

Česká zemědělská univerzita
Fakulta životního prostředí
Katedra plánování krajiny a sídel



**Návrh komplexního systému protierozních
opatření v obci Zdice**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Jan Petruš

Autor práce: Bc. Kateřina Kostudis

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Kateřina Kostudis

Regionální environmentální správa

Název práce

Návrh komplexního systému protierozních opatření v obci Zdice

Název anglicky

Design of a comprehensive system of anti-erosion measures in the village of Zdice

Cíle práce

Cílem této diplomové práce je popsat problematiku eroze půdy, charakterizovat zájmové území a jednotlivé erozní faktory. Hlavním cílem práce je posouzení míry erozního ohrožení vybraných zemědělských ploch ve Zdicích a návrh protierozních opatření.

Metodika

Na základě studia odborné literatury bude zpracována rešerše zaměřená na problematiku eroze půdy. Další část práce bude věnována charakteristice zájmového území a popisu jeho současného využití. Součástí vypracování této části bude terénní průzkum území včetně jeho fotodokumentace. Následně budou popsány a vyhodnoceny jednotlivé erozní faktory. Využitím Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy bude vyhodnoceno ohrožení zemědělských pozemků vodní erozí. Pro vybrané zemědělské plochy budou navrženy protierozní opatření organizačního, agrotechnického a biotechnického charakteru.

Doporučený rozsah práce

dle nařízení děkana č.02/2020 – Metodické pokyny pro zpracování diplomové práce na FŽP

Klíčová slova

vodní eroze, půda, ArcGIS, USLE

Doporučené zdroje informací

HOLÝ, M. *Eroze a životní prostředí*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994. ISBN 80-01-01078-3.

JANEČEK, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Ochrana zemědělské půdy před erozí : metodika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.

JANEČEK, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Základy erodologie*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1842-7.

MORGAN, R P C. *Soil erosion and conservation*. Malden: Blackwell, 2005. ISBN 1-4051-1781-8.

SKLENIČKA, P. *Základy krajinného plánování*. Praha: Naděžda Skleničková, 2003. ISBN 80-903206-1-9.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jan Petřů

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 16. 9. 2022

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 10. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 10. 03. 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Návrh komplexního systému protierozních opatření v obci Zdice“ vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne: 26. 3. 2023

.....

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat především svému vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Petřů za odborné vedení, cenné rady a připomínky. Děkuji také celé mé rodině, která mě podporovala po dobu mého studia a zejména při psaní této práce.

V Praze dne: 26. 3. 2023

.....

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá zhodnocením erozního ohrožení v obci Zdice a návrhem protierozních opatření na pozemcích, které byly stanoveny jako erozně ohrožené. V rešeršní části jsou shrnuty základní pojmy, eroze půdy a její členění. Dále je zde popsána Univerzální rovnice USLE dle Wischmeier et Smith (1978) se specifikací jednotlivých erozních faktorů. Jsou zde vysvětlena jednotlivá opatření, která jsou rozdělena na protierozní opatření organizační, agrotechnická, technická a přírodě blízká opatření. Následuje kapitola zabývající se Dobrým zemědělským a enviromentálním stavem půdy (DZES).

V další části diplomové práce je charakterizováno zájmové území, a to z hlediska historického, geologického, geomorfologického, pedologického, klimatického, hydrologického a přírodního a dále je zde kapitola, která je věnována melioracím v zájmovém území.

V metodické části diplomové práce byly nejprve vypočteny jednotlivé erozní faktory v prostředí ArcGIS, které se poté dosadily do Univerzální rovnice USLE dle Wischmeier et Smith (1978). Touto rovnicí byla vypočtena průměrná dlouhodobá ztráta půdy u všech pozemků, které se v zájmovém území nacházejí. Z celkem 153 pozemků vyšlo erozně ohrožených 47 pozemků. U erozně ohrožených pozemků byla následně navržena vhodná protierozní opatření, díky kterým se snížila ztráta půdy na hodnotu nepřesahující maximální přípustnou ztrátu půdy. Opatření byla navrhována tak, aby plnila i funkci krajinyotvornou a protipovodňovou, zadržela vodu v krajině, zlepšila jakost vody a zvýšila biologickou rozmanitost v zájmovém území.

Klíčová slova: vodní eroze, půda, ArcGIS, USLE

Abstract

This diploma thesis deals with the evaluation of the erosion risk in the village of Zdice and the proposal of erosion control measures on plots that were determined to be threatened by erosion. The research part summarizes the basic concepts, soil erosion and its classification. It also aims to describe the Universal Soil Loss Equation (USLE) according to Wischmeier et Smith (1978) with specification of individual erosion factors. The individual measures, which are divided into organizational, agrotechnical, technical and nature-friendly measures, are also explained here. The following chapter deals with the Good Agricultural and Environmental Condition of Soil (in Czech “Dobrý zemědělský a environmentální stav půdy” or DZES).

In the next part of the thesis, the area of interest is characterized in terms of historical, geological, geomorphological, pedological, climatic, hydrological and natural viewpoints, and there is also a chapter devoted to the soil amelioration in the area of interest.

In the methodical part of the thesis, we first calculated the individual erosion factors in the ArcGIS environment and then introduced them into the USLE equation according to Wischmeier et Smith (1978). With the help of this equation, we calculated the average long-term soil loss for all the plots located in the area of interest. Out of a total of 153 plots, 47 plots of land proved to be threatened by erosion. For the erosion-prone plots, appropriate erosion control measures to reduce soil loss to a value not exceeding the maximum permissible amount were subsequently proposed. The measures were designed to also carry out landscape and flood control functions, retain water in the landscape, improve water quality and increase biodiversity in the area of interest.

Keywords: water erosion, soil, ArcGIS, USLE

Obsah

1. Úvod.....	11
2. Cíl práce	12
3. Literární rešerše	13
3.1 Půda.....	13
3.1.1 Funkce půdy	13
3.1.2 Zemědělský půdní fond ČR.....	14
3.1.3 BPEJ.....	14
3.2 Degradace půdy.....	15
3.3 Eroze půdy.....	15
3.3.1 Vodní eroze	16
3.3.2 Větrná eroze	18
3.3.3 Ledovcová eroze.....	19
3.3.4 Sněhová eroze.....	19
3.3.5 Zemní eroze.....	19
3.3.6 Antropogenní eroze.....	19
3.4. Rovnice USLE	20
3.4.1 Faktor erozní účinnosti deště – R	20
3.4.2 Faktor erodovatelnosti půdy – K.....	22
3.4.3 Faktor délky svahu a sklonu svahu – L, S.....	24
3.4.4 Faktor ochranného vlivu vegetace – C.....	25
3.4.5 Faktor účinnosti protierozních opatření – P	27
3.4.6 Přípustná ztráta půdy	28
3.5 Protierozní opatření	28
3.5.1 Organizační protierozní opatření	29
3.5.2 Agrotechnická protierozní opatření	31
3.5.3 Technická protierozní opatření.....	34

3.6	Přírodě blízká opatření	42
3.7	DZES	43
3.7.1	Podmínky standardů DZES	43
4.	Popis zájmového území – obec Zdice.....	45
4.1	Historie	45
4.2	Geologické a geomorfologické podmínky	46
4.3	Pedologické podmínky	47
4.4	Klimatické podmínky	49
4.5	Hydrologické podmínky	50
4.6	Přírodní podmínky	50
4.7	Meliorace	51
5.	Metodika.....	53
5.1	Použitá data.....	53
5.2	Digitální model terénu.....	53
5.3	Řešené půdní bloky	54
5.4	LS faktor	55
5.5	K faktor.....	58
5.6	C faktor	59
5.7	P faktor	61
5.8	R faktor	61
5.9	Výpočet rovnice USLE.....	61
5.10	Maximální přípustná ztráta půdy	62
5.11	Ohrožené lokality	62
5.12	Výpočet maximální přípustné hodnoty C_p	62
5.13	Výpočet maximální přípustné délky svahu	63
6.	Výsledky	64
6.1	Vyhodnocení erozního ohrožení	64

6.2	Návrh protierozních opatření	67
6.2.1	Organizační a agrotechnická protierozní opatření.....	69
6.2.2	Technická protierozní opatření.....	71
6.2.3	Aplikovaná opatření na jednotlivých půdních blocích	71
7.	Diskuze.....	90
8.	Závěr	92
9	Použitá literatura a zdroje.....	94
10.	Seznam obrázků	100
11.	Seznam tabulek	102
12.	Seznam rovnic.....	103
13.	Seznam příloh	104
14.	Přílohy	105

1. Úvod

Půda je ohrožena několika degradačními procesy, přičemž celosvětově je přibližně jedna třetina půd degradovaných (Pavlů, 2009). Degradací procesy působící na půdu probíhají pomalu, ale mohou vést k omezení či zničení produkčních a mimoprodukčních funkcí půdy (Ministerstvo zemědělství, ©2021).

Mezi hlavní degradační procesy patří eroze půdy, při které je rozrušován půdní povrch a uvolňují se půdní částice, které jsou následně transportovány a usazovány ve formě sedimentů. Eroze půdy vzniká při působení různých erozních činitelů, podle kterých je eroze dále dělena (Janeček et al., 2008). V České republice je největší výskyt eroze vodní a eroze větrné.

Vodní eroze je způsobena jak přírodními vlivy, tak vlivy antropogenními. Erozi způsobenou antropogenní činností lze označit jako erozi zrychlenou, při níž vzniká degradace půdy a může vést až k devastaci krajiny. Důsledkem vodní eroze mají zemědělci nižší výnos z pěstovaných plodin a mění se fyzikální a chemické vlastnosti půdy. Dalším vážným důsledkem vodní eroze je zanášení vodních zdrojů sedimenty, které jsou smyty z pozemků. Tyto sedimenty zanášejí koryta řek a nádrží a obsažené látky v sedimentech znečišťují vodní zdroje (Šarapatka, 2014).

K ochraně půdy před vodní erozí je důležité monitorovat zemědělské pozemky, aby bylo možné lokalizovat místa, která jsou vodní erozi vystavena a díky níž pak vznikají v místě působení škody. Ochrana erozně ohrožených pozemků je řešena návrhem vhodných protierozních opatření, která se dělí na tři hlavní skupiny, a to na opatření organizační, agrotechnická a technická. Tato opatření jsou volena od nejjednodušších po složitější dle finanční a realizační náročnosti.

Půda je jedním ze základních přírodních zdrojů, který je důležitý pro život na Zemi, neboť zdravá půda poskytuje živiny pro správný růst rostlin, které k životu potřebují jak živočichové, tak člověk (Šarapatka et al., 2002). Vodní eroze v současné době ohrožuje asi polovinu zemědělské půdy v Čechách, proto je velmi důležité půdu před tímto degradačním procesem chránit, jelikož eroze půdy způsobuje jak materiální škody, tak škody na životním prostředí, které mnohdy nemusí jít napravit.

2. Cíl práce

Cílem této práce je popsat erozi půdy, erozní faktory, protierozní opatření a zájmové území, kterým je obec Zdice. Hlavním cílem je návrh komplexních protierozních opatření na ohrožených půdních blocích v zájmovém území, které budou stanoveny v prostředí ArcGIS pomocí Univerzální rovnice dlouhodobé ztráty půdy dle Wischmeier et Smith (1978). Tato opatření budou navrhována tak, aby řešila nejen vodní erozi, ale i jakost vody a ekologický stav zájmového území.

3. Literární rešerše

3.1 Půda

Půda má mnoho definic a každý autor ji definuje z jiných hledisek. Sklenička (2013) půdu popisuje jako svrchní část zemského povrchu, která je tvořena rozpadem horninového podloží vlivem působení biologických, chemických a fyzikálních faktorů. Z hlediska systémového pohledu je půda pokládána za komplexní, polyfunkční, otevřený a polyfázový strukturní systém, který tvoří povrchovou část litosféry (Kozák et al., 2009).

Obor, který se zabývá půdou, se nazývá pedologie a vznikl v 1. polovině 19. století oddělením od oboru geologie. Studuje odlišnosti a podobnosti jednotlivých půd, zákonitosti jejich rozmístění na planetě Zemi, procesy probíhající v půdách, chemické a fyzikální vlastnosti, vztahy různých půdních vlastností k vegetaci a půdním organismům či jejich společenstvům, úrodnost půd a jejich využitelnost (Pavlů, 2019).

3.1.1 Funkce půdy

Kozák et al. (2009) uvádí, že půda má několik funkcí, kterými jsou:

- produkce biomasy;
- shromažďování, filtrování a transformace živin, látek a vody;
- zásobárna biodiverzity;
- fyzikální a kulturní prostředí pro lidi a lidské činnosti;
- zdroj surovin;
- zásobárna uhlíku;
- archiv geologického a archeologického dědictví.

Obecně lze funkce půdy rozdělit na funkce produkční a mimoprodukční. Funkce produkční souvisí s využíváním půdy v zemědělství a lesnictví. Půda je v tomto smyslu definována úrodností půdy, která vyjadřuje schopnost půdy poskytovat životní podmínky pro rostliny i edafon a je dána souborem fyzikálních, fyzikálně-chemických, chemických a biologických vlastností půdy. Mezi mimoprodukční funkce patří schopnost půdy zadržovat, filtrovat a transformovat látky (Pavlů, 2019).

3.1.2 Zemědělský půdní fond ČR

V České republice činila ke dni 31. 12. 2020 výměra zemědělského půdního fondu 4 200 204 ha, což je 53,25 % z celkové rozlohy půdního fondu České republiky. Zemědělský půdní fond je tvořen z orné půdy (37,17 %), chmelnice, vinice, zahrad, ovocných sadů, trvalých travních porostů, lesní půdy (33,95 %), vodních ploch, zastavěných ploch a nádvoří a ostatních ploch (Ministerstvo zemědělství, ©2021).

3.1.3 BPEJ

Na základě usnesení vlády č. 101 ze dne 11. 5. 1971 proběhl na území Československa bonitační průzkum s vymezením bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ), který byl vyústěním dokončeného Komplexního průzkumu půd České republiky (Vopravil et al., 2021). Cílem bylo ocenění a vyhodnocení absolutní i relativní produkční schopnosti zemědělských půd a podmínek jejich nejefektivnějšího využití.

BPEJ je považována za základní mapovací a oceňovací jednotku bonitační soustavy, která reprezentuje hlavní kvalitativní základnu pro diferenciaci půdně klimatických podmínek zemědělsky využívané půdy v České republice. Podle parametrizovaných naturálních výnosů devíti hlavních polních plodin, které byly zařazeny do oceňovacích typových struktur na orné půdě, byla soustava BPEJ produkčně oceněna. Aby bylo možné k BPEJ přiřadit parametrizované údaje o produkčním potenciálu hlavních pěstovaných plodin i rostlinné výroby jako celku, je definována zejména dle agronomicky zvláště významných charakteristik podnebí, půdy a konfigurace terénu. Bonitační soustava obsahuje celkem 2 409 bonitovaných půdně ekologických jednotek (Ministerstvo zemědělství, ©2021).

Šarapatka (2014) uvádí, že každá BPEJ je charakterizována pětímístným číselným kódem, kde:

1. číslice značí příslušnost ke klimatickému regionu České republiky;
2. a 3. číslice určuje příslušnost k hlavní půdní jednotce;
4. číslice představuje kombinaci svažitosti a expozice ke světovým stranám;
5. číslice stanovuje kombinaci hloubky a skeletovitosti půdního profilu.

3.2 Degradace půdy

Degradace půdy je definována jako narušení určité funkce nebo vlastnosti půdy. Všechny procesy, které mohou vést ke znehodnocování půdy v jejích produkčních i mimoprodukčních funkcích, lze nazývat degradačními procesy. Příčinou degradace jsou vedlejší negativní důsledky extenzivního i intenzivního zemědělství a dále negativní důsledky lidské civilizace jako celku (Voltr et al., 2011).

Jak zmiňuje Kozák et al. (2019), k hlavním degradačním procesům patří:

- nepropustné zakrývání povrchu;
- kontaminace;
- eroze (vodní a větrná);
- ztráta organické hmoty;
- ztráta biodiverzity;
- zhutnění a zhoršení fyzikálních vlastností;
- zasolení;
- záplavy a sesuvy půdy;
- acidifikace.

3.3 Eroze půdy

Morgan (2005) uvádí, že eroze je třífázový proces. První fáze zahrnuje uvolňování jednotlivých půdních částic z půdní hmoty v důsledku erozních činitelů. Druhá fáze představuje transport půdních částic a třetí fází je sedimentace těchto částic. Eroze půdy je považována za primární způsob degradace půdy, který představuje pro zemědělce omezení jejího využívání (Grimm et al., 2001). Jak uvádí Chmelová et Šarapatka (2002), eroze je závažný problém i pro vodní hospodářství a krajinu.

Na vzniku eroze se podílí několik faktorů, kterými jsou dešťové srážky, povrchový odtok, geologické a půdní podmínky, morfologie území, vegetační pokryv a způsob využívání půdy (Ščepita, 2011).

Janeček et al. (2008) uvádí, že eroze půdy snižuje množství ornice, která je nejurodnější částí zemědělské půdy. Zhoršuje fyzikálně-chemické vlastnosti půd, zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje šterkovitost, snižuje obsah živin a humusu, poškozují plodiny a kultury, znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích

a způsobuje ztráty osiv, sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin. Důsledkem odnosu půdních částic a na nich vázaných látek pak dochází k znečištění vodních zdrojů, zanášení akumulacních prostor nádrží, snížení průtočné kapacity toků, zakalení povrchových vod, zhoršení prostředí pro vodní organismy a zvýšení nákladů na úpravu vody a těžbu usazenin.

Pavlů (2019) rozděluje erozi půdy podle intenzity na erozi přirozenou a na erozi zrychlenou (abnormální). Eroze přirozená vzniká přirozeným přírodním procesem v krajině v důsledku působení přírodních činitelů. Zrychlená eroze je intenzivnější a vzniká v důsledku lidské činnosti. Podle erozních činitelů rozlišujeme erozi vodní, větrnou, ledovcovou, sněhovou, zemní a antropogenní (Holý, 1994).

V České republice byly erozní procesy eskalovány kolektivizací zemědělství v období komunismu ve 20. století, kdy byla jednotlivá pole slučována do velkých parcel a vymizela tradiční česká krajina s drobnou mozaikou polí s ochrannými prvky (Báčová et Krása, 2016). Gebhart et al. (2023) uvádí, že erozní události v České republice jsou systematicky evidovány od roku 2012. Tato evidence poskytuje zpětnou vazbu pro Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí o celorepublikové problematice eroze a účinnosti realizovaných protierozních opatření. Monitoring eroze tedy slouží k ucelené databázi o erozních jevech na zemědělské půdě, ze které se poté vychází při návrzích protierozních opatření. Erozní události, které se zaznamenávají do této webové aplikace, překračují některá kritéria tolerance eroze, jako je např. množství erodované zeminy či vzniklé materiální škody. Následně je každá erozní událost individuálně řešena pracovníky pozemkových úradů (Sklenička et al., 2022).

3.3.1 Vodní eroze

Vodní eroze představuje komplexní proces, který vzniká při působení vody. Voda rozrušuje půdní povrch, čímž jsou uvolněny půdní částice, které jsou transportovány a následně dochází k jejich sedimentaci (Novotný et al., 2017). Náchylnost půdy k erozi lze vyjádřit erodovatelností, která je dána soudržností půdních částic a vlastnostmi, které ovlivňují infiltrační schopnost půdy, přičemž platí, že čím je větší infiltrační schopnost půdy, tím je menší povrchový odtok a transport půdy (Šarapatka et al., 2002).

Janeček et al. (2008) dělí vodní erozi na erozi plošnou, výmolnou a proudovou. Při plošné erozi dochází na celé ploše území k rozrušování povrchu země v tenkých vrstvách v důsledku dešťových srážek a smyvu půdní hmoty (Chmelová et Šarapatka, 2002). Jak zmiňuje Holý (1994), prvním stupněm plošné vodní eroze je eroze selektivní, u které povrchový odtok odnáší jemné půdní částice, na kterých jsou vázány chemické látky. Následně dochází ke změně půdní textury a obsahu živin v půdě. Půdy vystavené této erozi se poté stávají hrubozrnnějšími a mají podstatně snížený obsah živin. Selektivní eroze nezanechává viditelné stopy a její průběh probíhá zvolna a často nepozorovatelně. Důsledkem jejího působení je nestejný vývoj vegetace, který se projevuje rozdílným růstem, barvou a kvalitou rostlin. Dalším druhem plošné vodní eroze je eroze vrstevná, která vzniká při větší kinetické energii stékající vody po povrchu půdy a nepříznivému utváření půdního profilu, díky čemuž dochází ke smyvu půdy ve vrstvách. Vyskytuje se na celé ploše svahu nebo v širokých pruzích. Působením této eroze většinou dochází ke ztrátě celé orniční vrstvy.

Výmolná eroze vzniká soustředěním vody, která stéká po povrchu a vyrývá tím postupně se prohlubující mělké zářezy. Prvním stádiem výmolné eroze je eroze rýžková a brázdová. Při působení rýžkové eroze vznikají na půdním povrchu drobné úzké zářezy, kdežto v případě brázdové eroze vznikají mělké širší zářezy. Soustředěním povrchového odtoku se následně z rýžek a brázd stávají hlubší rýhy, které se spojují a prohlubují a vzniká eroze rýhová. Z eroze rýhové se poté může stát eroze výmolová a z ní eroze stržová, která je již nebezpečná a devastující pro území, ve kterém se vyskytne (Nerušil et al., 2015).

Proudová eroze vzniká působením vodního proudu ve vodních tocích. Dělí se na erozi dnovou, kde je rozrušováno dno a na erozi břehovou, kde jsou rozrušovány břehy (Holý, 1994).

V České republice je vodní erozí ohroženo okolo 50 % zemědělské půdy (Žížala et al., 2017). Nejvíce erozních událostí se u nás vyskytuje v období, kdy je nejvyšší výskyt srážek a zároveň povrch půdy je nejméně chráněn vegetačním krytem, tedy na přelomu jara a léta v měsících květen a červen. Převládajícím typem eroze je v České republice eroze plošná, či její kombinace s jiným typem eroze (Žížala et al. 2016).

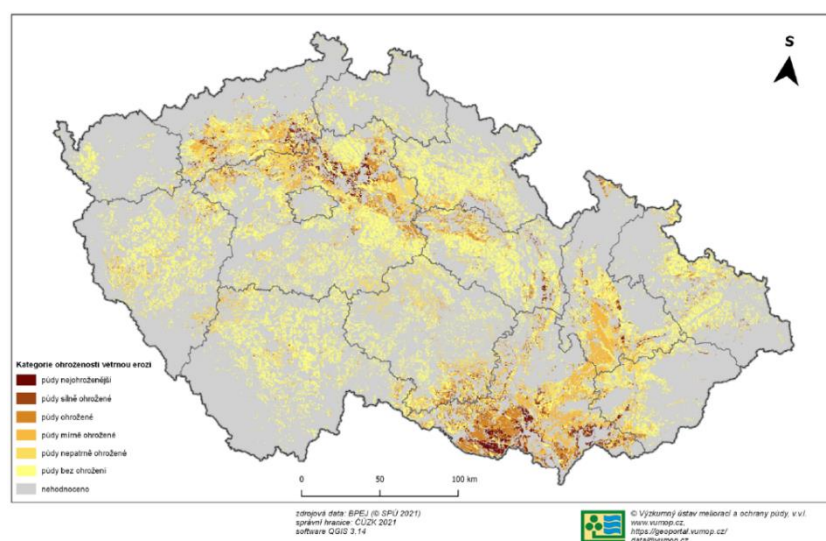
3.3.2 Větrná eroze

Větrná eroze vzniká, když síla větru působící na půdu je větší, než odpor půdy vůči této síle (Toy et al., 2002). Důsledkem je odnos, transport a usazení materiálů, přičemž nejohroženější jsou rozsáhlé pozemky (Pavlu, 2009). Zachar (1982) uvádí, že k větrné erozi dochází zejména v suchých oblastech, kde je nedostatek srážek spolu s převážně vysokými teplotami.

Rozlišujeme dvě formy větrné eroze - deflací a korazi. Deflací rozumíme odnos uvolněných půdních částic pomocí větru. Tyto částice se následně přemísťují na různé vzdálenosti a vznikají písečné přesypy. Korace značí obrušování hornin půdními částicemi, které podléhají deflací (Holý, 1994).

Ochranu půdy proti účinkům větrné eroze lze zajistit zvýšením odolnosti půdy a snížením rychlosti větru na povrchu pozemku. Lze využít různá opatření, jako jsou větrolamy, pěstování plodin s různou výškou, mulčování povrchu půdy a zajištění vegetačního krytu na pozemku po co nejdelší část roku (Šarapatka, 2014). Větrolamy jsou navrhovány zejména k protierozní ochraně, ale mohou sloužit také k rozčlenění krajiny např. jako biokoridory, které jsou jedny ze skladebních částí ÚSES (VÚV TGM, v.v.i., ©2018).

V České republice je větrnou erozí ohroženo cca 10 % zemědělské půdy (Žížala et al., 2017). Šarapatka (2014) uvádí, že nejvíce je ohrožena jižní Morava a pruh od východních Čech přes Čechy střední severozápadním směrem (obrázek 1).



Obrázek 1: Potenciální ohroženost zemědělské půdy v ČR větrnou erozí (Ministerstvo zemědělství, ©2021)

3.3.3 Ledovcová eroze

Tento druh eroze vzniká pohybem ledovců, které tímto obrušují, vyhlazují a rýhují valouny zmrzlé v ledu a strhují velké množství horninových zvětralin, které se následně ukládají v údolích, kde vytvářejí morény. Morény se dělí podle způsobu dopravy na morény svrchní, boční, spodní, střední a čelní. Po tání ledovců se dostává materiál morén do vodních toků, kde vytváří významný podíl splavenin (Holý, 1994). Vlček (2015) uvádí, že se v České republice ledovcová eroze aktuálně nevyskytuje, ale pozůstatky můžeme nalézt ze Sálského zalednění.

3.3.4 Sněhová eroze

Sněhová eroze se vyskytuje většinou v podhorských oblastech, kde ji způsobuje pohyb sněhu ve formě lavin či vrstva sněhu, která taje a pohybuje se pomalu po neumrzlém půdním povrchu (Holý, 1994). Janeček et al. (2008) vysvětluje, že mezi sněhovou a vodní erozí je značný rozdíl v kinetické energii, která působí při dopadu dešťové a sněhové srážky na povrch půdy. Veškerá energie při sněhových srážkách je způsobena odtékající vodou, neboť kinetická energie při dopadu sněhových srážek je minimální. Intenzitu sněhové eroze určuje rychlost tání sněhu, množství vody, propustnost půdy, vlhkost půdy a vegetace na povrchu půdy (Středová et Toman, 2012).

3.3.5 Zemní eroze

Tato eroze je způsobena pohybem suťového materiálu prosyceného vodou směrem do údolí, kde suťové proudy rozrušují půdu a její podklad. Následkem tohoto procesu vznikají v půdě hluboké rýhy. Suťový materiál, který se pohybuje směrem do údolí, zde ohrožuje osady, komunikace, technické stavby apod. (Holý, 1994).

3.3.6 Antropogenní eroze

Vlček (2015) uvádí, že antropogenní eroze je vyvolána lidskou činností, přičemž vliv člověka na erozní činnosti může být přímý či nepřímý. Přímý vliv na erozi má především výstavba technických staveb a urbanizace. Nepřímý vliv člověka na erozi zahrnuje např. nahrazení přirozeného vegetačního krytu půdy vegetací s nízkým ochranným účinkem, zhoršení vlastností půdy a znečišťování půdy odpady (Holý, 1994).

3.4. Rovnice USLE

Erozní ohroženost zemědělských pozemků lze definovat dle Wischmeier et Smith (1978) Univerzální rovnicí pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí (USLE), rovnice 1 má tvar:

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

Rovnice 1: Univerzální rovnice ztráty půdy (Wischmeier et Smith, 1978)

kde:

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

R – faktor erozní účinnosti deště ($MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$);

K – faktor erodovatelnosti půdy ($t \cdot ha \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot cm^{-1}$);

L – faktor délky svahu;

S – faktor sklonu svahu;

C – faktor ochranného vlivu vegetace;

P – faktor účinnosti protierozních opatření.

Hodnota vypočtená rovnicí USLE představuje dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy, která vyjadřuje množství půdy, které je uvolněno vlivem vodní eroze. Výsledná hodnota nezahrnuje ukládání půdy na pozemku nebo na plochách, které leží pod pozemkem (Janeček et al., 2012).

3.4.1 Faktor erozní účinnosti deště – R

Tento faktor je dán intenzitou deště, úhrnem srážek, počtem srážek a kinetickou energií přívalových srážek, přičemž se hodnotí pouze dešťové srážky s úhrnem přesahujícím 12,5 mm za interval 30 minut (Pavlů, 2009).

Janeček et al. (2012) popisuje, že byl na základě velkého množství dat o dešťových srážkách v USA odvozen vztah pro faktor erozní účinnosti deště R. Z těchto dat vyplynulo, že pokud jsou ostatní faktory USLE neměnné, je hodnota ztráty půdy přímá úměrná se součinem celkové kinetické energie přívalového deště (E) a jeho maximální 30minutové intenzity (i_{30}). Tato rovnice 2 má tvar:

$$R = E * i_{30}/100$$

Rovnice 2: Výpočet R faktoru (Janeček et al., 2012)

kde:

R – faktor erozní účinnosti deště ($\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$);

E – celková kinetická energie deště ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$);

i_{30} – maximální 30minutová intenzita deště ($\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$).

Pro výpočet kinetické energie deště je nejprve potřeba zjistit kinetickou energii i-tého úseku deště, která se vypočte rovnicí 3:

$$E_i = (206 + 87 \log i_{si}) * H_{si}$$

Rovnice 3: Výpočet kinetické energie i-tého úseku deště (Janeček et al., 2012)

kde:

i_{si} – intenzita deště i-tého úseku ($\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$);

H_{si} – úhrn deště v i-tém úseku (cm).

Následně lze vypočítat kinetickou energii deště E rovnicí 4:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i$$

Rovnice 4: Výpočet kinetické energie deště (Janeček et al., 2012)

kde:

E_i – kinetická energie i-tého úseku deště;

n – počet úseků deště.

Chlupsová (2014) uvádí, že průměrná hodnota faktoru R je pro většinu ploch zemědělské půdy na území České republiky stejná, proto byla stanovena jednotná průměrná hodnota faktoru $R = 40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$. Tato hodnota je dále průměrem rozdělena podle měsíců jednotlivých vegetačních období do tabulky 1.

