Zadržení vody v krajině na území Moravskoslezského kraje

Územní studie

GEOtest, a.s.

Brno, leden 2023

GEOtest, a.s. tel.: **548 125 111**
Šmahova 1244/112, 627 00 Brno fax: **545 217 979**
IČ: **46344942** DIČ: **CZ46344942** e-mail: **info@geotest.cz**
Geologické a sanační práce pro ochranu životního prostředí, geotechnický a hydrogeologický průzkum

Číslo a název zakázky: **21 7280 Moravskoslezský kraj – zadržení vody v krajině, studie**
Objednatel: Moravskoslezský kraj, 28. října 117, 702 18 Ostrava
Evidenční číslo ČGS: Neevidováno

Zadržení vody v krajině na území Moravskoslezského kraje

Územní studie

Zpracovali: **Ing. Adam Vyplel**
Mgr. Jiří Hladík
MSc. Antonín Kusbach
Mgr. Jan Oprchal
Zodpovědný projektant: **Ing. arch. Pavel Šemora**

RNDr. Lubomír Klímek, MBA
člen představenstva

Brno, leden 2023 **Výtisk**

OBSAH

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY SUCHA V KRAJINĚ 1
2. CÍLE PŘEDKLÁDANÉ ÚZEMNÍ STUDIE 1
3. PROVĚŘENÍ STAVU KRAJINY VE VZTAHU K ZADRŽOVÁNÍ VODY V KRAJINĚ 2
3.1 Popis zájmového území 2
3.1.1 Klimatické poměry 2
3.1.2 Hydrogeologické poměry 4
3.2 VYMEZENÍ ÚZEMÍ S RIZIKEM SUCHA 4
3.2.1 Globální a regionální klimatické modely 5
3.2.2 Výběr vhodného modelu pro účely studie 6
3.3 STANOVENÍ POVODÍ OHROŽENÉHO SUCHEM 7
3.3.1 Referenční hodnota úhrnu srážek 10
3.3.2 Deficit srážek a výpar 12
3.4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ADAPTAČNÍ STRATEGII NA ZMĚNU KLIMATU .. 12
3.4.1 Opatření Plánu dílčího povodí Horní Odry 13
3.4.2 Vliv umístění v horních částech povodí 13
3.4.3 Blízkost útvarů povrchových vod 14
3.4.4 Vliv fyzicko-geografických charakteristik lokality 14
3.4.5 Vliv podílu plochy stojatých vod 14
4. ZÁVĚR METODICKÉHO NÁVRHU K ZADRŽOVÁNÍ VODY V KRAJINĚ 15
5. KONCEPT NÁVRHU ŘEŠENÍ – VÝBĚR LOKALIT 15
5.1 POSTUP VÝBĚRU LOKALIT K ZADRŽENÍ VODY V KRAJINĚ 16
5.1.1 Convergence Index 16
5.1.2 Flow Accumulation 16
5.1.3 Syntéza výsledných dat 17
5.2 FILTRAČNÍ VRSTVY 18
5.2.1 Výstup GIS analýzy – ukázková plocha 20
5.2.2 Závěr GIS analýzy – identifikované lokality 22
6. NÁVRH ŘEŠENÍ VČETNĚ MOŽNÝCH VARIANT 22
6.1 LOKALITY VHODNÉ K ZADRŽENÍ VODY V KRAJINĚ PROSTŘEDNICTVÍM PŘÍRODĚ BLÍZKÝCH OPATŘENÍ 22
6.1.1 Příklad vyhledání vhodné plochy pro zadržení vody v krajině prostřednictvím přírodě blízkých opatření dle diagramu 25
6.2 VYTIPOVÁNÍ LOKALIT K BUDOVÁNÍ MALÝCH VODNÍCH DĚL ZADRŽUJÍCÍCH VODU V KRAJINĚ 26
6.2.1 Malé vodní nádrže (MVN) 26
6.2.2 Obecný postup pro přístup k návrhu MVN na vytipované ploše 26
6.2.3 Příklad vyhledání vhodné plochy pro zadržení vody v krajině prostřednictvím MVN dle diagramu 30

6.2.4 Návrhy přírodě blízkých úprav na vodním toku na vytipované ploše 31
6.3 DOPLNĚNÍ O JIŽ EXISTUJÍCÍ PLÁNOVANÉ LOKALITY 31
7. ZÁVĚREČNÉ SHRNUTÍ 32
8. VYUŽITÍ VÝSTUPU PRO BOJ SE SUCHEM 32
Seznam použitých podkladů: 33
Seznam použitých zkratek: 34
Seznam obrázků: 35
Příloha Územní studie: 35

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY SUCHA V KRAJINĚ

Hydrologické poměry a jejich změny ve střední Evropě jsou mimo jiné předmětem vědeckých studií zabývajících se změnou klimatu. Krajina České republiky je sužována dlouhodobým suchem, které je zejména evidentní v posledních 15 letech. Změnu klimatu lze pozorovat nejen v nerovnoměrnosti nebo nedostatku úhrnu srážek během roku, ale i v souvisejících veličinách, jako je např. evapotranspirace, vzdušná vlhkost, nasycenost půdy apod. O existenci sucha na území ČR svědčí již řada faktorů – nedostatek srážek pro zavlažování zemědělských ploch, výrazný pokles hladiny v povrchových tocích v období letních měsíců nebo plošná těžba smrkových porostů v důsledku kůrovcové kalamity.

Celkový nedostatek srážek a jejich roční nerovnoměrnost lze částečně ovlivnit změnou využití krajiny, která srážky účinně zachytí a poskytne tak jedinou možnost, jak s vodou v krajině účinně nakládat. Jednou z možností, jak toho dosáhnout, je způsob hospodaření na zemědělských plochách, který by měl mít za cíl také zlepšení vodního režimu v půdním prostředí. Druhou možností jsou opatření k zadržení maximálního objemu vody v krajině, například budování nových malých vodních ploch, mokřadů, revitalizace vodních toků apod., jejichž návrh je předmětem této studie.

Teoretická část studie se zabývá prověřením stavu území ve vztahu k zadržování vody v krajině. Obsahem této části je návrh metodiky pro zpracování a hodnocení reliéfu krajiny a dalších podmínek (popis území a jeho vymezení z hlediska geomorfologických, hydrogeologických a klimatických poměrů) ve vztahu k možnosti budovat malá vodní díla zadržující vodu v krajině včetně návrhu přírodě blízkých opatření a návrhu perspektivního území pro zadržení vody v krajině pomocí přírodě blízkých opatření.

Praktická část je rozdělena na dvě části – zpracování konceptu návrhu řešení včetně možných variant a následně zpracování výsledného návrhu díla.

Územní studie se zabývá následnou možnostmi provedení konkrétních návrhů opatření na identifikovaných 879 vhodných lokalitách. Funkčnost navrhovaného řešení je demonstrována na uvedených příkladech a schématech. Přílohu dokumentu tvoří zpráva s územními a technickými podmínkami pro rozdělení a vymezení přírodě blízkých opatření na vybraných lokalitách.

Vybrané lokality představují pouze potenciál místa k provedení některého z katalogu možných záměrů přírodě blízkých přístupů k zadržení vody v krajině. Vždy je zdůrazněna potřeba následného polohopisného zpřesnění a konkretizace typu provedení vhodného opatření na základě in situ podrobného průzkumu lokality s ohledem na funkčnost návrhu, ověření geologických a hydrogeologických podmínek, možných střetů zájmu s ochranou přírody a krajiny a také ověření majetkoprávních poměrů vybraných lokalit.

2. CÍLE PŘEDKLÁDANÉ ÚZEMNÍ STUDIE

Předkládaný metodický návrh pro zpracování a hodnocení reliéfu krajiny a návrh perspektivního území pro zadržení vody v krajině nejprve prověřuje a analyzuje vstupní faktory se vztahem k zadržování vody v krajině, následně vymezuje územní rozsah záběru územní studie a rozebírá faktory adaptační strategie na změnu klimatu. Následně je představen návrh řešení ve vybraných lokalitách, včetně možných variant řešení. Je představena metodika výběru vhodných lokalit k zadržení vody v krajině prostřednictvím přírodě blízkých opatření a

metodika výběru lokalit s potenciálem k vybudování malých vodních nádrží či úprav koryta toku na stávajících horních a středních tocích.

Studie předkládá 819 návrhů vhodných ploch k zadržení vody v krajině a 59 návrhů vhodných ploch k zadržení vody na vodních tocích či vedoucích k úpravě břehů. Tyto návrhy představují potenciál pro řešení dlouhodobého problému – nedostatku vody v krajině.

Jejich realizací dojde k zadržení vody v krajině, ke zpomalení odtoku srážkové vody do povrchových toků a ke zvýšení infiltrace srážkové vody do horninového prostředí. Bude tak možné zlepšit hydrologické poměry, zadržet vodu v půdě pro potřebu rostlin, v horninovém prostředí pro doplnění zásob podzemní vody, či ve vodních tocích pro zajištění plnění ekosystémových funkcí a vodohospodářského účelu.

Předkládané plochy reprezentují pouze vhodné místo k provedení opatření. To je třeba chápat jako potenciál plochy a jejího okolí k provedení některého z typů přírodě blízkých opatření k zadržení vody v krajině. Nejedná se v žádném případě o striktní hranici! Je třeba následně postupovat podle navržených schémat a specifikovat podrobněji konkrétní typ vhodného opatření na základě provedení podrobného průzkumu každého konkrétního identifikovaného území.

Návrhy poblíž stávajících mokřadních ekosystémů a vodních ploch budou vyžadovat přírodě blízký a udržitelný přístup, naopak návrhy na zemědělské půdě či v blízkosti zástavby umožňují techničtější podobu revitalizace, úpravy břehů toku či návrhu malé vodní nádrže. Vždy je třeba implementovat taková opatření, která budou slučitelná s udržitelným hospodařením v oblasti vodního hospodářství a územního plánování. Realizaci projektů by nyní mělo předcházet podrobné zmapování místních poměrů pro potřebný ucelený kontext. Mezi tyto průzkumy patří biologické, geologické, hydrologické a hydrogeologické posouzení lokality. Bude tak splněn dobrý předpoklad realizace průchozího, smysluplného a udržitelného projektu.

3. PROVĚŘENÍ STAVU KRAJINY VE VZTAHU K ZADRŽOVÁNÍ VODY V KRAJINĚ

Metodický návrh se zabývá analýzou všech faktorů, které sucho na území kraje může ovlivňovat. Bylo definováno území s nedostatkem srážek, území ohroženého suchem, a také určeno perspektivní území pro zadržení vody v krajině. Území Moravskoslezského kraje bylo posuzováno na základě jeho klimatických a hydrogeologických poměrů, a to s ohledem na moderní technologie umožňující digitální modelování klimatické změny a zpracovávání historických měření.

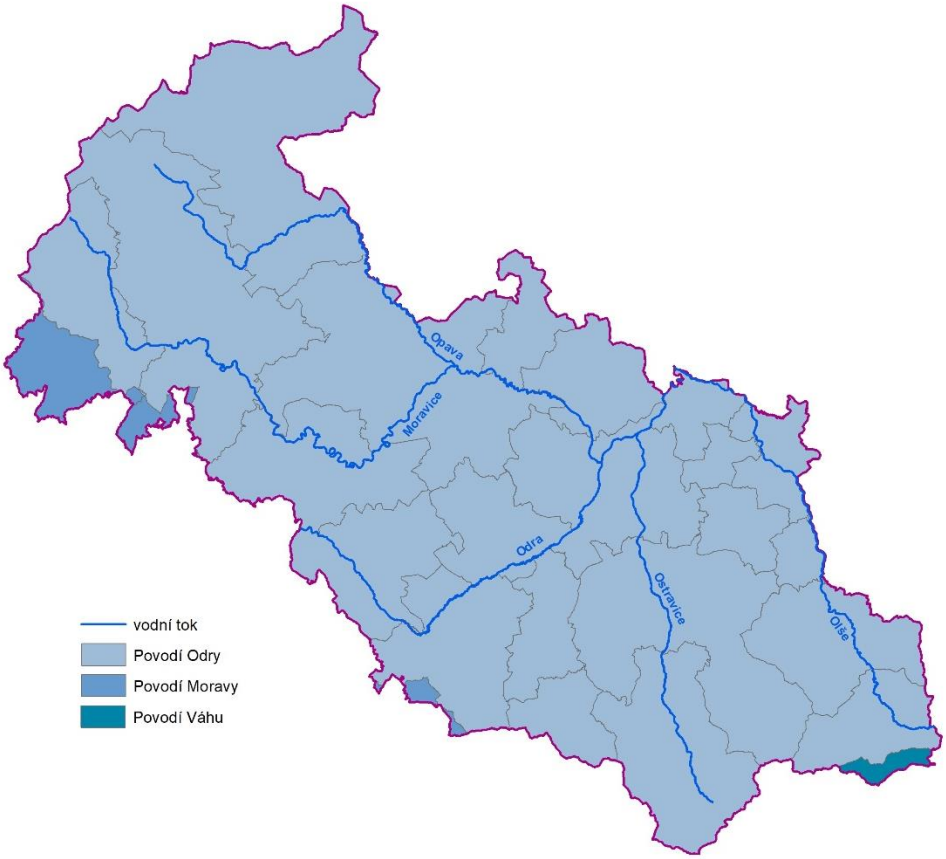
Vstupním předpokladem bylo zaměřit pozornost na území ve srážkovém stínu, kde do budoucna hrozí nedostatek vody, a tím i prohlubující se problémy sucha.

3.1 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Pro následující kapitoly byl jako podklad použit Plán dílčího povodí Horní Odry. Pro popis území byly vybrány ty kapitoly, které souvisejí s řešenou problematikou.

3.1.1 Klimatické poměry

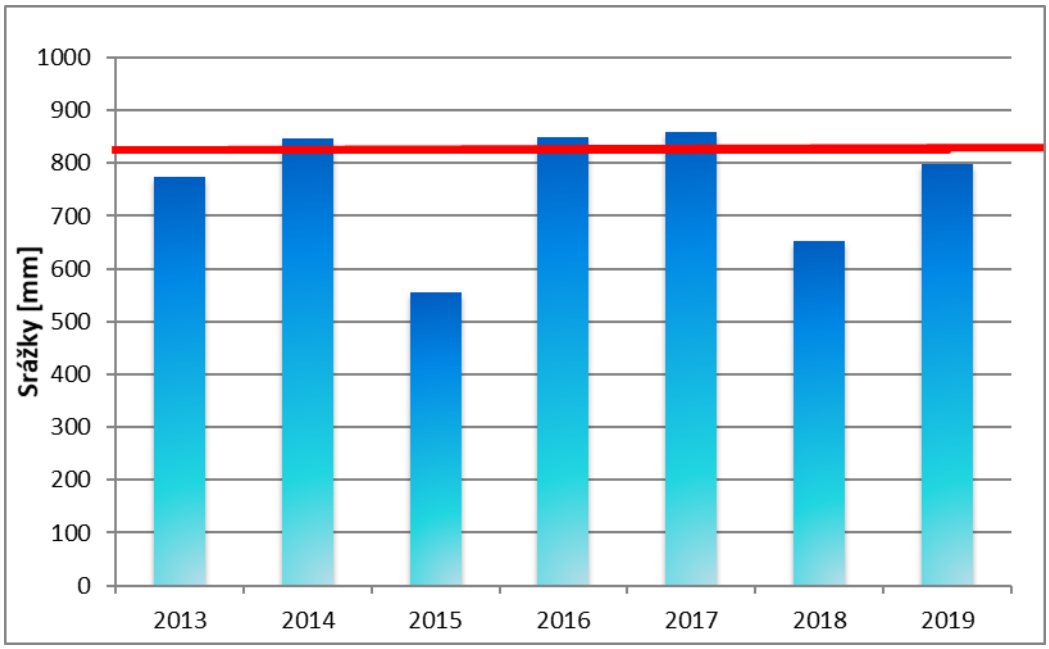
Území Moravskoslezského kraje spadá převážně do dílčího povodí Horní Odry a malou částí také do dílčího povodí Moravy a Váhu. Dílčí povodí Horní Odry patří do dvou klimatických oblastí (podle E. Quitta, 1971), do mírně teplé a do chladné oblasti. Chladné oblasti se nacházejí v jeho horských částech, zbytek území patří do mírně teplé oblasti.



