

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta Životního prostředí

Katedra Plánování krajiny a sídel



Bakalářská práce

**Posouzení míry erozního ohrožení zemědělských ploch
v k.ú. Líšnice u Prahy**

Vedoucí práce: Ing. Jan Petruš

Bakalant: Adam Kulháněk

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Adam Kulhánek

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Posouzení míry erozního ohrožení zemědělských ploch v k.ú. Líšnice u Prahy.

Název anglicky

Assessment of the degree of erosion threat of agricultural areas in the cadastral territory of Líšnice u Prahy.

Cíle práce

Bakalářská práce popisuje problematiku eroze půdy. Dále charakterizuje zkoumané území a stanovuje jednotlivé erozní faktory pro zkoumaného území. Hlavním cílem je posouzení míry erozního ohrožení vybraných zemědělských ploch na katastrálním území Líšnice u Prahy.

Metodika

Práce bude rozdělena do tří částí. V první části práce bude zpracována rešerše, která se bude zabývat půdou, problematikou degradace půdy a erozí. V této části práce bude i popsána rovnice USLE a jejich šest erozních faktorů. Druhá část práce bude rešerše, ve které bude představeno zkoumané území. Bude uvedena klimatická, hydrologická, geologická a pedologická situace zkoumaného území s doprovodným materiálem v podobě fotek z terénu a výstupů z prostředí ArcMap.

Ve třetí části práce bude vyhodnocena ohroženost zemědělských pozemků vodní erozí za pomoci univerzální rovnice pro ztrátu půdy.

Doporučený rozsah práce

dle nařízení děkana č.01/2020 – Metodické pokyny pro zpracování bakalářské práce na FŽP

Klíčová slova

půda, USLE, BPEJ, ArcGIS

Doporučené zdroje informací

- JANEČEK, M. a kol., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Praha: Česká zemědělská univerzita, s.113. ISBN 978-80-87415-42-9.
- MORGAN, R P C. – NEARING, M A. *Handbook of erosion modelling*. Chichester, West Sussex, UK ; Hoboken, N.J.: Wiley, 2011. ISBN 9781405190107.
- NOVOTNÝ, I. a kol., 2014: Příručka ochrany proti vodní erozi. Ministerstvo zemědělství Těšnov, Praha, s.78. ISBN 978-80-87361-33-7.
- PADO, R., 2004: Půda – biologický filter Zeme. Liptovský Mikuláš: Typopress, s.r.o., s.127. ISBN 80-08-02428-3.
- SVATOŠ, M., 2008: Ekonomika agrárního sektoru. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, s.173. ISBN 978-80-213-1846-5.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jan Petrů

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2023

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 1. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 11. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Posouzení míry erozního ohrožení zemědělských ploch v k.ú. Líšnice u Prahy. vypracoval samostatně a citoval/a jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou 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 vědom, že odevzdáním bakalářské 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 22.03.2023

Adam Kulhánek

Poděkování

Za skvělý přístup, komunikaci a celkovou pomoc ve vedení mé bakalářské práce bych chtěl především poděkovat vedoucímu mé práce Ing. Janovi Petřů.

Poděkování patří i mé rodině, která mě nepřetržitě podporovala v mém studiu a tvorbě bakalářské práce.

Za možná netradiční způsob poděkování, patří i mému zesnulému kamarádovi, taktéž studentovi ČZU, Jindřichovi Pernfussovi, který mě vždy motivoval do studia.

V Praze dne 22.03.2023

Adam Kulhánek

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá stanovení erozního ohrožení zemědělských ploch na katastrálním území Líšnice u Prahy.

V teoretické části práce jsou vysvětleny pojmy jako je půda a její degradace, které navazují na téma eroze, která je také vysvětlena a rozčleněna. Dále jsou nastíněny témata a pojmy jako je BPEJ, HPJ a rovnice USLE a její faktory, které jsou nezbytné pro stanovení míry erozního ohrožení v praktické části práce.

V praktické části bakalářské práce je nejdříve charakterizováno zájmové území, na kterém se vyhodnocuje erozní ohroženost. Dále je v této části práce za pomoci rovnice USLE a programu ArcMap představen postup vypočítání a vytvoření jednotlivých faktorů rovnice USLE a klíčových částí pro jejich vytvoření. Výsledným výstupem je znázornění míry erozně ohrožených půdních bloků vodní erozí.

Závěrem je tak samotné posouzení míry erozního ohrožení zemědělských ploch.

Klíčová slova: Půda, USLE, BPEJ, ArcGIS

Abstract

This bachelor thesis deals with the determination of the erosion threat to agricultural areas in the cadastral area of Líšnice u Prahy.

In the theoretical part of the thesis, concepts such as soil and its degradation are explained and related to the topic of erosion, which is also explained and broken down. Furthermore, topics and concepts such as BPEJ, HPJ and the USLE equation and its factors are outlined, which are necessary for determining the erosion hazard rate in the practical part of the thesis.

In the practical part of the bachelor thesis, the area of interest in which the erosion hazard is assessed is first characterized. Then, in this part of the thesis, using the USLE equation and the ArcMap program, the procedure for calculating and creating the different factors of the USLE equation and the key parts for their creation is presented. The resulting output is a representation of the extent of soil blocks threatened by water erosion.

Finally, the actual assessment of the erosion hazard rate of agricultural areas is thus concluded.

Keywords: Soil, USLE, BPEJ, ArcGIS

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Teoretická část.....	11
2.1 Půda.....	11
2.2 Degradace půdy.....	12
2.3 Eroze	13
2.3.1 Vodní eroze.....	14
2.3.2 Větrná eroze.....	14
2.4 Zemědělský půdní fond.....	15
2.5 BPEJ.....	15
2.5.1 1. Pořadí číslice v kódu BPEJ – Klimatický region.....	16
2.5.2 2. a 3. Pořadí číslice v kódu BPEJ – Hlavní půdní jednotka	17
2.5.3 4. Pořadí číslice v kódu BPEJ – Sklonitost a expozice.....	17
2.5.4 5. Pořadí číslice v kódu BPEJ – Skeletovitost a hloubka půdy	19
2.6 Rovnice USLE a její faktory	21
2.6.1 Faktor R	22
2.6.2 Faktor K.....	23
2.6.3 Faktor L, S	24
2.6.4 Faktor C	25
2.6.5 Faktor P.....	26
3 Zájmové území	28
3.1 Charakteristika území.....	28
3.2 Klimatická charakteristika území.....	29
3.3 Hydrologická charakteristika území	30
3.4 Geologická a Geomorfologická charakteristika území	31
3.5 Pedologická charakteristika území.....	32
4 Praktická část/Vyhodnocení USLE	33
4.1 Výběr zájmového území	33
4.2 Metoda vyhodnocení míry erozního ohrožení	34
4.3 Použitá data	34
4.4 Digitální model reliéfu	34
4.5 Faktor L, S.....	35
4.5.1 Sklonitost	35
4.5.2 Akumulace povrchového odtoku	36
4.5.3 Faktor L, S	38
4.6 Faktor K	40
4.7 Faktor R.....	42

4.8	Faktor C.....	42
4.9	Faktor P.....	44
5	Výsledky.....	45
5.1.1	Maximální přípustná ztráta půdy.....	45
5.1.2	Průměrná ztráta půdy pro jednotlivé pixely.....	46
5.1.3	Průměrná ztráta půdy pro jednotlivé pozemky – půdní bloky.....	47
5.1.4	Stanovení ohrožených lokali erozí.....	49
6	Diskuse.....	51
7	Závěr.....	52
8	Seznam použitých zdrojů.....	53
9	Seznam obrázků, tabulek, grafů, zkratk a příloh.....	57
9.1	Seznam obrázků.....	57
9.2	Seznam tabulek.....	57
9.3	Seznam rovnic.....	58
9.4	Seznam použitých zkratk.....	58
9.5	Seznam příloh.....	58
10	Přílohy.....	59

1 Úvod

Půda je jedním z životně důležitých součástí pro život na zemi. Slouží člověku jako zdroj surovin, které jsou nedílné pro přežití, ale má i kulturní vlastnosti jako je zaznamenávání historických událostí (Pavlů, 2018).

Ale i přes důležitost významu půdy pro člověka, je právě člověk ten faktor, který zapříčiňuje degradaci a samotnou ztrátu půdy zejména nevhodným zemědělským obhospodařováním (Vopravil a kol, 2013).

Degradace půdy nastává v případě, kdy půda ztrácí své schopnosti plnit přirozené funkce. Nejčastějším druhem degradace půd je eroze, která zapříčiňuje odnos půdních částic z půdního profilu a tím i samotnou neúrodnost půd a ztrátu její kvality (Novák a kol, 2013).

Nejčastějším druhem eroze je vodní eroze, která je definována jako přírodní proces, ve kterém dochází k rozrušování povrchu půdy dešťovými kapkami a následným povrchovým odtokem jsou odnášeny půdní částice rozrušeného půdního povrchu (eAGRI, 2019).

Člověk tento proces tak může nevratně urychlit, právě nevhodným zemědělským postupem. Vyvarováním se postupné degradaci a ztráty půdy je za potřebí změnit způsob obdělávání zemědělských ploch (Janeček a kol, 2012).

Konkrétně eroze se dá rozlišit na dva typy. Na erozi normální, která je způsobena přirozenými přírodními silami a na erozi zrychlenou, která je způsobena právě způsobem lidským faktorem (Bennet, 1939).

Za pomoci moderních technologií GIS lze odhadnout místo erozního působení a jeho míru. Na základě těchto výsledků lze aplikovat protierozní opatření pro snížení nebo redukce erozních činností.

Cíl práce

Hlavním cílem práce je stanovit a posoudit míru erozního ohrožení zemědělských ploch na zájmovém území. Dále popsat problematiku degradace půdy, eroze, výpočtu ztráty půdy za pomoci rovnice USLE a jejích faktorů.

V teoretické části je blíže specifikována půda a její degradace, druhy degradace a následně i samotná eroze. Dále je zde popsána problematika bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ) a zemědělský půdní fond (ZPF), které jsou zásadní pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy rovnicí USLE, která je taktéž popsána a použita v praktické části práce.

V druhé části teoretické rešerše je blíže charakterizováno zájmové území. Součástí této části práce je i fotodokumentace zájmového území umístěná v přílohách.

V praktické části je vypočítána a vyhodnocena míra erozního ohrožení za pomoci rovnice USLE a jejích faktorů. Výpočet a vyhodnocení je provedeno za pomoci programu ArcMap.

2 Teoretická část

Teoretická část bakalářské práce přiblíží tematické okruhy, které jsou spojené s praktickou částí bakalářské práce a jsou tak nezbytné pro její pochopení. Dále má teoretická část za úkol přiblížit důležité pojmy a specifikace. Má přiblížit problematiku degradace půdy, erozi a její různé příčiny a druhy. Vysvětlení Bonitární půdní jednotky, které je důležitá pro výpočet erozní ohroženosti. Zároveň i přiblížení rovnice USLE a jejích faktorů na kterých se zakládá praktická část bakalářské práce.

2.1 Půda

Existuje mnoho definic pro pojem půda. Všechny definice se shodují v tom, že půda je základním pilířem pro život na zemi a pro všechny organismy. Je tak důležité o ní náležitě pečovat a učit se o ní. Definice pojmu půda se rozcházejí podle oborů, které se půdou zabývají.

V obecném hledisku můžeme půdu definovat podle Tomáška (2014) takto:

„ Půda, jeden ze základních výrobních prostředků člověka a hlavních kamenů lidské civilizace vůbec, tvoří svrchní část pevného zemského povrchu – pedosféru, která vzniká na tak zvané kůře zvětrávání. “

V pedologickém pojetí, tedy podle vědy, která se zabývá samotnou půdou a celým půdním pokryvem, půdu řadíme do dvou kategorií podle funkcí půd. První kategorie jsou funkce produkční, které jsou spojeny s využitím půdy v zemědělském nebo jakémkoli jiném formátu, který přináší člověku užitek z výnosu půdy. Půda je zde brána jako využitelný zdroj. Druhá kategorie funkce půdy je definována jako mimoprodukční, která je pro lidstvo taktéž důležitá. Můžeme do této funkce půdy zařadit zadržování, filtrování a transformování látek (Pavlů 2018).

Ministerstvo životního prostředí (2015) definuje půdu jako:

„Dynamický, stále se vyvíjející živý systém. Přežití a prosperita všech suchozemských biologických společenstev, přirozených i umělých, závisí na vrchní vrstvě Země. Půda je tak nejcennější přírodní bohatství. Je tak i přirozenou součástí národního bohatství. Půdu je proto nutné chránit. “

Profesor Drobník v roce 2007 uvedl že v právních vztazích se pojem půda označuje jako zemský povrch zejména v oblasti vlastnických a majetkových vztahů nebo hmotný

substrát Země, především její svrchní, úrodnou a životodárnou vrstvu v souvislosti s ochranou půdy nebo zákony o zemědělství (Drobník, 2007).

2.2 Degradace půdy

Degradace půdy je přírodní proces, který ale může být urychlen aktivním působením člověka. Můžeme to nazvat jako výstup interakčních procesů člověka s přírodou, kde klíčovou roli hrají faktory jako jsou půda, klima, využití půdy a ekonomika. Postupným degradováním půdy se postupně snižují stávající či budoucí schopnosti půdy podporovat život (Lacková, Růžičková, Urbancová 2015).

Jak bylo zmíněno na zasedání Evropské komise (European Commission) v roce (2012) tak: „*Degradace a ztráta půdy má přímý dopad na kvalitu ovzduší a vody, biodiverzity a klimatu. Může také zapříčinit zhoršování zdraví obyvatelstva kvůli následnému zhoršování kvality potravin.*“ (European Commission, 2012)

Půdy jsou pravidelně vystavovány různým druhům vnějšího zatížení, které mohou intenzitu a rychlost degradace půdy přímo ovlivňovat. Půdy však mohou být i ovlivňovány samotnými vnitřními vlastnostmi půd, které nejdou nijak ovlivnit. Vnější zatížení je udáváno děním okolního prostředí kolem půdy. Mezi ovlivnitelné vnější zatížení můžeme zařadit hospodaření. Mezi neovlivnitelné patří klima a počasí (Vopravil, 2012).

Degradaci půd můžeme rozřadit na dva typy. Fyzikální a Chemická degradace. U fyzikálních degradací půd jsou narušovány fyzikální vlastnosti půdy jako je například půdní textura, půdní struktura, pórovitost půdy, tepelné poměry v půdě a barva půdy. Fyzikální vlastnosti jsou narušovány působením vnějších sil jako je například rozrušování a utužování povrchu těžkou zemědělskou technikou, desertifikace, odnos orné půdy větrnou nebo vodní erozí, zábor půdy a celková ztráta mocnosti půdního profilu (eAGRI, 2019).

Fyzikální degradace může být zapříčiněna převážně různými faktory převážně naturálními jako je výše zmíněná eroze, změna klimatických podmínek, přirozený proces zvětrávání a desertifikace. Avšak fyzikální degradace se může také vyskytnout nebo vytvořit v půdě všude jako důsledek nadměrné mechanické, chemické, fyzikálně-chemické, vodní nebo biologické zátěže způsobenou lidskou činností (Elmira, 2021).

Do chemické degradace půd můžeme zařadit kontaminaci půd látkami, které půdu poškozují. Látky mohou být organické i cizorodé. Hlavní příčinou chemické degradace půd je Acidifikace, eutrofizace a salinizace. Projevy acidifikace, také kyselosti půd jsou poškození porostů a následné snížení výnosu pěstovaných rostlin. Dále destrukce půdy a její

odolnosti vůči erozi. Eliminace acidifikace lze provést za pomoci metody vápnění, která neutralizuje kyselost půdy (Hůla, Procházková a kol., 2008).

Eutrofizace i společně s acidifikací je způsobována nadměrnou aplikací minerálních hnojiv na bázi dusíku, fosforu a draslíku (Klimatická změna, 2023).

Mezi hlavní degradační faktory v ČR jsou:

- Eroze půdy (vodní a větrná)
- Acidifikace (okyselování) půd
- Zastavování území
- Utužení půdy
- Dehumifikace (úbytek organické hmoty)

(Vopravil, 2012)

2.3 Eroze

Eroze je geologický proces, při kterém dochází k odnášení a přemísťování zemních materiálů přírodními silami, jako je vítr nebo voda. Eroze je opak depozice, při které dochází k ukládání nebo vytváření zemních materiálů na povrchu terénu. Přítomnost aktivní erozní činnosti v přírodě lze zpozorovat jako hnědou zakalenou nebo bahnitou vodou, která odvádí půdní částice po proudu. Hnědá barva vody indikuje, že kousky horniny a půdy jsou zavěšeny v tekutině a jsou přenášeny z jednoho místa na druhé. Dále je erozi možno zpozorovat jako prašný vítr ve kterém jsou taktéž zavěšeny horniny a půdy ve vzduchu (National Geographic, 2022).