Měsíc	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
% faktoru R	1	11	22	30	26	8	2

Tabulka 1: Průměrné rozdělení faktoru R do měsíců vegetačního období v ČR (Janeček et al., 2012)

3.4.2 Faktor erodovatelnosti půdy – K

Hodnota faktoru K závisí na struktuře půdy, obsahu organické hmoty a propustnosti půdy (Gitas et al., 2009). Janeček et al. (2008) uvádí, že faktor erodovatelnosti K vyjadřuje náchylnost půdy k erozi, která je dána množstvím ztráty půdy v t·ha⁻¹ na jednotku faktoru R ze standardního pozemku, který má svah se sklonem 9 % a je dlouhý 22,13 m. V případě, že není překročen v půdě 70% podíl prachu a práškového písku o velikosti 0,002 – 0,1 mm, lze vypočítat faktor K rovnicí 5 ve tvaru:

$$100K = 2,75M^{1.14}10^{-4}/12 - a/ + 3,25/b - 2/ + 2,5/c - 3/$$

Rovnice 5: Výpočet K faktoru (Janeček et al. 2008)

kde:

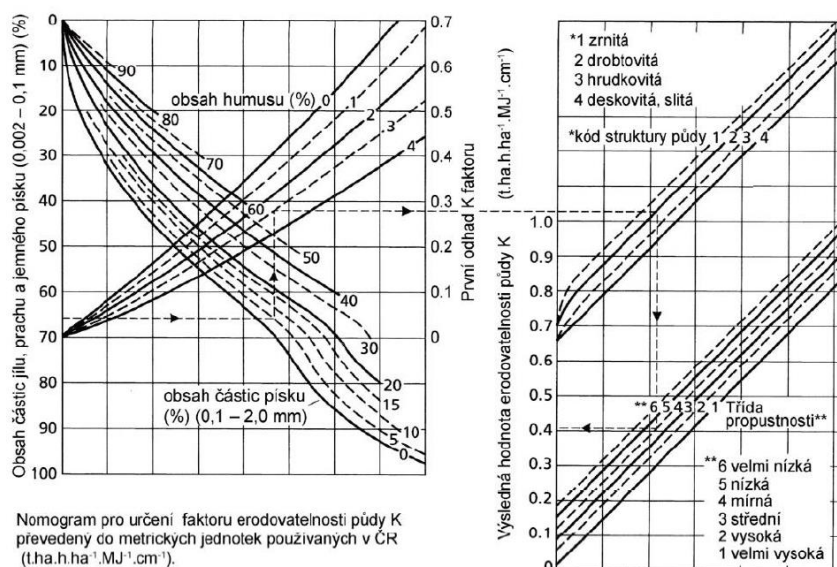
M – (% prachu + práškového písku) * (100 - % jílu);

a – % organické hmoty;

b – třída struktury ornice;

c – třída propustnosti půdního profilu.

Druhá možnost, jak lze stanovit faktor K, je podle nomogramu vytvořeného na základě uvedeného vztahu (obrázek 2).



Obrázek 2: Hodnota faktoru K stanovená dle nomogramu (Janeček et al., 2012)

Poslední metodou je určení faktoru K podle hlavní půdní jednotky (HPJ), která je tvořena 2. a 3. číslem kódu BPEJ (tabulka 2). Tato metoda je pouze orientační a k jako jediné zde není potřeba základní charakteristika zkoumané půdy, která zahrnuje rozbor půdních vzorků odebraných v terénu (Janeček et al., 2012).

HPJ	K faktor	HPJ	K Faktor
1	0,41	40	0,24
2	0,46	41	0,33
3	0,35	42	0,56
4	0,16	43	0,58
5	0,28	44	0,56
6	0,32	45	0,54
7	0,26	46	0,47
8	0,49	47	0,43
9	0,6	48	0,41
10	0,53	49	0,35
11	0,52	50	0,33
12	0,5	51	0,26
13	0,54	52	0,37
14	0,59	53	0,38
15	0,51	54	0,4
16	0,51	55	0,25
17	0,4	56	0,4
18	0,24	57	0,45
19	0,33	58	0,42
20	0,28	59	0,35
21	0,15	60	0,31
22	0,24	61	0,32
23	0,25	62	0,35
24	0,38	63	0,31
25	0,45	64	0,4
26	0,41	65	nedostatek dat
27	0,34	66	nedostatek dat
28	0,29	67	0,44
29	0,32	68	0,49
30	0,23	69	nedostatek
31	0,16	70	0,41
32	0,19	71	0,47
33	0,31	72	0,48
34	0,26	73	0,48
35	0,36	74	nedostatek dat
36	0,26	75	nedostatek dat

HPJ	K faktor	HPJ	K Faktor
37	0,16	76	nedostatek dat
38	0,31	77	nedostatek dat
39	nedostatek dat	78	nedostatek dat

Tabulka 2: Hodnota K faktoru pro jednotlivé HPJ (Janeček et al. 2012)

3.4.3 Faktor délky svahu a sklonu svahu – L, S

Faktor délky svahu a faktor sklonu svahu významně ovlivňují rychlost eroze půdy způsobené vodou. Kombinací těchto dvou faktorů vzniká topografický faktor, který představuje poměr ztráty půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na standardním pozemku, který má svah o délce 22,13 m a sklonu 9 % (Wischmeier et Smith, 1978). Intenzita eroze se s rostoucí délkou svahu zvyšuje a lze ji definovat jako horizontální vzdálenost od místa vzniku povrchového odtoku k bodu, kde je sklon snížen tak, že v místě dochází k ukládání sedimentů tvořených erodovaným materiálem nebo se zde plošný odtok soustředí do odtokových drah (Janeček et al. (2012).

Faktor L lze získat ze vztahu Wischmeier et Smith (1978) společně s přístupem uvedeným v Revidované universální rovnici ztráty půdy (RUSLE), (Renard et al., 1997). Tato rovnice 6 má tvar:

$$L = (l/22,13)^m$$

Rovnice 6: Výpočet L faktoru (Renard et al., 1997)

kde:

l – nepřerušovaná délka svahu;

22,13 – délka standardního pozemku (m);

m – exponent sklonu svahu, který vyjadřuje náchylnost svahu k rýžkové erozi.

Renard et al. (1997) uvádí, že ztráta půdy se zvyšuje rychleji se zvyšujícím se svahem než s délkou svahu. Faktor S lze určit pomocí vztahů uvedených v rovnici 7:

$$S = 10,8 \sin s + 0,03 \quad \text{pro sklon} < 9 \%$$

$$S = 16,8 \sin s - 0,50 \quad \text{pro sklon} \geq 9 \%$$

Rovnice 7: Výpočet S faktoru (Renard et al., 1997)

kde:

s – sklon svahu.

V případě, že známe hodnotu faktoru S a faktoru L, lze vypočítat rovnicí 8 hodnotu topografického faktoru, která má tvar:

$$LS = l_d^{0,5} / (0,0138 + 0,0097 s + 0,00138 s^2)$$

Rovnice 8: Výpočet LS faktoru (Janeček et al. 2008)

kde:

l_d – nepřerušená délka svahu (m);

s – sklon svahu (%).

Hodnota topografického faktoru lze vypočítat i rovnicí podle Mitášové et al. (1996), která byla použita při výpočtu tohoto faktoru v kapitole 5.4.

3.4.4 Faktor ochranného vlivu vegetace – C

Faktor C je dán vegetací pokrývající půdu, která chrání povrch půdy před dopadem dešťových kapek tím, že zlepšuje vlastnosti půdy a zpomaluje povrchový odtok po pozemku. Nejmenší ochranný vliv vegetace mají zejména širokořádkové plodiny a okopaniny a nejvyšší ochranu poskytují píceňiny a travní porosty (Votrubec et Vlasák, 2005).

V tabulce 3 jsou uvedeny hodnoty faktoru C pro jednotlivé plodiny s přihlédnutím k použité agrotechnice. Tyto hodnoty faktoru C jsou rozděleny do pěti fenologických období dle Wischmeier et Smith (1978) následovně:

1. podmínka a hrubá brázda;
2. příprava pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí;
3. dva měsíce od jarního či letního setí (u ozimů do 30.4.);
4. od konce třetího období do sklizně;
5. strniště.

Plodina	Zařazení v osevním postupu	Použitá agrotechnika	Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky podle pěstebních období					
			1	2	3	4	5s	5p
Obilniny	po 1. roce po jetelovinách	OP	0,50	0,55	0,30	0,05	0,20	0,04
		St	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	po obilninách	OP	0,65	0,70	0,45	0,08	0,25	0,04
		St	0,25	0,25	0,20	0,08	0,25	0,04
	po okopaninách a kukuřici	OP	0,70	0,75	0,50	0,08	0,25	0,04
		St	0,70	0,70	0,45	0,08	0,25	0,04
Kukuřice	sláma předplodiny sklizena	OP	0,70	0,90	0,70	0,35	0,70	0,40
		St	O K	O K	O K			
	sláma předplodiny nesklizena	OP	0,60	0,75	0,55	0,25	0,60	0,30
		St	O K	O K	O K	O K	O K	O K
	do herbicidem umrtveného drnu	víceletých pícnin	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,03
		jilku jako ozimé mezplodiny	0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,10
	Brambory, cukrovka	v přímých řádcích libovolného směru	0,65	0,80	0,65	0,30	0,70	
Vojtěška			0,02					
Jetel dvousečný			0,015					
Víceletá tráva, louky			0,005					

5s – sláma sklizena, 5b – sláma ponechána, O – po obilovině, K – po kukuřici, OP – setí do zorané půdy, St – setí do strniště, O K - rozpětí

Tabulka 3: Hodnoty C faktoru a způsobu obdělávání (Janeček et al., 2012)

V případě, že je území, pro které je počítán C faktor, rozsáhlé nebo se nepodařil získat osevní postup aplikovaný na pozemku, lze C faktor určit dle průměrného zastoupení plodin v daném území, ke kterým je přiřazena hodnota C faktoru. Tyto hodnoty jsou zahrnuty v tabulce 4 (Janeček et al., 2012).

Plodina	C faktor	Plodina	C faktor
pšenice ozimá	0,12	chmelnice	0,8
žito ozimé	0,17	řepka ozimá	0,22
ječmen jarní	0,15	slunečnice	0,6
ječmen ozimý	0,17	mák	0,5
oves	0,1	ostatní olejniny	0,22
kukuřice na zrna	0,61	kukuřice na siláž	0,72
luštěniny	0,05	ostatní pícniny jednoleté	0,02
brambory rané	0,6	ostatní pícniny víceleté	0,01
brambory pozdní	0,44	zeleniny	0,45

Plodina	C faktor	Plodina	C faktor
louky	0,005	sady	0,45

Tabulka 4: Průměrné hodnoty C faktoru pro jednotlivé plodiny (Janeček et al., 2012)

Brychta et Petřů (2016) uvádí, že další možností, jak zjistit hodnotu C faktoru, pokud nejsou k dispozici osevnické postupy, je dle klimatického regionu ČR. Podle 1. čísla kódu BPEJ je ke každému klimatickému regionu přiřazena hodnota C faktoru dle tabulky 5.

Klimatický region	Orná půda	Ostatní plochy ZPF
0	0,291	0,307
1	0,278	0,286
2	0,266	0,264
3	0,254	0,243
4	0,241	0,221
5	0,229	0,199
6	0,216	0,178
7	0,204	0,156
8	0,192	0,135
9	0,179	0,113

Tabulka 5: Hodnoty C faktoru dle klimatických regionů (Brychta et Petřů, 2016)

3.4.5 Faktor účinnosti protierozních opatření – P

Při výpočtu ztráty půdy se tento faktor prvotně nezahrnuje, neboť se při výpočtu počítá s tím, že na pozemku se nevyskytují žádná protierozní opatření. Po vypočtení ztráty půdy na pozemku se tato hodnota porovná s hodnotou přípustné ztráty půdy na daném pozemku a v případě překročení této hodnoty je dále přistoupeno k návrhům protierozních opatření. Faktor P je určen poměrem vypočtené ztráty půdy na pozemku s protierozním opatřením ke ztrátě půdy na standardním pozemku (Pavlu, 2019).

Janeček et al. (2012) uvádí, že v případě, že na pozemku nejsou použity žádné protierozní opatření nebo pokud lze předpokládat, že nebudou dodrženy podmínky uvedené v tabulce 6, přiřadí se faktoru P hodnota 1.

Protierozní opatření	Sklon svahu (%)			
	2-7	7-12	12-18	18-24
Maximální délka pozemku po spádnici při konturovém obdělávání	120 m	60 m	40 m	-
	0,6	0,7	0,9	1,0
Maximální šířka a počet pásů při pásovém střídání	40 m	30 m	20 m	20 m
	6 pásů	4 pásy	4 pásy	2 pásy
- okopanin s víceletými pícevinami	0,30	0,35	0,40	0,45
-okopanin s ozimými obilovinami	0,50	0,60	0,75	0,90
Hrázkování, resp. přerušované brázdování podél vrstevnic	0,25	0,30	0,40	0,45

Tabulka 6: Hodnoty P faktoru (Janeček et al., 2012)

3.4.6 Přípustná ztráta půdy

Po vypočtení dlouhodobé průměrné roční ztráty půdy je tato hodnota dále porovnána s přípustnou ztrátou půdy, která je odvozena z rozměru standardního pozemku (Janeček et al., 2012).

Hodnota přípustné ztráty půdy je určena zejména tak, aby byly dlouhodobě zachovány funkce půdy a její úrodnost. Přípustná ztráta půdy u pozemků s mělkými půdami s hloubkou do 30 cm byla dříve stanovena na hodnotu $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Dnes je doporučeno pozemky, na nichž se vyskytují mělké půdy, zatravnit nebo zalesnit. U půd středně hlubokých s hloubkou 30 – 60 cm a půd hlubokých s hloubkou nad 60 cm je stanovena přípustná ztráta půdy $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Hodnota přípustné ztráty půdy u půd hlubokých, které se řadí mezi půdy nejúrodnější, byla dříve $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Z důvodu zvýšení ochrany pozemků proti erozi se hodnota přípustné ztráty půdy u hlubokých půd snížila na hodnotu $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, jak je již uvedeno výše (Chlupsová, 2014).

Limity přípustné ztráty půdy stanovuje také Ministerstvo zemědělství vyhláškou o ochraně zemědělské půdy před erozí č. 240/2021 Sb. Zde je stanovena přípustná ztráta půdy pro půdy hluboké a středně hluboké $9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ a pro půdy mělké $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

3.5 Protierozní opatření

Proti účinkům vodní eroze je možné chránit půdu prostřednictvím protierozních opatření, která chrání půdu před erozně nebezpečnými dešti. Opatření dále podporují infiltraci vody do půdy, omezují unášecí sílu vody a soustředěného

povrchového odtoku, zpomalují, zachycují a bezpečně odvádějí povrchový odtok do recipientu, kde je potřeba zachytit smytou zeminu (Novotný et al., 2017).

Protierozní ochrana by měla být vždy řešena jako komplexní systém, který je řešen z různých variant protierozních opatření zohledňující finanční i realizační náročnost (Vlček, 2015). Ščepita (2011) rozděluje opatření, která jsou aplikována na zemědělské půdě, na tři základní skupiny – organizační, agrotechnická a technická.

3.5.1 Organizační protierozní opatření

Organizační protierozní opatření zahrnují umístění pozemku jeho delší stranou ve směru vrstevnic, zvolení vhodné velikosti a tvaru pozemku a určení vyhovujících parcel, kde může být provedena změna druhu pozemků. Dále do organizačních protierozních opatření patří protierozní rozmísťování plodin a pásové střídání plodin. Organizační opatření jsou často kombinována s dalšími protierozními opatřeními (Janeček et al., 2012).

Tvar a velikost pozemku

Toto opatření je navrhováno zejména k situování pozemku delší stranou ve směru vrstevnic, které dále motivuje zemědělce k obdělávání půdy po vrstevnici a zkracuje se délka svahu po spádnici. Je důležité brát v úvahu maximální přípustnou délku pozemku, která by na pozemku neměla být překročena. Tvar a velikost pozemku se nejčastěji řeší v rámci realizace komplexních pozemkových úprav (Novotný et al., 2017).

Van Rompaey et al. (2007) uvádí, že zmenšení velikosti pozemku má významný vliv jak na erozi půdy, tak na transport sedimentů. Eroze půdy je nižší, neboť je zkrácena délka svahu.

Delimitace kultur, zatravnění a zalesnění

Rozdělení půdního fondu z hlediska terénních, půdních a klimatických podmínek představuje opatření delimitace kultur. Toto členění je prováděno s ohledem na nejvyšší účelnost půdního fondu k jeho využití pro zemědělskou a lesní výrobu. Delimitace představuje členění zemědělského fondu na ornou půdu, zahrady, louky, pastviny, vinice, sady a chmelnice (Kubátová, 2001).

Pavlů (2009) uvádí obecnou zásadu pěstování jednotlivých kultur dle sklonu svahu takto:

- do 3,5 % okopaniny, kukuřice a jiné širokořádkové plodiny;
- 3,5 – 8 % úzkořádkové plodiny bez omezení;
- 8 – 15 % úzkořádkové plodiny zpravidla bez omezení;
- 15 – 21 % speciální osevnické postupy.

Svahy nad 25 % a dráhy soustředěného odtoku by měly být chráněny ochranným zatravněním. Zalesněny by měly být svahy, které převyšují sklon 50 % (Kvítek et Tippl, 2003).

Protierozní rozmístování plodin

Ochrana půdy tímto protierozním opatřením spočívá zejména v pěstování plodin, které dostatečně nechrání půdu před vodní erozí, na rovinatých pozemcích. Tyto plodiny představují okopaniny, kukuřici a další širokořádkové plodiny. U pozemků, které jsou středně ohroženy erozí, je možné pěstovat obilniny na celé ploše, kdežto u širokořádkových plodin je potřeba podpořit protierozní ochranu střídáním vrstevnicových pásů okopanin s víceletými pícninami. Protierozní ochranu jednotlivých plodin lze od nejúčinnějších seřadit takto: travní porosty – jetel – vojtěška – obilnina ozimá – obilnina jarní – řepka ozimá – hrách – okopaniny (Janeček et al., 2012).

Pásové střídání plodin

Vlček (2015) uvádí, že pásové střídání plodin (obrázek 3) představuje střídání různě širokých pásů, které jsou tvořeny plodinami erozně rizikovými, jako jsou kukuřice, brambory, slunečnice a další širokořádkové plodiny, s pásy plodin, které mají vyšší protierozní účinek, např. obilniny a pícniny. Pásové střídání by měly být vedeny ve směru vrstevnic s maximálním odklonem do 30°. Doporučená šířka pásů je v rozmezí 20 – 40 m dle sklonu pozemku (Janeček et al., 2008).



Obrázek 3: Pásové střídání plodin (Hůla et al., 2003)

3.5.2 Agrotechnická protierozní opatření

Šarapatka et al. (2002) vysvětluje, že do agrotechnických protierozních opatření je zahrnuto zejména ochranné obdělávání půdy, které je realizováno několika technologickými postupy, např. výsevem do ochranné plodiny, strniště a hrubé brázdy, hrázkováním, mulčováním a hloubkovým kypřením. Další agrotechnická opatření představují vrstevnicové a konturové obdělávání. Při těchto agrotechnických operacích jsou zapotřebí speciální stroje a přípravky na ochranu rostlin, které by měly co nejméně zatěžovat půdu rezidui. Stroje, které se při těchto agrotechnických operacích používají, jsou např. otočné pluh, secí stroje pro výsev do nezpracované půdy, radličkové a rotační kypřiče, hrázkovače atd. (Kvítek et Tipl, 2003).

Vrstevnicové obdělávání

Tento způsob obdělávání půdy je vhodný zejména na svazích s mírným sklonem, kde není překročena objemová kapacita brázd při povrchovém odtoku. Vrstevnicové obdělávání zahrnuje vrstevnicové setí a vrstevnicovou orbu. Při vrstevnicové orbě vznikají brázdy, které kopírují vrstevnice a je zde možný vznik výmolové eroze (Šarapatka, 2014). Vrstevnicové obdělávání je znázorněno na obrázku 4.



Obrázek 4: Vrstevnicové obdělávání (Kvítek et Tippl, 2003)

Ochranné obdělávání

Jedno z nejdůležitějších agrotechnických opatření je ochranné obdělávání půdy, které spočívá ve snižování intenzity běžného obdělávání půdy, snižování množství provedených mechanických operací a ponechání zbytků rostlin na povrchu půdy (Hůla, Procházková et al., 2008).

Novotný et al. (2017) uvádí, že mezi ochranné obdělávání patří přímé setí do mulče z rostlinných zbytků předplodin, přímé setí do přezimující a vymrzající meziplodiny, setí do mulče meziplodin a výsev ochranné podplodiny v pásech a meziřadích. Ochranné zpracování půdy má zejména význam v pokrytí nejméně 30 % povrchu půdy rostlinnými zbytky předplodin či meziplodin (Baker et al., 2007), které následně v porovnání s půdou, na které nejsou rostlinné zbytky, přispívá ke snížení vodní eroze o 50 – 90 % (Hanna et al., 1995).

Setí kukuřice do úzkého řádku

Jak zmiňuje Novotný et al., 2017, setí kukuřice do úzkého řádku je technologie spočívající v tom, že je secí stroj nastaven na výsevní vzdálenost řádku kukuřice maximálně 45 cm. Celkem 110 tisíc zrn kukuřice jsou sety na 1 ha v trojúhelníkovém sponu. Je zde zároveň nutnost kombinovat tuto technologii se setím do mulče. Zvýšení ochrany půdy proti erozi je zajištěna rovnoměrnějším zapojení porostu díky zúžené rozteči řádků.

Pásové zpracování půdy

Toto opatření představuje systém strip-tillage. Tato agrotechnická operace se provádí na podzim či na jaře dle půdních podmínek. Je prováděno pásové zpracování půdy o šířce cca 15 cm s hloubkou zpracování půdy 15 – 25 cm se současným uložením minerálního hnojiva (Novotný et al., 2017).

Hrázkování, důlkování

Hůla et al. (2003) uvádí, že hrázkování a důlkování (obrázek 5) představuje ochranu proti povrchovému odtoku díky akumulaci vody ve vytvořených důlcích mezi hrázkami v brázdách. Na 1 ha plochy lze provést cca 28 000 důlků o objemu 2 litry, z čehož vyplývá, že je možné na této ploše zadržet celkem $56 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ vody.



Obrázek 5: Důlkování (Novotný et al., 2017)

Plečkování, dlátování, podrývání

Plečkování je meziřádková kultivace, která se používá u širokořádkových plodin v průběhu vegetace. Při této agrotechnické operaci se využívají stroje, které mají pasivní pracovní nástroje – radličky a aktivní nástroje – frézy. Mechanické

odplevelení zde snižuje spotřebu herbicidů a zároveň je zde splněna i půdoochranná funkce, neboť nakypřením vrstvy půdy mezi řádky se zpomaluje povrchový odtok a chrání tak půdu před vodní erozí. Větší efekt zasakování povrchové vody je u dlátování, při kterém se pasivními dláty prohlubuje půda mezi řádky rostlin. Tato metoda se používá především u cukrové řepy. Další metoda, která zlepšuje zasakování povrchové vody, snižuje zhutnění a plní protierozní funkci, je podrývání. Při této technologii se používá kombinace kypriče a podrýváku k hlubokému kypření půdy do hloubky minimálně 35 cm (Neružil et al., 2015).

3.5.3 Technická protierozní opatření

Posledním typem opatření jsou technická protierozní opatření, která slouží zejména k přerušení délky svahu a zpomalení povrchového odtoku. Kromě protierozní funkce mají tato opatření význam i z krajinně estetického a ekologického hlediska. Jako významná součást územních systémů ekologické stability (ÚSES) může v krajinně fungovat kombinace systému liniových technických protierozních prvků se zelení (Uhrová et al., 2016).

Technická protierozní opatření, která jsou finančně náročná, se volí v případě, že nelze snížit erozní ohroženost organizačními a agrotechnickými protierozními opatřeními. Tento typ opatření se dále navrhuje v případě, že je potřeba snížit sklon svahu na velmi svažitéch pozemcích, k vyrovnání terénních příčných nerovností, k ochranně níže položených zemědělských pozemků ohrožených povrchovým odtokem z lesních porostů a k ochraně intravilánu obcí a komunikací, které mohou být ohroženy povrchovým odtokem a sedimenty stékajícími z pozemků (Kvítek et Tippl, 2003).

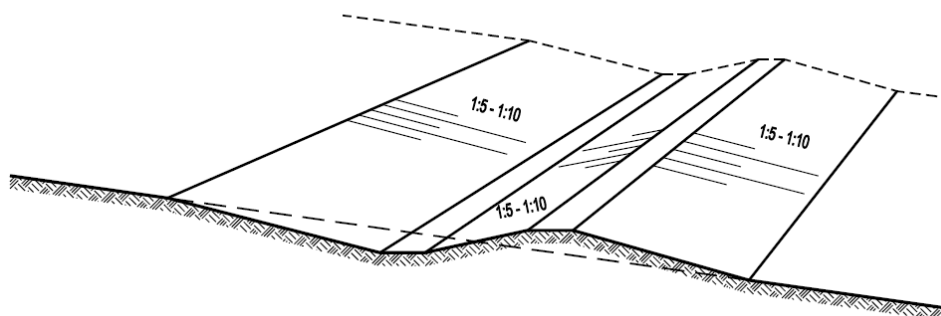
Terénní urovnávky

Terénní urovnávky, které se v praxi neaplikují často, se používají k odstranění nerovností, které ovlivňují směr povrchového odtoku a jeho soustředování. Urovnávky se provádějí pouze na hlubokých půdách přesunem zeminy či navážkou zeminy. V tomto případě se nejedná o složité protierozní opatření (Kadlec et al., 2014).

Protierozní průlehy

Janeček et al. (2012) uvádí, že protierozní průlehy, které jsou pokládány za nejúčinnější protierozní opatření, slouží k zachycení, zasakování a odvedení povrchového odtoku, který je způsoben dešťovými srážkami nebo táním sněhu. Průlehy se navrhují jako vegetací zpevněné široké příkopy, které jsou mělké a mají mírný sklon svahu (1 : 5 až 1 : 10).

Protierozní průlehy se dělí na průlehy záchytné, sběrné a svodné. Záchytné průlehy se navrhují k ochraně níže položených pozemků před „cizí“ vodou. Příčný řez záchytným průlehem je znázorněn na obrázku 6. Průlehy sběrné se dále dělí na průlehy vsakovací a odváděcí. Vsakovací průlehy se navrhují pouze na půdách, které jsou vhodné k infiltraci vody a mají nulový nebo malý sklon svahu. Odváděcí průlehy odvádí vodu z pozemků např. do svodných průlehů, svodných příkopů, zatravněné údolnice či do potoka. Posledním typem průlehu je průleh svodný, který je obvykle navrhován jako zatravnění drah soustředěného povrchového odtoku, jak je prezentováno na obrázku 7 (Kvítek et Tipl, 2003).



Obrázek 6: Příčný řez záchytným průlehem (Janeček et al., 2012)

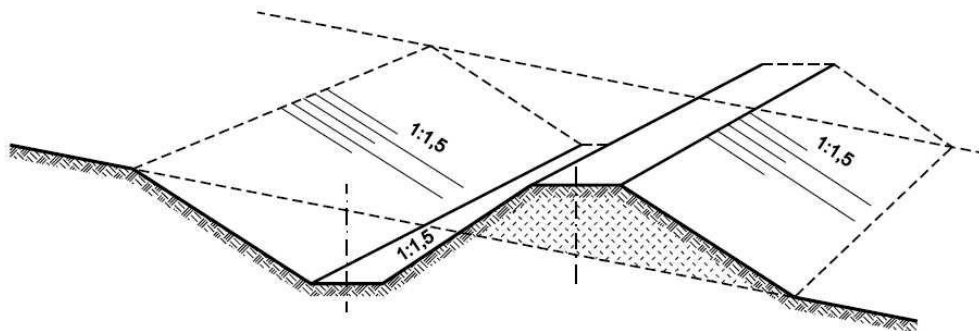


Obrázek 7: Svodný průleh – zatravněná údolnice se stabilizací dráhy soustředěného povrchového odtoku (Kadlec et al., 2014)

Protierozní příkopy

Protierozní příkop tvoří liniový prvek, který je navrhován na pozemku z důvodu přerušení délky svahu s možným kombinováním jiných liniových prvků (cestou, mezí, atd.). Příkop je obvykle opevněný s lichoběžníkovým profilem s šířkou ve dně 0,3 – 0,6 m, hloubkou 0,6 – 1,2 m a sklonem svahu 1 : 1,5 – 1 : 2. Umístění protierozních příkopů na ohrožené pozemky je navrhováno tak, aby byly umístěny ve směru vrstevnic. Dle prostorového uspořádání a funkce se dělí příkopy na záchytné, sběrné a svodné (Kadlec et al., 2014).

Záchytné příkopy se navrhují na místech, kde je potřeba ochránit níže položené pozemky před „cizí“ vodou, která stéká především z lesů. Příčný řez záchytným příkopem je vidět na obrázku 8, realizace je dále znázorněna na obrázku 9. K přerušení svahu a zachycení povrchového odtoku na pozemku se využívají příkopy sběrné. Svodné příkopy zachycenou vodu odvádějí do recipientu (Janeček et al., 2008).



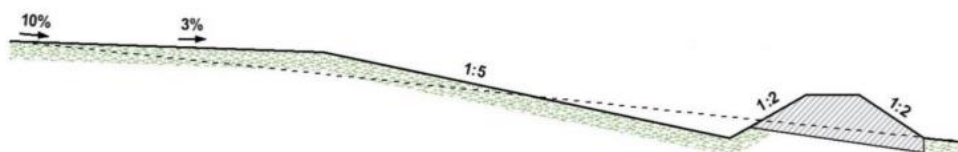
Obrázek 8: Řez záchytným příkopem (Janeček et al., 2012)



Obrázek 9: Záchytný příkop (Novotný et al., 2017)

Protierozní hrázky

Kvítek et Tippl (2003) uvádějí, že protierozní hrázky jsou budovány jako nižší, nepřelévané zemní hráze na úpatí svahu pozemku. Dle hydrologických a hydraulických výpočtů se stanoví výška hrázky a velikost záchytného prostoru před hrázkou. Výška hráze je většinou navrhovaná 1 – 1,5 m. Příčný řez hrázkou je znázorněn na obrázku 10. Protierozní hrázky jsou tvořeny svahem a korunou, které se stabilizují vegetačním opevněním. Toto protierozní opatření se navrhuje především k ochraně komunikací před zaplavením vodou a splaveninami.



Obrázek 10: Příčný řez ochrannou hrázkou (VÚV TGM, v.v.i., ©2018)

Ochranné hrázky (obrázek 11) se dělí podle jejich dimenzování na hrázky záchytné a hrázky svodné. Hrázky záchytné mají nulový podélný sklon a dimenzují se tak, aby byly schopny zachytit objem zachycené vody a splavenin z N-leté návrhové srážky. Svodné hrázky se dimenzují k bezpečnému odvedení objemu zachycené vody z N-leté návrhové srážky a umísťují se na úpatí svahu (Janeček et al., 2012). Rozdíl mezi hrázkou a průlehem spočívá zejména v tom, že hrázka disponuje vypouštěcím zařízením, pomocí kterého transformuje povodňovou vlnu na neškodný průtok (Janeček et al., 2008).



Obrázek 11: Ochranná hrázka (Kadlec et al., 2014)

Zatrávnění údolnice

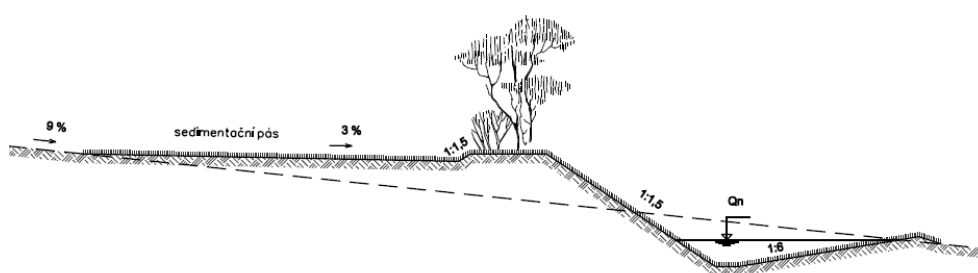
Během přívalových dešťů či jarního tání sněhu dochází především na příčně zvlněných pozemcích k soustředěnému povrchovému odtoku, díky čemuž vznikají v půdě hluboké erozní rýhy. Ochrana je řešena zatrávněním těchto potenciálních drah soustředěného povrchového odtoku, které se nacházejí většinou v údolnicích či úžlabinách. Aby nebyla údolnice poškozována příčným přejížděním mechanizačními prostředky či přechodem dobytka, je nutné ji odvodnit pomocí drenáže (Janeček et al., 2008).

Protierozní meze

Protierozní meze se dělí na meze historické a současné. Historické meze vznikaly na hranici dvou pozemků, kam byly ukládány nasbírané kameny či vznikly

orbou podél vrstevnic, kdy docházelo k naorávání půdy. Tento typ eroze však většinou neplnil protierozní funkci (Novotný et al., 2017).

