

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY



**POSOUZENÍ MÍRY EROZNÍHO OHROŽENÍ  
ZEMĚDĚLSKÝCH PLOCH SPOLEČNOSTI  
ŠKOLNÍ STATEK STŘEDOČESKÉHO KRAJE,  
STŘEDISKO LÁZNĚ TOUŠEŇ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Vedoucí práce: Ing. Jan Petruš

Vypracoval: Jiří Zvelebil 2020

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jiří Zvelebil

Krajinářství  
Územní technická a správní služba

Název práce

**Posouzení míry erozního ohrožení zemědělských ploch společnosti Školní statek Středočeského kraje, středisko Lázně Toušeň**

Název anglicky

**Erosion exposure assessment of agricultural areas company Školní statek Středočeského kraje, center Lázně Toušeň**

---

### Cíle práce

Tato bakalářská práce má za cíl shrnout problematiku eroze půdy, popsat jednotlivé erozní faktory a charakterizovat zájmové území. Hlavní cíl práce spočívá v posouzení míry erozního ohrožení zemědělských ploch, které obhospodařuje Školní statek středočeského kraje, středisko Lázně Toušeň.

### Metodika

Na základě studia odborné literatury bude zpracována rešerše zaměřená na problematiku eroze půdy. Další část práce bude věnována charakteristice zájmového území, jejíž součástí bude terénní průzkum včetně vypracované fotodokumentace. Následně budou popsány a vyhodnoceny jednotlivé erozní faktory. Míra ohrožení vodní erozí u jednotlivých pozemků bude posouzena pomocí Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy. Samotné vyhodnocení proběhne za pomoci geografického informačního systému ArcGIS, z něhož budou vyhotoveny mapové výstupy.

**Doporučený rozsah práce**

50

**Klíčová slova**

vodní eroze, půda, USLE, GIS

---

**Doporučené zdroje informací**

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

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

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

---

**Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Jan Petrů

**Garantující pracoviště**

Katedra biotechnických úprav krajiny

---

Elektronicky schváleno dne 23. 3. 2020

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 3. 2020

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 01. 06. 2020

---

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci na téma: Posouzení míry erozního ohrožení zemědělských ploch společnosti Školní statek střeďočekského kraje, středisko Lázně Toušeň vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

Jsem si vědom, že odevzdáním závěrečné 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.

Dále prohlašuji, že data, která mi byla poskytnuta ČÚZK budou použita pouze pro tuto práci a nebudou využita ke komerčním účelům a ani předána třetí osobě.

V Praze dne: 30.3.2020

.....

Jiří Zvelebil

### **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu této bakalářské práce panu Ing. Janu Petřů za cenné podněty a připomínky. Dále chci poděkovat svému okolí za podporu.

V Praze dne: 30.3.2020

.....  
Jiří Zvelebil

**Abstrakt:**

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou vodní eroze u zemědělských pozemků, které obhospodařuje společnost Školní statek Středočeského kraje, středisko Lázně Toušeň.

Teoretická část se vymezuje objasněním základních pojmů, jsou zde popsány jednotlivé druhy eroze, jejich příčiny vzniku a důsledky. Dále se zde popisuje Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy dle Wischmeiera a Smithe (1978) a její jednotlivé faktory.

V praktické části bakalářské práce jsou do výzkumu zahrnuty veškeré erozní faktory rovnice USLE, které jsou následně vypracovány v geografickém informačním systému ArcGIS. Výsledná mapová vrstva získaná pomocí tohoto programu ukazuje míru ohrožení jednotlivých zemědělských ploch. Z dosažených výsledků vyplývá, že necelá polovina zkoumaných pozemků překračuje limitní hodnotu pro přípustnou ztrátu vodní eroze.

**Klíčová slova:** vodní eroze, půda, USLE, GIS

**Abstract:**

This bachelor's thesis deals with the issue of water erosion in agricultural land managed by the company Školní statek Středočeského kraje, center Lázně Toušeň.

The theoretical part is defined by clarifying the basic concept, comprises description of the various types of erosion, its causes and consequences. Furthermore, this part describes universal equation for the calculation of long-term soil loss according to Wischmeier and Smith (1978) and its individual factors.

In the practical part of the thesis, the research includes all erosion factors of the USLE equation, which are then elaborated in the ArcGIS geographic information system. The resulting map layer obtained using this program shows the degree of threat to individual agricultural areas. The achieved results show that less than half of the examined plots exceed the limit value for permissible losses of water erosion.

**Keywords:** soil erosion, soil, USLE, GIS

# Obsah:

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Půda .....	3
3.1	Definice půdy .....	3
3.2	Funkce půdy .....	4
3.3	Degradace půdy .....	4
3.3.1	Kvantitativní .....	4
3.3.2	Kvalitativní.....	5
4	Eroze .....	6
4.1	Intenzita eroze .....	6
4.2	Rozdělení eroze dle doby vzniku a působení .....	7
4.3	Rozdělení eroze dle činitelů .....	7
4.3.1	Vodní eroze .....	7
4.3.2	Větrná eroze.....	7
4.3.3	Sněhová eroze.....	9
4.3.4	Ledovcová eroze .....	9
4.3.5	Antropogenní eroze .....	9
5	Vodní eroze .....	10
5.1	Podpovrchová vodní eroze .....	11
5.2	Povrchová.....	11
5.2.1	Plošná .....	11
5.2.2	Výmolná .....	12
5.2.3	Proudová .....	12
5.3	Příčiny:.....	13
5.4	Důsledky vodní eroze:.....	13
5.5	Protierozní opatření.....	15
5.5.1	Organizační.....	15
5.5.2	Agrotechnická opatření.....	15
5.5.3	Technická opatření.....	15
6	Univerzální rovnice ztráty půdy .....	17
6.1	Faktor R.....	18
6.2	Faktor K .....	19
6.3	Faktory L a S .....	20
6.4	Faktor C .....	21

6.5	Faktor P .....	24
6.6	Přípustná ztráta půdy vodní erozí .....	24
7	Zájmové území .....	26
7.1	Vybrané pozemky .....	27
7.2	Historie zájmového území.....	27
7.2.1	Přiznání lázeňského statusu .....	28
7.3	Školní statek Středočeského kraje .....	29
7.4	Charakteristika území .....	29
7.4.1	Klimatické podmínky.....	29
7.4.2	Krajinný pokryv .....	30
7.4.3	Geomorfologie území .....	31
7.4.4	Půdní typy .....	31
7.4.5	Hydrologické podmínky .....	33
8	Vyhodnocení míry erozního ohrožení.....	35
8.1	Použitá metoda .....	35
8.2	Použitá data: .....	35
8.3	Digitální model terénu .....	36
8.4	R faktor.....	38
8.5	K faktor.....	38
8.6	LS faktor .....	39
8.7	C faktor.....	40
8.8	P faktor.....	41
8.9	Vyhodnocení míry erozního ohrožení.....	42
9	Diskuze .....	46
10	Závěr.....	47
11	Soupis použité literatury.....	48
12	Soupis obrázků, rovnic a tabulek .....	51
13	Přílohy .....	53
13.1.1	Výpočty C faktoru.....	55
13.1.2	Fotodokumentace.....	61



# 1 Úvod

Půda hraje v lidské společnosti nezastupitelnou úlohu. Poskytuje život organismům, drobným živočichům, rostlinám. Je cenným bohatstvím přírody. Dává lidem práci a obživu.

Při pohledu na plné regály potravin v obchodech to tak možná nevypadá, ale v celosvětovém hledisku produkce potravin připadá stále více než 90% podíl na původ v půdě (Rejšek a Vácha, 2018).

Jak moc je půda významná dokládá samotná definice Organizace Spojených Národů, podle které je půda nenahraditelným a limitovaným přírodním zdrojem a její degradace a ztráta má přímý vliv pro další rozvoj lidské společnosti. Z toho vyplývá, že pokud by půda přestala existovat, pak by zanikla biosféra a byl by tak vlastně ohrožen samotný lidský druh (Nerušil, 2015).

Půda je ohrožena přírodními činiteli a nešetrným lidským zacházením. Jedno z velmi vysokého ohrožení půdy představuje vodní eroze. Jedná se o aktuální problém, který se se změnami klimatických podmínek bude neustále rozrůstat a bude ho nutné intenzivně řešit (Žížala, 2017).

Zrychlená eroze je celosvětový problém, po zavedení intenzivního zemědělství se odhaduje každoroční smyv z pozemků do oceánů v množství 25 až 50 mld. tun (Vlček, 2015).

