

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA  
V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**KATEDRA PLÁNOVÁNÍ KRAJINY A SÍDEL**



**Modelování změny BPEJ pomocí modelu ATLAS**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Jan Gregar, Ph.D.

Diplomant: Bc. Tereza Hlavničková

**2024**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tereza Hlavničková

Regionální environmentální správa

Název práce

**Modelování změny BPEJ pomocí modelu ATLAS**

Název anglicky

**Modeling BPEJ Change Using the ATLAS Model**

---

### Cíle práce

Připravit model pro analýzu a modelování změny Bonitované půdně-ekologické jednotky (BPEJ) v konkrétním geografickém prostoru.

Zhodnotit a porovnat změny v BPEJ v různých časových obdobích.

Identifikovat faktory a proměnné ovlivňující změny v BPEJ.

Predikovat budoucí vývoj BPEJ na základě scénářů a trendů.

Poskytnout doporučení pro udržitelné využívání půdních a ekologických zdrojů založené na výsledcích modelu ATLAS.

### Metodika

Shromáždit dostupná geografická data o BPEJ, včetně informací o půdních jednotkách, ekologických charakteristikách, využívání a případných změnách v průběhu času.

Spustit model ATLAS (Automatic Land-use and Transformation Analysis System) pro analýzu a modelování změny BPEJ.

Ověřit přesnost a spolehlivost modelu ATLAS pomocí srovnání modelovaných výsledků s reálnými daty a terénními pozorováními.

Aplikovat model ATLAS na vybraných lokalitách a analyzovat změny v BPEJ v různých časových obdobích.

Identifikovat klíčové faktory, které ovlivňují změny v BPEJ, jako jsou lidská činnost, urbanizace, zemědělství, změna klimatu apod.

Na základě analýzy a trendů vytvořit scénáře a predikce budoucího vývoje BPEJ v daném geografickém prostoru.

Diskutovat výsledky, vyvozené závěry a doporučení pro udržitelné plánování a využívání půdy a ekosystémů na základě modelu ATLAS.

### Doporučený rozsah práce

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

### Klíčová slova

půda, eroze půdy, protierozní opatření, rovnice USLE

---

### Doporučené zdroje informací

- BENNETT H H., 1939: Soil Conservation, McGraw-Hill Book Company
- FAY, LAURA; AKIN, MICHELLE a SHI, XIANMING. Cost-Effective and Sustainable Road Slope Stabilization and Erosion Control. ISBN 978-0-309-22362-1
- GARCIA-CHEVESICH, Pablo A. *Erosion control and land restoration*. Denver: Outskirts Press, 2018. ISBN 978-1-4787-6583-7.
- JANEČEK, Miloslav; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Ochrana zemědělské půdy před erozí : metodika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- JANEČEK, Miloslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: ISV, 2002. ISBN 80-85866-86-2.
- JOHN BOARDMAN, John POESEN, Jean. Soil Erosion in Europe, ISBN:9780470859100
- KALIBOVÁ ŠIMKOVÁ, Jana; KOVÁŘ, Pavel; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *problematika tvorby povrchového odtoku a edizodní řešení jeho erozních projevů : surface runoff generation and its event-erosion processes*. Disertační práce. Praha: 2016.
- MORGAN, R. P. C.; RICKSON, R.J. *Slope stabilization and erosion control : a bioengineering approach*. New York: Taylor & Francis, 1995. ISBN 978-0-415-51176-6.
- Němeček J., Macků J., Vokoun J. Vavříček D., Novák P., (2001); Taxonomický klasifikační systém půd České republiky; ČZU Praha spolu s VÚMOP Praha; ISBN 80-238-8061-6
- R. P. C. Morgan. Soil Erosion and Conservation. ISBN 9781405144674

---

### Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

### Vedoucí práce

Ing. Jan Gregar

### Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

---

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2023

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2023

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2024

---

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Modelování změny BPEJ pomocí modelu Atlas 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 Humpolci dne 25.3.2024

.....

### **Poděkování**

Ráda bych poděkovala zejména vedoucímu mé diplomové práce Janu Gregarovi, Ph.D. za odborné a věcné rady, pozitivní přístup a vstřícnost. Dále Ing. Janě Kalibové, PhD. za pomoc při práci a v neposlední řadě své rodině za podporu po celou dobu studia.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá modelováním změny bonitované půdně ekologické jednotky na vybraných pozemcích v programu Atlas EROZE.

Hlavním cílem bylo zhodnotit a porovnat změny BPEJ ve dvou časových obdobích, a to konkrétně před změnou a po změně bonitované půdně ekologické jednotky.

Diplomová práce se ve své teoretické části věnuje literární rešerši v oblasti půdy, zahrnující problematiku bonitace půdně ekologických jednotek včetně aktualizace či historie bonitace, dále erozi a souvisejícím protierozními opatřeními.

Praktická část se zaměřuje na charakteristiku zájmového území, zpracování a interpretaci změn bonitované půdně ekologické jednotky na sledovaných územích v okrese Praha-východ, konkrétně v katastrálních územích Bořanovice, Hovorčovice, Líbeznice, Veliká Ves a Bašť.

Výsledkem jsou mapové a tabulkové výstupy, na kterých jsou patrné změny, které vznikly v důsledku změny kódu BPEJ na pozemcích po aktualizovaném zatřídění do koluvizemí.

## **Klíčová slova**

půda, eroze půdy, protierozní opatření, rovnice USLE

## **Abstract**

This thesis deals with modeling changes in the soil ecological unit rating (BPEJ) on selected plots in the Atlas Erosion program.

The main objective was to evaluate and compare changes in BPEJ in two time periods, specifically before and after the change in the rated soil ecological units. The theoretical part of the thesis focuses on a literature review in the field of soil, including issues of soil ecological unit rating, including updates or the history of rating, as well as erosion and related erosion control measures.

The practical part focuses on the characterization of the study area, processing, and interpretation of changes in the rated soil ecological units in the monitored areas in the Prague-East district, specifically in the cadastral areas of Bořanovice, Hovorčovice, Líbeznice, Veliká Ves and Bašř. The results consist of map and tabular outputs showing changes resulting from the change in BPEJ code on the plots after updated classification into erosion areas.

## **Key words**

soil, soil erosion, anti-erosion measures, USLE equation

## Obsah

1.	Úvod .....	1
2.	Cíle práce .....	2
3.	Literární rešerše.....	3
3.1	Půda.....	3
3.1.1	Funkce půdy .....	4
3.1.2	Taxonomický klasifikační systém půd ČR .....	5
3.1.3	Půdní typy .....	5
3.1.4	Zemědělský půdní fond.....	7
3.2	Bonitovaná půdně ekologická jednotka (BPEJ) .....	7
3.2.1	Klimatický region.....	8
3.2.2	Hlavní půdní jednotka (HPJ) .....	9
3.2.3	Sklonitost a expozice .....	10
3.2.4	Skeletovitost a hloubka půdy .....	10
3.2.5	Aktualizace BPEJ.....	11
3.2.6	Historie bonitace v ČR.....	12
3.3	Degradace půdy.....	16
3.3.1	Eroze.....	17
3.3.2	Faktory ovlivňující erozi.....	18
3.3.3	Druhy eroze.....	20
3.3.4	Vodní eroze.....	20
3.3.5	Protierozní opatření u vodní eroze.....	21
3.3.6	Větrná eroze .....	23
3.3.7	Protierozní opatření u větrné eroze .....	24
3.4	Rovnice USLE – univerzální rovnice ztráty půdy.....	26
3.4.1	Faktor R.....	26
3.4.2	Faktor K.....	27
3.4.3	Faktor LS.....	27
3.4.4	Faktor C.....	27
3.4.5	Faktor P .....	28
3.5	Program Atlas .....	28
4.	Metodika.....	29
4.1	Popis území.....	29
4.1.1	Výpočet v programu Atlas EROZE .....	30
5.	Výsledky.....	31
6.	Diskuse.....	44



<b>7.</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>46</b>
<b>8.</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>47</b>
<b>8.1</b>	<b>Odborné publikace.....</b>	<b>47</b>
<b>8.2</b>	<b>Internetové zdroje.....</b>	<b>50</b>
<b>8.3</b>	<b>Legislativní zdroje.....</b>	<b>50</b>
<b>8.4</b>	<b>Seznam obrázku.....</b>	<b>51</b>
<b>8.5</b>	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>51</b>
<b>8.6</b>	<b>Sezman vzorců.....</b>	<b>51</b>

### **Seznam zkratk**

BPEJ – Bonitovaná půdně ekologická jednotka

ČÚZK – Český úřad zeměměřický a katastrální

EUC – Erozně ucelené celky

HPJ – Hlavní půdní jednotka

KÚ – Katastrální území

TKSP – Taxonomický klasifikační systém půd

USLE – Univerzální rovnice ztráty půdy

VÚMOP – Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy

ZPF – Zemědělský půdní fond

# 1. Úvod

Půda je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů, přičemž je velice těžko obnovitelná. Je klíčovým faktorem jak pro lidstvo, tak pro veškerou faunu a floru. Z těchto důvodů je stěžejní půdu chránit pro možnost dosahování potřebné zemědělské produkce, celkovou ochranu přírody a zlepšování životní úrovně. Bonitace půdy má na našem území dlouhou tradici. Již od 17. století vznikaly první pokusy o nastolení řádu v oceňování a rozdělování půdy. V současnosti používáme pro oceňování půdy a pozemkové úpravy bonitovanou půdně ekologickou jednotku (BPEJ), která je charakterizována pětimístným kódem, jehož každá číslice má jiný význam. Aktualizace BPEJ musí být prováděny opakovaně, jelikož stále dochází ke změnám kvůli lidské činnosti i přírodním vlivům.

Diplomovou práci tvoří dvě hlavní části, teoretická a praktická. Teoretická část se zaměřuje na rešerši zdrojů týkající se půdy, problematiky eroze půdy, BPEJ a dalších souvisejících témat. V praktické části bylo dosaženo výsledků za pomoci programu Atlas. Ve sledovaných zájmových lokalitách, které se nacházejí v okrese Praha – východ, došlo ke změnám BPEJ, protože původní soustava nedostatečně zohledňovala půdy, jež vznikají akumulací erozních sedimentů ve spodních částech svahů, konkávních segmentech svahů a terénních průlezech, tedy koluvizemí. Taxonomický klasifikační systém půd v ČR je řadil ke skupině nivních půd, proto byly koluvizemě doplněny o kódy BPEJ.

## **2. Cíle práce**

Cílem této diplomové práce je analýza a modelování změn bonitované půdně ekologické jednotky na konkrétních sledovaných územích a porovnat tyto změny v různých časových obdobích. Dále jsou v práci identifikovány faktory a proměnné, které tyto změny ovlivňují.

Práce nabízí predikci vývoje BPEJ na základě scénářů a trendů, zároveň na výsledcích modelu Atlas poskytuje doporučení pro udržitelné využívání půdních a ekologických zdrojů.

## 3. Literární rešerše

### 3.1 Půda

Půdu můžeme označit jako soubor živých a neživých složek. Dokáže pomoci rostlinám k vývoji, růstu a živí mnoho organismů, jež se v půdě nacházejí. Půda dokáže ovlivnit atmosférické stavy a zásobu vodních zdrojů. Od kvality půdy se odvíjí i množství potravy, která je vypěstována pro člověka (Cílek a kol., 2021). Jedná se o přírodní zdroj v životním prostředí, který využívá lidská společnost pro mnoho odvětví a oborů, těmi jsou kromě zemědělství také vodohospodářství, stavebnictví a další. Pod vlivem biologických procesů a vegetace se půda v čase přetváří. (Pavlů, 2019).

Půdu tvoří minerální částice, písek a jíl (z 45 %), voda (20–30 %), vzduch (20–30 %), zbylý podíl zastupuje humus, tvořen organickou hmotou z živočichů a rostlin (Stiftung, 2018).

Minerální složka je tvořena za procesu zvětrávání matečné horniny a substrátu. Obsahuje směs minerálů, které nám utváří strukturu půdy. Při zvětrávání těchto minerálů se uvolňují důležité živiny pro rostliny.

Vodní složka je taktéž nasycena minerálními a organickými látkami, jejichž rozpouštěním dochází k výživě rostlin (Harold a Magdoff, 2009). Vodu v půdě lze nalézt v různých skupenstvích, tedy v kapalném, pevném či plynném. Při výskytu kapalné vody, která má na půdu největší dopad, dochází k řadě procesů fyzikálních, chemických i biologických. Výskyt vody zajišťují nejvíce atmosférické srážky, dále závisí i na vlastnostech substrátu, složení vegetace, terénu a podobně (Němeček a kol., 1990).

Vzduchová složka půdy zaujímá vyšší podíl oxidu uhličitého, a naopak méně kyslíku, než je ve vzduchu atmosférickém. Dále se zde vyskytují i jiné plyny, například metan, oxidy dusíku atd. Vzduch v půdě zaplňuje póry, které nezaplňuje voda. Pokud jsou již všechny póry zaplněny vodou, je výměna plynů do atmosféry pomalejší, a to se negativně odráží na vývoji rostlin.

Organická složka významně svým obsahem ovlivňuje úrodnost půdy, přičemž se z ní postupně uvolňují živiny pro vegetaci (Harold a Magdoff, 2009).

Ke vzniku půdy dochází při chemickém a fyzikálním zvětrávání hornin, kdy se rozpadají minerály. Některé minerály se dělí po rozpadu na jednotlivá zrna, další se rozpouštějí. Takto vzniklé látky se stávají živinami pro různé organismy (Roth, 2012).

### 3.1.1 Funkce půdy

Pro životní prostředí lze funkce rozdělit na ekologické, environmentální a sociálně-ekonomické.

**Funkce ekologická** zahrnuje další funkce, které jsou pro fungování půdy životně důležité. Patří sem trofická funkce, jež dodává z půdy rostlinám a živočichům potřebné živiny pro jejich rozvoj. Organismy vyskytující se na půdě či v ní napomáhají funkci biochemické, která se stará o přeměnu a odbourávání biologicky aktivních látek. Rostliny využívají půdu jako svou oporu pro ně samotné i pro své kořeny, kterými z ní získávají živiny. V případě živočichů může půda sloužit jako úkryt pro část nebo celý jejich život. Další funkci, kterou řadíme mezi ekologické, je funkce transformační představující přeměnu organických, anorganických látek a energie. Akumulační funkce půdy znamená shromažďování organických látek, vody, humusu a živin, které se v půdě vyskytují. Voda akumulující se v půdě je podílově velmi zásadní pro zásobu sladké vody na Zemi.

**Environmentální funkce** zahrnuje vztahy půdy k zdraví lidí, zvířat, ke kvalitě životního prostředí atd. Do funkce environmentální můžeme zahrnout několik dalších funkcí, stejně tak jako u funkce ekologické (Bedrna, 2002). Půda díky své filtrační funkci dokáže zadržet látky nežádoucí pro vstup do potravního řetězce. Dovoluje vsakování vody do půdy a určuje propustnost půdního prostředí, kterým voda prochází. Při filtraci půdou se dostává do nižších vrstev a dokáže tak ovlivnit složení či kvalitu podzemních pramenů a toků, včetně vody, která se stává vodou pitnou (Berner a kol., 2012). Transportní funkce vzduchu pohybuje s plynnými látkami, přičemž hybatelem je vítr, teplota nebo voda, která se pohybuje v půdě směry podle trhlin a pórů a stéká do spodních částí. Voda vyskytující se na povrchu stéká dolů po svahu a je hlavní příčinou eroze. Pufrační funkce dokáže tlumit projevy některých reakcí v půdě, například změny pH nebo změny teploty. Dojde-li k výraznému poklesu reakce půdy, kterou vyvolají vnější jevy, může půda o svou pufrační funkci nevratně přijít. Další významnou funkcí je funkce asanační, při které dochází k rozpadu a rozkladu živočišných zbytků, těžkých kovů či dalších látek. Rozklad v půdě provádí půdní mikroorganismy, po rozkladu je pro půdu důležitá pomoc od ostatních organismů, například žížal, jež půdu kypří.