V současné době se navrhují meze přímo za účelem protierozní ochrany, které by měly být složeny ze tří částí – zasakovacího pásu nad mezí, vlastního tělesa meze a odváděcího průlehu pod mezí. Protierozní mez se navrhuje ve sklonu 1 : 1,5 s výškou dle sklonu svahu nejvýše 1 – 1,5 m a je zatravněna nebo osázena doprovodnou zelení. Tento typ protierozní meze se navrhuje v podélném sklonu 2 – 5 % s napojením na svodný prvek (Janeček et al., 2012). Příčný řez protierozní mezí je znázorněn na obrázku 12 a samotná realizace pak na obrázku 13.



Obrázek 12: Příčný řez protierozní mezí (Janeček et al., 2012)



Obrázek 13: Protierozní mez (VÚV TGM, v.v.i., ©2018)

Ochranné nádrže

Kadlec et al. (2014) uvádí, že se ochranné nádrže navrhují k ochraně území a objektů před negativními účinky velkých vod a transportem sedimentů tím, že zachycují povodňové průtoky. Dle účelu se ochranné nádrže dělí na protierozní, suché, poldry a sedimentační jímky. Protierozní nádrže zachycují vlivem nízké průtočné rychlosti splaveniny a voda, která je zachycena v prostoru nádrže, je následně po usazení splavenin odvedena výpustným potrubím nebo je zasakována

do podzemního odtoku. Suché nádrže (obrázek 14) se navrhují jako průtočné nádrže na vodním toku, které představují prostor, který je zaplaven jen v případě povodňové vlny, přičemž voda je poté odvedena odpadním potrubím a prostor suché nádrže je opět vyprázdněn. Plocha, která je určena v případě povodňových vln k zaplavení, se při běžných průtocích zpravidla běžně obhospodařuje. Poldry jsou boční nádrže, které jsou taktéž mimo povodňový stav nezatopené. Při zvýšeném povodňovém průtoku voda odtéká vodním tokem a v případě, že je průtok větší, voda odtéká do poldru. Při povodních je poldr, do kterého je přiváděna voda, uzavřen a až po odeznění povodně je tato voda vypouštěna do toku. Dále je třeba zmínit, že v případě protierozních opatření se na konci příkopů či průlehů budují také sedimentační jímky, které představují malé nádrže k zachycení sedimentů před vstupem odvedené vody do recipientu.



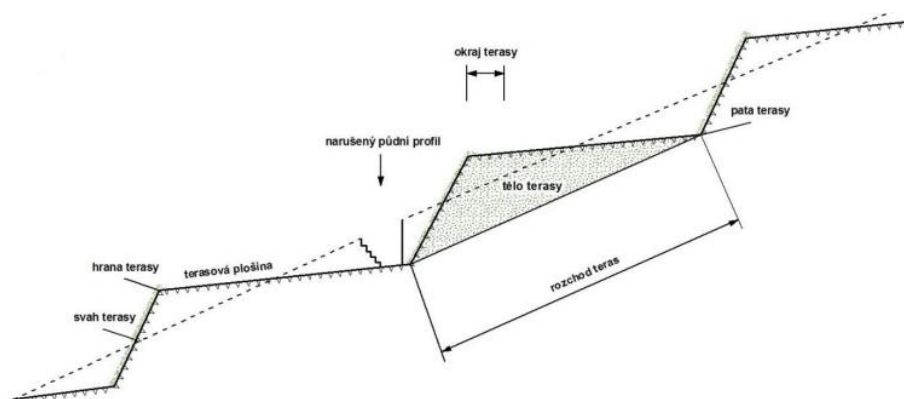
Obrázek 14: Suchá nádrž (Kadlec et al., 2014)

Terasování

Terasování je jedna z nejstarších úprav, která se využívá u pozemků s velkými svahy, které jsou díky vybudování terénních stupňů sníženy. Uspořádání zemních teras lze vidět na obrázku 15. Dnes se tato metoda používá zejména u speciálních plodin jako jsou např. vinice a jejich význam je především v protierozní ochraně půdy a přístupnosti mechanizační techniky. Terasy (obrázek 16) se obdělávají ve směru delší strany terasy a podle stupně se dělí na terasy zemní a zděné. Dále se dělí podle šířky na úzké, které umožňují výsadbu 1 – 2 řad vinné révy či ovocných stromů a široké, kde lze vysadit minimální 3 řady vinné révy

či ovocných stromů. Podle orientace směrem k vrstevnicím se dělí na vrstevnicové, konturové, spádníkové, přechodové a paralelní (Kubátová, 2001).

Janeček et al. (2008) vysvětluje, že tento druh protierozního opatření je však nutné realizovat pouze v krajním případě, kdy v území nelze navrhnout jiné protierozní opatření, neboť terasování je výrazným zásahem do krajiny, kterým mohou být narušeny přirozené ekologické mechanismy.



Obrázek 15: Uspořádání zemních teras (VÚV TGM, v.v.i., ©2018)



Obrázek 16: Terasy (Kadlec et al., 2014)

Protierozní cesty

Pro přístup na přilehlé pozemky se navrhuje polní cesty, které plní také protierozní funkci tím, že přerušují svah ve směru vrstevnic. Cesty jsou zpravidla kombinovány s příkopem umístěným na straně proti svahu pro zachycení povrchového odtoku. Tento typ opatření má na využívání pozemku minimální

dopady a jeho realizace probíhá především v případě komplexních pozemkových úprav (Novotný et al., 2017).

3.6 Přírodě blízká opatření

Pokud jsou v přírodě aplikována vhodná opatření, mohou plnit řadu funkcí, např. protierozní a protipovodňovou ochranu, ochranu před suchem a zvýšení ekologické stability krajiny. Většina plošných opatření, která jsou aplikována na zemědělských půdách, zlepšují vodní režim v půdě. Opatření ke zpomalení povrchového odtoku a zvýšení infiltrace zamezuje erozi půdy, ale také je zadržována voda v krajině, která je potřebná z hlediska problematiky sucha. Z tohoto důvodu je potřeba vracet do krajiny krajinné prvky podporující zadržení vody v krajině, které byly rozorávány v době kolektivizace (Dzuráková et al., 2017).

Zajíček et al. (2021) uvádí, že přírodě blízká opatření v zemědělské krajině se navrhuje zejména ke zvýšení retence a akumulace vody v krajině, zlepšení jakosti vod a zlepšení ekologického stavu krajiny. V současné době je v České republice odvodněno asi 25 % zemědělské půdy (Ministerstvo zemědělství, ©2021).

Zpomalit odtok vody z území lze revitalizací vodních toků, kdy je obnoveno koryto vodního toku do přírodě blízkého stavu, je zvýšena drsnost koryta a snížen sklon dna. Dále je cílem prodloužit délku koryta, které je provedeno jeho meandrováním. Nedílnou součástí je také návrh prvků ke zlepšení jakosti vody, jako jsou např. mokřady a tůň. Mokřady mají pozitivní vliv na jakost vody i ekologický stav zájmového území. Zpomalují odtok a zadržují vodu v krajině. Nevýhoda mokřadů spočívá v nutnosti jejich údržby, prostorové náročnosti a vysokých nákladech na jejich realizaci. Tůň (obrázek 17), stejně jako zmiňované mokřady, také zpomalují tok vody, zvyšují druhovou biodiverzitu organismů a přírodní procesy. Nevýhodou tůní je jako u mokřadů nutnost jejich pravidelné údržby. Mokřady i tůň plní v krajině estetickou a krajinnotvornou funkci (Zajíček et al., 2021).



Obrázek 17: Tůň (Zajíček et al., 2021)

3.7 DZES

Zkratka DZES znamená Dobrý zemědělský a environmentální stav půdy. Dříve se používala zkratka GAEC, která byla odvozena z názvu Good Agricultural and Environmental Conditions. Tento pojem vyjadřuje standardy hospodaření, které mají za úkol zajistit zemědělské hospodaření, které bude v souladu s ochranou životního prostředí. Dodržování těchto standardů je jednou z podmínek, které musí splňovat zemědělci, aby získali plnou výši přímých plateb některých podpor Programu rozvoje venkova a podpor společné organizace trhu s vínem (Ministerstvo zemědělství, ©2021).

3.7.1 Podmínky standardů DZES

Ministerstvo zemědělství (©2023a) zmiňuje, že od roku 2023 jsou podmínky rozděleny do 9 standardů DZES následovně:

DZES 1 – Zachování trvalých travních porostů na základě poměru trvalých travních porostů k zemědělské ploše;

DZES 2 – Ochrana mokřadů a rašelinišť;

DZES 3 – Zákaz vypalování strnišť na orné půdě;

DZES 4 – Zřízení ochranných pásů podél vodních toků;

DZES 5 – Zpracování půdy snižující riziko degradace půdy a eroze;

DZES 6 – Minimální půdní pokryv;

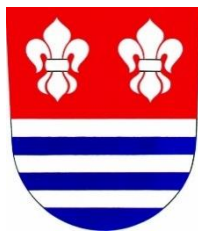
DZES 7 – Střídání plodin na orné půdě;

DZES 8 – Minimální podíl zemědělské plochy věnované neprodukčním plochám nebo prvkům;

DZES 9 – Zákaz přeměny nebo orby trvalých travních porostů označených jako environmentálně citlivé travní porosty v lokalitách Natura 2000.

Standard DZES 5 (Zpracování půdy snižující riziko degradace půdy a eroze) bude od roku 2024 sladěn s vyhláškou č. 240/2021 Sb. o ochraně zemědělské půdy před erozí, ve znění pozdějších předpisů. Tato skutečnost bude znamenat, že podmínky tohoto standardu, který vymezuje omezení erozních vlivů, bude vztaženo na větší výměru orné půdy. Podmínky uvedené ve standardu DZES 6 (Minimální půdní pokryv) se budou nově od podzimu 2023 vztahovat na všechny pozemky s ornou půdou bez ohledu na to, jakou mají sklonitost s rozšířením na trvalé kultury a úhor. Standard DZES 7 (Střídání plodin na orné půdě) nově ukládá povinnost pro zemědělce alespoň na 40 % výměry orné půdy střídát hlavní plodiny. Zároveň po třech letech musí být na celé výměře orné půdy pěstována odlišná hlavní plodina. Nově je také od roku 2023 omezení plochy jedné plodiny do 10 ha na pozemku, který je silně erozně ohrožený za předpokladu, že tento pozemek není rozdělen ochranným pásem, plochou jiné plodiny či úhorem (Ministerstvo zemědělství, ©2023b).

4. Popis zájmového území – obec Zdice



Obrázek 18: Znak města (Město Zdice, ©2023)

Zájmovým územím je obec Zdice, která je čtvrtým největším městem v okrese Beroun. Leží ve středočeském kraji a zčásti spadá pod chráněnou krajinnou oblast (CHKO) Křivoklátsko. Zdicemi protéká řeka Litavka od jihu a Červený a Stroupínský potok od jihozápadu (Město Zdice, ©2023). Město Zdice se skládá ze třech částí na třech katastrálních území – Zdice, Černín u Zdic a Knížkovice. Na obrázku 18 je znázorněn znak města Zdice.

4.1 Historie

Osada Zdice vznikla kolonizací oblasti západně od Prahy v roce 1039, kdy se z Polska vracel Břetislav I. z vítězné výpravy. Městysem se Zdice staly dne 6. května 1872 a od 1. července 1994 se staly Zdice městem. Na náměstí se nachází kostel Narození Panny Marie, který byl postaven v 18. století. Ve zdické faře, o které je zmínka již v roce 1352, působil v letech 1835 – 1874 páter Josef Vorel, který byl pro své sociální cítění, vlastenectví a hudební nadání významnou osobností nejen ve Zdicích, ale také v celém Berounsku. Další historicky památnou budovou je radnice a budova zdického kina, které jsou evidovány jako kulturní památka (Město Zdice, ©2023).

Mudra et al. (2004) uvádí, že nejstarším průmyslem ve Zdicích byla od druhé poloviny 17. století těžba železné rudy. Soustavné dobývání železné rudy rozsáhlým lomem ve Zdicích začalo v roce 1820. Těžba železné rudy byla ve Zdicích zastavena v roce 1962. Za 300 let se tu vytěžilo celkem 3 034 000 tun rudy, přičemž zásoby, které byly v dolech ponechány, se odhadují na 5 300 000 tun.

V roce 1850 byl ve Zdicích založen jako rolnický podnik cukrovar, který se dostal následně do osobního vlastnictví pánů Skály a Macháčka. Po sedmi letech od vzniku cukrovaru zde jako účetní působil manžel Boženy Němcové Josef Němec (Město Zdice, ©2023).

V době kolektivizace dne 19. října 1950 vzniklo ve Zdicích JZD a dalším krokem k socializaci zemědělství přispělo slavnostní rozorávání mezí, které se uskutečnilo dne 16. září 1951 (Mudra et al., 2004).

4.2 Geologické a geomorfologické podmínky

Dle geologické charakteristiky je složení hornin v zájmovém území tvořeno především bazaltem, prachovcem, břidlicí, drobou, pískovcem, prachovcem a jílovou břidlicí. Podrobné znázornění všech typů hornin je na obrázku 19. Území se nachází v oblasti Barrandien, které je tvořeno pozůstatky starého horstva.



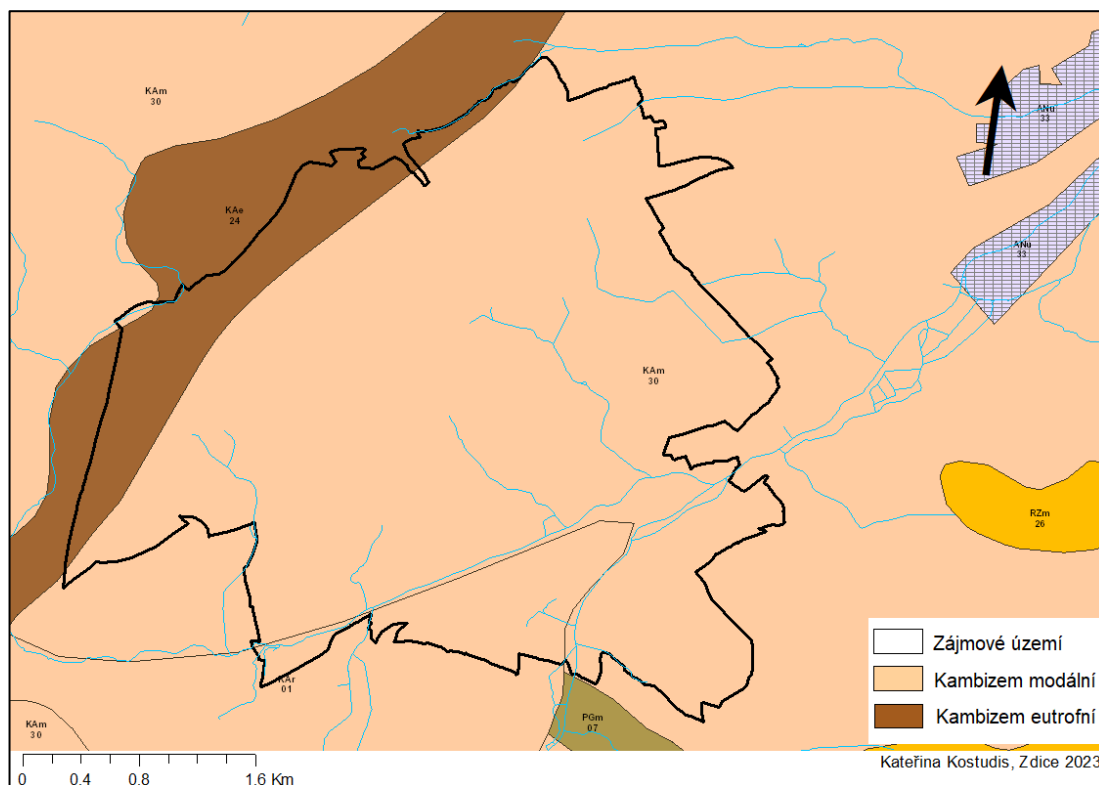
Obrázek 19: Geologické podmínky zájmového území (Vostal, 2014)

Dle geomorfologické charakteristiky Zdice spadají pod:

- systém – Hercynský;
- provincie – Česká Vysočina;
- oblast – Brdská oblast;
- celky – Hořovická pahorkatina a Křivoklátská vrchovina;
- podcelky – Zbirožská vrchovina, Hořovická brázda a Karlštejnská vrchovina;
- okrsky – Brdatky a Zdická brázda.

4.3 Pedologické podmínky

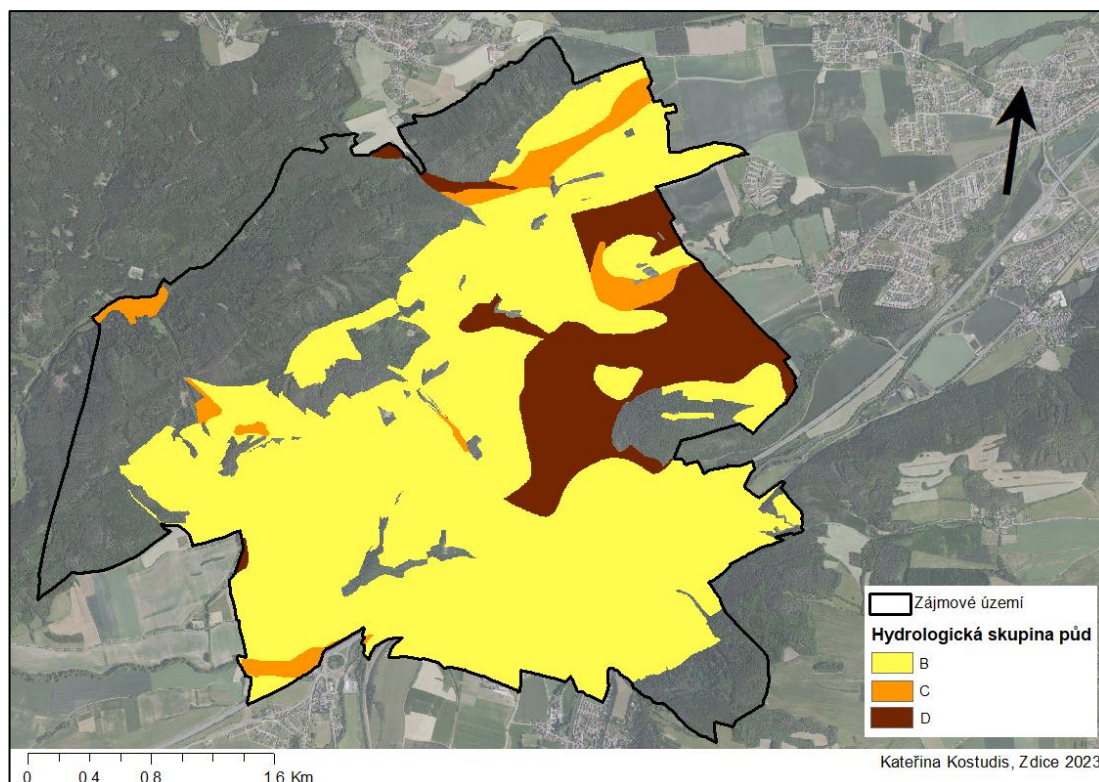
Z obrázku 20 je patrné, že se v zájmovém území nachází kambizem modální a kambizem eutrofní.



Obrázek 20: Pedologické podmínky v zájmovém území (data: CENIA, ©2018)

Kambizemě, které v České republice tvoří celkem 45 % zemědělské půdy, se nejvíce vyskytují v západních a jižních Čechách (Šarapatka, 2014). Vytvářejí se zejména na svažitých lokalitách, jako jsou pahorkatiny, vrchoviny a hornatiny (Kozák et al, 2009). Intenzivním vnitropůdním zvětráváním vzniká kambický horizont Bv. V našich klimatických podmínkách zde dochází k přeměně slíd na illit chemicko-mechanickou přeměnou. Typické hnědnutí půdy kambizemí je zapříčiněno také zvětráváním, kdy se do půdy uvolňuje železo (Pavlů, 2019).

V zájmovém území se nacházejí především hluboké a středně hluboké půdy, ale nalezneme zde i půdy mělké. Na obrázku 21 jsou znázorněny hydrologické skupiny půd, které se nacházejí v zájmovém území. Převažují zde půdy hydrologické skupiny B, které mají střední rychlost infiltrace. Dále jsou zde půdy hydrologické skupiny C, které mají nízkou rychlost infiltrace a skupiny D, které mají velmi nízkou rychlost infiltrace.



Obrázek 21: Hydrologické skupiny půd (data: ČÚZK, ©2023)

Hydrologická charakteristika vlastností jednotlivých hydrologických skupin je blíže specifikována v tabulce 7.

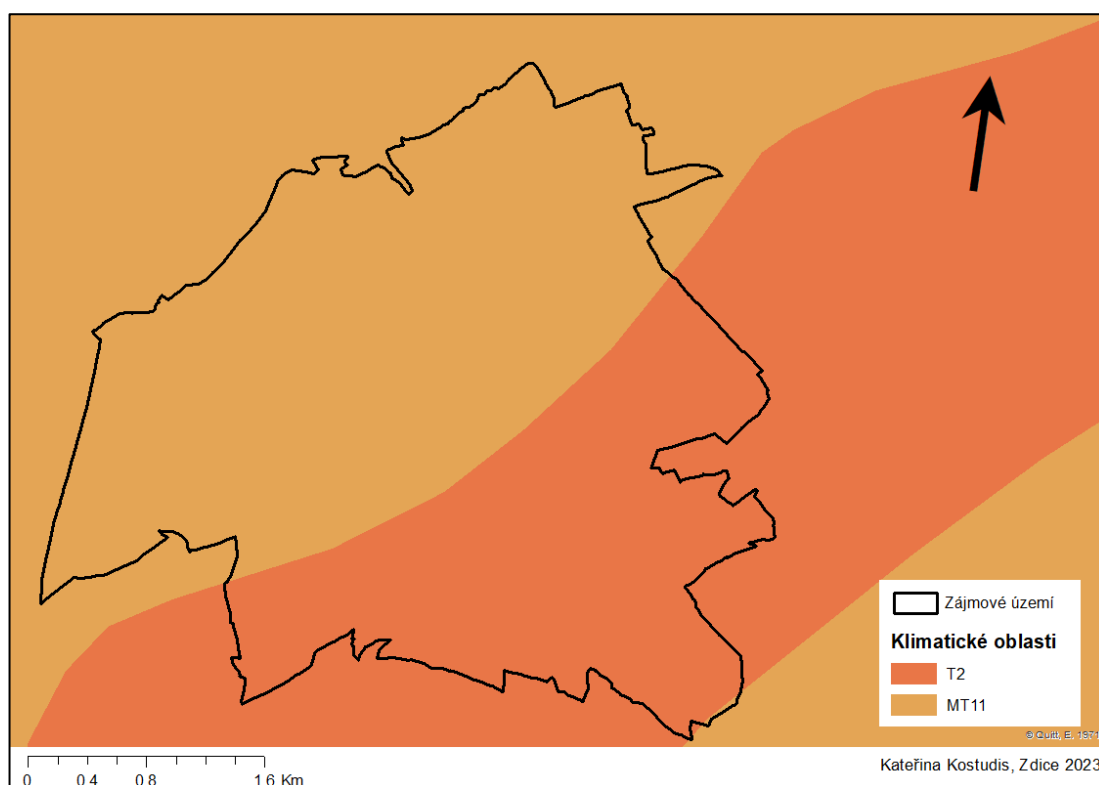
Hydrologická skupina	Hydrologická charakteristika vlastností půd
A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ($> 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrné odvodněné písky nebo štěrky
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace ($0,06 - 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ($0,02 - 0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ($< 0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím

Tabulka 7: Hydrologická charakteristika vlastností půd (Janeček et al., 2012)

4.4 Klimatické podmínky

Podle Quitta (1971) spadá zájmové území do oblasti teplé T2 a do oblasti mírně teplé M11 (obrázek 22). Oblast teplá T2 představuje jednu z nejteplejších a nejsušších oblastí, která se nachází na území České republiky. Na jaře, které bývá krátké, teplé až mírně teplé, je v měsíci dubnu v této oblasti průměrná teplota 8 až 9 °C. Léto s průměrnou teplotou v červenci 18 až 19 °C a počtem letních dní 50 – 60 je dlouhé, teplé a suché. Podzim je krátký, teplý až mírně teplý s průměrnou teplotou v měsíci říjen 7 až 9 °C. Zima s průměrnou teplotou v lednu -2 až -3 °C a počtem ledových dní 30 – 40 je krátká, suchá až velmi suchá. Počet dnů, kdy na tuto oblast spadnou srážky v minimálním množství 1 mm je 90 – 100 dní.

Oblast mírně teplá M11 se vyznačuje mírně teplým a krátkým jarem s průměrnou teplotou v měsíci dubnu 7 až 8 °C. Letních dnů je v této oblasti celkem 30 – 40, tedy stejné množství, jako v oblasti T2. Teplota v měsíci červenec je tu však nižší, a to 17 až 18 °C. Podzim zde bývá mírně teplý s průměrnou teplotou v měsíci říjen 7 až 8 °C. Průměrná teplota v zimě v měsíci leden -2 až -3 °C je zde stejná, jako v oblasti T2, stejně tak i počet ledových dnů 30 – 40. Zima v této oblasti je mírně teplá, velmi suchá a krátká.



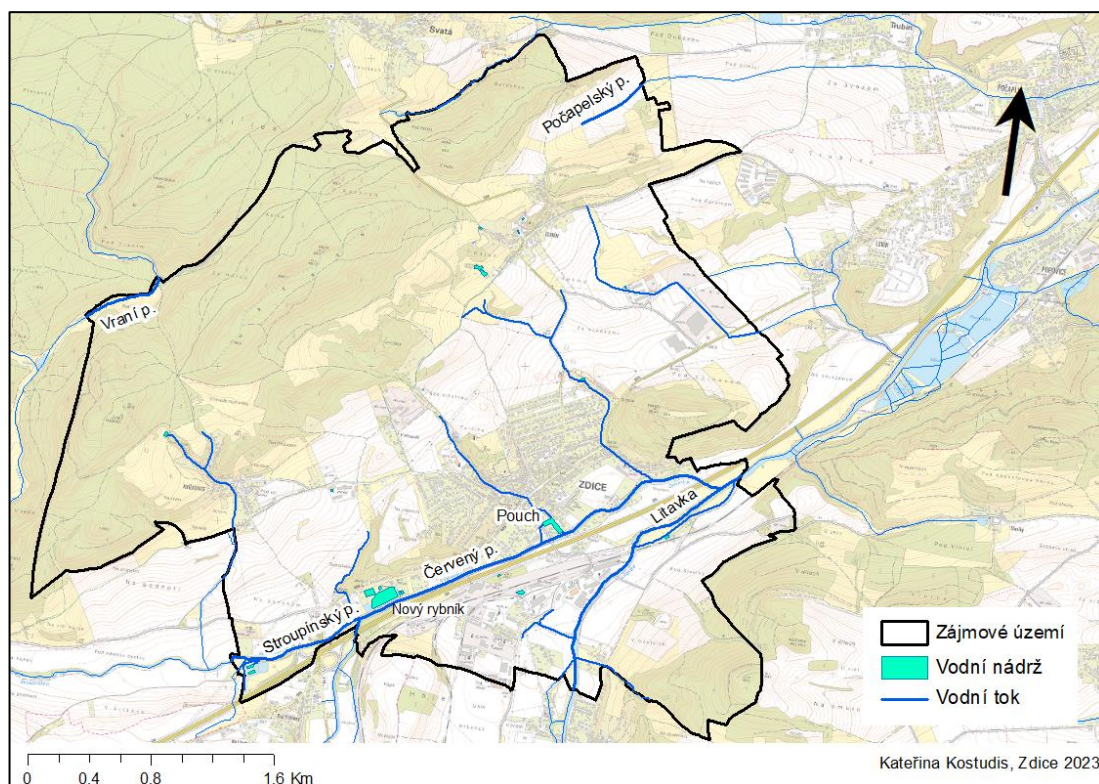
Obrázek 22: Klimatické oblasti (data: Quitt, 1971)

4.5 Hydrologické podmínky

Zájmovým územím protéká řeka Litavka, Červený potok, Stroupínský potok a zčásti i Počapelský a Vraní potok (obrázek 23).

Řeka Litavka, která pramení v Brdech, protéká zájmovým územím, následně teče do Králova Dvora a Berouna, kde ústí do řeky Berounky. Červený a Stroupínský potok má taktéž prameniště v Brdech. Červený potok teče přes Hořovice do zájmového území, kde se vlévá do řeky Litavky. Stroupínský potok teče do zájmového území přes obec Žebrák, přičemž se v zájmovém území vlévá do Červeného potoka.

Nedaleko centra zájmového území se nachází vodní nádrž Pouch s plochou 0,44 ha a u místního koupaliště vodní nádrž Nový rybník s plochou 1,25 ha. Dále se v zájmovém území nachází několik bezejmenných malých vodních nádrží a toků.

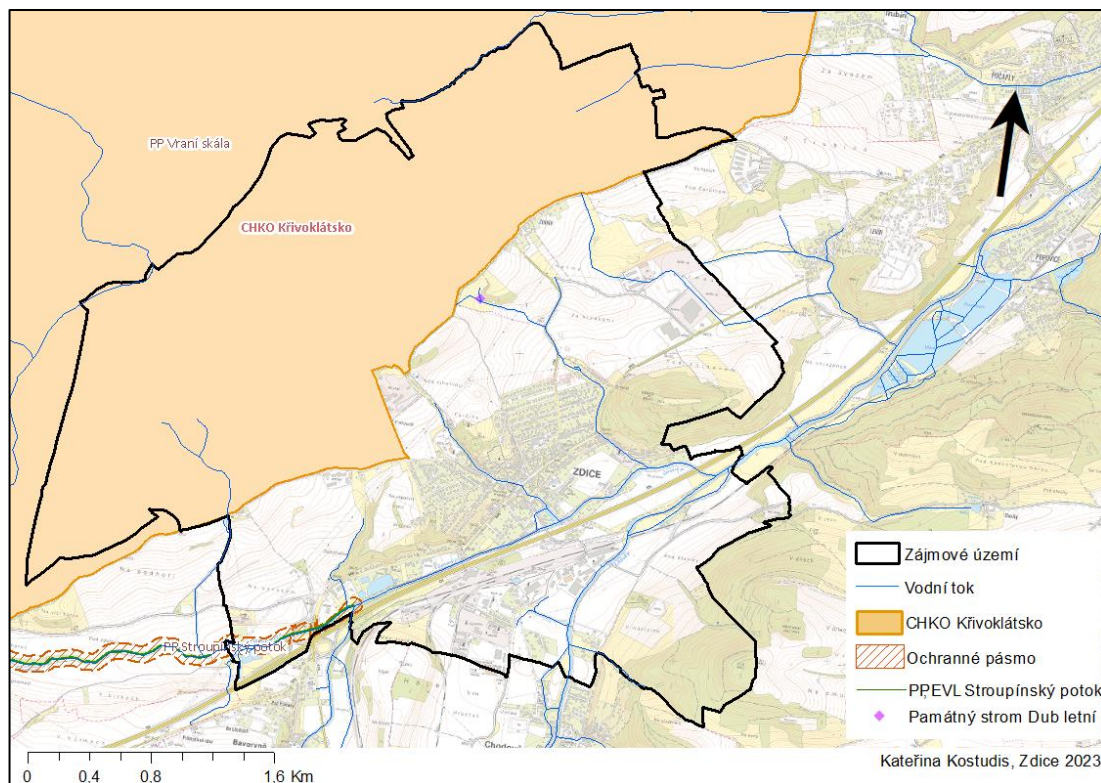


Obrázek 23: Hydrologické podmínky v zájmovém území (data: VÚV TGM, v.v.i., ©2020; ČÚZK, ©2023)

4.6 Přírodní podmínky

V zájmovém území se nachází geopark Barrandien, jak již bylo zmiňováno výše, který se rozprostírá na celé ploše zájmového území. Dále se zde nachází přírodní památka (PP) a Evropsky významná lokalita (EVL) Stroupínský potok,

okolo kterého je vyhlášeno ochranné pásmo a jeden památný strom s názvem Dub letní. Do zájmového území zasahuje také CHKO Křivoklátsko. Na obrázku 24 je znázorněna PP a EVL Stroupínský potok s ochranným pásmem, CHKO Křivoklátsko a památný strom Dub letní (AOPK ČR, ©2023).