Jedna ze starších zmínek o erozi půdy z roku (1911) zaznamenal americký vědec W.J. Mc Gee ve své knize *Soil erosion* vydané pod záštitou ministerstva zemědělství v USA. Ve své knize přibližuje definici eroze jako jev při, kterém dochází k přemísťování materiálu z vyšších poloh do nižších za příčiny prudkých dešťů (Mc Gee, 1911).

Velký pokrok v problematice eroze udělal americký vědec Hugh Hammond Bennett o necelých čtyřicet let později, a to v roce (1939). Ve svém díle *Soil Conservation* upozorňuje, že eroze je i důsledkem hospodaření člověka, které erozi zvyšuje například odstraňováním lesních porostů, keřů a rozrušování povrchu půdy obděláváním a pošlapáváním dobytka. Eroze se vyskytuje zejména na pozemcích, které jsou náchylné k dešťovým smyvům. Urychlení smyvu dále závisí na charakteru půdy, klimatických

podmínek, vegetačního krytu, svažitosti, narušení půdního povrchu a vyčerpání absorpční schopnosti půdy (Bennet, 1939).

Eroze lze snížit nebo zredukovat vhodným protierozním opatřením nebo změnou zemědělského hospodaření. Například způsob ekologického zemědělství, které zlepšuje úrodnost a obejde se bez masivního využívání pesticidů. V české republice se trend ekologického zemědělství pomalu rozrůstá (Svatoš, 2008).

2.3.1 Vodní eroze

Hlavním činitelem eroze na Zemi je kapalná voda, která dopadá na povrch půdy a svou kinetickou energií rozrušuje zemský povrch půdy společně s povrchovým odtokem. Vodní eroze se dělí na plošnou, výmolvou a proudovou (Holý, 1978).

Plošná eroze je převážně způsobována povrchovým odtokem, který postupně odebírá půdu a snižuje mocnost půdního profilu v některých extrémních případech až na samotné skalní podloží. Plošná eroze je rovnoměrná na celé ploše půdního bloku. Má zároveň několik fází projevu. První fáze se projevuje ve formě malých důlků vytvořených dopadem a přenosem kinetické energie kapek deště. Jeli povrch nakloněný, tak voda, která je soustředována na povrchu odnáší po spádnicí nejmenší půdní částice. Na povrchu půdy tak zůstávají největší kusy půdy tak zvaný hrubozrnný skelet. Postupně tak vzniká rýžková eroze, která je příčinou soustředování povrchového odtoku. Důsledek rýžkové eroze jsou následně erozní rýhy, které jsou spolu se stržemi nejvyšší formou projevu vodní plošné eroze (Janeček a kol, 2008).

2.3.2 Větrná eroze

Větrná eroze označována i jako eolická je dynamický proces, při kterém jsou půdní částice oddělovány a přemístovány erozní silou větru, když je překročena prahová hodnota odolnosti půdy vůči erozi. Rychlost a rychlost je ovlivněna klimatickou, antropogenní a geologickou podmínkou na území výskytu větrné eroze. Silné větrné bouře, které mají za příčinu erozní odnosy půdy z pozemků jsou vyvolány náhlými výkyvy počasí. Nejnáchylnější druh půdy k větrné erozi jsou půdy s nízkým obsahem organické hmoty a půdy intenzivně sešlapávané a spásané (Imdad, Rafique, 2019).

Půdní částice jsou oddělovány a přenášeny větrem. Následně se půdní částice usazují ve vzdálenosti od zdroje v důsledku náhlých změn nosnosti větru. Větrná eroze je principem

podobná jako vodní eroze a zahrnují tak proces odtrhávání, transport a ukládání půdní částice (Imdad, Rafique, 2019).

2.4 Zemědělský půdní fond

Součástí půdy je tak zvaný Zemědělský půdní fond (ZPF), který je souborem zemědělských udržovaných lokalit jako jsou orné půdy, chmelnice, vinice, zahrady, ovocné sady, trvalé travní porosty. Do ZPF se zařazuje, ale i půda, která byla v minulosti a má být i v budoucnosti zemědělsky obhospodařována, avšak aktuálně není nijak zemědělsky obhospodařována. Do zemědělského půdního fondu mimo pozemky, kde se provádí samotné hospodaření patří i nezemědělská půda k aktivnímu udržování zemědělské výroby. Tyto pozemky jsou například polní cesty, dále pozemky, na kterých jsou umístěny závlahy, závlahové vodní nádrže, odvodňovací příkopy, technická protierozní opatření a celkově veškeré ostatní technické zabezpečení pozemků pro podporu zemědělského obhospodařování půdy. Celková ochrana Zemědělského půdního fondu vede ke zlepšování aktuálního stavu životního prostředí v jeho okolí (Zákon č. 334/1992 Sb.).

2.5 BPEJ

Bonitovaná půdně ekologická jednotka ve zkratce BPEJ je systém ohodnocení schopnosti zemědělských půd a podmínek k jejich využití pomocí pětímístného kódu ve kterém je blíže definována každá bonitovaná půdně ekologická jednotka. Dále vyhodnocuje ekonomické charakteristiky každé příslušné BPEJ. Základní soustava obsahuje 2140 příslušných bonitovaných půdních ekologických jednotek (VÚMOP, 2019).

Pětímístný kód BPEJ (Tabulka 1) v každé číslici kódu nese informaci o klimatickém regionu, hlavní půdní jednotce, sklonitosti a expozici ke světovým stranám, skeletovitostí a hloubce půdy (Vyhláška č. 227/2018 Sb.).

Označení kódu BPEJ	Pořadí číslice v kódu BPEJ		Rozsah hodnot
X.xx.xx	1.	kód klimatického regionu	0-9
x.XX.xx	2. a 3.	kód hlavní půdní jednotky	01-78
x.xx.Xx	4.	sdužený kód sklonitosti a expozice	0-9
x.xx.xX	5.	sdužený kód skeletovitosti a hloubky půdy	0-9

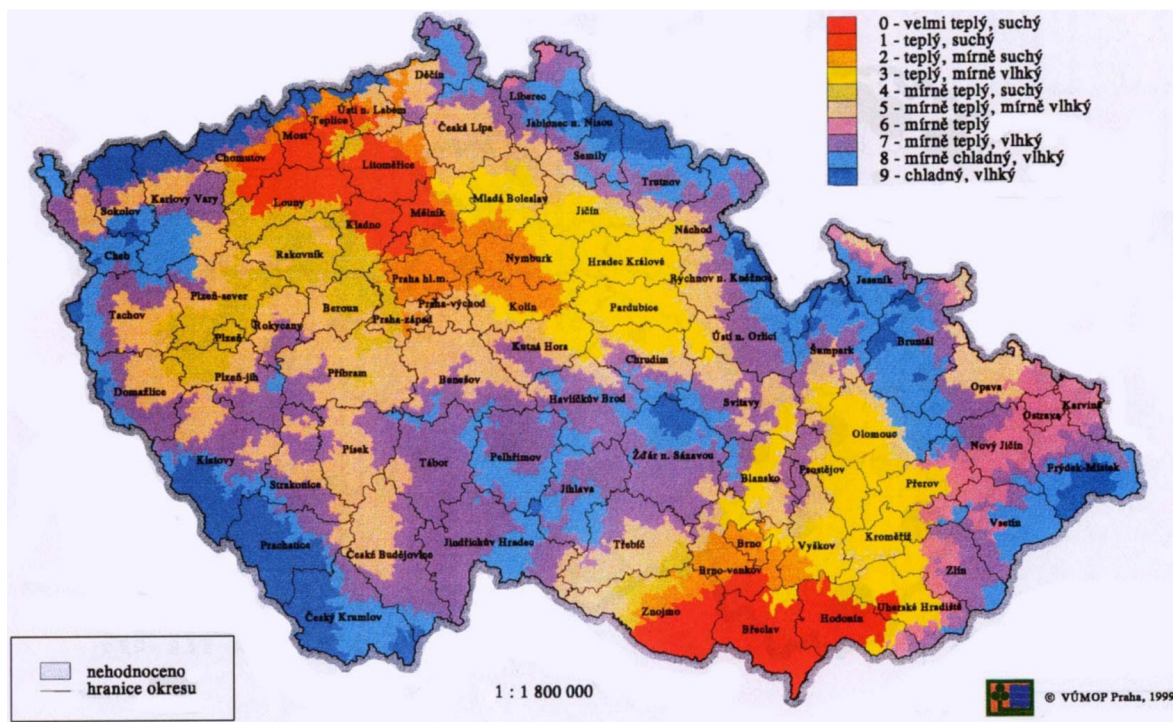
Tabulka 1 - Označení BPEJ (<https://bpej.vumop.cz>)

2.5.1 1. Pořadí číslice v kódu BPEJ – Klimatický region

Klimatické regiony byly rozříděny do deseti regionů (Tabulka 2) na základě mnoha kritérií jako jsou průměrné denní teploty rovných nebo vyšších deseti stupňů celsia, průměrné roční teploty, průměrné teploty ve vegetačním období, průměrný roční úhrn srážek, průměrný roční úhrn srážek ve vegetačním období, pravděpodobnost výskytu suchých vegetačních období udaných v procentech společně s dalšími faktory jako je nadmořská výška nebo faktor mezoreliéfu. Všechny tyto kritéria byla zpracována Českým hydrometeorologickým úřadem, který společně s výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy stanovil lokality všech deseti klimatických regionů na mapě ČR (Obrázek 1). Základní členění bylo stanoveno na oblasti: velmi teplé, teplé, mírně chladné a chladné s podříděním subregionů na suché, mírně suché, mírně vlhké a vlhké (VÚMOP, 2019).

Kód regionů	Symbol regionů	Charakteristika regionů	Suma teplot nad 10 °C	Průměrná roční teplota °C	Průměrný roční úhrn srážek v mm	Pravděpodobnost suchých vegetačních období	Vláhová jistota
0	VT	velmi teplý, suchý	2800 - 3100	9 - 10	500 - 600	30 - 50	0 - 3
1	T 1	teplý, suchý	2600 - 2800	8 - 9	< 500	40 - 60	0 - 2
2	T 2	teplý, mírně suchý	2600 - 2800	8 - 9	500 - 600	20 - 30	2 - 4
3	T 3	teplý, mírně vlhký	2500 - 2800	(7) 8 - 9	550 - 650 (700)	10 - 20	4 - 7
4	MT 1	mírně teplý, suchý	2400 - 2600	7 - 8,5	450 - 550	30 - 40	0 - 4
5	MT 2	mírně teplý, mírně vlhký	2200 - 2500	7 - 8	550 - 650 (700)	15 - 30	4 - 10
6	MT 3	mírně teplý (až teplý), vlhký	2500 - 2700	7,5 - 8,5	700 - 900	0 - 10	> 10
7	MT 4	mírně teplý, vlhký	2200 - 2400	6 - 7	650 - 750	5 - 15	> 10
8	MCH	mírně chladný, vlhký	2000 - 2200	5 - 6	700 - 800	0 - 5	> 10
9	CH	chladný, vlhký	pod 2000	< 5	> 800	0	> 10

Tabulka 2- Charakteristika klimatických regionů (Výhláška MZe, 327/1998 Sb.)



Obrázek 1 - Klimatické regiony na území ČR (VÚMOP 1999)

2.5.2 2. a 3. Pořadí číslice v kódu BPEJ – Hlavní půdní jednotka

HPJ neboli hlavní půdní jednotka je soubor různých půdních forem, které jsou dány genetickým půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí, sklonitostí terénu, hloubkou půdního profilu a skeletovitostí. Hlavních půdních jednotek je celkově 78 a jsou rozřazeny do 13 skupiny (Klečka, 1984).

2.5.3 4. Pořadí číslice v kódu BPEJ – Sklonitost a expozice

Kombinace sklonitostí a expozice ovlivňují kvalitu výsledné BPEJ. Zejména tak sklonitost pozemku ovlivňuje hospodaření po stránce technické jako použití vhodné zemědělské techniky nebo vytváření možné vyšší erozní ohroženosti vodní erozí. Expozice pozemku může ovlivňovat vegetace z důvodu odlišných teplotních podmínek, způsobených členitým terénem, zároveň i případného nedostatku slunečního svitu a srážek. Důležité je vymezení pozemků se severní, ale i jižní expozicí (VUMOP 2019).

Sklonitost je udávána ve stupňové škále, která vypovídá o sklonu pozemku. Sklonitost je podle sklonu pozemku ve stupních rozřazena do 7 skupin od 0-25 stupňů (Tabulka 3) (Vyhláška MZe 327/1998 Sb.).

Kód	Kategorie	Charakteristika
0	0 - 1°	úplná rovina
1	1 - 3°	rovina
2	3 - 7°	mírný sklon
3	7 - 12°	střední sklon
4	12 - 17°	výrazný sklon
5	17 - 25°	příkrý sklon
6	25°	sráz

Tabulka 3 - Kategorie sklonitosti podle sklonu (Vyhláška MZe, 327/1998 Sb.)

Expozice je rozdělena do čtyř kategorií (Tabulka 4), které udávají polohu území BPEJ vůči světovým stranám sever, jih. Východ a západ jsou společně v jedné kategorii a v poslední kategorii je všesměrná expozice (Vyhláška MZe 327/1998 Sb.).

Kód	Charakteristika
0	se všesměrnou expozicí
1	jih (jihozápad až jihovýchod)
2	východ a západ (jihozápad až severozápad , jihovýchod až severovýchod)
3	sever (severozápad až severovýchod)

Tabulka 4 - Kategorie expozice podle světových stran (Vyhláška MZe 327/1998 Sb.)

4. číslo v kódu BPEJ je tak kombinace sklonitosti a expozice podle tabulky (Tabulka 5) níže. Je tak rozdělena do desíti skupin udaných podle poměru hodnot sklonitosti a expozice (Vyhláška MZe 327/1998 Sb.).

Číselný kód	Kód sklonitosti	Kód expozice
0	0 - 1	0
1	2	0
2	2	1
3	2	3
4	3	1
5	3	3
6	4	1
7	4	3
8	5 - 6	1
9	5 - 6	3

Tabulka 5 - Poměr sklonitosti a expozice (Vyhláška MZe 327/1998 Sb.)

2.5.4 5. Pořadí číslice v kódu BPEJ – Skeletovitost a hloubka půdy

Pátá číslice v kódu BPEJ je udána poměrem Skeletovitosti a hloubky půdy.

Skeletovitost půdy je obecně udávána v procentuální škále v 6 hladinách od 0-75 % a výše. Dále se skelet rozřazuje podle velikosti průměru skeletu v milimetrech do 4 skupiny, které jsou označeny jako hrubý písek, štěrk, kamení a bloky. Hodnoty průměrů skeletu se zde pohybují v rozmezí 2,1 – 4, 4,1 – 30, 30,1 – 300, 300 a více mm v průměru (Tomášek, 2014).

Charakteristika Skeletovitosti půdy v 5. čísle BPEJ je rozdělena podle vlastní procentuální škály skeletovitosti do 4 skupiny (Tabulka 6), které jsou do 10% obsahu skeletu bezskeletovité, 10-25% obsahu skeletu, slabě skeletovité, 25–50% obsahu skeletu, středně skeletovité 25-50% obsahu skeletu, silně skeletovité nad 50% obsahu skeletu (Vopravil, 2021).

Kód	Charakteristika		
0	bezskeletovitá, s příměsí	s celkovým obsahem skeletu	do 10%
1	slabě skeletovitá	s celkovým obsahem skeletu	10 - 25%
2	středně skeletovitá	s celkovým obsahem skeletu	25 - 50%
3	silně skeletovitá	s celkovým obsahem skeletu	nad 50%

Tabulka 6 - Skeletovitost půdy (Vyhláška MZe 327/1998 Sb.)

Hloubka půdního profilu je udávána v centimetrech může být rozdělena do čtyř kategorií, a to mělké půdy pod 30 cm, střední půdy 30–60 cm, hluboké půdy 60–120 cm a velmi hluboké půdy nad 120 cm (Tomášek, 2014).

Charakteristika hloubky půdy (Tabulka 7) v pátém čísle BPEJ je ale udána ve třech skupinách o hloubce udané v cm a to do 30 cm, 30-60 cm a 60 cm a více (Vyhláška MZe, 327/1998 Sb.).

Kód	Charakteristika	
0	> 60 cm	půda hluboká
1	30 - 60 cm	půda středně hluboká
2	<30cm	půda mělká

Tabulka 7 - Hloubka půdy (Vyhláška MZe 327/1998 Sb.)

Výsledná pátá číslice kódu BPEJ je kombinace hodnot skeletovitosti a hloubky půdního profilu rozdělena do deseti tříd (Tabulka 8). Třídy 7, 8 a 9 jsou určeny pouze pro půdy o sklonitosti nad 12° (Vlček a kol, 2017).

Jedná se o nevyvinuté rankerové půdy s hrubým obsahem skeletu, které jsou spíše lesními stanovišti. Produktivita lesu na rankerových půdách je velmi vysoká. Aktivní zemědělské hospodaření na těchto půdách není vhodné (Tomášek, 2014).