**Sociálně-ekonomické funkce** úzce souvisí s lidstvem, protože nám poskytuje suroviny, obživu, místo a prostor pro naše aktivity. Taktéž konzervuje archeologická naleziště (Bedrna, 2002).

Dle Nováka (2001) není možné vybrat jednu funkci, která je pro společnost nejvýznamnější či méně významná. Půda je multifunkční a člověk preferuje funkci podle jeho momentálních potřeb. Pokud člověk v danou chvíli využívá půdu pro jednu její vlastnost, neznačí to, že půda nemá funkce další, jež bude možné využít v budoucnu. V čase se totiž může funkce nebo vlastnost půdy změnit.

### 3.1.2 Taxonomický klasifikační systém půd ČR

Taxonomický klasifikační systém půd ČR (TKSP) byl vytvořen pro přehlednost a třídí jednotlivé kategorie půd. Systém vychází z dřívějších klasifikačních systémů, ale liší se od nich. Preferuje analytické znaky před morfogenetickými, v tom se odlišuje od morfogenetického klasifikačního systému. Principem TKSP je hodnocení nejvyšších taxonomických kategorií podle půdních vlastností a diagnostických horizontů.

#### Referenční třídy půd

Klasifikace půdních skupin je založena na jejich primárních charakteristikách vývoje a lze je srovnávat s klasifikacemi zahraničních klasifikačních systémů. Referenční třídy využívají příponu –sol a TSKP uvádí 15 referenčních tříd: leptosoly, eregosoly, fluvisoly, vertisoly, černosoly, luvisoly, kambisoly, andosoly, podzosoly, stagnosoly, glejosoly, salisoly, natrisoly, organosoly, antroposoly.

### 3.1.3 Půdní typy

Jedná se o hlavní jednotky klasifikačního systému, o které se systém opírá. Každý půdní typ charakterizují jisté diagnostické horizonty a jejich posloupnost. Většina z 26 půdních typů, které jsou rozlišeny, využívají koncovku -zem (Němeček a kol., 2008). Tabulka 1 zobrazuje skupiny půdních typů.

Skupiny půdních typů
Černozemě
Hnědozemě
Luvizemě
Rendziny a pararendziny
Regozemě
Kambizemě

Kambizemě dystrické, podzoly, kryptopodzoly
Kambizemě, rankery, litozemě
Silně svažitě půdy
Pseudogleje
Fluvizemě
Černice
Gleje

*Tabulka 1: Půdní typy (Hlavničková, 2024)*

## **Koluvizem**

Koluvizem je považována za relativně nově zavedený půdní typ, který vzniká při postupné akumulaci humózního materiálu přemístěného z erozně exponovaných částí pozemků. Výskyt koluvizemí je ovlivněn charakterem reliéfu, jelikož se v zásadě nachází v konkávních prvcích svahů a za terénními překážkami (Němeček a kol., 2008). Koluviace je jedním z důvodů zrychlené eroze. Celý proces a rozšíření půdního typu koluvizem může být brán jako jeden ze zásadních indikátorů dlouhodobých změn krajiny, přičemž důsledky jsou značné v širokém spektru přírodních procesů (Kuriakose a kol., 2009).

Výzkum chemických a fyzikálních vlastností koluvizemí probíhá především ve vztahu ke zkoumání vlivů erozních a akumulačních procesů na celkovou úrodnost půd. Tyto vlastnosti jsou odvozeny především z charakteristik půdního materiálu. Dále se na vlastnostech podílí charakter procesu eroze a následného přesunu půdní masy či určitá specifika pozemků (Lal, 2001).

## **Půdní subtypy**

Jedná se o modifikace půdních typů, které řeší přechody jednotlivých diagnostických půdních horizontů. Značí se přidáním přídavného jména za příslušný půdní typ.

## **Půdní variety**

Půdní variety označují méně výrazné vlastnosti, které doplňují charakteristiku typu půdy. V názvech půd se obvykle vyskytují jako příslovce (Šarapatka, 2014).



### **3.1.4 Zemědělský půdní fond**

Dle § 1 zákona č. 334/1992 Sb. je zemědělský půdní fond (ZPF) nenahraditelný výrobní prostředek, který umožňuje zemědělskou výrobu, a jedná se o jednu z hlavních složek životního prostředí. ZPF je soubor zemědělsky udržovaných lokalit, to je orná půda, chmelnice, vinice, zahrady, ovocné sady, trvalé travní porosty a taktéž půda, která byla dříve nebo má být v budoucnu zemědělsky obhospodařována, ale v současnosti tomu tak není. Zemědělský půdní fond zahrnuje i rybníky s chovem ryb či vodní drůbeže, polní cesty, závlahové vodní nádrže, hráze, odvodňovací příkopy a další technické zabezpečení sloužící k obdělávání půdy. V České republice hodnotíme ZPF pomocí bonitace.

### **3.2 Bonitovaná půdně ekologická jednotka (BPEJ)**

Na území Československé socialistické republiky probíhal mezi lety 1961 až 1970, ve světovém měřítku, unikátní projekt, a to Komplexní průzkum půd ČSSR (KPP). Dalším krokem, který navázal na předešlý projekt je Bonitace zemědělského půdního fondu Československé republiky, jejímž cílem bylo ocenění a vyhodnocení absolutní i relativní produkční schopnosti zemědělských půd a podmínek pro jejich nejučelnější využití (Ministerstvo zemědělství ©2015).

BPEJ je zkratkou pro bonitovanou půdně ekologickou jednotku, která představuje základní jednotku pro oceňování půdy či pro pozemkové úpravy. U BPEJ je kladen důraz na dodržování rovnocennosti u všech složek prostředí. Stejný význam se tedy objevuje jak u hloubky půdy, expozice či dalších fyzikálně-chemických vlastností půdy, tak na klima, terénní reliéf a další morfogenetické vlastnosti. Jedná se o agronomicky významné charakteristiky. Je možné zde najít údaje o ekonomických efektech či údajích o produkčních schopnostech zemědělských plodin, které se na konkrétním úseku vyskytují. Tato soustava dokáže zobrazit všechny charakteristické kombinace málo proměnlivých vlastností daných středisek zemědělských území, a to v krátkodobém až střednědobém časovém horizontu. Údaje jsou k sobě vzájemně odlišné a nabízejí i rozdílné produkční a ekonomické efekty (Vopravil a kol., 2011).

Dle VÚMOP ©2007 je BPEJ charakterizováno pětímístným kódem viz obrázek 1, kde každá číslice má jiný význam:

- První číslice udává klimatický region,

- druhá a třetí číslice vyjadřuje hlavní půdní jednotku, jedná se o účelové seskupení půdních taxonů, jež jsou podobné agroekologickými vlastnostmi,
- čtvrtá číslice je kombinací sklonitosti a orientace pozemku na světové strany,
- pátá číslice je též kombinací skeletovitosti a hloubky půdy.

### 3.2.1 Klimatický region

Klimatický region reprezentuje území s podobnými klimatickými podmínkami pro vývoj zemědělských plodin. Klimatických regionů je v ČR 10 a jsou číslovány od 0-9. Regiony 0-5 spadají do spíše suššího a teplejšího klimatu, naopak regiony 6 až 9 jsou vlhčími a chladnějšími. Pro vymezení klimatických regionů bylo sledováno mnoho kritérií, jako jsou například průměrné roční teploty, průměrný roční úhrn srážek apod, mezi rozhodující kritéria VÚMOP ©2007 řadí:

- Suma průměrných denních teplot rovných nebo vyšších než 10 °C,
- průměrné roční teploty a průměrné teploty ve vegetačním období (IV.-IX.),
- průměrný úhrn ročních srážek a srážek ve vegetačním období (IV.-IX.),
- pravděpodobnost výskytu suchých vegetačních období v procentech (IV.-IX.),
- výpočet váhové jistoty,
- výpočet hranice sucha ve vegetačním období a další faktory, jako je nadmořská výška, údaje o známých klimatických singularitách a faktor mezoreliéfu.

**Klimatický region VT** (velmi teplý a suchý) – tento region nalezneme v jižní části Moravy a jeho rozšíření je stejné jako rozšíření velmi teplé černozemní oblasti. V regionu je pěstována kukuřice na zmo.

**Klimatický region T1** (teplý a suchý) – nachází se v nejsušší oblasti Čech, tedy v oblastech Žatecka, Mostecké kotliny atd.

**Klimatický region T2** (teplý a mírně suchý) – region T2 se vyskytuje zejména ve středních Čechách a kolem regionu T1 v severozápadních Čechách. Nalezneme ho i na Moravě, konkrétně v západní a severní části

Dyjskosvrateckého úvalu od Znojma po Brno a jižní část Vyškovské brány.

**Klimatický region T3** (teplý a mírně vlhký) – je k naleznutí ve východní a severní části České křídové tabule, v Hornomoravském úvalu a severní části Dolnomoravského úvalu.

**Klimatický region MT1** (mírně teplý a suchý) – je rozšířen na Plzeňsku a Rakovnicku, dále na jihovýchodě Moravy a v oblasti Českomoravské vysočiny.

**Klimatický region MT2** (mírně teplý a mírně vlhký) – jedná se o poměrně rozšířený region, který lze nalézt v západní, jižní a východní části Plzeňské pahorkatiny, severní a východní oblast České křídové tabule, Chebskou, Sokolovskou a Budějovickou pánev, značnou část Středočeské pahorkatiny. Na Moravě je rozšířen na jihovýchodě Českomoravské vrchoviny a v Opavsko-hlučínské pahorkatině.

**Klimatický region MT3** (mírně teplý a značně vlhký) – nalézá se na Ostravské pánvi, v oblasti Moravské brány, ve Frýdlantském výběžku a části Podbeskydské pahorkatiny.

**Klimatický region MT4** (mírně teplý a vlhký) – jedná se o rozlohově nejrozšířenější region, který zahrnuje téměř všechny vyšší části pahorkatin, kdy přechází z regionu MT2. Spadá do něj Chodská pahorkatina, větší část Středočeské pahorkatiny, většinová část Českomoravské vrchoviny, Nízký Jeseník atd.

**Klimatický region MCH** (mírně chladný a vlhký) – zpravidla je možné tento region nalézt v nadmořské výšce vyšší než 550 metrů nad mořem a vyskytuje se ve všech podhůřích. Podléhají mu části Českého lesa, Krušných hor, Šumavského podhůří, výše položené oblasti Středočeské pahorkatiny či Bílých Karpat. Dále zahrnuje i níže položené části Nízkého Jeseníku, Moravskoslezských Beskyd a Orlického podhůří.

**Klimatický region CH** (chladný a vlhký) – do tohoto klimatického regionu patří zemědělská půda, která je ve všech okrajových pohořích Čech i Moravy a nachází se i ve Ždárských vrších (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy ©2007).

### 3.2.2 Hlavní půdní jednotka (HPJ)

Hlavní půdní jednotka je souborem různých půdních forem, jež jsou charakterizovány účelovým seskupením genetických půdních typů, subtypů, půdotvorných substrátů, hloubkou a sklonitostí terénu či zrnitostí

a skeletovitostí půdy. Celkem je rozlišováno 78 hlavních půdních jednotek, které jsou rozřazeny ve 13 skupinách (Klečka, 1984).

### 3.2.3 Sklonitost a expozice

Oba faktory vytvářejí kombinaci, jelikož spolu vzájemně souvisí a zároveň se podílejí na kvalitě dané BPEJ. Sklonitost je definována od úplné roviny až po sráz a obsahuje celkem 7 skupin. Sklonitost území je ovlivněna obhospodařováním daných pozemků při použití zemědělských strojů nebo jiné techniky. Na svažitém terénu se může promítnout zvýšené riziko eroze. Expozice třídí území podle světových stran, tedy sever, jih, západ, východ, a ještě expozici všesměrnou. Expozice ovlivňuje vegetační podmínky v důsledku rozdílných teplot, osvětlení a srážek. Důležité je zejména vymezení pozemků na severní, ale i jižní expozici. Sklonitost pozemku se v současnosti v terénu určuje sklonoměrem a expozici lze zjistit z dat mapových podkladů či za pomoci kompasu (Novotný a kol., 2013).

### 3.2.4 Skeletovitost a hloubka půdy

Poslední číslicí kódu BPEJ je spojení skeletovitosti a hloubky půdy. Jde o dvě velmi blízké charakteristiky, které zásadním způsobem ovlivňují hospodaření na půdě a její funkce. Skeletovitost znamená vyjádření komplexního hodnocení štěrkovitosti a kamenitosti v ornici a podorničí dle jejich obsahu. Skelet zahrnuje půdní částice, jež jsou větší než 2 mm a jejich tvar značí původ půdotvorného substrátu. Dalším důležitým půdním limitem je hloubka půdy, která charakterizuje mocnost profilu půdy. Hloubku půdy omezuje přítomnost souvislého skalního podloží nebo jeho rozpad, hladiny podzemních vod profilu apod. Za konvenční hloubku je považováno 150 cm, jelikož se jedná o zónu nejvýraznějšího kořenění většiny rostlin, akumulace živin, vzduchu, vody a teploty. Hloubka půdy se tedy označuje jako prostor pro zdárný růst rostlin (Novotný a kol., 2013).



Obrázek 1: Kód BPEJ (Mendelu, 2024)

### 3.2.5 Aktualizace BPEJ

Ve vyhlášce č. 227/2018 Sb. aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek představuje činnost, při které dochází ke zjišťování a vyhodnocování změn půdních a klimatických podmínek zemědělských pozemků terénním průzkumem oproti podmínkám, jež charakterizují dosud stanovenou BPEJ. Aktualizace proběhne, pokud došlo ke zjevným a podstatným změnám v důsledku povodní, sesuvů půdy, výrazné degradaci a destrukci půdy vlivem eroze, zásadní změně hydromorfismu půdy či pokud bylo určení dřívějších BPEJ nesprávné.

Aktualizací dochází k ověřování, upřesňování a novému vymezení hranic rozdílných BPEJ nebo ke změně číselného kódu. Aktualizace se provádí pro celá katastrální území, nebo pouze jejich části, dochází též k domapování, jehož cílem je upřesnění a doplnění celostátní databáze. Zjištění údajů o BPEJ u nově vzniklých zemědělských pozemků, kde nebyly dříve určeny, je součástí aktualizace. Podle vyhlášky nejsou změny průběhu hranic ovlivněné nepřesností zákresů a oprava chyb vzniklých při soutisku map považovány za aktualizaci. Výsledkem procesu jsou změněné mapy BPEJ (Státní pozemkový úřad, ©2021).

Za mapové podklady v digitální či grafické formě Státní pozemkový úřad ©2021 považuje:

- 1) Mapy bonitovaných půdně ekologických jednotek v digitální rastrové formě,
- 2) katastrální mapy,
- 3) kopie map dřívější pozemkové evidence v měřítku katastrální mapy, které zobrazují parcely evidované v katastru nemovitostí zjednodušeným způsobem.

Pokud shledá pozemkový úřad důvody pro aktualizaci, oznámí její zahájení a rozsah spolu s termínem, místem a podmínkami provádění terénního průzkumu, kde budou návrhy změněných map vyloženy k veřejnému nahlédnutí. Katastrální úřad, orgán ochrany zemědělského půdního fondu obecního úřadu obce s rozšířenou působností a finanční úřad jsou informovány pozemkovým úřadem o zahájení aktualizace a jejím rozsahu. Pro veřejnost jsou návrhy změněných map možné k nahlédnutí po dobu 30 dnů, po vyložení pozemkovým úřadem. Pozemkový úřad poté do dvou měsíců zpracuje připomínky veřejnosti, a pokud je potřeba, zhotoví nové mapy. Po zhotovení změněných map pozemkový úřad do třech měsíců poskytne

údaje katastrálnímu úřadu spolu s žádostí o zapsání do katastru nemovitostí (Státní pozemkový úřad, ©2021).