## 2 Cíl práce

V této bakalářské práci je cílem zhodnotit míru vodní eroze působící na pozemky obhospodařované společností Školním statkem Středočeského kraje, středisko Lázně Toušeň.

V teoretické části práce bude objasněna problematika eroze půdy, vyjasněny základní pojmy, definice a jednotlivé faktory podílející se na erozi.

Cílem praktické části pak bude samotné zhodnocení míry vodní eroze na konkrétních zemědělských plochách. Vyhodnocení bude provedeno pomocí rovnice USLE v geografickém informačním systému ArcGIS.

## 3 Půda

### 3.1 Definice půdy

Samotná definice slova „půda“ není úplně jednoduchá. Pro každého člověka bude mít v jiném oboru lidské působnosti vždy jiný význam. Zde je uvedeno několik možných definic:

V tradičním pojetí je půda přirozeným médiem pro růst rostlin, mající jasné či nejasné půdní horizonty. Její vznik má dlouhého trvání, uvádí se, že pouhý 1 cm ornice vzniká půdotvornými procesy při běžných podmínkách 100 let. (Vlček, 2015).

Pro Martina Hutaře ze společnosti PRO-BIO, s.r.o znamená půda toto: *„Půda je pro mne úžasný živý mechanismus, a čím více ji poznávám, tím více žasnu, o jak dokonalý, stabilní a nepoznaný systém jde!“* (Hradil, 2015)

V nauce o půdě se pak dočteme, že: *„Půda je unikátním přírodním terestrickým útvarem se svým metabolismem daným její biotou, probíhajícím v produktech zvětrávání půdotvorného substrátu a dekompozice odumřelé organické hmoty“* (Rejšek a Vácha, 2018).

Dle definice Ministerstva životního prostředí:

Půdu lze definovat jako samostatný přírodní útvar vzniklý z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků za působení půdotvorných faktorů. Je životním prostředím půdních organismů, stanovištěm planě rostoucí vegetace, slouží k pěstování kulturních rostlin. Je regulátorem koloběhu látek, může fungovat jako úložiště, ale i zdroj potenciálně rizikových látek (www.mzp.cz, 2020).

## 3.2 Funkce půdy

Půdě je ve vyspělých zemích světa věnován náležitý zájem o výzkum a posuzování její funkcí. Je zde snaha o optimalizaci, případně maximalizaci potřebných funkcí půdy.

Při podmínkách panujících v ČR jsou zastoupeny následující funkce:

- Produkční funkce
- Prostorová funkce
- Hydrologická a vodohospodářská funkce
- Ekologická funkce
- Sanitární a hygienická funkce
- Pufrační funkce
- Transformační funkce
- Sociální funkce
- Kulturní funkce

(Vašků, 2012)

## 3.3 Degradace půdy

Degradace půdy znamená veškeré snižování kvality a zdraví půdy, ať už jde o vratný či nevratný proces (Vlček, 2015).

Rozlišovat lze dvojí formy mechanismů degradace půd:

- Přírozené – mají souvislost s půdotvornými procesy a působí na ně celá řada vlivů okolního prostředí.
- Mechanizmy související s činností člověka

Přírozené mechanismy bývají zpravidla brány tak, že se uvažuje málo nebo vůbec o ovlivnitelnosti člověkem. Naopak u druhé varianty mechanismů vyvolaných člověkem jsou v jeho moci, mechanismy může zesílit či potlačit nebo úplně odstranit (Badalíková a Pokorný, 2012).

Degradace půdy má dvojí formu a těmi jsou kvantitativní a kvalitativní.

### 3.3.1 Kvantitativní

Za kvantitativní formou stojí zábor půdy za účelem stavění sídel, především se dnes lze setkat s nekontrolovatelným růstem satelitních městeček na okrajích

velkých měst. Toto rozšiřování je nazýváno jako tzv. suburbanizace. Jako komerční suburbanizace je brána výstavba velkých komerčních hal v krajině, často stavěných na zelené louce. Pokud bude růst měst nekontrolovatelným procesem, pak to může vést až ke ztrátám velmi kvalitní zemědělské půdy a negativnímu dotčení krajiny (Brtnický a kol, 2012).

### 3.3.2 Kvalitativní

Na kvalitativní se zásadně podílí na eroze, které bude věnována následující kapitola č. 4 *Eroze*. Dále se mezi kvalitativní formy řadí acidifikace, salinizace, utužení půdy a další.

#### **Acidifikace**

K okyselování půd dochází při produkci nebo při vstupu kyselin z okolního prostředí. Jde o přirozený proces, který může být zrychlen lidskou činností, do nichž patří atmosférická depozice síry a dusíku (kyselé deště, mlha apod.) (Rejšek a Vácha, 2018).

#### **Salinizace**

Vodorozpustné soli, mezi které patří např. hořčík a sodík, se v půdě akumulují v případě překračuje-li jejich vstup vymývané množství. V případě přirozeného výskytu se může jednat o zdroje z vulkanické činnosti, usazené horniny, povrchové a podzemní vody apod. Z lidské činnosti má podíl na zasolování používání nevhodné vody a nepřiměřené množství minerálních hnojiv. Při vypařování vody dochází ke krystalizaci solí, konečným následkem je podíl na ztrátě půdní struktury a poškozování půdních agregátů. Tyto negativní dopady pak zvyšují rizika eroze (Vlček, 2015).

#### **Utužení půdy**

Utužení půdy vede ke snížení obsahu pórů v půdě, čímž je snížena dostupnost vody ke kořenům rostlin, kořeny hůře pronikají profilem půdy a je k nim omezen přístup kyslíku. To s sebou přináší zhoršování dalších půdních vlastností.

Na utužení se může podílet samotná povaha substrátu a struktura půdy, půdotvorný proces a další. Z lidských činností se jedná o nesprávné hospodaření (pojezd techniky nebo intenzivní pastva dobytka) (Rejšek a Vácha, 2018).

## 4 Eroze

Eroze jest slovem latinského původu, které bylo odvozeno od slova „**erodere**“ a znamená rozhlodávat. V případě půdní eroze je tím myšleno **rozrušování pedosféry**. Tedy proces, při kterém je půdní profil rozrušován a zahrnuje odnos a následnou sedimentaci půdních částic na jiném místě (Janeček, 2008).

Eroze byla známa již dříve, ale do popředí zájmu se dostala zejména ve 30. a 40. letech 20. století díky významnému erodologovi H. H. Bennetovi (Janeček, 2008).

Podmínky prostředí panující v určité oblasti určují typy a míry eroze. Tyto podmínky jsou složeny ze čtyř primárních kombinací: jsou to podmínky klimatické, topografické, krajinný pokryv a využití půdy. Podílejí se na ovlivňování jak vodní, tak větrné eroze, avšak rozdílným způsobem (Foster a Renald, 2002).

Podmínky výskytu eroze jsou pro Českou republiku specifické. Při přechodu na intenzifikaci zemědělské výroby docházelo ke scelování pozemků a problémy eroze byly podceňovány, stejně jako konečné důsledky na produkci a poškozování půdy ve městech. Přehlížel se také negativní dopad eroze na kvalitu vody. Kromě vodní a větrné eroze je možné se v ČR setkat také s erozí způsobenou táním sněhu (Boardman a Poesen, 2006).

### 4.1 Intenzita eroze

Ze základu lze dle Benneta (1939) rozlišovat podle intenzity dva typy erozí, jedná se o tzv. erozi normální a erozi zrychlenou. Normální eroze spočívá v takovém stavu odnosu půdy, při kterém je za běžných podmínek stav půdy obnovován přirozeným zvětráváním (rovnovážný stav). Probíhá kontinuálně a pro člověka je tento proces takřka nepostřehnutelný (Janeček, 2008).

K normální erozi patří eroze sezónní, projevuje se sezóně v závislosti na ochranném krytí půdy plodinou. Dále pak mikroeroze, při které jsou půdní částice a rostlinné živiny erodovány z místních vyvýšenin (Holý, 1994).

U zrychlené eroze dochází k takovému odnosu půdy, u kterého již přirozené zvětrávání nemůže zajistit návrat k normálnímu stavu. Zrychlená eroze má tedy přímý negativní dopad na jakost a zdraví půdy (Záhora, 2015).

## 4.2 Rozdělení eroze dle doby vzniku a působení

Autoři Kozmenko (1939) a Silvestrov (1955) pojmají možnost dělení eroze na historickou a soudobou. Historická představuje erozní jevy, které probíhali kdysi dávno při modelování zemského povrchu (Zachar, 1960).