Číselný kód	Kód skeletovitosti	Charakteristika kódu skeletovitosti	Kód hloubky půdy	Charakteristika hloubky půdy
0	0	bezskeletovitá, s příměsí	0	hluboká
1	0- 1	bezskeletovitá, s příměsí, slabě skeletovitá	0- 1	hluboká, středně hluboká
2	1	slabě skeletovitá	0	hluboká
3	2	středně skeletovitá	0	hluboká
4	2	středně skeletovitá	0-1	hluboká, středně hluboká
5	1	slabě skeletovitá	2	mělká
6	2	středně skeletovitá	2	mělká
7 ⁺)	0-1	bezskeletovitá, s příměsí, slabě skeletovitá	0-1	hluboká, středně hluboká
8 ⁺)	2-3	středně skeletovitá, silně skeletovitá	0-2	hluboká, středně hluboká, mělká
9 ⁺)	0-3	bezskeletovitá, s příměsí, slabě skeletovitá, středně skeletovitá, silně skeletovitá	0-2	hluboká, středně hluboká, mělká

Tabulka 8 - Třídy páté číslice BPEJ (Vyhláška MZe 327/1998 Sb.)

2.6 Rovnice USLE a její faktory

Lze použít dvou metod, respektive dvou rovnic pro vypočtení ztráty půdy. Jedná se

o rovnice RUSLE a USLE (Rovnice 1) (Janeček a kol, 2008).

Vyjádření ztráty půdy za pomoci rovnice RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) z anglického překladu revidovaná rovnice ztráty půdy je náročnější způsob pro stanovení ztráty půdy na pozemku z důvodu složitějšího zjišťování základních dat pro její výpočet. Metoda USLE je tak výhodnější. Proto byla i metoda USLE použita v této bakalářské práci (Brychta J, Petruš J., 2016).

Z anglického překladu zkratka USLE (*Universal Soil Loss Equation*) znamená Univerzální rovnice ztráty půdy. Na území České republiky je to nejpoužívanější metoda pro stanovení průměrné roční ztráty půdy způsobenou vodní erozí za pomoci matematické rovnice (Janeček a kol, 2008).

Při aplikování metody USLE se počítá se standardizovanými rozměry pozemku se sklonem 9 % a délkou svahu pozemku 22,13 metrů. Pozemek je udržovaný jako kypřený úhor bez vegetace (Janeček a kol, 2002).

Zjištěním a vypočtením všech neznámých faktorů rovnice USLE získáváme výslednou ztrátu půdy v t/ha/rok (Morgan R.P. a kol, 2011).

Matematický zápis pro rovnici USLE je následovný:

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

Rovnice 1- Univerzální rovnice podle Wischmeiera a Smithe (Janeček a kol., 2002)

Představení jednotlivých faktorů rovnice:

G = Průměrná dlouhodobá ztráta půdy [**t. ha⁻¹. rok⁻¹**]

R = Faktor erozní účinnosti deště [**MJ. ha⁻¹. cm. h⁻¹**]

K = Faktor erodovatelnosti půdy [**t. h. MJ⁻¹. cm⁻¹**]

L = Faktor délky svahu [**22, 13 m**]

S = Faktor sklonu svahu [**9%**]

C = Faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu

P = Faktor účinnosti protierozních opatření

(Janeček a kol., 2002)

2.6.1 Faktor R

Faktor erozní účinnosti deště se projevuje při dopadu dešťových kapek na půdní povrch, kde způsobuje rozrušování a uvolňování půdních částic svou kinetickou energií přeměněnou v práci, která je vykonána na povrchu půdy. Kinetická energie je tak základní charakteristikou pro stanovení faktoru R. Pro stanovení kinetické energie je přímo závislá znalost velikosti dešťových kapek, která se mění v prostoru a čase, intenzity, tvaru a rychlosti pádu dešťových kapek (Janeček a kol, 2008).

Díky velkému množství srážkových dat byl odvozen v USA faktor R. Podle dat lze matematicky definovat faktor R jako součin celkové kinetické energie (E) a maximální intenzitě při době trvání 30 minut (Rovnice 2) (Janeček a kol, 2012).

$$R = \frac{E \times i_{30}}{100}$$

Rovnice 2 - Výpočet R faktoru (Janeček a kol, 2012)

R – faktor erozní účinnosti deště [MJ.ha⁻¹.cm.h⁻¹]

E – celková kinetická energie deště [J.m⁻²]

*i*₃₀ – maximální intenzita deště pod dobu trvání 30 minut [cm.h⁻¹]

Deště, které mají hodnoty menší než 12,5 mm úhrnu a 30 minut doby trvání nespádají do dlouhodobých záznamů ročních hodnot R faktoru, které zaznamenávají erozní účinnosti jednotlivých přívalových dešťů (Novotný a kol, 2017).

Pro ČR byla stanovena průměrná hodnota faktoru R jako 40 MJ.ha.cm/hod.rok⁻¹. Hodnota byla stanovena na základě dat shromažďování a pozorování Českým hydrometeorologickým ústavem v Praze. Hodnota je rozdělena mezi vegetační období a uvedena v procentech v tabulce (Tabulka 9). Lze si povšimnout, že nejvyšší hodnoty jsou dosaženy v letních měsících červen, červenec a srpen, kdy je výskyt přívalových dešťů nejčastější (Janeček a kol, 2012).

V praktické části práce byla dosazena hodnota 40 MJ.ha.cm/hod.rok⁻¹.

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

Tabulka 9 - Rozdělení R faktoru do měsíců vegetačního období (Janeček a kol, 2012)

2.6.2 Faktor K

Faktor erodovatelnosti půdy udává náchylnost půdy k erozi. Tedy vlastnosti půdy jako je infiltrační schopnost nebo odolnost povrchu proti rozrušování kapkami deště a odnášení půdních částic povrchovým odtokem (Novotný a kol, 2017).

K faktor je definován jako odnos půdy [t/ha] na jednotku R faktoru. Určení K faktoru je možné třemi způsoby. Pomocí nomogramu (Tabulka 10), vzorce (Rovnice 3) a Hlavní půdní jednotky z BPEJ (Janeček a kol, 2008).

Rovnice lze aplikovat jen v případě že obsah prachu a práškového písku v půdě nepřesahuje 70 % (Janeček a kol, 2008).

$$100K = 2,75M^{1,14}10^{-4}/12 - a/+3,25/b - 2/+2,5/c - 3 /$$

Rovnice 3 - Určení K faktoru (Janeček a kol, 2012)

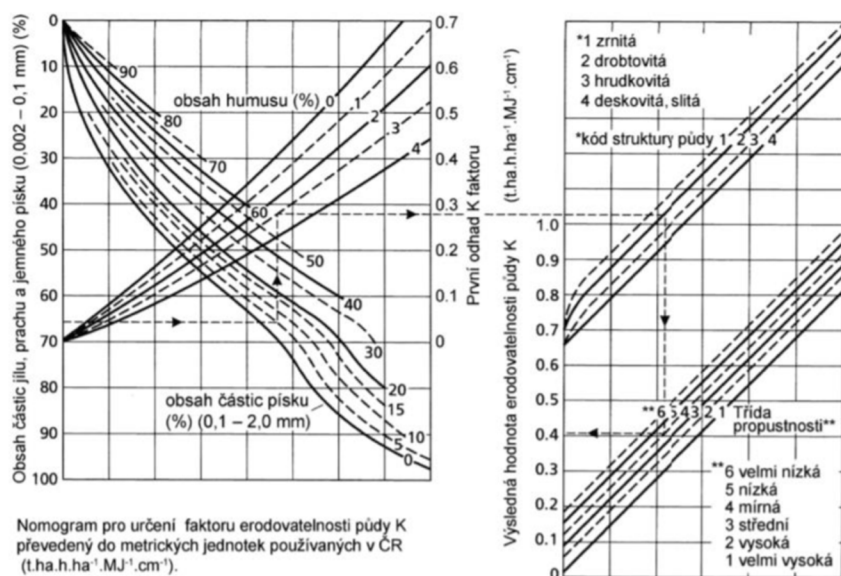
M – (% prach + % práškový písek) × (100 – % jíl)

a – % organické hmoty

b – třída struktury ornice

c – třída propustnosti půdního profilu

Určení K faktoru z nomogramu je obdobné jako u rovnice. Podle procentuálního obsahu půdních částic jílu, prachu a jemného písku v hranici zrnitosti 0,1 – 2,0 mm se určuje třída propustnosti (Janeček a kol, 2012).



Tabulka 10 – Nomogram pro K faktor (Janeček a kol, 2012)

Poslední způsob, jak určit K faktor je za pomoci BPEJ a HPJ. Je zapotřebí znát číselný kód BPEJ konkrétně 2. a 3. číslo, které představuje HPJ. Některé kategorie HPJ nejsou z BPEJ zjistitelné z důvodů nedostatku dat. V tomto případě je nutné použít alternativní způsob určení K faktoru (Novotný a kol, 2017).

2.6.3 Faktor L, S

Topografický faktor LS neboli faktor délky L a sklonu S svahu představují poměr ztráty půdy na normalizovaném pozemku o délce 22,15 m a sklonu 9 % oproti zkoumanému pozemku (Janeček a kol, 2008).

Délka pozemku a sklon pozemku je odvozen na základě metodiky vytvořené v USA W. H. Wischmeierem a D. D. Smithem (1981). V původním znění je délka pozemku uvedena ve stopách o délce 72,6 ft a byla tak převedena na metry konkrétně na 22,15 m. Hodnota topografického faktoru se odvozuje z matematické rovnice (Rovnice 4) níže.

$$LS = \frac{l_d^{0,5}}{0,0138 + 0,0097 s + 0,00138 s^2}$$

Rovnice 4 - rovnice LS faktoru (Janeček a kol, 2008)

l_d – nepřerušovaná délka svahu [m]

s – sklon svahu [%]

Výjimka pro přerušování l_d je mez a plodina, která nezabraňuje nebo neakumuluje průtok povrchového otoku (Janeček a kol, 2008).

Obdobné vyjádření topografického faktoru LS lze za využití rovnice (Rovnice 5) podle Mítášové (1996), kde se oproti předchozímu způsobu výpočtu dosazuje standardizovaná délka pozemku o délce 22,13m a sklon svahu 9 %. Tento způsob faktoru L, S byl použitý v praktické části této práce.

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

Rovnice 5 - rovnice LS faktoru podle Mítášové (1996)

2.6.4 Faktor C

Využití půdy a hospodaření s půdou ovlivňují velikost ztráty půdy. Mezi různými rizikovými faktory eroze půdy je faktor C neboli faktor ochranného vlivu vegetace tím, který lze nejnáze ovlivnit člověkem, zejména zemědělci (Panagos a kol, 2015).

Samotný vegetační pokryv, ovlivňuje mnoha způsoby činnost erozní aktivity na pozemku. Jde například o zpomalování povrchového odtoku, vegetačním pokryvem, ale je zde závislost na hustotě pokryvu porostu. Dále vegetační pokryv redukuje destrukci dešťových kapek prudkých přivalových dešťů. Vegetační pokryv pomáhá i celkovému zpevnění půdy, díky prorostlému kořenovému systému vegetace (Janeček a kol, 2008).

Wischemier a Smith (1978) přišli s metodou stanovení C faktoru, kde navrhli 5 kategorií období, které jsou závislé na mezi střídání plodin a aplikaci agrotechnických postupů.

1. období – Podmítka a hrubá brázda
2. období – příprava pozemku k setí
3. období – dva měsíce od jarního nebo letního vysetí, u ozimů do 30.4.
4. období – konec 3. období až do sklizně
5. období – strniště

Hodnoty uvedené v (Tabulka 11) udávají hodnotu C faktoru na základě plodiny vyskytující se na zájmovém pozemku, osevního postupu, použité agrotechniky a výše zmíněného období stanoveného Wischemierem a Smithem (1978) (Janeček a kol, 2008).

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

Pozn: 5a - sláma sklizena, 5b - sláma ponechána, O - po obilovině, K - po kukuřici, OP - setí do zorané půdy, St - setí do strniště.

Tabulka 11 - Hodnoty C faktoru podle vegetace a obdělávání (Janeček a kol, 2008)

V případě neznalosti osevních postupů daného zemědělského subjektu, se C faktor stanovuje na základě klimatického regionu BPEJ nebo průměrného druhu porostu vegetace v okolí zájmového území. V této práci byl stanoven C faktor právě tímto způsobem (Novotný a kol, 2017).

2.6.5 Faktor P

Faktor účinnosti protierozního opatření je daný hodnotou udanou v (Tabulka 12) pro konkrétní protierozní opatření aplikované na postiženém pozemku erozí. Hodnoty dosazované za faktor P jsou přímo závislé na procentuálním sklonu svahu a případně na délce či šířce protierozního opatření (Janeček a kol, 2008).

Za případu, že na zkoumaném pozemku není aplikováno protierozní opatření, dosazujeme do rovnice USLE za faktor P hodnotu 1. Tento případ nastal i v praktické části této práce.

Protierozní opatření	Sklon svahu (%)			
	2-7	7-12	12-18	18-24
Maximální délka pozemku po spádnicí 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 píceňkami	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
Terasování				0,05 – 0,20

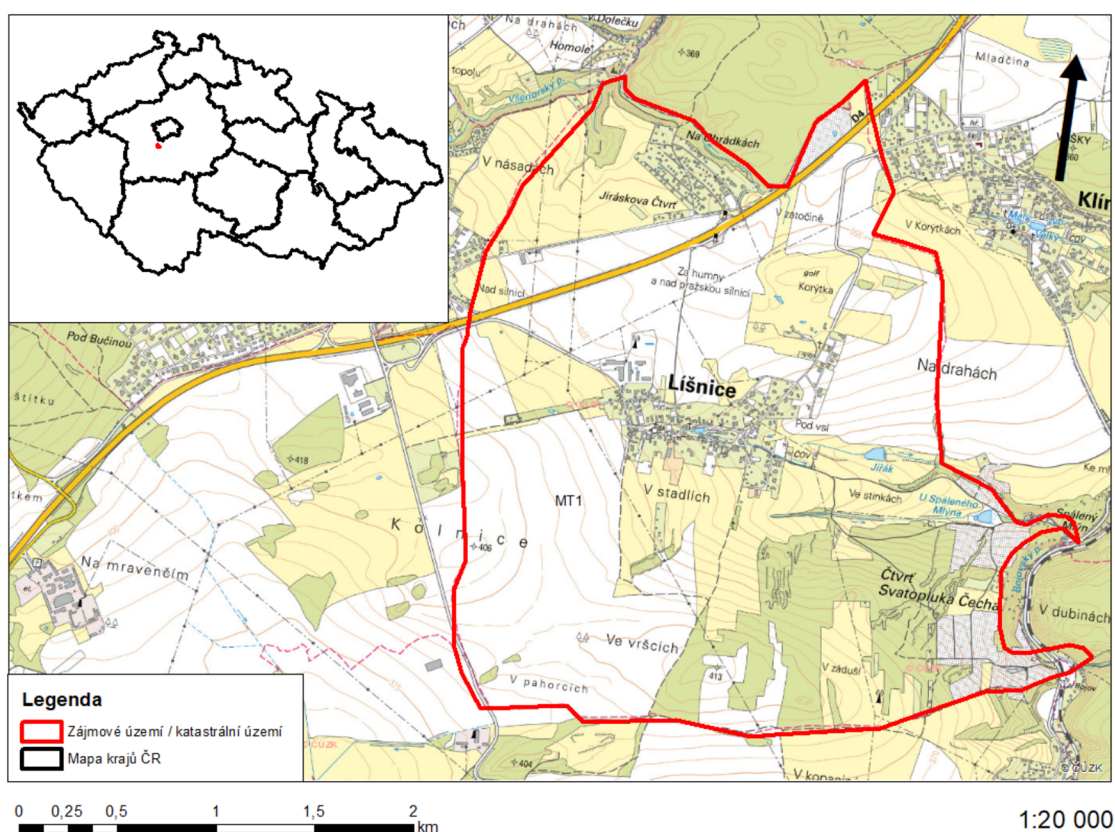
Tabulka 12 - Hodnoty dané pro protierozní opatření (Janeček a kol, 2008)

3 Zájmové území

Pro posouzení míry erozního ohrožení byly vybrány zemědělské plochy v katastrální území Líšnice u Prahy (Obrázek 2). Katastrální území dále jako zájmové území se nachází ve Středočeském kraji v okrese Praha – západ 20 kilometrů jižně od Prahy směrem na Příbram. Středem zájmového území je obec Líšnice u Prahy. Rozloha zájmového území je 740 ha (Líšnice, 2022).

Data pro charakteristiku území byla použita z ČUZK prostřednictvím WMS serverů, které jsou v programu ArcMap.

Vlastní fotodokumentace zájmového území je přiložena v přílohách (kapitola 10).