Obrázek 3-1 Schéma povodí na území Moravskoslezského kraje. Zdroj KrÚ MSK

Průměrný dlouhodobý úhrn srážek za období 1961–1990 (toto třicetileté období bylo zvoleno Světovou meteorologickou organizací – WMO – za standardní klimatologické období) činí pro dílčí povodí Horní Odry 820 mm. Maximální dlouhodobý roční úhrn srážek je 1390 mm, a to na stanici Lysá hora, minimální dlouhodobý roční úhrn 557 mm v oblasti dešťového stínu na Opavsku – stanice Litultovice. V dlouhodobém průměru je srážkově nejbohatší měsíc červen s úhrnem srážek 114 mm, na srážky nejchudší je měsíc leden s dlouhodobým úhrnem 44 mm.

Roky 2013, 2014, 2016, 2017 a 2019 byly hodnoceny jako srážkově normální. Rok 2015 s průměrným ročním úhrnem srážek 556 mm, což představuje 68 % normálu, a rok 2018 s průměrným ročním úhrnem srážek 653 mm, což představuje 80 % normálu, byly vyhodnoceny jako srážkově silně podnormální.



Obrázek 3-2 Průměrný roční úhrn srážek na území povodí Horní Odry v letech 2013–2019. Zdroj Povodí Odry, s. p.

3.1.2 Hydrogeologické poměry

Větší část povodí je tvořena územím s vysokým množstvím ročních srážek, zejména v horských oblastech dosahuje úhrnů přes 1 000 mm za rok. Celkový odtok je zde proto relativně velký, ale velmi nerovnoměrný, protože petrografický charakter hornin většiny území je nepříznivý pro akumulaci podzemní vody. Horniny krystalinika, devonu a kulmu s relativně nízkým zvětralinovým pláštěm prakticky nemají průlinovou propustnost, horniny karpatského flyše jen v omezené míře. Oběh podzemních vod je omezen soustavným výskytem pelitických vložek).

Pouze kvartérní a některé terciérní sedimenty obsahují významnější akumulace průlinové podzemní vody. Kvartérní sedimenty však pro malou kapacitu nemohou vyrovnávat odtok povrchové vody z území, neogenní sedimenty jsou v naprosté většině situovány pod stávající erozní bází, jejich svrchní polohy jsou nepropustné a rovněž výrazně povrchový odtok neovlivňují. Část povodí má výrazný nedostatek podzemních vod a značné množství sídel proto zajišťuje potřebu vody z vodárenských nádrží prostřednictvím skupinových vodovodů.

3.2 VYMEZENÍ ÚZEMÍ S RIZIKEM SUCHA

Sucho je výsledkem meteorologické anomálie, tedy změnou oproti obvyklému chodu atmosférických činitelů, která způsobí nedostatek srážek. Dalšími činiteli ovlivňující vznik a intenzitu sucha jsou také vegetační pokryv a hydrogeologické poměry v území, z nichž je odvozena přirozená kapacita povodí. Sucho je výsledkem nejen těchto přírodních faktorů, ale také antropogenních vlivů.

Hlavní příčinou vzniku sucha je nedostatek srážek. Důležité je nejen množství, ale i jejich načasování, rozložení a intenzita. Sucho nastává, když jsou srážky menší než evapotranspirace. Nedostatečné množství srážek ovlivňuje množství podzemní vody, vody v řekách a půdě. Srážky jsou používány jako hlavní indikátor, neboť existují dlouhé datové řady, z nichž lze odvodit změny oproti normálu. Jejich nedostatek se může ukázat až po delší době, protože hydrologický cyklus zmírňuje náhlé výkyvy. Dalším činitelem podílejícím se na vzniku sucha je evapotranspirace. Faktory umocňující výpar jsou vysoká teplota, vegetační pokryv,

vysoká rychlost větru, nízká relativní vlhkost vzduchu, malá oblačnost a počet hodin slunečního svitu. Aktuální evapotranspirace je výsledkem půdní evaporace a transpirace rostlin. Klíčovým faktorem pro aktuální evapotranspiraci je vodní kapacita půdy. Ta je odvozena z vlastností půdy jako je textura, struktura, podíl organické složky, pH a hloubka kořenové zóny. Tyto prvky ovlivňují schopnost retence vody v půdě.

Teplota vzduchu má vliv na intenzitu a délku trvání sucha. Na intenzitě se projevuje hlavně v letním období, kdy umocňuje výpar. Dobu trvání ovlivňuje ale také v zimě, kdy dlouhé trvání záporných teplot zadržuje vodu v pevném skupenství. Důležitou roli zde hraje přirozená kapacita povodí. Záleží na tom, v jaké podobě je voda v povodí zadržována, a dále také na hydrogeologických vlastnostech, které určují schopnost povodí vodu udržet. Povodí s podobnými geologickými vlastnostmi reagují podobně také na vznik sucha. Suchu odolávají déle ta povodí, která akumulují vodu v jezerech, mokřadech a zvodních.

Nutností je rozlišovat mezi suchem v zimním (říjen–únor) a letním období (červen–září). Rozdíl je jak v příčinách, tak v hydrologických dopadech. V zimě v regionech, kde jsou teploty trvale pod 0 °C, je voda uchovávána ve formě ledu a sněhu. Nedostatek vody v kapalném skupenství se pak projevuje na množství vody v řečištích a má větší dopad na dotaci zásob podzemní vody a půdní vláhu. V létě je sucho zapříčiněno hlavně nedostatkem srážek, zvýšenou mírou evapotranspirace a často bezoblačnou oblohou, která propouští sluneční záření ve vysoké míře. Toto má dopad zejména na povrchové vody. Pokud se nedostatek vody dostaví ve vegetačním období, pak to znamená velký problém zejména pro zemědělství. V létě je také větší poptávka po vodě na zavlažování, rekreaci i běžnou denní spotřebu.

Území ve vyšších polohách mají jiný charakter krajiny a neleží ve srážkovém stínu. Úhrn srážek je v těchto oblastech relativně vyšší než ve zbytku území. Vyšší je také schopnost infiltrace srážek v důsledku přirozené struktury půdy a hustšího vegetačního pokryvu. Ze současných studií zabývající se modelováním klimatických změn vyplývá, že v budoucnu se úhrn a distribuce srážek během roku ve střední Evropě výrazně nezlepší (Hanel et al., 2012, 2013a). Scénáře Mezivládního panelu pro změnu klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPPC) předvídají, že se změny podnebí v budoucnosti nevyhnou ani ČR a jejich dopad může ve srovnání se současným stavem ještě zesílit (Pretel, 2009).

3.2.1 Globální a regionální klimatické modely

Globální klimatické modely (GCM, z angl. Global Climate Model) jsou modely všeobecné cirkulace atmosféry spojené s modelem oceánu. Jedná se o počítačové modely klimatického systému, které slouží pro výpočet pravděpodobných budoucích klimatických podmínek. Jsou založeny na řešení pohybových a termodynamických rovnic, které popisují procesy v klimatickém systému pomocí metod numerické matematiky. Regionální klimatické modely (RCM z angl. Regional Climate Model) patří mezi techniky tzv. downscalingu, tedy zmenšování měřítka, čímž je dosaženo většího rozlišení modelu. Výpočty jsou prováděny pro vybrané regiony (např. pro oblast střední Evropy).

Z celkem 40 GCM, které jsou v současné době k dispozici, bylo pro potřeby této územní studie vybráno 5 modelů, které reprezentují celou šíři klimatického spektra:

- IPSL (verze IPSL-CM5A-MR) – země původu: Francie; model reprezentující medián všech testovaných GCM nejlépe;
- HadGEM (verze HadGEM2-ES) – země původu: Velká Británie; model reprezentující výraznější změnu rozložení srážek v regionu MSK (úbytek letních a podzimních srážek a nárůst jarních srážek). Předchozí verze tohoto modelu byly použity ve většině studií na území ČR citovaných mezivládním panelem pro změnu klimatu;

- CNRM (verze CNMR-CM5) – země původu: Francie; model s podobnou změnou teplot jako HadGEM, ale nárůstem srážek ve všech měsících, zejména na jaře a na podzim; předchozí verze tohoto modelu byla použita jako hlavní řídící model tzv. Pretelovy zprávy z roku 2011;
- BNU (verze BNU-ESM) – země původu: Čína; reprezentuje GCM modely předpovídající pro území ČR relativně nižší nárůst teplot a redukci srážek ve všech měsících kromě léta;
- MRI (verze MRI-CGCM3) – země původu: Japonsko; reprezentuje GCM modely předpovídající pro území ČR relativně nižší nárůst teplot a nárůst srážek s výjimkou konce léta a podzimu.

Dalším faktorem jsou antropogenní emise skleníkových plynů. Ty jsou ovlivněny především velikostí populace, ekonomickou aktivitou, životním stylem, využíváním energie, způsobem využívání půdy, technologií a klimatickou politikou. Reprezentativní směry vývoje koncentrací RCPs (Representative Concentration Pathways), které se používají pro vytváření předpovědí na základě těchto faktorů, popisují různé směry vývoje v 21. století pro emise skleníkových plynů a jejich koncentrace v atmosféře, emise látek znečišťujících ovzduší a využívání půdy.

Mapové vrstvy pro roky 2030, 2050 a 2090 znázorňují pravděpodobné budoucí klimatické podmínky a jsou představovány ve třech emisních scénářích:

- Nízké emise (odborně nazývány jako RCP 2,6) – značí razantní omezení vývoje koncentrace skleníkového plynu oxidu uhličitého v nadcházejících letech;
- Střední emise (RCP 4,5) – značí tzv. přechodný scénář budoucího vývoje, kdy emise nebudou striktně omezeny, ale zároveň bude regulován jejich růst;
- Vysoké emise (RCP 8,5) – značí scénář s velmi vysokými emisemi oxidu uhličitého v budoucích letech, které nebudou nijak omezeny.

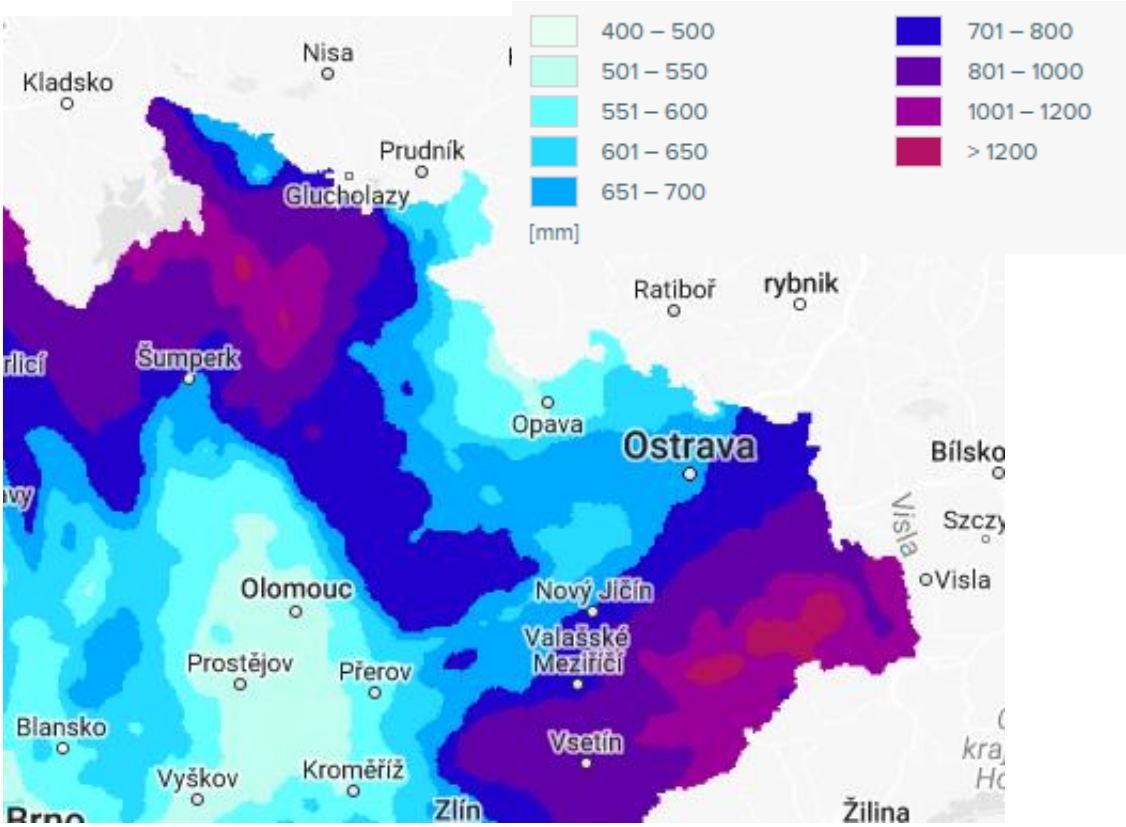
3.2.2 Výběr vhodného modelu pro účely studie

Podle pěti RCM modelů se průměrná teplota mezi obdobím 1981–2010 a 2021–2080 zvýší o 1,5 °C. Nejvyšší oteplení o 2,0 °C předpokládá model MOHC-HADGEM2-ES_RCA4, nejnižší oteplení o 0,9 °C předpokládá model MPI-ESMLR_CLM4.8.17. Modely CNRM-CM5_ALADIN53 a MOHC-HADGEM2ES_RCA4 indikují nejvyšší nárůst teploty v zimě (v rozmezí 2,0–2,7 °C). Naproti tomu model EC-EARTH vykazuje nejvyšší změnu na jaře (nárůst teploty o 1,8–2,1 °C), model MPI-ESM-LR_CLM4.8.17 pak vykazuje nejvyšší změnu v létě (nárůst teploty o 1,3 °C). Srážky se za období 2021–2080 zvýší přibližně o 10 % oproti referenčnímu období 1981–2010 podle pěti RCM, ale poskytují velmi odlišné výsledky. Modely CNRM-CM5_ALADIN53 a MOHC-HADGEM2-ES_RCA4 predikují nejvyšší nárůst srážek o 15,4 %, resp. 13,4 %, zatímco model EC-EARTH_RACMO22E předpovídá nárůst srážek pouze o 3,5 %. Výrazný nárůst srážek je indikován zejména na jaře (o 14,5 %) a v zimě (o 12,8 %). Letní srážky by měly být dle většiny modelů téměř stejné jako za současných klimatických podmínek; pouze model CNRM-CM5_ALADIN53 predikuje mnohem vyšší součty.