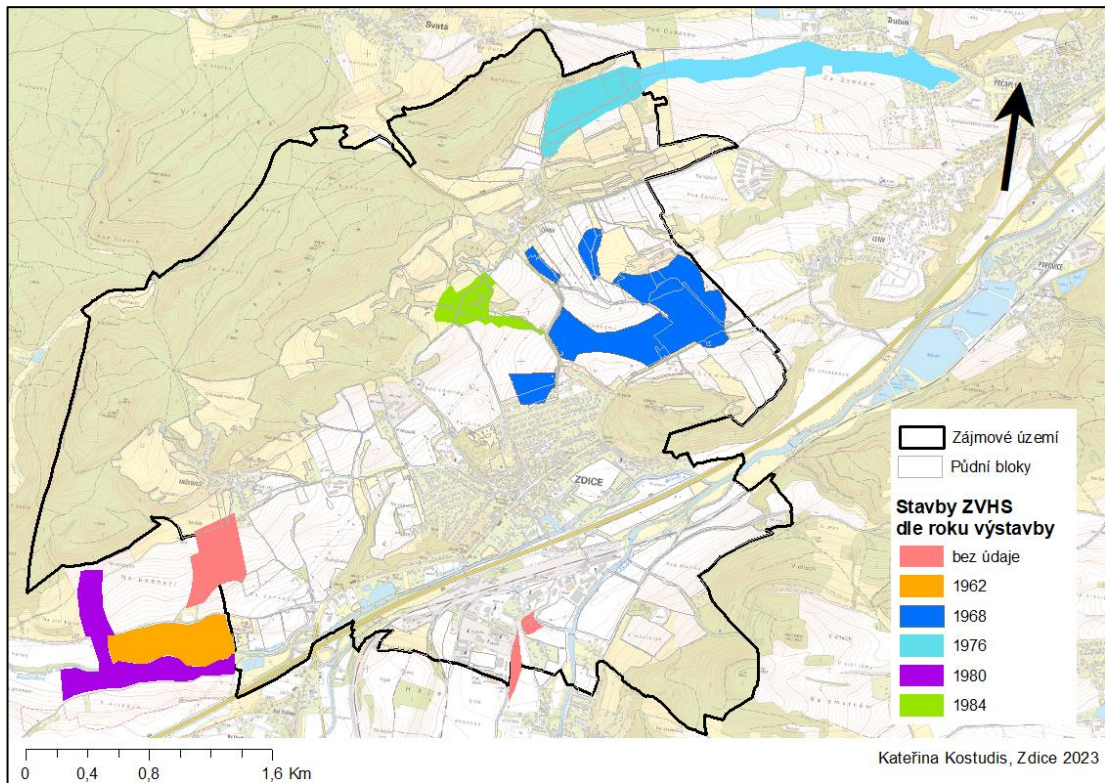


Obrázek 24: Přírodní podmínky v zájmovém území (data: AOPK ČR, ©2023; ČÚZK, ©2023)

4.7 Meliorace

Na obrázku 25 jsou znázorněny odvodňovací meliorační stavby, které byly provedeny v průběhu let 1962 – 1984 v zájmovém území. Nachází se zde celkem tři meliorační stavby, o kterých není znám údaj jejich vybudování (eAGRI, ©2009).

Vopravil et al. (2013) uvádí, že na území České republiky je v současné době asi 25 % zemědělské půdy odvodněno. Tyto stavby byly v minulosti prováděny na územích, která nebyla pro odvodnění vhodná či byly prováděny ve zbytečně velkém rozsahu. V uplynulých letech se na odvodňovacích zařízeních neprováděla téměř žádná údržba, a proto jsou nyní některé tyto stavby již nefunkční či ve špatném technickém stavu. Je potřeba zmapovat a zjistit dostupnost projektové dokumentace k jednotlivým melioračním stavbám, aby mohlo být rozhodnuto o jejich opravě, obnově či jejich zrušení tak, aby byly odstraněny negativní vlivy na zemědělskou krajinu, které některé meliorační stavby v současné době činí.



Obrázek 25: Meliorační stavby v zájmovém území (data: eAGRI, ©2009; ČÚZK, ©2023)

5. Metodika

Praktická část této práce se zabývá vyhodnocením erozní ohroženosti jednotlivých půdních bloků v zájmovém území, pro které jsou pak navržena protierozní opatření. Posouzení míry erozního ohrožení bylo provedeno za použití metody univerzální rovnice USLE v prostředí geoinformačního programu ArcGIS 10.7.1.

5.1 Použitá data

Pro výpočet erozní ohroženosti půdních bloků v zájmovém území byla použita tato data:

- data BPEJ (Státní pozemkový úřad, ©2023);
- data vodních toků (VÚV TGM, v.v.i., ©2020);
- data LPIS (eAGRI, ©2009-2023);
- výškopis DMT 4G – data zapůjčil Český zeměměřičský úřad (ČÚZK, ©2010);
- ortofotomapa ČR (ČÚZK, ©2023);
- základní mapa ČR 1:10 000 (ČÚZK, ©2023);
- digitální vektorová databáze České republiky ArcČR® verze 4.1 – Vybraná administrativní a statistická data o České republice (Data ArcČR©, ČÚZK, ČSÚ, ARCDATA Praha, ©2022);
- osevní postupy poskytnuté společností JRW-agro, s.r.o (příloha 1).

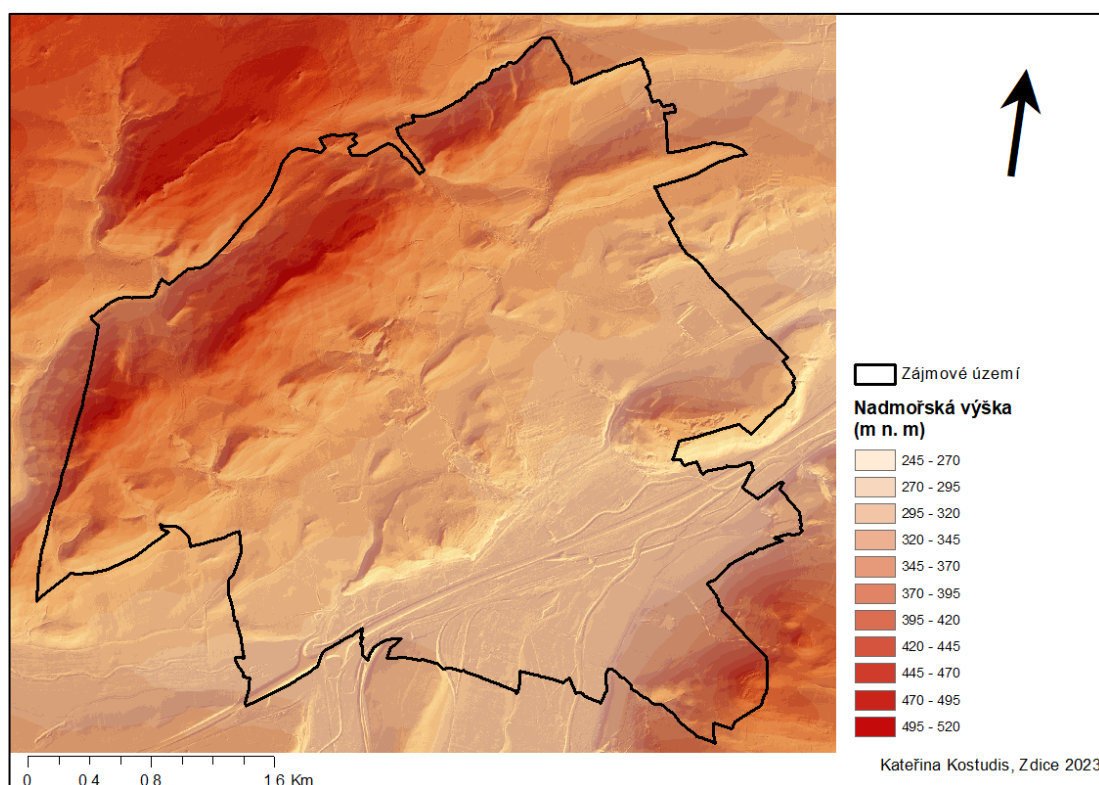
5.2 Digitální model terénu

Digitální model terénu České republiky 4. generace znázorňuje přirozený nebo lidskou činností upravený zemský povrch v digitálním tvaru ve formě výšek diskretních bodů, které tvoří pravidelnou síť 5 x 5 m. Body mají souřadnice X, Y, H, kde souřadnice H představuje nadmořskou výšku. Data, ze kterých vznikl digitální model terénu, vznikla v letech 2009 až 2019 metodou leteckého skenování výškopisu území České republiky (ČÚZK, ©2010).

Pro vytvoření digitálního modelu terénu (DMT) byla potřeba data 4. generace DMT, která byla zapůjčena od Českého zeměměřičského úřadu. Získaná data představovala devět souborů ve formátu .xyz, které pro použití v programu ArcGIS

musely být převedeny na formát .txt. Pro vložení textových dat do programu ArcGIS byla použita funkce *Table TO dBASE*, čímž vzniklo devět .dbf tabulek.

Následně byly .dbf tabulky jednotlivě nahrány přes funkci *Add XY data* a vytvořily tak bodovou vrstvu. Trojúhelníková nepravidelná síť, která vznikla za použití funkce *Create Tin*, byla následně funkcí *Tin to raster* převedena na rastr s velikostí jedné buňky 1 metr. Dále funkcí *Fill* byla z vytvořeného rastru odstraněna bezodtoká místa. Pomocí funkce *Hillshade* byl rastr převeden do 3D podoby (obrázek 26).



Obrázek 26: Digitální model terénu

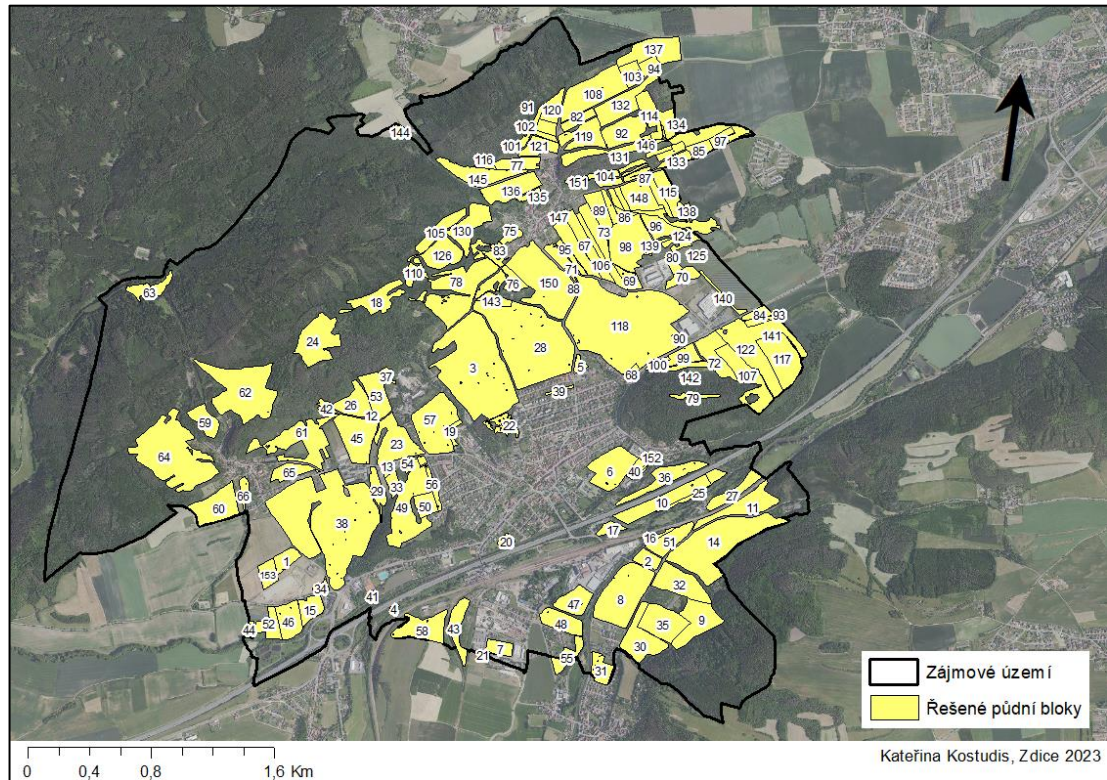
5.3 Řešené půdní bloky

V zájmovém území se nachází celkem 153 půdních bloků (obrázek 27), u kterých bude výpočtem rovnice USLE zjištěna ztráta půdy. Vybrané půdní bloky jsou zachyceny na obrázcích v příloze 3.

Na půdních blocích se nachází:

- orná půda – 65 půdních bloků;
- trvalý porost (na orné půdě) – 9 půdních bloků;
- trvalý travní porost – 76 půdních bloků;

- ovocný sad – 1 půdní blok;
- mimoprodukční plocha – 1 půdní blok;
- jiná trvalá kultura – 1 půdní blok.



Obrázek 27: Půdní bloky v zájmovém území

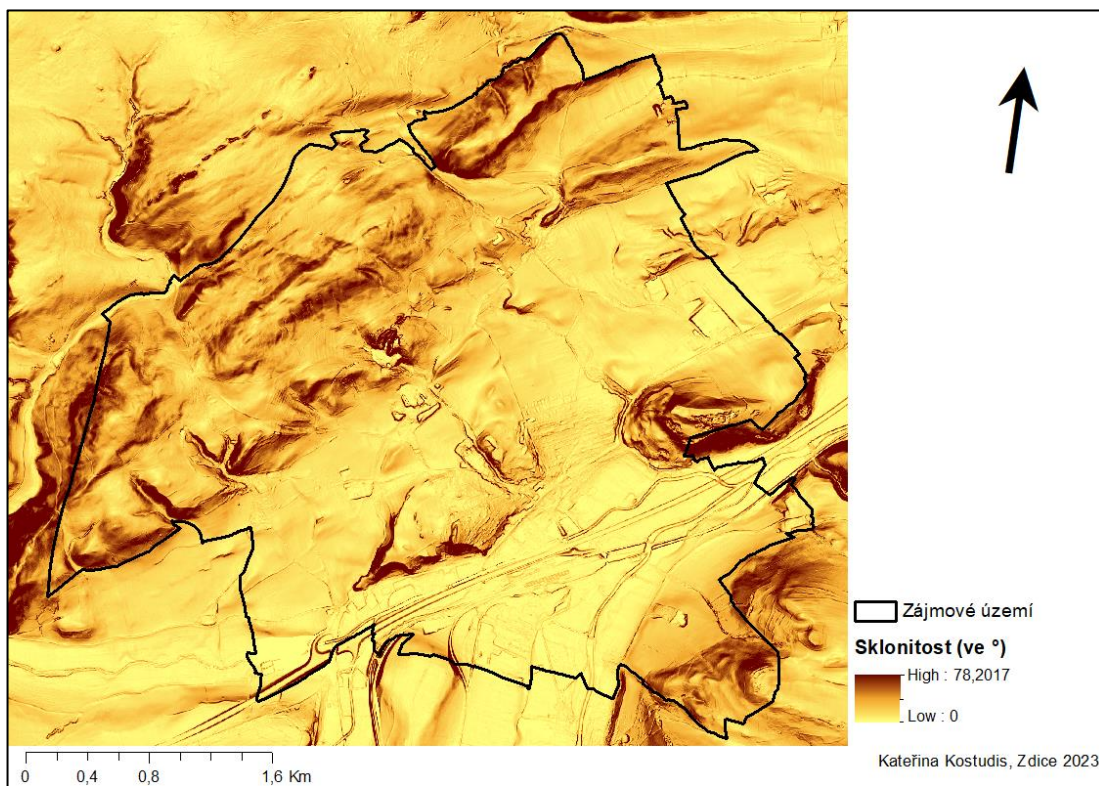
5.4 LS faktor

K vytvoření rastru znázorňujícího LS faktor bylo zapotřebí vytvořit rastrovou vrstvu sklonitosti, vrstvu směru povrchového odtoku a vrstvu akumulace povrchového odtoku.

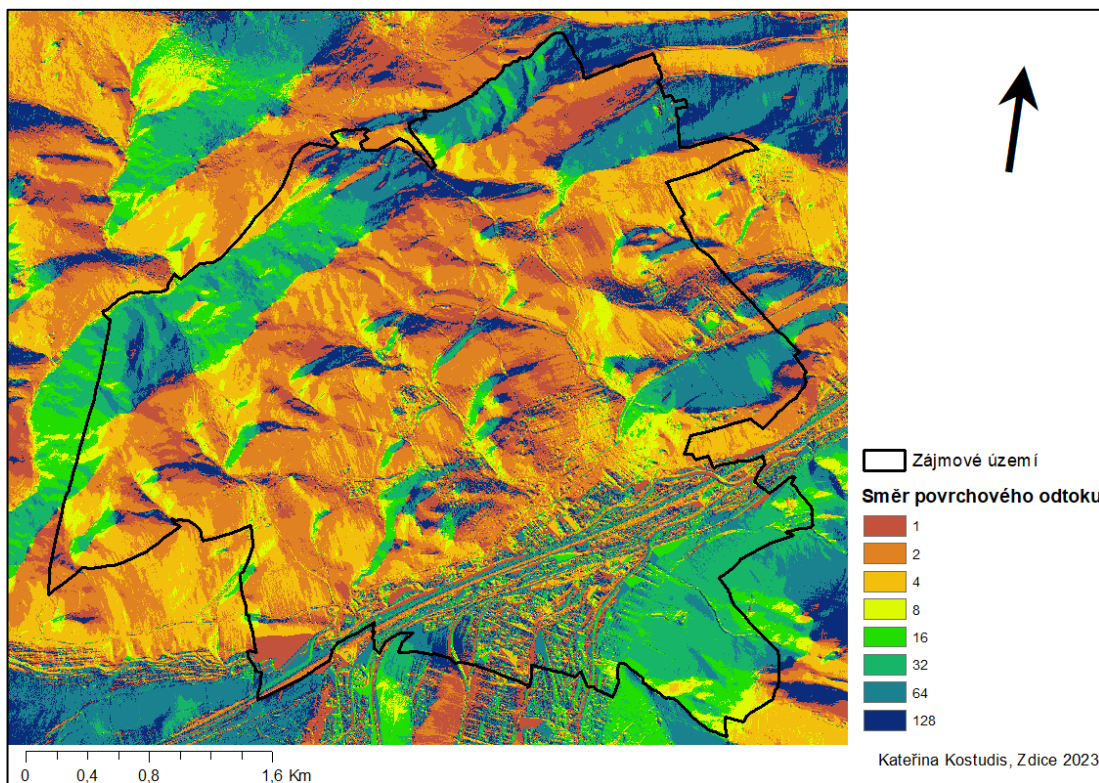
Vrstva sklonitosti terénu, která je znázorněna na obrázku 28, byla vytvořena pomocí funkce *Slope*, přičemž hodnoty této vrstvy byly nastaveny ve stupních, aby bylo možné dále tuto vrstvu použít při výpočtu LS faktoru. Vstupní vrstvou byla vrstva Digitálního modelu terénu.

Pro výpočet LS faktoru je důležité znát morfologické charakteristiky, proto byla dále vytvořena rastrová vrstva směru povrchového odtoku (obrázek 29). Tato vrstva vznikla z Digitálního modelu terénu za použití funkce *Flow direction*. Hodnoty této vrstvy znázorňují směr povrchového odtoku z každé buňky rastru.

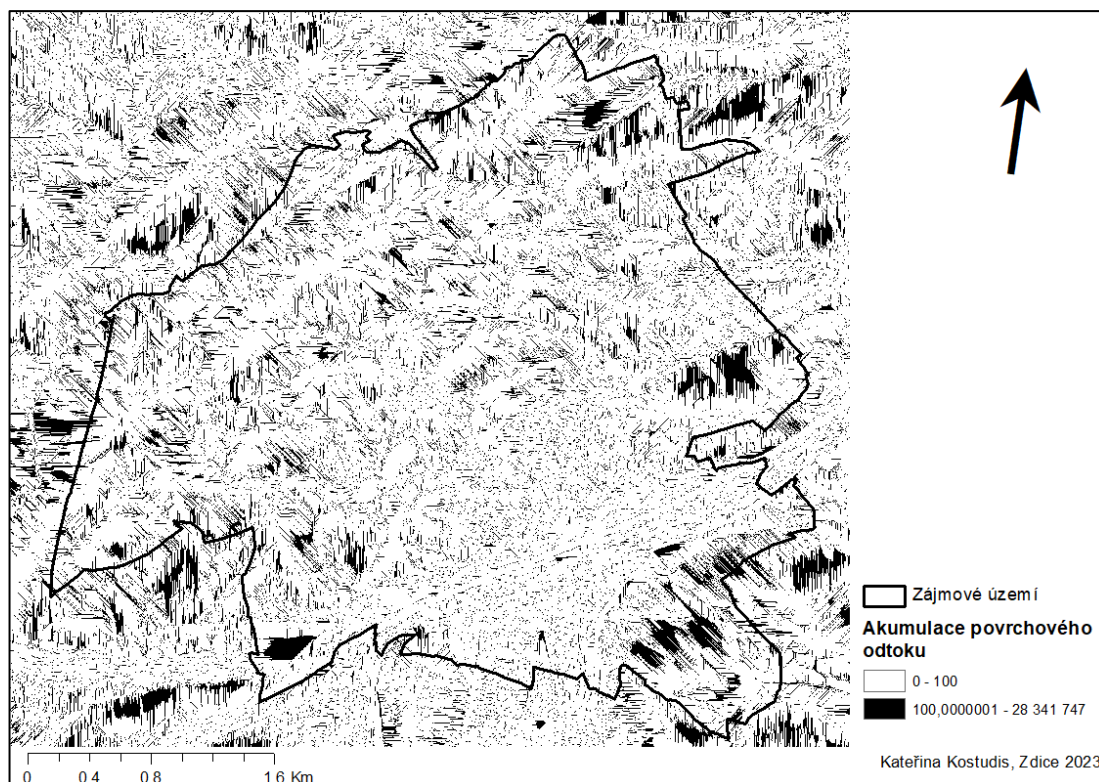
Použitím funkce *Flow accumulation* byla z rastrové vrstvy směru povrchového odtoku dále vytvořena rastrová vrstva akumulace povrchového odtoku. Hodnota buňky byla nastavena jako typ Integer. Rastr je znázorněn na obrázku 30.



Obrázek 28: Sklonitost



Obrázek 29: Směr povrchového odtoku



Obrázek 30: Akumulace povrchového odtoku

Po vytvoření rastrové vrstvy sklonitosti a rastrové vrstvy akumulace povrchového odtoku lze vypočítat LS faktor. Tyto vrstvy se přes funkci *Raster Calculator* dosadily do rovnice 9 dle Mitášové et al. (1996) a vznikla rastrová vrstva znázorňující LS faktor.

Vzorec dle Mitášové et al. (1996):

$$LS = \left(\frac{A}{22,13}\right)^m * \left(\frac{\sin(s)}{0,0896}\right)^n$$

Rovnice 9: Výpočet LS faktoru (Mitášová et al., 1996)

kde:

A – plocha;

s – sklon;

m, n – kalibrační koeficienty;

22,13 – délka standardního pozemku;

0,0896 – sklon standardního pozemku.

Použitý tvar rovnice v prostředí ArcGIS:

$\text{POWER}(\text{"flow_accumulation"}^{1/22.13,0.6}) * \text{POWER}(\text{Sin}(\text{"slope"}^{0.01745}) / 0.0896, 1.3) * 1.6$

kde:

flow_accumulation – rastrová vrstva akumulace povrchového odtoku;

slope – rastrová vrstva sklonitosti terénu;

1 – velikost buňky digitálního modelu terénu;

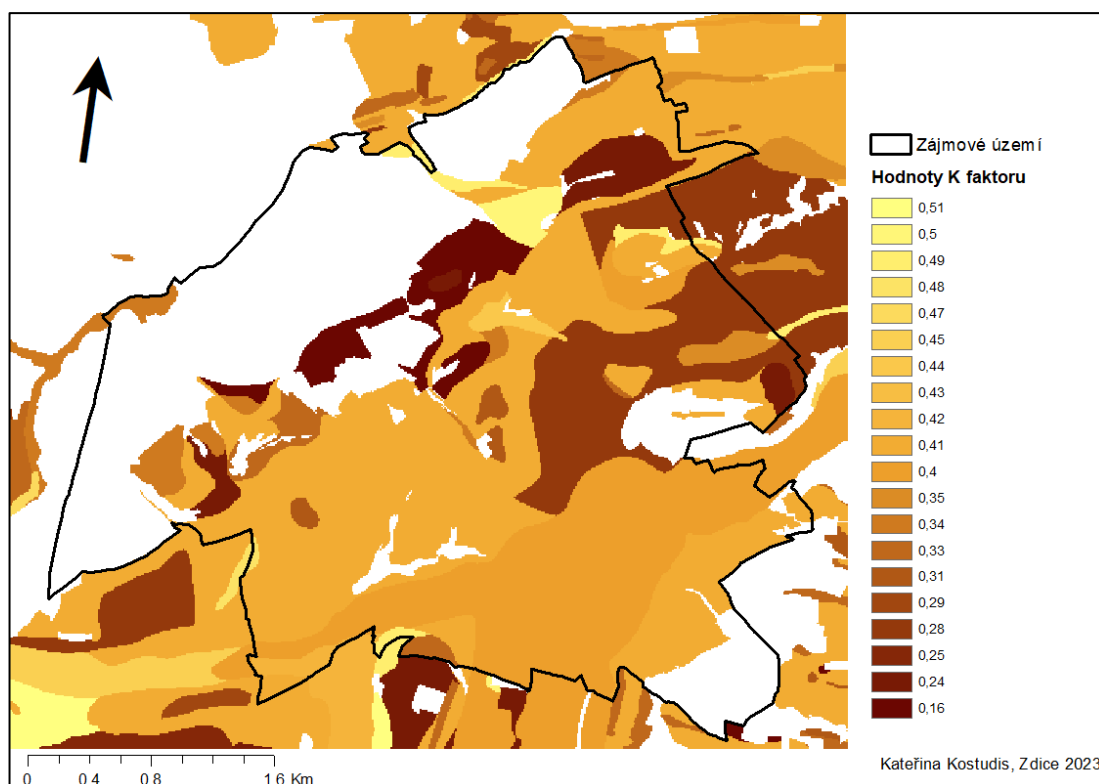
0.6; 1.3 – kalibrační koeficienty;

22.13 – velikost standardního pozemku;

0.0896 – sklon standardního pozemku.

5.5 K faktor

Hodnota K faktoru, která vyjadřuje erodovatelnost půdy, se určila z 2. a 3. čísla kódu BPEJ (tabulka 2). Do programu ArcGIS byla nahrána vrstva BPEJ, která byla následně pomocí funkce *Clip* oříznuta podle zájmového území. V atributové tabulce vrstvy BPEJ byly odstraněny všechny polygony s hodnotou 99, které představovaly lesní pozemky, vodní toky a zastavěná území. Do atributové tabulky byl přidán sloupec HPJ (hlavní půdní jednotka), do kterého se pomocí funkce *Field calculator* vyplnila kombinace 2. a 3. čísla kódu BPEJ. Následně byla v prostředí Microsoft Excel přepsána tabulka, kde byla každé HPJ přiřazena hodnota K faktoru. Tato tabulka byla převedena na textový dokument a vložena do programu ArcGIS, kde byla pomocí funkce *Join* propojena s atributovou tabulkou vrstvy BPEJ. Funkcí *Feature to raster* byla vytvořena rastrová vrstva K faktoru, která je znázorněna na obrázku 31.



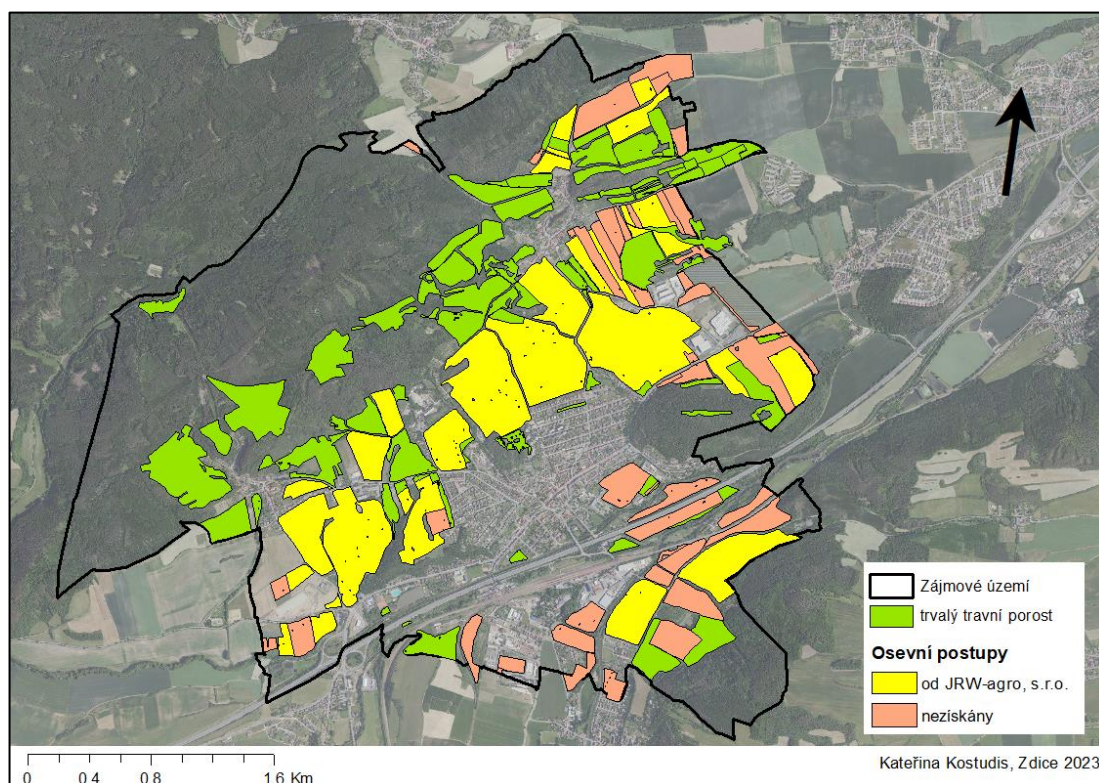
Obrázek 31: Faktor K

5.6 C faktor

Jelikož se nepodařilo ke všem půdním blokům získat osevnické postupy, byly hodnoty C faktoru stanoveny dvěma způsoby. Na obrázku 32 jsou znázorněny půdní bloky, ke kterým byly získány osevnické postupy od zemědělského družstva JRW-agro, s.r.o. a půdní bloky, ke kterým osevnické postupy získány nebyly.

