová (podklad: mapy.cz) .....   | 167 |
| Obrázek 99 Stav výsadeb v pásu kolem potoka v roce 2005 (vlevo) a 2016 (vpravo) .....  | 170 |
| Obrázek 100 Stav koryta před revitalizací, detailní pohled na provedené opevnění při melioraci ....  | 171 |
| Obrázek 101 Stavba meandrujícího koryta v roce 1998 .....  | 171 |



|   |     |
|---|-----|
| Obrázek 102 Usazeniny v centrálním mokřadu v roce 2003 po několika povodních na toku .....  | 172 |
| Obrázek 103 Pohled na mokřad v roce 2006 .....  | 172 |
| Obrázek 104 Pohled na nově vybudované tůně (1998 – vlevo) a v roce 2002 (vpravo).....   | 173 |
| Obrázek 105 Pohled na tůně v roce 2006 .....  | 173 |
| Obrázek 106 Pohled na tůně v roce 2016 .....  | 173 |
| Obrázek 107 Koryto potoka v roce 2006.....  | 174 |
| Obrázek 108 Koryto potoka v roce 2016.....  | 175 |
| Obrázek 110 Stav spodní části prameniště v září 2009 a listopadu 2012 (foto: VÚV TGM, v.v.i.).....  | 177 |
| Obrázek 112 Vývoj/obnova mokřadního ekosystému v Polabské nížině v letech 1836-2015 dle dostupných podkladů (Zdroj: ONLINE 27 a 28) .....   | 178 |
| Obrázek 113 Obnovená vodní plocha na bývalé orné půdě, květen 2015 (foto: VÚV TGM, v.v.i.) ....   | 179 |
| Obrázek 114 Jarní stadium sukcesního mokřadu na orné půdě, květen 2015 (foto: VÚV TGM, v.v.i.) .....  | 179 |
| Obrázek 115 Sukcesní mokřad na orné půdě v srpnu 2015 (foto: VÚV TGM, v.v.i.).....  | 180 |
| Obrázek 117 Mokřad (na místě zaniklé nivní louky) červen 2012 (foto: VÚV TGM, v.v.i.) .....   | 181 |
| Obrázek 118 Tentýž mokřad po zásahu zemědělské techniky, listopad 2012 (foto: VÚV TGM, v.v.i.).....   | 181 |
| Obrázek 119 Lokalizace uvažovaných retenčních prostor v povodí Husího potoka .....  | 184 |
| Obrázek 120 Variantní návrh (scénář 1) plošných protierozních opatření (VENP – vyloučení erozně nebezpečných plodin, AGT – agrotechnická opatření, TTP – trvalý travní porost, DSO – dráha soustředěného odtoku)..... | 186 |
| Obrázek 121 Schematizace zájmové části povodí pro HEC-HMS.....  | 187 |
| Obrázek 122 Kalibrace S-O modelu.....   | 190 |
| Obrázek 123 Verifikace S-O modelu.....  | 191 |
| Obrázek 124 Porovnání hydrogramů odtoku v závěrovém profilu při různých variantách opatření .   | 193 |
| Obrázek 125 Nadlepšení průtoků v profilu Fulnek – březen 2005.....  | 195 |
| Obrázek 126 Nadlepšení průtoků v profilu Fulnek – březen 2006.....  | 196 |
| Obrázek 127 Nadlepšení průtoků v profilu Fulnek – červen 2009.....  | 197 |

## Seznam tabulek

|   |    |
|---|----|
| Tabulka 1 Rozlohy navrhovaných opatření .....   | 22 |
| Tabulka 2 Počty navrhovaných opatření.....  | 23 |
| Tabulka 3 Odhad zvětšení dotace podzemních vod.....   | 24 |
| Tabulka 4 Zastoupení řídicích lesních vegetačních stupňů v přírodních lesních oblastech (PLO, roční srážky mm, průměrné teploty °C) ..... | 32 |
| Tabulka 5 Rozloha lesních vegetačních stupňů (LVS) klasifikačního systému lesnické typologie na území ČR.....                             | 34 |
| Tabulka 6 Hydrologické skupiny půd s uvedenou rozlohou a podílem na ploše ČR (úprava MACKŮ, J., 2012).....                                | 37 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabulka 7 Výsledky hodnocení dílčích složek ekologického stavu na sledovaných profilech pod realizovanými opatřeními typu MVN. .... | 39  |
| Tabulka 8 Komplexní hodnocení vlivů dílčích revitalizačních opatření.....   | 75  |
| Tabulka 9 Vývoj mokřadního ekosystému v letech 1839 až 2010 (Zdroj: Richter 2011) .....   | 177 |
| Tabulka 10 Základní charakteristiky uvažovaných nádrží v jednotlivých katastrech zájmového území .....                              | 183 |
| Tabulka 11 Vstupní parametry do modelu - Charakteristiky dílčích povodí a úseků toků.....   | 188 |
| Tabulka 12 Základní charakteristiky použitých vstupních časových řad srážek.....  | 189 |
| Tabulka 13 Vliv navržených opatření na zadržetí vody v krajině.....   | 192 |
| Tabulka 14 Orientační odhad možné retence biotechnických opatření dle maximálních doporučených parametrů.....                       | 192 |

## Přílohy

- P1** – Účinky plošných a biotechnických opatření pro řešení problematiky sucha – Výhody
- P2** – Účinky plošných a biotechnických opatření pro **řešení** problematiky sucha – Nevýhody
- P3** – Účinky malých vodních nádrží pro řešení problematiky sucha – Výhody
- P4** – Účinky malých vodních nádrží pro řešení problematiky sucha – Nevýhody
- P5** – Účinky opatření na lesní půdě pro řešení problematiky sucha – Výhody a Nevýhody
- P6** – Vhodnost plošných, lesních, biotechnických opatření a malých vodních nádrží k řešení problematiky sucha
- P7** – Vhodnost opatření na tocích a mokřadních biotopů k řešení problematiky sucha