Výsledky založené na pěti GCM se mírně liší od simulací RCM. Nárůst průměrné roční teploty v období 2021–2080 se ve srovnání s výchozí periodou očekává v průměru o 1,8 °C, pohybuje se od 1,4 °C (MRI model) do 2,1 °C (model HADGEM). Zatímco CNRM, IPSL a MRI modely předpovídají největší oteplení v zimě, v rozmezí od 1,7 °C (MRI) do 2,7 °C (CNRM), zbývající dva GCM indikují největší oteplení v létě (BNU: 2,2 °C) nebo dokonce na podzim (HADGEM: 2,6 °C). Na druhou stranu všechny GCM předpovídají nejnižší oteplení na jaře, a to v rozmezí od 1,1 °C do 1,6 °C.

Narozdíl od RCM, GCM modely předpovídají z hlediska srážkových úhrnů vysokou variabilitu předpovědí. Tři modely (BNU, IPSL a HADGEM) vykazují poklesy ročních srážek o 1 nebo 2 %, zatímco dva modely (MRI a CNRM) předpokládají zvýšení o 4 % a 9 %. CNRM model ukazuje nárůst srážek napříč všemi ročními obdobími. Kromě BNU všechny modely předpokládají nárůst zimních srážek mezi 5,1 % a 10,0 %. Tři modely vykazují pokles srážek během podzimu a dva modely vždy udávají pokles srážek během jarních a letních měsíců kolem 6 %, jeden model nevykazuje žádnou změnu a zbývající dva indikují jejich nárůst asi o 5–7 %.

Z popisu je zřetelné, že se jednotlivé modely liší, a to v nárůstu nebo poklesu srážkových úhrnů a v rozložení srážek během roku. Nejvhodnější se pro účely této územní studie jeví zvolit takový model, který nejlépe reprezentuje pokles ročních srážek a zároveň předpokládá vyšší teploty, zejména v jarních a letních měsících, které mají za následek nedostatek vody v krajině. To splňuje model IPSL.

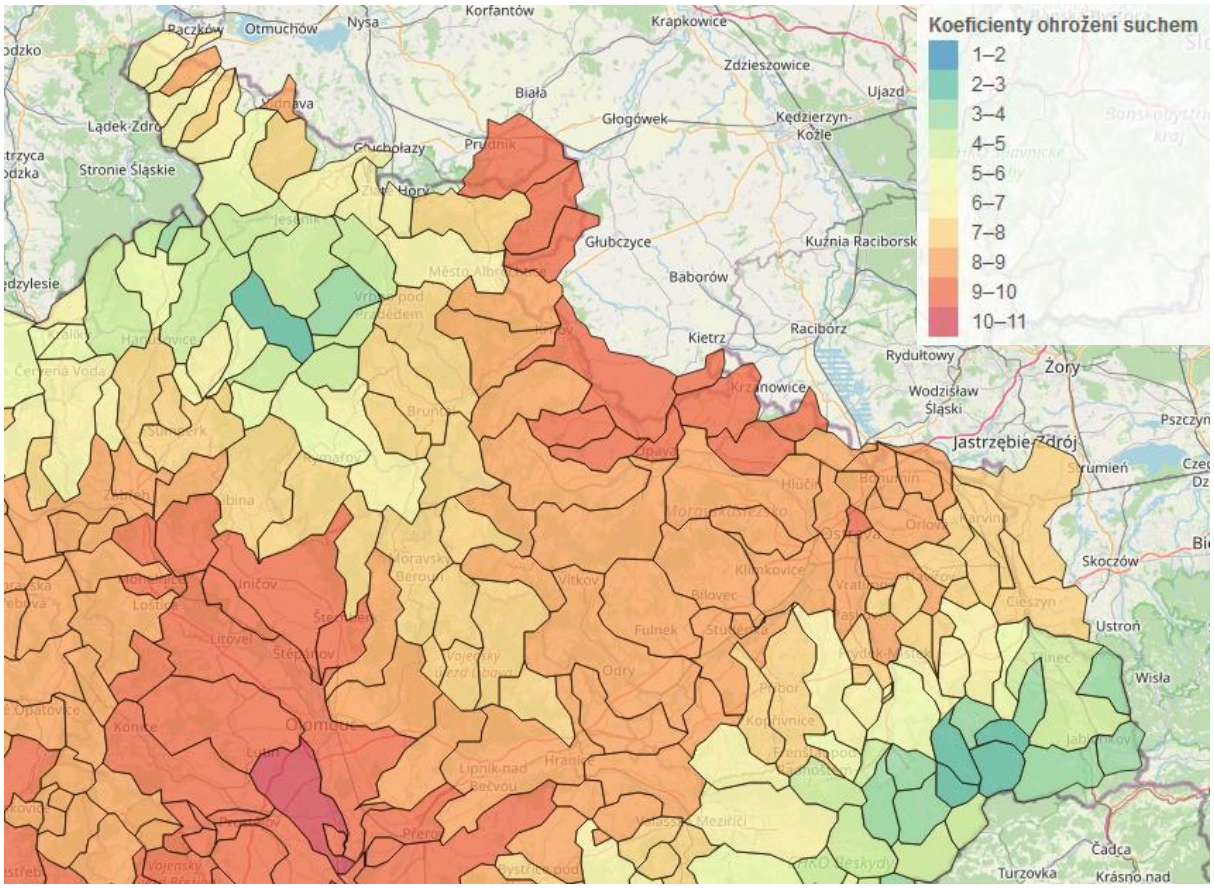


Obrázek 3-3 Mapa průměrného ročního úhrnu srážek dle modelu IPSL. Zdroj klimatickazmena.cz

3.3 STANOVENÍ POVODÍ OHROŽENÉHO SUCHEM

Jako první podklad pro vytipování území ohroženého suchem byla použita mapa ohroženosti vodních zdrojů z portálu Sucho v krajině (*Obrázek 3-4*). Jedná se o podklad na podporu udržitelnosti hospodaření s vodou v průmyslové výrobě, tzv. vodní audit. Mapa podle *Metodiky hodnocení využívání vody na úrovni podniků*, vydané Ministerstvem průmyslu a obchodu, vyhodnocuje jednotlivá povodí IV. řádu (v této kapitole jen „povodí“) u jednotlivých typů vodních zdrojů (podzemní vody, povrchové vody, srážkové vody) na základě historicky vydaných opatření obecné povahy a představuje tak přidanou hodnotu v podobě shromážděných dat. Mapa níže se konkrétně vztahuje na potenciál využití opatření, která jsou určena pro akumulaci vodních srážek.

U každého povodí je stanoven tzv. koeficient ohroženosti suchem. Koeficient daného povodí nabývá hodnoty od 1 do 11 a reprezentuje vliv sezónního sucha na zásobování obyvatel pitnou vodou. V případě vody převzaté z veřejného vodovodu je koeficient určen jako číslo 1. Pokud nebylo v posledních pěti letech vyhlášeno vodoprávním úřadem opatření obecné povahy z důvodu nedostatku vody, případně pokud taková opatření nevyhlásil nebo neprováděl (například navážení vody do vodojemu) sám provozovatel, je v takovém případě koeficient ohrožení suchem roven 6. V případě, že tato opatření byla v posledních šesti letech vyhlášena ve více než v jednom roce, je koeficient roven 11.



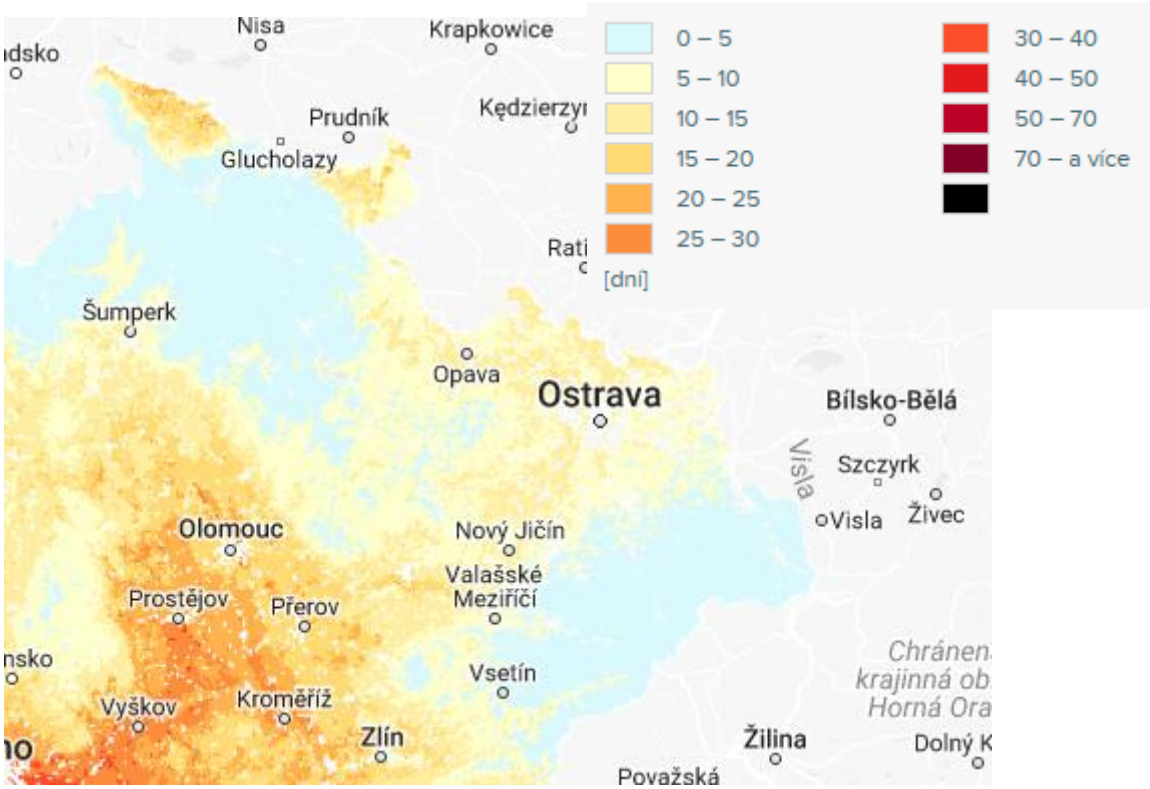
Obrázek 3-4 Mapa ohroženosti suchem. Zdroj suchovkrajine.cz

Z výše uvedeného vyplývá, že povodí ohrožená suchem podle této klasifikace mají koeficient větší než 6, kdy dané povodí mělo platné opatření obecné povahy alespoň jednou za 5 let. Menší hodnota koeficientu značí, že v daném povodí nebylo vydané opatření obecné povahy.

Dalším podkladem pro stanovení území ohroženého území suchem jsou mapy výskytu horkých anebo suchých period. Tyto mapy obsahují jak analýzu historických dat z měření ČHMÚ, tak i předpovědní model až do roku 2090, mají však odlišný přístup vyhodnocení dat.

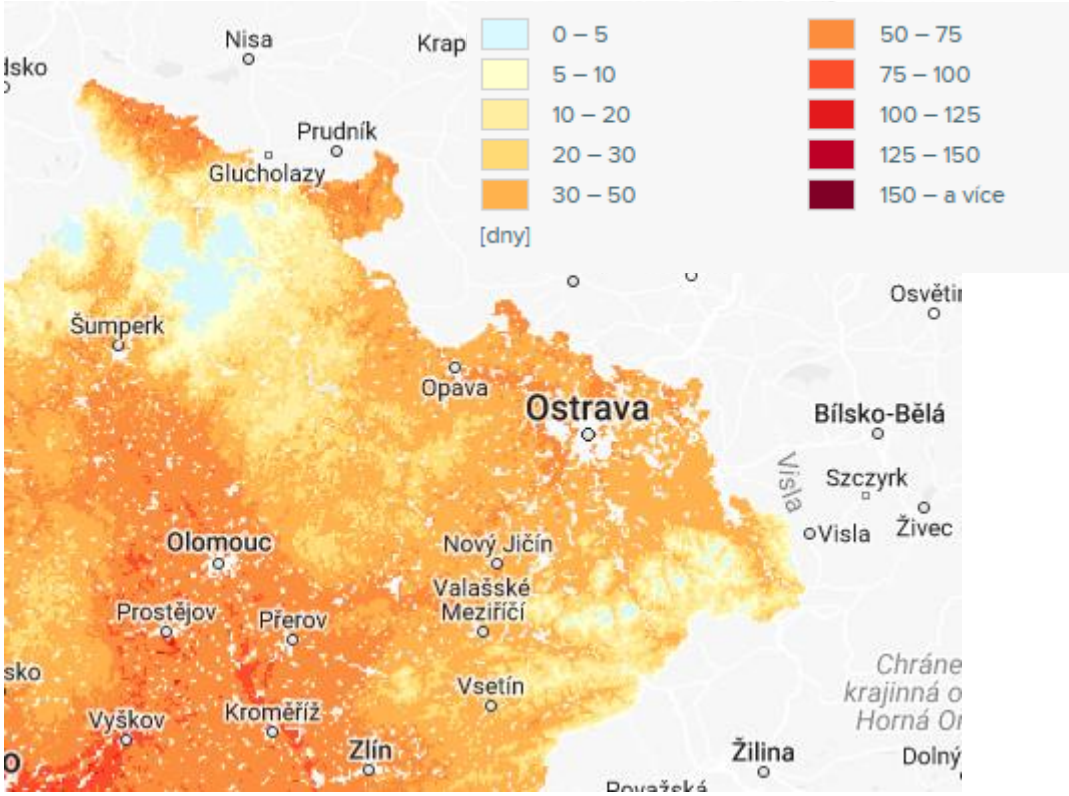
První mapa (*Obrázek 3-5*) analyzuje území kraje s ohledem na průměrný počet dní ovlivněných stresem suchem (půdní vlhkost pod 30 %) a současně s výskytem horké vlny (období s průměrnou maximální teplotou 30 °C a více, přičemž denní maximální teplota je aspoň tři dny po sobě nad 30 °Ca současně neklesne pod 25 °C). Hodnota normálu za referenční období 1981–2010 je 5 dní. Území s větším výskytem horkých a suchých period než 5 dní je z hlediska nízké půdní vlhkosti vody náchylnější na nedostatek vody.

Kritérium současného výskytu horkých vln a stresu suchem na daném území je považováno pro potřeby územní studie za přísné, protože kompletně nepokrývá území, které by mohlo mít s nízkou půdní vlhkostí problémy již v prvních jarních měsících.