### **Důvody aktualizace dle Státního pozemkového úřadu ©2021**

- 1) Zohlednění degradačních změn,
- 2) zásadní změny hydromorfismu půdy,
- 3) zjištění údajů o BPEJ u pozemků, kde nebyly dříve určeny,
- 4) zahájení komplexních pozemkových úprav,
- 5) obnova katastrálního operátu – domapování BPEJ u zemědělských pozemků bez bonity,
- 6) prokazatelně nesprávné určení BPEJ na základě existujících podkladů,
- 7) oprávněný požadavek vlastníka pozemku,
- 8) potřeba doplnění a upřesnění v celostátní databázi.

Aktualizace BPEJ má vliv na všechny uživatele půdy včetně jejich vlastníků. Změna kódu BPEJ může snížit nebo naopak zvýšit cenu pozemků, které změna zasáhne, či může dojít ke změně výše daně z nemovitosti. V rámci zemědělského půdního fondu mohou být upraveny jeho třídy a může dojít ke změně posuzování o vynětí či nevynětí pozemků z fondu.

### **Žádost o aktualizaci**

Žádosti jsou zasílány na místně příslušný pozemkový úřad vlastníky zemědělských pozemků. V případě, že se jedná o pozemek pronajatý, tak žádost zasílá nájemce se souhlasem a plnou mocí vlastníka. Žádost v písemné formě musí obsahovat veškeré námítky současnému vymezení BPEJ. Vlastník musí na své náklady označit hranice pozemku, pokud na něm vytyčeny nejsou.

Podává-li žádost jiný orgán státní správy, musí požadavek obsahovat zdůvodnění pro provedení aktualizace a další náležitosti na kopii katastrální mapy (Státní pozemkový úřad ©2021).

### **3.2.6 Historie bonitace v ČR**

Pro hodnocení půd je důležité evidovat půdní fond a vlastnické či užívatelské vztahy k půdě. V Čechách vznikají v průběhu 17. století urbáře, ve kterých byly uvedeny pozemky vlastněné vrchností, poddanými, a uváděly i povinnosti poddaných k vrchnosti a další práva související s vlastněním nebo

užíváním půdy. První tzv. berní rula byl katastr zavedený roku 1654 a charakterizoval usedlost jako základní berní jednotku pro výběr daní placenou do rozpočtu státu. Z důvodu nedostatků, jež původní katastr obsahoval, probíhala v pozdějších letech tzv. revisitace držby a jejím výsledkem bylo upravení rustikálního katastru, druhé berní ruly. Na tuto berní rulu, která platila od roku 1684 až do roku 1748, navazoval katastr tereziánský. Ve zmíněném období sílily požadavky na provedení soupisu i půdy dominikální, a proto musela i vrchnost přiznávat svůj majetek.

Třetí berní rula byl vylepšený katastr, kde došlo ke zpřesnění údajů a doplnění okolností mající vliv na výnosnost a rentabilitu pozemků v rámci jednotlivých berních usedlostí. Nový systém daní se dočkal vlny nevole vrchnosti, a proto byla roku 1751 nařízena další generální revisitace všech pozemků, při které bylo využito hodnocení každé usedlosti na základě čistého výnosu. Další berní rula z roku 1757 nijak neměnila třetí berní rulu, jednalo se pouze o přidání seznamu pozemků a statků.

Josefský katastr byl založený podle katastrálních obcí a základem pro stanovení hospodářského výtěžku byl pozemek, jednalo se tak o pokus zpřesnění a spravedlivost rozdělení daně. Půdy byly v katastru rozděleny podle způsobu využití na louky, vinice, role a lesy, kdy měla každá půda stanovené i hrubé výnosy v peněžní hodnotě. Pro josefský kalendář probíhaly poprvé měřické práce na pozemcích vrchnosti i sedláků, ale přes nevoli vrchnosti z důvodu zrovnoprávnění sedláků a vrchnosti, byl katastr po dvou letech, v roce 1791 zrušen a nahrazen znovu katastrem tereziánským. Katastru byly zachovány měřické práce a po sporech byl uveden v platnost katastr tereziánsko-josefský, jež přes úpravy platil až do roku 1860, kdy byl zaveden stabilní katastr, který byl revolučním v evidenci, mapování i stanovení odpovídajícího daňového systému.

Tvorba stabilního katastru probíhala na základě císařského patentu z roku 1817, zde byla zmapována veškerá půda, geometrické zaměření pozemků a zobrazení na mapách s označením. Veškeré pozemky byly rozděleny podle kultur a obdělávané pozemky byly zařazeny do bonitních tříd. Výsledkem zeměměřických prací byly přesné a jednotné mapy v měřítku 1:2880. Cílem stabilního katastru bylo vytvoření jednotného systému pro spravedlivé vyměřování daní z pozemků a určení čistého výnosu podle zatřídění pozemků do bonitních tříd.

V bonitaci půdy bylo využíváno v té době rozvíjející se půdoznalství a roku 1869 dochází k reambulanci katastru. Pozemky byly oceňovány

do 6 až 8 tříd, a to dle jiných zásad než u předchozích katastrů. Reambulance rozdělovala půdu na pozemky využívané pro zemědělskou činnost a dále na pozemky, které by bylo takto možno využívat, ale jejich využití je jiné. Z pozemkové daně byly vyjmuty zastavěné plochy a nádvoří, základem daně se stal znovu čistý výnos v závislosti na obdělávání a bonitě pozemků (Bumba, 2007).

Každý vřídlovací okrsek obsahoval popsaný vzorový pozemek pro každou kulturu a bonitní třídu, u kterých byl určen půdní druh, průměrné plochy pěstovaných plodin, výnosy plodin a průměrné hrubé výnosy v tržních cenách v posledních 15 letech. Popis půd zaznamenával charakteristiky z hlediska půdních agronomických, ekonomických a klimatických vlastností. Veškeré pozemky, jež se nacházely ve stejném okrsku, byly srovnávány se vzorovým pozemkem a následně vřídleny do určené kultury a bonitní třídy v závislosti na sazbě čistého výnosu (Němec, 2001). K revizní činnosti mělo docházet každých 15 let, ale docházelo k ní pouze u podaných reklamací. Pokud držitel žádnou reklamaci nepodal zůstávaly pozemky ve stejné bonitní třídě (Mašek, 1948).

Od počátku 20. století sílily názory na zahrnutí do bonitace fyzicko-geografických předpokladů konkrétního území a podrobnější popis půdních profilů a chemického složení půdy. Vědecký základ probíhal u vypracování klasifikací přírodních podmínek po druhé světové válce (Klečka, 1984). V letech 1948-1951 byly v každém katastru odebrány 4 sondy vyškolenými geonomickými komisaři pro hodnocení půdních poměrů, kde se hlavním kritériem stala zrnitost. Odebráno bylo kolem 250 000 vzorků a následně proběhlo jejich zakreslení do mapy v měřítku 1:25 000.

Geonomický průzkum byl základem rajonizace zemědělské výroby státu, kdy bylo celé území republiky rozděleno do 4 výrobních typů. Tyto typy byly rozděleny na kukuřičnou, řepařskou, bramborářskou a horskou oblast a dále byly rozděleny na 12 podtypů. Do podtypu žitného spadaly lehké půdy, do ječného středně těžké, do pšeničného těžké a do ovesného horské. Po rozdělení půdy na typy a podtypy vydala státní správa rajonizační atlas, který obsahoval vhodné zóny pro pěstování plodin a chov konkrétních hospodářských zvířat. Na tento postup v bonitaci půd navazuje v 60. letech komplexní průzkum zemědělských půd a v 70. letech bonitace zemědělského půdního fondu.

Tento průzkum byl první moderní na celém území státu a byl složen ze dvou částí, a to půdoznaleckého šetření a soustavného agronomického



šetření ornice. Základní mapovací jednotkou byl zemědělský závod. Klasifikace půdy vycházela z klasifikace prováděné v zahraničí, kde byly důležité charakteristické kombinace horizontů půdního profilu vytvořené v průběhu geneze půdy, dále zrnitost, skeletovitost a vrstevnatost. Kopání sond probíhalo do hloubky 120 cm a vytyčovali se podle reliéfu a geologické stavby území. Pro podchycení nejvýznamnějších substrátů byly vytyčovány v rámci okresů další speciální sondy, přičemž byly vytyčovány v poměru jedné sondy na 3000 až 4000 hektarů, oproti základním sondám vytyčovaným na 7 až 18 hektarů. Pro účely zemědělských podniků byly užívány mapy v měřítku 1:10 000 a pro centrální řízení v měřítku 1:50 000 (Mašát, 2002).

V roce 1966 byla zpracována soustava přírodních stanovišť, ve které jsou zařazeny zemědělské podniky do sedmi základních skupin. Vytvořením statistického souboru bylo umožněno stanovení produkční a důchodové charakteristiky podniků a využít je k diferenciaci sazeb pozemkové daně na hektar zemědělské půdy a také stanovení výše příplatků na tržby. Jednalo se o systém příplatků, které dokázaly doplnit úhradu vyšších nákladů při nepříznivých přírodních podmínkách. Tato soustava mohla fungovat pouze u podniků, jejichž výměra nepřesahovala 600 hektarů a podnik fungoval na území jednoho či dvou katastrů, ale vlivem zvětšování nebo slučováním zemědělských podniků docházelo k nepřesnostem ve výších daní a příplatků. První aktualizace systému proběhla v roce 1975, ale problémy s daněmi a příplatky probíhaly přes celá 80. léta. Z důvodu zastaralého a nefunkčního systému sílil tlak na vypracování nové bonitace ZPF (Klečka, 1984).

Celý proces, který měl vést k vypracování nové bonitace řídil Výzkumný ústav ekonomiky zemědělství a výživy a zajišťovalo ho 6 výzkumných pracovišť. Ekonomické zhodnocení měla na starost pracoviště ekonomická a mapování spolu s terénními výzkumy pak pracoviště půdoznalecká. V návaznosti na výzkum musela bonitace respektovat přirozenou rozdílnost produkčních i nákladových předpokladů půdy. Klasifikační soustava půdního fondu se musela absolutně sjednotit, důkladně rozlišovat jednotlivé faktory v úrodnosti a brát v potaz ekonomické působení přírodních a intenzifikačních činitelů. V základu bonitaci tvořila bonitační klasifikační soustava a ekonomický popis jejich jednotek. Další částí bylo zpracování půdy bez ohledu na využití, proto bylo potřebné zjištění půdních a agroekologických vlastností, jako jsou klima, reliéf atd. (Němec, 2001).

## **Možný budoucí vývoj BPEJ**

Neustále probíhá aktualizace jednotek a systém je modernizován. V základní soustavě je zahrnuto 2140 BPEJ, u kterých jsou k dispozici ekonomické charakteristiky. Nově je vymezeno dalších 138 kódů, které ekonomické charakteristiky nemají.

Česká republika patří v celosvětovém měřítku k zemím, které mají nejpřesnější a nejpodrobnější informace o půdách. BPEJ má svým jednotným systémem celostátní působnost a může tak se svou ekonomickou a agroekologickou charakteristikou vytvářet podklady pro zákony, vyhlášky a další opatření (Ministerstvo zemědělství ©2015). V budoucnosti může dojít k vymezení BPEJ i na pozemcích menších než 0,5 ha. Momentálně se dle zákona BPEJ vymezuje u pozemků větších, než je zmíněná velikost, a pokud nemá půda nějaké velké rozdíly mezi jednotlivými údaji v kódu. Při trendu rostoucích cen pozemků může docházet k výraznému růstu žádostí o změnu BPEJ na pozemcích vlastníků, což je náročné jak finančně, tak i časově.

### **3.3 Degradace půdy**

Jedná se o přírodní proces, jež svým aktivním působením pomáhá urychlovat i člověk. Při degradaci půdy dochází ke snižování stávající, ba i budoucí schopnosti podpory života půdy, snižuje se úrodnost a využitelnost. V těchto interakčních procesech člověka a přírody hrají své klíčové role faktory jako půda, využití půdy, klima oblasti a ekonomika (Szołkowska Lacková a kol., 2015).

Rychlost a intenzitu degradace půdy ovlivňují vnější druhy zatížení, kterým jsou půdy vystavovány. Ty mohou být ovlivňovány i samotnými vlastnostmi, které není možné žádným způsobem ovlivnit. Vnější zatížení je ovlivněno děním prostředí kolem půdy, zde se mezi ovlivnitelná zatížení řadí hospodaření, a naopak neovlivnitelné jsou počasí a klima.

Degradaci lze rozdělit na dva typy, fyzikální a chemickou. Fyzikální degradace půd je ovlivněna fyzikálními vlastnostmi půdy, například půdní strukturou a texturou, pórovitostí půdy, barvou a dále tepelnými poměry. Fyzikální vlastnosti jsou narušovány působením vnějších sil, tedy rozrušování a utužování povrchu použitím těžkých zemědělských strojů, erozí, zábořem půdy atd. (Vopravil a kol., 2012). V převážné míře je fyzikální degradace zapříčiněna neutrálními faktory, ale může se též vyskytnout nebo vytvořit

v půdě kvůli lidské činnosti v důsledku nadměrné mechanické, chemické, vodní či biologické zátěži (Saljnikov a kol., 2022).

Do chemické degradace spadá kontaminace půd látkami, které ji poškozují, mohou to být látky organické i cizorodé. Mezi hlavní příčiny patří eutrofizace, acidifikace a salinizace. Acidifikace se v půdě projevuje poškozením porostů, což zapříčiní snížení výnosu pěstovaných rostlin, také destrukce půdy a její odolnost vůči erozi. Metodou možnou pro eliminaci acidifikace je vápnění, které neutralizuje kyselost půdy (Hůla a kol., 2008).

Vopravil a kol. (2012) uvádí mezi hlavní degradační faktory v České republice vodní a větrnou erozi, acidifikaci půd, zastavování území, utužení půdy a úbytek organické hmoty.

Regenerační proces půdy je vždy složitý a z časového hlediska velmi náročný. S neustále se zvyšujícím počtem obyvatel na planetě představuje kombinace s měnícím se klimatem závažný problém. Výsledkem zatěžování půdy a zanedbávání její regenerace může být nenávratná degradace půdního fondu (Morgan, 2005).

### **3.3.1 Eroze**

Erozi můžeme chápat jako proces rozrušování, transportu a sedimentace půdních částic, které erodují působením vody, ledu a větru. Negativními dopady eroze jsou zvýšení šterkovitosti půdy, snížení podílu humusu či změna fyzikálních a chemických vlastností půdy (Holý, 1994).

Půdní eroze je proces, kdy půda přichází o své produkční schopnosti, představuje problém zejména v zemích, jako je Čína, a zemích u Středozemního moře. Ve Spojených státech amerických probíhalo hnutí za ochranu půdy od 20. a 30. let 20. století. Evropa, zejména její západní část, začínala problémy způsobené erozí řešit v 70. letech minulého století. Představitelé evropských států si uvědomovali, že eroze může mít zásadní dopad na veškerou půdu, včetně nížinných orných oblastí (Morgan, 2005). Mezi jednu z nejstarších zmínek o erozi můžeme považovat knihu, kterou napsal americký vědec W.J. Mc Gee. Ten ve své knize popisuje erozi jako jev, při kterém dochází k přemísťování materiálu z vyšších poloh do nižších za příčiny prudkých dešťů (McGee, 1911).

Eroze není novým fenoménem, ale člověk se s ní potýká od dob, kdy začal svojí činností využívat a upravovat přirozený půdní povrch, který byl povětšinou tvořen lesní vegetací. Proces eroze způsobený člověkem

u zemědělských pozemků je velice rychlý, naopak v přírodních podmínkách probíhá tento proces pozvolným tempem (Podhrázská a Dufková, 2005).