Obrázek 2 - Zájmové území

3.1 Charakteristika území

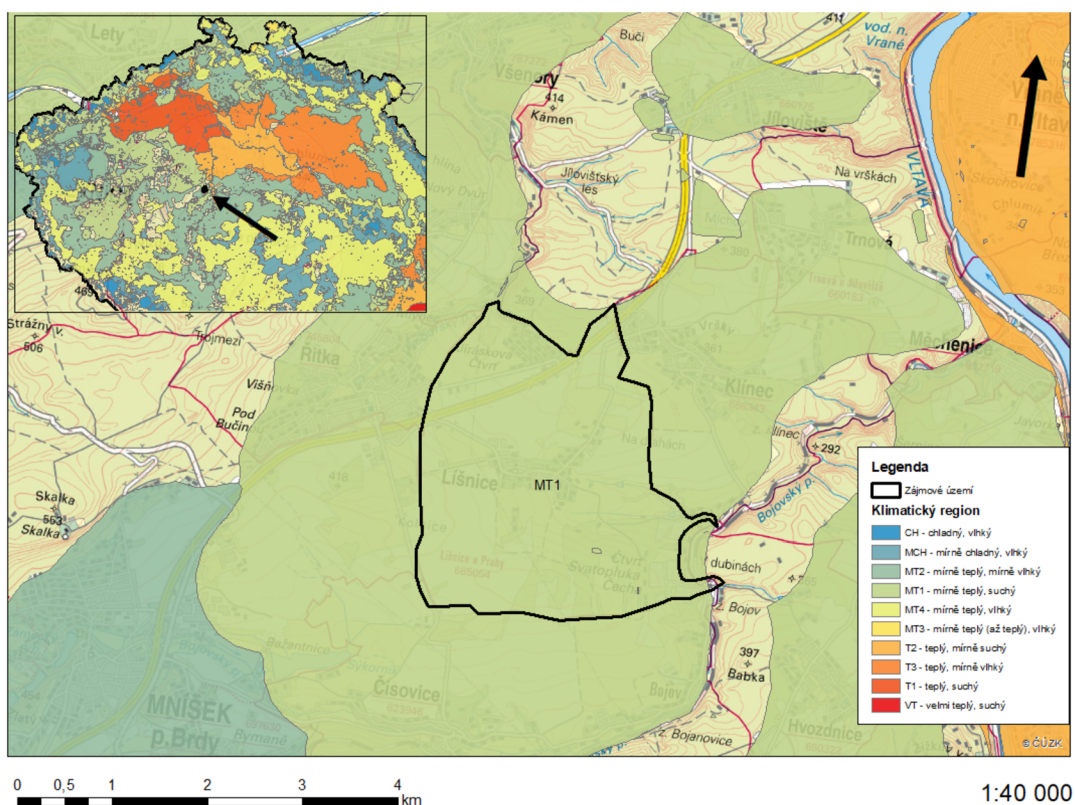
Obec Líšnice je položena v nadmořské výšce 359 metrů nad mořem. V katastru obce se nachází dvě chatové osady Vandřlice a Varadov. Chatové oblasti dohromady obsahují přes 400 chat, které jsou v poslední době často přestavovány na trvalé obydlí. Obec samotná má přes 170 rodinných domů. Obyvatelstvo obce Líšnice u Prahy k roku 2019 činila

745 obyvatel. Zájmovým územím prochází dálnice č. 4, která tvoří společně se sjezdem (sjezd č. 14) důležitý komunikační bod zájmového území. Intravilánem obce prochází komunikace II. Třídy (Líšnice, 2022).

Název obce Líšnice má pocházet podle lískových křovin, které byly v okolí obce. První zmínka o obci Líšnice pochází z roku 1337 podle které měl Jan Lucemburský zastavit několik zlatonosných rýžovišť panu Petrovi z Rožmberka, která měla být nazývána Líšnice. O 8 let později tedy v roce 1345 se objevuje zmínka o zakládací listině Líšnice, kterou pak doplňují hraniční listiny z roku 1350, které vyznačují hranice mezi sousedními obcemi Řitka a Klíнец (Boháč Z, 1995).

3.2 Klimatická charakteristika území

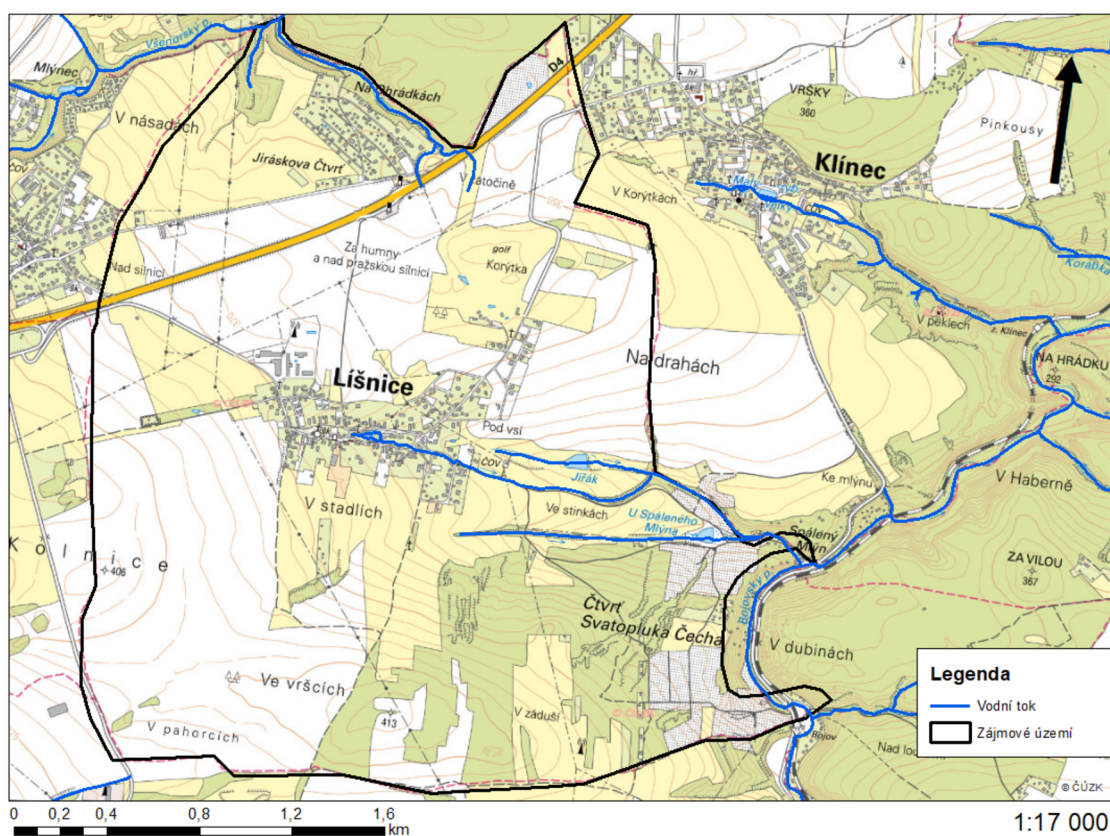
Na celé ploše zájmového území se nachází klimatický region MT1 (Obrázek 3), který zastupuje mírně teplé až suché podnebí. Z tabulky (Tabulka 2) v kapitole 2.5.1, která obsahuje specifikace všech klimatických regionů, můžeme zjistit průměrnou roční teplota, která se pohybuje kolem 7-8,5 stupňů celsia, průměrný roční úhrn srážek 450-550 mm a mnoho dalších informací udaných na základě příslušného klimatického regionu MT1, který je na ploše zájmového území (Vyhláška MZe, 327/1998 Sb.).



Obrázek 3 - Klimatický region

3.3 Hydrologická charakteristika území

Největším vodním tokem na ploše zájmovém území je Bojovský potok (Obrázek 4), který tvoří východní hranici zájmového území v místě údolnice. Bojovský potok pramení necelých 14 kilometrů od zájmového území na okraji obce Kytín. Ústí do řeky Vltavy u obce Měchenice, která je vzdálena 4 kilometry od zájmového území. Do Bojovského potoka ústí další menší tok, který je závěrovým profilem povodí, které je situováno proti proudu toku v centru zájmového území. V zájmovém území se dále nachází dvě větší vodní plochy. Je to rybník Jiřák a rybník U spáleného mlýna. Detail vodních toků a vodních ploch na ploše zájmového území je vidět na (Obrázek 4). Datová vrstva byla získána z volně přístupné databáze DIBAVOD (VÚV T.G.M, 2020).

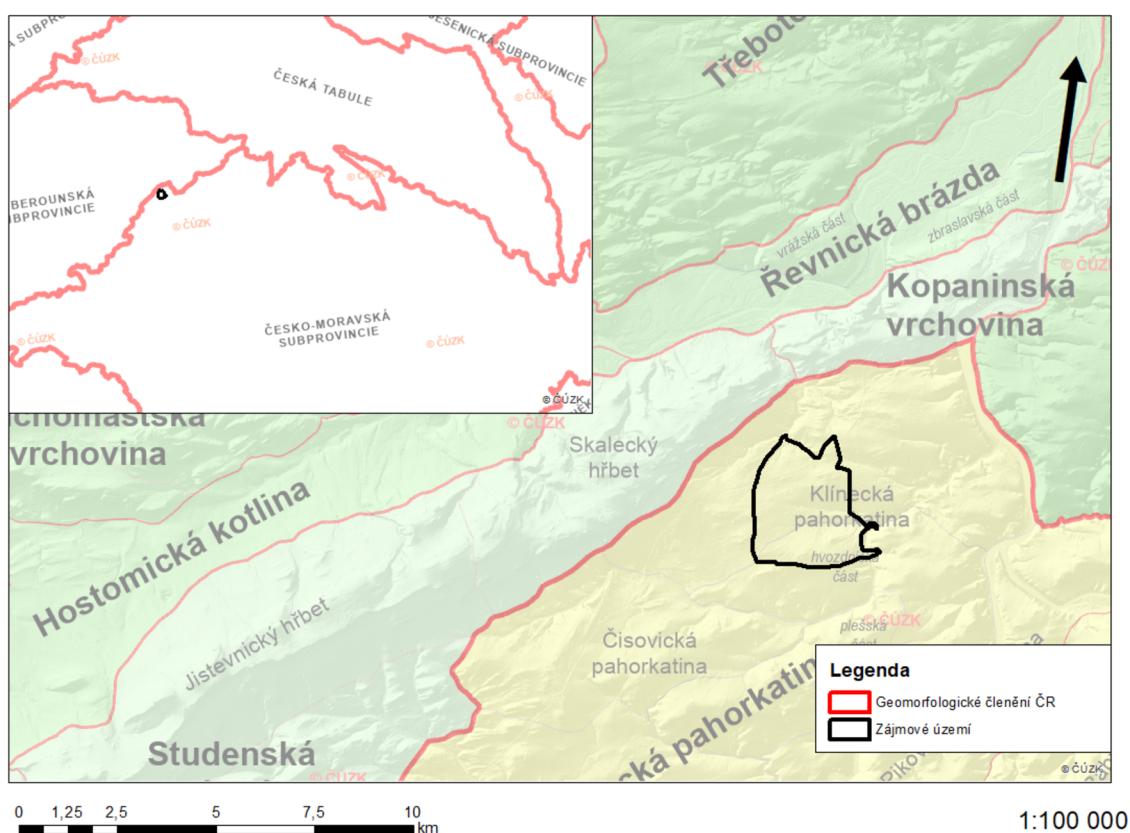


Obrázek 4 – Hydrologická charakteristika území

3.4 Geologická a Geomorfologická charakteristika území

Zájmové území se nachází v geomorfologické oblasti Středočeské pahorkatiny, která se dále dělí na čtyři celky a osm podcelků. Zájmové území se přesněji nachází v celku Benešovské pahorkatiny a podcelku Dobříšské pahorkatiny v místním okrsku Klínecká pahorkatina (Obrázek 5).

Převážně je geologické podloží zájmového území tvořeno břidlicemi, droby nebo podřadně slepenci (Demek a kol. 2006).



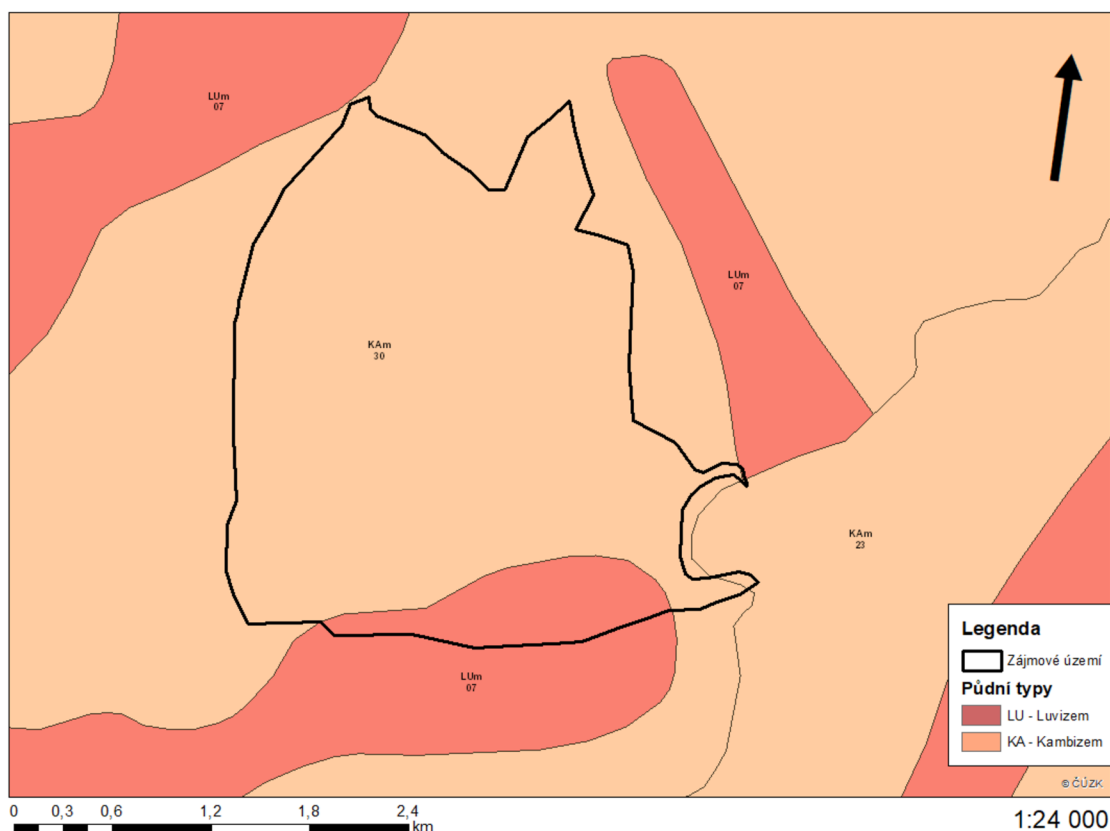
Obrázek 5 - Geomorfologické členění

3.5 Pedologická charakteristika území

Na zájmovém území se vyskytují pouze dva půdní typy (Obrázek 6). Převážně se jedná o Kambizem (KA) a v jižní části zájmového území se nachází Luvizem (LU) (Šarapatka, 2014).

Kambizem tvoří půdní pokryv na většině půdních bloků zájmového území. Je to půdní typ, který postrádá jílové povlaky na povrchu pedů a má dobré fyzikální a chemické vlastnosti díky významnému obsahu substrátů. Kambizemě se převážně vytvářejí ve svažitém reliéfu (Kozák a kol, 2002).

Luvizem, jejíž přítomnost v zájmovém území je převážně menší než u kambizemě, je vytvářena převážně v rovinách a v mírně zvlněném reliéfu. Luvizem je tvořena z polygenetických hlín, u kterých proběhlo více půdotvorných procesů a z prachovice, která je náchylná na rozrušování a sesouvání. Luvizem je tak náchylnější k erozi (Pavlů, 2018).



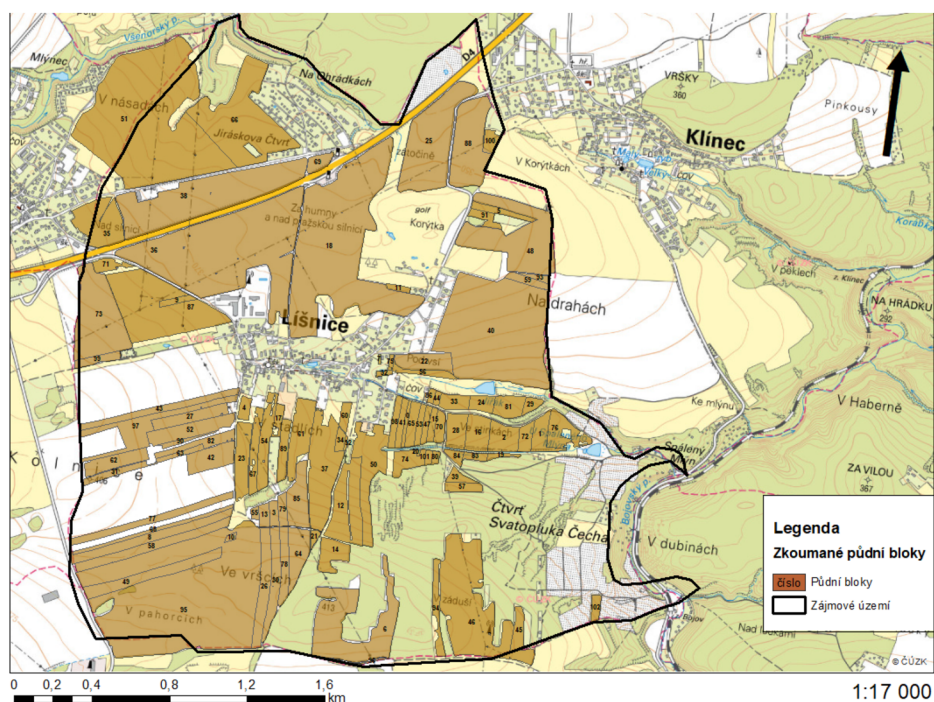
Obrázek 6 - Půdní typy

4 Praktická část/Vyhodnocení USLE

Praktická část bakalářské práce se zabývá posouzením a vyhodnocením míry erozního ohrožení zemědělských ploch na zájmovém území. Pro vyhodnocení byla použita univerzální rovnice pro ztrátu půdy USLE a program ArcMap, který umožňuje vypočítat a graficky znázornit jednotlivé faktory rovnice R, K, L, S, C, P. Samotné výsledky vyhodnocení erozního ohrožení obsahuje kapitola 6 Výsledky.

