

Revize kritických bodů a vyhodnocení jejich přispívajících ploch v kontextu evidovaných erozních událostí jako podklad pro návrh přírodě blízkých opatření

Ing. Miroslava Plevková

Abstract

Hydrological extremes, such as drought and floods, are currently occurring more and more frequently, and the significantly modified Czech landscape cannot sufficiently withstand these extreme phenomena. However, changes in the landscape were not only carried out under communism, historically, but people also changed the landscape to make work easier (mill, sawmill, and hammer mill improvements or timber shipping). However, society made more and more demands on the landscape, and it was the period after 1948 that marked its condition the most. Economic and political pressure led to the creation of large cultivable areas, and the different water regimes on them were unified by drainage and melioration structures.

At present, fortunately, the trend is in the opposite direction. The European Union, and thus the Czech Republic, are working on strategies that will form a basic document for adaptation to climate change. It is an effort to create a diversified landscape with the greatest emphasis on retaining water in the countryside but also in cities. These documents will subsequently be incorporated into spatial planning documentation, watershed plans, and other conceptual and strategic documents. For this reason, too, pressure is exerted on the design, and assessment, especially on the implementation of adaptation and mitigation measures (and not only in the countryside). In order to design an optimal solution, it is important to determine where the given problem arises and what are the possibilities of its solution. Their subsequent quantification, but also their economic evaluation, is no less important.

The aim of the presented work is the evaluation of the contributing areas in the context of registered erosion events in connection with the design and evaluation of nature-friendly measures. The evaluation of existing procedures and data will further enter into a multi-criteria analysis for the allocation of a priority area within the area of interest of the Dyje basin. The already established critical points and their contributing areas, specifically revised points from 2015, were used as the primary basis. A rainfall-runoff model for several scenarios will then be compiled for the selected priority area, namely, for the current state, the state based on historical data, and the state optimal (with proposed measures) in the context of climate change. The final step should be the economic evaluation of the proposed measures.

Following the optimal design of measures, field reconnaissance of localities, acquisition of photo documentation, and processing of identification cards for certain measures will also be processed and carried out.

Abstrakt

Hydrologické extrémy, jako jsou sucho a povodně, se v současnosti vyskytují čím dál častěji, a výrazně upravená Česká krajina nedokáže dostatečně odolávat těmto extrémním jevům. Úpravy v krajině nebyly však uskutečňovány jen za minulého režimu, člověk si historicky krajinu přizpůsoboval pro ulehčení práce (mlynářské, pilařské a hamernické úpravy nebo plavba dřeva). Postupně ale společnost kladla na krajinu čím dál větší nároky, a právě období po roce 1948 poznamenalo její stav nejvíce. Hospodářsko-politický tlak vedl k vytváření velkých obhospodařovatelných ploch, a rozdílné vodní režimy na nich byly sjednoceny odvodňovacími melioračními stavbami.

V současnosti je ale trend opačného ražení. Evropská unie, potažmo Česká republika, zpracovávají strategie, které budou tvořit základní dokument pro adaptaci na změnu klimatu. Je snahou vytvořit krajinu diverzifikovanou s největším důrazem na zadržení vody v krajině ale také ve městech. Tyto podklady budou následně zapracovávány do územně plánovacích dokumentací, plánů povodí, a dalších koncepčních a strategických dokumentů. I z tohoto důvodu je vyvíjen tlak na návrh, posouzení ale zejména na postupnou realizaci adaptačních a mitigačních opatření, a to nejen v krajině. Pro návrh optimálního řešení je důležité stanovit, kde daný problém vzniká a jaké jsou možnosti jeho řešení. Neméně důležitou je jejich následná kvantifikace, ale také ekonomické zhodnocení.

Cílem předkládané práce je vyhodnocení přispívajících ploch v kontextu evidovaných erozních událostí v návaznosti na návrh a zhodnocení přírodě blízkých ochranných opatření. Zhodnocení stávajících postupů a dat bude dále vstupovat do multikriteriální analýzy pro vyčlenění prioritní oblasti v rámci zájmového území povodí Dyje. Jako primární podklad byly použity již stanovené kritické body a jejich přispívající plochy, konkrétně revidované body z roku 2015. Pro vybranou prioritní oblast bude následně sestaven srážko-odtokový model pro několik scénářů, a to pro stávající stav, stav na základě historických podkladů, a stav optimální (s navrženými opatřeními) v kontextu klimatické změny. Finálním krokem by mělo být ekonomické zhodnocení navrhovaných opatření.

V návaznosti na optimální návrh opatření budou také zpracovány a uskutečněny terénní rekognoskace lokalit, pořízení fotodokumentace a zpracování identifikační karty k určitým opatřením.

Anotace

Cílem předkládané práce je vyhodnocení přispívajících ploch v kontextu evidovaných erozních událostí v návaznosti na návrh a zhodnocení přírodě blízkých ochranných opatření. Zhodnocení stávajících postupů a dat bude dále vstupovat do multikriteriální analýzy pro vyčlenění prioritní oblasti v rámci zájmového území povodí Dyje. Jako primární podklad byly použity již stanovené kritické body a jejich přispívající plochy, konkrétně revidované body z roku 2015. Pro vybranou prioritní oblast bude následně sestaven srážko-odtokový model pro několik scénářů, a to pro stávající stav, stav na základě historických podkladů, a stav optimální (s navrženými opatřeními) v kontextu klimatické změny.