Obrázek 3-5 Riziko výskytu horkých a suchých period v roce 2090 podle modelu IPSL. Zdroj klimatickazmena.cz

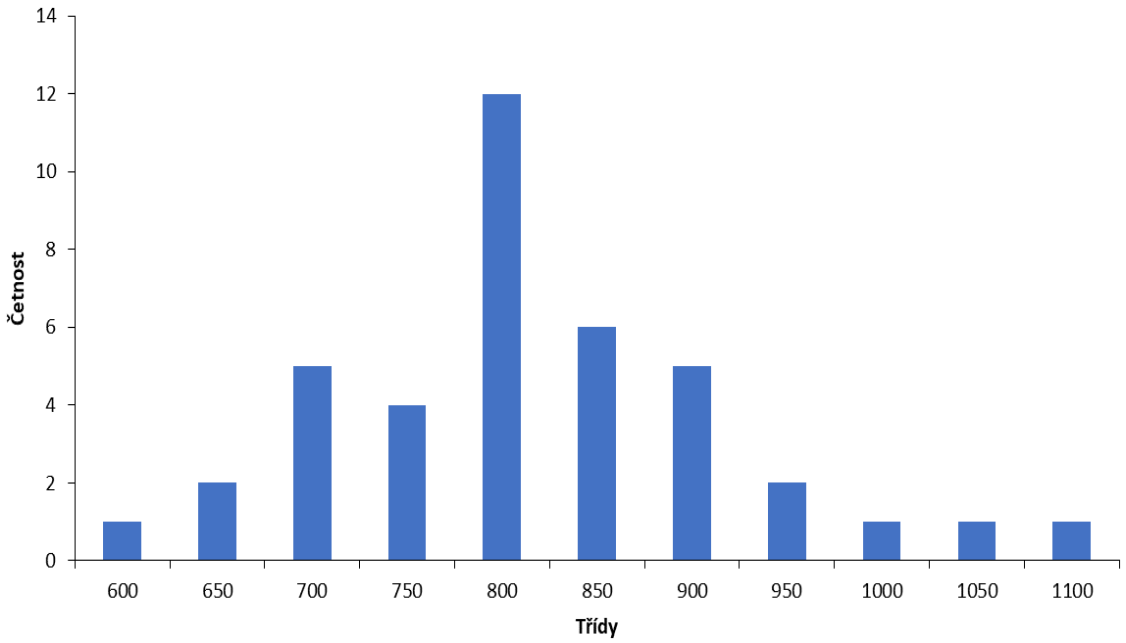
Z pohledu územní studie předmětné území lépe deklaruje druhá mapa (*Obrázek 3-6*), která zobrazuje průměrný počet dní ovlivněných stresem suchem, tj je zde půdní vlhkost pod 30 %, nebo s výskytem horké vlny. To je období, jehož průměrná maximální teplota je 30 °C nebo vyšší, přičemž denní maximální teplota je aspoň tři dny po sobě nad 30 °C, ale neklesne pod 25 °C. V porovnání s předchozí mapou neplatí obě pravidla současně. Hodnota normálu za referenční období 1981–2010 je 15 dní. Území s větším výskytem horkých a suchých period delších než 15 dní je z hlediska nízké půdní vlhkosti vody náchylnější k nedostatku vody.



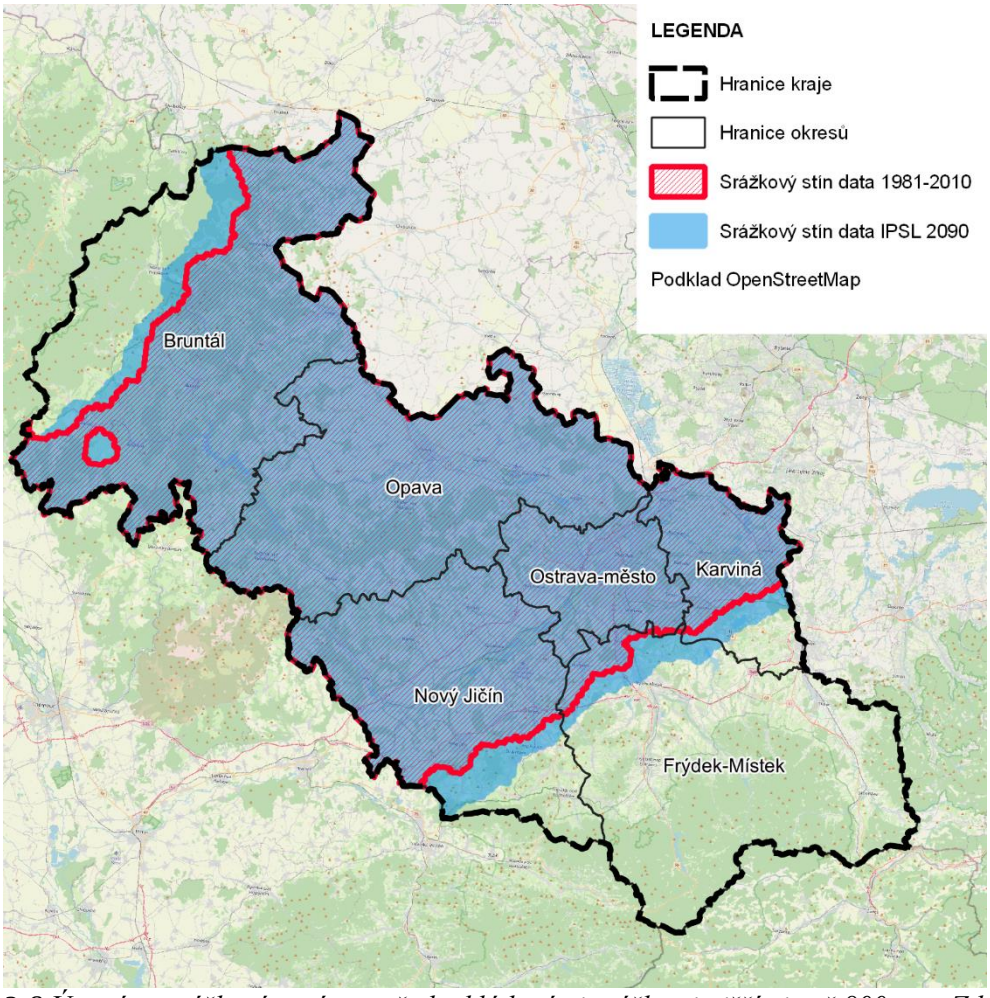
Obrázek 3-6 Riziko výskytu horkých nebo suchých period v roce 2090 podle modelu IPSL. Zdroj klimatickazmena.cz

3.3.1 Referenční hodnota úhrnu srážek

Pro vymezení lokalit s výrazně vyššími srážkovými úhrny a stanovením území ve srážkovém stínu je potřeba stanovit referenční hodnotu, která odpovídá mediánu srážkových úhrnů. Tím dojde k většímu zpřesnění oblastí s nižšími srážkami, než kdyby byl použit jejich aritmetický průměr. V daném případě byly jako vstupní data použity průměrné roční úhrny srážek v Moravskoslezského kraje z dostupných měření ČHMÚ. Následně byla provedena analýza dat a stanovení mediánu všech hodnot ročních úhrnů v referenčním období 1981–2021. Hodnota mediánu je 785 mm. Jednotlivé třídy srážkových úhrnů a jejich četnosti jsou uvedeny v histogramu (*Obrázek 3-7*). Takto vymezené území se srážkovým stínem zobrazuje mapa níže (*Obrázek 3-8*).



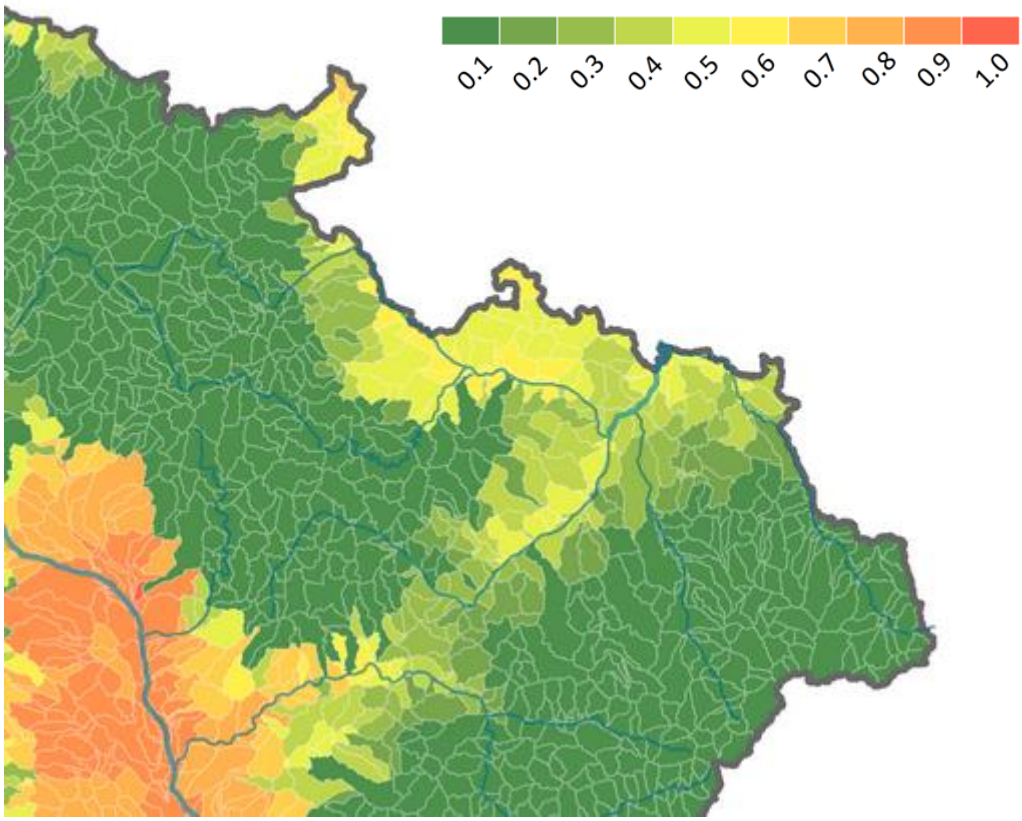
Obrázek 3-7 Histogram srážkových úhrnů. Zdroj dat ČHMÚ



Obrázek 3-8 Území ve srážkovém stínu s předpokládanými srážkami nižšími než 800 mm. Zdroj autoři podle dat z klimatickazmena.cz.

3.3.2 Deficit srážek a výpar

Zahrádková a kol. (2015) sestavili mapu deficitu srážek (*Obrázek 3-9*), která vymezuje oblasti, kde převládá výpar nad srážkami. Území ČR bylo rozděleno do deseti kategorií podle četnosti let, v nichž převládá evapotranspirace nad srážkami. Tmavě červená (0,9-1,0) představuje území, kde ve více než 90 % jednotlivých let hodnoceného období 1961–2011 převládala evapotranspirace nad srážkami. Tmavě zelená barva (0,0–0,1) představuje nadbytek srážek oproti evapotranspiraci ve všech letech, příp. evapotranspirace převládá nad srážkami maximálně do 10 % případů, tzn. v nejsušších letech. Z **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**mapy eficitu srážek (*Obrázek 1-9*) je zřejmé, že v Moravskoslezském kraji převládá evapotranspirace nad srážkami (> 0,5) v nížině povodí Opavy a částečně Moravice a dále v Osoblažském výběžku.



Obrázek 3-9 Mapa deficitu srážek. Zdroj Zahrádková a kol., 2015

3.4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ADAPTAČNÍ STRATEGII NA ZMĚNU KLIMATU

Všeobecně přijímaným faktem je, že jako nejvhodnější adaptační strategie se jeví maximalizace akumulační kapacity krajiny v celé ploše povodí. Opatření týkající se zachování vodního režimu a zvýšení retence vody v krajině je nutno implementovat zejména na lesních a zemědělských půdách, které představují podstatnou část plochy ČR, potažmo MSK. Tyto plochy představují také možné riziko degradace půdy, budou-li některá opatření zanedbána. U těchto lokalit se preferuje maximalizace retenční schopnosti krajiny pomocí vhodně navržených vsakovacích opatření a zpomalení odtoku vody z území vedoucího ke zvýšené infiltraci, případně alespoň zpomalení a rozložení odtoku v co nejdelším časovém úseku.

3.4.1 Opatření Plánu dílčího povodí Horní Odry

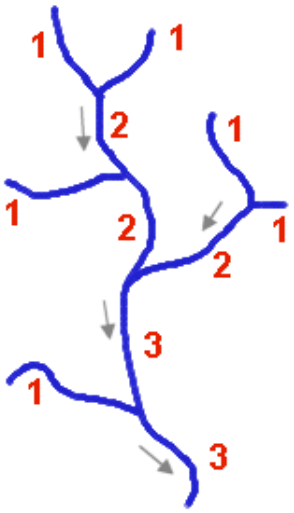
Jedním z podkladů pro účely vypracování této studie je seznam opatření, který je součástí *Plánu dílčího povodí Horní Odry*. Tato opatření byla, včetně přírodě blízkých opatření, digitalizována a použita jako jedna z výchozích vrstev v prostředí GIS. Obdobně byla použita opatření ke zvládání povodňových rizik, která jsou součástí *Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Odry*.

Pro úplnost je nutno uvést, že cílem této územní studie není opatření navržená státním podnikem Povodí Odry prověřovat. Opatření jsou respektována v takovém rozsahu, jak jsou navržena. Na základě výsledků této územní studie může dojít k jejich doplnění.

3.4.2 Vliv umístění v horních částech povodí

Lokality umístěné v horních částech povodí mají velký význam pro zvýšení retence vody v krajině. Dle studie **(**Raška, Slavíková, 2019) je vliv opatření na retenci vody a zpomalení odtoku vysoký zejména v horních částech povodí. Tady lze implementovat plošná opatření a podporovat akumulaci vody, přestože se může jednat o oblasti s přebytkem srážek. Takové opatření může potenciálně zintenzivnit malý lokální koloběh vody a zvýraznit pozitivní vliv zvýšené evapotranspirace na tvorbu oblačnosti vedoucí ke zpětné tvorbě srážek nad územím výparu.

V horních částech povodí se nacházejí pramenné oblasti vodních toků a drobné vodní toky, které zpravidla odpovídají přirozenému, člověkem neovlivněnému stavu, pokud se zrovna nenacházejí v intenzivně obdělávané zemědělské krajině. Tyto toky spadají podle Strahlera (*Obrázek 3-10*) do 1. až 4. řádu a patří v obdobích sucha k nejohroženějším. Toky 1. až 4. řádu tvoří 92 % říční sítě ČR, posuzujeme-li říční síť podle délky toků. Byly provedeny výzkumy vysychání těchto toků a bylo zjištěno, že míra rizika vysychání závisí na managementu vodního hospodářství, zemědělství a ochrany přírody v příslušném povodí vodního toku (Zahrádková a kol., 2015). Tato studie dále uvádí oblast Západobeskydského podhůří jako velmi rizikovou z důvodu častých tektonických poruch, výrazných změn reliéfu a nepříznivého krajinného pokryvu, který je reprezentován podílem orné půdy. Podíl orné půdy v ČR souvisí s klimatickými podmínkami a ty souvisí zase s nadmořskou výškou. Malé riziko vysychání toků je dle autorů tedy převážně v územích nad hranicí 500 m n. m.



Obrázek 3-10 Řád vodních toků podle Strahlera, ukázka číslování. Zdroj heis.vuv.cz

Návrhová opatření budou směřovat právě do povodí drobných toků. Cílem bude zmírnění dopadů sucha na hydrologický režim v celém povodí. Územní studie nebude řešit toky, které jsou silně ovlivněné a jejich průtokový režim je závislý na regulaci vodohospodářské soustavy v povodí Odry.