4.1 Výběr zájmového území

Pro vyhodnocení erozního ohrožení jsem vybral katastrální území Líšnice u Prahy jejíž součástí je obec Líšnice. Vybral jsem toto katastrální území, jelikož se na něm nachází pozemky, které jsou ve vlastnictví mé rodiny. Jedná se o pozemky lesní, ale i zemědělské. Tato práce mi tak nabízí získání zajímavých informací a vypracování komplexní práce o erozní ohroženosti jednotlivých zemědělských ploch na ploše katastrálního území Líšnice u Prahy. V případě pozitivních výsledků erozní ohroženosti zemědělských ploch, může tato práce sloužit jako varování pro lokální zemědělské subjekty, které na zájmovém území hospodaří. Na obrázku (Obrázek 7) můžete vidět umístění řešených zemědělských ploch / půdních bloků na ploše zájmového území. Na obrázku níže můžete vidět veškeré půdní bloky na ploše zájmového území. Půdním blokům byla přiřazena čísla pro lepší orientaci.



Obrázek 7 Zkoumané půdní bloky / zemědělské plochy

4.2 Metoda vyhodnocení míry erozního ohrožení

Metoda vyhodnocení míry erozního ohrožení byla provedena za pomoci geografického informačního systému GIS přesněji za pomoci programu ArcMap od vývojáře Esri. Licence pro tento program byla poskytnuta Českou zemědělskou univerzitou. Samotná metoda vyhodnocení proběhla za pomoci výpočtu rovnice USLE v prostředí ArcMap.

4.3 Použitá data

DMR4G data – Digitální model reliéfu 4. generace (ČÚZK)

BPEJ data – Bonitovaná půdně ekologická jednotka (SPÚ)

LPIS data – Veřejný registr půdy (eAGRI)

Vodní toky – poskytnuto Digitální bázi vodohospodářských dat DIBAVOD (VÚV TGM)

Katastrální mapy – mapa katastrálních území ČR – vložena z WMS databáze (ČÚZK)

ZM 10 – základná mapa ČR – vložena z WMS databáze (ČÚZK)

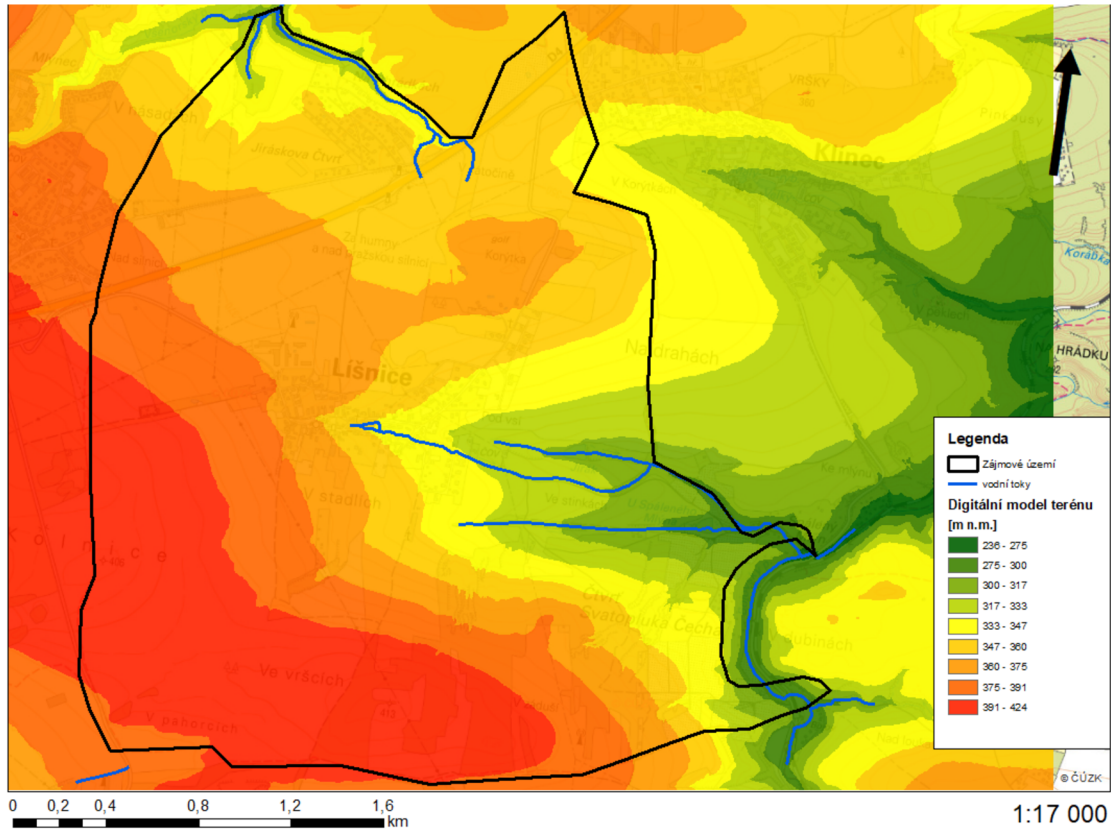
Ortofotomapa – základná ortofoto mapa ČR – vložena z WMS databáze (ČÚZK)

4.4 Digitální model reliéfu

V této práci byly použity data DMR4G tedy digitálního modelu reliéfu 4. generace. (ČÚZK, 2019) Uvádí, že Digitální model terénu 4. generace zobrazuje upravený zemský povrch v digitální podobě ať činností lidskou nebo přirozenou. Digitální povrch je zobrazen ve formě výšek diskrétních bodů v pravidelné bodové síti o rozměrech 2x2 metrů a o souřadnicích X, Y, Z, kde souřadnice X a Y reprezentují plochu a souřadnice Z výšku.

Vrstva DMR (Obrázek 8) byla vytvořena za pomoci zmíněných dat DMR4G poskytnutých Českým úřadem zeměměřičským a katastrálním. Pro zájmové území bylo zažádáno o čtyři soubory s daty ve formátu **.zip**. Po obdržení a konverse souboru z formátu **.zip** do jejich základního formátu **.xyz** byly soubory převedeny do textového formátu **.txt**. Následovný postup bude probíhat výhradně v prostředí programu ArcMap. Všechny 4 soubory s daty ve formátu **.txt** byly sjednoceny do jednoho souboru pomocí funkce **Merge**. Sjednocený soubor dat byl následně převeden do formátu **TIN** za pomoci funkce **Create TIN**. Následujícím krokem byla vložena výšková souřadnice Z do vytvořeného TIN

souboru za pomoci funkce **Edit TIN**. Finálním krokem pro vytvoření vrstvy DMR byla funkce **TIN to Raster**, kde byla **cell size** (velikost buněk) nastavena na **2 metry**.



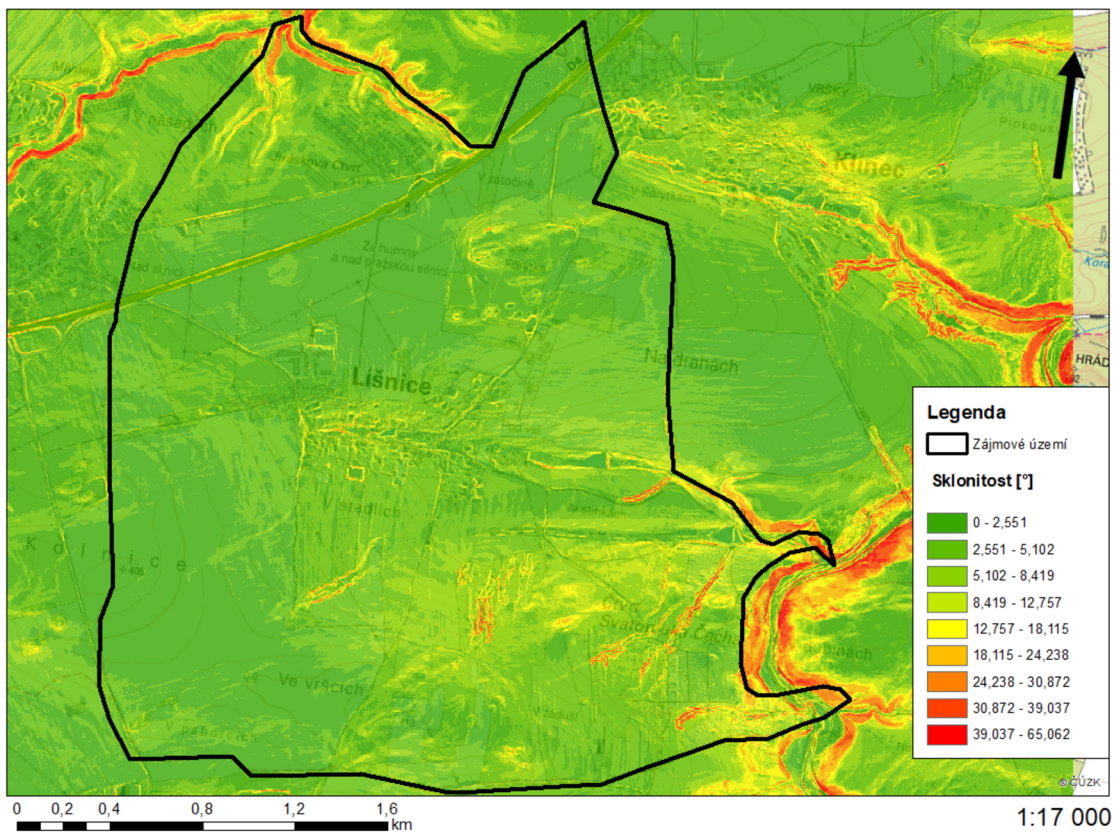
Obrázek 8 - DMR – Digitální model reliéfu

4.5 Faktor L, S

Vrstva DMR tvoří základ pro vytvoření vrstev **sklonitosti (5.5.1)** a **akumulace povrchového odtoku (5.5.2)**, které se následně dosadí do rovnice (Rovnice 6) pro výpočet L, S faktorů dle Mitášové (1996) funkcí **raster calculator**. Po dosazení a vypočítání rovnice, program vygeneruje novou rastrovou vrstvu **L, S Faktoru (5.5.2)**.

4.5.1 Sklonitost

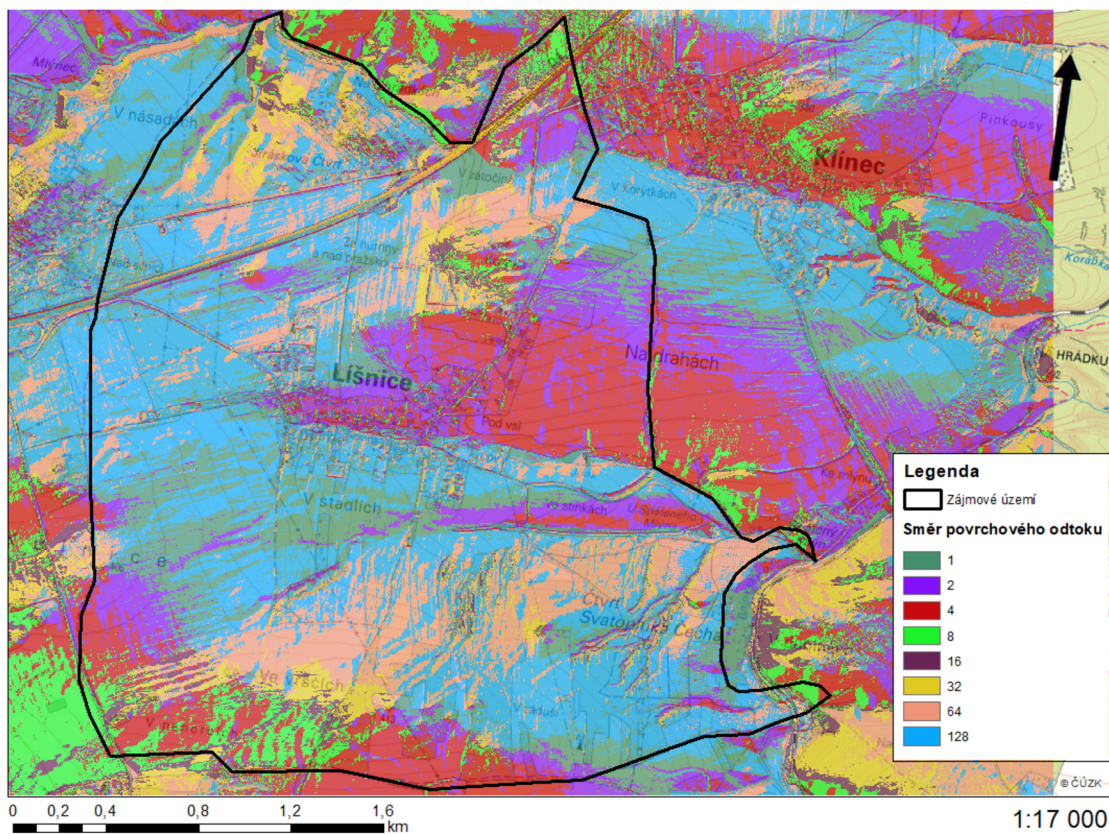
Za pomoci funkce **Slope** byla vytvořena vrstva sklonitosti (Obrázek 9), která byla zvolena při vytváření namísto procent ve stupních **Degree**.



Obrázek 9 - Sklonitost

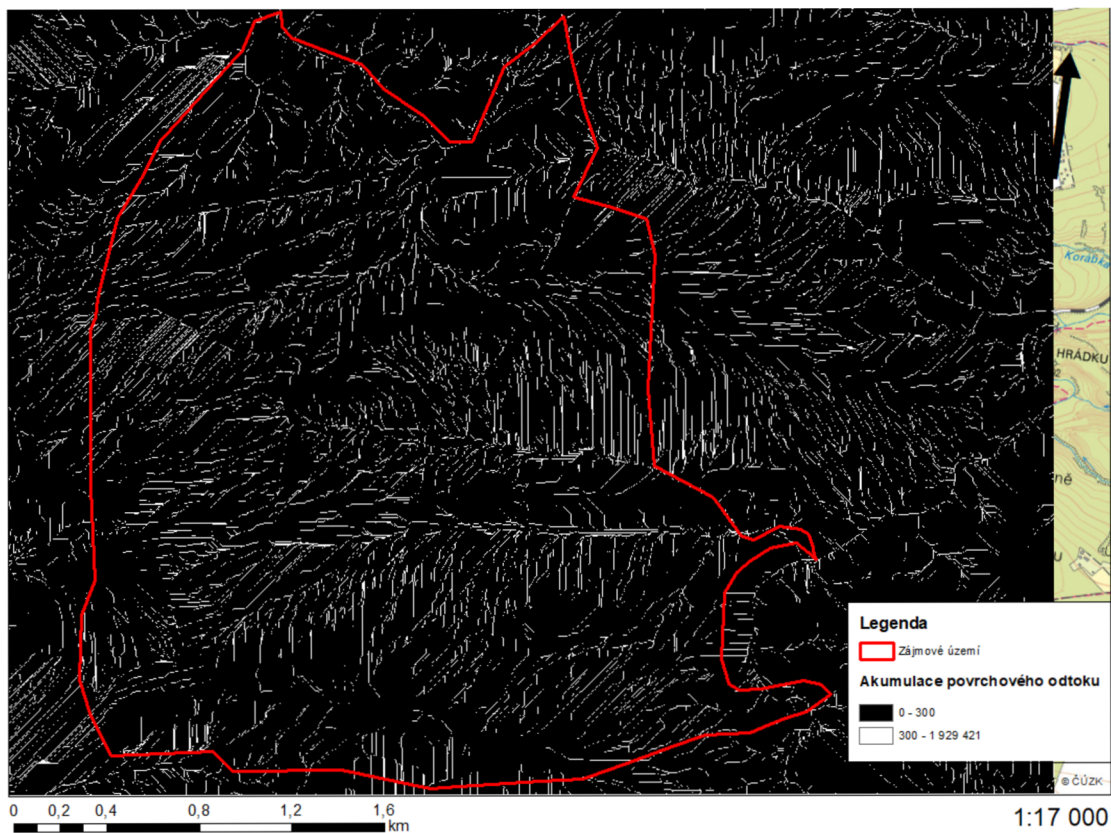
4.5.2 Akumulace povrchového odtoku

Pro vytvoření vrstvy akumulace povrchového odtoku byla nejdříve potřeba vytvořit vrstva směru povrchového odtoku z vrstvy DMR, která musela být upravena za pomoci funkce **Fill** díky které byl odstraněny bezodtoková místa. Následně z upravené vrstvy DMR funkcí **Flow Direction** byla vytvořena vrstva směru povrchového odtoku (Obrázek 10).