Klíčová slova: kritické body, eroze, klimatická změna, adaptace a mitigace, GIS, přírodě blízké protipovodňové opatření, srážko-odtokový hydrologický model

Anotation

The aim of the presented work is the evaluation of the contributing areas in the context of registered erosion events in connection with the design and evaluation of nature-friendly measures. The evaluation of existing practices and data will further enter into a multi-criteria analysis for the allocation of a priority area within the area of interest of the Dyje basin. The already established critical points and their contributing areas, specifically revised points from 2015, were used as the primary basis. A rainfall-runoff model for several scenarios will then be compiled for the selected priority area, specifically for the current state, the state based on historical data, and the state optimal (with proposed measures) in the context of climate change.

Keywords: critical points, erosion, climate change, adaptation and mitigation, GIS, nature-friendly measures, rainfall-runoff hydrologic model

1 Úvod

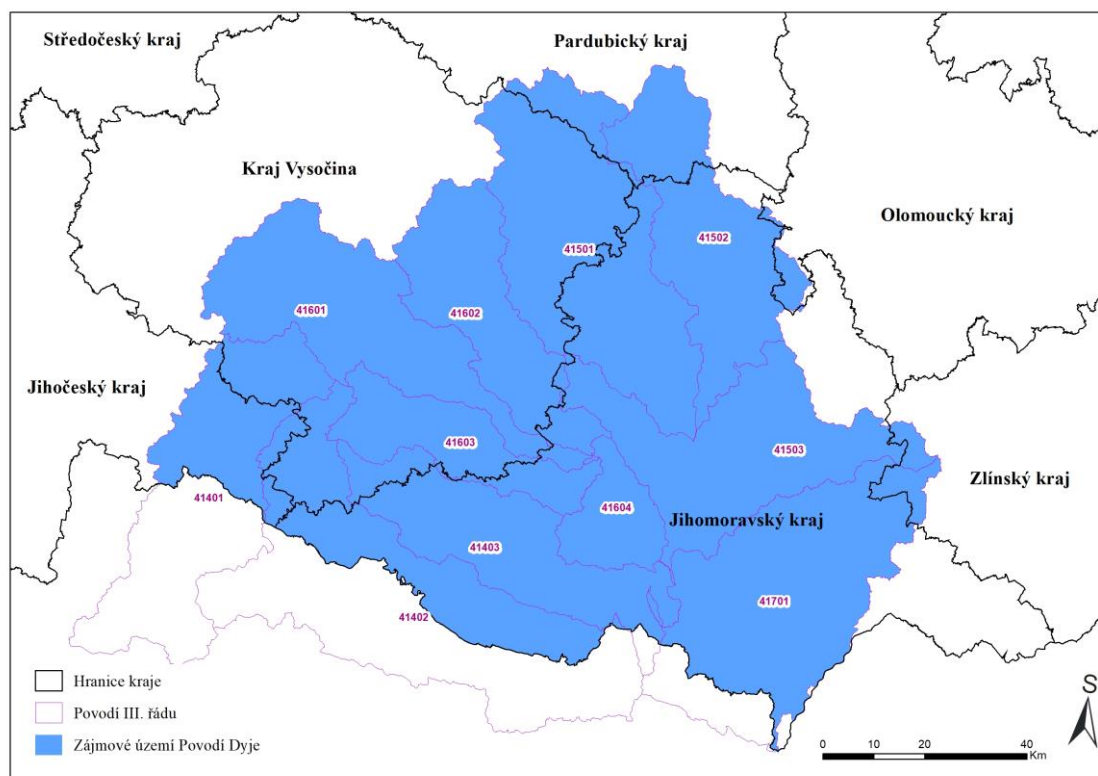
Hydrologické extrémny jsou fenoménem, které se v návaznosti na klimatickou změnu vyskytují čím dál častěji. Člověkem pozmeněná krajina nedokáže dostatečně odolávat těmto extrémním jevům. Evropská unie, potažmo Česká republika, v současnosti zpracovávají strategie, které budou tvořit základní dokument pro adaptaci na změnu klimatu. Ty budou následně zapracovávány do územně plánovacích dokumentací, plánů povodí, případně do dalších koncepčních a strategických dokumentů.

I z tohoto důvodu je vyvíjen tlak na posouzení a návrh adaptačních a mitigačních opatření nejen v krajině. Následně je vyvíjen tlak především na jejich realizační fázi. Pro návrh optimálního řešení je důležité stanovit, kde daný problém vzniká a jaké jsou možnosti jeho řešení. Neméně důležitou stránkou návrhu je jejich následná kvantifikace, ale také ekonomické zhodnocení.

2 Metodika

2.1. Zájmové území

Zájmové území bylo primárně stanoveno na oblast povodí Dyje (celková plocha 11160,78 km²). Území bylo vybráno v návaznosti na působnost státního podniku Povodí Moravy, které se dlouhodobě pokouší zlepšovat nejen situaci na tocích, ale také v ploše povodí, a to v součinnosti s ostatními organizačními složkami státu a veřejné správy.



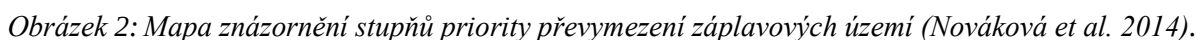
Obrázek 1: Přehledná mapa zájmového území.