Staré kulturní krajiny mají mnoho stabilizovaných erodovaných ploch, u kterých se dnes vyskytují pouze eroze normální. Tyto staré erozní rýhy, na kterých se podílely faktory lidské činnosti, faktory půdního pokryvu, hydrologické podmínky a další, se nemusejí lišit od rýh vytvořených v době poledové.

Proto se Zachar (1960) domnívá, že je vhodné soudobou erozi dělit na stabilizovanou a stále probíhající (aktivní), aby se výzkum zaměřil na tu nejvíce ohrožující.

## 4.3 Rozdělení eroze dle činitelů

Podle přírodních činitelů působících na půdní profil lze rozeznávat erozi vodní, větrnou, ledovcovou, sněhovou. Dalším činitelem může být samotný člověk, pak hovoříme o antropogenní erozi (Holý, 1994).

### 4.3.1 Vodní eroze

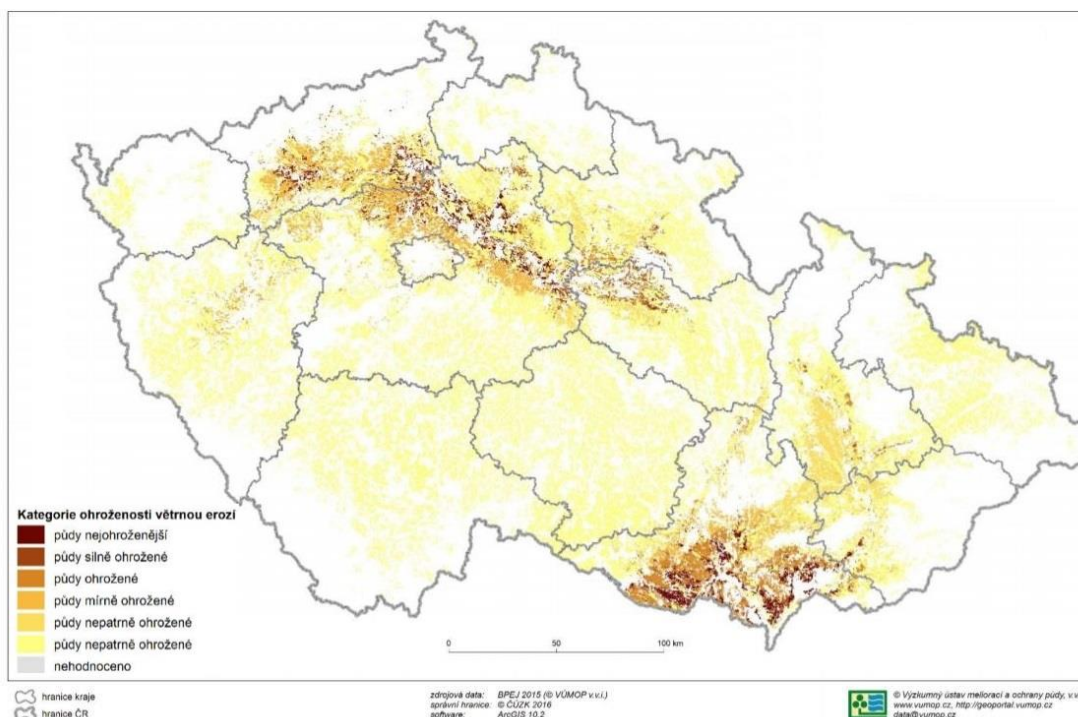
Této formě eroze bude věnována následující samostatná kapitola č. 5 *Vodní eroze*.

### 4.3.2 Větrná eroze

U větrné eroze je povrch půdy rozrušován působením mechanické síly větru, při které jsou částice půdy větrem unášeny a akumulovány v místě dopadu. Škody, které tento proces napáchá, jsou projeveny na odnesené ornici, dále jsou odnášena hnojiva, osiva a poškozovány samotné zemědělské plodiny. To dále vede ke znečišťování ovzduší, zanášení vodních toků, komunikací, apod. (Podhrázká a Dufková, 2005).

Větrná eroze se může objevit především tam, kde má půda malý nebo žádný rostlinný pokryv. Stromy a keře dokáží velmi efektivně utvářet závětrří (Pasák, 1964). Unášecí síla větru je závislá na rychlosti větrného proudu, době trvání a četnosti větrů. Nejsilněji se větrná eroze projevuje při výsušných větrech s dlouhým trváním a na holých půdních plochách (Brtnický, 2012).

V ČR je větrnou erozí ohroženo 7,5% zemědělské půdy, což celkově představuje 320 000ha, z toho do kategorie nejohroženější a silně ohrožené patří přibližně 170 000ha (Vlček, 2015).



Obr. č. 1 Potenciální ohroženost větrnou erozí (VÚMOP @2016)

U větrné eroze rozeznáváme tři formy způsobu přenosu půdních částic:

**1) nejjemnější částice půdy jsou ve formě prachu přenášeny na velké vzdálenosti, při tom vznikají tzv. prашné bouře (Brtnický, 2012).**

Tyto částice jsou menší než 0,1mm a ve formě suspenze je vítr vynáší do výše desítek, až stovek metrů (Záhora, 2015).

**2) Přenos půdních částic skokem, u tohoto fenoménu dochází k největšímu odnosu půdní hmoty (Brtnický, 2012).**

Částice mají velikost 0,1-0,4mm a představují 50-80% z celkového odnosu částic pomocí větru. S většími částicemi dochází ke kolizi, rozbíjejí a narušují půdní agregát (Záhora, 2015).

**3) Pohyb půdních částic sunutím, při této formě dochází k přemísťování větších a těžších částic erodované půdy.**

Částice mají velikost 0,5-2mm a představují 25% z objemu větrné eroze (Záhora, 2015).



### 4.3.3 Sněhová eroze

Sněhová eroze je vzhledem ke klimatickým podmínkám panujících na území České republiky méně zastoupená. Vyskytuje se obvykle u horských a podhorských oblastí, kde dochází k lavinám. V nížinách má pak charakter tání sněhu (Viček, 2015).

Kinetická energie dopadajících sněhových srážek je na rozdíl od deště téměř bezvýznamná. Veškerá energie způsobující erozi je původem z odtékající vody (Janeček, 2008).

### 4.3.4 Ledovcová eroze

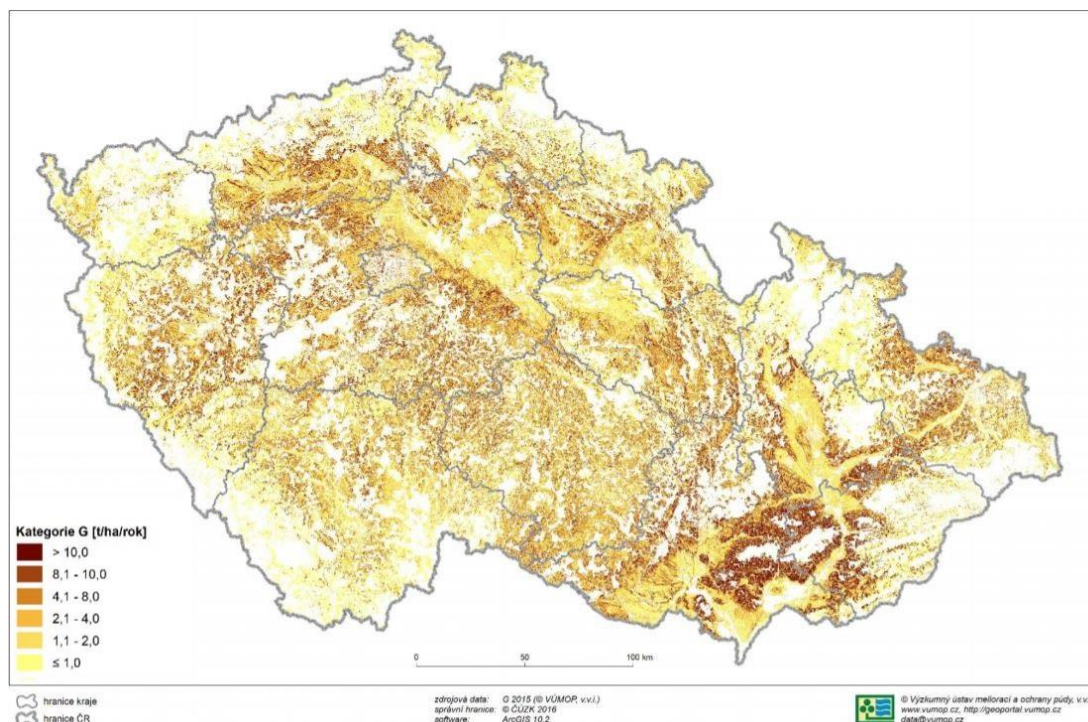
Ledovcová eroze je způsobena ledovci, pohybující se vlastní tíží do údolí. Převahující část energie při pohybu je vynakládána na erodování skalního podloží. Podloží je obrušováno, vyhlazováno a rýhováno valouny zamrzlými v ledu (Holý, 1994). V ČR není aktuálně přítomna, avšak je možno dohledat její pozůstatky ze Sálského zalednění (Viček, 2015).