Bennett (1939) popisuje erozi jako důsledek lidské činnosti, při které dochází ke snižování ploch lesních porostů a keřů, rozrušování půdy obděláváním a chováním dobytka. Ke vzniku dochází především na pozemcích náchylných k dešťovým smyvům, jehož urychlení je závislé na klimatických podmínkách, svažitosti, charakteru půdy a tak dále. V Bennettově knize je eroze rozdělena na normální a zrychlenou. Normální eroze je definována jako ta, která je výsledkem přírodních procesů, a naopak zrychlená vzniká činností člověka.

Sedimenty, které se uvolní v důsledku eroze, mohou snížit kapacitu vodních toků, zvýšit riziko záplav a blokovat zavlažovací systémy. Dále je možnost znečištění půdy a vody vlivem chemických látek obsažených v sedimentu. Z jílů se uvolňuje do atmosféry oxid uhličitý (Morgan, 2005).

### **3.3.2 Faktory ovlivňující erozi**

Faktory ovlivňující erozi půdy uvádí Garcia-Chevesich (2015):

- a) Klima,
- b) vegetace,
- c) podestýlka,
- d) typ půdy,
- e) topografie,
- f) rychlost proudění,
- g) využití půdy.

#### **Klima**

Nejdůležitější klimatickou proměnnou jsou srážky, záleží na množství srážek a intenzitě srážek, poté je možné určit erodovatelnost půdy. Pokud je intenzita nízká nedojde k překročení rychlosti infiltrace, ale je-li vysoká, dojde k povrchovému odtoku (Morgan, 2005). Teplota kapek deště také ovlivní erozi, jelikož chladnější kapky infiltrují do půdy pomaleji, než kapky teplejší za stejnou dobu trvání a intenzity.

#### **Vegetace**

Vegetace vytváří ochranný kryt půdy před atmosférickými vlivy. Účinnost vegetace závisí na výšce a hustotě stromů, trávy a tak dále. Koruny stromů zachycují déšť, ale nesníží jeho kinetickou energii a v důsledku vzniká

pod stromy vyšší míra eroze než na půdě, na kterou dopadají srážky přímo. Velikost a intenzitu kapek ovlivňuje i hrubost kůry stromů, hladká kůra zadrží menší množství srážek než hrubá kůra. Rostlinný pokryv nechrání půdu pouze před deštěm, ale dokáže snížit i rychlost proudění větru.

### **Podestýlka**

V prostředí, do kterého člověk významně nezasáhl, se nachází vrchní vrstva půdy pokrytá podestýlkou, jež je složena zejména z listů a větví rostlin (Garcia-Chevesich, 2015). Weil a Brady (2018) rozlišují 3 vrstvy, horní vrstva obsahuje nerozložený rostlinný materiál, v druhé části je materiál rozložen částečně a třetí složka je humusová, kde je rostlinný materiál rozložen úplně. Humus je klíčovým pro získávání živin rostlinami.

### **Typ půdy**

Každý typ půdy má vůči erozi jinou odolnost. Erodovatelnost půdy ovlivní několik proměnných, jako textura, struktura či propustnost. V případě textury mají jemnější částice půdy větší odolnost vůči erozi. U konkrétní půdy je obsah organické hmoty relevantní proměnnou pro její odolnost, jelikož tato hmota zlepšuje vlastnosti v půdě a zvyšuje její provzdušnění, zadržuje vodu a pomáhá vegetaci v růstu.

### **Topografie**

Při předpovídání eroze půdy v daném místě je důležité znát topografii určeného místa. Pokud známe strmost či délku svahu dokážeme určit množství a rychlost odtoku vody při deštích. Rychlost eroze je přímo ovlivněná tvarem svahu, u plochého svahu dochází k ukládání sedimentů, jelikož je zde rychlost odtoku nižší než u svahu strmého.

### **Rychlost proudění**

Svůj podíl na vodní erozi má i rychlost proudění vody. Pro oddělení částice je potřeba vyšší rychlost než pro její samotné unášení, nesená částice se po samotné cestě ještě dále rozkládá, než se úplně usadí.

### **Využití půdy**

Využití půdy ovlivňuje erozi nejvíce ze všech výše uvedených faktorů. Lidskou činností dochází k razantním změnám v hydrologickém cyklu, k nižšímu zachycování dešťových srážek kvůli kácení stromů, snížení infiltrační kapacity v důsledku výstavby silnic, měst a urbanizace. Lidské zemědělství způsobuje půdě trvalá poškození, která přispívají k vyšší erozi. Velká stáda hospodářských zvířat na malých plochách půdy snižují její ochranný kryt, čímž se mimo jiné zvyšuje povrchový odtok (Garcia-Chevesich,

2015).

### 3.3.3 Druhy eroze

Erozi je možné, podle erozních činitelů, dělit na erozi vodní, větrnou, ledovcovou, sněhovou atd. Na zemském povrchu vznikají určité útvary při působení exogenních činitelů eroze (Janeček a kol., 2002).

### 3.3.4 Vodní eroze

Vodní eroze je přírodním procesem, u kterého dochází k rozrušování povrchu půdy, transportu jejích částic a sedimentaci v nižších polohách svahu, smyv částic půdy může být dále nesen dalšími vodními zdroji (Piccarreta a kol., 2012). Na rozdíl od eroze větrné má hlavní vliv na vodní erozi délka a sklonitost svahu, spolu s intenzitou deště. Negativní projev může nastat i v rovinném terénu, kde se při prudkých deštích vytvoří nad povrchem emulze z vody a půdních částic, přičemž dojde k destrukci humusového horizontu. Půda se obnaží a v méně úrodných vrstvách mají rostliny sníženou schopnost získávání živin pro svůj růst (Rejšek a Vácha, 2018).

Vegetace ovlivňuje účinnost vodní eroze v mnoha směrech, upravuje energii dešťových srážek a mění rychlost proudící vody. Dále má schopnost zvýšit odolnost půdy vůči erozi v závislosti na morfologii jednotlivých rostlin, tedy zda se jedná o korunu, kořen, stonek nebo hrubost kůry (Morgan, 1995).

V České republice ohrožuje vodní eroze přibližně 50 % zemědělské půdy. Jako jednu z hlavních příčin můžeme považovat masovou produkci v zemědělství. Současné problémy vychází z razantních zásahů člověka do přirozené krajiny v průběhu 20. století, jako je proces scelování půdy, rozrušování linií krajiny, změna zatravněných ploch na ornou půdu a tak dále. Dochází tak ke snižování produktivity půdy, která je pro ni přirozená. Dále je ovlivňována retenční schopnost krajiny a tvorba povrchového odtoku. Problematice nepřispívá masivní pěstování kukuřice a řepky, jelikož se kvůli nim a chemickým hnojivům dostává půda do špatné kondice. Takto chátrající půda odolává špatně klimatickým vlivům, půda není při přívalemých deštích schopna infiltrovat vodu, přičemž dochází k erozi (Boardman a Poesen, 2006).

V důsledku klimatických změn narůstá počet erozně ohrožujících dešťů. Janeček a kol. (2005) dělí vodní erozi na několik forem, formu plošnou, rýhovanou, výmolovou a proudovou. Při plošné erozi dochází k rozrušování a následnému rovnoměrnému smyvu půdní hmoty po celé ploše, snižuje

se tak mocnost půdy. V případě rýhové eroze jsou stékající vodou vytvářeny zvětšující se rýhy a brázdy. Výmolová eroze je vyšším stupněm rýhové, kdy vznikají hlubší brázdy, výmoly či strže. Při proudové erozi jsou vytvářena trvalá vodní koryta, která jsou výsledkem soustředěných povrchových odtoků a vodních proudů.

### **3.3.5 Protierozní opatření u vodní eroze**

Využitím účinných protierozních opatření před vodní erozí je potřebné chránit zemědělskou půdu na svazích. O tom, jaký způsob ochrany je vhodný rozhoduje požadované snížení smyvu půdy na hodnoty přípustné a nutná ochrana objektu, vše přitom musí respektovat zájmy vlastníků a uživatelů půdy, ochrany přírody, životního prostředí i tvorby krajiny. Většinou jde o komplex organizačních, agrotechnických a technických opatření, jež se vzájemně doplňují, a přitom respektují současné základní požadavky a možnosti zemědělské výroby (Janeček a kol., 2012). Z pohledu realizace a nákladů týkajících se finanční stránky je žádoucí postup ochranných opatření od nejjednodušších, přes agrotechnická, až k technickým (Šimková, 2015).

Mezi klíčové účely na ochranu půdy před vodní erozí řadíme podporu vsaku vody a zlepšování soudržnosti půdy, ochranu půdy před účinky dopadajících dešťových kapek, omezování unášecí síly vody a soustředěného povrchového odtoku či neškodný odvod odtékající vody na povrchu a zachycování smyté zeminy (Janeček a kol., 2002).

#### **Organizační opatření**

Janeček a kol. (2012) považuje za základ organizačních protierozních opatření situování pozemků delší stranou ve směru vrstevnic, zvolení vhodných velikostí a tvarů pozemků, vymezení parcel vhodných ke změně druhů pozemků. Návrh veškerých organizačních opatření na orné půdě musí být v koordinaci s ostatními protierozními opatřeními.

Sklenička (2003) mezi organizační opatření řadí:

- delimitace kultur,
- ochranné zatravnění a zalesnění,
- návrh velikosti a tvaru pozemků,
- protierozní osevní postupy,
- uplatnění plodin s vysokým protierozním účinkem,
- směr výsadby ve speciálních kulturách.

Důležitým kritériem delimitace z hlediska protierozní ochrany

je sklonitost daného území, kdy se jedná o vymezení pozemků, které slouží k pěstování jednotlivých kultur. Řadí se sem ochranné zatravnění a zalesnění pozemků (Toman, 1995). Tráva je účinným pokryvem pro ochranu půdy před erozí. Výsev trav je běžnou metodou používanou na pozemcích, které jsou výrazně ohroženy nebo mají vysoký sklon. V ideálním případě je vhodné v osivu zakomponovat směsici plazivých a trsovitých druhů trav (Fay a kol., 2012). Mezi plodiny s vysokým protierozním účinkem řadíme například jetel, vojtěšku, obilninu ozimou, ale i řepku ozimou (Janeček a kol., 2012).

### **Agrotechnická opatření**

Protierozní agrotechnická opatření mají za svůj cíl zlepšit vsakovací schopnost půdy, zvýšit její protierozní odolnost a vytvořit dostatečnou ochranu půdního povrchu v období výskytu přívalových dešťů. Zejména širokořádkové plodiny svým vzrůstem a zapojením nedokáží dostatečně krýt půdu (Janeček a kol., 2002).

Dle Skleničky (2003) mezi agrotechnická opatření spadají:

- výsevy do ochranné plodiny či strišítě,
- protierozní agrotechnologie,
- zatravnění nebo krátkodobé porosty v meziřadí,
- hrázkování a důlkování,
- mulčování.

Při využití důlkování je srážková voda zadržena na povrchu půdy, v důsledku se sníží hodnoty povrchového odtoku a prodlouží se jeho doba s nižší intenzitou (Holý, 1994). Mulčování se používá na pomoc se zakládáním a růstem vegetace, kdy samotný mulč nedokáže půdu před erozí ochránit. Dělí se na mulč organický například kompost, kůra, posekaná tráva a anorganický, ku příkladu kámen. Existuje několik možných způsobů aplikace jako rozprostření po celém svahu přes zasetou vegetaci či kolem jednotlivých rostlin. Zásluhou mulče se půda udržuje vlháká a podporuje tak růst rostlin (Fay a kol., 2012).

### **Technická opatření**

Používají se zejména v případě, že není možné dosáhnout přípustných hodnot ztráty půdy za pomoci organizačních a agrotechnických opatření, a také pokud jsou technická opatření výhodnější. Jedná se o opatření navrhovaná především v rámci pozemkových úprav, které vytvářejí spolu s dalšími opatřeními základní kostru protierozní ochrany v území, kde existuje



jistota trvalé účinnosti na rozdíl od předcházejících organizačních a agrotechnických opatření. (Janeček a kol., 2002).

Technická opatření jsou dle Skleničky (2003):

- protierozní průlehy,
- protierozní meze,
- protierozní zasakovací pásy,
- protierozní hrázky,
- protierozní vsakovací záchytné a odváděcí příkopy,
- protierozní nádrže a poldry,
- úpravy výmolů anebo strží,
- terasy,
- sanace drah soustředěného odtoku,
- hrazení bystřin a úpravy jejich povodí.

Terasování se využívá u extrémně svažitéch pozemků na hlubokých až velmi hlubokých půdách. Použití teras umožňuje využívat pozemky, jež by pro velký sklon a členitost nebylo možné přes současné formy zemědělské výroby jinak efektivně využít (Janeček a kol., 2005). Spojením s průlehy je možné zlepšit účinnost vsakovacích travních a křovinových pásů. V případě průlehu je příčný profil navrhován se sklony nejvýše 1:5, tak aby byly průlehy přejezdné a podélný sklon nulový. Veškerá voda, která přitéká z výše položeného území se vsákne v travním či křovinovém pásu průlehu do půdy. Výhodou křovinových pásů s průlehem je možnost vysazování z funkční zeleně, nevýhodou je ovšem snížení podílu zemědělské půdy (Holý, 1994).

### **3.3.6 Větrná eroze**

Větrná eroze je definována jako rozrušování půdního povrchu mechanickou silou větru, který odnáší uvolněné půdní částice, jež se poté ukládají na jiných místech (Lal, 1994). Typicky se větrná eroze vyskytuje na půdách v pouštních, polopouštních a sušších oblastech či na půdách s nepříznivými fyzikálními vlastnostmi. V rámci České republiky ji nalezneme především v oblasti Polabí a jižní Moravy (Rejšek a Vácha, 2018). Větrná eroze je ovlivněna meteorologickými a půdními poměry, jako je drsnost půdního povrchu, vegetační kryt, křusta půdy anebo délka nechráněného pozemku. Tyto poměry jsou zesilovány a zeslabovány dalšími faktory a přímými zásahy člověka do půdy.

Průběh větrné eroze zaznamenáváme ve třech fázích, přičemž eroze působí plošně a zřídka působí pouze v pruzích po směru větru. V první fázi dochází k uvolnění půdních částic, následuje jejich transport a depozice (Sumbal a Mazhar, 2019). U transportu záleží na velikosti částic a může probíhat třemi způsoby, formou suspenze, saltací či posunutím povrchu (Nickling, 2004). Velikost unášených částic se snižuje s rostoucí výškou nad povrchem půdy. Dle způsobu vzniku unášeného materiálu jsou rozlišovány dvě formy větrné eroze, tedy deflace a koraze. Při deflaci jsou půdní částice přemísťovány větrem, jsou unášeny na různé vzdálenosti a vznikají písečné přesypy. V případě koraze jsou horniny obrušovány a rozrušovány pevnými půdními částicemi (Holý, 1994).

Podle síly se rozlišuje eroze na normální a zrychlenou, přičemž je síla větrné eroze vyjádřena odnosem půdy v objemových či hmotnostních jednotkách z jednotky plochy za jednotku času. Normální eroze značí méně intenzivní erozní procesy a nově vytvořené půdní částice nahrazují ztrátu odnesených částic. Zrnitostní složení vrchního půdního horizontu se mění, nedochází ke snižování mocnosti půdního profilu. U zrychlené eroze jsou půdní částice smyty v razantním rozsahu a nemohou již být nahrazeny (Novotný, 2017).

### **3.3.7 Protierozní opatření u větrné eroze**

Kontrola větrné eroze je klíčovým faktorem k udržitelnému využívání půdy a ochraně životního prostředí. Při dodržování kontroly by měl být dosažen do roku 2030 cíl OSN na nulovou degradaci půdy (Liangang a kol., 2021).