Území zasahuje do následujících povodí III. řádu (přesah za státní hranici není uvažován):

- 4-14-01 Moravská Dyje a Německá Dyje
- 4-14-02 Dyje od soutoku Moravské a Německé Dyje po Jevišovku
- 4-14-03 Jevišovka a Dyje od Jevišovky po Svatku
- 4-15-01 Svatka po Svitavu
- 4-15-02 Svitava

- ## 2.2. Vymezení kritických bodů a záplavových území

Dle výzkumu Ministerstva vnitra ČR byla v letech 2010-2014 sestavena studie pro klasifikování přesnosti vymezených záplavových území, která byla dále promítnuta do Metodiky pro zpracování návrhů záplavových území (Nováková a kol. 2014). Území byla rozdělena do třech kategorií dle stupně priority převymezení záplavového území (1 – velmi nepřesné, 2 – nepřesné, 3 – poměrně přesné). Pokud se podíváme na mapové znázornění stupňů priority převymezení záplavových území v zájmové oblasti, do kategorie „poměrně přesné“ zasahuje jenom několik málo vymezených úseků.

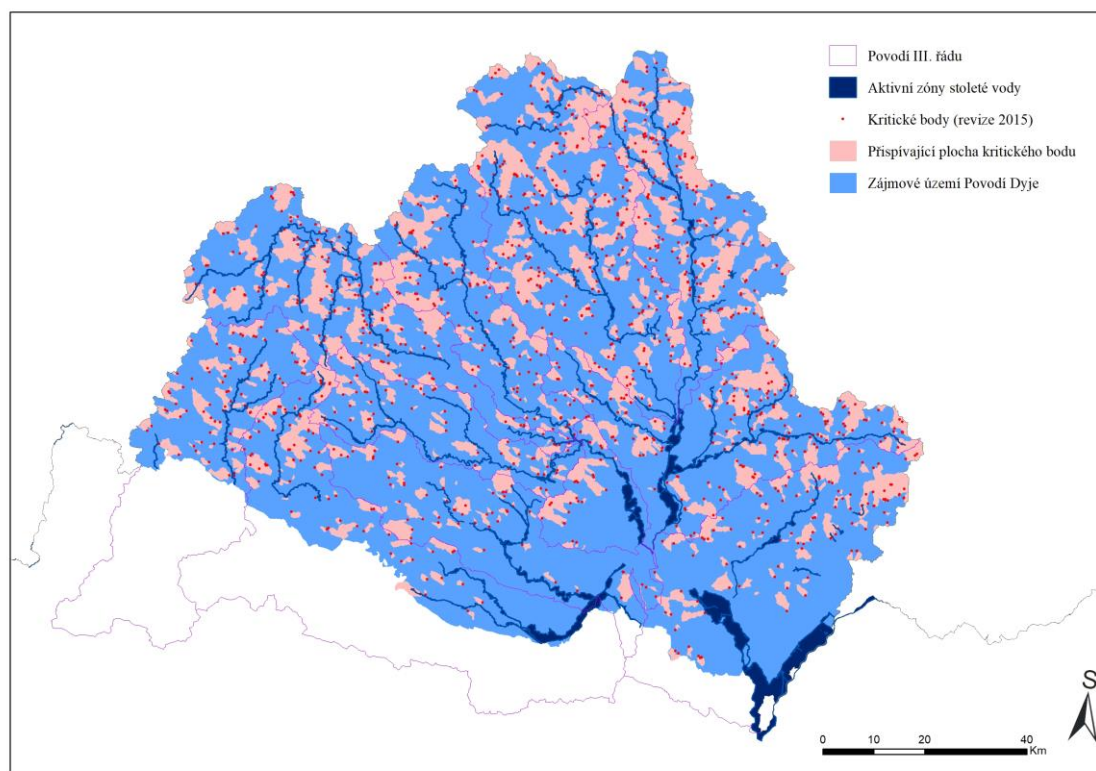


V zájmovém území je vymezeno záplavové území aktivní stoleté vody na 54 tocích, dle plánu dílčího povodí (2021-2027) je v povodí Dyje vymezeno 26 oblastí s významným povodňovým rizikem.

V roce 2009 vznikla také metodika pro identifikaci míst, které jsou potenciálně ohroženy přívalovými povodněmi (Drbal, Dumbrovský a kol. 2009). Tyto kritické body byly následně revidovány na základě aktuálních podkladů v roce 2015.

Kritický bod (dle této uvedené metodiky) je průsečík hranice intravilánu s linií dráhy soustředěného odtoku. Z metodiky vyplývá, že k výběru kritických bodů jsou doporučena kombinovaná kritéria (velikost přispívající plochy $0,3 - 10 \text{ km}^2$ (K1), průměrný sklon přispívající plochy je $\geq 3,5 \%$ (K2), a podíl plochy orné půdy v povodí $\geq 40 \%$ (K3)). Čtvrtou podmínkou kritéria (K4) je mezní hodnota ukazatele $\geq 1,85$, která zahrnuje kombinaci fyzicko-geografických podmínek, způsobu využití území, regionálních rozdílů krajinného pokryvu a potenciálního výskytu srážek extrémních hodnot doplněné váhami relevantních veličin. Dle modelových území byl výběr také rozšířen také o kritické body s velikostí přispívající plochy od 1 km^2 do 10 km^2 (K1A) a s průměrným sklonem přispívající plochy je $\geq 5 \%$ (K1B). Problematickými jsou také kritické profily, jejichž přispívající plocha je menší než $0,3 \text{ km}^2$. Tyto profily, které ale nejsou plošně vymezeny pro Českou republiku, primárně jsou určovány na základě technického standardu plánu společných zařízení v pozemkových úpravách.