3.4.3 Blízkost útvarů povrchových vod

Pás vodního toku je z hlediska přirozených krajinných opatření vhodný pro implementaci mokřadů, nivních pásů nebo revitalizaci lužního ekosystému. V případě revitalizace říčních koryt a jejich morfologie se uvažuje se šířkou meandrového pásu jako deseti až patnáctinásobku šířky koryta, což může být 10 až 50 m podle velikosti toku.

Vysoká fragmentace vodních prvků podél říčních koryt může přispět:

a) k přirozené tvorbě ekotonů, které následně obohatí funkčnost a rozmanitost biotopů (Raška, P., Slavíková, L., 2019) a
b) k většímu propojení vodních prvků, které může pozitivně ovlivnit habitat místní bioty a vodních druhů rostlin a stromů a celkově tím přispět ke zvýšení lokální biodiverzity.

Poznámka: ekoton je přechodná zóna, která se nachází v hraničním pásmu mezi dvěma či více sousedními společenstvy (biocenózami) (Kiliánová, 2009).

3.4.4 Vliv fyzicko-geografických charakteristik lokality

V hydrologii se používají různé charakteristiky sucha v povodí. Z hlediska průtoků v tocích se stanovují tzv. nedostatkové objemy, které jsou definovány prahovou hodnotou průtoku. Pokud průtok poklesne pod tuto hodnotu, tak začíná suché období (Vlnas, 2010).

Vlnas a kol. (2010) dále uvádí mezi předpoklady zvětšujících se nedostatkových objemů vody v povodích rostoucí nepropustnost půdy i povrchu (městská zástavba) a zvyšující se číslo CN křivky. Metoda křivek CN (nabývá hodnot 0–100) představuje jednoduchý srážkoodtokový model použitelný pro stanovení objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku způsobeného návrhovým přívalovým deštěm o zvolené pravděpodobnosti výskytu v zemědělsky využívaných povodích či jejich částech. Například hodnota CN 95 znamená, že 95 % srážkových vod odteklo v podobě povrchového toku a 5 % bylo infiltrováno a odvedeno jako podzemní odtok. Výpočet CN závisí na hydrologických vlastnostech půd, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, intercepci a povrchové retenci (Janeček, 2012). Dále bylo zjištěno, že nedostatkové objemy v povodí velmi málo ovlivňuje průměrná nadmořská výška povodí a také podíl jehličnatého lesa na povodí. Význam tohoto přístupu a závěr pro tuto studii souvisí a je už popsán v *Kap. 1.4.2*. Vliv městské zástavby je promítnut do filtrace, popsané v *Kap. 2.1*.

Dle analýzy typů podloží se prokázalo, že největší vliv na nedostatkové objemy mají nepropustné jílovce; ty se na území Moravskoslezského kraje vyskytují jen výjimečně. Pro účely této studie nebudeme tedy posuzovat vliv geologického podloží.

3.4.5 Vliv podílu plochy stojatých vod

Zahrádková a kol. (2015) uvádí jako další faktor ovlivňující hydrologický režim a zvyšující riziko výskytu sucha v kategorizaci území podíl plochy stojatých vod v povodí. Příznivě byly vyhodnoceny malé vodní nádrže (MVN) o základním objemu menším než 2 000 000 m^3 s účelem jiným než rybochovným, rekreačním nebo závlahovým. Takové nádrže byly z výše

uvedeného výzkumu vyloučeny, a naopak byly pro účely výzkumu použity rybníky tak, aby ukazatel vlivu stojatých vod v maximální možné míře postihoval právě jejich vliv.

Vysoký podíl stojatých vod se ukázal jako významný faktor častého vysychání toků. MVN o základním objemu větším než 2 000 000 m^3 ovlivňují průtokový režim drobných vodních toků významně. Většinou jde o zadržení vody v létě na maximální kótě hladiny pro nějaký ekonomický účel, typicky chov ryb, což vede k nezanedbatelnému výparu z hladiny, který může být vyšší než přítok do nádrže. Na výpar se reaguje neustálým dopouštěním vody a omezením odtoku z nádrže, čímž dochází k vysychání toku pod hrází a zhoršení jakosti vody v dolní části povodí. Na podzim zase dochází k nárazovému vypouštění celého objemu při výlovu rybníku.

Považujeme tedy za důležité navrhovat MVN obezřetně, v malé míře a upřednostňovat je spíše mimo vodní toky ve formě neprůtočných nádrží.

Pokud dojde k návrhu profilu hráze MVN na toku, pak toto opatření nesmí mít rybochovný, rekreační nebo závlahový účel. Nepřípustné jsou také kombinace těchto účelů.

4. ZÁVĚR METODICKÉHO NÁVRHU K ZADRŽOVÁNÍ VODY V KRAJINĚ

Pro účely vymezení území postiženého suchem bylo uvažováno se scénářem pro střední emise, který odpovídá pravděpodobnému vývoji emise skleníkových plynů pro území Moravskoslezského kraje. Současně bylo na území kraje vymezeno území s ročními srážkami pod normálem, tj. území s menším úhrnem srážek než 800 mm (s ohledem na přesnost podkladů z portálu https://www.klimatickazmena.cz/cs/). Obdobně bylo postupováno při vymezení území s výskytem stresu krajiny suchem a horkých vln. Z představených map je zřejmé, že se riziková území v podstatě překrývají. Tento závěr vyplývá také z mapy deficitu srážek, která zobrazuje území s převládající evapotranspirací nad srážkami.

Adaptaci na klimatickou změnu je ovšem nutno řešit komplexně na celé ploše daného povodí. Nejdůležitější předpoklady jsou zejména plán dílčího povodí a plán pro zvládání povodňových rizik, umístění opatření v horních částech povodí a dále umístění opatření v blízkosti vodních toků, vliv fyzicko-geografických charakteristik lokality a vliv podílu stojatých vod v povodí. Vyjmenované faktory jsou značně provázané, proto je nelze jednoznačně vymezit a od sebe oddělit. Z těchto důvodů je nutno se pro účely územní studie zaměřit nejen na oblasti v nížině, ale i na oblasti s vyšší nadmořskou výškou a zvolit přístup příznivý pro celou plochu povodí.

5. KONCEPT NÁVRHU ŘEŠENÍ – VÝBĚR LOKALIT

K návrhu řešení bylo přistoupeno v počítačovém prostředí geografického informačního sytému QGIS. Vhodné lokality byly vybrány na základě GIS prostorové analýzy dat digitálního modelu reliéfu České republiky 5. generace (DMR5G), s využitím veškerých dostupných relevantních prostorových údajů a mapových podkladů území Moravskoslezského kraje. Vstupní vrstvy a jejich analýzy posloužily nejprve k nalezení a k následnému posouzení vhodnosti vybraných lokalit. V rámci řešeného území Moravskoslezského kraje byly definovány 3 kategorie lokalit:

a) lokality vhodné k zadržení vody prostřednictvím přírodě blízkých opatření
b) lokality vhodné k budování malých vodních děl zadržujících vodu v krajině
c) již existující návrhy opatření k zadržení vody v krajině

Jako lokality vhodné k provedení opatření za účelem zadržení vody v krajině mimo existující vodní toky byla vybrána opatření typu mokřad, remízek, zasakovací pás, průleh, tůň, případně

terénní úpravy. Návrh postupu při výběru nejvhodnějšího typového potření je schematicky popsán v kapitole *Kap. 2.3.*

V případě opatření navržených na existujících vodních tocích se bude jednat obvykle o návrh malé vodní nádrže, nebo rozšíření břehu za účelem umožnění rozlivu. Postup při výběru vhodných lokalit je popsán v kap. 2.4. Jak již bylo uvedeno v kap. 1.4.5, preferovány budou opatření typu a), tedy zadržení vody v krajině, prostřednictvím přírodě blízkých opatření.

K těmto návrhům byla přidána i vrstva již existujících návrhů opatření k zadržení vody v krajině, jež vznikla agregací již známých dostupných návrhů na opatření vedené v databázi vymezení územních rezerv pro LAPV.

5.1 POSTUP VÝBĚRU LOKALIT K ZADRŽENÍ VODY V KRAJINĚ

Vhodné lokality byly vybrány na základě GIS analýzy dat digitálního modelu terénu a dalších komplementárních dat, jež vhodnost vybraných lokalit potvrdila či vyvrátila. Pro výpočet a identifikaci odvodňovací sítě pro stok srážek z plochy povodí existují nejčastěji dva přístupy:

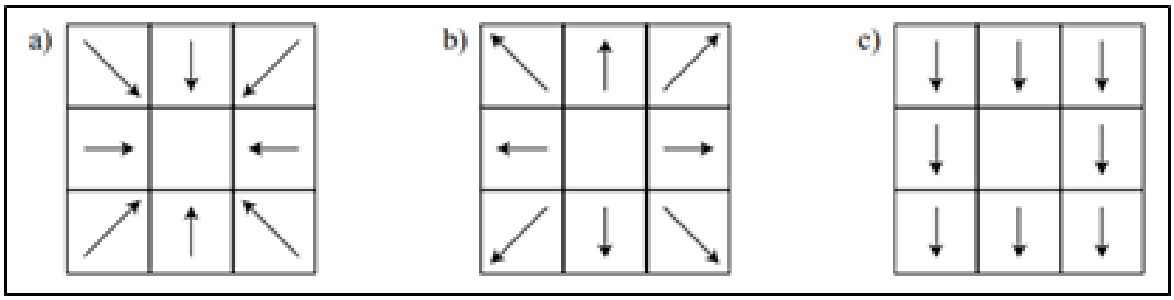
- morfologický nástroj Convergence Index
- hydrologický nástroj Flow Accumulation

V obou případech byl použit Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR5G). Pro účely zpracování došlo ke zkombinování obou uvedených přístupů. Pro práci s terénními daty bylo využito volně dostupného softwaru QGIS s nadstavbou pro automatické geoprostorové analýzy SAGA.

5.1.1 Convergence Index

Index konvergence je vypočítán pro každý prvek rastrové plochy a jeho hodnota je nejnižší pro body, do nichž směřuje sklon okolních bodů v daném rozsahu. V tomto případě byla použita vzdálenost 50 m. Z výsledného výpočtu byly selektovány plochy s vysoce zápornou hodnotou indexu konvergence.

Pro ověření správnosti výsledků indexu konvergence došlo k porovnání vytipovaných území pomocí výsledku hodnot nástroje Terrain Position Index (TPI), který taktéž porovnává nadmořskou výšku datového bodu vzhledem k jeho okolí.

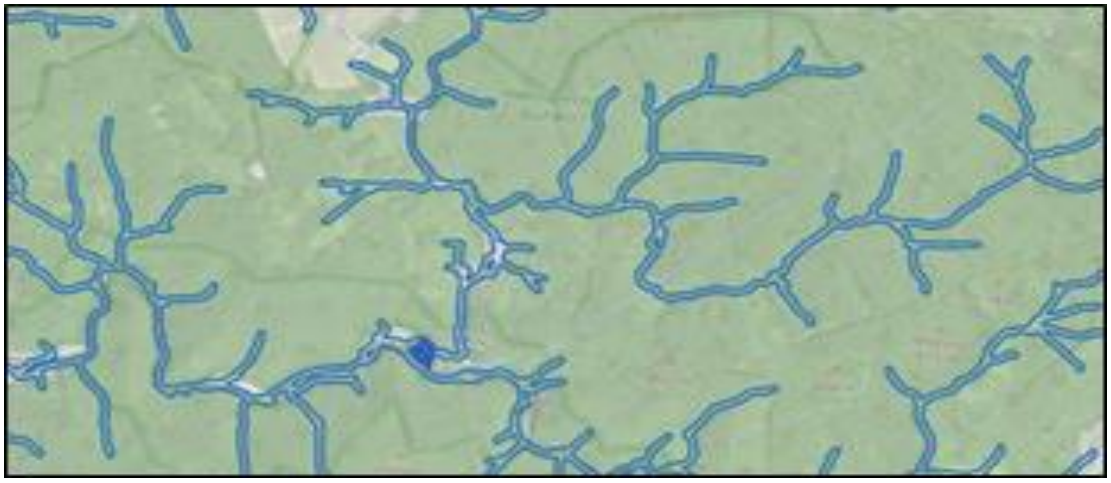


Obrázek 5-1 Index konvergence. Hodnota indexu konvergence je -90° (a), 90° (b), 0° (c)

5.1.2 Flow Accumulation

Morfologické nástroje typu Convergence Index nezohledňují odtokové poměry v území. Nástroj Flow Accumulation identifikoval dráhy soustředěného odtoku v daném území. Jde o plochy, kde teoreticky dochází ke zvýšené koncentraci odtoku povrchové i podzemní vody. Nástroj Flow Accumulation používá jako zdrojová data rastrovou vrstvu směru odtoku.

Ta byla vytvořena z DMG5G. Na základě ní byl vypočten pro každý prvek rastrové plochy počet ostatních prvků, od nichž bude potenciální odtok směřovat do daného prvku.



Obrázek 5-2 Privilegované cesty odtoku povrchové vody

5.1.3 Syntéza výsledných dat

Výsledné plochy byly selektovány tak, aby mezi návrhy zůstaly pouze takové, jež se neprotínají s některou z vrstev, která vhodnost opatření na lokalitě vylučuje, viz. kap. Filtrační vrstvy.

Následně bylo přistoupeno k rozčlenění lokalit na dva typy:

a) vhodné k zadržení vody prostřednictvím přírodě blízkých opatření
b) lokality vhodné k budování malých vodních děl.

Do opatření ad. b) byly zařazeny ty lokality, které se protínají s vodním tokem, splňují veškerá filtrační kritéria, a zároveň se nacházejí dále než 5 km od pramene daného toku. Blíže pramene se nepředpokládá dostatečná vodnatost. Ostatní lokality byly zařazeny do ad. a).

Výsledné plochy byly také rozčleněny na plochy, které se protínají s vybranými chráněnými územími (dle 114/1992 Sb. Zákona o ochraně přírody a krajiny), a plochy, které do nich nezasahují.