### 4.3.5 Antropogenní eroze

Svémi zásahy v přírodě ovlivňuje člověk vznik a průběhy erozních procesů. Tyto zásahy se podílejí na zrychlené erozi a to buď s přímou a nepřímou působností. K druhům antropogenní eroze se řadí především eroze vyvolaná intenzifikací zemědělské výroby, stavbou komunikací a urbanizací (Holý, 1994).

## 5 Vodní eroze

Při vodní erozi je půdní profil rozrušován jednak dešťovými srážkami a také povrchovým odtokem vody. Vodní erozí je v ČR potenciálně ohroženo 40% orných půd (Vlček, 2015).



Obr. č. 2 Potenciální ohroženost zemědělské půdy. Vyjádřeno průměrným dlouhodobým smyvem půdy (G) (VÚMOP @2016)

Dopadající dešťové kapky působí svou kinetickou energií na půdní agregát. Při dopadu mají dvojitý účinek. První představuje uvolňování půdních částic a jejich rozprsk po okolí. Ve druhém účinku jde o ubíjení povrchu půdy a ucpávání mikropórů uvolněnými částicemi, které se při dalším dopadu dešťových kapek třídí a orientovaně ukládají. To pak vede k vytvoření tenkého filmu na půdním povrchu, jež snižuje jeho propustnost (Fulajtár a Jánský, 2001).

Povrchový odtok nastane, když se intenzita deště zvýší nad schopnosti vsakování půdy. V počáteční fázi je vsak největší, ten však s časem klesá. Voda se dostává do půdy hrubými póry za přispění gravitačního účinku. Při naplnění hrubých pórů je vsak limitován a voda se do půdy dostává pouze kapilárně (Cyblik a Jůva, 1963).

Podle formy působení činitelů vodní eroze na půdní profil jí lze klasifikovat na erozi povrchovou (působí na povrchu) a podpovrchovou (působí pod povrchem) (Holý, 1994).

## 5.1 Podpovrchová vodní eroze

Za podpovrchovou erozi se občas stanovuje proces přemísťování půdních částic se živinami z vrchních do níže položených půdních vrstev. Tento proces je inicializován infiltrujícími srážkovými vodami. Jedná se však o přirozený půdotvorný proces, a tak není vhodné jej označovat za erozi.

Hovořit o podpovrchové erozi se dá v případě spraší, kde dochází k vymílání podzemních vod. Vznikají tunely pod svrchními vrstvami půdy. Stropy tunelů se následně bortí, z čehož vznikají hluboké výmoly (Holý, 1994).

## 5.2 Povrchová

Účinky působení vody na půdní profil mohou být různé, nejčastěji se setkáme s vodní erozí:

- plošnou
- výmolnou
- proudovou

### 5.2.1 Plošná

U plošné eroze dochází k rozrušování povrchu pozemku téměř rovnoměrně po celé jeho ploše nebo v určitých místech svahu. Při plošné erozi může někdy dojít až k úplnému odhalení na skalního podloží (Janeček, 2005).

Projevuje se hlavně selektivním účinkem, při kterém jsou odnášeny jemné částice půdy. Změna půdy nastává v zrnitosti, obsahu živin a dochází ke zhoršení fyzikálních a chemických vlastností (Brtnický a kol., 2012).

Mezi hlavní činitele podílející se na plošné a rýhové erozi patří odtok vody po svahu. Ten je určen především charakterem srážek, infiltračními schopnostmi půdy, drsností povrchu a reliéfu. Všeobecně se dá intenzita plošného odtoku vyjádřit vztahem:

*Rovnice č. 1: Intenzita plošného odtoku*

$$q = h \cdot v$$

kde:

h= hloubka vrstvy stékající vody (m)

v= průměrná rychlost odtoku (m.s)

q= množství vody stékající po svahu za jednotku času a jednotku šířky.

(Zachar, 1960)

### 5.2.2 Výmolná

Při výmolné erozi vznikají výmoly o hloubce a šířce více jak 30cm. Projevuje se v místech koncentrace přívalových vod (Brtnický a kol., 2012).

Stržová eroze je pak případem nejzávažnější formy eroze výmolné. Její následky jsou velmi nákladné na nápravu a nevystačují běžné agrotechnické postupy. Objevit se může jak na zemědělské půdě, tak lesní (Rejšek, Vácha, 2018).

### 5.2.3 Proudová

Proudová eroze se vyskytuje ve vodních tocích, vzniká zde působením vodního proudu. K rozrušení může dojít u dna nebo u břehů, tím je dáno třídění na dnovou nebo břehovou erozi. Nejvíce se projevuje v bystřinách, kde je velký odnos splavenin (www.eroze.sweb.cz, 2020).

Tato eroze může být vyvolána občasnými vodními proudy, které vznikají při přívalemých deštích, při tání sněhu nebo trvale tekoucími vodami v řekách, potocích, bystřinách. U stojatých vod, za které jsou považovány jezera, rybníky a moře je předpokladem vzniku eroze působení vlnobití (vlny hnané větrem). U moří je způsobena eroze pobřeží také přílivem (Cáblík a Jůva, 1963).

### 5.3 Příčiny:

Nejvíce ovlivňuje rozsah působení u vodní eroze sklonitost pozemku s délkou po spádnicí, dále jsou to fyzikální a chemické vlastnosti půdy, vegetační pokryv a přívalemé srážky. Díky intenzifikaci zemědělské výroby v dobách minulých patří půdní bloky v České republice k největším v Evropě. Se scelováním půdních bloků do větších celků byly rušeny významné hydrografické a krajinné prvky, které kladli překážku zrychlené erozi. Mezi ně patří remízky, meze, zatravněné údolnice, polní cesty, apod. (Novotný a kol., 2014).

Viček (2015) uvádí jako hlavní příčiny zvyšování účinnosti vodní eroze v současnosti převážně v:

- Scelování pozemků na svazích do velkých půdních bloků
- Naopak snaha o tvorbu malých půdních bloků, avšak s nevhodnou orientací
- Omezování, zánik hydrografických krajinných prvků (remízky, průlehy, travnaté údolnice, a další.)
- Pěstování nevhodných plodin na pozemcích s vyšším sklonem (brambory, kukuřice).
- Zhutnění půdy, vede ke snížení infiltračních vlastností půdy, zvětšuje se povrchový odtok
- Snižování obsahu organické hmoty.

Brtnický (2012) navíc popisuje následující faktory:

- Nezpevnění koryt, břehů vodních toků.
- Nedostatečně chráněná půda na staveništích, skládkách, atd.
- Používání konvenčních strojů a technologií na ohrožených pozemcích.

### 5.4 Důsledky vodní eroze:

Vodní eroze se na půdě projevuje negativně v několika ohledech.

- Dochází ke zhoršení fyzikálních vlastností půdy, např. snížení infiltrační schopnosti a vodní kapacity.
- Zmenšení mocnosti půdního profilu.
- Zvyšuje se kyselost půdy, odplavování vápníku, než dojde k reakci za účelem odkyselení.

- Zhoršené obdělávání pozemku (výmoly, rýhy, strže)
- Ztráta osiva a sadby
- Snížení obsahu živin, především pak látek dusík, fosfor, draslík a hořčík. Na 1 tunu smyté ornice připadá hodnota živin cca 900 - 4 200Kč

(Viček, 2015)

- Kvantitativní ovlivnění kapacity vodních toků a objemů nádrží
- Unášený materiál se z největší části ukládá na vtoku do nádrže. Snižuje se hloubka vody, zarůstá vegetací a ještě více je tak zpomalován průtok
- Kvalitativní ovlivnění charakteristiky vodních zdrojů
- Ohrožení intravilánů měst a obcí, komunikací apod.

(Novotný a kol., 2014)

Při dlouhodobém působení eroze se projevují kvalitativní a kvantitativní změny v půdě. Kvantitativní charakter je projevem zmenšování hloubky profilu půd, při zvlášť intenzivní erozi i plochy. Kvalitativní změny pak představují změny projevené ve vlastnostech půdy, které vedou k nižší úrodnosti.