V zájmovém území oblasti povodí Dyje bylo takto vymezeno 1356 kritických bodů.



Obrázek 3: Určení potenciálního ohrožení (kritické body a záplavové území).

2.3. Stanovení postupu prací a vyhodnocování podkladových dat

V rámci zájmového území byla snaha o shromáždění všech podkladových dat a jejich vyhodnocení v návaznosti na již vymezené kritické body. Vyhodnocení bude dále vstupovat do multikriteriální analýzy pro výběr prioritní oblasti, jelikož povodí Dyje je pro podrobnější analýzy značně rozsáhlé. Následně budou v prioritní oblasti navrženy a vyhodnocovány přírodě blízká ochranná opatření pomocí matematického modelování.

Jako primární podklady byly použity již stanovené kritické body a jejich přispívající plochy, konkrétně revidované body z roku 2015. Pro vytvoření digitálního modelu terénu v rámci této identifikace byla

využita Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED). Z hlediska určení hranic intravilánu bylo u revidovaných bodů postupováno jinak než v roce 2009. Konkrétně pro určení hranic intravilánu byl v roce 2009 využit Digitální model území v měřítku 1:25 000, který byl vytvořen Vojenským geografickým a hydrometeorologickým úřadem v Dobrušce. V roce 2015 byla zmíněná vrstva aktualizována pomocí podkladových dat ZABAGED, konkrétně polygony „areál účelové zástavby“, „budova“ a „blok budov“.

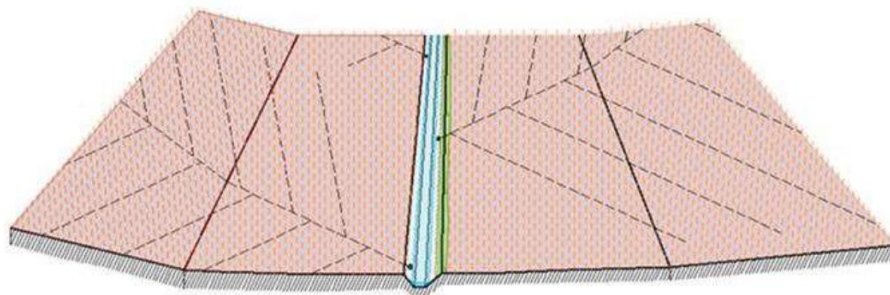
Z hlediska vytvoření digitálního modelu terénu byly využity data DMR 5G s velikostí buňky 10 m, který je z hlediska hydrologického modelování uváděn jako nejvhodnější (Zhang, Montgomery, 1994 and Gabrecht, Martz, 1992). Rovněž dle metodického návodu k provádění vybraných činností v procesu pozemkových úprav (Doležal a kol. 2015) je z hlediska erozního ohrožení pro analýzy doporučena velikost buňky rastru hodnota 5 m (maximálně 10 m), a to z toho důvodu, že při snaze o jemnější rozlišení výsledného DMT dochází ke vzniku nepřesností. Pro návrh opatření bude velikost buňky DMR 5G zpřesněna na 2 m.

Jedním z důležitých podkladů, který byl v rámci vyhodnocení přispívajících ploch kritických bodů zpracován, jsou informace o monitoringu eroze zemědělské půdy. V rámci monitoringu dochází ke sběru informací a dat o erozních událostech a jejich příčinách již desátým rokem pod patronátem Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i. a Státního pozemkového úřadu. Pro účely zpracování byla poskytnuta data ve formátu shapefile (Data Monitorované erozní události 05/2022© VÚMOP, SPÚ).

Pro určení aktuálního využití území jsou kombinovaná podkladová data z veřejného registru půdy (Land Parcel Identification System - LPIS, 2021) s informacemi o využití území dle Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®, 2019).

Snahou bylo také zahrnutí historických informací o území, a to pomocí historických leteckých snímků, map vojenského mapování případně stabilního katastru. V kontextu posledních let je také čím dál častěji skloňováno slovo „meliorace“ a to v souvislosti s extrémními projevy počasí. Pojem se častokrát mylně používá pro označení odvodňovacích staveb na zemědělských plochách. V pravém slova smyslu jsou ale meliorace všechna opatření vedoucí ke zlepšení úrodnosti půd (z latinského *melioro* – zlepšovat), a nejedná se jenom o fenomén minulého režimu. Proto byly rovněž vyhodnoceny data o areálech odvodnění, které byly pořízeny Zemědělskou vodohospodářskou správou digitalizací analogových map (Ministerstvo zemědělství, 2016).

Odvodnění bylo děleno na hlavní odvodňovací zařízení (HOZ) a podrobná odvodňovací zařízení (POZ). HOZ byly nejčastěji objekty, které sloužily k odvádění nadbytku povrchové a podzemní vody, a to formou otevřených kanálů nebo zatrubněných úseků včetně objektů na nich. POZ byly soubory opatření pro bezprostřední úpravu vodního režimu půd, a to formou sběrných a svodných drénů, výustění, a drenážními šachticemi.