U těchto chráněných území (případně jejich ochranných pásem) může dojít k ovlivnění předmětu ochrany. V těchto případech je třeba získat souhlas orgánu ochrany přírody. Mezi vrstvu označenou jako obecná chráněná území byly zařazeny následné vrstvy:

- zóny CHKO
  - zdroj: ÚAP MSK
  - z důvodu velkého územního rozsahu CHKO využity pouze jejich I. a II. zóny. U CHKO platí v I. zóně zákaz umisťování a povolování nových staveb. V I. a II. zóně také platí zákaz změny vodního režimu území.
- ochranná pásma léčivých zdrojů
  - zdroj: ÚAP MSK
  - použity pouze OPVZ I. stupně (z důvodu velkého prostorového rozsahu a nižšímu stupni ochrany v pásmech II. a III. stupně)
- ochranná pásma vodních zdrojů
  - zdroj: ÚAP MSK
  - použity pouze OPVZ I. stupně (z důvodu velkého prostorového rozsahu a nižšímu stupni ochrany v pásmech II. a III. stupně)

- maloplošná zvláště chráněná území (národní přírodní rezervace, národní přírodní památky, přírodní rezervace, přírodní památky)
    - zdroj: ÚAP MSK
    - ze zákona č. 114/1992 Sb. plyne zákaz umisťování a povolování nových staveb či jiné závažné změny
- ÚSES
    - zdroj: ZÚR Moravskoslezského kraje
    - vyšší prioritu budou mít lokality nacházející se na území existujícího či plánovaného ÚSES

5.2 FILTRAČNÍ VRSTVY

Aby nedošlo k navrhování opatření v místech, která nejsou k jejich vybudování vhodná, bylo využito maxima relevantních dostupných dat. Tato data, která jsou reprezentována plochami a liniemi, byla často rozšířena o obalové zóny, tzv. buffer. Ze získaných lokalit pro potenciální opatření k zadržení vody byly vyřazeny veškeré lokality, které se protínaly s jakoukoliv z níže uvedených vrstev vstupujících do prostorové analýzy v GIS:

- mokřady dle Ramsarské úmluvy
    - zdroj: AOPK ČR
    - mokřady mezinárodního významu mají funkci regulátora vodních režimů a biotopů podporujících charakteristickou flóru a faunu a jsou chráněny před jakýmikoliv zásahy, jež by mohly tyto biotopy poškodit nebo jinak negativně ovlivnit
- významné migrační toky (úseky toků)
    - zdroj: AOPK ČR
    - tyto úseky toků by neměly být přehrazeny, aby tím nebyla narušena možnost migrace
- vodní plochy
    - zdroj: ZABAGED
    - buffer 20 m
    - součástí vrstvy jsou vodní toky širší než 4 m, ty budou součástí filtrace pouze v případě přírodě blízkých opatření
- rašeliniště
    - zdroj: ZABAGED
    - buffer 50 m
    - rašeliniště jsou vzácně se vyskytující významné krajinné prvky, které navíc již samy posilují retenční schopnost krajiny
- bažina, močál
    - zdroj: ZABAGED
    - buffer 50 m
- silnice, dálnice
    - zdroj: ZABAGED
    - buffer 25 m v případě dálnic, 10 m v případě ostatních silnic
- ulice
    - zdroj: ZABAGED
    - buffer 5 m
- železniční trať, železniční vlečka
    - zdroj: ZABAGED
    - buffer 5 m

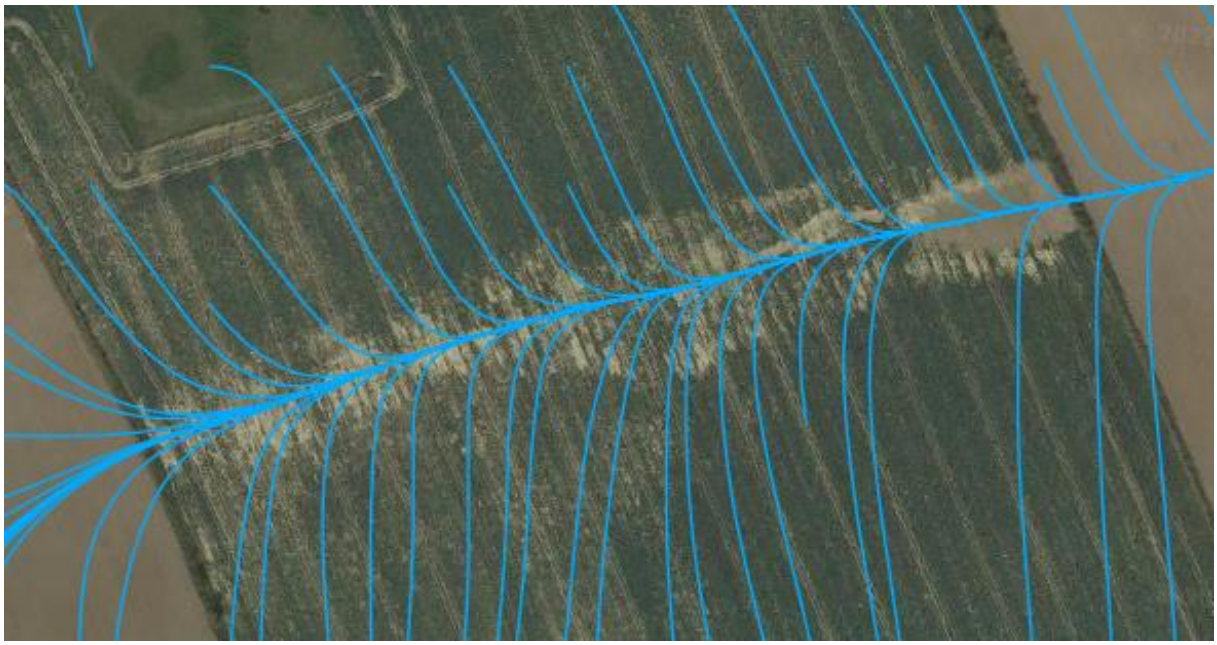
- budova, soubor budov
  - zdroj: ZABAGED
  - buffer 5 m
- elektrické vedení
  - zdroj: ZABAGED
  - buffer 5 m
- další navrhované plochy dopravní infrastruktury
  - zdroj: ZÚR MSK
- suchá ochranná nádrž (vč. ochranné hráze) - plánovaná
  - zdroj: ZÚR MSK
- revitalizace vodního toku – návrh
  - zdroj: ZÚR MSK
- ochranná pásma léčivých zdrojů
  - zdroj: ÚAP MSK
- ochranná pásma vodních zdrojů
  - zdroj: ÚAP MSK
  - použity pouze OPVZ I. stupně
- maloplošná zvláště chráněná území (národní přírodní rezervace, národní přírodní památky, přírodní rezervace, přírodní památky)
  - zdroj: ÚAP MSK
  - ze zákona č. 114/1992 Sb. plyne zákaz umisťování a povolování nových staveb či jiné závažné změny
- zóny CHKO
  - zdroj: ÚAP MSK
  - využity pouze I. zóny CHKO, kde je zakázáno umisťování a povolování nových staveb
- existující plánovaná opatření pro zadržení vody v krajině
  - viz kapitola 6.3
- hranice Moravskoslezského kraje
  - zdroj: Data50 (ČÚZK)
  - Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR5G); plochy, které se nacházejí mimo Moravskoslezský kraj, budou vyřazeny.
- ukončené komplexní pozemkové úpravy
  - zdroj: eagri.cz
  - katastrální území s dokončenými komplexními pozemkovými úpravami (ke dni 31. 1. 2023) byla vyřazena. Pozemkovým úpravám předchází podrobný průzkum terénu, který je zaměřen na průzkum vodohospodářských poměrů včetně ochranných pásem vodních zdrojů a ochrany území před vodní a větrnou erozí. Součástí komplexních pozemkových úprav pak je i naprojektování návrhů vodohospodářských, protierozních či krajinotvorných opatření. Jsou-li komplexní pozemkové úpravy ukončeny, realizace dalších navrhovaných opatření je již velmi obtížně proveditelná, ne-li nemožná.
- kontaminovaná místa
  - zdroj: Systém evidence kontaminovaných míst (SEKM 3)
  - jedná se o systém zřízený Ministerstvem životního prostředí ČR pro evidenci, sledování a posuzování priorit kontaminovaných, resp. potenciálně kontaminovaných míst a lokalit s řešenou ekologickou újmou
- důlní díla
  - zdroj: Česká geologická služba

    - datová sada obsahuje údaje o jednotlivých hlubinných důlních dílech ústících na povrch a o evidovaných propadech hlubinných důlních děl na území České republiky
- koridory a plochy pro soubor doprovodných technických opatření v korytě a údolní nivě řeky Opavy ve vazbě na MVN Nové Heřminovy (VZ1a)
    - zdroj: ZÚR MSK
- objekty ŘOP
    - zdroj: ropiky.net
    - databáze lehkého opevnění z let 1936-38, lidově 'řopík'. Jedná se o železobetonové historické stavby, které měly sloužit jako pevnosti lehkého opevnění.

5.2.1 Výstup GIS analýzy – ukázková plocha

Jako ukázkovou plochu můžeme uvést plochu jižně od obce Vražné, okres Nový Jičín. Za pomoci GIS nástrojů byla identifikována plocha v zemědělské půdě. Jde-li o zemědělskou půdu, na leteckém snímku mohou být zřetelné stopy vodní eroze potvrzující, že v lokalitě dochází ke zvýšenému odtoku vody a je tedy vhodná k navržení opatření pro její zadržení. Pro ověření lokality je také možné ji překrýt liniovou vrstvou odtokových linií vodní eroze dle portálu https://eagri.cz/public/web/mze/, případně dalšími historickými mapovými podklady (historické ortofoto z 50. let 20. století, mapy II. vojenského mapování), na nichž je často zřejmé, že v minulosti měla lokalita jiné využití.

Obrázek 5-3: Nalezená plocha na ortofoto



Obrázek 5-4: Nalezená plocha na ortofoto se zobrazením odtokových linií.

Obrázek 5-5: Nalezená plocha na podkladu Mapy.cz

Obrázek 5-6: Lokalita na podkladu mapy II. voj. mapování

Obrázek 5-7: Lokalita na podkladu mapy císařských otisků

Takovou plochu můžeme prohlásit za plochu vhodnou pro opatření k zadržení vody. Mohlo by například dojít k jejímu zatravnění a vybudování sítě tůní a mokřadů, které by zvýšily množství zadržené vody a biodiverzitu okolí.

5.2.2 Závěr GIS analýzy – identifikované lokality

S využitím všech výše zmíněných metod bylo identifikováno celkově 819 lokalit vhodných k zadržení vody prostřednictvím přírodě blízkých opatření a 59 lokalit vhodných k budování malých vodních děl. Následující kapitoly se věnují jejich dalšímu rozčlenění podle možného typového opatření.

S veškerými identifikovanými lokalitami je třeba nakládat jako s potenciálně vhodnými plochami k provedení opatření vedoucí k zadržení vody v krajině. Hranice nalezených lokalit je pouze pomyslná. Je určená výpočetními algoritmy provedených GIS analýz. Musí být předmětem dalšího polohopisného zpřesnění v rámci nutnosti provedení následných průzkumů in situ rozebíraných v následujících kapitolách.

6. NÁVRH ŘEŠENÍ VČETNĚ MOŽNÝCH VARIANT

6.1 LOKALITY VHODNÉ K ZADRŽENÍ VODY V KRAJINĚ PROSTŘEDNICTVÍM PŘÍRODĚ BLÍZKÝCH OPATŘENÍ

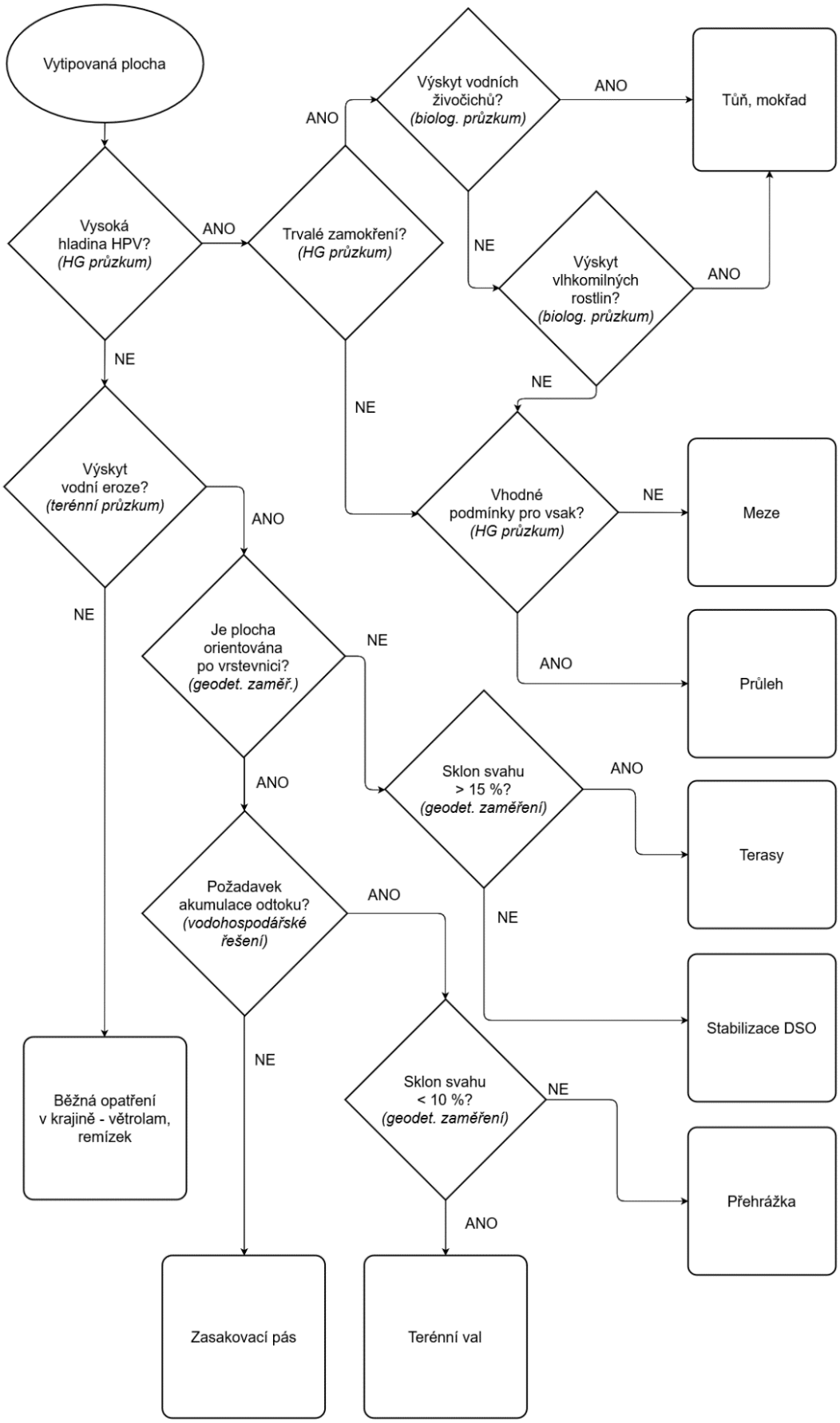
Na základě vytipování lokalit dle metody popsané v předchozí kapitole bylo přistoupeno k uplatnění konkrétních opatření, jak jsou popsány v katalogovém znění v příloze této územní studie. Na základě základních faktorů pro jednotlivá opatření byl zpracován zjednodušený diagram pro určení možných opatření ve vytipované lokalitě.

Z pohledu biotechnických opatření pro zadržování vody v krajině existuje řada konkrétních typů, které se mohou v krajině realizovat. Pro účely územní studie byly vybrány nejužívanější typy. Jsou to:

- Průleh
- Příkop
- Zasakovací pás
- Stabilizace dráhy soustředěného odtoku

- Terénní val
- Mez
- Přehrážka
- Terasa
- Větrolam
- Tůň
- Mokřad

Na základě vlastností a parametrů těchto opatření byl vytvořen zjednodušený diagram pro určení opatření v konkrétní lokalitě.