Družstvo JRW-agro, s.r.o. poskytlo osevnické postupy za pětileté období celkem k 29 půdním blokům. Plodiny byly dle fenologických fází rozděleny do pěti období. Ke každému období byly přiřazeny hodnoty C faktoru dle tabulky 3. V tabulce 1 je uveden R faktor pro jednotlivé měsíce vegetačního období. Jelikož toto období netrvá vždy celý kalendářní měsíc, bylo nutné zjistit procentuální hodnotu R faktoru pro každý den v měsíci. Hodnota R dle tabulky 1 byla vydělena počtem dní v měsíci. Díky tomuto výpočtu byla získána hodnota $R_{den\%}$. Tato hodnota byla následně vynásobena počtem dní pěstebního období, výsledek byl vydělen 100 a získala se tak hodnota R_i , která se následně vynásobila s hodnotou C_i (dle tabulky 3), čímž vznikla hodnota C faktoru pro jednotlivé fenologické období. Průměrem těchto hodnot vyšel C faktor pro pěstované plodiny. Dále byl spočítán průměr C faktorů všech plodin pěstovaných za pět let na půdním bloku,

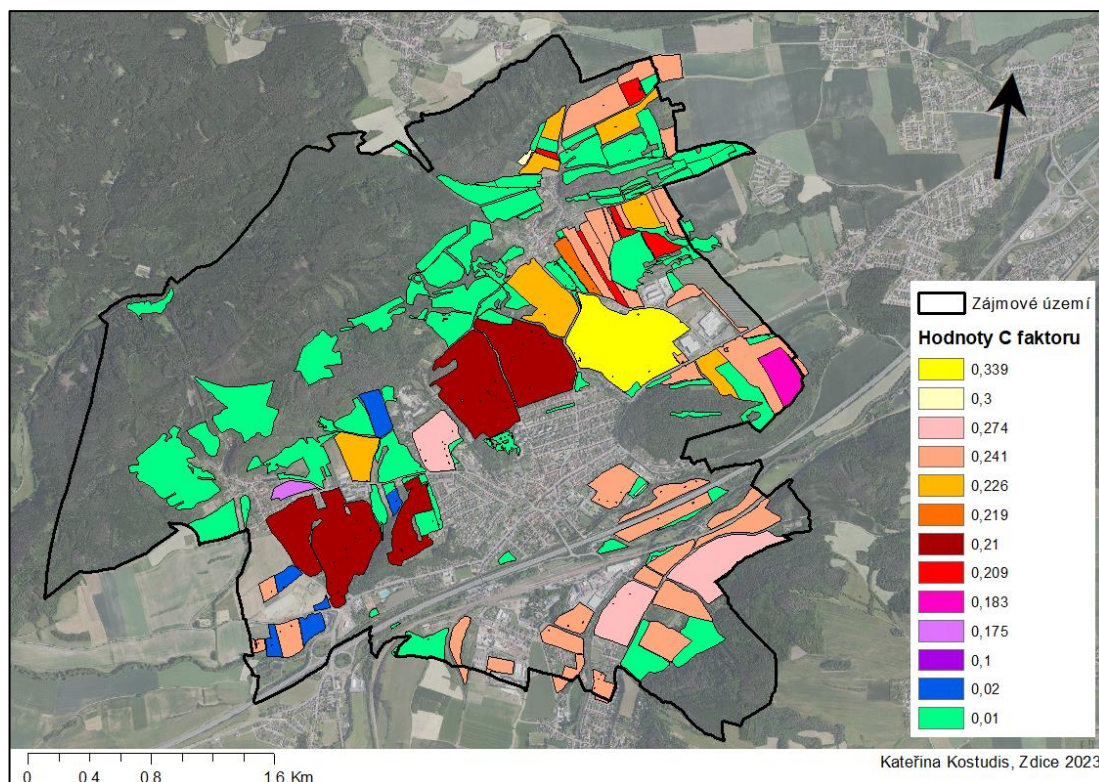
čímž se získal faktor C pro daný půdní blok. Příklad výpočtu C faktoru z dodaného osevního postupu je možné vidět v příloze 2.



Obrázek 32: Osevni postupy

U půdních bloků, kde se nepodařilo získat osevni postupy, byl faktor ochranného vlivu vegetace určen podle průměrné roční hodnoty C faktoru pro jednotlivé klimatické regiony za použití tabulky 5.

Výsledné C faktory byly zapsány do atributové tabulky vrstvy půdních bloků a následně přes funkci *Feature to raster* byla vytvořena vrstva hodnot C faktoru, která je znázorněna na obrázku 33.



Obrázek 33: Faktor C

5.7 P faktor

V diplomové práci nebylo bráno v potaz žádné protierozní opatření, z tohoto důvodu byla faktor P přiřazena hodnota 1.

5.8 R faktor

Hodnota faktoru erozní účinnosti deště byla stanovena dle metodiky Janečka et al. (2012), kde je pro celou Českou republiku stanovena průměrná roční hodnota $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$.

5.9 Výpočet rovnice USLE

Všechny vytvořené rastry jednotlivých faktorů byly dosazeny do Univerzální rovnice ztráty půdy za použití funkce *Raster Calculator* ve tvaru:

$$G = 40 * K * LS * C * 1$$

kde:

40 – hodnota faktoru erozní účinnosti deště;

K – rastrová vrstva faktoru erodovatelnosti půdy;

LS – rastrová vrstva topografického faktoru;

C – rastrová vrstva faktoru ochranného vlivu vegetace;

1 – hodnota faktoru účinnosti protierozních opatření.

Výpočtem rovnice USLE vznikl rastr průměrné ztráty půdy pro každou buňku. Pro získání průměrné ztráty půdy pro jednotlivé půdní bloky byla použita funkce *Zonal Statistic*. Jako vstupní parametr byla použita vrstva průměrné ztráty půdy pro každou buňku a dále polygonová vrstva půdních bloků. Vznikl rastr průměrné ztráty půdy v $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ pro každý půdní blok, jehož hodnoty byly klasifikovány do pěti tříd (0-4; 4-8; 8-16; 16-32; 32-40).

5.10 Maximální přípustná ztráta půdy

Pro posouzení zjištěných dat byl vytvořen rastr maximální přípustné ztráty půdy (Gp) pomocí funkce *Feature to rastr*. Rastr byl vytvořen podle 5. číslice kódu BPEJ.

5.11 Ohrožené lokality

Lokality ohrožené vodní erozí byly stanoveny funkcí *Minus*, kde se od sebe odečetl rastr průměrné ztráty půdy pro každý pozemek a rastr maximální přípustné ztráty půdy. Výsledný rastr byl dále klasifikován do šesti tříd (-4-0; 0-4; 4-8; 8-16; 16-32; 32-36).

5.12 Výpočet maximální přípustné hodnoty Cp

Dále byla vypočtena maximální přípustná hodnota C faktoru (Cp) pomocí funkce *Raster calculator*, kam byla dosazena rovnice 10 ve tvaru (Ministerstvo zemědělství, ©2017):

$$C_p = G_p / (R * K * L * S * P)$$

Rovnice 10: Výpočet Cp (Ministerstvo zemědělství, ©2017)

Výsledkem rovnice vznikla hodnota C faktoru, která vyjadřuje limit způsobu hospodaření na pozemku dle erozního ohrožení (Novotný et al., 2016). Pokud nebude tato hodnota překročena, nebude překročena ani ztráta půdy nad přípustnou mez.

5.13 Výpočet maximální přípustné délky svahu

Ke správnému návrhu technických protierozních opatření byla potřeba zjistit maximální délka svahu (l_p), kterou lze odvodit z rovnice USLE. Nejprve byl vypočten rovnicí 11 maximální přípustný faktor (L_p), který byl dále dosazen do rovnice 12, díky které byla vypočtena maximální přípustná délka svahu (l_p):

$$L_p = G_p/R * K * S * C * P$$

Rovnice 11: Výpočet maximálního přípustného faktoru L_p

$$l_p = 22,13 * \sqrt[m]{L_p}$$

Rovnice 12: Výpočet maximální přípustné délky svahu

kde:

G_p – maximální přípustná ztráta půdy;

R – faktor erozní účinnosti deště (40);

K – faktor erodovatelnosti půdy;

S – hodnota sklonu;

C – faktor vegetačního pokryvu;

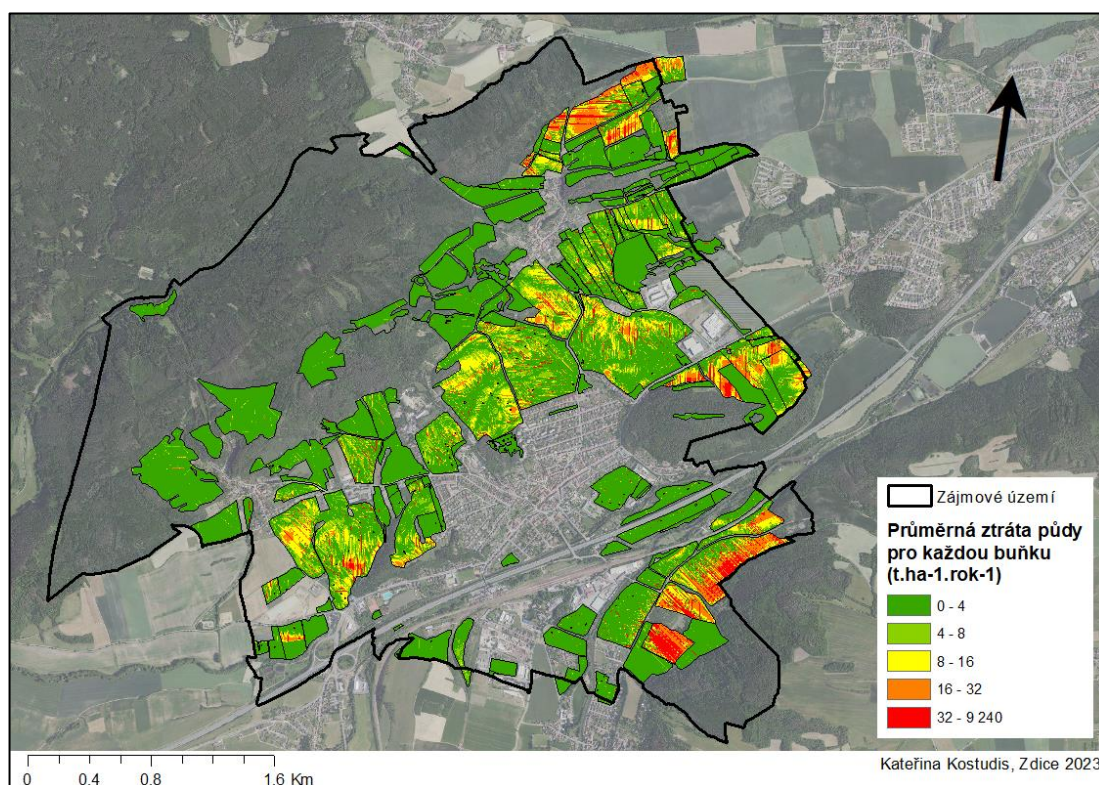
P – faktor protierozních opatření (1);

m – exponent délky svahu.

6. Výsledky

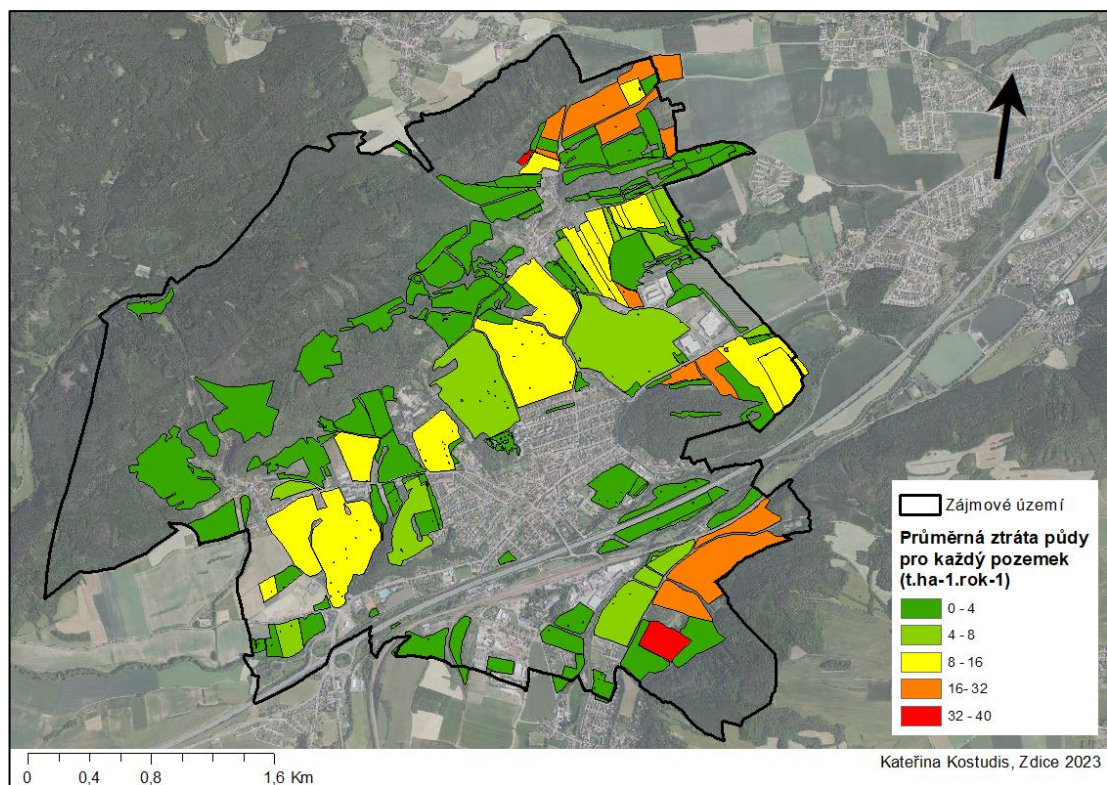
6.1 Vyhodnocení erozního ohrožení

Výpočtem rovnice USLE byl získán rastr znázorňující míru erozního ohrožení pro každou buňku (obrázek 34). Barevná škála od tmavě zelené po červenou ukazuje míru ztráty půdy pro každou buňku, kde tmavě zelená barva značí místa, která jsou minimálně erozně ohrožená a červená barva značí místa, která jsou nejvíce vystavena ohrožení v důsledku vodní eroze.



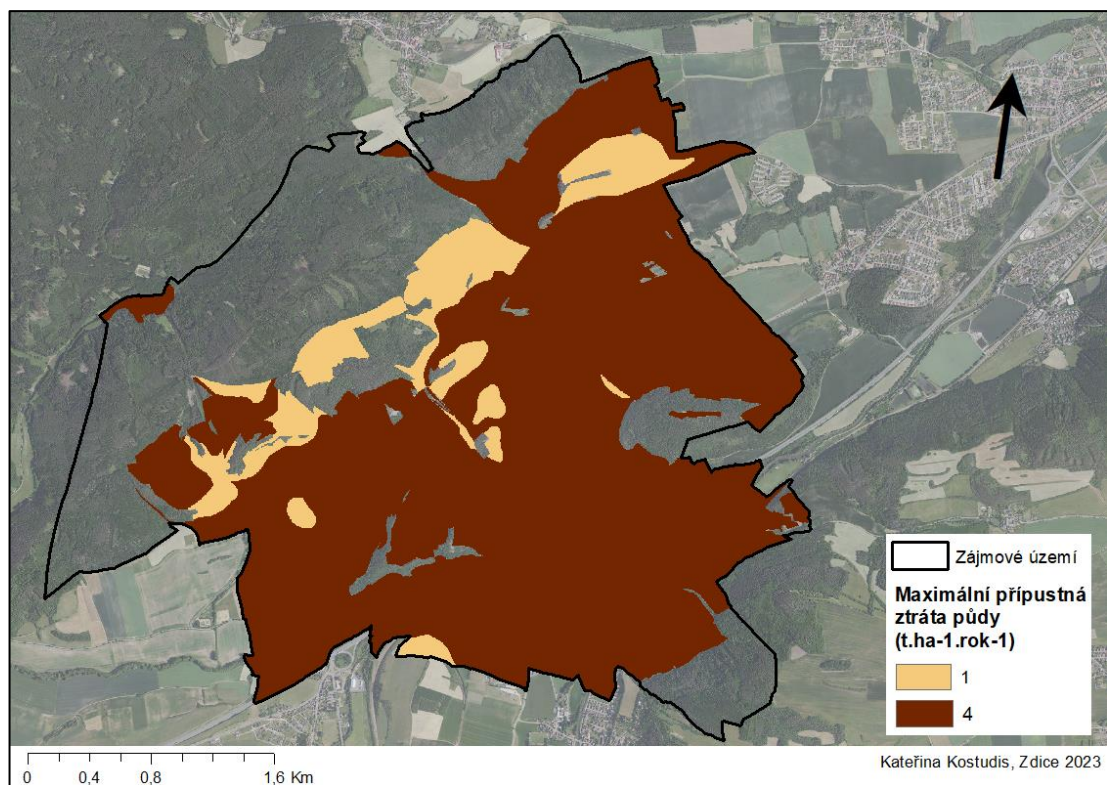
Obrázek 34: Průměrná ztráta půdy pro každou buňku

Dále byl vytvořen rastr průměrné ztráty půdy pro každý půdní blok (obrázek 35). Tento obrázek je také opatřen barevnou škálou od tmavě zelené po červenou, kde nejméně ohrožené jsou půdní bloky značené tmavě zelenou barvou a nejvíce ohrožené půdní bloky jsou značené barvou červenou.



Obrázek 35: Průměrná ztráta půdy pro každý pozemek

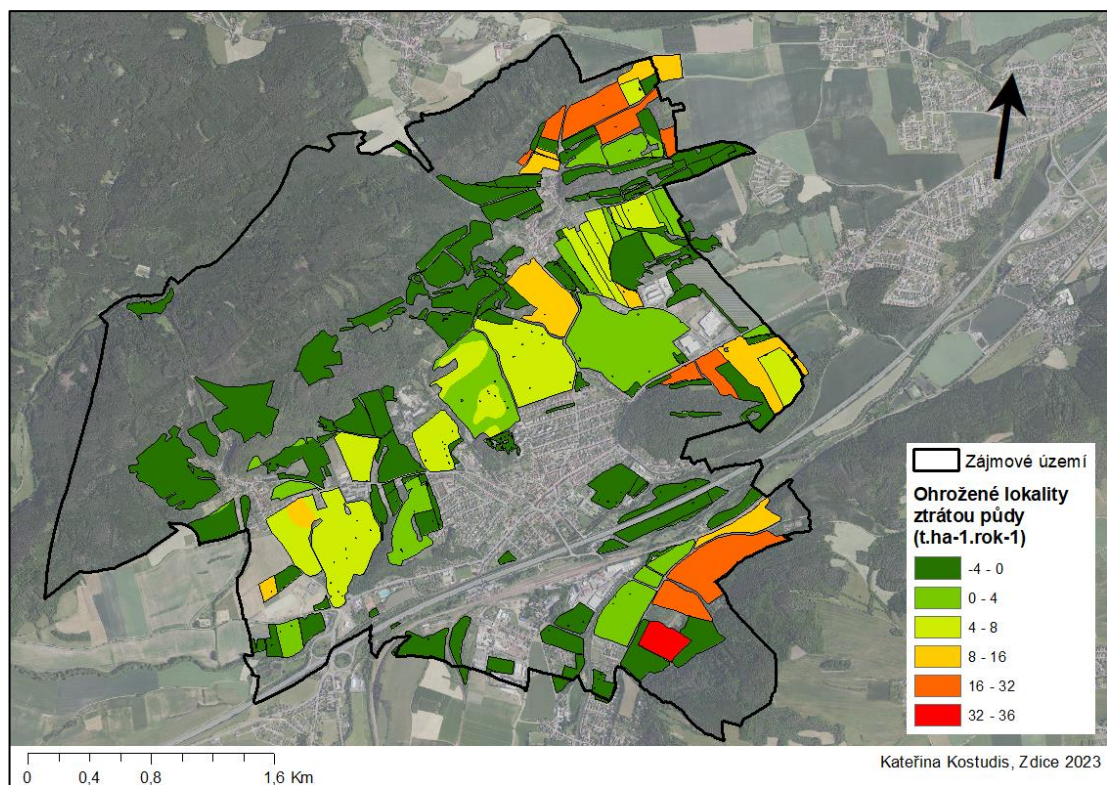
Ke zjištění ohrožených lokalit byl vytvořen rastr maximální přípustné ztráty půdy, který je znázorněn na obrázku 36. Z tohoto obrázku vyplývá, že se v zájmovém území vyskytují převážně půdy středně hluboké a hluboké, které jsou znázorněny tmavě hnědou barvou. U těchto půd je stanovena maximální přípustná ztráta půdy $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. V zájmovém území se nacházejí i půdy mělké, které jsou zde zastoupeny v menší míře. U mělkých půd je stanovena maximální přípustná ztráta půdy $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.



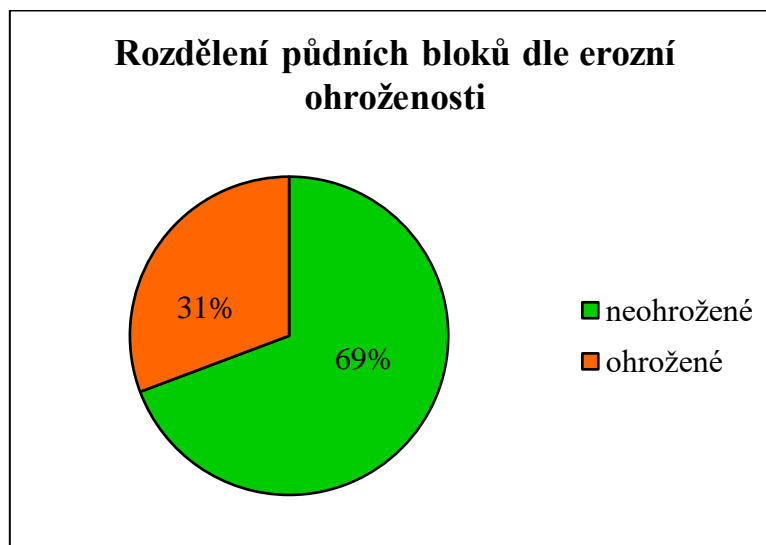
Obrázek 36: Maximální přípustná ztráta půdy

Rastr ohrožených lokalit se získal z rastru průměrné ztráty půdy pro každý pozemek, od kterého se odečetl rastr maximální přípustné ztráty půdy. Rastr je také opatřen barevnou škálou od tmavě zelené po červenou barvu. Z vytvořeného rastru ohrožených lokalit, který je znázorněn na obrázku 37, vyplývá, že půdní bloky značené tmavě zelenou barvou vyšly dle rovnice USLE jako erozně neohrožené a ostatní půdní bloky vyšly jako erozně ohrožené. Červeně a oranžově značené půdní bloky jsou ohroženy vodní erozí velmi silně.

V zájmovém území se nachází celkem 153 půdních bloků, z nichž erozně neohrožených vyšlo 106 půdních bloků a erozně ohrožených 47 půdních bloků. Procentuální rozdělení, z kterého vyplývá, že celkem 69 % půdních bloků není ohroženo vodní erozí a 31 % půdních bloků je ohroženo vodní erozí, je znázorněno na obrázku 38.



Obrázek 37: Ohrožené lokality

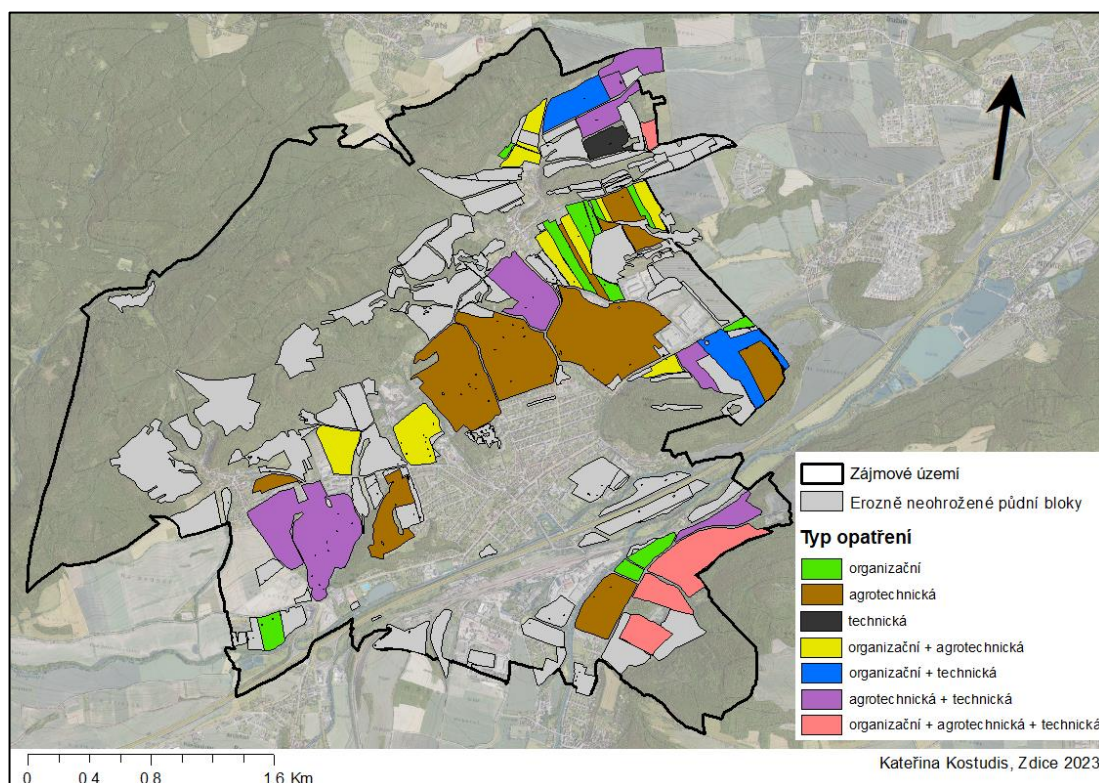


Obrázek 38: Rozdělení půdních bloků dle erozní ohroženosti

6.2 Návrh protierozních opatření

V zájmovém území bylo dle rovnice USLE zjištěno celkem 47 půdních bloků, kde byla překročena přípustná hodnota ztráty půdy, přičemž při terénním průzkumu bylo zjištěno, že půdní blok č. 153 se v zájmovém území již nenachází, neboť byl zničen při výstavě nové haly ve Zdicích. Pro snížení ztráty

půdy byla v zájmovém území navržena kombinace organizačních, agrotechnických a technických opatření (obrázek 39).



Obrázek 39: Navržená protierozní opatření v zájmovém území

Protierozní opatření byla navrhována od nejjednodušších po složitější, kdy byly zohledněny náklady a náročnost na provedení opatření. Na půdních blocích byla samostatně navržena organizační opatření na 12 půdních blocích, agrotechnická opatření na 10 půdních blocích a technická opatření na 1 půdním bloku. Ve vícero případech však byla protierozní opatření navrhována v kombinacích, aby se dosáhlo požadovaného snížení ztráty půdy. Kombinace organizačních a agrotechnických opatření byla použita na 10 půdních blocích, kombinace agrotechnických a technický opatření byla použita na 7 půdních blocích a kombinace organizačních a technických opatření na 2 půdních blocích. Kombinace všech tří typů opatření byla aplikována na 4 půdních blocích.

Bližší informace s uvedením ztráty půdy pro jednotlivé půdní bloky jsou uvedeny v tabulce 8, kde O značí organizační opatření, A – agrotechnická opatření, T – technická opatření, OA – kombinace organizačních a agrotechnických opatření, AT – kombinace agrotechnických a technických opatření, OT – kombinace

organizačních a technických opatření a OAT kombinace organizačních, agrotechnických a technických opatření.

Půdní blok č.	Ztráta půdy t·ha⁻¹·rok⁻¹	Typ opatření	Půdní blok č.	Ztráta půdy t·ha⁻¹·rok⁻¹	Typ opatření
8	4,58	A	87	7,97	O
2	4,61	O	115	5,55	OA
51	4,53	O	99	21,24	OA
35	39,42	OAT	72	20,74	AT
32	28,87	OAT	122	13,36	OT
14	27,5	OAT	117	8,31	A
11	19,42	AT	84	6,98	O
57	8,7	OA	101	35,7	O
3	6,26	A	121	12,63	OA
28	8,09	A	109	18,34	OA
150	12,52	AT	120	27,78	OA
118	6,9	A	108	26,28	OT
95	7,8	OA	103	11,55	AT
67	8,99	O	137	18,71	AT
106	8,61	A	132	25,02	AT
73	8,41	OA	92	1,1	T
69	18,7	O	134	20,41	OAT
89	9,54	O	46	4,83	O
86	4,58	O	65	6,16	A
96	6,53	A	38	10,85	AT
112	10,84	O	49	5,93	A
127	9,94	OA	45	8,01	OA
148	9,23	A	12	6,21	O

Tabulka 8: Ztráta půdy a navržená opatření u jednotlivých půdních bloků

6.2.1 Organizační a agrotechnická protierozní opatření

Organizační opatření, která byla v zájmovém území navržena, představovala změny osevních postupů, zatravnění půdních bloků a zatravněvací pásy.

Co se týče agrotechnických opatření, bylo na vybraných půdních blocích navrženo setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období, setí do mulče a bylo navrženo provádět orbu po směru vrstevnic, případně s malým odklonem.

Organizačním opatřením bylo ošetřeno 28 půdních bloků a agrotechnickým opatřením 30 půdních bloků. Těmito opatřeními byly ošetřeny půdní bloky,

kteře nedosahovaly vysoké ztráty půdy a dále půdní bloky, kde byla naopak vysoká ztráta půdy a bylo potřeba snížit ztrátu půdy kombinací vícero typů protierozních opatření. Cílem použití organizačních a agrotechnických opatření bylo snížení C faktoru, aby nebyla překročena ztráta půdy a půdní blok nebyl ohrožen vodní erozí. Pro tyto účely byla vypočtena maximální přípustná hodnota C faktoru (C_p).

V případě půdních bloků, kde byly k dispozici osevň postupy, byla ke snížení hodnoty C faktoru použita změna agrotechnických postupů, které spočívaly v setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Po přepočtu C faktoru bylo zjištěno, že z 26 půdních bloků bylo toto opatření u 16 půdních bloků dostačující (tabulka 9). U zbývajících půdních bloků muselo být použito další protierozní opatření.

Půdní blok č.	C_p	Nový faktor C	Dostatečná změna
14	0,04	0,135	NE
72	0,044	0,097	NE
117	0,091	0,087	ANO
121	0,072	0,097	NE
120	0,033	0,097	NE
109	0,046	0,092	NE
101	0,033	0,01	ANO
132	0,036	0,097	NE
103	0,072	0,092	NE
96	0,133	0,092	ANO
148	0,098	0,097	ANO
112	0,077	0,092	NE
118	0,198	0,16	ANO
150	0,072	0,097	NE
95	0,112	0,142	NE
106	0,099	0,092	ANO
8	0,238	0,135	ANO
28	0,108	0,094	ANO
49	0,141	0,094	ANO
38	0,077	0,094	NE
57	0,126	0,135	NE
3	0,118	0,094	ANO
65	0,114	0,088	ANO
45	0,113	0,097	ANO

Tabulka 9: Změna C faktoru

U půdních bloků, kde nebyl k dispozici osevň postup a hodnota ztráty půdy nebyla příliš vysoká, byl upraven C faktor tak, aby jeho hodnota nepřesahovala

maximální hodnotu přípustného C faktoru. Snížení hodnoty C faktoru se dosáhlo za předpokladu, že se na půdním bloku budou pěstovat protierozní plodiny a budou zde využity vhodné agrotechnické operace.

6.2.2 Technická protierozní opatření

Na 14 půdních blocích v zájmovém území byla použita technická protierozní opatření, která byla navržena zejména pro přerušení délky svahu. Tento typ protierozního opatření byl zvolen především u půdních bloků, kde nedošlo ke snížení ztráty půdy pod přípustný limit jednoduššími opatřeními, jako jsou organizační a agrotechnická opatření. Ke správnému návrhu technických protierozních opatření bylo nutné zjistit maximální délku svahu (l_p), aby bylo zřejmé, kolikrát je potřeba přerušit délku svahu u jednotlivých půdních bloků.