Obrázek 4: Znárodnění HOZ a POZ s ohraničením nivy (Zajíček a kol., 2021)

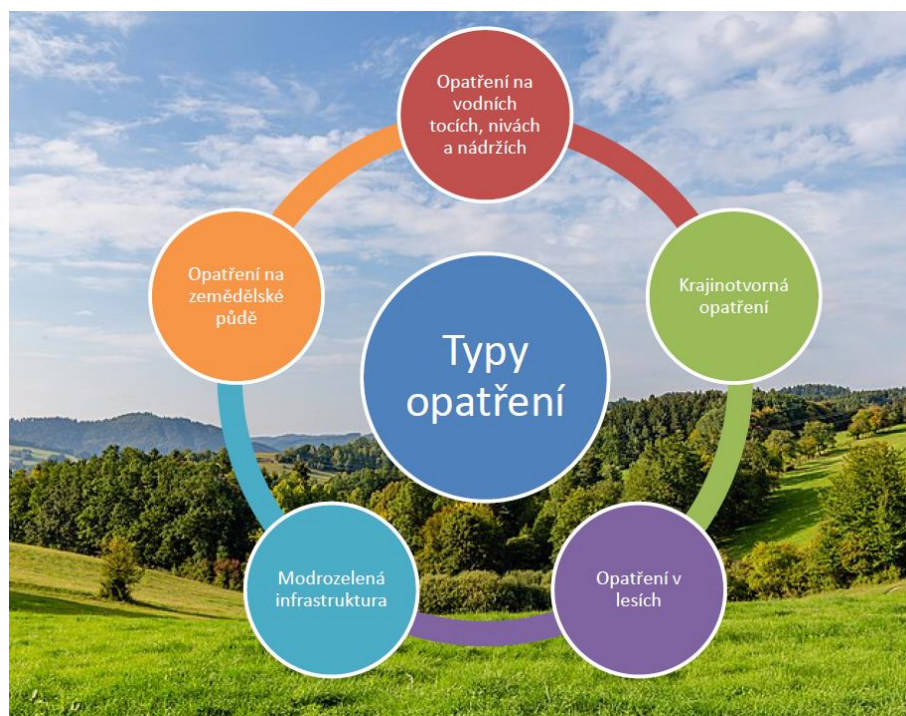
Výše uvedená data byla zpracována pomocí analýz v prostředí geografických informačních systémů (ArcMap 10.3 a QGIS) a následně vyhodnocena v prostředí tabulkového editoru MS EXCEL.

Všechny podklady budou vstupovat do multikriteriální analýzy společně s informacemi o bonitovaných půdních jednotkách. Daty dostupnými na portálu Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního, jako jsou například hranice katastrálních území, podkladové mapy, archivní letecké snímky, a další. Do analýz budou také vstupovat informace o ochraně životního prostředí, ochraně vod a případných územních rezerv. Multikriteriální analýza je i v současnosti využívána při řešení adaptačních strategií v České republice. Využitá byla například při tvorbě Regionální strategie adaptačních opatření Plzeňského kraje pro zadržení vody v krajině (VRV, a.s. 2021) nebo Regionální strategie adaptačních opatření (ReSAO) Pardubického kraje (Envicons, s.r.o 2019).

Pro návrhy opatření budou dohledány dostupné informace, o již proběhlých studiích odtokových poměrů, protierozních opatření, informace, o již realizovaných opatřeních, jako jsou například informace k odstraňování sedimentů z vodních nádrží, informace o proběhlých nebo probíhajících komplexních pozemkových úpravách.

Neméně důležitými budou informace o srážkách, a to jak na základě podkladů, které jsou v projekční praxi nejčastěji využívány, tak základě informací o zaznamenaných srážkových epizodách k jednotlivým erozním a povodňovým událostem pro správné kalibrování srážko-odtokového modelu. Vyhodnocen bude také postup navržen v rámci zpracovávání komplexních pozemkových úprav na základě studie klimatických charakteristik pro účely dimenzování prvků PSZ a posouzení projektových dokumentací pro realizaci vodohospodářských staveb (ČZU, 2020).

Snahou je pokrytí zájmového území, potažmo prioritní oblasti, co nejvíce dostupnými daty, na základě, kterých budou navržena opatření. Snahou bude zaměřit se na všechny části krajiny s řešením nejen ochrany obyvatelstva, ale vytvoření optimální fungující krajiny, která bude lépe snášet dopady klimatické změny.