Vodní eroze s sebou odnáší nejúrodnější část půdy – ornici, plodinám pak v takto postiženém půdním profilu chybějí důležité živiny. U půd, které jsou erodovány slabě, bývají hektarové výnosy nižší o 15-20%, u středně erodovaných 40-50% a u silně až o 75% (Novotný a kol., 2014).

Rizika pro vodní útvary představuje eroze v jejich možném zanášení sedimenty. Při smyvu ornice bohaté na živiny může dojít k eutrofizaci vodního prostředí (Konečná a kol., 2018).

## 5.5 Protierozní opatření

Ochraně půdy před erozí se věnuje několik vědních oborů a disciplín, jmenovat lze kupříkladu krajinné inženýrství a krajinou ekologii. Vždy se jako řešení nabízejí určitá vhodná opatření na minimalizaci negativních účinků eroze na půdu. Tato opatření však nelze používat obecně a vždy se musejí upravit na příslušné místní podmínky a typy eroze. Jako nejúčinnější ochrana před erozí se vždy nabízí prevence a předcházení erozním jevům (Záhora, 2015).

### 5.5.1 Organizační

Mezi základní organizační opatření proti erozi patří situování půdních bloků delší stranou ve směru vrstevnic, dále ochranné zatravnění hlavně u údolnic a drah soustředěného odtoku z povrchu půdy. V neposlední řadě se sem řadí uplatnění osevních postupů, které vedou ke snížení náchylnosti ornice k erozi, např. vyřadit z osevních postupů širokořádkové plodiny a zajistit pásové pěstování plodin (Brtnický a kol., 2012).

### 5.5.2 Agrotechnická opatření

Cílem agrotechnických protierozních opatření je zkracování doby, při kterých je půda bez vegetačního pokryvu. Nejnáchylnější je půda k erozi právě v období bez vegetačního pokryvu. V tomto období může být zajištěna ochrana půdy využíváním posklizňových zbytků plodin a biomasy meziplodin (Janeček a kol., 2007).

Orbou po vrstevnicích nebo s menším odklonem od vrstevnic při použití otočných pluhů, které překlápějí půdu proti svahu se významnou měrou přispěje k ochraně ornice před erozí (Novotný a kol., 2014).

Účinnost agrotechnických opatření je ovlivněna použitou zemědělskou technikou (stroje a strojní soupravy na obdělávání a setí) a také technikou při hnojení a sklizni (Hůla, 2003).

U osevních postupů jsou pro půdu velmi příznivé jeteloviny. Díky hustému krytu povrchu půdy je zajištěna její vyšší stabilita a zároveň je půda zbytky strniště a kořání obohacována o organickou hmotu (Cáblík a Jůva, 1963).

### 5.5.3 Technická opatření

K zamezení povrchového odtoku v určitém povodí jsou ve většině případů agrotechnická a organizační opatření málo účinná (nedostačující).

Je tedy nutné navrhnout a realizovat technická opatření, která dokáží rozdělit svažité a rozsáhlé pozemky s nepříjatelnou délkou svahu, vytvářet svodné prvky apod. Není však možné se zaměřit pouze na tato opatření, ale je vždy nutné doplňovat je vzájemně s organizačními a agrotechnickými opatřeními (Podhrázská a Dufková, 2005).

Mezi nejčastěji používaná technická opatření patří:

### **Protierozní meze**

Nově realizované meze mají plnit funkce zachycení a odvedení povrchového odtoku a také funkci krajino tvornou. Mez představuje nízkou hrázku, která je spojena mělkým příkopem nebo průlehem. Osazuje se vhodnou vegetací a lze jí doplnit umístěním kamenů (Novotný a kol., 2014).

### **Zasakovací pásy**

Zasakovací pásy patří v rámci protierozní ochrany mezi účinné liniové prvky, jejichž realizace je finančně přívětivá

Budují se na svažitých pozemcích podél vrstevnic, kde doplňují plodiny s nedostatečnou ochranou nebo také podélně u nádrží a vodních toků, kde brání smyvu půdy. Mohou být travní, křovinné, případně lesní. Proto, aby byl zasakovací pás dostatečně účinný, musí být úzký více než 20m a široký dle celkové délky pozemku se zřetelem na používanou techniku obdělávání (Podhrázská a Dufková, 2005).

### **Protierozní průlehy**

Při příčném průlehování pozemků se dlouhé svahy pozemku rozdělí průlehy na svahy kratší. Jde o velmi významné opatření ochrany půdy. Vzdálenost mezi průlehy se určuje na základě sklonu, vsakovacími schopnostmi půdy a úhrnu a intenzitě zamýšlených přívalových dešťů. V závislosti na sklonu je doporučena vzdálenost mezi průlehy mezi 20 až 35m (Janeček a kol., 2007).



## 6 Univerzální rovnice ztráty půdy

První snahy o vyjádření erozního ohrožení vodní erozí se objevují v první polovině 20. let 20. století. V tomto období se dospěje kupříkladu k definici erodovatelnosti (jak moc je půda náchylná k erozi), vlivu sklonu s délkou svahu, potencionální erozní účinnosti deště a povrchového odtoku (Vlček, 2015).

Do erozních procesů zasahují a navzájem se ovlivňuje celá řada faktorů. Ke zjištění kvantitativního charakteru, které způsobují přívalové srážky, byla sestavena rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí (USLE) (Podhrázská a Dufková, 2005).

V 90. letech 20. století došlo k její revizi a rovnice byla aktualizována. Došlo k určitým změnám a k pojmenování rovnice na RUSLE (Vlček, 2015).

Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) umožňuje předpovědět průměrnou míru eroze půdy pro každou proveditelnou alternativní kombinaci osevních postupů a postupů hospodaření ve spojení se specifickým typem srážek a topografických faktorů (Wischmeier a Smith, 1978).

*Rovnice č. 2: Univerzální rovnice ztráty půdy ( $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ )*

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

Jednotlivé členy rovnice představují:

**G** - průměrnou dlouhodobou ztrátu půdy ( $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ )

**R** - faktor erozní účinnosti deště ( $MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$ ) - vyjadřuje závislost na četnosti výskytu, úhrnu, intenzitě a kinetické energie deště

**K** - faktor erodovatelnosti půdy ( $t \cdot ha^{-1}$ ) - vyjadřuje závislost na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti.

**L** - faktor délky svahu - vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí.

**S** - faktor sklonu svahu - vyjadřuje vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí

**C** - faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu - vyjadřuje závislost na vývoji vegetace a použité agrotechnice

**P** - faktor protierozní účinnosti

Výpočtem této rovnice se získá výsledná hodnota, která představuje množství půdy, které je erodováno dlouhodobě při daných podmínkách při plošné vodní erozi.

Rovnice není směrodatná pro kratší období než 1 rok a dále jí nelze použít pro výpočet ztráty půdy při jednotlivých srážkách nebo také např. při tání sněhu (Janeček a kol. 2007).

## 6.1 Faktor R

Pro účel stanovení vztahu pro výpočet erozní účinnosti přívalového deště bylo v USA použito rozsáhlé množství dat o dešťových srážkách (Janeček, 2007).

Faktor R je definován vztahem dle Wischmeiera a Smithe (1958).

*Rovnice č. 3: Vyjádření faktoru R (MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>)*

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

Kde:

- R= faktor erozní účinnosti deště (MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>)
- E= celková kinetická energie deště (J.m<sup>-2</sup>)
- i<sub>30</sub>= maximálně 30minutová intenzita deště (cm. h<sup>-1</sup>)

Celková kinetická energie deště E je vyjádřena rovnicí:

*Rovnice č. 4: Vyjádření celkové kinetické energie deště (J.m<sup>-2</sup>)*

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

Kde:

- E<sub>i</sub>= kinetická energie i-tého úseku deště
- n= počet úseků deště
- E<sub>i</sub> = (206+87log<sub>10</sub>i<sub>si</sub>)x H<sub>si</sub>
- Kde: i<sub>si</sub>= intenzita deště i-tého úseku (cm.h<sup>-1</sup>)
- H<sub>si</sub>= úhrn deště v i-tém úseku (cm)

(Podhrázká, Dufková, 2005)

Ke stanovení roční hodnoty faktoru R slouží dlouhodobé záznamy o srážkách. Roční hodnota faktoru R vyjadřuje součet erozní účinnosti jednotlivých přívalových dešťů. Pro správné stanovení musejí být do výpočtu zahrnuty intenzivní přívalové deště a také středně intenzivní deště (Janeček, 2012).