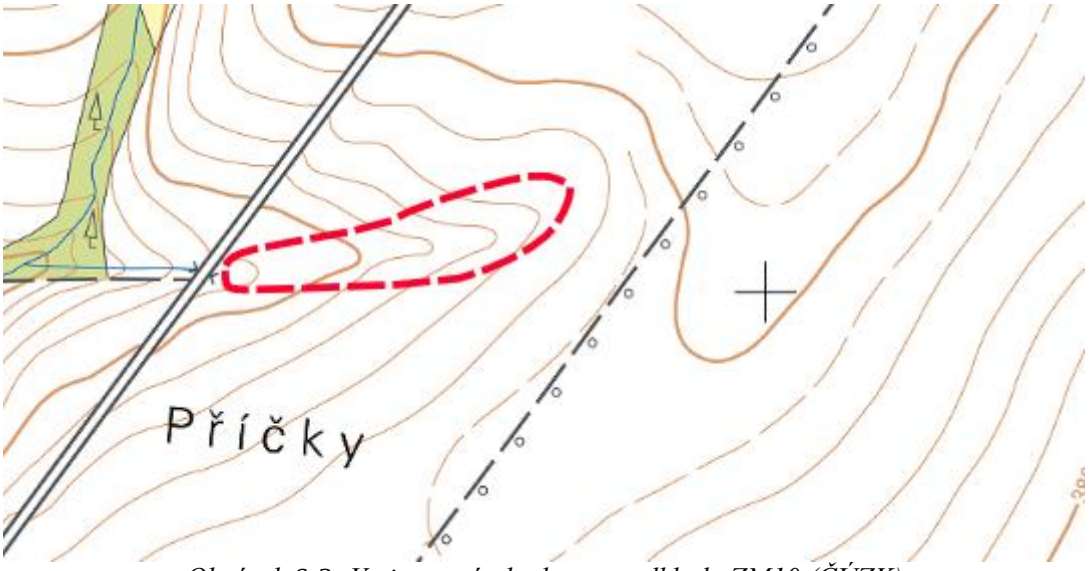


Obrázek 6-1 Zjednodušené schéma postupu průzkumu lokality pro návrhy opatření

6.1.1 Příklad vyhledání vhodné plochy pro zadržení vody v krajině prostřednictvím přírodě blízkých opatření dle diagramu

Ukázková plocha pro přírodě blízké opatření má tyto základní popisné údaje:

- Katastrální území: Hlavnice
- Kraj: Moravskoslezský
- Zeměpisné souřadnice: 49.9167364 N, 17.7178025 E
- Popis lokality: Jihozápadní část katastru obce Hlavnice, na zemědělské ploše vlevo od místní komunikace směrem na Mladecko



Obrázek 6-2: Vytipovaná plocha na podkladu ZM10 (ČÚZK)

Diagramem z obrázku 6-1 bylo následně postupováno takto:

1. Vysoká hladina HPV? NE

Pro ověření hydrogeologických poměrů doporučujeme provést rešerši dostupných hydrogeologických a inženýrsko-geologických podkladů.

2. Výskyt vodní eroze? ANO

Viz obrázek 6-3 níže. Na ortofoto je viditelná erozní rýha.

3. Je plocha orientována po vrstevnici? NE

Viz obrázek 6-2 výše. Jedná se o údolnici.

4. Sklon svahu větší než 15 %? NE

Sklon lokality vypočítán cca 3 %.

5. Výsledný typ opatření dle diagramu: Stabilizace DSO

Obrázek 6-3: Vytipovaná plocha na podkladu ortofoto (mapy.cz)

6.2 VYTIPOVÁNÍ LOKALIT K BUDOVÁNÍ MALÝCH VODNÍCH DĚL ZADRŽUJÍCÍCH VODU V KRAJINĚ

Vyhledání vhodných lokalit proběhlo za pomocí filtrace daných vrstev. Postup je popsán v Kap. 5.2. Vytipované plochy jsou znázorněny graficky a jejich poloha udává vhodnost navržení vodního díla. Jedná se o plochu, která určuje možné využití území nacházející se uvnitř plochy nebo její blízkosti. Pro tyto plochy byly určeny možná vodní díla, která jsou pro vytipované plochy vhodné. Níže následuje popis malých vodních děl a shrnutí charakteristik, které jsou klíčové pro výběr správného vodního díla v navrhované ploše.

Vhodná malá vodní díla na vytipovaných plochách na nebo v blízkosti vodních toků byla rozdělena na tyto skupiny:

- Malé vodní nádrže
- Přírodní úpravy na vodních tocích

6.2.1 Malé vodní nádrže (MVN)

Návrh MVN se řídí předpisem ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže. Pro námi vytipované plochy jsme určili 2 typy MVN:

- Průtočné
- Boční

Níže zobrazený diagram znázorňuje postup průzkumu pro určení druhu vodního díla na vytipované lokalitě. Výsledným prvkem diagramu je plocha vhodná pro návrh MVN nebo přírodě blízkých úprav na vodním toku.

6.2.2 Obecný postup pro přístup k návrhu MVN na vytipované ploše

6.2.2.1 Funkce nádrže

Pro účely zadržení vody v krajině doporučujeme volit funkce: retenční ochranná, akumulační, krajinotvorná a posílení biodiverzity. Retenční ochrannou funkci mají zpravidla všechny nádrže

až na rozdílný ochranný objem, který reprezentuje úroveň hladiny nad hladinou zásobní nebo hladinou stálého nadržení.

Boční MVN neplní funkci protipovodňovou a transformační. Jsou opatřeny nouzovým přelivem a nátok do nádrže musí být uzavíratelný.

6.2.2.2 Vodnost toku

Pro správnou vodohospodářskou bilanci nádrže je vhodné zvolit umístění nádrže průtočné/boční na vodním toku nebo v jeho blízkosti, který disponuje dostatečnou vodností. Hydrologická data pro tyto účely poskytuje Český hydrometeorologický ústav. Na základě těchto dat doporučujeme provést podrobnější hydrotechnické výpočty ztrát vody v nádrži s porovnáním přítoku vody do nádrže při zachování minimálního zůstatkového průtoku ve vodním toku pod MVN. Výpočty ztrát se provádí na M-denní průtoky.

Pro účely zadržení vody v krajině doporučujeme volit vodnatější tok s hodnotou Q_{330} minimálně o hodnotě 3 l/s.

Důvodem hodnoty průtoku Q_{330} > 3 l/s je dotace ztrát vody v průtočné nádrži, kde je nutné dodržet požadavek na zachování minimálního zůstatkového průtoku (Q_{MZP}) ve vodním toku pod vodním dílem, který se stanovuje vodoprávní úřad a dále dle metodického pokynu odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích. Jedná se především o ztráty vsakem do dna nádrže, výpar z vodní hladiny a evapotranspirací a dále s netěsností objektů.

Odhad vycházel s přihlédnutím k modelové MVN s plochou hladiny stálého nadržení 5 000 m^2 a plochou porostu litorálu 1 200 m^2, kde celkové výše uvedené ztráty vody jsou v součtu 1,0 l/s. Dále průtok vody 2,0 l/s byl uvažován pro: napouštění nádrže v celém vodohospodářském roce a pro zachování Q_{MZP} ve vodním toku pod MVN.

U boční nádrže je předpoklad uzavření odběrného objektu v případě nedostatku vody ve vodním toku. Z tohoto důvodu je uvažováno menší množství vody Q_{330} pro dotaci boční nádrže.

6.2.2.3 Geomorfologie

Správná geomorfologie území je nutností. Záleží především na:

- Spádových poměrech daného toku, inundace či nivy toku, kritérium pro členění na boční a průtočnou nádrž je v diagramu uvedeno 1 %
- Podélný sklon dna nádrže volit 0,5 – 5 %
- Spádové poměry jsou důležité zejména u bočních MVN, které jsou závislé na výškovém uspořádání nátoku a výtoku z nádrže
- Profil pro situování hráze by měl být co neužší, z důvodu snížení potřebného materiálu pro výstavbu hráze
- Hloubka MVN nesmí přesahovat 9,0 m a zadržený objem nesmí být větší jak 2 mil. m^3, dle ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže
- Vhodné je budovat více menších MVN
- Vhodné je volit plochu hladiny do 2 ha s výškou hráze do 5,0 m
- Zvolit mělčí profil pro MVN než hlubší, větší plocha hladiny zajistí více rozmanitosti z hlediska biologického výskytu druhů a přispěje k tvorbě krajiny

Diagram uvažuje pro průtočnou nádrž podélný sklon dna vodního toku > 1 %. U boční nádrže je tomu opačně. Důvodem u průtočné nádrže byl odhad výšky hráze vyšší nebo rovno jak 2,5 m včetně úpravy zátopy. Předpoklad vycházel z 1 % spádem dna vodního toku na 100,0 m délky

zátopy, což znamená 1,0 m výšky hráze nad stávající terén. V případě zemních prací v zátopě by celková výška hráze byla > 2,5 m.

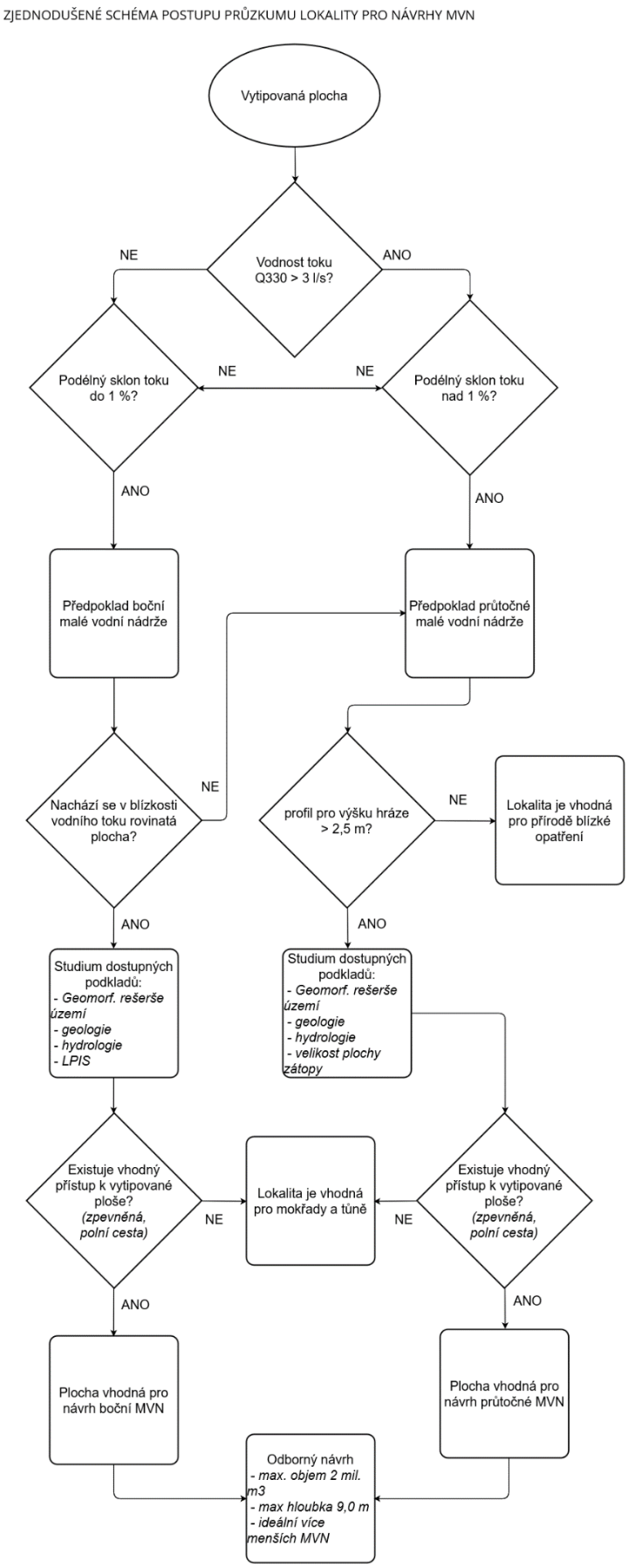
6.2.2.4 Přístup k MVN

Doporučujeme vybírat vytipované plochy, u kterých existuje vhodný přístup k lokalitě z důvodu údržby MVN. Vhodné je uvažovat s polní cestou, nejlépe se zpevněnou komunikací, kde je umožněn pohyb těžší mechanizace pro výstavbu i následnou údržbu MVN.

6.2.2.5 Odborný návrh k MVN

Dle místních podmínek vytipovaných zemníků pro materiál na stavbu hráze lze určit z jakého materiálu má být hráz vybudována. Pro účely zadržení vody v krajině doporučujeme volit jednodušší řešení formou sypané homogenní hráze, při kterém je hráz vybudována z jednoho zemního materiálu.

Konkrétní výběr vodního díla a parametry jsou směřovány a doporučeny v dalších stupních projektové dokumentace, která již obsahuje podrobné polohopisné zaměření lokality a potřebné průzkumné práce. Doporučujeme jako nejnižší stupeň použít Dokumentaci k územnímu rozhodnutí (DÚR), z které vyplývají majetkoprávní poměry a technické parametry vodního díla.



Obrázek 6-3 Zjednodušené schéma postupu průzkumu lokality pro návrh MVN

6.2.3 Příklad vyhledání vhodné plochy pro zadržení vody v krajině prostřednictvím MVN dle diagramu

6. Je vodnost blízkého vodního toku > 3 l/s?

Ano, s přihlédnutím k velikosti povodí toku a zrychleného výpočtu dle Chézyho rovnice.

7. Má vytipovaná lokalita podélný sklon toku nad 1 %?

Ano – využito webové služby analýza výškopisu ČÚZK.

8. Tedy platí předpoklad průtočné VN
9. Umožňují podmínky lokality vybudovat profil pro výšku hráze > 2,5 m?

Ano – využito webové služby analýza výškopisu ČÚZK. Dále bylo přihlédnuto k vytipované lokalitě s využitím archivních map, kde je patrné, že zde nádrž již v minulosti byla a hráz je stále dochovaná.

10. Studium dostupných podkladů pro detailní seznámení se s lokalitou

Geomorfologická rešerše – využití opět webové služby ČÚZK pro analýzu výškopisu.

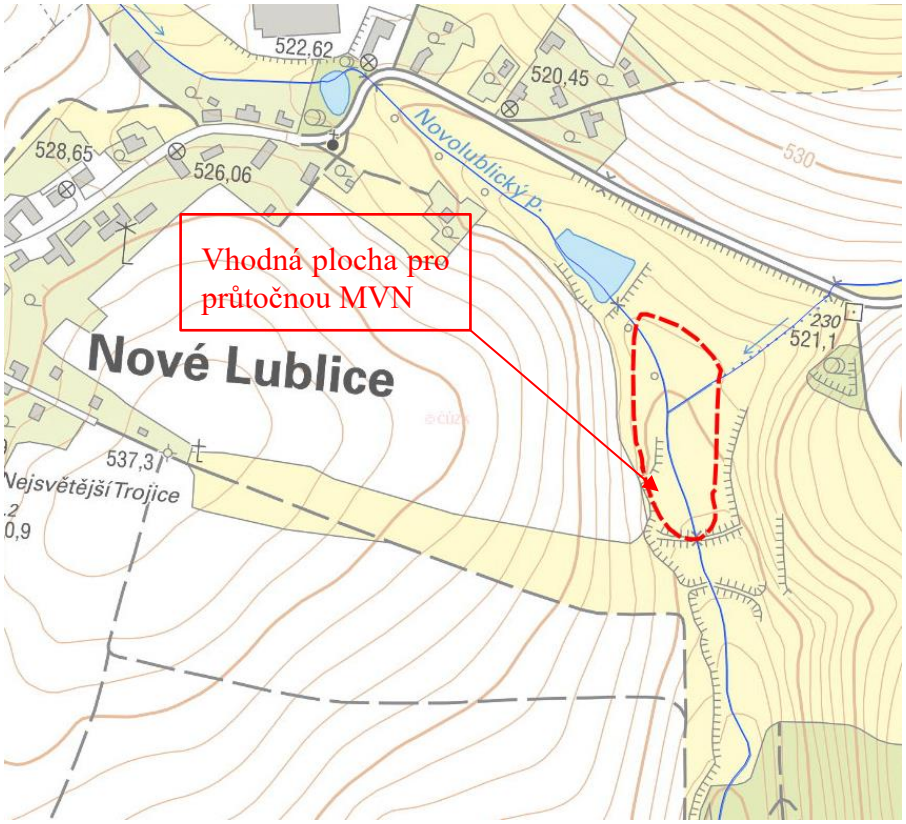
Geologická a hydrogeologická rešerše – dostupné podklady vrtné prozkoumanosti na webu geology.cz, předpoklad dobrých podmínek na základě původní nádrže.