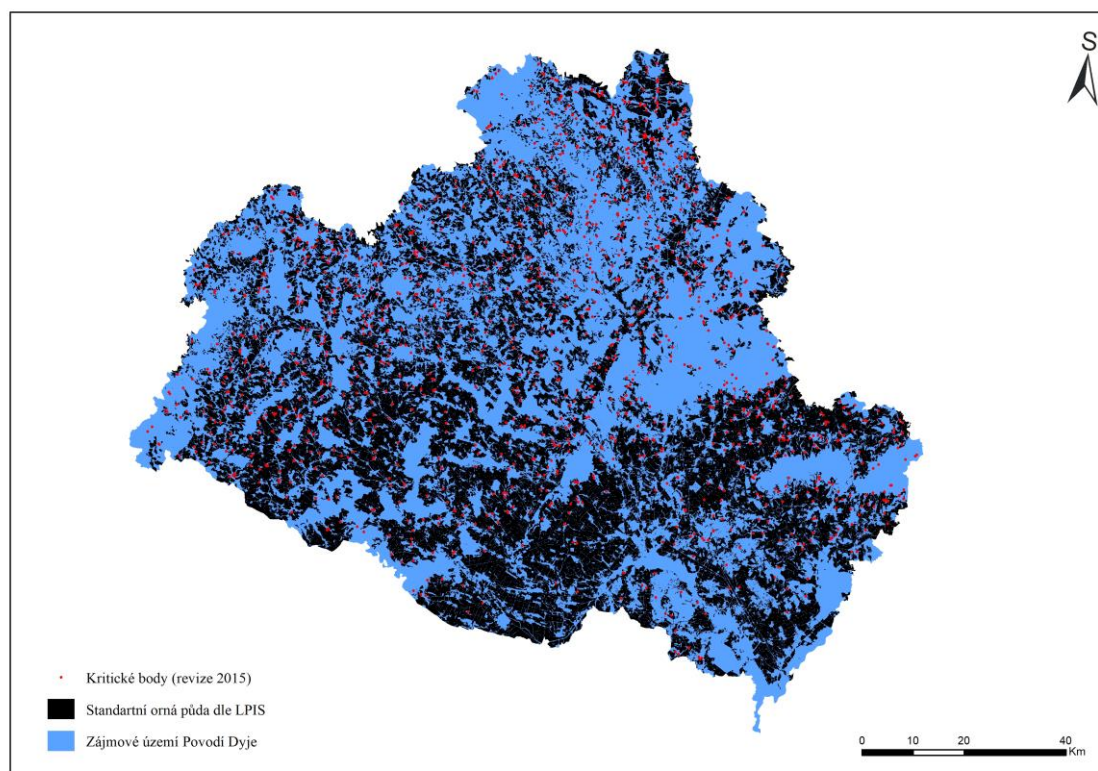


Obrázek 5: Typy navrhovaných opatření na základě podkladových dat.

3 Výsledky

Na základě výše uvedených podkladů bylo zhodnoceno využití území, a to v návaznosti na zájmové území ale také na přispívající plochy kritických bodů.

Primárně byla vyhodnocována orná půda v oblasti povodí Dyje. Zájmové území je i v současnosti využíváno pro intenzivní zemědělskou činnost. Dle veřejného registru půd je jako zemědělský půdní fond využito 53 % celkové rozlohy, z toho 43 % jako standartní orná půda.



Obrázek 6: Mapa standartní orné půdy dle LPIS v zájmové oblasti.

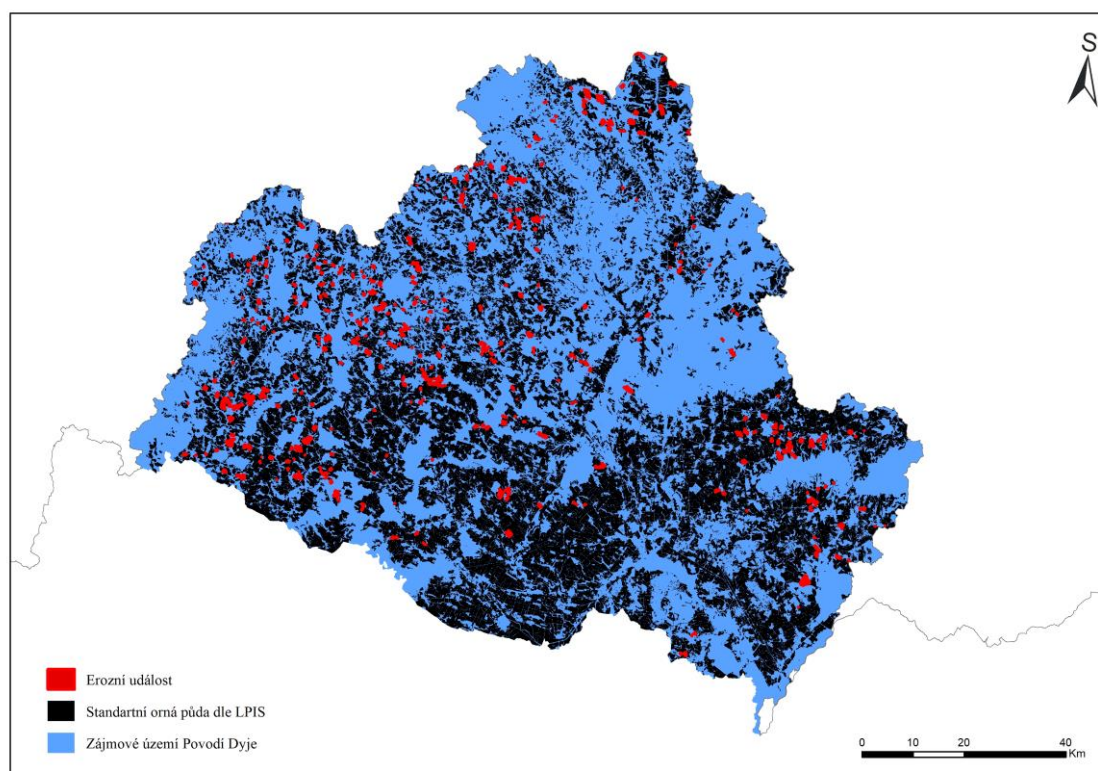
Pokud se podíváme na stanovené kritické body a aktuální data využití území, bylo zjištěno, že téměř v 88 % přispívajících ploch kritických bodů nastal pokles rozlohy orné půdy, a v téměř 42 % přispívajících plochách byl úbytek orné půdy o více než 10 %.