Dále byl využit rastr znázorňující hydrologické skupiny půd na jednotlivých půdních blocích (obrázek 21). Hydrologické skupiny půd sloužily jako podklad pro návrh vhodných opatření k infiltraci vody. V zájmovém území byly navrhovány retenční průlehy, které se umisťovaly jen na plochy, kde se vyskytuje hydrologická skupina půd B. Retenční průlehy byly navrhovány jako obdělávatelné, aby se nezmensila plocha pro hospodaření. Pro zasakování vody byl také zohledněn sklon svahu, který by neměl překročit 9 %. Dále byly na půdních blocích navrhovány odváděcí průlehy, které odváděly vodu buďto do recipientu přilehlého toku nebo zatravněné údolnice. Před vyústěním odvedené vody z půdního bloku do recipientu byly navrhovány sedimentační jímky, aby se zabránil odnos sedimentů a znečištění recipientu. Sedimentační jímky byly navrhovány jen v případě půdního bloku, kde byla vypočtena vysoká ztráta půdy a hrozilo tak zanešení recipientu velkým množstvím sedimentů. Pro přerušení délky svahu byly dále navrhovány protierozní meze kombinované se zatravněným pásem, který zvyšoval protierozní účinnost. Ke zpomalení povrchového odtoku z pozemků byly revitalizovány čtyři vodní toky a dále byly navrhovány tůňe a mokřady pro zadržení vody v krajině a zlepšení jakosti vody.

6.2.3 Aplikovaná opatření na jednotlivých půdních blocích

Půdní blok č. 8

Tento rovinatý půdní blok se ztrátou půdy $4,58 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ se řadí k méně ohroženým půdním blokům v zájmovém území. Půdní blok je znázorněn na obrázku

40. Bylo zde přistoupeno k agrotechnickému opatření, které představovalo setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Nová hodnota C faktoru tak vyšla 0,135 a nepřekračovala již vypočtenou maximální přípustnou hodnotu C faktoru 0,238.

Půdní blok č. 2

V tomto případě se jedná také o rovinatý půdní blok (obrázek 40) se ztrátou půdy $4,61 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Ke snížení C faktoru bylo použito organizační protierozní opatření spočívající v pěstování plodin, které budou splňovat ochranný faktor vegetace do 0,15, aby nebyla překročena maximální přípustná hodnota C faktoru 0,205.

Půdní blok č. 51

Vypočtená ztráta půdy dle rovnice USLE zde činila $4,53 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, tedy nedosahovala vysoké hodnoty. Za dostačující se zde jevílo použití organizačního protierozního opatření. V osevním plánu bylo navrženo pěstování úzkořádkových plodin, které budou mít hodnotu vegetačního pokryvu 0,15 a nepřekročí tak maximální přípustnou hodnotu C faktoru 0,212. Půdní blok je znázorněn na obrázku 40.

Půdní blok č. 35

Nejvíce ohrožený půdní blok v zájmovém území měl hodnotu průměrné ztráty půdy $39,42 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Byla zde vypočtena maximální délka svahu, ze které vplynulo, že svah se sklonem 14,17 % je potřeba v délce několikrát přerušit. Z důvodu velkého množství potřebných přerušení bylo nejprve přikročeno k optimalizaci osevního postupu v kombinaci s vhodnými agrotechnickými operacemi, které zajistí hodnotu C faktoru 0,1. V osevním postupu bylo vyloučeno pěstování širokořádkových plodin a bylo navrhnuo setí plodin do mulče s orbou ve směru vrstevnic. Po přepočtu maximální délky svahu již bylo potřeba přerušit svah pouze jedenkrát. V polovině svahu byla navržena protierozní mez PEO1, která byla doplněna o 5 m široký zatravněný pás. Toto opatření, které je možné vidět na obrázku 40, podpoří vsak srážkové vody a bude minimalizován povrchový odtok po svahu.

Půdní blok č. 32

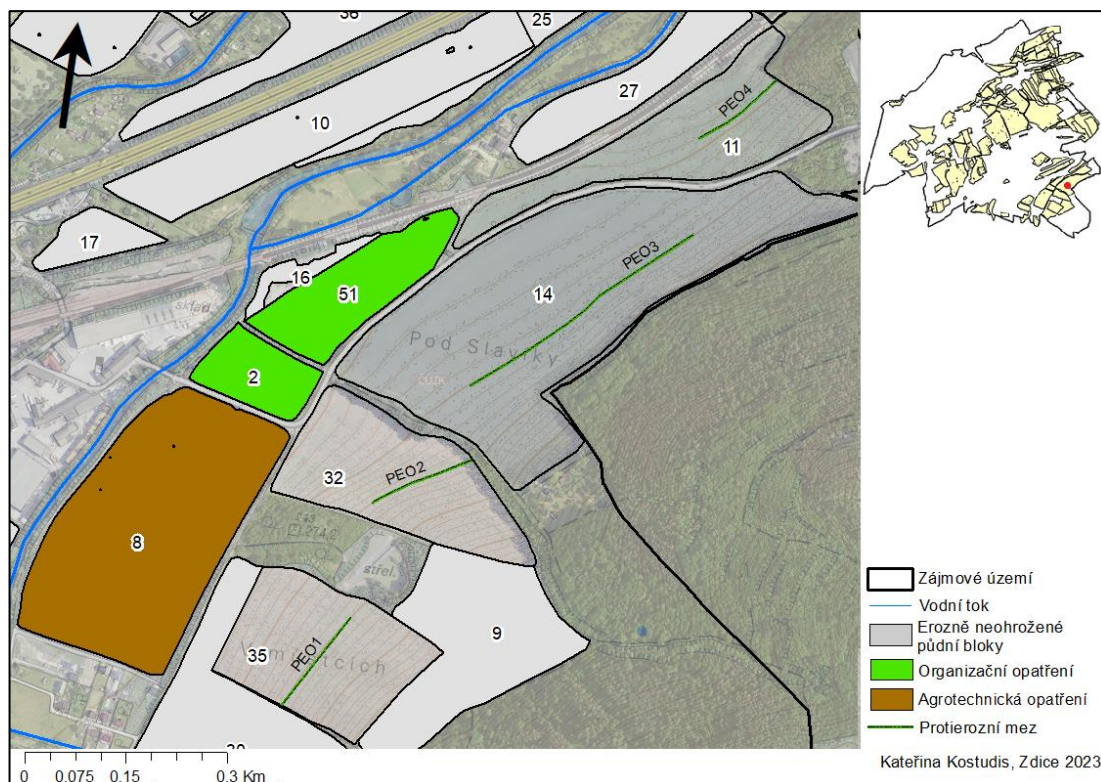
U tohoto půdního bloku bylo výpočtem zjištěno, že je velice silně erozně ohrožen se ztrátou půdy $28,87 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Řadí se tedy mezi tři nejvíce ohrožené půdní bloky v zájmovém území. Svah se sklonem 14,45 % zde několikrát překračuje maximální délku svahu. Nejprve bylo přistoupeno k organizačnímu a agrotechnickému protieroznímu opatření, které spočívalo ve změně C faktoru na hodnotu 0,05 a to za předpokladu, že se na půdním bloku budou pěstovat plodiny s vyšší erozní ochrannou funkcí, které budou sety do mulče s orbou ve směru vrstevnic, případně s malým odklonem. Za této situace bylo dostačující přerušit svah pouze jedenkrát, kdy byla navržena protierozní mez PEO2, která byla doplněna o 5 m široký zatravněný pás (obrázek 40).

Půdní blok č. 14

Další silně ohrožený půdní blok se ztrátou půdy $27,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ byl ošetřen kombinací organizačních, agrotechnických a technických protierozních opatření, aby ztráta půdy nepřesahovala hodnotu $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Byla navržena změna osevního postupu, do kterého byly zařazeny úzkořádkové plodiny, které budou sety do mulče s orbou ve směru vrstevnic. Za tohoto předpokladu má ochranný faktor vegetace hodnotu 0,08. Po změně C faktoru bylo výpočtem zjištěno, že se svah se sklonem 10,54 % musí v délce jedenkrát přerušit. Navržena byla protierozní mez PEO3, která byla zkombinována se zatravněným pásem s šířkou 5 m (obrázek 40).

Půdní blok č. 11

Dle výpočtu byla u tohoto půdního bloku zjištěna ztráta půdy $19,42 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Nejprve byla snížena hodnota C faktoru na hodnotu 0,15, které se docílilo návrhem agrotechnického protierozního opatření, které spočívalo v setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Na půdním bloku byla dále navržena protierozní mez PEO4 se zatravněným pásem o šířce 5 m (obrázek 40). Toto opatření bude sloužit k eliminaci povrchového odtoku a zejména k ochraně přilehlé železniční tratě.



Obrázek 40: PEO (protierozní opatření) aplikovaná na půdních blocích č. 8, 2, 51, 35, 32, 14, 11

Půdní blok č. 57

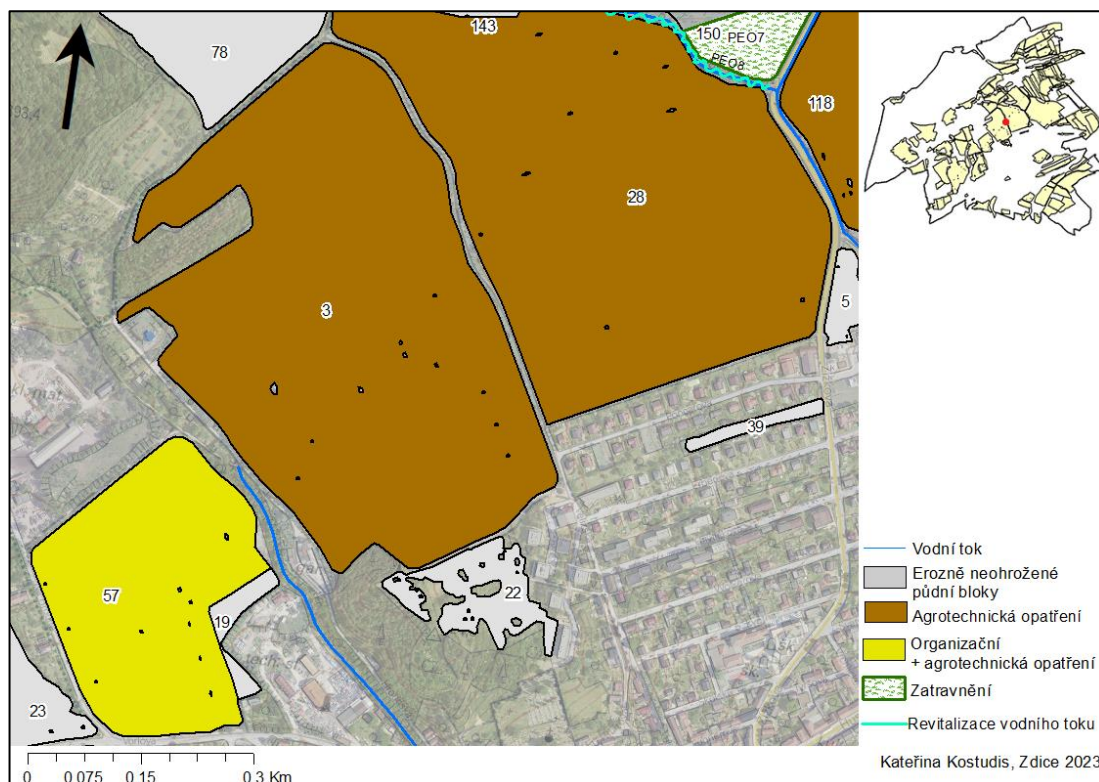
Průměrná ztráta půdy zde vyšla $8,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Jelikož nemá tento půdní blok, znázorněný na obrázku 41, vysokou svažitost a jeho délka svahu nepřevyšuje vypočtenou maximální délku svahu, bylo přistoupeno nejprve k agrotechnickému protieroznímu opatření, které zahrnovalo setí plodin do strniště s ponecháním podrcené slámy ve strništi. Tento postup však nestačil ke snížení ztráty půdy, proto byl změněn i osevní plán, kde bylo vyloučeno pěstování širokořádkových plodin (v tomto případě kukuřice) a pěstování pouze úzkořádkových plodin, které mají vyšší erozní ochranu. Za tohoto předpokladu hodnota C faktoru vyšla 0,093 a nepřevyšovala již maximální přípustnou hodnotu C faktoru 0,126.

Půdní blok č. 3

Maximální přípustná hodnota C faktoru u tohoto půdního bloku (obrázek 41), který má ztrátu půdy $6,26 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, vyšla 0,118. Ochrana půdního bloku byla realizována formou agrotechnických protierozních opatření spočívající v setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Výsledná hodnota C faktoru po změně agrotechnických postupů vyšla 0,094.

Půdní blok č. 28

U tohoto půdního bloku (obrázek 41) se ztrátou půdy $8,09 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ bylo přistoupeno k agrotechnickému opatření, které představovalo setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Byl vypočten nový C faktor 0,094, který již nepřesahoval maximální přípustnou hodnotu C faktoru 0,108.

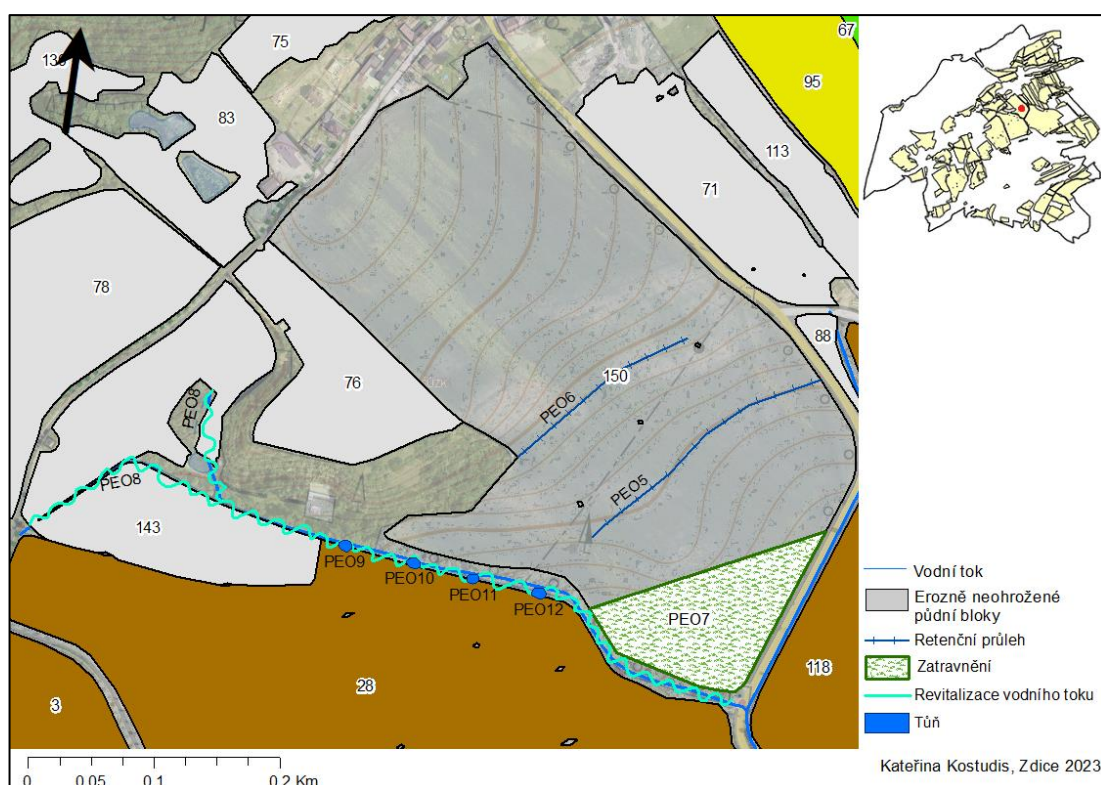


Obrázek 41: PEO aplikovaná na půdních blocích č. 57, 3, 28

Půdní blok č. 150

Ztráta půdy dle rovnice USLE u půdního bloku, kde bylo z terénního šetření zjištěno, že na území se již nachází jeden protierozní prvek – remízek, vyšla $12,52 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Ke snížení C faktoru bylo navrženo setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Po přepočtení vyšel C faktor 0,097. Dále byl použit výpočet maximální délky svahu, ze kterého vyplynulo, že k ochraně před vodní erozí je nutné svah se sklonem 8,1 % v jeho délce několikrát přerušit. Na půdním bloku v místech hydrologické skupiny B byly navrženy dva retenční průlehy PEO5 a PEO6, přičemž retenční průlehy PEO6 byl napojen na remízek, který byl zjištěn na půdním bloku při terénním průzkumu. Retenční průlehy zachytí přebytečnou vodu a infiltrují ji, čímž zamezí povrchovému odtoku po svahu. Dolní část svahu byla ošetřena zatravněným pásem PEO7 širokým 35 m. V místech

bezejmenného toku, který teče v blízkosti půdního bloku, bylo zjištěno, že se zde nachází meliorace, která byla vytvořena za účelem odvodnění území. Tato meliorační stavba zde byla vybudována v roce 1984 a je znázorněna na obrázku 25. Bylo proto navrženo přerušení meliorace s revitalizací bezejmenného toku PEO8, který dále ústí do Červeného potoka. Přerušení meliorace bude dále řešeno v dalších stupních projektové dokumentace. Revitalizace vodního toku představuje rozvolnění trasy koryta a pro zlepšení jakosti vody zde byla navrhována kaskáda tůní PEO9, PEO10, PEO11 a PEO12. Tato opatření, která jsou znázorněna na obrázku 42, vrátí vodu do krajiny a zároveň zpomalí odtok vody z území.



Obrázek 42: PEO aplikovaná na půdním bloku č. 150

Půdní blok č. 118

Tento půdní blok (obrázek 43) se ztrátou půdy $6,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ byl řešen vhodným agrotechnickým opatřením, aby se snížila hodnota C faktoru a nepřekračovala tak maximální přípustnou hodnotu C faktoru 0,198. Bylo navrženo setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Po přepočtení vyšla hodnota C faktoru 0,16. Při terénním průzkumu bylo zjištěno, že se na půdním bloku v části hydrologické skupiny B již nachází dva remízky, které plní protierozní funkci.

Půdní blok č. 95

Hodnota průměrné ztráty půdy u tohoto půdního bloku (obrázek 43) dle rovnice USLE vyšla $7,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Dalším výpočtem byla stanovena maximální přípustná hodnota C faktoru 0,112, na kterou je potřeba snížit stávající C faktor, aby půdní blok nebyl ohrožen ztrátou půdy. Navrhnutá optimalizace agrotechnických postupů, která zahrnovala setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období, ztrátu půdy dostatečně nesnížila. Bylo tedy přistoupeno také ke změně osevního postupu, kde bylo vyloučeno pěstování širokořádkových plodin (v tomto případě brambor) a do osevního postupu se zařadily pouze plodiny úzkořádkové. Tento postup snížil C faktor na hodnotu 0,094, která již nepřesahovala maximální přípustný C faktor.

Půdní blok č. 67

Dle výpočtu byla u tohoto půdního bloku (obrázek 43) stanovena ztráta půdy $8,99 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Půdní blok byl ošetřen organizačním opatřením spočívajícím ve změně osevního postupu, kde bylo navrženo pěstovat pouze úzkořádkové plodiny, které zajistí vegetační pokryv s hodnotou 0,09 a nebude tak překročena maximální přípustná hodnota C faktoru 0,107.

Půdní blok č. 106

U tohoto půdního bloku (obrázek 43) se ztrátou půdy $8,61 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ byla vypočtena maximální přípustná hodnota C faktoru 0,099. Aby C faktor klesl pod požadovaný limit, byl zvolen návrh vhodných agrotechnických opatření, který spočíval v setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Po přepočtu nová hodnota C faktoru vyšla 0,092 a poskytovala dostatečný vegetační pokryv pro ochranu před vodní erozí.

Půdní blok č. 73

Půdní blok se ztrátou půdy $8,41 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ byl ošetřen organizačním protierozním opatřením v kombinaci s agrotechnickým opatřením. Tato opatření snížila výsledný C faktor pod hodnotu maximální přípustné hodnoty C faktoru na hodnotu 0,1. Navrženo bylo použití v osevním postupu plodiny s vyšší erozní ochrannou funkcí, které budou sety do mulče. Agrotechnické operace byly doporučeny provádět ve směru vrstevnic, případně s malým odklonem. Půdní blok je vidět na obrázku 43.

Půdní blok č. 69

Výměra tohoto půdního bloku je pouze 1,38 ha a dle výpočtu USLE zde vyšla ztráta půdy velmi vysoká - $18,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Z terénního průzkumu bylo zjištěno, že pod svahem se v těsné blízkosti nachází budovy firmy AGP Beroun-agropodnik, a. s. Z tohoto důvodu bylo navrženo zatravnění celého půdního bloku PEO13 znázorněné na obrázku 43.

Půdní blok č. 89

Průměrná ztráta půdy zde vyšla $9,54 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. K ochraně před vodní erozí bylo využito organizační opatření, kdy v osevním postupu bylo doporučeno zařazení vojtěšky, aby se C faktor rovnal hodnotě 0,08 a nepřekračoval tak maximální přípustný C faktor 0,1. Tento půdní blok je znázorněn na obrázku 43.

Půdní blok č. 86

Zde vyšla v porovnání s ostatními půdními bloky nízká ztráta půdy - $4,58 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Dostačující bylo na tomto půdním bloku (obrázek 43) navrhnout organizační opatření představující pěstování úzkořádkových plodin, které poskytnou vegetační pokryv s hodnotou C faktoru 0,19, který bude postačovat ke snížení ztráty půdy pod požadovaný limit.

Půdní blok č. 96

Maximální přípustná hodnota C faktoru u tohoto půdního bloku (obrázek 43) se ztrátou půdy $6,53 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ vyšla 0,132. Navrženo bylo vhodné agrotechnické protierozní opatření, které představovalo setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Po přepočtení vyšel nový C faktor 0,092, dostačující ke snížení ztráty půdy nepřesahující hodnotu $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Půdní blok č. 112

Jeden z nejmenších půdních bloků v zájmovém území s rozlohou 0,58 ha má dle výpočtu rovnice USLE ztrátu půdy $10,84 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Bylo zde navrženo pěstování plodin, jejichž vegetační pokryv nepřekročí maximální přípustný C faktor 0,077. Při stávajícím osevním postupu a změně agrotechnických operací C faktor neklesl na požadovanou hodnotu. Bylo tedy navrženo pěstování vojtěšky, jejíž vegetační pokryv s hodnotou C faktoru 0,02 bude dostatečně chránit půdní blok před ztrátou půdy. Na obrázku 43 je tento půdní blok znázorněn.

Půdní blok č. 127

V tomto případě hodnota ztráty půdy vyšla $9,94 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Aby klesla ztráta půdy na tomto půdním bloku (obrázek 43), bylo využito snížení C faktoru na hodnotu 0,09, která nepřekračuje hodnotu maximálního přípustného C faktoru 0,097. Snížení bylo docíleno změnou osevního postupu, kde byly vyloučeny širokořádkové plodiny a bylo navrženo setí do mulče s orbou ve směru vrstevnic.

Půdní blok č. 148

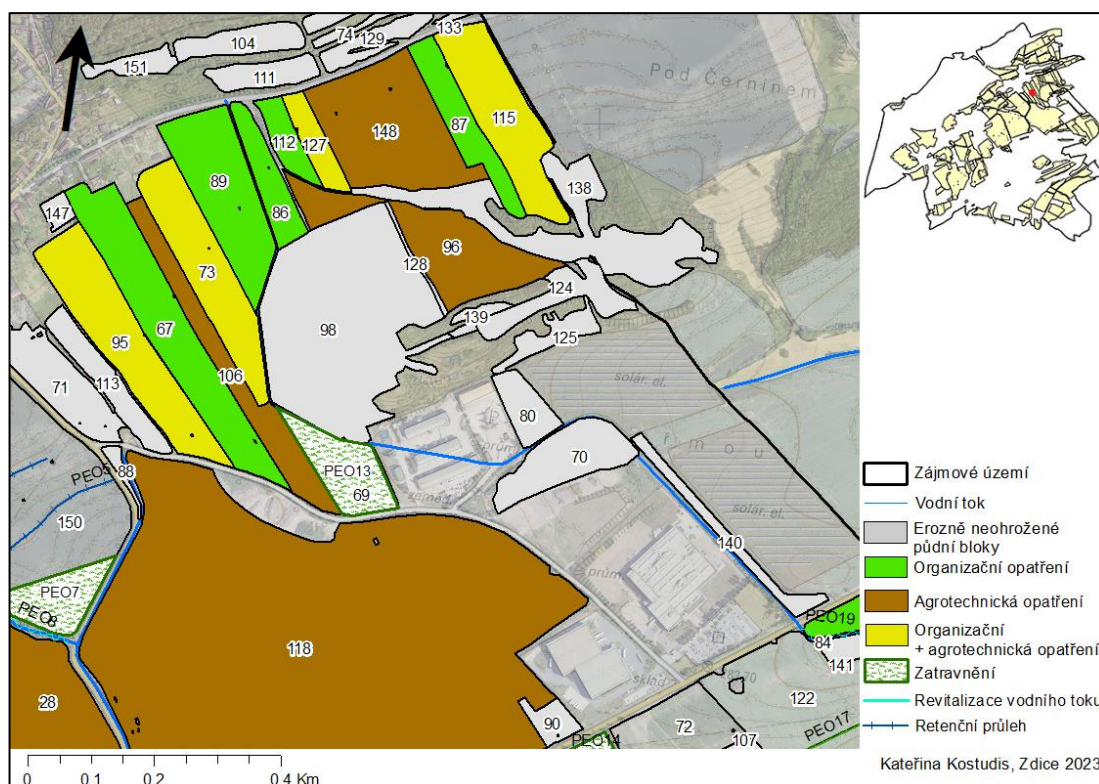
Osevní postup u tohoto půdního bloku (obrázek 43) byl potřeba doplnit o vhodné agrotechnické operace, aby se snížila ztráta půdy, která zde vyšla $9,23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Po návrhu agrotechnického protierozního opatření, které představovalo setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období, vyšel C faktor 0,097 a nepřekračoval již hodnotu maximálního přípustného C faktoru 0,098.

Půdní blok č. 87

Ztráta půdy v tomto případě představovala hodnotu $7,97 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, bylo tedy potřeba navrhnout protierozní opatření, aby ztráta půdy nepřekročila limit $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Zvoleno bylo organizační opatření spočívající v pěstování plodin s vyšší erozní ochrannou funkcí, aby se dosáhlo C faktoru s hodnotou 0,1. Půdní blok lze vidět na obrázku 43.

Půdní blok č. 115

U tohoto půdního bloku (obrázek 43) se ztrátou půdy $5,55 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ bylo navrženo pěstování úzkořádkových plodin a plodin širokořádkových jen za předpokladu, že budou sety do ochranné plodiny. Tato opatření sníží C faktor na hodnotu 0,16 a nebude tak překročen maximální přípustný C faktor 0,174.



Obrázek 43: PEO aplikovaná na půdních blocích č. 118, 95, 67, 106, 73, 69, 89, 86, 96, 112, 127, 148, 87, 115

Půdní blok č. 99

Z informací od občanů Zdic vyplynulo, že u tohoto půdního bloku po dešťových srážkách voda spolu s orníci stéká na cestu pro chodce, která se nachází pod tímto půdním blokem. Erozní ohroženost byla potvrzena také výpočtem ztráty půdy, která zde vyšla velmi vysoká - $21,24 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Z důvodu vysoké ztráty půdy zde bylo doporučeno do osevního postupu zařadit jeteloviny a vyloučit širokořádkové plodiny. Plodiny budou sety do mulče s orbou po směru vrstevnic, aby se C faktor snížil na hodnotu 0,04. Dále bylo navrženo půdní blok v dolní části svahu ošetřit 30 m širokým zatravněným pásem PEO14 (obrázek 44).

Půdní blok č. 72

Tento půdní blok sousedí s půdním blokem č. 99, který byl řešen výše. I zde vyšla vysoká ztráta půdy $20,74 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, která byla potvrzena z informací od místních občanů. Navrženo zde bylo agrotechnické obdělávání půdy představující setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Po přepočtení vyšla hodnota C faktoru 0,097. Pro přerušení délky svahu zde byly navrženy dvě protierozní meze PEO15 a PEO16, které byly doplněny o zatravněný pás široký 5 m (obrázek 44).

Půdní blok č. 122

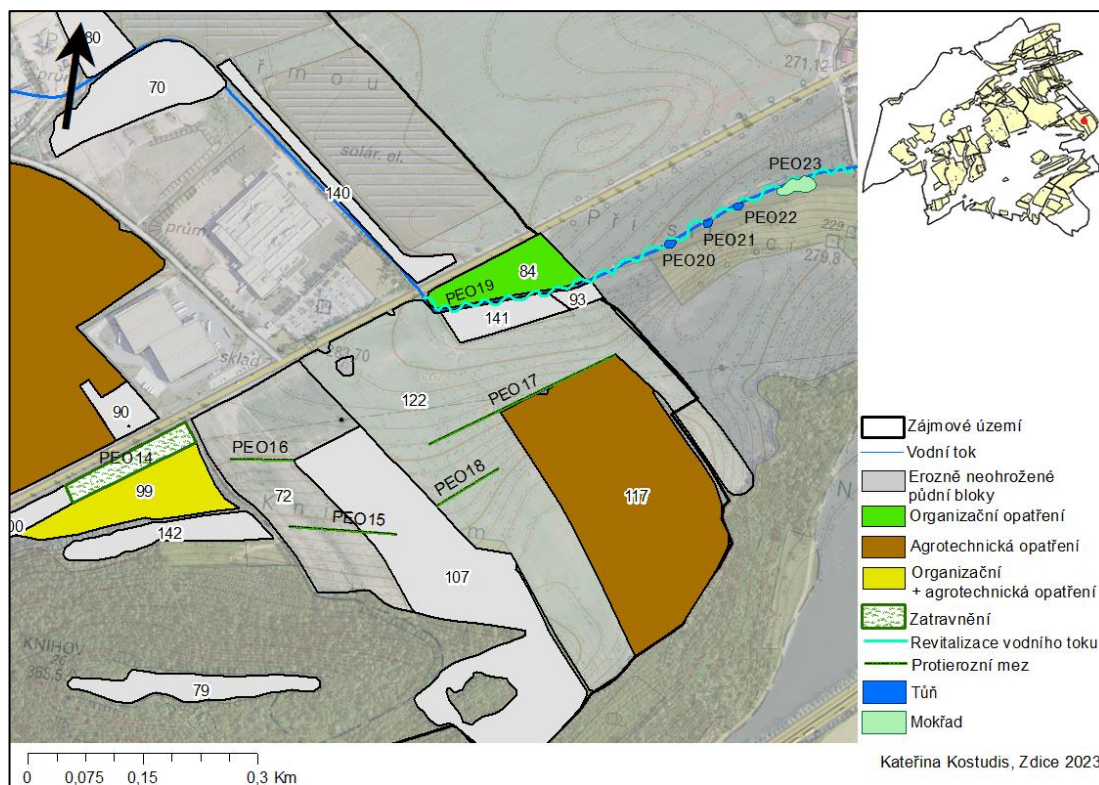
Průměrná ztráta půdy u tohoto půdního bloku dosahuje hodnoty $13,36 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Nejprve byl upraven osevňovací postup, kam byly zařazeny takové plodiny, které zajistí hodnotu C faktoru 0,1. Dle výpočtu maximální délky svahu vyplynulo, že svah se sklonem 9,32 % musí být v délce dvakrát přerušen. Na půdním bloku byly navrženy dvě protierozní meze PEO17 a PEO18, které byly doplněny zatravněným pásem o šířce 5 m. V blízkosti půdního bloku se nachází napřímený bezejmenný tok ústící do řeky Litavky, u kterého byla navržena revitalizace PEO19. Výsledkem revitalizace bude rozvolnění trasy koryta a zpomalení odtoku vody z území. Na vodním toku byla navržena kaskáda tůní PEO20, PEO21 a PEO22 a mokřad PEO23 (obrázek 44). Tato opatření zajistí zlepšení jakosti vody a podpoří v místě biologickou rozmanitost.