Velikost plochy zátopy – velikost plochy zátopy udává stávající modifikace terénu původní zátopy a hráze s okrajovou podmínkou stávající nádrže nad vytipovanou plochou.

11. Existuje vhodný přístup k vytipované ploše?

Ano – v blízkosti se nachází polní cesta

12. Konkrétní řešená plocha je tedy vhodná pro umístění průtočné MVN.
13. Dále by měl následovat návrh parametrů odborníkem v rámci přípravy PD DÚR.



Obrázek 6-4 Vytipovaná plocha pro MVN dle diagramu

6.2.4 Návrhy přírodě blízkých úprav na vodním toku na vytipované ploše

Z hlediska zadržování vody v krajině doporučujeme aplikovat na navržených plochách níže popsaný postup pro rozvolnění technicky narovnaných a upravených koryt v krajině.

Popisovaná řešení jsou cílena na menší vodní toky o menších povodích. Jedná se zejména o toky, které charakterizují povodí IV. řádu. Doporučujeme provádět více menších opatřeních na různých částech toku než jedno velké na velkém toku. Zadržení vody v krajině tak může být daleko efektivnější.

Každá plocha disponuje odlišnými charakteristikami. Podélný spád toku je zcela zásadní pro určení druhu úpravy. Územní studie se zabývá převážně nížinnými oblastmi na zemědělské ploše, proto je nutné z hlediska geomorfologie sledovat uvedená doporučení:

- Každému kroku by měla předcházet konzultace se správcem toku
- Podélný spád toku je zcela zásadní pro určení druhu úpravy.
- Nížinná část toku se vyznačuje mělkou říční nivou, kde charakter toku tvoří meandrové pásy.
- Doporučujeme dbát na geologickou skladbu vodního toku (štěrkové toky, nebo více zemité, apod.), skladba budoucí přirozené tvorby koryta po úpravě bude mít zásadní vliv na tvar a charakter řečiště.
- Klást co největší důraz na zpomalení povrchového odtoku, důležitý geomorfologický charakter: rozvolnění technicky upravených toků, vytvoření říční nivy a meandrového pásu pro přirozenou tvorbu koryta, umožnit rozlivy vyšších průtoků do říční nivy, stabilizace příčnými objekty k zamezení zahlubování nivelety dna koryta. Vytvořit střídání brodů a tůní v úseku koryta. Rozvolnění koryta podpořit i periodicky přelévanými tůněmi na březích toků.
- Lokality, které obsahují technicky narovnaná koryta vodních toků jsou obecně lokality, které se nachází v blízkosti zemědělsky využívaných ploch. Tyto lokality jsou vhodné pro přirozené úpravy vodního koryta a vrácení koryt do původního tvaru.

Důležitým faktorem je neopomenout požadavky ochrany přírody místně příslušného orgánu ochrany přírody (OOP). Tito mají v daném území největší informovanost o výskytu přirozených vodních toků a jejich chování v území.

Konkrétní výběr vodního díla a parametry jsou směřovány a doporučeny v dalších stupních projektové dokumentace, která již obsahuje podrobné polohopisné zaměření lokality a potřebné průzkumné práce. Doporučujeme jako nejnižší stupeň použít Dokumentaci k územnímu řízení (DÚR), z které vyplývají majetkoprávní poměry a technické parametry vodního díla.

6.3 DOPLNĚNÍ O JIŽ EXISTUJÍCÍ PLÁNOVANÉ LOKALITY

Součástí výstupu bude i datová sada existujících návrhů opatření pro zadržení vody v krajině. Mezi ně budou zařazeny navrhované plochy z následujících zdrojů:

- Generel LAPV
- ZÚR
- Dílčí plán povodí Horní Odry
- Plán pro zvládání povodňových rizik v povodí Odry
- Vodní nádrž Nové Heřminovy
- PPO (dle ÚAP MSK)

7. ZÁVĚREČNÉ SHRNUTÍ

Předkládaná územní studie zpracovává současný pohled na adaptaci na změnu klimatu z hlediska zpracovaných klimatických modelů doplněných o charakteristiku území, jako např. propustnost povrchu nebo infiltrace srážek a morfologie povodí. Bylo vyhodnoceno, že je třeba se pokusit identifikovat potenciální nová opatření v celé ploše kraje.

V následujících části je popsán postup identifikace těchto lokalit, vhodných pro zadržení vody. Byly použity dvě odlišné metody, první vyhledává lokality vhodné pro drobná, přírodě blízká opatření; druhá je zaměřena na identifikaci lokalit vhodných pro budování malých vodních děl či přírodě blízkých úprav na vodních tocích v rámci úseků na vytypovaných místech. Pro nalezené lokality byly aplikovány výběrové filtry, které vyřadily veškeré plochy nacházející se na území, kde realizace opatření pro zadržení vody v krajině není vhodná.

Územní studie se zabývá následnou možnostmi provedení konkrétních návrhů opatření na identifikovaných 878 vhodných lokalitách. Funkčnost navrhovaného řešení je demonstrována na uvedených příkladech a schématech. Přílohu dokumentu tvoří zpráva s územními a technickými podmínkami pro rozdělení a vymezení přírodě blízkých opatření na vybraných lokalitách. Vždy je zdůrazněna potřeba následného polohopisného zpřesnění a konkretizace typu provedení vhodného opatření na základě in situ podrobného průzkumu lokality s ohledem na funkčnost návrhu, ověření geologických a hydrogeologických podmínek, možných střetů zájmu s ochranou přírody a krajiny a také ověření majetkoprávních poměrů vybraných lokalit.

8. VYUŽITÍ VÝSTUPU PRO BOJ SE SUCHEM

Předložený metodický návrh pro zpracování a hodnocení reliéfu krajiny a návrh perspektivního území pro zadržení vody v krajině posoudil využití potenciálu území kraje z hlediska srážkových úhrnů ve všech modelech vývoje klimatické změny k zadržení maximálního objemu srážkových vod v krajině přírodě blízkými způsoby.

Vedle zadržení vody v současných významných vodních dílech s velkými objemy, k možnému využití této vody v rámci redistribuce pro vyrovnání deficitů na území Moravskoslezského kraje stojí

Ambice této územní studie vytvořit základní rámec pro realizaci opatření v krajině k zadržení vody prostřednictvím přírodě blízkých opatření charakteru mokřadů, remízků, zasakovacích pásů a průlehů, terénních úprav, tůní, a také malých vodních nádrží či opatření na tocích nebude fungovat bez dalšího posunu směrem ke konkretizaci vhodných opatření na navržených potenciálních plochách provedením podrobných průzkumů řešeného území, tvorby projektové dokumentace k vybranému záměru a následné provedení samotné realizace.

Byly nalezeny odpovědi na otázku, kde je možné provádět opatření k zadržení vody v krajině, byly identifikovány kritická území v kontextu vysychání krajiny a navrženy lokality, které svou geografickou polohou v krajině mohou pomoci snižovat dopad změny klimatu v krajině.

SEZNAM POUŽITÝCH PODKLADŮ:

Střední scénář klimatické změny pro vodní hospodářství v České republice – Povodí Odry, státní podnik. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 12/2019

Klimatická změna. Ústav výzkumu globální změny AV ČR [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: www.klimatickazmena.cz

Sucho v krajině. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. Dostupné z: www.suchovkrajine.cz

Plán dílčího povodí Horní Odry. Povodí Odry, státní podnik

Roční úhrny srážek Moravskoslezský kraj, ČHMÚ

Základní informace z Generelu možných adaptačních opatření v dílčím povodí Horní Odry na průměrný scénář klimatické změny v povodích, kde hrozí výrazný nedostatek vody s ohledem na v současné době vydaná nakládání s vodami (odběry povrchové vody). Povodí Odry, státní podnik, 2021

Dzuráková, M., Osičková, K., Uhrová, J., Rozkošný, M., Smelík, L., Němejcová, D., Zahrádková, S., Štěpánková, P., & Macků, J. (2017). Potenciál aplikace přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 59*(4), 25–32.

Hanel, M., Kašpárek, L., Peláková, M., Beran, A., & Vizina, A. (2013). Evaluation of changes in deficit volumes: support for protection of localities suitable for construction of reservoirs. *Considering Hydrological Change in Reservoir Planning and Management, Edited by: Schumann, A., IAHS Press, Wallingford, Oxfordshire, UK*, 187–192.

Hanel, M., Kasparek, L., Peláková, M., Beran, A., & Vizina, A. (2013). *Evaluation of changes in deficit volumes: Support for protection of localities suitable for construction of reservoirs*. *362*.

Hanel, M., Vizina, A., Máca, P., & Pavlásek, J. (2012). A Multi-Model Assessment of Climate Change Impact on Hydrological Regime in the Czech Republic. *Journal of Hydrology and Hydromechanics, 60*(3), 152–161. https://doi.org/10.2478/v10098-012-0013-4

Janeček, M. (2012). *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. https://search.mlp.cz/cz/titul/ochrana-zemedelske-pudy-pred-erozi/3738947/

Šachová, B. (2010). *Hydrologické sucho v kontextu klimatické změny ve světě a v českém povodí Labe*. https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/39621

Trnka, M., Vizina, A., Hanel, M., Balek, J., Fischer, M., Hlavinka, P., Semerádová, D., Štěpánek, P., Zahradníček, P., Skalák, P., Eitzinger, J., Dubrovský, M., Máca, P., Bělínová, M., Zeman, E., & Brázdil, R. (2022). Increasing available water capacity as a factor for increasing drought resilience or potential conflict over water resources under present and future climate conditions. *Agricultural Water Management, 264,* 107460. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107460

Pretel J. (2009): Současný vývoj klimatu a jeho výhled. *Ochrana přírody*64, suppl.: 2–7.

Voženílek, V. (2001). *Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu*. Univerzita Palackého, Přírodovedecká fakulta.

Raška, P., Slavíková, L. (2019): Drobné vodní plochy v krajině. Geografické rozhledy, 29(2), 12–15.

Kiliánová, H. (2009). *Ekotony v současné krajině: analýza a modelování ekotonu v povodí Trkmanky*. Univerzita Palackého v Olomouci.

VLNAS, Radek. *Časová a plošná variabilita hydrologického sucha v podmínkách klimatické změny na území České republiky*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2010. ISBN 978-80-87402-11-5.

Zahrádková, S., Hájek O., Treml P., Pařil P., Straka M., Němejcová D., Polášek M., Ondráček P., (2015): Mapa rizika vysychání drobných vodních toků. Mapa je od 1. 2. 2016 dostupná na adrese heis.vuv.cz.

Zahrádková, S., Hájek, O., Treml, P., Pařil, P., Straka, M., Němejcová, D., Polášek, M., & Ondráček, P. (2015). Hodnocení rizika vysychání drobných vodních toků v České republice. *Vodohospodářské Technicko-Ekonomické Informace*, *57*(6), 4. https://doi.org/10.46555/VTEI.2015.09.001

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:

AOPK - Agentura ochrany přírody a krajiny ČR

BPEJ - bonitovaná půdně ekologická jednotka

CN – čísla odtokových křivek

ČR – Česká republika

ČHMÚ - Český hydrometeorologický ústav

DMR – Digitální model reliéfu

DMR5G – Digitální model reliéfu 5. generace

GCM - Global Climate Model

GIS – Geografický informační systém

CHKO - Chráněná krajinná oblast

KrÚ – Krajský úřad

LAPV - Území chráněné pro akumulaci povrchových vod

MSK – Moravskoslezský kraj

MVN – malá vodní nádrž

OPVZ – ochranné pásmo vodního zdroje

RCM – regional climate model

ÚAP - územně analytické podklady

ZABAGED – základní báze geografických dat

ZÚR – zásady územního rozvoje

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 3-1 Schéma povodí na území Moravskoslezského kraje. Zdroj KrÚ MSK 3

Obrázek 3-2 Průměrný roční úhrn srážek na území povodí Horní Odry v letech 2013–2019. Zdroj Povodí Odry, s. p. 4

Obrázek 3-3 Mapa průměrného ročního úhrnu srážek dle modelu IPSL. Zdroj klimatickazmena.cz 7

Obrázek 3-4 Mapa ohroženosti suchem. Zdroj suchovkrajine.cz 8

Obrázek 3-5 Riziko výskytu horkých a suchých period v roce 2090 podle modelu IPSL. Zdroj klimatickazmena.cz 9

Obrázek 3-6 Riziko výskytu horkých nebo suchých period v roce 2090 podle modelu IPSL. Zdroj klimatickazmena.cz 10

Obrázek 3-7 Histogram srážkových úhrnů. Zdroj dat ČHMÚ 11

Obrázek 3-8 Území ve srážkovém stínu s předpokládanými srážkami nižšími než 800 mm. Zdroj autoři podle dat z klimatickazmena.cz. 11

Obrázek 3-9 Mapa deficitu srážek. Zdroj Zahrádková a kol., 2015 12

Obrázek 3-10 Řád vodních toků podle Strahlera, ukázka číslování. Zdroj heis.vuv.cz 13

Obrázek 5-2 Privilegované cesty odtoku povrchové vody 17

Obrázek 5-3: Nalezená plocha na ortofoto 20

Obrázek 5-4: Nalezená plocha na ortofoto se zobrazením odtokových linií. 21

Obrázek 5-5: Nalezená plocha na podkladu Mapy.cz 21

Obrázek 5-6: Lokalita na podkladu mapy II. voj. mapování 21

Obrázek 5-7: Lokalita na podkladu mapy císařských otisků 22

Obrázek 6-1 Zjednodušené schéma postupu průzkumu lokality pro návrhy opatření 24

Obrázek 6-2: Vytipovaná plocha na podkladu ZM10 (ČÚZK) 25

Obrázek 6-2: Vytipovaná plocha na podkladu ortofoto (mapy.cz) 26

Obrázek 6-3 Zjednodušené schéma postupu průzkumu lokality pro návrh MVN 29

Obrázek 6-4 Vytipovaná plocha pro MVN dle diagramu 30

PŘÍLOHA ÚZEMNÍ STUDIE:

Územní a technické podmínky pro rozdělení a vymezení typů přírodě blízkých opatření

Mapové přílohy v měřítku 1 : 50 000

Mapové přílohy v měřítku 1 : 10 000

Elektronická verze předaných dokumentů a geodat v otevřených formátech