U dešťů s vydatnosti do 12,5 mm, které jsou oddělené od předchozích a následných dešťů šestihodinovou nebo delší přestávkou a deště, u kterých maximální intenzita nepřekročí 24 mm.h<sup>-1</sup>, se nezapočítávají, poněvadž lze

předpokládat, že při nich nedochází k povrchovému odtoku vody na pozemku (Podhrázská a Dufková, 2005).

Průměrná hodnota erozní účinnosti deště R byla pro převážnou část zemědělských ploch v ČR stanovena na  $40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$  (Janeček, 2012). Tato hodnota je procenticky rozdělena do měsíců vegetačního období v tab. č. 1.

Tab. č. 1: Průměrné rozdělení faktoru R přivalových dešťů do měsíců vegetačního období v ČR (Janeček, 2012)

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

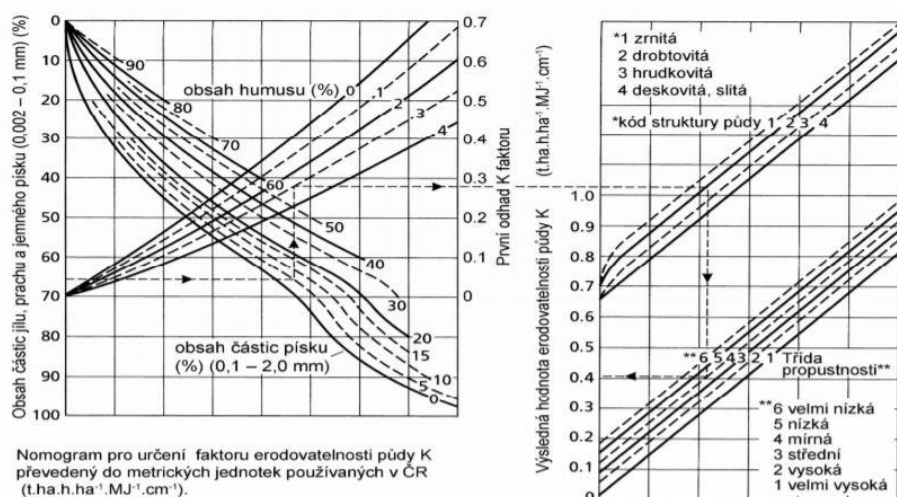
## 6.2 Faktor K

Udává, jak moc je půda náchylná k erozi.

V rovnici USLE je vyjádřením odnosu půdy v  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  na jednotku faktoru R a to ze standardního pozemku, jenž je definován délkou 22,13m na svahu a sklonem 9%. Tento pozemek je udržován jako kypřený černý úhor a je obděláván ve směru sklonu (Janeček, 2008).

K Faktor je možné určit třemi možnými způsoby: pomocí výpočtu, odečtem z nomogramu anebo z hlavních půdních jednotek (HPJ).

Pro výpočet nebo odečtení z nomogramu obr. č 3 je potřeba znát základní údaje o předmětné půdě, popřípadě mohou posloužit výsledky rozborů z odebraných půdních vzorků (Janeček, 2007).



Obr. č. 3: Nomogram pro stavení K faktoru (Janeček a kol., 2012)

Následující vztah pro výpočet k faktoru lze použít v případě, je-li dodržena podmínka, že obsah prachu a práškového písku (0,002-0,100 mm) nepřekročí 70%.

*Rovnice č. 5: Výpočet K faktoru*

$$100K = 2,1M1,1410^{-4}(12-a)+3,25(b-2)+2,5(c-3)$$

Kde:

- M = součin (% prachu +% práškového písku) násobeno (100-%jílu)
- a = % organické hmoty (humusu)
- b = třída struktury ornice
- c = třída propustnosti půdního profilu

(Podhrázká a Dufková, 2005)

Ke stanovení hodnoty K dle bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) je třeba znát hlavní půdní jednotku (HPJ) (2. a 3 místo kódu BPEJ). Hodnoty K faktoru dle HPJ jsou uvedeny v tabulce č. 6 kapitola č. 13 *Přílohy*. Pokud se stane, že pro některou HPJ není známa hodnota K faktoru, pak je nutné použít ke stanovení hodnoty výpočet rovnicí nebo odečet z nomogramu (Janeček, 2008).

## 6.3 Faktory L a S

Intenzita eroze vzrůstá společně s rostoucí délkou svahu.

Faktor LS společně vyjadřuje vliv sklonu a délky pozemku na intenzitě eroze. Jedná se zkráceně o tzv. topografický faktor LS. Představuje poměr ztráty půdy na zkoumaném pozemku ke ztrátě půdy na standardním pozemku, který je představován o délce 22m a se sklonem 9%.

Určení hodnoty topografického faktoru pro přímý svah:

*Rovnice č. 6: Vyjádření topografického faktoru pro přímý svah*

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

kde:

- $l_d$  = nepřerušovaná délka svahu v metrech (za přerušení se nepovažuje mez, u které může povrchový odtok přeřinovat, naopak účinné přerušení představují sběrné a záchytné průlehy, příkopy a hrázky, u kterých je zamezeno přetékání vody do nižších míst.)
- s = sklon svahu v %

(Janeček, 2007)

Faktory lze také vyjádřit samostatně. Délka svahu je dána jako vzdálenost určená místem původu povrchového odtoku k bodu, kde je sklon natolik snížen, že zde dochází k sedimentaci erodovaného materiálu nebo je plošný odtok soustředěn do odtokové dráhy. Vyjádření L faktoru dle Wischmeiera a Smithe:

*Rovnice č. 7: Vyjádření L faktoru dle Wischmeiera a Smithe*

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

Kde:

22,13 - délka standardního pozemku (m)

I - horizontální projekce nepřerušené délky svahu

m – exponent délky svahu představující náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze

(Janeček a kol., 2008)

Hodnotu faktoru sklonu svahu je možné vyjádřit vztahem dle Renarda:

*Rovnice č. 8: Vyjádření hodnoty sklonu svahu dle Renarda*

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

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

Kde:

S – sklon svahu (rad)

(Janeček a kol., 2008)

## 6.4 Faktor C

Faktor C spadá do kategorie faktorů ovlivnitelných lidskou činností a zaměřením se na něj lze snížit riziko vodní eroze. Ovlivnění představuje změnu způsobu obhospodařování zemědělských ploch. Toho je možné docílit pomocí aplikace protierozních osevních postupů, např. zatravněním (Novotný a kolektiv, 2014).

Účinnost ochrany vegetačního krytu před vodní erozí je možné seřadit sestupně dle druhů vegetace následovně:

1. Lesní porost
2. Trvalý travní porost
3. Dočasné travní porosty půdy
4. Úzkořádkové plodiny (obiloviny, řepka)
5. Širokořádkové (kukuřice, řepa, brambory)

(Neružil, 2015)

Ochranný vliv vegetace spočívá v přímé úměře pokryvnosti a hustotě porostu v časech největších přívalových srážek v měsících duben – září. Dokonalou ochranu půdy před erozi poskytují jeteloviny a travní porosty, naopak širokořádkové plodiny mají vliv na ochranu nedostačující (Podhrázská a Dufková, 2005).

Wischmeier a Smithe stanovil rozdělení účinku ochranného vlivu plodin a zbytků po sklizni do 5 období:

1. Období podmítky a hrubé brázdy
2. Období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení
3. Období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, u ozimů do 30.4.
4. Období od konce 3. období do sklizně
5. Období strniště

(Podhrázská a Dufková, 2005)

Tabulka č. 2: hodnoty C faktoru vegetačního krytu a použité agrotechniky pro hlavní plodiny vyjadřuje poměr smyvu na pozemku s vybranými plodinami ke ztrátě půdy na kypřeném černém úhoru (Podhrázská a Dufková, 2005).

Kukuřice setá patří stále k významným plodinám, která má využití jako krmivo, dále nalezne uplatnění v potravinářském průmyslu a v neposlední řadě je také její využití jako biomasy k energetickým účelům. Mezi její hlavní nevýhody patří zvýšené riziko erozního ohrožení s převahou svažitých pozemků, mezi 8 až 10 týdнем po výsevu nekryje půdu. Její další špatné vlastnosti na půdu jsou tvorba povrchového škraloupu, snížení biologické aktivity, úbytkem organické hmoty a degradace její struktury (Menšík a Kincl, 2018).

Při nevhodné sadbě brambor po spádnici v řádcích je za přívalových srážek zrychlen odtok o 40 až 70%, což představuje odnos až 25 tun ornice připadající

na jeden hektar za hodinu. Změnou sadby ve vodorovných řádcích se při stejných podmínkách zapříčiní jen 3% odtok a odnos ornice nepřesáhne 2 tuny na hektar za hodinu (Cáblík a Jůva, 1963).