Půdní blok č. 117

Dle výpočtu rovnice USLE vyšla u tohoto půdního bloku (obrázek 44) ztráta půdy $8,31 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Hodnota C faktoru 0,183 zde přesahovala vypočtený maximální přípustný C faktor 0,091. Bylo tedy nejprve přistoupeno ke snížení stávajícího C faktoru změnou agrotechnických operací, a to setím plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Za tohoto předpokladu byl C faktor snížen na hodnotu 0,087 a postačoval tak k tomu, aby ztráta půdy nepřesahovala hodnotu $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Půdní blok č. 84

Půdní blok se ztrátou půdy $6,98 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ a sklonem 8,35 % byl ošetřen organizačním opatřením ve formě změny osevňovacího postupu tak, aby plodiny, které se zde budou pěstovat, měly hodnotu vegetačního pokryvu 0,12, tedy menší než maximální přípustný C faktor, který byl v tomto případě vypočten na hodnotu 0,142. Tento půdní blok je znázorněn na obrázku 44.



Obrázek 44: PEO aplikovaná na půdních blocích č. 99, 72, 122, 117, 84

Půdní blok č. 101

Při terénním průzkumu bylo zjištěno, že na půdním bloku, který je ve LPISu veden jako jiná trvalá kultura, se nachází sad s ovocnými stromy ve velkém svahu veden jako jiná trvalá kultura, se nachází sad s ovocnými stromy ve velkém svahu se sklonem 18,71 %. Vzhledem k tomu, že se tento půdní blok rozprostírá na rozloze pouze 0,45 ha a jeho ztráta půdy je druhá nejvyšší v zájmovém území – $35,70 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, bylo navrženo jeho zatravnění PEO24 (obrázek 45). Faktor C se změnil na hodnotu 0,01 a ztráta půdy tímto klesla a nepřekračovala již limit $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Půdní blok č. 121

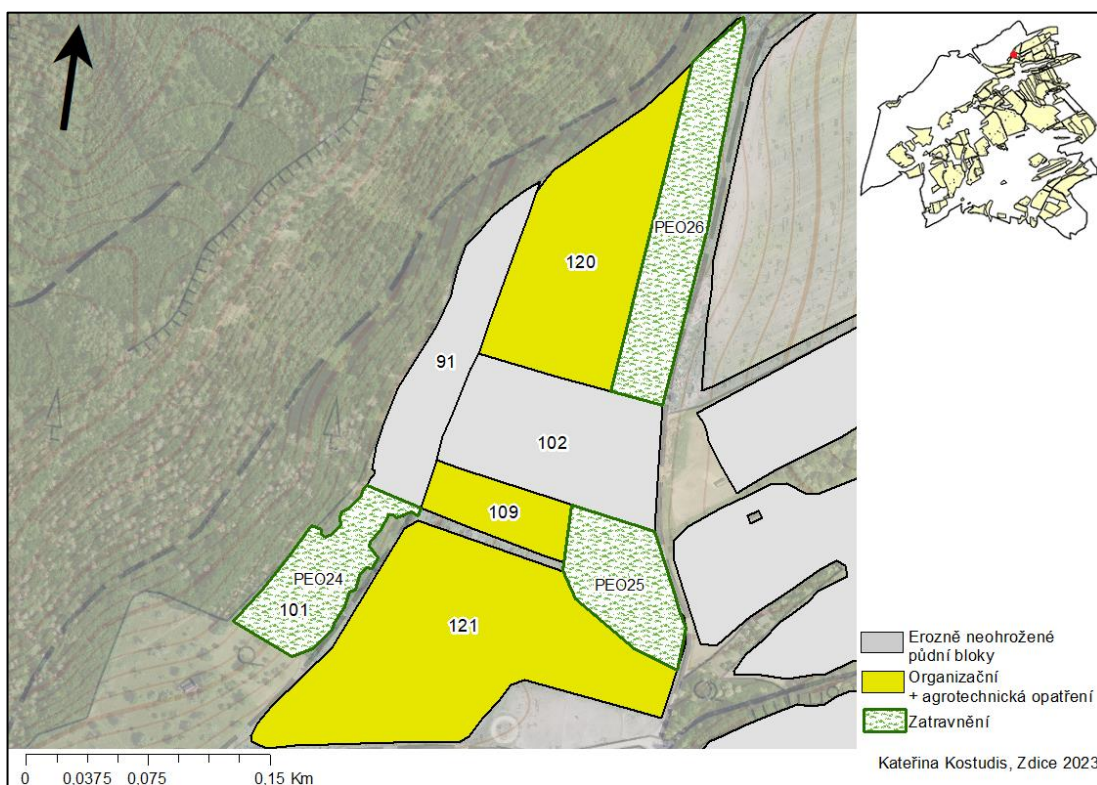
Vypočtená ztráta půdy u tohoto půdního bloku činila $12,63 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Bylo zde navrženo agrotechnické opatření spočívající v setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Po přepočtu vyšel C faktor 0,097, tedy vyšší než maximální přípustná hodnota C faktoru. Bylo tedy zároveň navrženo ochranné zatravnění PEO25 na konci svahu v šířce 40 m (obrázek 45).

Půdní blok č. 109

Ztráta půdy v tomto případě vyšla velmi vysoká - $18,34 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Nejprve bylo přikročeno ke změně agrotechnických operací, kdy bylo navrženo setí do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Toto opatření, které snížilo C faktor na hodnotu 0,092, bylo nedostačující, a tak byl dále navržen 40 m široký zatravněný pás PEO25 na konci svahu. Zatravněný pás je společným opatřením s půdním blokem č. 121 (obrázek 45).

Půdní blok č. 120

Tento půdní blok má jednu z nejvyšších hodnot ztrát půdy v zájmovém území, která za použití rovnice USLE vyšla $27,78 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Nejprve bylo přikročeno k jednoduššímu protieroznímu opatření, a to změně agrotechnických operací. Navrhnuo bylo setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Díky tomuto opatření klesl C faktor na hodnotu 0,097, která byla ovšem stále vyšší, než vypočtená hodnota maximálního přípustného C faktoru 0,033. Z tohoto důvodu bylo dále doporučeno provádět orbu ve směru vrstevnic a byl navržen zatravněný pás PEO26 na konci svahu o šířce 30 m (obrázek 45).



Obrázek 45: PEO aplikovaná na půdních blocích č. 101, 121, 109, 120

Půdní blok č. 108

Další významně ohrožený půdní blok má ztrátu půdy $26,28 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Z vypočtené maximální délky svahu vyplynulo, že půdní blok musí být v délce několikrát přerušen. Ke snížení počtu přerušení byl změněn osevní postup, který bude nově obsahovat úzkořádkové plodiny, aby se dosáhlo hodnoty C faktoru 0,1. Tímto postupem se počet přerušení svahu snížil. K přerušení svahu byly navrženy tři protierozní meze PEO27, PEO28 a PEO29, které byly doplněny o zatravněný pás široký 5 m. Protierozní mez PEO28 byla vyústěna do vodního toku. Před vyústěním byla navrhována sedimentační jímka PEO30, aby se zabránilo zanesení vodního toku sedimenty, neboť v tomto případě se jedná o půdní blok s vysokou ztrátou půdy. Návrh jednotlivých opatření je vidět na obrázku 46.

Půdní blok č. 103 + půdní blok č. 137

Dle rovnice USLE byla ztráta půdy u půdního bloku č. 103 vypočtena na hodnotu $11,55 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Snížení ztráty půdy na přípustnou hodnotu $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ bylo řešeno přepočtem C faktoru, který za předpokladu setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období vyšel 0,072. Dále zde bylo navrženo zatravnění údolnice PEO31, nacházející se mezi půdním blokem č. 103 a půdním blokem č. 137. Z obrázku 25 vyplynulo, že okolo Počapelského potoka, který vede v blízkosti půdních bloků č. 103 a č. 137, byla v roce 1976 provedena meliorace. K navrácení vody do krajiny bylo navrženo její přerušení a provedení revitalizace Počapelského potoka PEO32. Přerušení meliorace bude řešeno v dalších stupních projektové dokumentace. Na vodním toku bylo navrženo vybudování kaskády tůní PEO33, PEO34, PEO35 a PEO36 a mokřadu PEO37. Tato opatření budou sloužit k vylepšení jakosti vody a podpoří ekologický stav území. Dále byly navrženy dva odváděcí průlehy PEO38 a PEO39, který budou odvádět vodu do recipientu revitalizovaného Počapelského potoka. V obou případech byla navrhována sedimentační jímka (PEO40 a PEO41) před vyústěním vody do recipientu.

V těsné blízkosti výše zmiňovaného půdního bloku se nachází půdní blok č. 137 se ztrátou půdy $18,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Vzhledem k velké ztrátě půdy bylo nejprve přistoupeno k organizačnímu opatření ve formě změny osevního postupu, do kterého byly zařazeny takové plodiny, které splňují vegetační pokryv C faktoru

0,1. Pro přerušení délky svahu se sklonem 14,05 % byl navržen odváděcí průleh PEO42, který odvede přebytečnou vodu do zatravněné údolnice, která byla navržena na rozhraní s půdním blokem č. 103 (obrázek 46).

Půdní blok č. 132

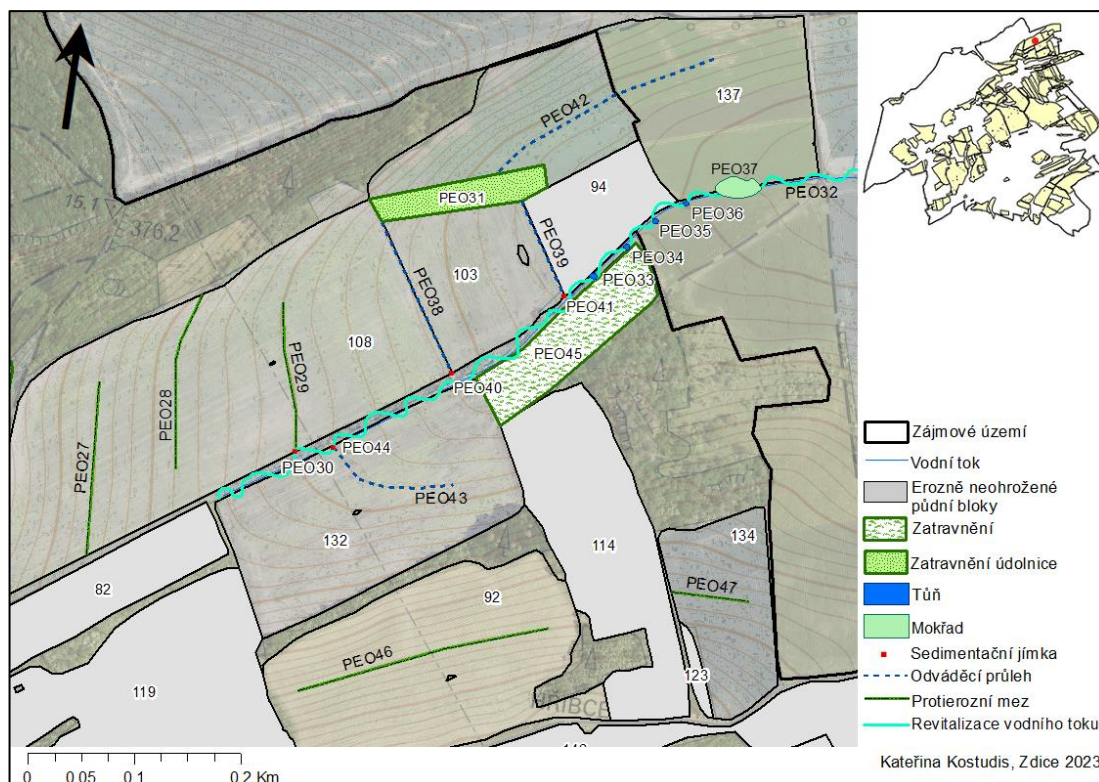
Ztráta půdy u tohoto půdního bloku vyšla $25,02 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Nejprve bylo přikročeno ke změně agrotechnických postupů, kdy bylo navrženo setí plodin do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Tímto postupem se docílilo hodnoty C faktoru 0,097, která nestačila ke snížení ztráty půdy na přípustnou mez $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Z vypočtené délky svahu bylo zjištěno, že svah o sklonu 9,68 % je potřeba několikrát přerušit. Pro přerušení byl zvolen odváděcí průleh PEO43, který přebytečnou vodu odvede do recipientu Počapelského potoka. Před vyústěním vody do potoka byla navržena sedimentační jímka PEO44, která zabrání odnosu zeminy. Z důvodu vysoké erozní ohroženosti bylo dále navrženo část půdního bloku zatravnit - PEO45 (obrázek 46).

Půdní blok č. 92

Jediný půdní blok vedený ve LPISu jako trvalý travní porost, překročil limit erozní ohroženosti. Ztráta půdy zde vyšla $1,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, jedná se tedy o nepatrné překročení limitu $1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, neboť se tento půdní blok nachází na mělké půdě. Půdní blok se svahem 23,85 % byl ošetřen protierozní mezí PEO46 umístěné v polovině svahu (obrázek 46). Protierozní mez zde bude plnit i funkci krajinytvornou a přispěje k biologické rozmanitosti území.

Půdní blok č. 134

Půdní blok se ztrátou půdy $20,41 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ se řadí k dalším silně ohroženým půdním blokům v zájmovém území. Použito bylo nejprve organizační opatření, kde bylo navrženo pěstovat nejméně erozně účinné plodiny a dále agrotechnické opatření, které spočívalo v setí plodin do mulče, aby hodnota C faktoru vyšla 0,07. Toto opatření však nestačilo k dostatečnému snížení ztráty půdy, a tak bylo přikročeno i k technickému protieroznímu opatření. Svah byl přerušen protierozní mezí PEO47, která byla doplněna o zatravněný pás široký 5 m (obrázek 46).



Obrázek 46: PEO aplikovaná na půdních blocích č. 108, 103, 137, 132, 92, 134

Půdní blok č. 65

V tomto případě se jedná o půdní blok (obrázek 47), kde dle rovnice USLE vyšla ztráta půdy $6,16 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Aby nebyla překročena maximální přípustná hodnota C faktoru 0,114, byl zde změněn agrotechnický způsob obdělávání půdy, který představoval setí do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Za tohoto předpokladu byl spočítán nový C faktor s hodnotou 0,088.

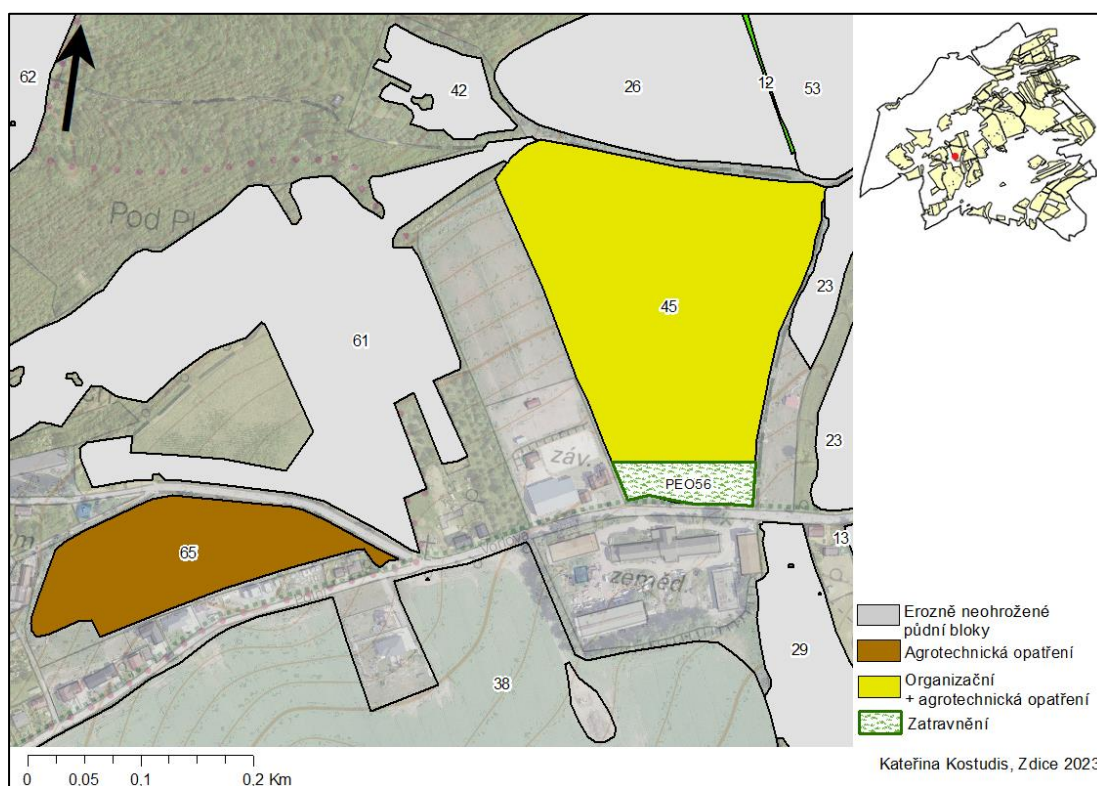
Půdní blok č. 12

Při terénním průzkumu bylo zjištěno, že půdní blok o velikosti 0,07 ha s vypočtenou ztrátou půdy $6,21 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ představuje mez oddělující dva půdní bloky (obrázek 47). Původně byla tomuto půdnímu bloku, který je veden ve LPISu jako mimoprodukční plocha, přiřazena hodnota C faktoru 0,1. Po změně C faktoru na hodnotu 0,01 již půdní blok nepřekračoval ztrátu půdy $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Půdní blok č. 45

Změna agrotechnických opatření v tomto případě dokázala snížit ztrátu půdy, která zde vyšla $8,01 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, pod limitní hodnotu $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Navrženo bylo setí do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Tímto postupem

se snížil C faktor na hodnotu 0,097 a nepřekračoval tak maximální přípustnou hodnotu C faktoru 0,113. Pro zesilující protierozní ochranu byl na konci svahu navržen zatravněný pás PEO56 o šířce 20 m (obrázek 47).



Obrázek 47: PEO aplikovaná na půdních blocích č. 65, 12, 45

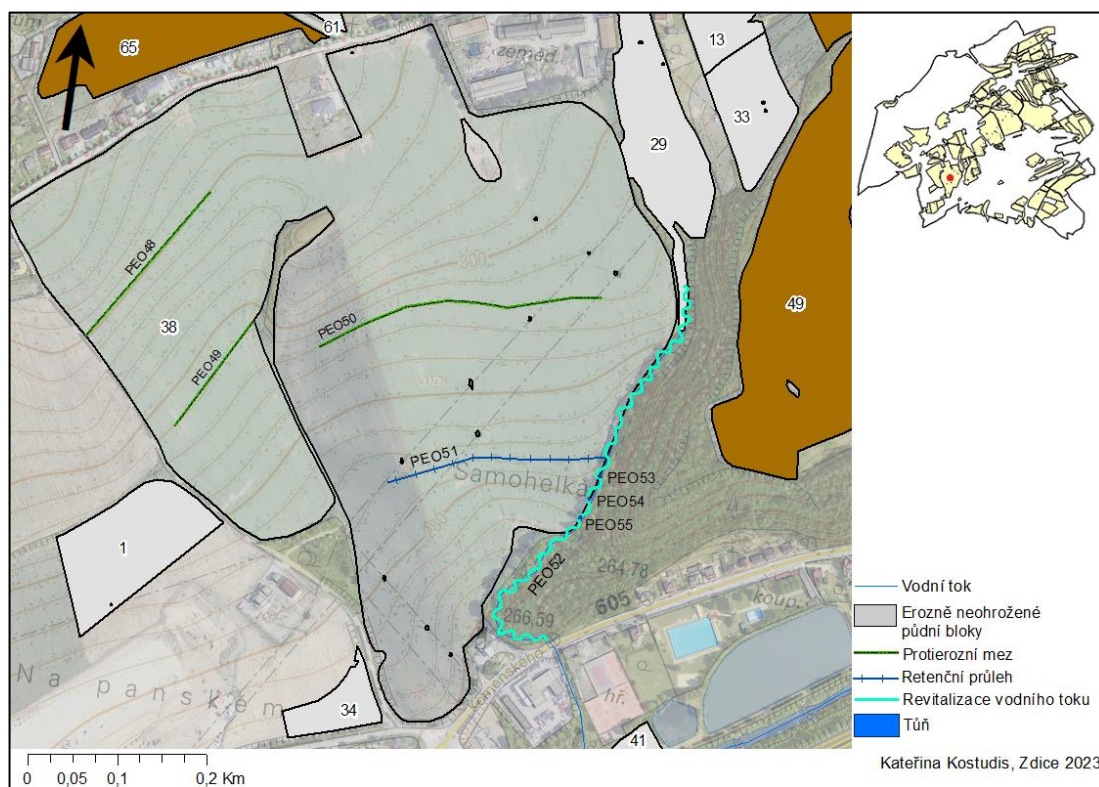
Půdní blok č. 38

U druhého největšího půdního bloku v zájmovém území vyšla ztráta půdy $10,85 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Z informací od obyvatel Zdic bylo zjištěno, že při dešťových srážkách v těchto místech stéká voda společně s ornici přímo na hlavní komunikaci v ulici Komenského, která se nachází pod tímto půdním blokem. Proto zde bylo přistoupeno ke kombinaci několika protierozních opatření (obrázek 48). Nejprve bylo navrženo sít plodiny do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období, což snížilo hodnotu C faktoru na 0,077. Dále bylo navrženo v jedné části půdního bloku vybudování dvou protierozních mezí PEO48 a PEO49, přičemž protierozní mez PEO49 byla vyústěna do remízku, který se na půdním bloku již nachází. V druhé části půdního bloku byla navržena protierozní mez PEO50, která byla zkombinována se zatravněným pásem širokým 5 m. Dále zde lze díky sklonu, který nepřevyšuje 9 % a hydrologické skupině B, navrhnout retenční průleh PEO51, který zachytí dešťové srážky a tím eliminuje povrchový odtok po svahu.

Retenční průleh byl napojen na vodní tok, který teče podél půdního bloku a dále ústí do Červeného potoka. Ke zpomalení odtoku vody z území byla navržena revitalizace tohoto toku (PEO52), která bude doplněna o kaskádu tůní PEO53, PEO54 a PEO55 na podporu jakosti vody.

Půdní blok č. 49

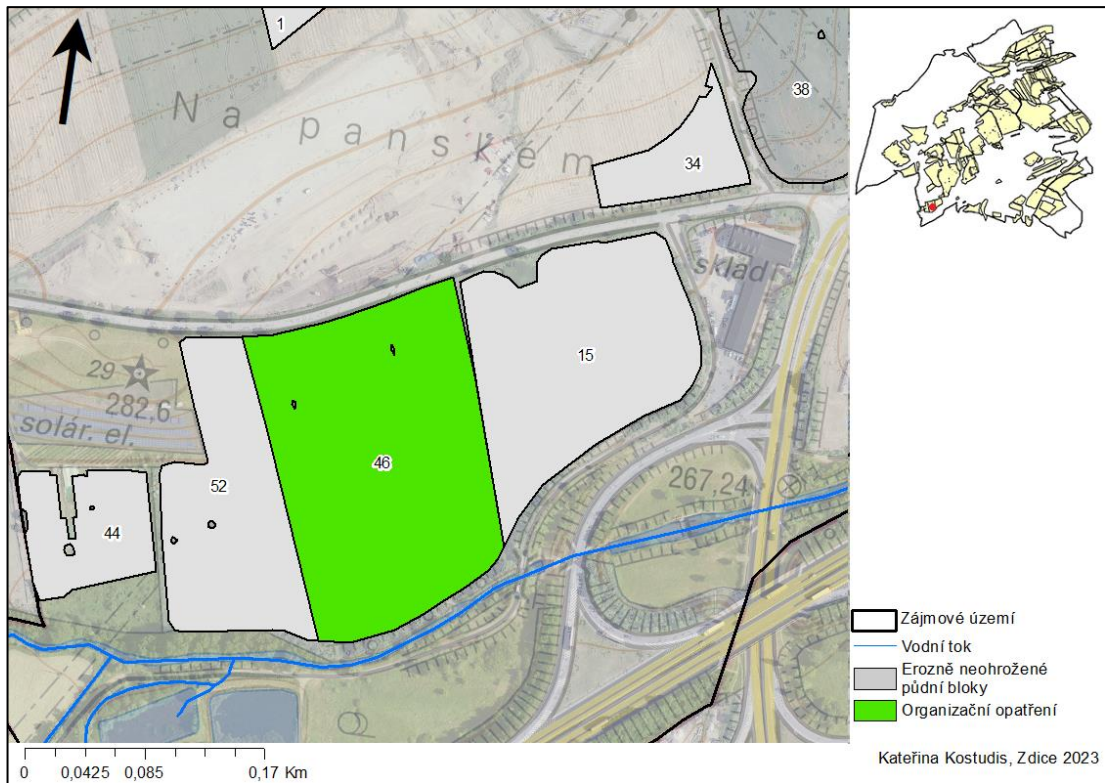
Průměrná ztráta půdy zde vyšla $5,93 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Vypočtena byla maximální hodnota C faktoru 0,14. Snížení ztráty půdy bylo provedeno návrhem vhodných agrotechnických operací, které představovaly setí do strniště s ponecháním slámy na konci pěstebního období. Za tohoto předpokladu nová hodnota C faktoru vyšla 0,094. Z terénního průzkumu bylo zjištěno, že na půdním bloku se již nachází dva remízky. Tento půdní blok je znázorněn na obrázku 48.



Obrázek 48: PEO aplikovaná na půdních blocích č. 38 a 49

Půdní blok č. 46

U tohoto půdního bloku (obrázek 49) s nízkou ztrátou půdy $4,83 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ bylo navrženo pouze organizační opatření, které spočívalo v pěstování úzkořádkových plodin, které budou mít ochranný vegetační faktor 0,18 a nebude tak překročen maximální přípustný C faktor.



Obrázek 49: PEO aplikovaná na půdním bloku č. 46

7. Diskuze

Erozní ohroženost jednotlivých půdních bloků byla stanovena pomocí Univerzální rovnice USLE dle Wischmeier et Smith (1978) v prostředí ArcGIS. Výhodou provedení této metody v prostředí ArcGIS je zejména rychlost výpočtů, které jsou ovšem závislé na podrobnosti a kvalitě vstupních dat (Kadlec et al., 2014). Pro stanovení erozní ohroženosti lze využít také Revidovanou rovnici RUSLE. Na rozdíl od rovnice USLE je možné díky této metodě přesněji popsat zájmové území a získat přesnější výsledky. Nevýhodou této metody je však potřeba získat větší množství vstupních dat, což bývá mnohdy obtížné (Janeček et al., 2008).

Pro výpočet faktoru C byly získány osevnické postupy pro celkem 29 půdních bloků. Pro zbývajících 35 půdních bloků nebyly osevnické postupy získány. V případě získání osevnických postupů i u těchto půdních bloků by byl výsledek přesnější, neboť takto byl C faktor určen podle průměrné roční hodnoty faktoru C pro jednotlivé klimatické regiony. Je tedy možné konstatovat, že z tohoto důvodu C faktor u 35 půdních bloků nepředstavoval zcela přesnou hodnotu a výsledek ztráty půdy tak mohl být zkreslen.

Další nepřesnosti výpočtu mohly nastat v případě velkých půdních bloků, kdy mohla být ohrožena jen část půdního bloku vysokou ztrátou půdy, ale při následném výpočtu průměrné ztráty půdy pro celý půdní blok nepřesahovala maximální přípustnou mez, a tak byl půdní blok vyhodnocen jako erozně neohrožený. Z výsledků však bylo zjištěno, že půdní bloky v zájmovém území mají většinou malou rozlohu. Všechny půdní bloky s velkou rozlohou přípustnou hodnotu ztráty půdy překročily, přičemž nacházejí se na nich místa, která jsou více či méně ohrožená.

Z výsledků této práce vyplynulo, že zájmové území je vodní erozí velmi silně ohroženo. Ze všech půdních bloků vyšlo jako erozně ohrožených 31 %, ale v případě, že by se vzala v úvahu jen orná půda, dostaneme se na ohroženost 69 %, přičemž v jednom případě vyšel jako erozně ohrožený i půdní blok, který je vedený jako trvalý travní porost. Tento půdní blok je stanoven i v evidenci LPIS jako silně erozně ohrožený.

Neohrožené půdní bloky představovaly trvalé travní porosty a 20 půdních bloků s ornou půdou. Průměrná ztráta půdy u neohrožených půdních bloků s ornou

půdou představovala $1,42 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, což je podstatně méně než na ohrožených půdních blocích, kde průměrná ztráta půdy činila $13 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Dle mého názoru je nízká ztráta půdy u 20 půdních bloků s ornou půdou dána především malým sklonem, který je zde v průměru 4 %, kdežto v případě ohrožených půdních bloků dosahuje průměrný sklon 13 %. Další možná příčina nízké ztráty půdy může být malá rozloha půdních bloků, která zde činila v průměru 2,29 ha. Je však třeba zmínit, že v případě některých ohrožených půdních bloků je rozloha také velmi malá, a přesto jejich ztráta půdy přesahuje přípustnou mez. Výše faktoru C zde hraje také roli, neboť na šesti neohrožených půdních blocích se pěstuje vojtěška s hodnotou C faktoru 0,02, u zbývajících byl stanoven faktor C na hodnotu 0,241.

Lze tedy shrnout, že hlavní důvod, proč vyšlo v zájmovém území 20 půdních bloků s ornou půdou jako erozně neohrožených, je kombinace malého sklonu, malé rozlohy půdních bloků a v šesti případech i nízký C faktor s hodnotou 0,02. U půdních bloků, kde byla hodnota C faktoru 0,241, je dle mého názoru nízká ztráta půdy dána především velmi malým sklonem a v některých případech také nízkou hodnotou faktoru K.

Na ohrožených půdních blocích byla dále použita kombinace organizačních, agrotechnických a technických opatření. Tato opatření se volila s ohledem na finanční a realizační náročnost. Nejméně byla aplikována technická protierozní opatření, která jsou realizačně nejnákladnější a nejsložitější. Dalším důvodem je také mnohdy neochota tato opatření na svém pozemku vybudovat, neboť většina zemědělců obhospodaruje pronajatou půdu, a tak nemají příliš velký zájem do této půdy investovat. Další problém může nastat i v případě změny agrotechnických operací, které mnohdy představují pro zemědělce zkomplikování prací na půdních blocích a dále nákup nových strojů, kdy je také nutná značná finanční investice.

Je však potřeba si uvědomit, že v případě degradace půdy tito zemědělci budou dosahovat menších zisků z prodeje plodin a vlastníci půdy budou čelit znehodnocení jejich majetku, neboť vlivem eroze budou přicházet o kvalitní a úrodnou půdu.

8. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo popsat erozi půdy, erozní faktory, protierozní opatření a zájmové území. Tyto cíle byly splněny v rámci rešeršní části diplomové práce.

Hlavním cílem bylo v praktické části navrhnout protierozní opatření na těch půdních blocích, které dle Univerzální rovnice USLE dle Wischmeier et Smith (1978) vyšly jako erozně ohrožené. Nejprve byly spočítány všechny erozní faktory, které se následně dosadily do Univerzální rovnice USLE. Dále byla vypočtena maximální ztráta půdy, která byla porovnána s výpočtem průměrné dlouhodobé ztráty půdy na jednotlivých půdních blocích, kdy tímto postupem byl získán rastr ohrožených lokalit. Dle terénního průzkumu a šetřením u místních obyvatel se porovnal ohrožené lokality se skutečným stavem půdních bloků.