Důvodem může být změna dotačních podmínek pro pěstování na zemědělském půdním fondu, respektive legislativní úpravy skrze řešení eroze v České republice. Na konkrétní prioritní oblasti bude ale prověřeno, zda se nejedná jenom o chybu v rámci digitalizace půdních bloků.

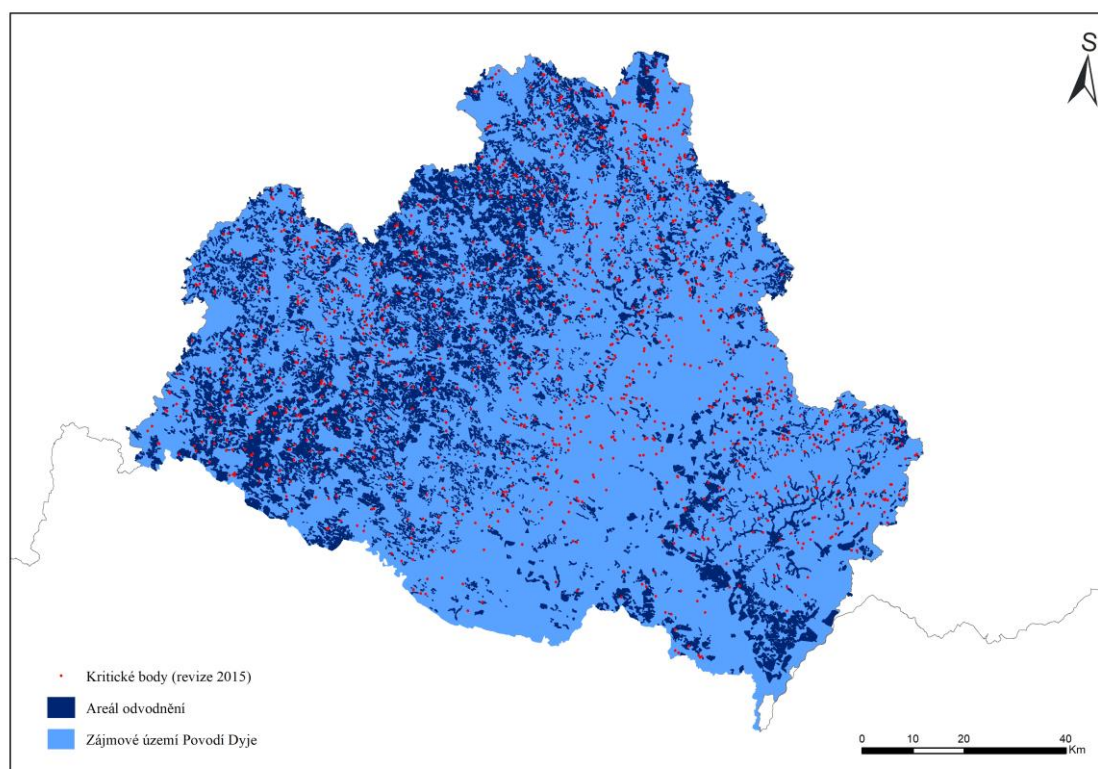
V rámci zemědělského půdního fondu byl také řešen výskyt zaznamenaných erozních událostí. Dle podkladových dat se v oblasti povodí Dyje nacházelo 622 erozních událostí (s celkovou plochou 80,7 km²), z toho 99 % bylo na standartní orné půdě. V rámci sběrných ploch kritických bodů se zde nacházelo 43 % erozních událostí (tj. 268 zaznamenaných událostí).

Do souvislostí byly také dány přispívající plochy kritických bodů, zájmového území a areály odvodnění, které budou následně řešeny v návaznosti na vymezené záplavové území. Dle vektorizovaných podkladů od Zemědělské vodohospodářské společnosti, konkrétně „ZV010 – areál odvodnění“ je téměř 12 % celkové rozlohy povodí Dyje plošně odvodněno, a téměř 57 % sběrných ploch kritických bodů obsahuje plošné odvodnění. Funkčnost odvodnění je v současnosti ale

diskutovanou problematikou. Na druhou stranu se do vektorizace dat nedostaly všechny plochy odvodnění, které kdy byly zrealizovány. Nejstarší plošné odvodnění je z roku 1900.



Obrázek 7: Monitorované erozní události v zájmovém území.



Obrázek 8: Areál plošného odvodnění v zájmovém území.

Lesní porosty jsou z hlediska plochy druhou největší kategorií, která zahrnuje téměř 35% plochy zájmového území. V návaznosti na postupné odumírání lesních porostů je potřebné se opatřeními neupínat jenom na zemědělský půdní fond.

Změna využití území je velmi dobře patrná například na historickém leteckém snímku z 50 let v místě největší zaznamenané erozní události (na ploše cca 2,3 km² u obce Mutěnice). Území bylo tvořeno drobnými podlouhlými pozemky, které byly v minulosti rozorány a odvodněny.



Obrázek 9: Vlevo nahoře letecký snímek z 50. let, vpravo nahoře aktuální letecký snímek, vlevo dole znázornění vstupujících limitů, vpravo dole fotografie poškození v intravilánu při zaznamenané erozní události (VUMOP, v.v.i).

4 Závěr

Cílem příspěvku bylo zejména zhodnocení stávajících postupů a vstupujících dat, které budou následně zpracovávány a zpřesňovány. Z hlediska projekční praxe je velice častou chybou zanedbávání určitých faktorů, a to zejména z důvodu problematické dostupnosti dat, nebo s vidinou ušetřeného času projektanta. I proto je snahou shromáždit podkladová data, která jsou volně dostupná a využívat software bez placené licence.