#### **Organizační opatření**

Uspořádání pozemků, výběr kultur podle náchylnosti k větrné erozi a jejich delimitace jsou základními body v organizačních opatřeních proti větrné erozi. V případě velkých půdních bloků slouží ke zmírnění eroze většinou pásové střídání plodin. Janeček a kol. (2012) popisují:

- Výběr pěstovaných plodin a delimitace druhů pozemků,
- pásové střídání plodin,
- tvar a velikost pozemku.

U pozemků silně ohrožených erozí je nejvhodnějším způsobem ochrany založení trvalého porostu, který chrání půdu a udržuje v ní potřebnou vlhkost. V osevních postupech jsou proto zařazeny víceleté pícniny, tedy trávy či jeteloviny, a ozimé obilniny. V případě speciálních kultur jako jsou sady

a vinice je doporučeno zatravnění meziřadí.

### **Agrotechnická opatření**

Jedná se o ochranné obdělávání, jež má za cíl zvýšit nedostatečnou půdoochrannou funkci pěstovaných plodin, a též úprava struktury půdy včetně zlepšení vlhkostního režimu v lehkých půdách.

U lehkých půd je důležité zvýšení vlhkosti, čímž se dosáhne zvýšení soudržnosti. Větší vlhkosti v půdě je možné dosáhnout například mulčováním, závlahou, plošným kypřením. Pro docílení zvýšení ochrany před větrnou erozí je stěžejním zvolení správných a vhodných technologií, které dokáží zkrátit bezporostní období a využívat rostlinné zbytky předplodin a meziplodin. Zkrácení doby, kdy je půda bez vegetačního krytu, je možné docílit včasným založením porostu meziplodiny do mělce zpracované půdy či do strniště. Půda je na jaře kryta mulčem po umrtvení meziplodiny mrazem v zimním období (Janeček a kol., 2012).

### **Technická opatření**

Snížení škodlivých účinků větru, jeho rychlosti a turbulentní výměny vzduchu je možné dosáhnout v případě, že bude větru postavena překážka. Překážkou mohou být umělé zábrany nebo úzké pruhy lesa, tedy větrolamy (Podhrázská a kol., 2008).

Přenosné ploty z různých materiálů mohou být použity jako umělé dočasné zábrany. Nejúčinnější jsou v síťovém uspořádání a umisťují se pro nutnost dočasné ochrany plodin před účinky větru. Trvalé lesní porosty, větrolamy, jsou v tomto případě nejvíce účinným opatřením. Jejich podstatou je snížení rychlosti větru v určité vzdálenosti před i za větrolamem a snížení turbulentní výměny vzdušných mas v přízemních vrstvách.

Janeček a kol. (2012) dělí větrolamy na:

- prodouvavé,
- neprodouvavé,
- poloprodouvavé.

Větrolam je označení jakékoliv dřevinné vegetace liniového charakteru, jehož cílem je ochrana půdy, ale přitom neovlivňuje pouze erozi nýbrž i teplotu a vlhkost vzduchu, teplotu půdy apod. Plnění dané funkce v krajině je podmíněna vnější i vnitřní strukturou. V případě šířky, výšky, tvaru a orientace se jedná o strukturu vnější. Množství a uspořádání dřevin je strukturou vnitřní (Podhrázská a kol., 2008).

### 3.4 Rovnice USLE – univerzální rovnice ztráty půdy

USLE je matematický model využívaný pro predikci průměrné roční ztráty půdy na jednotku plochy (Panagos a kol., 2012). Jedná se o nejpoužívanější metodu ve světě i České republice, která stanovuje průměrné dlouhodobé množství odnosu zemědělské půdy z hektaru daného pozemku za jeden rok (Morgana Nearing, 2011). První publikování rovnice ztráty půdy proběhlo v USA roku 1965 (Wischmeier a Smith, 1965). Z důvodu odlišnosti českých a amerických klimatických a morfologických podmínek, při kterých došlo k provádění experimentů pro stanovení USLE dle metodiky, bylo nutné zpracovat metodiku i pro podmínky na našem území. Nová metodika byla vypracována a vydána profesorem Janečkem v několika verzích (Janeček a kol., 2012).

#### Matematický zápis rovnice USLE:

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

*Vzorec 1: Univerzální rovnice podle Wischmeiera a Smithe (Janeček a kol., 2002)*

G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy [t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>]

R – faktor erozní účinnosti deště [MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>]

K – faktor erodovatelnosti půdy [t.h.MJ<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup>]

L – faktor délky svahu

S – faktor sklonu svahu

C – faktor ochranného vlivu vegetačního krytu

P – faktor účinnosti protierozních opatření (Janeček a kol., 2012)

#### 3.4.1 Faktor R

Faktor erozní účinnosti deště se projevuje při dopadu dešťových kapek na povrch půdy, tam rozrušuje a uvolňuje půdní částice svou kinetickou energií, která je pro stanovení faktoru R základní charakteristikou. Ke stanovení kinetické energie je klíčová znalost velikosti dešťových kapek, intenzity, tvaru a rychlosti dopadu. Matematicky je možné faktor R definovat jako součin celkové kinetické energie a maximální intenzity deště při době trvání nejvýše 30 minut.

Průměrná hodnota faktoru R je v České republice stanovena jako 40 MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>. Tato hodnota vychází z pozorování a shromažďování dat Českého hydrometeorologického ústavu v Praze. V tabulce přehledu je hodnota uvedena v procentech a rozdělena do vegetačních období, kdy nejvyšší hodnoty jsou dosaženy v letních měsících z důvodu častého výskytu

přívalemých dešťů (Janeček a kol., 2012).

Rovnice pro výpočet R faktoru:

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

E – celková kinetická energie deště [ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ ]

$i_{30}$  – maximální intenzita deště v době trvání do 30 minut [ $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ ]

### 3.4.2 Faktor K

Faktor K definuje náchylnost půdy k erozi, tedy půdní vlastnosti, jako je infiltrační schopnost či odolnost povrchu proti rozrušování a odnášení půdních částic. V USLE je K faktor definován jako ztráta půdy [ $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ] na jednotku R faktoru [ $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ ] (Novotný, 2017). Faktor erodovatelnosti půdy je možné dle Novotného (2017) stanovit třemi metodami:

1. Podle vztahu odvozeného pro K faktor,
2. podle nomogramu sestrojeného na základě vztahu pro K faktor,
3. dle hlavní půdní jednotky z BPEJ.

V případě prvních dvou způsobů je nutné stanovení vlastností půd, které jsou získány při terénních odběrech v nejvíce ohrožených místech pozemků erozí. Třetí metoda je v praxi nejpoužívanější, nevyžaduje odběry půdy a hodnotu K faktoru je možné určit jen teoreticky za pomoci půdních map a převodní tabulky. Metodická převodní tabulka existuje pro většinu základních HPJ, kde je ke každé hlavní půdní jednotce přiřazena hodnota K faktoru. U HPJ, které v tabulce uvedeny nejsou, slouží jiná tabulka přiřazující půdám K faktor dle půdních typů a subtypů (Novotný, 2017).

### 3.4.3 Faktor LS

Jednotlivé faktory délky a sklonu svahu se nahrazují topografickým faktorem LS a představují poměr ztráty půdy na standardním pozemku oproti pozemku zkoumanému. Normalizovaný pozemek má dle metodiky Wischmeiera a Smithe (1978) délku 22,13 m a sklon 9 % (Renard a kol., 1997).

### 3.4.4 Faktor C

Vliv vegetace na ochranu je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě plodiny na pozemku v období nejčastější přítomnosti přívalemých dešťů, zpravidla mezi dubnem až zářím. Ve zmíněné době nabízí půdě nejvyšší stupeň ochrany trávy a jeteloviny, naopak širokořádkové plodiny a speciální

kultury bez ochranných technologií ji nenabízejí.

Hodnoty C faktoru vyjadřují poměr mezi ztrátou půdy na pozemku s danou pěstovanou plodinou a mezi pozemkem s úhorem, kde jsou zachovány ostatní faktory. C faktor je zahrnut v osevním postupu spolu s pěstovanými meziplojinami, nezahrnuje tedy pouze působení jednotlivé plodiny ve sledované fázi jejího růstu (Janeček a kol., 2007).

### **3.4.5 Faktor P**

Faktor účinnosti protierozních opatření udává hodnota v tabulce pro každé konkrétní opatření aplikované na pozemku, jež je dotčen erozí. Hodnoty, které se dosazují za faktor P, přímo závisí na procentuálním sklonu svahu, a také popřípadě na délce nebo šířce protierozního opatření. Pokud není na zkoumaném pozemku aplikováno žádné protierozní opatření, dosazuje se do rovnice USLE za faktor P hodnota 1 (Janeček a kol., 2012).

## **3.5 Program Atlas**

Program Atlas DMT je dílem české společnosti ATLAS, spol. s r. o., jež byla založena v roce 1990. Účelem programu je vytváření a upravování grafických výstupů nad digitálními modely terénu. Program slouží k řešení projektů v oblasti geodzie a kartografie, důlní a těžební činnosti apod. V Atlasu se pracuje s digitálním modelem terénu jako s prostorovou plochou, která kopíruje zaměřený nebo projektovaný terén. Model vznikne na základě 3D bodů, čar a ploch, jimiž prochází. Atlas DMT může obsahovat několik nastavbových modulů jako například Těžba, Design, Eroze atd. (Braun, 2014).

### **Atlas EROZE**

Model Eroze je tedy nastavbovým programem, který je zasazen do prostředí Atlas a je v něm možné využít všechny programové nástroje. V programu je možné řešit i morfologicky složitá území zásluhou inovací a vývoje modelu. Atlas EROZE je nástrojem pro navrhování ochrany proti vodní erozi zemědělské půdy při komplexních pozemkových úpravách a ostatních činnostech v krajinném inženýrství. Vstupní a výstupní data vychází z platné metodiky, kterou používá pozemková úprava v ČR. Výpočtová metoda je plošně distribuovaná verze USLE s aktualizacemi či optimalizacemi s nejnovějšími poznatky (Krása, 2014).

## 4. Metodika

### 4.1 Popis území

Všechna zájmová území se nacházejí v okrese Praha-východ, který ze severu a východu obklopuje hlavní město Prahu. V severní části okresu, kde se vyskytují řešená území, sousedí dále okres s okresy Mělník a Mladá Boleslav. Zkoumaná území se nachází v blízkosti dálnice D8. Povrch okresu zde, v okolí řeky Labe, má nížinný charakter. V rámci celého okresu tvoří více než 60 % zemědělská půda a přes 22 % lesy. Na území okresu probíhá masivní výstavba domů z důvodu suburbanizace (Český statistický úřad ©2023).

V rámci klimatických poměrů spadají všechny půdní bloky do klimatického regionu 2, který je charakterizován jako teplá, mírně suchá oblast, kde se průměrná roční teplota pohybuje mezi 8-10 stupni Celsia, s průměrným ročním úhrnem srážek 500-600 mm.

#### **Půdní blok 7601/15**

Půdní blok zasahuje do dvou katastrálních území, do KÚ Předboj a KÚ Veliká Ves u Prahy. Výměra pozemku je 13,93 ha a jedná se o standardní ornou půdu s průměrnou sklonitostí 2,23 stupně.

Geologický podklad je převážně tvořen prachovcem, břidlicí a droby. Celá oblast spadá do soustavy Českého masivu.

#### **Půdní blok 7301/4**

Půdní blok s číslem 7301/4 se nachází v katastrálním území Bořanovice a jeho rozloha činí 1,94 ha. Blok je využíván jako standardní orná půda, kde průměrná sklonitost činí 6,29 stupňů.

Geologické podloží je eolického původu, tvoří ho spraš a sprašová hlína.

#### **Půdní blok 3302/6**

Půdní blok s rozlohou 3,94 ha spadá do katastrálního území Hovorčovice. Jde o standardní ornou půdu, jejíž průměrná sklonitost činí 3,43 stupňů.

Nezpevněný sediment zastupuje z horninového složení spraš a sprašová hlína.

#### **Půdní blok 9601/10**

Území je součástí katastru obce Veliká Ves u Prahy a svou rozlohou dosahuje velikosti 41,28 ha. Území je též označeno jako standardní orná půda, sklonitost dosahuje 1,85 stupně.

Půdní blok leží v křídové oblasti a jeho geologickým podkladem jsou vápence biodetritické.

#### **Půdní blok 7205**

Vymezené území o rozloze 2,78 hektaru je součástí katastrálního území Líbeznice. Jeho sklonitost průměrně dosahuje 2,39 stupně a stejně tak jako u předchozích půdních bloků jde o standardní ornou půdu.

Hornina je i v tomto případě zastoupena v podobě spraše a sprašové hlíny.

#### **Půdní blok 6104/1**

Půdní blok, který je standardní ornou půdou leží v katastru obce Bašť a svou rozlohou 0,29 ha jde o nejmenší zájmové území. Průměrná sklonitost zde je na úrovni 1,21 stupně (Ministerstvo zemědělství ©2023).

Geologický podklad je tvořen písčitymi slínovci až spongilitickými jílovci (Česká geologická služba ©2023).

### **4.1.1 Výpočet v programu Atlas EROZE**

Vytvořila jsem nový dokument, u kterého jsem nastavila velikost stránky A0 na šířku. Vložila jsem půdorys a vytvořený model terénu, tomuto kroku předcházelo stažení digitálního modelu terénu 4. generace z ČÚZK. Následně jsem do programu integrovala vrstvu erozně ucelených celků (EUC), která identifikuje zájmová území ve výškovém profilu. Dalším krokem bylo implementování vrstvy BPEJ s cílem řešit K faktor. Vrstva je k dispozici ke stažení na webových stránkách Státního pozemkového úřadu, vrstvu bylo nutné zmenšit na rámec mých zájmových území, aby program pracoval efektivněji. Při tomto kroku bylo nutné zkontrolovat v atributové tabulce v programu QGIS, jaký je název sloupce a druh vstupu, v mém případě se jednalo o sloupec BPEJ a druh vstupu kód BPEJ. Pro faktor C jsem manuálně vytvořila polygon kolem každého erozně uceleného celku a změnila jsem hodnotu v tabulce na číslo 0,241. Hodnota faktoru R pro všechny EUC zůstala na hodnotě 40, stejně tak hodnota 1 u faktoru P nebyla změněna. Faktory La S byly automaticky vyhodnoceny modelem. Přípustná hodnota smyvu byla nastavena na  $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . V této fázi byly všechny potřebné hodnoty zadány a byly vytvářeny výstupy, při nichž jsem upravila hypsometrii pro přesnější zobrazení výsledků.