Z celkem 153 půdních bloků bylo erozí ohroženo 47 půdních bloků, přičemž u několika z nich vyšla ztráta půdy velmi vysoká. Nejvyšší ztráta půdy vyšla u půdního bloku č. 35, a to $39,42 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Průměrná ztráta půdy u ohrožených půdních bloků činila $13 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Na těchto půdních blocích byla následně navržena protierozní opatření. Ke správnému návrhu protierozních opatření byly nejprve provedeny dílčí výpočty, kdy byl u jednotlivých půdních bloků vypočten maximální přípustný faktor C, maximální délka svahu a dále byly zjištěny hydrologické skupiny půd nacházející se v zájmovém území. S přihlédnutím k těmto skutečnostem byla navrhována protierozní opatření se zohledněním finanční a realizační náročnosti provedení. Jelikož ztráta půdy na půdních blocích byla v několika případech velmi vysoká, bylo často přistupováno ke kombinaci jednotlivých protierozních opatření, aby se dosáhlo požadovaného snížení ztráty půdy.

Opatření se navrhovala tak, aby řešila nejenom protierozní ochranu, ale aby tato opatření plnila i funkci krajnotvornou a protipovodňovou, aby zadržovala vodu v krajině, zlepšovala jakost vody a podpořila biologickou rozmanitost v zájmovém území.

Výsledky této diplomové práce mohou sloužit jako informace pro zemědělské subjekty hospodařící v zájmovém území o erozní ohroženosti jednotlivých půdních bloků. Tyto informace mohou dále využít k aplikaci protierozních opatření,

které byly v rámci této práce také navrženy a mohou tak sloužit jako inspirace k jejich realizaci.

9 Použitá literatura a zdroje

Literární zdroje:

- Báčová M. et Krása J., 2016: Application of historical and recent aerial imagery in monitoring water erosion occurrences in Czech highlands. *Soil and Water Research* 11 (4): 267-276.
- Baker C. J., Saxton K., E., Ritchie W. R., Chamen W. C. T., Reicosky D. C., Ribeiro M. F. S., Justice S. E., Hobbs P. R., 2007: No-tillage seeding in conservation agriculture, 2nd Edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Cabi Pub, 326 s.
- Brychta J. et Petřů J., 2016: Základy hodnocení vodní eroze pomocí GIS. Studijní materiál, ČZU, Praha, 100 s.
- Dzuráková M., Osičková K., Uhrová J., Rozkošný M., Smelík L., Němejcová D., Zahrádková S., Štěpánková P., Macků J., 2017: Potenciál aplikace přírodních opatření pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* 59 (4): 25-32.
- Gebhart M., Dumbrovský M., Šarapatka B., Drbal K., Bednář M., Kapička J., Pavík F., Kottová B., Zástěra V., Muchová Z., 2023: Evaluation of Monitored Erosion Events in the Context of Characteristics of Source Areas in Czech Conditions. *Agronomy* 13.1, 256, 16 s.
- Gitas I. Z., Douros K., Minakou C., Silleos G. N., Karydas C. G., 2009: Multi-temporal soil erosion risk assessment in N. Chalkidiki using a modified USLE raster model. *EARSel eproceedings* 8 (1): 40-52.
- Grimm M., Jones R., Montanarella L., 2001: Soil erosion risk in Europe. Sint Maartensvlotbrug, Netherlands: Joint Research Centre, European Commission, 40 s.
- Hanna H. M., Melvin S., Pope R., 1995: Tillage implement operational effects on residue cover. *Applied Engineering in Agriculture* 11: 205–210.
- Holý M., 1994: Eroze a životní prostředí. České vysoké učení technické, Praha, 383 s.
- Hůla J. et Procházková B., Badalíková B., Dovrtěl J., Dryšlová T., Hartman I., Hrubý J., Hrudová E., Javůrek M., Kasal P., Klem K., Kovaříček P.,

- Kroulík M., Kumhála F., Mašek J., Neudert L., Růžek P., Smutný V., Váňová M., Winkler J., 2008: Minimalizace zpracování půdy. Praha, 246 s.
- Hůla J., Janeček M., Kovaříček P., Bohuslávek J., 2003: Agrotechnická protierozní opatření. Metodika, VÚMOP, Praha, 48 s.
 - Chlupsová J., 2014: Nové hodnoty používané pro výpočet a vyhodnocení ztráty půdy vodní erozí na zemědělských půdách v ČR. Venkovská krajina 2014: 114-118.
 - Chmelová R. et Šarapatka B., 2002: Soil erosion by water: Contemporary research methods and their use. Geographica 37: 23-30.
 - Janeček M. et al.: 2008: Základy erodologie. Česká zemědělská univerzita, Praha, 167 s.
 - Janeček M., Dostál T., Dufková J. K., Dumbrovský M., Hůla J., Kadlec V., Konečná J., Kovář P., Krása J., Kubátová E., Kobzová D., Kudrnáčová M., Novotný I., Podhrázká J., Pražan J., Procházková E. Středová H., Toman F., Vopravil J., Vlasák J., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Česká zemědělská univerzita, Praha, 113 s.
 - Kadlec V., Dostál T., Vrána K., Kavka P., Krása J., Devátý J., Podhrázká J., Pochop M., Kulířová P., Heřmanovská D., Novotný I., Papaj V., 2014: Navrhování technických protierozních opatření. metodika, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 100 s.
 - Kozák J., Němeček J., Borůvka L., Lérova Z., Němeček K., 2009: Atlas půd České republiky. MZe ČR ve spolupráci s ČZU, Praha, 152 s.
 - Kubátová E., 2001: Protierozní ochrana – cvičení, Česká zemědělská univerzita, Praha, 51 s.
 - Kvítek T. et Tippl M., 2003: Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 53 s.
 - Ministerstvo zemědělství ČR, 2021: Situační a výhledová zpráva - Půda. Ministerstvo zemědělství, Praha, 131 s.
 - Mitášová H., Hofierka J., Zlocha M., Iverson L. R., 1996: Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. International journal of geographical information systems 10 (5): 629-641.

- Morgan, R P C., 2005: Soil erosion and conservation. Malden: Blackwell, 304 s.
- Mudra B., Dušánek P., Hůrka J., Smíšková J., Souček I., 2004: Zdice – Kapitoly z historie a současnosti města. Město Zdice, Zdice, 231 s.
- Nerušil P., Kohoutek A., Odstrčilová V., Vach M., Javůrek M., Stražil Z. , 2015: Využití minimalizačních a půdoochranných technologií pro snížení účinků vodní eroze na obdělávaných půdách. Certifikovaná metodika pro praxi, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Brno, 21 s.
- Novotný I., Papaj V., Podhrázská J., Kapička J., Vopravil J., Kristenová H., Kadlec V., Mistr M., Žížala D., Kincl D., Srbek J., Pochop M., Dostál T., Krása J., 2017: Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 88 s.
- Novotný I., Žížala D., Kapička J., Beitlerová H., Mistr M., Kristenová H., Papaj V., 2016: Adjusting the CP max factor in the Universal Soil Loss Equation (USLE): areas in need of soil erosion protection in the Czech Republic. *Journal of Maps* 12 (sup1): 58-62.
- Pavlů L., 2019: Základy pedologie a ochrany půdy. Česká zemědělská univerzita, Praha, 76 s.
- Quitt E., 1971: Klimatické oblasti Československa. Geografický ústav ČSAV, *Studia geographica*, Brno, 73 s.
- Renard K. G., 1997: Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). United States Government Printing, 384 s.
- Sklenička P., 2003: Základy krajinného plánování. Naděžda Skleničková, Praha, 321 s.
- Sklenička P., Efthimiou N., Zouhar J., van den Brink A., Kottová B., Vopravil J., Zástěra V., Gebhart M., Iris Bohnet C., Janečková Molnárová K., Azadi, H., 2022: Impact of sustainable land management practices on controlling water erosion events: The case of hillslopes in the Czech Republic. *Journal of Cleaner Production* 337, 11 s.
- Středová H. et Toman F., 2012: Erosion potential of snow cover in the Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 60 (1): 117-124.

- Šarapatka B., 2014: Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého v Olomouci, 232 s.
- Šarapatka B., Dlapa P., Bedrna Z., 2002: Kvalita a degradace půdy. Univerzita Palackého, Olomouc, 246 s.
- Ščepita O., 2011: Building erosion control measures in land consolidation projects. Slovak Journal of Civil Engineering 19 (2): 32-36.
- Toy T. J., Foster G. R., Renard K. G., 2002: Soil erosion: processes, prediction, measurement, and control. John Wiley & Sons, 338 s.
- Uhrová J., Štěpánková P., Osičková K., 2016: Komplexní systém návrhů přírodě blízkých opatření na ochranu před dopady eroze a povodní z přívalových srážek. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace 58 (4): 13-19.
- Van Rompaey A., Krása J., Dostál T., 2007: Modelling the impact of land cover changes in the Czech Republic on sediment delivery. Land use policy 24 (3): 576-583.
- Vlček V.: 2015: Kvalita a zdraví půdy. Mendelova univerzita v Brně, 136 s.
- Voltr, V., Bartlová J., Brtnický M., Denešová O., Froněk P., Honz J., Hlavsa T., Hruška M., Khel T., Kohut M., Křen J., Kubát J., Kučera J., Lang J., Leština J., Lipavský J., Míša P., Novák P., Podešvová J., Pokorný E., Rožnovský J., Štolbová M., Šařec O., Šařec P., Trantinová M., Vigner J., Vilhelm V., Vopravil J., 2011: Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí. Ústav zemědělské ekonomiky a informací, Praha, 480 s.
- Vopravil J., Chlubna L., Vlček V., Kulhavý Z., Kulířová P., 2013: Návrh Identifikačního systému pro řešení problematiky melioračních staveb v ČR. Voda, půda a rostliny, Křtiny 29.6.-30.6.2013.
- Vopravil J., Kohoutová L., Khel T., Heřmanovská D., Papaj V., Čechura L., Slaboch J., Pavlík F., Poruba M., Czelish R., Soukup M., Blecha M., Sekanina A., Koutná R., Žigmund I., 2021: Metodika mapování a aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek: bonitace zemědělského půdního fondu. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 172 s.
- Votrubec J., et Vlasák J., 2005: Výpočet erozní ohroženosti půdy s využitím gridu. Acta Montanistica Slovaca 10 (2): 247-255.

- VÚV TGM, v.v.i., ©2018: Katalog přírodě blízký opatření pro zadržení vody v krajině. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 110 s.
- Wischmeier, W. H. et Smith, D. D., 1978: Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture Handbook No. 537, 58 s.
- Zachar D., 1982: Soil erosion. Elsevier, 544 s.
- Zajíček A., Sychra L., Vybíral T., Hejduk T., Čmelík M., Fučík P., Kaplická M., 2021: Návrhy revitalizačních opatření na hlavních a přilehlých podrobných odvodňovacích zařízeních: certifikovaná metodika, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 99 s.
- Žížala D., Kapička J., Novotný I., 2016: Monitoring soil erosion of agricultural land in Czech Republic and data assessment of erosion events from spatial database. Proceedings of the Proceedings from International Conference Soil - The non-Renewable Environmental Resource: 354-370.
- Žížala D., Zádorová T., Kapička J., 2017: Assessment of soil degradation by erosion based on analysis of soil properties using aerial hyperspectral images and ancillary data, Czech Republic. Remote Sensing 9 (1), 28 s.

Internetové zdroje:

- AOPK ČR, ©2023: Otevřená data AOPK ČR, licence CC BY 4.0 (online) [cit. 2023.02.27] <<https://data.nature.cz/ds/1>>.
- CENIA, ©2018: Geoportál ČR (online) [cit. 2022.07.11], dostupné z <<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>>.
- ČÚZK, ©2023: Prohlížeč WMS (online) [cit. 2022.07.11], dostupné z <[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(0rjafn5ct2tzvohdrcflnjqw\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&text=WMS.verejne.uvod&head_tab=sekce-03-gp&menu=311](https://geoportal.cuzk.cz/(S(0rjafn5ct2tzvohdrcflnjqw))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&text=WMS.verejne.uvod&head_tab=sekce-03-gp&menu=311)>.
- ČÚZK, ©2010: ZABAGED® - Výškopis - DMR 4G. Digitální model reliéfu České republiky 4. generace (online) [cit. 2022.07.11], dostupné z <[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(4gr13l4vthht3noi0aikl2b\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR4G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=301](https://geoportal.cuzk.cz/(S(4gr13l4vthht3noi0aikl2b))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR4G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=301)>.
- Data ArcČR©, ČÚZK, ČSÚ, ARCDATA PRAHA, ©2022: ArcČR® 4.1 – Vybraná administrativní a statistická data o České republice (online) [cit.

2022.07.11], dostupné z <<https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-4>>.

- eAGRI, ©2009: Data meliorací (online) [cit. 2023.02.02], dostupné z <<https://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/data-melioraci>>.
- eAGRI, ©2009-2023: Veřejný export dat LPIS (online) [cit. 2022.07.11], dostupné z <<https://eagri.cz/public/app/eagriapp/lpisdata/>>.
- Město Zdice, ©2023: Historie města (online) [cit. 2023.02.18], dostupné z: <<https://www.mesto-zdice.cz/mesto/vse-o-meste/historie/>>.
- Ministerstvo zemědělství, ©2023a: Podmínky standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy v novém období SZP (online) [cit. 2023.02.18], dostupné z <https://eagri.cz/public/web/file/709424/DZES_spolecne_na_web_2023___final.pdf>.
- Ministerstvo zemědělství, ©2023b: Strategický plán společné zemědělské politiky 2023-2027 (online) [cit. 2023.02.18], dostupné z <https://ciri.blob.core.windows.net/cms/ContentItems/2228_02228/qA6RNE/sp-szp-2023-2027-schvaleno-30-09-2022.pdf>.
- Státní pozemkový úřad, ©2023: Celostátní databáze BPEJ (online) [cit. 2022.07.11], dostupné z <<https://www.spucr.cz/bpej/celostatni-databaze-bpej>>.
- Vostal D., 2014: Územní plán Zdice – Vyhodnocení vlivů na udržitelný rozvoj území (část A) (online) [cit. 2023.02.18], dostupné z <https://www.mesto-zdice.cz/evt_file.php?file=5127>.
- VÚV TGM, v.v.i., ©2020: Oddělení GIS - Struktura DIBAVOD (online) [cit. 2022.07.11], dostupné z <<https://www.dibavod.cz/index.php?id=27>>.

Legislativa:

- Vyhláška č. 240/2021 Sb., o ochraně zemědělské půdy před erozí.

10. Seznam obrázků

Obrázek 1: Potenciální ohroženost zemědělské půdy v ČR větrnou erozí (Ministerstvo zemědělství, ©2021)	18
Obrázek 2: Hodnota faktoru K stanovená dle nomogramu (Janeček et al., 2012)	22
Obrázek 3: Pásové střídání plodin (Hůla et al., 2003)	31
Obrázek 4: Vrstevnicové obdělávání (Kvítek et Tipl, 2003)	32
Obrázek 5: Důlkování (Novotný et al., 2017)	33
Obrázek 6: Příčný řez záchytným průlehem (Janeček et al., 2012).....	35
Obrázek 7: Svodný průleh – zatravněná údolnice se stabilizací dráhy soustředěného povrchového odtoku (Kadlec et al., 2014)	36
Obrázek 8: Řez záchytným příkopem (Janeček et al., 2012)	37
Obrázek 9: Záchytný příkop (Novotný et al., 2017).....	37
Obrázek 10: Příčný řez ochrannou hrázkou (VÚV TGM, v.v.i., ©2018).....	37
Obrázek 11: Ochranná hrázka (Kadlec et al., 2014).....	38
Obrázek 12: Příčný řez protierozní mezí (Janeček et al., 2012).....	39
Obrázek 13: Protierozní mez (VÚV TGM, v.v.i., ©2018)	39
Obrázek 14: Suchá nádrž (Kadlec et al., 2014).....	40
Obrázek 15: Uspořádání zemních teras (VÚV TGM, v.v.i., ©2018).....	41
Obrázek 16: Terasy (Kadlec et al., 2014)	41
Obrázek 17: Tůň (Zajíček et al., 2021)	43
Obrázek 18: Znak města (Město Zdice, ©2023)	45
Obrázek 19: Geologické podmínky zájmového území (Vostal, 2014).....	46
Obrázek 20: Pedologické podmínky v zájmovém území (data: CENIA, ©2018)	47
Obrázek 21: Hydrologické skupiny půd (data: ČÚZK, ©2023)	48
Obrázek 22: Klimatické oblasti (data: Quitt, 1971).....	49
Obrázek 23: Hydrologické podmínky v zájmovém území (data: VÚV TGM, v.v.i., ©2020; ČÚZK, ©2023)	50
Obrázek 24: Přírodní podmínky v zájmovém území (data: AOPK ČR, ©2023; ČÚZK, ©2023).....	51
Obrázek 25: Meliorační stavby v zájmovém území (data: eAGRI, ©2009; ČÚZK, ©2023)	52
Obrázek 26: Digitální model terénu.....	54
Obrázek 27: Půdní bloky v zájmovém území	55

Obrázek 28: Sklonitost.....	56
Obrázek 29: Směr povrchového odtoku.....	56
Obrázek 30: Akumulace povrchového odtoku.....	57
Obrázek 31: Faktor K.....	59
Obrázek 32: Osevní postupy	60
Obrázek 33: Faktor C.....	61
Obrázek 34: Průměrná ztráta půdy pro každou buňku.....	64
Obrázek 35: Průměrná ztráta půdy pro každý pozemek	65
Obrázek 36: Maximální přípustná ztráta půdy	66
Obrázek 37: Ohrožené lokality.....	67
Obrázek 38: Rozdělení půdních bloků dle erozní ohroženosti.....	67
Obrázek 39: Navrhnutá protierozní opatření v zájmovém území	68
Obrázek 40: PEO (protierozní opatření) aplikovaná na půdních blocích č. 8, 2, 51, 35, 32, 14, 11	74
Obrázek 41: PEO aplikovaná na půdních blocích č. 57, 3, 28.....	75
Obrázek 42: PEO aplikovaná na půdním bloku č. 150	76
Obrázek 43: PEO aplikovaná na půdních blocích č. 118, 95, 67, 106, 73, 69, 89, 86, 96, 112, 127, 148, 87, 115.....	80
Obrázek 44: PEO aplikovaná na půdních blocích č. 99, 72, 122, 117, 84.....	82
Obrázek 45: PEO aplikovaná na půdních blocích č. 101, 121, 109, 120.....	83
Obrázek 46: PEO aplikovaná na půdních blocích č. 108, 103, 137, 132, 92, 134	86
Obrázek 47: PEO aplikovaná na půdních blocích č. 65, 12, 45	87
Obrázek 48: PEO aplikovaná na půdních blocích č. 38 a 49	88
Obrázek 49: PEO aplikovaná na půdním bloku č. 46.....	89

11. Seznam tabulek

Tabulka 1: Průměrné rozdělení faktoru R do měsíců vegetačního období v ČR (Janeček et al., 2012)	21
Tabulka 2: Hodnota K faktoru pro jednotlivé HPJ (Janeček et al. 2012)	24
Tabulka 3: Hodnoty C faktoru a způsobu obdělávání (Janeček et al., 2012).....	26
Tabulka 4: Průměrné hodnoty C faktoru pro jednotlivé plodiny (Janeček et al., 2012).....	27
Tabulka 5: Hodnoty C faktoru dle klimatických regionů (Brychta et Petru, 2016) ...	27
Tabulka 6: Hodnoty P faktoru (Janeček et al., 2012)	28
Tabulka 7: Hydrologická charakteristika vlastností půd (Janeček et al., 2012).....	48
Tabulka 8: Ztráta půdy a navržená opatření u jednotlivých půdních bloků	69
Tabulka 9: Změna C faktoru	70

12. Seznam rovnic

Rovnice 1: Univerzální rovnice ztráty půdy (Wischmeier et Smith, 1978).....	20
Rovnice 2: Výpočet R faktoru (Janeček et al., 2012)	21
Rovnice 3: Výpočet kinetické energie i-tého úseku deště (Janeček et al., 2012).....	21
Rovnice 4: Výpočet kinetické energie deště (Janeček et al., 2012).....	21
Rovnice 5: Výpočet K faktoru (Janeček et al. 2008).....	22
Rovnice 6: Výpočet L faktoru (Renard et al., 1997)	24
Rovnice 7: Výpočet S faktoru (Renard et al., 1997).....	24
Rovnice 8: Výpočet LS faktoru (Janeček et al. 2008)	25
Rovnice 9: Výpočet LS faktoru (Mitášová et al., 1996)	57
Rovnice 10: Výpočet Cp (Ministerstvo zemědělství, ©2017)	62
Rovnice 11: Výpočet maximálního přípustného faktoru Lp.....	63
Rovnice 12: Výpočet maximální přípustné délky svahu	63

13. Seznam příloh

Příloha 1: Osevní postupy dodané od JRW-agro, s. r. o.....	105
Příloha 2: Příklad výpočtu C faktoru z osevních postupů	106
Příloha 3: Vlastní fotodokumentace	108

14. Přílohy

Příloha 1: Osevní postupy dodané od JRW-agro, s. r. o.

Půdní blok č.	Roky				
	1	2	3	4	5
3	řepka ozimá	pšenice ozimá	ječmen jarní	hrách setý rolní	pšenice ozimá
28	řepka ozimá	pšenice ozimá	ječmen jarní	hrách setý rolní	pšenice ozimá
49	řepka ozimá	pšenice ozimá	ječmen jarní	hrách setý rolní	pšenice ozimá
38	řepka ozimá	pšenice ozimá	ječmen jarní	hrách setý rolní	pšenice ozimá
8	kukuřice	pšenice ozimá	ječmen jarní	kukuřice	pšenice ozimá
14	kukuřice	pšenice ozimá	ječmen jarní	kukuřice	pšenice ozimá
57	kukuřice	pšenice ozimá	ječmen jarní	kukuřice	pšenice ozimá
1	vojtěška	vojtěška	vojtěška	vojtěška	vojtěška
15	vojtěška	vojtěška	vojtěška	vojtěška	vojtěška
33	vojtěška	vojtěška	vojtěška	vojtěška	vojtěška
34	vojtěška	vojtěška	vojtěška	vojtěška	vojtěška
52	vojtěška	vojtěška	vojtěška	vojtěška	vojtěška
53	vojtěška	vojtěška	vojtěška	vojtěška	vojtěška
45	pšenice ozimá	pšenice jarní	ječmen jarní	řepka ozimá	pšenice ozimá
120	pšenice ozimá	pšenice jarní	ječmen jarní	řepka ozimá	pšenice ozimá
121	pšenice ozimá	pšenice jarní	ječmen jarní	řepka ozimá	pšenice ozimá
132	pšenice ozimá	pšenice jarní	ječmen jarní	řepka ozimá	pšenice ozimá
148	pšenice ozimá	pšenice jarní	ječmen jarní	řepka ozimá	pšenice ozimá
150	pšenice ozimá	pšenice jarní	ječmen jarní	řepka ozimá	pšenice ozimá
72	pšenice ozimá	pšenice jarní	ječmen jarní	řepka ozimá	pšenice ozimá
95	pšenice ozimá	pšenice jarní	ječmen jarní	brambory	pšenice ozimá
96	pšenice ozimá	pšenice jarní	řepka ozimá	pšenice ozimá	pšenice jarní
103	pšenice ozimá	pšenice jarní	řepka ozimá	pšenice ozimá	pšenice jarní
106	pšenice ozimá	pšenice jarní	řepka ozimá	pšenice ozimá	pšenice jarní
109	pšenice ozimá	pšenice jarní	řepka ozimá	pšenice ozimá	pšenice jarní
112	pšenice ozimá	pšenice jarní	řepka ozimá	pšenice ozimá	pšenice jarní
117	pšenice ozimá	pšenice jarní	len setý	pšenice ozimá	pšenice jarní
118	kukuřice	pšenice ozimá	kukuřice	ječmen jarní	kukuřice
65	pšenice ozimá	pšenice jarní	ječmen jarní	len setý	pšenice ozimá

Příloha 2: Příklad výpočtu C faktoru z osevních postupů

Plodina	Období	Kalendářní období		Počet dní	Rden %	Ri	Ci	Ri x Ci	
Řepka ozimá	1	27.7.	31.7.	5	0,9677	0,0484	0,65	0,0315	
		1.8.	6.8.	6	0,8387	0,0503	0,65	0,0327	
	2	7.8.	31.8.	25	0,8387	0,2097	0,7	0,1468	
		1.9.	10.9.	10	0,2667	0,0267	0,7	0,0187	
	3	11.9.	30.9.	20	0,2667	0,0533	0,45	0,024	
		1.10.	31.10.	31	0,0645	0,02	0,45	0,009	
		1.11.	30.11.	30	0	0	0,45	0	
		1.12.	31.12.	31	0	0	0,45	0	
		1.1.	31.1.	31	0	0	0,45	0	
		1.2.	28.2.	28	0	0	0,45	0	
		1.3.	31.3.	31	0	0	0,45	0	
		1.4.	30.4.	30	0,0333	0,01	0,45	0,0045	
	4	1.5.	31.5.	31	0,3548	0,11	0,08	0,0088	
		1.6.	30.6.	30	0,7333	0,22	0,08	0,0176	
		1.7.	22.7.	22	0,9677	0,2129	0,08	0,017	
	5	23.7.	31.7.	9	0,9677	0,0871	0,25	0,0218	
		1.8.	31.8.	31	0,8387	0,26	0,25	0,065	
		1.9.	11.9.	11	0,2667	0,0293	0,25	0,0073	
	Výsledný C faktor pro řepku ozimou								0,4046
	Pšenice ozimá	1	12.9.	26.9.	15	0,2667	0,04	0,65	0,026
2		27.9.	30.9.	4	0,2667	0,0107	0,7	0,0075	
		1.10.	31.10.	31	0,0645	0,02	0,7	0,014	
3		1.11.	30.11.	30	0	0	0,45	0	
		1.12.	31.12.	31	0	0	0,45	0	
		1.1.	31.1.	31	0	0	0,45	0	
		1.2.	28.2.	28	0	0	0,45	0	
		1.3.	31.3.	31	0	0	0,45	0	
		1.4.	30.4.	30	0,0333	0,01	0,45	0,0045	
4		1.5.	31.5.	31	0,3548	0,11	0,08	0,0088	
		1.6.	30.6.	30	0,7333	0,22	0,08	0,0176	
		1.7.	28.7.	28	0,9677	0,271	0,08	0,0217	
5		29.7.	31.7.	3	0,9677	0,029	0,25	0,0073	
		1.8.	31.8.	31	0,8387	0,26	0,25	0,065	
		1.9.	30.9.	30	0,2667	0,08	0,25	0,02	
		1.10.	31.10.	31	0,0645	0,02	0,25	0,005	
		1.11.	30.11.	30	0	0	0,25	0	
	1.12.	31.12.	31	0	0	0,25	0		
	1.1.	31.1.	31	0	0	0,25	0		
1.2.	28.2.	28	0	0	0,25	0			

Plodina	Období	Kalendářní období		Počet dní	Rden %	Ri	Ci	Ri x Ci
		1.3.	15.3.	15	0	0	0,25	0
Výsledný C faktor pro pšenici ozimou								0,1973
Ječmen jarní	1	16.3.	27.3.	12	0	0	0,65	0
	2	28.3.	31.3.	4	0	0	0,7	0
		1.4.	30.4.	30	0,0333	0,01	0,7	0,007
	3	1.5.	31.5.	31	0,3548	0,11	0,45	0,0495
	4	1.6.	30.6.	30	0,7333	0,22	0,08	0,0176
		1.7.	31.7.	31	0,9677	0,3	0,08	0,024
		1.8.	13.8.	13	0,8387	0,109	0,08	0,0087
	5	14.8.	31.8.	18	0,8387	0,151	0,25	0,0377
		1.9.	30.9.	30	0,2667	0,08	0,25	0,02
		1.10.	31.10.	31	0,0645	0,02	0,25	0,005
		1.11.	30.11.	30	0	0	0,25	0
		1.12.	31.12.	31	0	0	0,25	0
		1.1.	31.1.	31	0	0	0,25	0
		1.2.	28.2.	28	0	0	0,25	0
	1.3.	10.3.	10	0	0	0,25	0	
Výsledný C faktor pro ječmen jarní								0,1696
Hrách setý rolní	1	11.3.	21.3.	11	0	0	0,65	0
	2	22.3.	31.3.	10	0	0	0,7	0
		1.4.	28.4.	28	0,0333	0,0093	0,7	0,0065
	3	29.4.	30.4.	2	0,0333	0,0007	0,45	0,0003
		1.5.	28.5.	28	0,3548	0,0994	0,45	0,0447
	4	29.5.	31.5.	3	0,3548	0,0106	0,08	0,0009
		1.6.	30.6.	30	0,7333	0,22	0,08	0,0176
		1.7.	27.7.	27	0,9677	0,2613	0,08	0,0209
	5	28.7.	31.7.	3	0,9677	0,029	0,25	0,0073
1.8.		31.8.	31	0,8387	0,26	0,25	0,065	
1.9.		5.9.	5	0,2667	0,0133	0,25	0,0033	
Výsledný C faktor pro hrách setý rolní								0,1665
Pšenice ozimá	1	6.9.	20.9.	15	0,2667	0,04	0,65	0,026
	2	21.9.	30.9.	10	0,2667	0,0267	0,7	0,0187
		1.10.	28.10.	28	0,0645	0,0181	0,7	0,0126
	3	29.10.	31.10.	3	0,0645	0,0019	0,45	0,0009
		1.11.	30.11.	30	0	0	0,45	0
		1.12.	31.12.	31	0	0	0,45	0
		1.1.	31.1.	31	0	0	0,45	0
		1.2.	28.2.	28	0	0	0,45	0
		1.3.	31.3.	31	0	0	0,45	0
		1.4.	30.4.	30	0,0333	0,01	0,45	0,0045

Plodina	Období	Kalendářní období		Počet dní	Rden %	Ri	Ci	Ri x Ci
	4	1.5.	31.5.	31	0,3548	0,11	0,08	0,0088
		1.6.	30.6.	30	0,7333	0,22	0,08	0,0176
		1.7.	23.7.	23	0,9677	0,2226	0,08	0,0178
	5	24.7.	26.7.	3	0,9677	0,029	0,25	0,0073
Výsledný C faktor pro pšenici ozimou								0,1141
HODNOTA C FAKTORU PRO PŮDNÍ BLOKY č. 3, 28, 49, 38								0,210

Příloha 3: Vlastní fotodokumentace



Obrázek P1: Půdní blok č. 32 (30.10.2022)



Obrázek P2: Půdní blok č. 11 (23.3.2023)



Obrázek P3: Půdní blok č. 28 (12.3.2023)



Obrázek P4: Bezejmenný vodní tok, kde byla navrhována revitalizace PEO8 (10.3.2023)



Obrázek P5: Jeden z remízků nacházející se na půdním bloku č. 118 (12.3.2023)



Obrázek P6: Půdní blok č. 69 (30.10.2022)



Obrázek P7: Půdní blok č. 72 (12.3.2023)



Obrázek P8: Bezejmenný vodní tok, kde byla navrhována revitalizace PEO19 (12.3.2023)



Obrázek P9: Půdní blok č. 121 (12.3.2023)



Obrázek P10: Půdní blok č. 109 (12.3.2023)



Obrázek P11: Půdní blok č. 108 (12.3.2023)



Obrázek P12: Půdní blok č. 132, v pozadí půdní blok č. 92 (12.3.2023)



Obrázek P13: Počapelský potok, kde byla navrhována revitalizace PEO32 (10.3.2023)



Obrázek P14: Půdní blok č. 38 (10.3.2023)



Obrázek P15: Druhý pohled na půdní blok č. 38 (10.3.2023)