Shromážděná data budou dále vstupovat do multikriteriální analýzy, na základě, které bude vybrána prioritní oblast pro sestavení srážko-odtokového modelu. V současnosti jsou modely čím dál přesnější a detailnější, a pracují s větším počtem parametrů. Na druhou stranu tím vyvstává komplikovanější kalibrace, která může mít za následek větší míru nejistoty modelu (Beven, 2001). Proto je potřeba hledat vždy přijatelný kompromis mezi vstupními daty a přesností výstupního modelu. Nevhodná volba může způsobit nesprávné interpretování zjištěných výstupů, nebo nedostatečnou ochranu či naopak předimenzování a předražení výsledného návrhu. Srážko-odtokový model bude vytvořen pro několik scénářů, a to pro stávající stav, stav na základě historických podkladů, a stav optimální v kontextu klimatické změny. Snahou bude také zhodnocení vstupujících faktorů uhuštění a odvodnění do matematických modelů.

V posledních letech byla pozornost upřimena na ochranu nemovitosti na úkor životního prostředí, častokrát tak vznikaly rozsáhlá technická řešení (nejčastěji suché nádrže) v územích, kde za pomoci přírodně blízkých opatření mohlo být dosaženo stejného efektu. Na druhou stranu je hodnocení opatření z hlediska sucha upozaďováno, respektive jsou opatření zahrnuta v kategorií ekologických a krajinných bez následné kvantifikace. Také je velice častou praxí naddimenzování opatření s přihlédnutím na stranu bezpečnosti v návaznosti na klimatickou změnu, čímž vznikají obrovské zásahy nejen do krajiny, ale také do intravilánů měst.

Finálním krokem by mělo být ekonomické zhodnocení navrhovaných opatření. V rámci zpracování dokumentací oblastí s významným povodňovým rizikem je zhodnocen stávající a návrhový stav, který je dán do kontextu s průměrnou cenou za vybudování daného opatření. Do zhodnocení ale nevstupují například informace o udržovacích pracích (například následné odtěžování nádrží), dále informace o tom, jaké negativní externality vstupují do realizace opatření (vykácení zapojeného porostu na úkor rozvolnění břehů), případně ovlivnění přirozených procesů v krajině (vybudování přehrážky na toku čímž nastane efekt hladové vody). Důvodem je zejména to, že rozhodovací procesy jsou stále nastaveny s větší váhou na ekonomickou část projektu, než na trvale udržitelnou a ekologickou.

V návaznosti na optimální návrh opatření budou také zpracovány a uskutečněny terénní rekognoskace lokalit, pořízení fotodokumentace a zpracování identifikační karty k určitým opatřením.

Poděkování: Podpořeno juniorským specifickým výzkumem "Vyhodnocení vodního režimu krajiny a revize kritických bodů jako podklad pro návrh adaptačních opatření a zhodnocení jejich účinnosti pomocí srážko-odtokových modelů"

5 Reference

- DRBAL, K., DUMBROVSKÝ, M. a kol. (2009) Metodický návod pro identifikaci KB. Brno: Ministerstvo životního prostředí ČR,
- NOVÁK, P., TOMEK, M. (2015) Prevence a zmírňování následků přívalových povodní ve vztahu k působnosti obcí: Certifikovaná metodika výsledků výzkumu, vývoje a inovací. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.,
- JANEČEK, M., a kol. (2012) Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita Praha,
- UHROVÁ, J., OSIČKOVÁ, K. (2018) Posouzení efektivity navržených opatření v ploše povodí hydrologickým modelem. VTEI,
- DUMBROVSKÝ, M. (1992) Vliv eroze na produkční schopnost půd a půdní vlastnosti. Praha, Disertační práce, VÚMOP,
- WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. (1978) Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning, Agricultural Handbook No. 537, US Department of Agriculture, Washington, DC,
- NOVÁKOVÁ, H., MAKOVCOVÁ, M. a kol. (2014) Classification of current floodplain definition accuracy in the Czech Republic, VTEI 2014, č.6.,
- ZHANG, W., MONTGOMERY, R. (2014) Digital elevation model grid size, landscape representation, and hydrologic simulations, Surface Water and Climate
- MARTZ, L. V., GARBRECHT, M. (1992) Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from Digital Elevation Models, Computers & Geosciences,
- DOLEŽAL, P., KARÁSEK, P., PODHRÁZSKÁ, J., DUMBROVSKÝ, M. a kol., (2015). Metodický návod k provádění vybraných činností v procesu pozemkových úprav,
- ZAJÍČEK a kol. (2021) Návrhy revitalizačních opatření na hlavních a přilehlých podrobných odvodňovacích zařízeních (Design of the Revitalization measures on the Main drainage facilities and hydrologically related Detailed drainage facilities),
- BEVEN, K. (1986) Runoff production and flood frequency in catchments of order n: an. D. Riedel Publishing Comp.
- Společnost ČZÚ a Šindlar (2020) Studie klimatických charakteristik pro účely dimenzování prvků PSZ a posouzení projektových dokumentací pro realizaci vodohospodářských staveb
- Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. (2021) Regionální strategie adaptačních opatření Plzeňského kraje pro zadržení vody v krajině
- Envicons s.r.o. (2019) Regionální strategie adaptačních opatření (ReSAO), Online: <https://www.ieva.cz/resao>