Celý tento proces byl zopakován se změněnou hodnotou K faktoru. Tuto hodnotu jsem změnila ve vrstvě BPEJ v programu QGIS, kde jsem

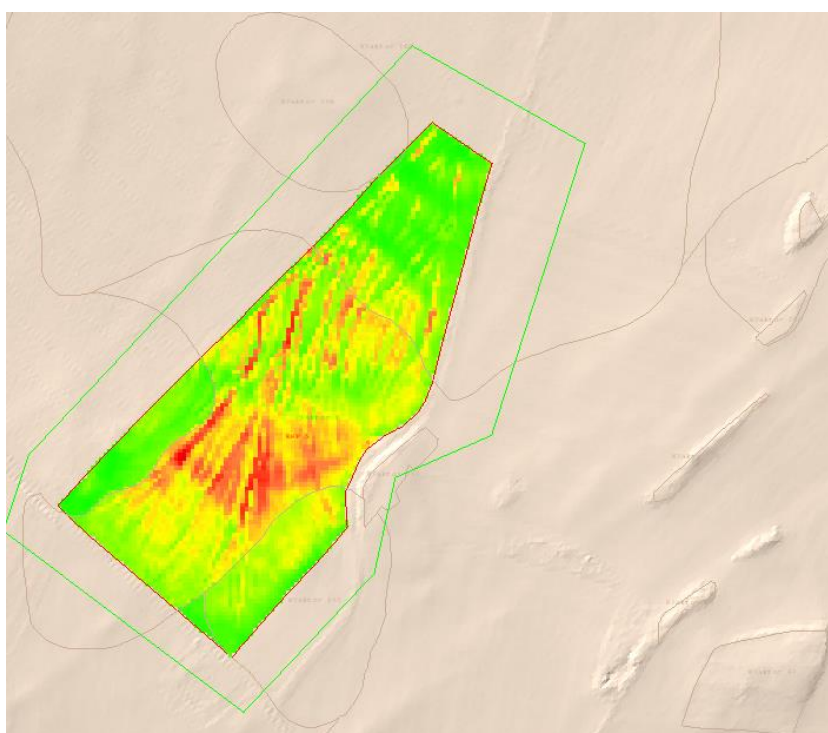


manuálně vybrala polygon zájmového území, otevřela atributovou tabulku a změnila číslo hlavní půdní jednotky na hodnotu 57, kterou vykazují koluvizemě a fluvizemě.

## 5. Výsledky

### Půdní blok 7601/15 před změnou BPEJ

Obrázek 2 zachycuje půdní blok v katastrálním území Předboj a katastrálním území Veliká Ves u Prahy, dle tabulky 2 zde dochází k průměrnému ročnímu smyvu  $3,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ , přípustný smyv byl v programu nastaven na hodnotu  $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ .



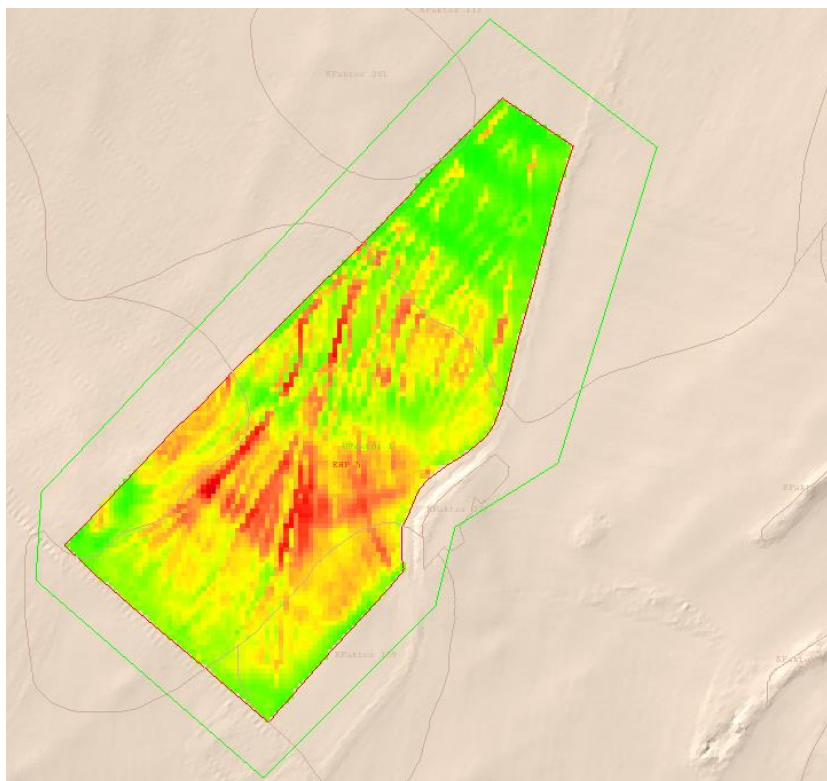
Obrázek 2: Půdní blok 7601/15 před změnou BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

EHP	Plocha výpočtu [m <sup>2</sup> ]	bez eroze [m <sup>2</sup> ]	Intervaly erozního smyvu [t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]						Průměrný smyv [t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	Přípustný smyv [t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]
			0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16	16 - 20	> 20		
			Dílčí plochy v rozmezí intervalu hodnot erozního smyvu [m <sup>2</sup> ]							
<b>Σ</b>	139 575	0	96 325	35 900	5 875	1 350	125	0	<b>3,5</b>	<b>4,0</b>
<b>EHP 5</b>	139 575	0	96 325	35 900	5 875	1 350	125	0	<b>3,5</b>	4,0

Tabulka 2: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 7601/15 před změnou BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

### Půdní blok 7601/15 po změně BPEJ

Z tabulky 3 vyplývá, že se průměrný smyv zvýšil nad smyv přípustný, konkrétně o 0,6 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>. Nejméně erozně ohroženou částí pozemku dle obrázku 3 je severní sektor území, naopak nejvíce ohrožený je úsek v dolní části, kde je vyšší svažitost terénu.



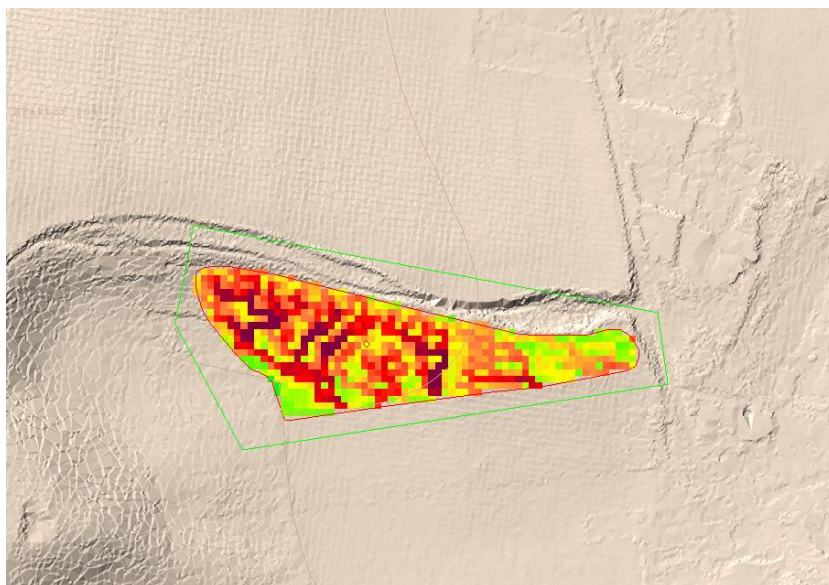
Obrázek 3: Půdní blok 7601/15 po změně BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

EHP	Plocha výpočtu [m <sup>2</sup> ]	bez eroze [m <sup>2</sup> ]	Intervaly erozního smyvu [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]					Průměrný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Přípustný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	
			0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16	16 - 20			> 20
			Dílčí plochy v rozmezí intervalu hodnot erozního smyvu [m <sup>2</sup> ]							
<b>Σ</b>	139 575	0	78 175	51 550	7 425	2 225	150	50	<b>4,1</b>	<b>4,0</b>
<b>EHP 5</b>	139 575	0	78 175	51 550	7 425	2 225	150	50	<b>4,1</b>	4,0

Tabulka 3: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 7601/15 po změně BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

## Půdní blok 7301/4 před změnou BPEJ

Sledované území ležící v katastrálním území Bořanovice je zobrazeno na obrázku 4. Jedná se o pozemek s nejvyšší průměrnou sklonitostí ze zájmových území a zároveň i s nejvyšším průměrným smyvem, který činí dle tabulky 4  $10,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ .



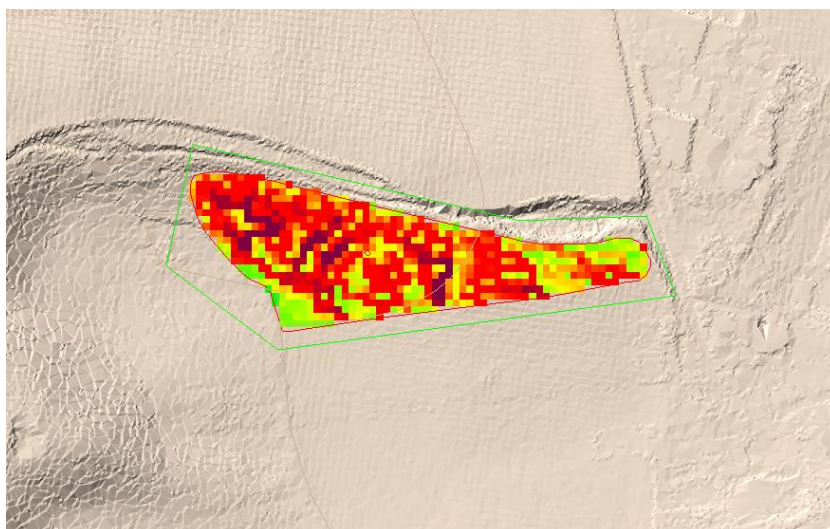
Obrázek 4: Půdní blok 7301/4 před změnou BPEJ

EHP	Plocha výpočtu [m <sup>2</sup> ]	bez eroze [m <sup>2</sup> ]	Intervaly erozního smyvu [t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]					Průměrný smyv [t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	Přípustný smyv [t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	
			0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16	16 - 20			> 20
			Dílčí plochy v rozmezí intervalu hodnot erozního smyvu [m <sup>2</sup> ]							
<b>Σ</b>	19 900	0	4 250	6 750	3 225	1 650	1 175	2 850	<b>10,6</b>	<b>4,0</b>
<b>EHP 2</b>	19 900	0	4 250	6 750	3 225	1 650	1 175	2 850	<b>10,6</b>	4,0

Tabulka 4: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 7301/4 před změnou BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

## Půdní blok 7301/4 po změně BPEJ

V porovnání se situací před změnou došlo ke zvýšení erozní ohroženosti ve východní části pozemku viz obrázek 5. Hodnota průměrného smyvu vykazuje v tabulce 5 zvýšení o  $0,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ .



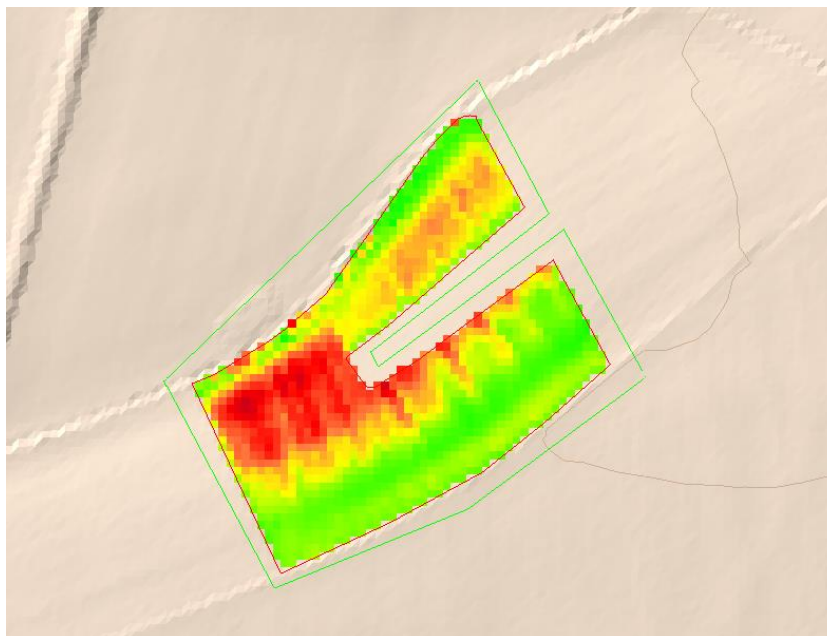
Obrázek 5: Půdní blok 7301/4 po změně BPEJ zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

EHP	Plocha výpočtu [m <sup>2</sup> ]	bez eroze [m <sup>2</sup> ]	Intervaly erozního smyvu [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]						Průměrný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Přípustný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]
			0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16	16 - 20	> 20		
			Dílčí plochy v rozmezí intervalu hodnot erozního smyvu [m <sup>2</sup> ]							
<b>Σ</b>	19 900	0	4 125	6 500	3 525	1 675	1 150	2 925	<b>10,8</b>	<b>4,0</b>
<b>EHP 2</b>	19 900	0	4 125	6 500	3 525	1 675	1 150	2 925	<b>10,8</b>	4,0

Tabulka 5: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 7301/4 po změně BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

### Půdní blok 3302/6 před změnou BPEJ

Půdní blok nacházející se v katastrálním území Hovorčovice je zachycen na obrázku 6. Terén je svažité po celém pozemku. Tabulka 6 zobrazuje nadlimitní průměrný smyv, který je v tomto případě 4,9 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>.



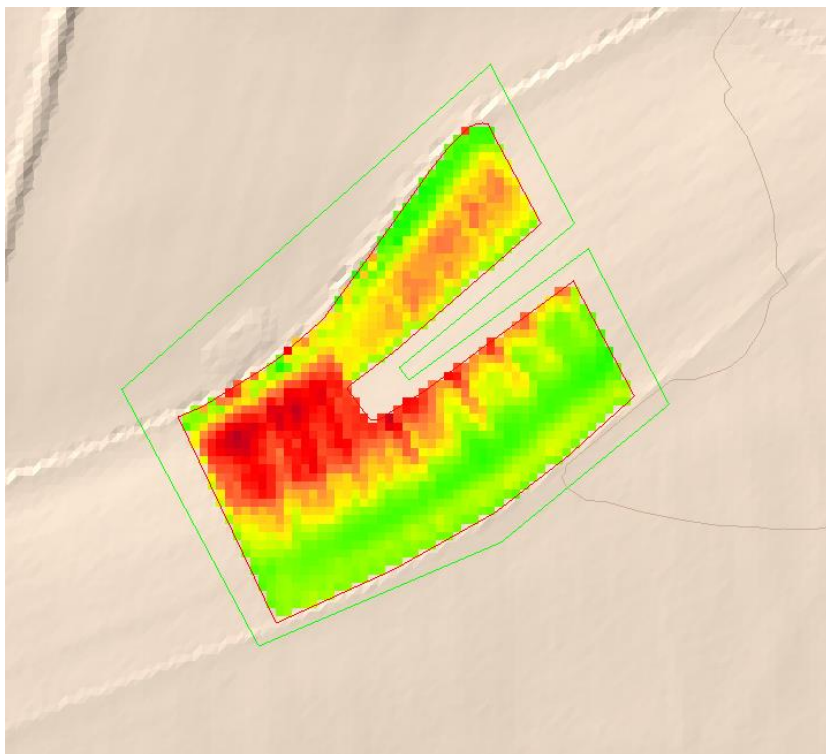
Obrázek 6: Půdní blok 3302/6 před změnou BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

EHP	Plocha výpočtu [m <sup>2</sup> ]	bez eroze [m <sup>2</sup> ]	Intervaly erozního smyvu [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]					Průměrný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Přípustný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	
			0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16	16 - 20			> 20
			Dílní plochy v rozmezí intervalu hodnot erozního smyvu [m <sup>2</sup> ]							
<b>Σ</b>	34 550	0	19 350	8 900	3 100	2 375	700	125	<b>4,9</b>	<b>4,0</b>
<b>EHP 3</b>	34 550	0	19 350	8 900	3 100	2 375	700	125	<b>4,9</b>	4,0

Tabulka 6: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 3302/6 před změnou BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

## Půdní blok 3302/6 po změně BPEJ

Na obrázku 7 nedochází v porovnání s obrázkem 6 k rozšíření eroze v dolní, jižní a jihovýchodní části zobrazeného území. V tabulce 7 je oproti tabulce předchozí přípustný smyv vyšší o 0,5 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>.