Tab. č. 2: Hodnoty faktoru C vegetačního krytu a agrotechniky (Podhrázská a Dufková, 2005)

Plodina	Zařazení v osevním postupu	Použitá agrotechnika	Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky podle pěstebních období					
			1	2	3	4	5s	5p
Obiloviny	v 1. roce po jetelovinách	OP	0,5	0,55	0,3	0,05	0,2	0,04
		St	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	po obilninách	OP	0,65	0,7	0,45	0,08	0,25	0,04
		St	0,25	0,25	0,2	0,08	0,25	0,04
	po okopaninách a kukuřici	OP	0,7	0,75	0,5	0,08	0,25	0,04
		St	0,7	0,7	0,45	0,08	0,25	0,04
Kukuřice	sláma předplodiny sklizena	OP	0,7 O K	0,9 O K	0,7 O K	0,35	0,7	0,4
		St	0,25-0,7	0,25-0,7	0,20-0,55	0,25	0,6	0,3
	sláma předplodiny nesklizena	OP	0,6 O K	0,75 O K	0,55 O K	0,25	0,6 O K	0,3 O K
		St	0,04-0,30	0,04-0,25	0,04-0,20	0,05-0,20	0,25 - 0,04	0,15 - 0,30
	bezorebný výsev do herbicidem umrtveného drnu	víceletých pícnin	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,03
		jílku jako ozimé meziplodiny	0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,1
Brambory Cukrovka		V přímých řádcích libovolného směru	0,65	0,8	0,65	0,3	0,7	
Vojtěška							0,02	
Jetel červený dvousečný							0,015	
Víceletá tráva, louky							0,005	

Legenda:

5s – sláma sklizena

K – po kukuřici

5p – sláma ponechána

OP – setí do zorané půdy

O – po obilovině

St – setí do strniště

## 6.5 Faktor P

Pokud nelze předpokládat dodržení podmínek pro maximální délky pozemků a počty pásů, pak nelze s hodnotami protierozních opatření počítat a hodnota faktoru P je rovna 1 (Janeček a kol., 2008).

Faktor P je ovlivnitelný a upravit jeho hodnotu je možné pomocí použití vhodných agrotechnických opatření, mezi které patří například aplikace pasového střídání plodin, vrstencové obdělávání, hrázkování a důlkování (Novotný a kol., 2014).

Hodnoty pro jednotlivá protierozní opatření jsou uvedeny v následující tabulce č. 3.

Tab. č. 3 Hodnoty faktoru P - protierozní opatření (Podhrázká a Dufková, 2005)

Protierozní opatření	Sklon svahu (%)			
	2-7	7-12	12-18	18-24
Maximální délka pozemku po spádnici při konturovém obdělávání	120 m	60 m	40 m	-
	0,6	0,7	0,9	1
Maximální šířka a počet pásů při pasovém střídání	40 m	30 m	20 m	20 m
	6 pásů	4 pásy	4 pásy	2 pásy
okopanin s víceletými pícninami	0,3	0,35	0,4	0,15
okopanin s ozimými obilovinami	0,5	0,6	0,75	0,9
Hrázkování, resp. přerušované brázdování podél vrstevnic	0,25	0,3	0,4	0,45
Terasování				0,05-0,20

## 6.6 Přípustná ztráta půdy vodní erozí

Intenzita eroze by měla být taková, aby se způsobená ztráta půdy nahradila přirozenou tvorbou půdy nové. Při stanovení přípustné míry eroze se musejí brát ohledy i na ekonomiku zemědělské výroby, zachování kvality vodních zdrojů, nádrží před zanášením a dále zachovat, případně zlepšovat kvalitu životního prostředí (Holý, 1994).

Vyjadřuje maximální přípustnou ztrátu půdy, která je ještě trvale a ekonomicky rentabilní k udržení úrodnosti půdy. Je skutečně uvažováno



o mocnosti půdního profilu, vlastnostmi půdy v budoucnu a s předpokládanou ztrátou půdy erozí.

Při vypočtení rovnice USLE vyjde hodnota představující dlouhodobou průměrnou ztrátu půdy v  $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ . Je-li vypočtená hodnota větší, než je udávaná přípustná ztráta v tabulce č. 4, pak z výsledku vyplývá, že je pozemek využíván s nedostatečnou ochranou před erozí (Janeček, 2012).

Tab. č. 4: Přípustná ztráta půdy dle hloubky půdy (Janeček, 2012)

Hloubka půdního profilu u půd	Přípustná ztráta ( $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ )
Mělké (do 30cm)	1
Středně hluboké (30-60cm)	4
Hluboké (více než 60cm)	4

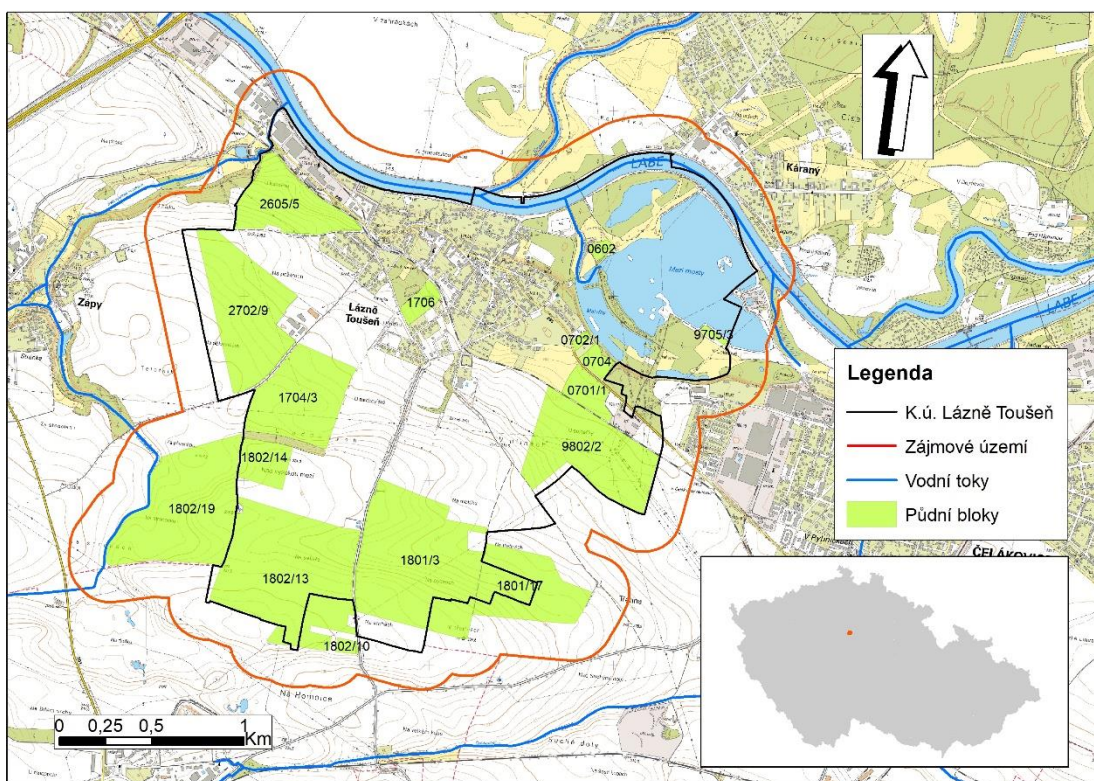
Původně platila pro půdy hluboké přípustná ztráta  $10 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ . Ta byla však snížena z důvodu ochrany nejkvalitnějších úrodných půd (Janeček, 2012).

## 7 Zájmové území



Obr. č. 4: Heraldický znak městyse ([www.laznetousen.cz](http://www.laznetousen.cz))

Vybrané pozemky s převahou zasahují do k. ú. Lázní Toušeň. Městys Lázně Toušeň se nalézá ve Středočeském kraji, okrese Praha-východ, při levém břehu Labe naproti ústí řeky Jizery, při výšce 234 m. n. m. Vzdušnou čarou je vzdálen od centra Prahy přibližně 25km. Katastrální výměra území činí 5,55km<sup>2</sup>, z toho 4/5 připadají na ornou půdu ([www.laznetousen.cz](http://www.laznetousen.cz)).



Obr. č. 5: zájmové území, zdrojová data: mapa ZM10 (ČÚZK), p. bloky (LPIS), v. toky ([www.dibavod.cz](http://www.dibavod.cz)), Land\_cover\_JTSK (ČÚZK)

Ke dni 1. 1. 2019 zde žilo 1409 obyvatel ([www.czso.cz](http://www.czso.cz)).