Obrázek 10 - Směr povrchového odtoku

Vytvořená vrstva směru povrchového odtoku (Obrázek 10), byla použita jako vstupní vrstvou dat, pro výpočet akumulace povrchového odtoku funkcí **Flow Accumulation**. Při vytváření nové vrstvy akumulace povrchového odtoku (Obrázek 11) byla nastavena hodnota buněk jako **Integer**, která je nastavena na celé číslo. Vytvořený raster má hodnotu buněk určených součtem buněk, které se vlévají do daných buněk.



Obrázek 11 - Akumulace povrchového odtoku

4.5.3 Faktor L, S

Následně vytvořené vrstvy **akumulace povrchového odtoku** a **sklonitost** dosadíme do rovnice (Rovnice 6) dle Mitášové (1996) ve tvaru, (Rovnice 7) který je možný zadat do funkce **Raster calculator**.

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

Rovnice 6 - LS faktor Mitášová (1996)

A = plocha

s = sklon

22,13 = délka standartního pozemku

0,0896 = sklon standartního pozemku

m, n = kalibrační koeficient

Transformovaná rovnice (Rovnice 7) pro funkci **Raster calculator**:

$\text{Power}(\text{FlowAccumulation} * 2 / 22.13, 0.56) * \text{Power}(\text{Sin}(\text{Slope} * 0.01745) / 0.0896, 1.3) * 1.56$

Rovnice 7 - LS faktor pro Raster calculator

FlowAccumulation = vrstva akumulace povrchového odtoku

Slope = vrstva sklonitosti

2 = velikost nastavených pixelů (Cell size)

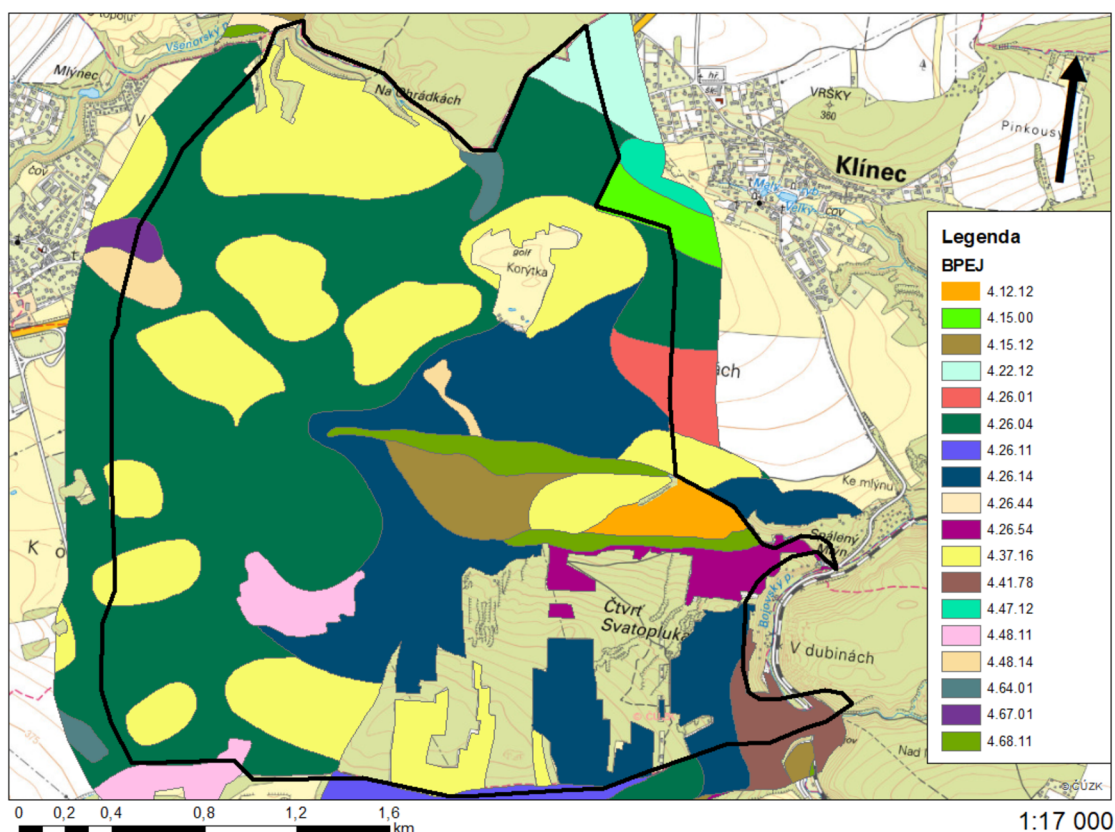
0.56, 1.3 = kalibrační koeficient

Po zadání rovnice do funkce Raster calculator program ArcMap vygeneroval rastrovou vrstvu L, S faktoru (Obrázek 12).



4.6 Faktor K

Pro stanovení faktoru erodovatelnosti půdy byla nezbytná vrstva BPEJ (Obrázek 13), která byla stažena na stránkách Státního pozemkového úřadu, kde je volně dostupná ke stažení pro veřejnost. Samotný K faktor lze následně určit z kódu BPEJ konkrétně ze 2. a 3. číslice.

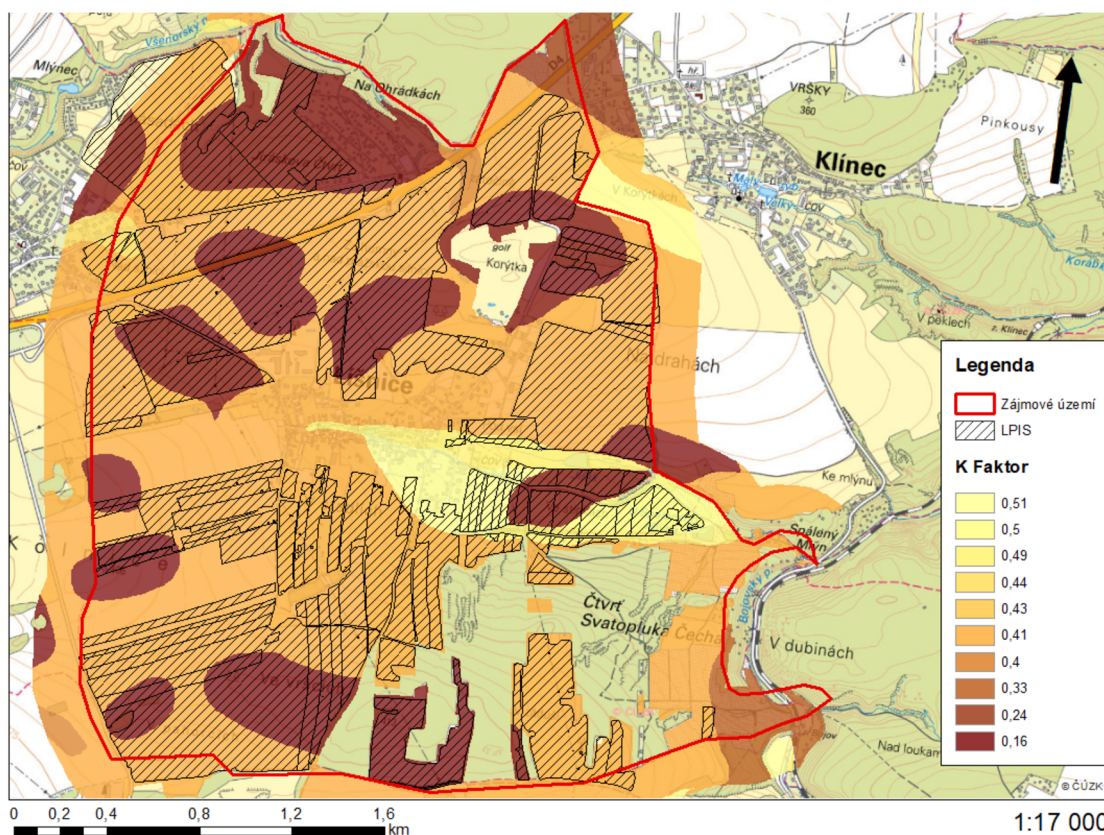


Obrázek 13 - BPEJ zájmového území

Nejprve se do programu ArcMap nahrála samotná vrstva BPEJ, která následně byla oříznuta funkcí **Clip** podle vrstvy zájmového území. V atributové tabulce ve sloupci BPEJ byly vymazány všechny řádky s kódem 99, který označuje lesní pozemky, vodní toky nebo zastavěné území. Pro naše účely jsou tak nepotřebné. Pomocí funkce **add field** byl v nově vzniklé vrstvě BPEJ na ploše zájmového území přidán sloupec s názvem **HPJ**. Jeho hodnota je stanovena podle 2. a 3. číslice kódu BPEJ. Dále propojíme tabulku K faktoru vytvořenou v programu Excel přes funkci **join**. Tabulka K faktoru obsahuje hodnoty příslušné k jednotlivým kódům HPJ uvedené v (Tabulka 13). Funkcí **Feature to Raster** byl vytvořen výsledný raster K faktoru (Obrázek 14) z upravené a ořízlé vrstvy BPEJ.

HPJ	K - faktor	HPJ	K - faktor	HPJ	K - faktor
01	0,41	27	0,34	53	0,38
02	0,46	28	0,29	54	0,40
03	0,35	29	0,32	55	0,25
04	0,16	30	0,23	56	0,40
05	0,28	31	0,16	57	0,45
06	0,32	32	0,19	58	0,42
07	0,26	33	0,31	59	0,35
08	0,49	34	0,26	60	0,31
09	0,60	35	0,36	61	0,32
10	0,53	36	0,26	62	0,35
11	0,52	37	0,16	63	0,31
12	0,50	38	0,31	64	0,40
13	0,54	39	nedostatek dat	65	nedostatek dat
14	0,59	40	0,24	66	nedostatek dat
15	0,51	41	0,33	67	0,44
16	0,51	42	0,56	68	0,49
17	0,40	43	0,58	69	nedostatek dat
18	0,24	44	0,56	70	0,41
19	0,33	45	0,54	71	0,47
20	0,28	46	0,47	72	0,48
21	0,15	47	0,43	73	0,48
22	0,24	48	0,41	74	nedostatek dat
23	0,25	49	0,35	75	nedostatek dat
24	0,38	50	0,33	76	nedostatek dat
25	0,45	51	0,26	77	nedostatek dat
26	0,41	52	0,37	78	nedostatek dat

Tabulka 13 – HPJ (Janeček, 2008)



Obrázek 14 - K faktor

4.7 Faktor R

Pro území České republiky byla stanovena průměrná hodnota erozní účinnosti deště $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$. Tato hodnota tak byla dosazena ve finálním výpočtu rovnice USLE za faktor R (Janeček a kol, 2012).

4.8 Faktor C

Z důvodu absence osevního postupu, ze kterého lze C faktor stanovit s vyšší přesností musíme přistoupit na alternativní metodu pomocí klimatického regionu, který je součástí kódu BPEJ, konkrétně se jedná o 1. číslici v kódu. Do atributové tabulky byl přidán nový sloupec s názvem **Klima** funkcí **add field**, který byl vyplněn 1. číslici kódu BPEJ. Následně vytvoříme funkcí **Feature to Raster** z upraveného sloupce Klima v oříznuté vrstvě BPEJ **raster Klima**. Následně byla přidána vrstva **LPIS**, která byla stažena z Veřejného registru půdy. Vrstva LPIS byla oříznuta funkcí **Clip** podle zájmového území. Do její atributové tabulky byl vložen nový sloupec s názvem C faktor pomocí funkce **add field**, který byl vyplněný hodnotami pro C faktor podle příslušných územních kultur a klimatického regionu. Na zájmovém území byly přiřazeny hodnoty C faktoru podle tabulky. (Tabulka 14) Konkrétně pro jinou územní kulturu, než je standardní orná půda byla přiřazena na zájmovém území hodnota 0,3 pro Sady, chmelnice, zahradní plantáže a hodnota 0,01 označující louky a pastviny (Tabulka 15).

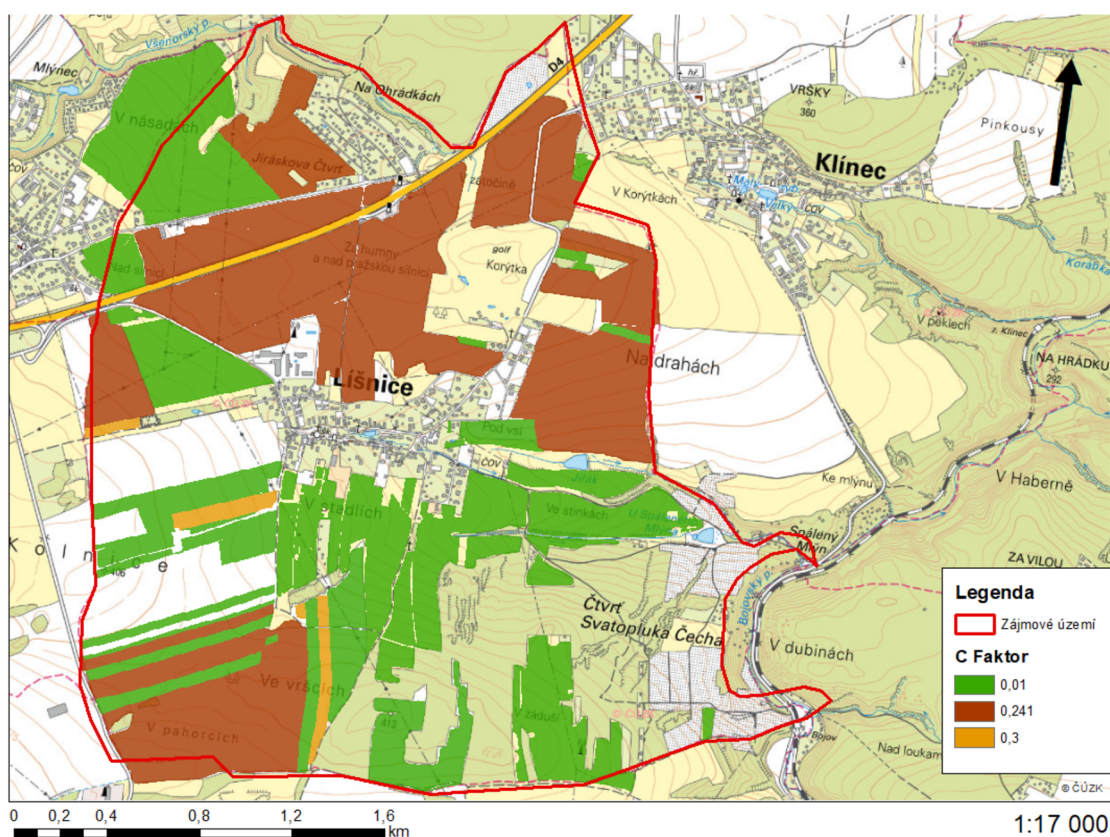
Standardní orná půda je vyplněna na základě **klimatického regionu**, který se na daným půdním bloku nachází. V našem případě to je klimatický region č. 4 jak bylo zmíněno v kapitole 3.2 ve které je popsán klimatický region zájmového území a ostatní klimatické regiony v přílehlé tabulce o klimatických regionech (Tabulka 15). Pro klimatický region 4 je tak podle tabulky (Tabulka 15) přiřazena hodnota 0,241. Funkcí **Feature to Raster** byl vytvořen z vrstvy LPIS a příslušného sloupce C faktoru výsledný raster C faktor (Obrázek 15).

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 14 - Klimatický region (Kadlec M., Toman F., 2002)

Třída CLC	C
Urbanizované území	0
Lesy	0,005
Louky a pastviny	0,01
Zemědělské oblasti s přirozenou vegetací	0,1
Haldy a skládky	0,2
Směsice polí, luk a trvalých plodin	0,25
Sady, chmelnice a zahradní plantáže	0,3
Nezavlažovaná orná půda	0,35
Oblasti současné těžby surovin	0,5

Tabulka 15 - Faktor C (Kadlec M., Toman F., 2002)



Obrázek 15 - C faktor

4.9 Faktor P

V této bakalářské práci není brán ohled na faktor účinnosti protierozních opatření a tím je tedy faktor $P = 1$.