Obrázek 7: Půdní blok 3302/6 po změně BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

EHP	Plocha výpočtu [m <sup>2</sup> ]	bez eroze [m <sup>2</sup> ]	Intervaly erozního smyvu [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]						Průměrný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Přípustný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]
			0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16	16 - 20	> 20		
			Dílčí plochy v rozmezí intervalu hodnot erozního smyvu [m <sup>2</sup> ]							
<b>Σ</b>	34 550	0	18 100	9 450	2 925	2 650	1 100	325	<b>5,4</b>	<b>4,0</b>
<b>EHP 3</b>	34 550	0	18 100	9 450	2 925	2 650	1 100	325	<b>5,4</b>	4,0

Tabulka 7: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 3302/6 po změně BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

### Půdní blok 9601/10 před změnou BPEJ

Obrázek 8 zobrazuje půdní blok v katastrálním území Veliká Ves u Prahy, který je svou rozlohou největším sledovaným územím, erozně ohrožené jsou pouze jednotlivé menší sektory pozemku. Hodnota průměrného smyvu dosahuje 1,2 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> viz tabulka 8.



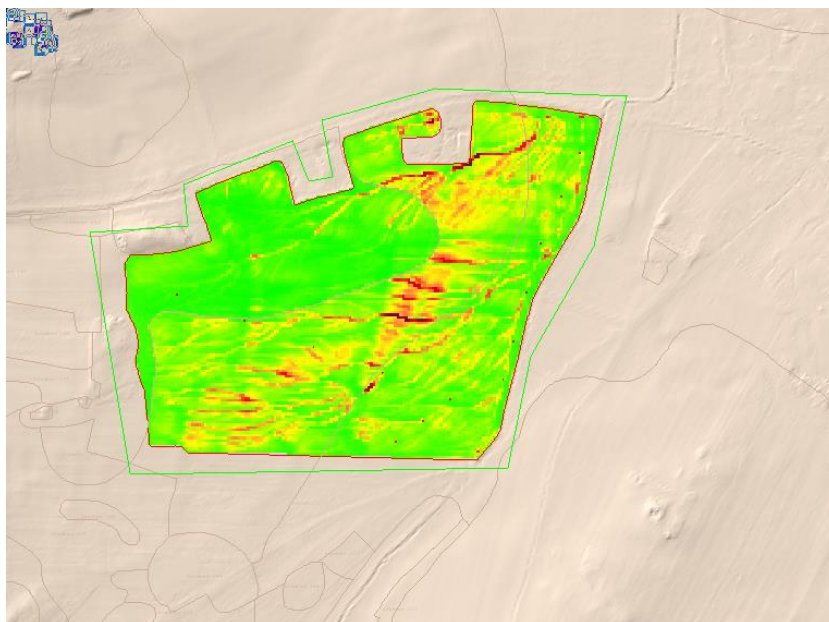
Obrázek 8: Půdní blok 9601/10 před změnou BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

EHP	Plocha výpočtu [m <sup>2</sup> ]	bez eroze [m <sup>2</sup> ]	Intervaly erozního smyvu [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]						Průměrný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Přípustný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]
			0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16	16 - 20	> 20		
			Dílčí plochy v rozmezí intervalu hodnot erozního smyvu [m <sup>2</sup> ]							
<b>Σ</b>	412 650	0	404 575	6 625	900	300	150	100	<b>1,2</b>	<b>4,0</b>
<b>EHP 6</b>	412 650	0	404 575	6 625	900	300	150	100	<b>1,2</b>	4,0

Tabulka 8: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 9601/10 před změnou BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

## Půdní blok 9601/10 po změně BPEJ

Na obrázku 9 je znázorněna změna BPEJ, oproti původní situaci se erozní ohroženost zvýšila na všech částech území, s výjimkou části severozápadní. Dle tabulky 9 dochází ke zvýšení průměrného smyvu o  $1,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ .



Obrázek 9: Půdní blok 9601/10 po změně BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

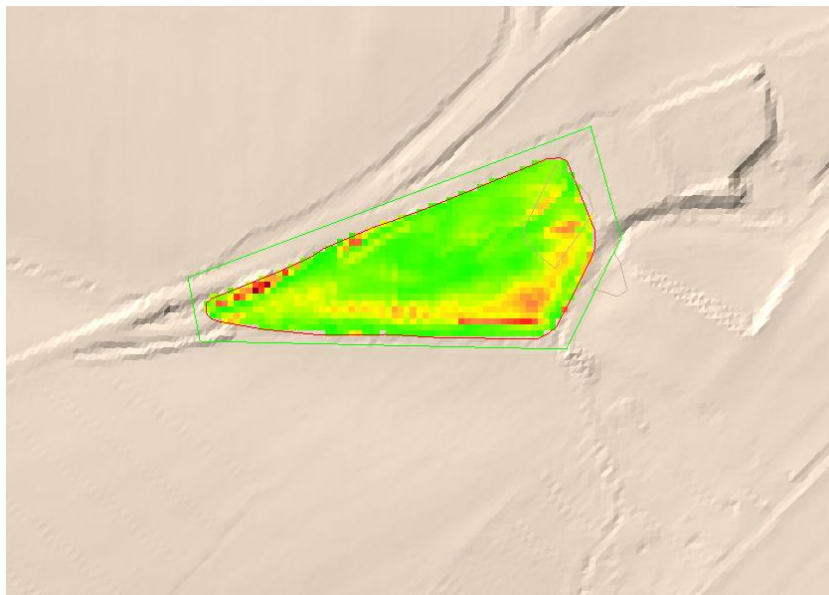
EHP	Plocha výpočtu [m <sup>2</sup> ]	bez eroze [m <sup>2</sup> ]	Intervaly erozního smyvu [t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]						Průměrný smyv [t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	Přípustný smyv [t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]
			0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16	16 - 20	> 20		
			Dílní plochy v rozmezí intervalu hodnot erozního smyvu [m <sup>2</sup> ]							
<b>Σ</b>	412 650	0	357 525	46 050	5 025	2 125	675	1 250	<b>2,4</b>	<b>4,0</b>
<b>EHP 6</b>	412 650	0	357 525	46 050	5 025	2 125	675	1 250	<b>2,4</b>	4,0

Tabulka 9: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 9601/10 po změně BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze



## Půdní blok 7205 před změnou BPEJ

Na obrázku 10 je zachycen pozemek v katastrálním území Líbeznice, sklonitost terénu dosahuje průměrně 2,39 stupně. Z obrázku je patrný výskyt erozní ohroženosti zejména po obvodu sledovaného území. Průměrný smyv nepřevyšuje limit a dosahuje hodnoty 2,6 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> viz tabulka 10.



Obrázek 10: Půdní blok 7205 před změnou BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

EHP	Plocha výpočtu [m <sup>2</sup> ]	bez eroze [m <sup>2</sup> ]	Intervaly erozního smyvu [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]					Průměrný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Přípustný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	
			0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16	16 - 20			> 20
			Dílčí plochy v rozmezí intervalu hodnot erozního smyvu [m <sup>2</sup> ]							
<b>Σ</b>	27 950	0	23 450	3 975	325	150	0	50	<b>2,6</b>	<b>4,0</b>
<b>EHP 4</b>	27 950	0	23 450	3 975	325	150	0	50	<b>2,6</b>	4,0

Tabulka 10: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 7205 před změnou BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

## Půdní blok 7205 po změně BPEJ

Z obrázku 11 vyplývá, že po obvodu pozemku dochází po změně BPEJ ke zvýšení erozní ohroženosti, střední část území se v porovnání s obrázkem 10 zásadně nemění. V tabulce 11 dochází ke zvýšení průměrného smyvu o  $0,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ .



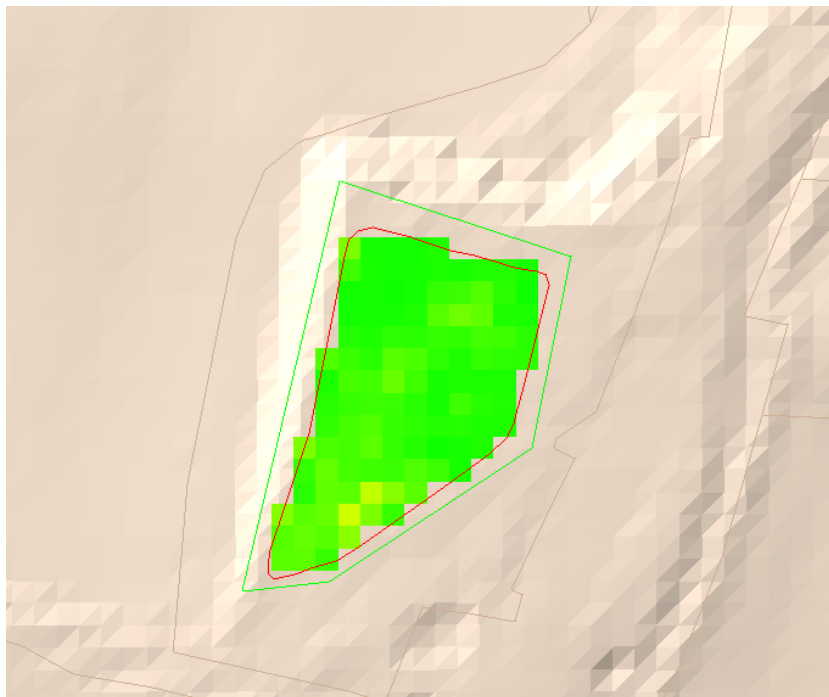
Obrázek 11: Půdní blok 7205 po změně BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

EHP	Plocha výpočtu [m <sup>2</sup> ]	bez eroze [m <sup>2</sup> ]	Intervaly erozního smyvu [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]					Průměrný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Přípustný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	
			0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16	16 - 20			> 20
			Dílčí plochy v rozmezí intervalu hodnot erozního smyvu [m <sup>2</sup> ]							
<b>Σ</b>	27 950	0	22 450	4 750	500	200	0	50	<b>2,9</b>	<b>4,0</b>
<b>EHP 4</b>	27 950	0	22 450	4 750	500	200	0	50	<b>2,9</b>	4,0

Tabulka 11: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 7205 po změně BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

## Půdní blok 6104/1 před změnou BPEJ

Obrázek 12 zachycuje půdní blok v katastrálním území Bašť. Jedná se se svou rozlohou 0,29 ha o nejmenší zájmové území. Pozemek není nijak erozně ohrožen, tuto skutečnost dokazuje i tabulka 12, kde průměrný roční smyv činí 0,9 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>.



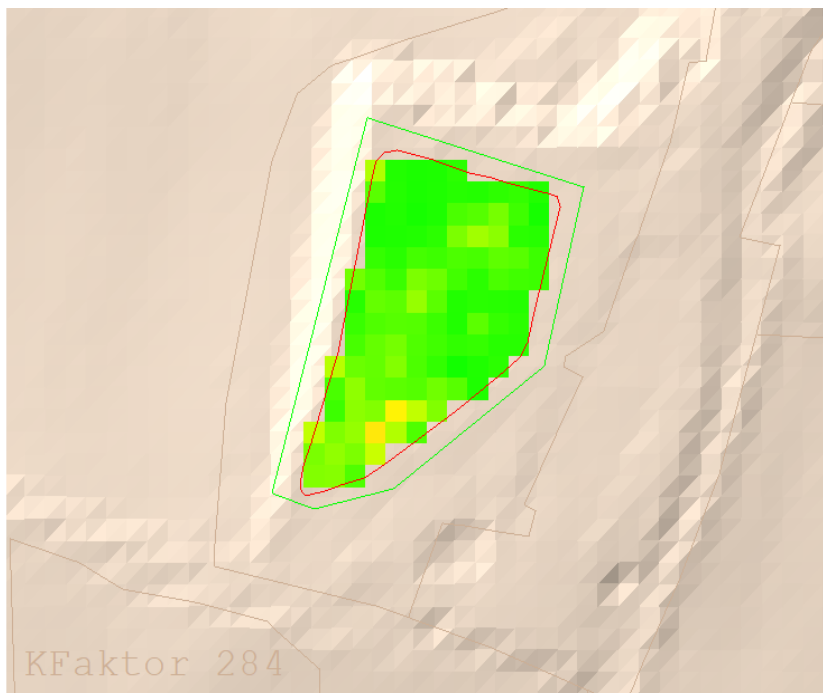
Obrázek 12: Půdní blok 6104/1 před změnou BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

EHP	Plocha výpočtu [m <sup>2</sup> ]	bez eroze [m <sup>2</sup> ]	Intervaly erozního smyvu [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]						Průměrný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Přípustný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]
			0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16	16 - 20	> 20		
			Dílčí plochy v rozmezí intervalu hodnot erozního smyvu [m <sup>2</sup> ]							
<b>Σ</b>	2 850	0	2 850	0	0	0	0	0	<b>0,9</b>	<b>4,0</b>
<b>EHP 1</b>	2 850	0	2 850	0	0	0	0	0	<b>0,9</b>	4,0

Tabulka 12: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 6104/1 před změnou BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

### Půdní blok 6104/1 po změně BPEJ

Po implementaci změny BPEJ nedochází na pozemku zachyceném obrázkem 13 k nijak razantnímu zvýšení erozní ohroženosti. Dle tabulky 13 se průměrný smyv v porovnání s původní situací změnil o 0,4 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>.



Obrázek 13: Půdní blok 6104/1 po změně BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

EHP	Plocha výpočtu [m <sup>2</sup> ]	bez eroze [m <sup>2</sup> ]	Intervaly erozního smyvu [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]					Průměrný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Přípustný smyv [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	
			0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16	16 - 20			> 20
			Dílčí plochy v rozmezí intervalu hodnot erozního smyvu [m <sup>2</sup> ]							
<b>Σ</b>	2 850	0	2 800	50	0	0	0	0	<b>1,3</b>	<b>4,0</b>
<b>EHP 1</b>	2 850	0	2 800	50	0	0	0	0	<b>1,3</b>	4,0

Tabulka 13: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 6104/1 po změně BPEJ, zdroj: vlastní zpracování v programu Atlas Eroze

Průměrný smyv se po změnách BPEJ zvýšil na všech sledovaných pozemcích. Ztráta půdy vykazuje po této změně nadlimitní hodnoty v polovině ze šesti případů. Původně byla sledovaná území zařazena mezi jinými typy půd, nyní se řadí do typu koluvizem. Nadlimitní ztráta vychází z plochy celého pozemku, nikoliv pouze z části, kde se tvoří koluvizem. Jelikož koluviace probíhá v místech svažování terénu. Při zaměření se na menší část s výskytem procesu koluviace je možné dosažení odlišných výsledků.

### **Doporučení pro udržitelné využívání**

V rámci zlepšení situace a snížení eroze na sledovaných pozemcích je potřebné provést protierozní opatření. Všechna zájmová území jsou vedena jako standardní orná půda, proto řadím mezi nejvhodnější opatření změnu pěstované kultury-upravení osevních postupů a zvolení vhodných plodin pro pěstování. Docílení vytyčených cílů je možné i vytvořením ochranného zatravnění, snižování účinků padajících kapek a převedení povrchového odtoku na vsak do půdního profilu. Při navrhování protierozních opatření je nutné postupovat od finančně i realizačně nejjednodušších možností.

Možným postupem proti vzniku koluvizemí může být regulace svažitéch pozemků, zároveň je pro stoupající tendenci zlepšování současné situace důležité dostatečné šíření povědomí o ochranně půdy a možnostech jejího nejlepšího využívání ku prospěchu lidské činnosti i přírody.

## 6. Diskuse

Výsledky získané z modelu Atlas ukázaly významné změny ve srovnání s původním stavem. Konkrétně dochází ke zvýšení hodnot erozního smyvu, což je v rozporu s mými očekáváními. Tato situace je pravděpodobně důsledkem změn hodnoty hlavní půdní jednotky v kódu BPEJ, který byl pro modelaci využit na daných územích. Za další nezanedbatelný důvod zvýšení hodnot smyvu považuji využití celých pozemků pro výpočet, nikoliv pouze jejich částí, kde dochází ke vzniku koluvizemí. Kuriakose a kol. (2009) uvádí rozšíření půdního typu koluvizem jako jeden z důležitých indikátorů dlouhodobých změn v krajině.

Dle údajů Ministerstva zemědělství ©2018 je každoročně aktualizována plocha o rozloze několika desítek tisíc hektarů. Proces aktualizace BPEJ je zásadní pro udržení přesnosti a aktuálnosti dat týkajících se využití půdy, její kvality a vlastnictví. Kontinuální aktualizace umožňuje zachování pravdivých a reálných informací klíčových pro funkční správu půdy, územní plánování a rozhodování v oblasti pozemkového vlastnictví. V důsledku pravidelné aktualizace jsou data BPEJ využívána v mnoha oblastech, jako je zemědělství, lesnictví, ochrana přírody, životní prostředí, urbanismus, doprava a další. Tato data pomáhají identifikovat nové trendy a potřeby ve zmíněných oblastech. Současně dokáže aktualizace odhalit oblasti s vysokým rizikem eroze či jiných ekologických problémů a přijímat vhodná opatření k jejich řešení a zlepšení situace, dále nachází aktualizace svou důležitost ve stanovení úředních cen zemědělské půdy či dalších daňových a finančních záležitostech.

Během procesu koluviace je klíčový nejen rozsah jeho působení, ale též jeho různé formy, typy a kumulace materiálu. Koluviace má různé podoby, proto dochází, zejména v závislosti na půdních podmínkách daných lokalit, ke vzniku a formování odlišných typů koluvizemí. Studie Gregoriche a kol. (1998), které zkoumaly variabilitu půdních vlastností a jejich vliv na úrodnost půdy, zjistily, že půdní charakteristiky v konkávních částech svahů jsou výrazně lepší než v jiných částech pozemků. Tato zlepšení mohou být spojena s lepším zadržováním vody a živin v daných oblastech. Na druhou stranu Lal (2001) pozoroval, že v konkávních oblastech dochází k problémům se zanášením vysetých a klíčících zrn půdními sedimenty. Tento jev vede ke snížení výnosů a může být spojen s častějším zamokřením půdních horizontů, což negativně ovlivňuje růst rostlin.

V rámci pozemků, jimiž se diplomová práce zabývá, navrhuji úpravu

osevních postupů. Tyto pozemky jsou vedeny a využívány jako standardní orná půda, je proto vhodné zvážit zavedení a využití nových osevních plánů, které budou lépe zohledňovat specifika daných pozemků a sníží tak riziko eroze a znehodnocení půdy. Dalším navrhovaným opatřením je zvýšení propustnosti půdy pro vsak dešťové vody, což může pomoci minimalizovat dopady erozních smyvů. Dle Morgana (2005) je jedním z možných způsobů minimalizace smyvu ponechání posklizňových zbytků na pozemcích, kde budou půdu chránit před působením kinetické energie dešťových kapek, drsnost půdy se zvýší alepší se retenční schopnost půdy.

Dle Tomana (1995) komplexní pozemkové úpravy představují efektivní nástroj pro obce, zemědělské subjekty a vlastníky pozemků. Tyto úpravy zahrnují širokou škálu opatření, která umožňují řešit mnoho problémů souvisejících s ochranou půdy, regulací vodního režimu, ochranu životního prostředí a posilování druhové biodiverzity.

Tato doporučení by měla být podpořena dalšími studii a monitorováním v terénu, aby bylo možné posoudit jejich efektivitu a případně provést další úpravy či doplnění. Zároveň je důležité zohlednit potenciální ekonomické a environmentální dopady navrhovaných opatření, aby bylo možné dosáhnout optimálního řešení pro dané území.

## 7. Závěr

V této diplomové práci na téma „Modelování změny BPEJ pomocí modelu Atlas“ byla zpracována literární rešerše, charakteristika zájmových území, modelace v programu Atlas. Hlavním tématem teoretické části byla půda, jakožto základní a stěžejní prvek pro existenci lidstva a jeho produkci, pro růst rostlin, filtraci vody a zachování biodiverzity. Jedná se o velmi těžce obnovitelný až neobnovitelný přírodní zdroj. Práce popisuje faktory ovlivňující půdu, její význam, související rizika ze strany člověka i přírody a možnosti ochrany k jejímu zachování.

Cílem bylo modelovat a analyzovat změny BPEJ na konkrétních šesti sledovaných územních celcích za pomoci modelu Atlas. Analýza odhalila v souvislosti se změnou v kódu BPEJ, kde byla upravena hlavní půdní jednotka, zvýšený průměrný roční smyv na všech územích, ve všech případech se v rámci začlenění a využívání půdy jedná o standardní ornou půdu. Sledovaná území byla v modelaci zařazena mezi koluvizemě, typ půdy, který se tvoří v důsledku erozních příčin na svažitéch částech pozemku. Konkrétní výsledky dokumentují z modelování v programu Atlas před změnou a po změně v BPEJ, tabulkové a mapové výstupy.

Na základě výsledků a zjištění z analýzy území je vhodné navrhnout opatření vedoucí ke snížení rizika eroze a dalšímu znehodnocování půdy. Mezi opatření jsou v diplomové práci navrženy změny osevních postupů s využitím vhodných plodin k pěstování, které by měly korespondovat se specifiky daných půd. Zvýšení propustnosti půdy pro přeměnu odtokové vody na vsak je také jedním z možných řešení, v zásadě se nabízí možnost většího zatravnění povrchu.

V souvislosti s navrhovanými opatřeními a snahou o zlepšení současné situace bude třeba provést další monitorování a studie terénu pro posouzení efektivnosti, případně provést další zásahy či úpravy. Pro dosažení optimálních řešení a kýžených výsledků je nutné zohlednit veškeré ekonomické i environmentální dopady na daná území a postupovat dle nich.



## 8. Literatura

### 8.1 Odborné publikace

- Bedna Z., 2002: Environmentálne pôdoznanectvo. Veda, Bratislava.
- Bennet H.H., 1939: Soil Conservation. McGraw-Hill Book Co., New York.
- Berner A. a kol., 2012: Grundlagen zur Bodenfruchtbarkeit-Die Beziehung zum Boden gestalten. Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, Bio Austria, Bioland Beratung GmbH, Bio Suisse und IBLA, Luxemburg.
- Boardman J., Poesen J., 2006: Soil Erosion in Europe. John Willey & Sons, LTD, Hoboken.
- Braun J., 2014: Zjednodušený návod k programu Atlas DMT. Katedra speciální geodézie, Fakulta stavební ČVUT, Praha, 12 s.
- Bumba J., 2007: České katastry od 11.do 21. století. Grada Publishing, Praha.
- Cílek V. a kol., 2021: Půda a život civilizací. Dokořán, s.r.o., Praha.
- Fay L. a kol., 2012: Cost-Efective and Sustainable Road Slope Stabilization and Erosion Control. National Academies Press, Bozeman.
- Garcia–Chevesich P. A., 2015: Erosion Control and Land Restoration. Outskirts Press, Parker.
- Gregorich E.G. a kol., 1998: Carbon distribution and losses: erosion and deposition effects. Soil and Tillage Research 47. 291-302.
- Harold M. van Es., Magdoff F., 2009: Building Soild for Better Crops. Sustainable Agriculture Research and Education program, Ithaca.
- Holý M., 1994: Eroze a životní prostředí. ČVUT, Praha.
- Hůla J. a kol., 2008: Minimalizace zpracování půdy. Profi Press, Praha.
- Janeček M. a kol., 2002: Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV, Praha.
- Janeček M. a kol., 2005: Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV, Praha.
- Janeček M. a kol., 2007: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
- Janeček M. a kol., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Powerprint, Praha.
- Klečka M., 1984: Bonitace čs. zemědělských půd a směry jejich využití. 1. díl, Vymezení a mapování bonitovaných půdně-ekologických jednotek ČSSR. Uživatelská příručka pro užívání map BPEJ. Federální ministerstvo zemědělství a výživy, Praha.
- Krásá J., 2014: Atlas Eroze Manuál programu. ČVUT, Atlas s.r.o., Výzkumný ústav meliorací a půdy, Praha, 54 s.

- Kuriakose S.L. a kol., 2009: Prediction of soil depth using environmental variables in an anthropogenic landscape, a case study in the Western Ghats of Kerala, India. *Catena* 79. 27-38.
- Lal R., 1994: *Soil Erosion Research Methods*. CRC Press, Boca Raton.
- Lal R., 2001: Soil degradation by erosion. *Land Degradation Development* 12. 519-539.
- Liangang X. a kol., 2021: Effects of soil conservation measures on wind erosion control in China: A synthesis. *Science of The Total Environment* 778. 146-156.
- Mašát K., 2002: *Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
- Mašek F., 1948: *Pozemkový katastr*. Ministerstvo financí, Praha.
- McGee W.J., 1911: *Soil Erosion*. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Morgan R.P.C., 2005: *Soil Erosion and Conservation*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Morgan R.P.C., Nearing M., 2011: *Handbook of Erosion Modelling*. Willey – Blackwell, Bedfordshire.
- Morgan, R.P.C., Rickson, R.J., 1995: *Slope Stabilization and Erosion Control : a Bioengi-neering Approach*. Taylor & Francis, New York.
- Němec J., 2001: *Bonitace a oceňování zemědělské půdy České republiky*. Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky, Praha.
- Němeček J. a kol., 1990: *Pedologie a paleopedologie*. Academia, Praha.
- Nickling, W.G., 2004: Sediment transport and depositional processes. *Catena*, 65, 292-315.
- Novotný I. a kol., 2013: *Metodika mapování a aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
- Novotný I., 2017: *Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy*. Ministerstvo zemědělství a Výzkumný ústav meliorací a půdy, Praha, 92 s.
- Panagos P. a kol., 2012: Soil erodibility estimation using LUCAS point survey data of Europe. *Environmental Modelling & Software* 30. 143-145.
- Pavlů L., 2019: *Základy pedologie a ochrany půdy*. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Piccarreta M. a kol., 2012: Global change and long-term gully sediment production dynamics in Basilicata, southern Italy. *Environmental Earth Sciences* 67. 1619-1630.
- Podhrázká J. a kol., 2008: *Optimalizace funkcí větrolamů v zemědělské*

krajině. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.

Podhrázská J., Dufková J., 2005: Protierozní ochrana půdy. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.

Rejšek K., Vácha R., 2018: Nauka o půdě. Agriprint, Olomouc.

Renard K.G. a kol., 1997: Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agriculture Handbook, Washington, D.C.

Roth K., 2012: Soil Physics Lectures Notes. Institute of Environmental Physics, Heidelberg

Saljnikov E. a kol., 2022: Advances in Understanding Soil Degradation. International Publishing AG, Cham.

Sklenička P., 2003: Základy krajinného plánování. Skleničková, Praha.

Stiftung, H. 2018: Atlas půdy: fakta a čísla o zemi, půdě a životě. Heinrich-Böll-Stiftung, Praha.

Sumbal I., Mazhar R., 2018: Soil Erosion Aspects in Agriculture. Delve Publishing, Burlington.

Szotkowská Lacková E. a kol., 2015: Degradace a ochrana půd. Vysoká škola báňská, Ostrava.

Šarapatka B., 2014: Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.

Šimková J., 2015: Problematika tvorby povrchového odtoku a epizodní řešení jeho erozních projevů. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Praha, 43 s. (disertační práce) „nepublikováno“ Dep. SIC ČZU v Praze.

Toman F., 1995: Pozemkové úpravy. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.

Vopravil J. a kol., 2011: Půda a její hodnocení v ČR díl II. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.

Vopravil J. a kol., 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.

Weil R., Brady N., 2018: Elements of the Nature and Properties of Soils. Pearson, London.

Wischmeier W. H., Smith D. D., 1965: Rainfall – Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains. Agriculture Handbook, Washington, D.C.

## 8.2 Internetové zdroje

Česká geologická služba, ©2023: Geovědní mapy (online) [cit. 2023-12-23], dostupné z <<https://mapy.geology.cz/geocr50/>>

Český statistický úřad, ©2023: Okres Praha-východ (online) [cit. 2023-12-23], dostupné z <[https://www.czso.cz/csu/xs/okres\\_praha\\_vychod](https://www.czso.cz/csu/xs/okres_praha_vychod)>

Ministerstvo zemědělství, ©2015: Situační a výhledová zpráva – Půda (online) [cit. 2023-12-18], dostupné z <<https://eagri.cz/public/portal/-q368847---LXi5lzzH/puda-12-2015-1>>

Ministerstvo zemědělství, ©2018: Situační a výhledová zpráva – Půda (online) [cit. 2024-03-22], dostupné z <<https://eagri.cz/public/portal/-q368847---LXi5lzzH/puda-12-2015-1>>

Ministerstvo zemědělství, ©2023: Veřejný registr půdy – LPIS (online) [cit. 2023-12-23], dostupné z <<https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>>

Němeček J. a kol., 2008: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky (online) [2023.09.10], dostupné z <[Taxonomický klasifikační systém půd České republiky](#)>

Novák P., 2001: Produkční a mimoprodukční funkce půdy a její ochrana (online) [cit. 2023-09-15], dostupné z <<https://uroda.cz/produkni-a-mimoprodukni-funkce-pudy-a-jeji-ochrana/>>

Státní pozemkový úřad, ©2021: Kdo stojí za aktualizací bonitovaných půdně ekologických jednotek? (online) [cit. 2023-12-18], dostupné z <<https://www.spucr.cz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/tiskova-zprava-kdo-stoji-za-aktualizaci-bonitovanych-pudne-ekologickych-jednotek.html>>

VÚMOP, ©2007: Klimatické regiony (online) [cit. 2023-09-16], <dostupné z <https://zranitelnost.vumop.cz/popis/kr.php>>

## 8.3 Legislativní zdroje

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

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

## 8.4 Seznam obrázku

Obrázek 1: Kód BPEJ (Mendelu, 2024) .....	10
Obrázek 2: Půdní blok 7601/15 před změnou BPEJ .....	31
Obrázek 3: Půdní blok 7601/15 po změně BPEJ .....	32
Obrázek 4: Půdní blok 7301/4 před změnou BPEJ .....	33
Obrázek 5: Půdní blok 7301/4 po změně BPEJ .....	34
Obrázek 6: Půdní blok 3302/6 před změnou BPEJ .....	35
Obrázek 7: Půdní blok 3302/6 po změně BPEJ .....	36
Obrázek 8: Půdní blok 9601/10 před změnou BPEJ .....	37
Obrázek 9: Půdní blok 9601/10 po změně BPEJ .....	38
Obrázek 10: Půdní blok 7205 před změnou BPEJ .....	39
Obrázek 11: Půdní blok 7205 po změně BPEJ .....	40
Obrázek 12: Půdní blok 6104/1 před změnou BPEJ .....	41
Obrázek 13: Půdní blok 6104/1 po změně BPEJ .....	42

## 8.5 Seznam tabulek

Tabulka 1: Půdní typy .....	6
Tabulka 2: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 7601/15 před změnou BPEJ..	31
Tabulka 3: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 7601/15 po změně BPEJ .....	32
Tabulka 4: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 7301/4 před změnou BPEJ..	33
Tabulka 5: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 7301/4 po změně BPEJ.....	34
Tabulka 6: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 3302/6 před změnou BPEJ..	35
Tabulka 7: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 3302/6 po změně BPEJ.....	36
Tabulka 8: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 9601/10 před změnou BPEJ	37
Tabulka 9: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 9601/10 po změně BPEJ .....	38
Tabulka 10: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 7205 před změnou BPEJ...	39
Tabulka 11: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 7205 po změně BPEJ.....	40
Tabulka 12: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 6104/1 před změnou BPEJ	41
Tabulka 13: Výstup z programu Atlas EROZE pro blok 6104/1 po změně BPEJ .....	42

## 8.6 Seznam vzorců

Vzorec 1: Rovnice 1- Univerzální rovnice podle Wischmeiera a Smithe.....	26
--	----