5 Výsledky

V této kapitole dosadíme vypočítané a odvozené rastrové vrstvy faktorů R, K, L, S, C a P do univerzální rovnice (Rovnice 8) pro ztrátu půdy USLE a vytvoříme tak finální rastrové vrstvy, které nám pomohou stanovit erozní ohroženost zájmového území. Matematický zápis rovnice USLE vypadal následovně:

$$G = 40 \times K \times L \times S \times C \times 1$$

Rovnice 8 - Zápis rovnice USLE

Představení jednotlivých faktorů rovnice pro výpočet USLE:

G = Průměrná dlouhodobá ztráta půdy

40 = Faktor erozní účinnosti deště **R**

K = Faktor erodovatelnosti půdy

L = Faktor délky svahu

S = Faktor sklonu svahu

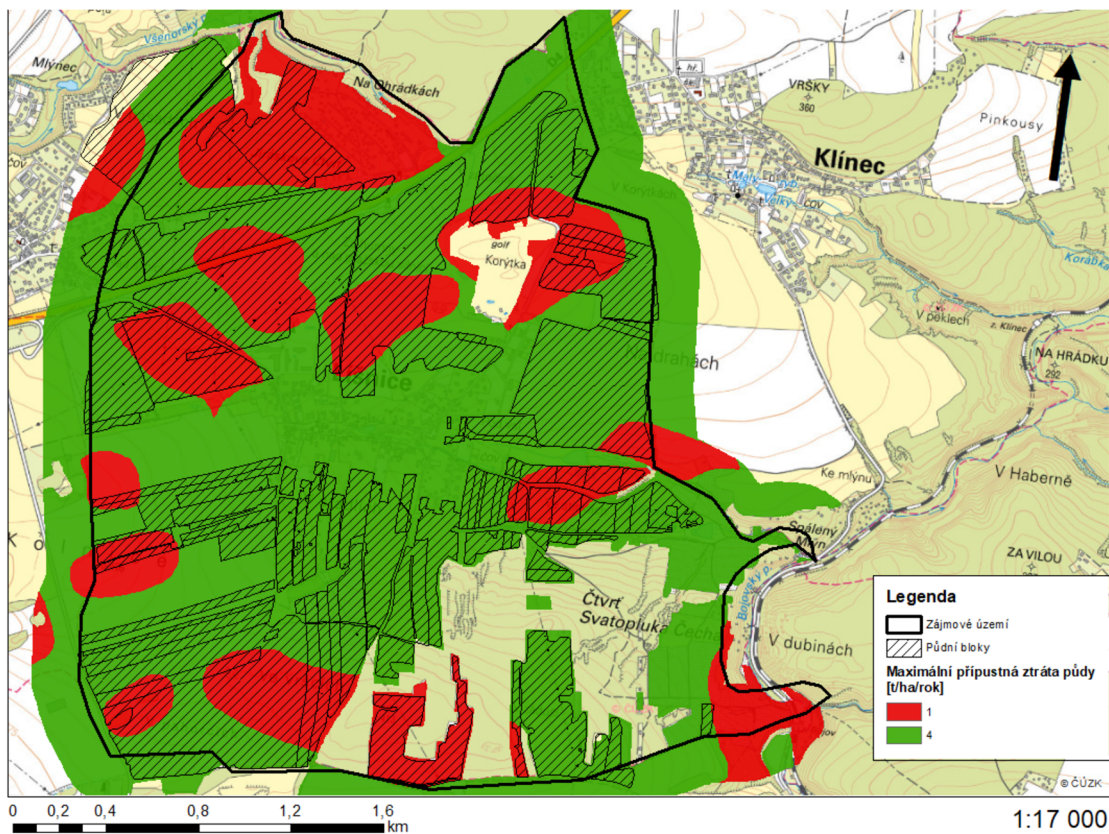
C = Faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu

1 = Faktor účinnosti protierozních opatření **P**

5.1.1 Maximální přípustná ztráta půdy

Předtím než se vytvořily rastrové vrstvy průměrné ztráty půdy bylo potřebné zjistit maximální přípustnou ztrátu půdy pro každý půdní blok (Obrázek 16) na zájmovém území pro pozdější využití a samotné stanovení ohrožených lokalit (Obrázek 19). Stanovuje se na základě hloubky půdy, která je uvedena v kódu BPEJ konkrétně v 5. číslici kódu. Pomocí funkce **add field** byly do atributové tabulky BPEJ přidány dva sloupce s názvem **hloubka** a **Gp** (přípustná ztráta půdy). Následně sloupec hloubka byl vyplněn příslušným kódem v 5. číslici BPEJ.

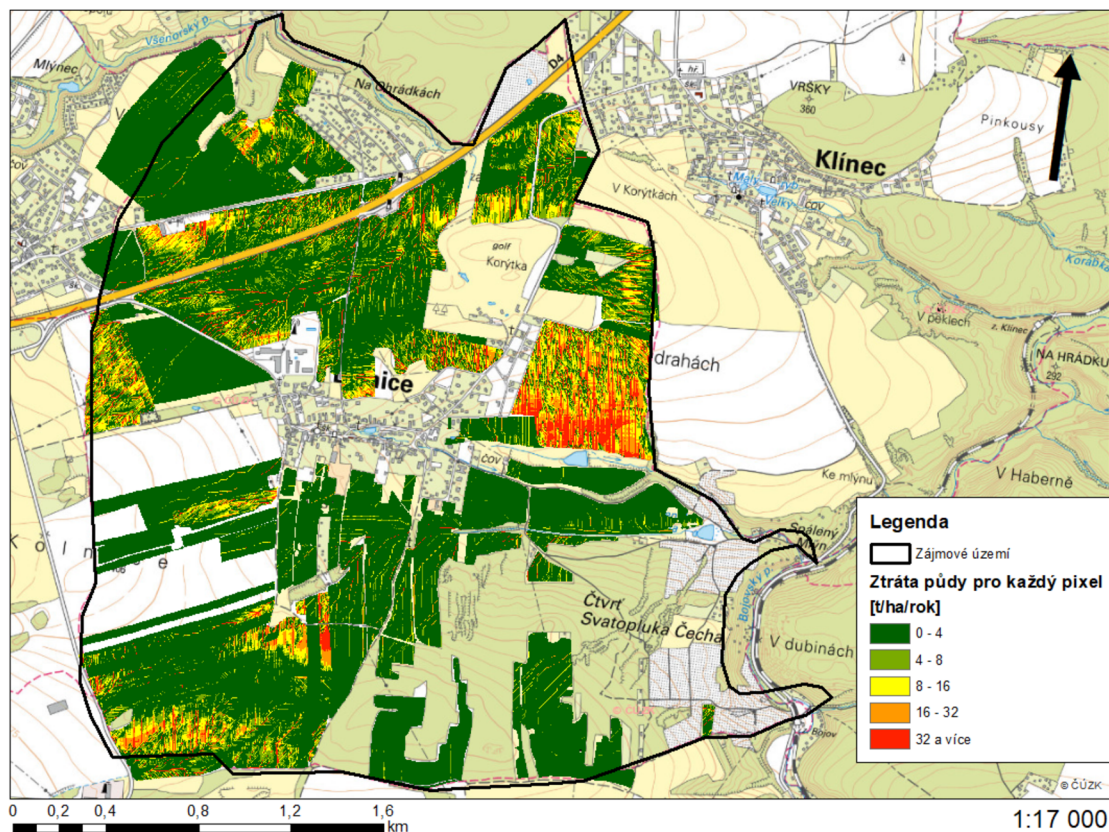
Sloupec Gp byl vyplněn maximální přípustnou ztrátou půdy pro příslušný kód udaný v 5. čísle BPEJ. Kód BPEJ 0,2,3 označuje půdy hluboké o mocnosti půdního profilu nad 60 cm. Půdy středně hluboké tedy o mocnosti půdního profilu 30-60 cm mají v 5. číslici BPEJ kód 1,4,7. Pro tyto dvě kategorie se vyhodnocuje maximální přípustná ztráta půdy 4 t/ha/rok. Pro půdy mělké, která jsou do 30 cm je BPEJ kód v 5. čísle 5,6,8,9 a maximální přípustná ztráta půdy je 1 t/ha/rok. Maximální přípustná ztráta půdy je udána podle metodiky (Janeček a kol, 2012). Výsledná rastrová vrstva byla vytvořena ze sloupce Gp a vrstvy BPEJ funkcí **Feature to Raster**. Vrstva byla pojmenována jako **Gp**.



Obrázek 16 - Maximální přípustná ztráta půdy

5.1.2 Průměrná ztráta půdy pro jednotlivé pixely

Pro další rastrové výstupy, které upřesní erozní ohroženost v daném území bylo nejprve potřeba vypočítat průměrnou ztrátu půdy pro jednotlivé pixely zájemového území (Obrázek 17). Bylo tak provedeno za pomoci funkce **Raster Calculator**, do které byla dosežena rovnice USLE v podobě uvedené výše. Vrstva byla pojmenována jako **G_Pixel** a byla následně rozřazena do 5 datových hladin, které ukazují míru eroze v jednotlivých pixelech. Konkrétně se hodnoty pohybují 0-32 a více t/ha/rok.



Obrázek 17 - Ztráta půdy pro každý pixel

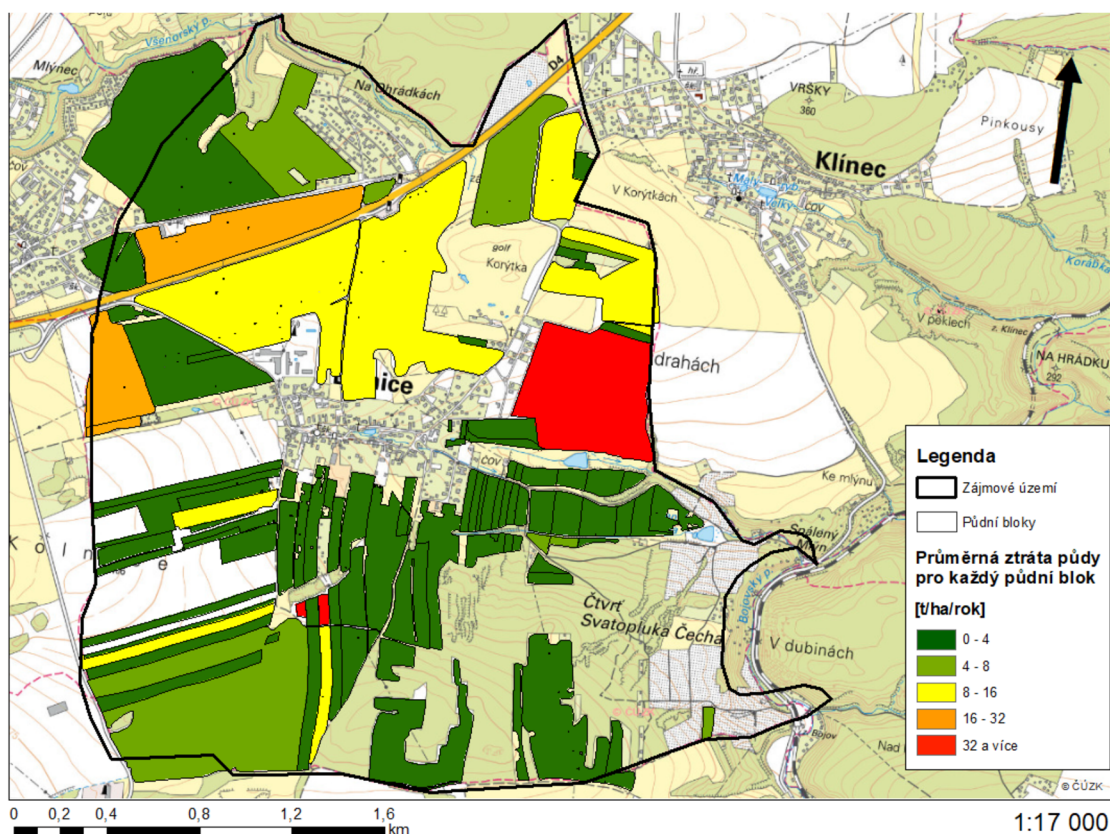
5.1.3 Průměrná ztráta půdy pro jednotlivé pozemky – půdní bloky

Pro výpočet průměrné ztráty půdy pro jednotlivé pozemky (Obrázek 18) byla použita funkce **Zonal Statistics**, kde vstupním rastrem byla průměrná ztráta půdy pro jednotlivé pixely a půdní bloky LPIS. Výsledná vrstva byla pojmenována jako **G_pozemek** a byla opět rozřazena do několika datových hladin. Konkrétně do 4 hladin, které určují průměrnou ztrátu půdy na jednotlivých blocích.

V zájmovém území převažují půdy středně hluboké o hloubce 30–60 cm, které mají přípustnou ztrátu půdy 4 t/ha/rok dle metodiky (Janeček a kol, 2012). Můžeme určit, že datové hladiny s průměrnou ztrátou půdy **0-4 t/ha/rok** jsou ztráty přípustné. Avšak datové hladiny **4 t/ha/rok a více**, jsou alarmující a označují tak půdní bloky s vyšší hodnotou ztráty půdy. 81 půdních bloků ze 103 v zájmovém území není ohroženo erozí a spadá tak do kategorie **0-4 t/ha/rok**. V rozmezí průměrné ztráty půdy **4-8 t/ha/rok** se nachází 8 půdních bloků. Většina plošně největších půdních bloků v zájmovém území má hodnotu ztráty půdy v rozmezí **8-16 t/ha/rok**. V tomto rozmezí se tak vyskytuje 8 půdních bloků.

Na Zbylých 6 půdních blocích se pohybuje průměrná ztráta půdy **16 t/ha/rok a více**. Tato hodnota je alarmující a je nutno zakročit v podobě protierozního opatření.

Nejvyšší naměřená hodnota erozní ohroženosti byla zjištěna na půdním bloku s přiřazeným číslem 40. Hodnota ztráty půdy je na tomto pozemku **36,8 t/ha/rok**. Je tak nejspíše zapříčiněno vysokým sklonem svahu pozemku.

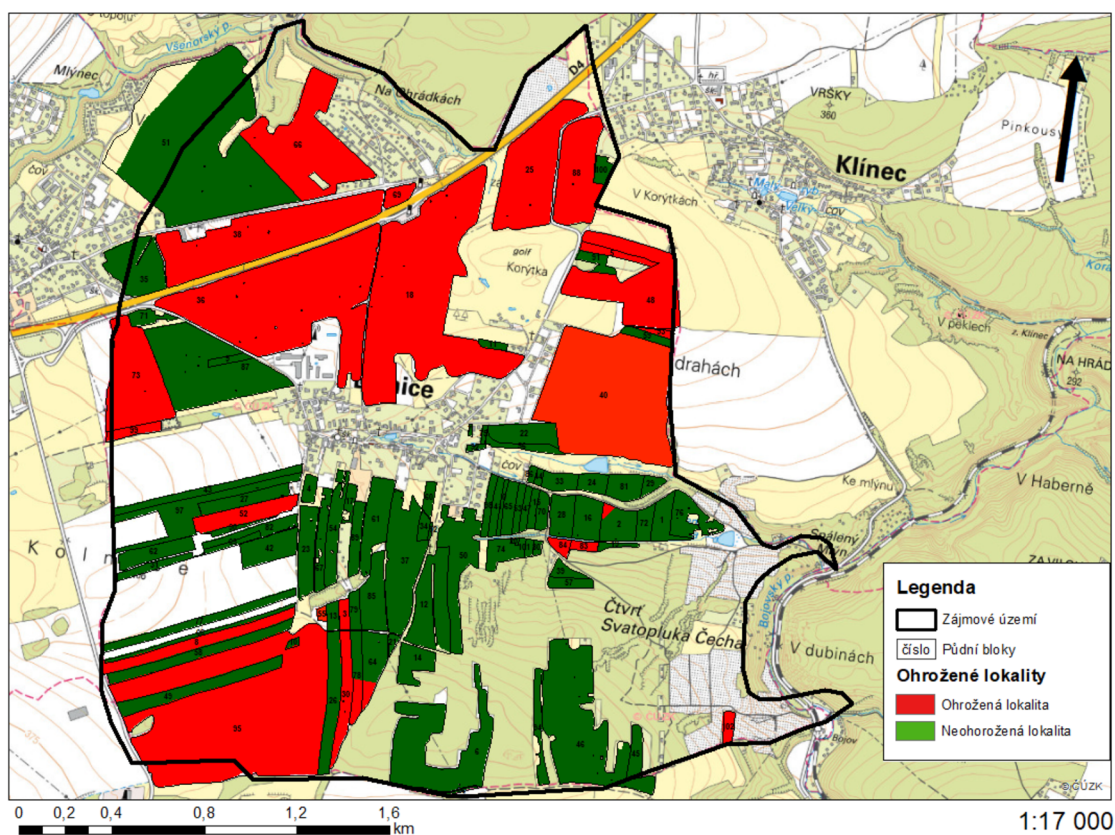


Obrázek 18 - Průměrná ztráta půdy pro každý půdní blok

5.1.4 Stanovení ohrožených lokali erozí

Finální rastrová vrstva (Obrázek 19), která vyhodnocuje ohrožené a neohrožené půdní bloky vodní erozí byla vytvořena funkcí **Minus**, do které byl vložen rastr maximální přípustné ztráty půdy a průměrná ztráta půdy pro každý pozemek. Výsledný rastr označuje červeně veškeré erozně ohrožené pozemky, na kterých by bylo vhodné aplikovat erozní opatření pro redukci eroze. Zeleně označené pozemky není třeba řešit, jelikož nejsou erozně postiženy. Na zkoumaném území se nachází **22** pozemků postižených vodní erozí. Z toho **3** pozemky jsou postiženy kriticky (32 t/ha/rok a více).

Celkové vyhodnocení průměrné ztráty půdy na půdních blocích s výskytem eroze v rozmezí 4 t/ha/rok a více tedy ohrožených půdních bloků erozí, naleznete níže v tabulce (Tabulka 16). Na zbylých **81** půdních blocích se vyskytuje eroze v rozmezí 0-4 t/ha/rok. Usoudil jsem tak, že není informačně významné je uvádět do tabulky, jelikož spadají do kategorie neohrožených půdních bloků erozí a výskyt eroze na těchto půdních blocích je pod stanovenou přípustnou ztrátou půdy.



Obrázek 19 - Ohrožené lokality

číslo půdního bloku	ztráta půdy [t/ha/rok]
3	34,45
5	4,38
8	8,03
18	10,27
25	6,41
30	14,21
36	9,18
38	17,71
40	36,86
48	8,48
52	12,23
55	32,89
66	6,32
69	5
73	19,18
83	4,28
84	4,77
88	11,65
93	8,73
95	7,99
99	22,53
102	5,81

Tabulka 16 - Ztráta půdy na jednotlivých půdních blocích

6 Diskuse

Celkový výsledek vyhodnocení míry erozního ohrožení zájmového území je nutný brát jako orientační. Vstupní data mohou být odlišná od reality. Převážně faktor R, který stanovuje erozní účinnost deště a je tak přímo závislý na srážkách. Rozdíl mezi daty a skutečností může být ten fakt, že zájmové území v posledních letech ohrožuje sucho a celkové zhoršení klimatických podmínek, další proměnou může být průměrná hodnota faktoru R stanovená pro celé území ČR jako $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha} \cdot \text{cm} / \text{hod} \cdot \text{rok}^{-1}$ (Janeček a kol, 2012).

K určení míry erozního ohrožení na pozemcích zájmového území byla použita univerzální rovnice pro ztrátu půdy USLE, která byla sestavena Wischmeierem a Smithem (1978). Rovnice byla přenesena do programu ArcMap, ve kterém byly vytvořeny rastrové modely, které přiblížili míru ohrožení vodní erozí zájmového území. Vstupní data pro vytvoření základních rastrů, ze kterých se následně rovnice USLE složila a vypočítala, poskytl Český úřad zeměměřičský a katastrální. Výstupy jsou tak závislé na kvalitě vstupních dat a na provedených operacích v prostředí ArcMap. Za pomoci geografických a informačních systémů (GIS) se tak dá s relativní přesností odhadnout míra erozního ohrožení a předejít tak úplným ztrátám půdy.

Přítomnost eroze se potvrdila převážně u půdních bloků, na kterých je stálá zemědělská aktivita. Tedy půdní bloky s pokryvem orných půd nebo ovocných sadů. U některých půdních bloků je intenzita eroze vyšší kvůli jejich sklonu. U 3 lokalit se vyhodnotila nadprůměrná ztráta půdy, která přesahuje 32 t/ha/rok . Půdní blok s nejvyšším počtem ztráty půdy je půdní bloku č. 40 u kterého byla vyhodnocena ztráta půdy $36,8 \text{ t/ha/rok}$. U tohoto půdního bloku může být míra eroze způsobena jeho sklonem nebo špatným zemědělským postupem jako je například směr orby, jelikož typ využití pozemku je orná půda.

Na přilehlých pozemcích v severní a severo-východní části zájmového území, tedy na zemědělských lokalitách, které byly vyhodnoceny jako ohrožené erozní činností se vyskytuje stálý zemědělský subjekt, který spravuje pronajaté pozemky Obce Líšnice u Prahy. Do těchto pozemků spadá i půdní blok č. 40, který je nejvíce ohrožený. Na základě informací poskytnutých členem rady obce Líšnice, zemědělský subjekt má smlouvu na pronájem pozemku v délce trvání 10 let s 5 letým prodloužením. Obec několikrát upozorňovala zemědělský subjekt na špatné zacházení s pronajatými půdními bloky a celkovému špatnému přístupu k životnímu prostředí.

7 Závěr

Cílem této bakalářské bylo posoudit míru erozního ohrožení vybraných zemědělských ploch na ploše katastrálního území Líšnice u Prahy. Práce byla rozdělena na tři části. První část byla teoretická. Bylo v ní popsána půda a druhy její degradace, hlavně druh fyzikální degradace půdy, eroze, která byla dále blíže popsána. Dále byla popsána univerzální rovnice pro ztrátu půdy USLE a jejích 6 faktorů R, L, S, K, C a P. Rovnice byla klíčová pro praktickou část bakalářské práce a byla tak potřeba jí blíže definovat.

Ve druhé části práce bylo představeno zájmové území a jeho podrobná klimatická hydrologická, geologická, a pedologická charakteristika.

Ve třetí praktické části byla vyhodnocena míra erozní ohroženosti na zájmovém území. Došlo k potvrzení přítomnosti vodní eroze, která způsobila ztrátu půdy na **22** půdních blocích ze 103 na ploše zájmového území. Ostatních **81** půdních bloků bylo v limitu tolerance míry erozního ohrožení, která byla stanovena pro půdy střední a hluboké na **4 t/ha/rok** na základě metodiky vydané roku 2012 M. Janečkem (Janeček a kol, 2012). Ohrožené půdní bloky se pohybovaly v rozmezí stanovených kategorií průměrné roční ztráty půdy 4-8, 8-16, 16-32, 32 a více t/ha/rok. Ztráta půdy v rozmezí **4-8 t/ha/rok** se nacházela na **8** půdních blocích. V rozmezí **8-16 t/ha/rok** se nacházelo **8** půdních bloků, které jsou svojí plochou převážně největší z celého zájmového území. Převážně se jednalo o zemědělské plochy s ornou půdou.

Zbylé dvě hladiny by se daly označit jako za znepokojivé a alarmující, jelikož průměrná roční ztráta půdy zde vysoce přesahuje stanovený limit. Ztráta půdy v rozmezí **16-32 t/ha/rok** se nacházela na **3** půdních blocích. Jednalo se o dva rozlohou velké půdní bloky využívané jako orná půda a jeden půdní blok využívaný jako ovocný sad. Nejvyšší stanovená kategorie ztráty půdy v rozmezí **32 a více t/ha/rok** se zjistila na **3** půdních blocích. Dva půdní bloky byly využívány rovněž jako ovocné sady a blok s nejvyšší zjištěnou ztrátou půdy byl využíván jako orná půda. Nejvýše naměřená hodnota odnosu půdy byla **36,8 t/ha/rok**, která byla zjištěna na půdním bloku číslo 40. Hodnota byla více než znepokojivá. Půdní bloky, na kterých se vyskytuje ztráta půdy **16 a více t/ha/rok** měly vysoký sklon pozemku, který může zapříčinit velké ztráty půdy půdním smyvem.

Tato bakalářská práce tak může informačně posloužit obci Líšnice u Prahy jako varování před vysokou mírou erozního ohrožení na jejím území a zároveň posloužit jako podklad pro stanovení vhodných protierozních opatření na erozně postižených lokalitách.

8 Seznam použitých zdrojů

BENNETT H H., 1939: Soil Conservation, McGraw-Hill Book Company, 993 s.

BOHÁČ Z., 1995: Líšnice v minulosti a současnosti, Mirsa, 95 s.

BORŮVKA L., BATYSTA M., a kol., 2010: Laboratory Assay of Aluminium Transport through Intact Soil Sample under Controlled Conditions, v Praze, 73 s.

BRYCHTA J., PETRŮ J., 2016: Základy hodnocení vodní eroze pomocí GIS, ČZU, Praha, 100 s.

DEMEK J., MACKOVČIN P., a kol., 2006: Hory a nížiny – zeměpisný lexikon ČR, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 582 s.

DROBNÍK J., 2007: Základy pozemkového práva, Eva Roztoková – IFEC, v Berouně, 199 s.

ELMIRA S., et al., 2021: Advances in Understanding Soil Degradation, Springer International Publishing AG, 796 s.

HOLÝ M., 1978: Protierozní ochrana, Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 283 s.

HŮLA J., PROCHÁZKOVÁ B., a kol., 2008: Minimalizace zpracování půdy, Vydavatelství Profi Press s.r.o., v Praze, 246 s.

IMDAD S., RAFIQUE M., 2019: Soil Erosion Aspects in Agriculture, Delve Publishing, 262 s.

JANEČEK M., a kol., 2002: Ochrana zemědělské půdy před erozí, ISV – Institut sociálních věcí, v Praze, 117 s.

JANEČEK M., a kol., 2008: Základy erodologie, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 172 s.

JANEČEK M., a kol., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí, Autorizovaná metodika fakulty životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze, ČZU v Praze, 99 s.

KLEČKA M., 1984: Racionální využití zemědělské půdy a základních fondů v procesu intenzifikace zemědělství, VÚEZV, Praha, 77 S.

KOZÁK J., NĚMEČEK J., MATULA S., VALLA M., BORŮVKA L., 2002: Pedologie, ČZU Praha, v Praze, 140 s.

LACKOVÁ E., RŮŽIČKOVÁ K., URBANCOVÁ L., 2015: Degradace a ochrana půd, Ostrava: Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 121 s.

MCGEE W J., 1911: Soil erosion, U.S: Government Printing Office, 60 s.

MORGAN R. P., CNEARING M. A., 2011: Handbook of erosion modelling, Chichester, West Sussex, UK, Hoboken, N.J.: Wiley, 18 s.

NOVOTNÝ I., a kol., 2017: Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy, Ministerstvo zemědělství a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v Praze, 86 s.

PANAGOS P., a kol., 2015: Estimating the soil erosion cover management factor at the European scale, Land use policy, 38-40 s.

PAVLŮ L., 2018: Základy pedologie a ochrany půdy, Česká Zemědělská univerzita v Praze, Praha, 76 s.

SVATOŠ M., 2008: Ekonomika agrárního sektoru, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 173 s.

ŠARAPATKA B., 2014: Pedologie a ochrana půdy, Univerzita Palackého v Olomouci, v Olomouci, 240 s.

TOMÁŠEK M., 2014: Půdy České republiky, Česká geologická služba, Praha, 112 s.

VLČEK V., JANDÁK J., POSPÍŠILOVÁ L., 2017: Klíč k použití bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ, Mendelova univerzita v Brně, v Brně, 35 s.

VOPRAVIL J., BATYSTA M., HAVELKOVÁ L., et al. 2012: Hodnocení půd z hlediska jejich produkčních a mimoprodukčních funkcí s dopady na plošnou a kvalitativní ochranu půd v České republice, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 68 s.

WISCHMEIER W. H., SMITH D. D., 1978: Predicting rainfall erosion losses, United states department of agriculture, Washington, 66 s.

- **Internetové zdroje**

EAGRI, 2019: Typy degradací půd, (online) [cit. 27.2.2023], dostupné z <<https://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/>>

KLIMATICKÁ ZMĚNA, 2023: Eutrofizace a acidifikace životního prostředí, (online) [cit. 5.3.2023], dostupné <<https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/eutrofizace-a-acidifikace-zivotniho-prostredi/>>

Ministerstvo životního prostředí, 2015: Definice půdy, (online) [cit. 26.2.2023], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/ochrana_pudy>

NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY, 2022: Erosion, (online) [cit. 3.3.2023], dostupné z <<https://education.nationalgeographic.org/resource/erosion/>>

Oficiální stránky obce Líšnice, 2023, (online) [cit. 19.1. 2023], dostupné z <<https://www.obeclisnice.eu>>

VOPRAVIL J., 2021: Co to je BPEJ? Číslo prozradí kvalitu půdy. Jak jej správně přečíst? (online) [cit. 5.3.2023], dostupné z <<https://www.estav.cz/cz/9726.co-to-je-bpej-cislo-prozradi-kvalitu-pudy-jak-jej-spravne-precist>>

VÚMOP, 2019: Kód BPEJ, (online) [cit. 28.2.2023], dostupné z <<https://bpej.vumop.cz>>

VÚV T.G. MASARYKA, 2020: O projektu DIBAVOD, (online) [cit. 03.01.2023], dostupné z <<https://www.dibavod.cz>>

- **Zákony a vyhlášky**

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

Vyhláška MZe č. 227/2018 Sb., Vyhláška o charakteristice bonitovaných půdně ekologických jednotek a postupu pro jejich vedení a aktualizaci

Vyhláška MZe č. 327/1998 Sb., Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci

Zákon 334/1992 Sb., Zákon České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu

- **Ostatní zdroje**

EC 2012a., 2012., Blueprint to safeguard Europe's water resources, European Commission

9 Seznam obrázků, tabulek, grafů, zkratk a příloh

9.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Klimatické regiony na území ČR (VÚMOP 1999).....	17
Obrázek 2 - Zájmové území.....	28
Obrázek 3 - Klimatický region	29
Obrázek 4 – Hydrologická charakteristika území.....	30
Obrázek 5 - Geomorfologické členění.....	31
Obrázek 6 - Půdní typy	32
Obrázek 7 Zkoumané půdní bloky / zemědělské plochy	33
Obrázek 8 - DMR – Digitální model reliéfu.....	35
Obrázek 9 - Sklonitost	36
Obrázek 10 - Směr povrchového odtoku	37
Obrázek 11 - Akumulace povrchového odtoku	38
Obrázek 12 - L, S Faktor	39
Obrázek 13 - BPEJ zájmového území	40
Obrázek 14 - K faktor	41
Obrázek 15 - C faktor	43
Obrázek 16 - Maximální přípustná ztráta půdy	46
Obrázek 17 - Ztráta půdy pro každý pixel	47
Obrázek 18 - Průměrná ztráta půdy pro každý půdní blok.....	48
Obrázek 19 - Ohrožené lokality	49

9.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Označení BPEJ (https://bpej.vumop.cz).....	15
Tabulka 2- Charakteristika klimatických regionů (Vyhláška MZe, 327/1998 Sb.).....	16
Tabulka 3 - Kategorie sklonitosti podle sklonu (Vyhláška MZe, 327/1998 Sb.)	18
Tabulka 4 - Kategorie expozice podle světových stran (Vyhláška MZe 327/1998 Sb.)	18
Tabulka 5 - Poměr sklonitosti a expozice (Vyhláška MZe 327/1998 Sb.).....	18
Tabulka 6 - Skeletovitost půdy (Vyhláška MZe 327/1998 Sb.)	19
Tabulka 7 - Hloubka půdy (Vyhláška MZe 327/1998 Sb.)	19
Tabulka 8 - Třídy páté číslice BPEJ (Vyhláška MZe 327/1998 Sb.)	20

Tabulka 9 - Rozdělení R faktoru do měsíců vegetačního období (Janeček a kol, 2012).....	22
Tabulka 10 – Nomogram pro K faktor (Janeček a kol, 2012)	23
Tabulka 11 - Hodnoty C faktoru podle vegetace a obdělávání (Janeček a kol, 2008)	26
Tabulka 12 - Hodnoty dané pro protierozní opatření (Janeček a kol, 2008)	27
Tabulka 13 – HPJ (Janeček, 2008)	41
Tabulka 14 - Klimatický region (Kadlec M., Toman F., 2002).....	43
Tabulka 15 - Faktor C (Kadlec M., Toman F., 2002).....	43
Tabulka 16 - Ztráta půdy na jednotlivých půdních blocích	50

9.3 Seznam rovnic

Rovnice 1- Univerzální rovnice podle Wischmeiera a Smithe (Janeček a kol., 2002).....	21
Rovnice 2 - Výpočet R faktoru (Janeček a kol, 2012).....	22
Rovnice 3 - Určení K faktoru (Janeček a kol, 2012)	23
Rovnice 4 - rovnice LS faktoru (Janeček a kol, 2008)	24
Rovnice 5 - rovnice LS faktoru podle Mitášové (1996).....	24
Rovnice 6 - LS faktor Mitášová (1996).....	38
Rovnice 7 - LS faktor pro Raster calculator	39
Rovnice 8 - Zápis rovnice USLE.....	45

9.4 Seznam použitých zkratk

USLE – univerzální rovnice ztráty půdy

MZe – ministerstvo zemědělství

BPEJ – Bonitovaná půdně ekologická jednotka

HPJ – Hlavní půdní jednotka

9.5 Seznam příloh

Příloha - 1 Pohled na půdní blok č. 66.....	59
Příloha - 2 Pohled na půdní blok č. 36.....	59
Příloha - 3 Pohled na půdní blok č. 38.....	59
Příloha - 4 Pohled na půdní blok č. 52.....	60
Příloha - 5 Pohled na půdní blok č. 40 - nejvyšší míra erozní ohroženosti	60

10 Přílohy



Přiloha - 1 Pohled na půdňi blok č. 66



Přiloha - 2 Pohled na půdňi blok č. 36



Přiloha - 3 Pohled na půdňi blok č. 38



Příloha - 4 Pohled na půdní blok č. 52



Příloha - 5 Pohled na půdní blok č. 40 - nejvyšší míra erozní ohroženosti