## 7.1 Vybrané pozemky

Školním statkem Středočeského kraje je zde obhospodařováno 16 zemědělských pozemků. Jejich celková rozloha dle Lpisu činí 243 ha.

Převážná část těchto pozemků se svou celou plochou nalézá v katastrálním území Lázně Toušeň. Výjimky tvoří půdní bloky 1802/13, 1801/3, 1801/17, které svou částí zasahují do sousedních kat. území. Půdní blok 1802/19 pak náleží na vnější hranici k. ú. Lázně Toušeň a půdní blok č. 1802/10 je úplně osamostatněn, viz. obr. č. 5.

Z toho důvodu bylo potřeba zvětšit zájmovou oblast o takto „přečnívající pozemky“. Dále bylo nutné pro potřeby výpočtu erozního ohrožení rovnicí USLE v ArcGISu vytvořit okolo upraveného zájmového území 200m širokou obalovou zónu pomocí funkce *Buffer*. Tím bylo docíleno eliminace vlivu možných chyb při vypočítávání rastrových vrstev.

## 7.2 Historie zájmového území

Archeologické nálezy dokládají velkou významnost této lokality, podle kterých je obývána po pět tisíciletí. Při archeologických průzkumech byly nalezeny pozůstatky kultur **řivnáčské**, **starouněrické** a **laténské**. Mezi nejvýznamnější nález patří zlatá záušnice (dívčí ozdoba do vlasů), která datuje vůbec nejstarší nález zlatého předmětu ve střední Evropě (datace 3000 let před n.l.) (Jan Králík, 2009).

Roku 1331 navštívil oblast (v té době markrabě moravský), později nejvýznamnější český panovník Karel IV. Před rokem 1370 Karel IV. vykoupil Toušeň pro svého bratra markraběte Jana Jindřicha. V té době patřili k toušeňskému hrádku, **louky**, **pastviny**, **honitby**, **háje**, **mlýn** mající právo rybolovu, řeky a za Labem **les Bor**, bohatý na zvěř (Jan Králík, 2009).

Po první desetiletí 16. století zakoupil Toušeň v té době nejmocnější muž v Čechách, politik a představitel strany podobojí Mistr Jan Pašek. Hrádek nechal přestavět na renesanční zámek. Hospodaření se rozrostlo o **štěpnice**, **chmelnice**, **vinice**, **rybníky** a **sádky**. Jako majitel přinesl místu dobu rozkvětu a proměnu v městečko. Poté zakoupil celou Toušeň Kunrát Krajíř z Krajku, představující vrchní zastávce české reformace. Jeho rod o majetek přišel kvůli synově vzbouření proti Ferdinandu I. Léta 1547 musel všechn svůj majetek odevzdat České královské komoře (Jan Králík, 2009).

Mimo **tradiční obilnářské zemědělství** se zde po napoleonských válkách uplatnila nová plodina **cukrová řepa**. Roku 1868 byl položen základní kámen cukrovaru, který náležel ve vlastnictví Jakuba Passera. **Stavba cukrovaru** byla úspěšně dokončena roku 1904. V téměř nezměněné podobě sloužil cukrovar svým účelům ještě dalších padesát let (Jan Králík, 2009).

V roce 1868 byly také založeny Janem Králíkem malé lázně. Lázně se zaměřují na léčbu pohybového aparátu a jsou v provozu do dnešních dnů (Jan Králík, 2009).

### 7.2.1 Přiznání lázeňského statusu

Roku 1979 byl udělen Toušeni status lázeňského místa, 1.5. 1991 byl pak schválen název Lázně Toušeň a 1.8. 1993 udělen historický znak. Lázně Toušeň se pak dočkali 10.10. 2006 navrácení původního historického statusu městyse (Jan Králík, 2009).

## 7.3 Školní statek Středočeského kraje

Školní statek Středočeského kraje je příspěvková organizace, která byla zřízena rozhodnutím zastupitelstva Středočeského kraje. Právní subjektivitu získala ke dni 1.1.2011. Představuje pokračovatele již zaniklých zemědělských hospodářství středních zemědělských škol. V působnosti má dnes 5 středisek v těchto lokalitách:

- Poděbrady
- Lázně Toušeň
- Rakovník
- Benešov
- Čáslav

Jeho cílem je poskytnout studentům středních zemědělských škol odbornou praxi a praktická cvičení. Zaměřuje se na klasickou zemědělskou výrobu a specializaci dle příslušných lokálních podmínek.

V chovu má na 600 kusů skotu, 1000 kusů prasat, dále chová drobná hospodářská zvířata a 50 vlastních a soukromých koní ([www.skolnystatek.cz](http://www.skolnystatek.cz)).

## 7.4 Charakteristika území

### 7.4.1 Klimatické podmínky

Lázně Toušeň se nacházejí v teplém, mírně suchém klimatickém regionu ([mapy.vumop.cz](http://mapy.vumop.cz), 2020).

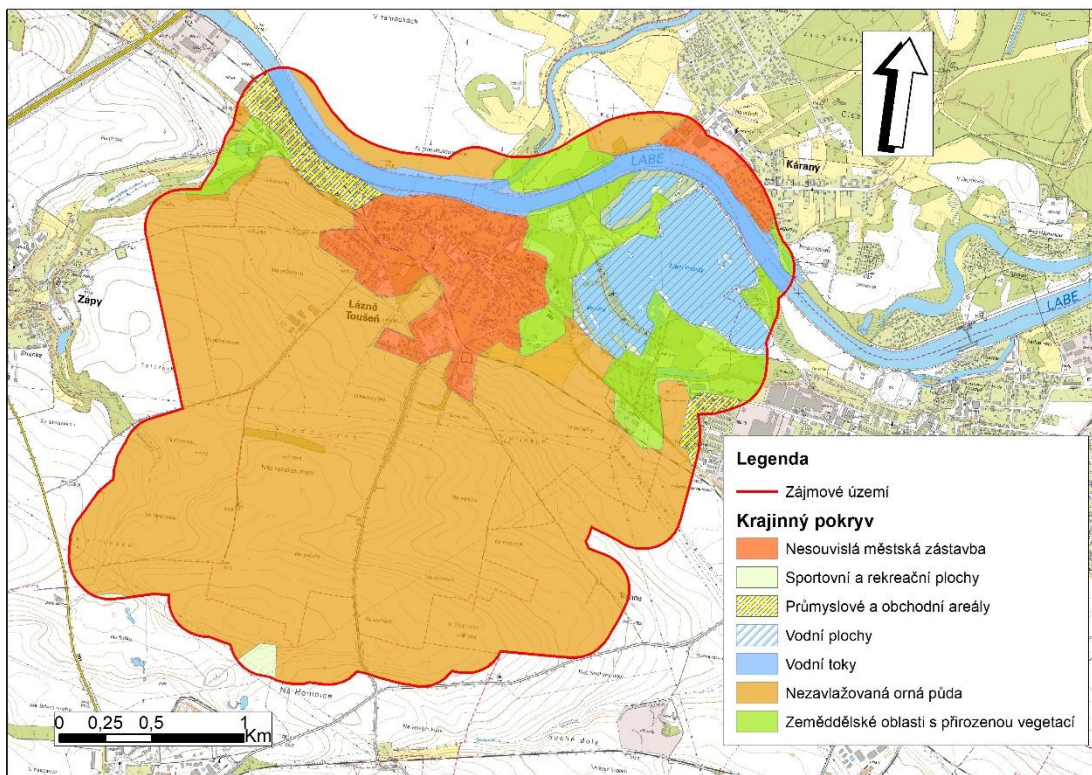
Dle přílohy č. 1 Vyhlášky č. 227/2018 Sb. je pro tuto charakteristiku regionu přiřazen číselný kód regionu 2, jeho symbolem je pak T2.

K tomuto regionu se váže průměrná roční teplota mezi 8-9 °C. Průměrný roční úhrn srážek dosahuje rozpětí 500-600 mm. Pravděpodobnost suchých vegetačních období činí 20-30% (příloha č. 1 Vyhlášky č. 227/2018 Sb).



## 7.4.2 Krajinový pokryv

Z obrázku č. 6 je patrné, že většinu území pokrývá zemědělská půda, dále se zde nacházejí zemědělské oblasti s přirozenou vegetací a vodní plochy představující jezera. V zájmové oblasti je osídlena obec označená jako nesouvislá městská zástavba. Součástí obce jsou také průmyslové a obchodní areály.



Obr. č. 6: Krajinový pokryv, zdrojová data: (Corine Land Cover 2012 [www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz)), mapa ZM10 (ČÚZK)

### 7.4.3 Geomorfologie území

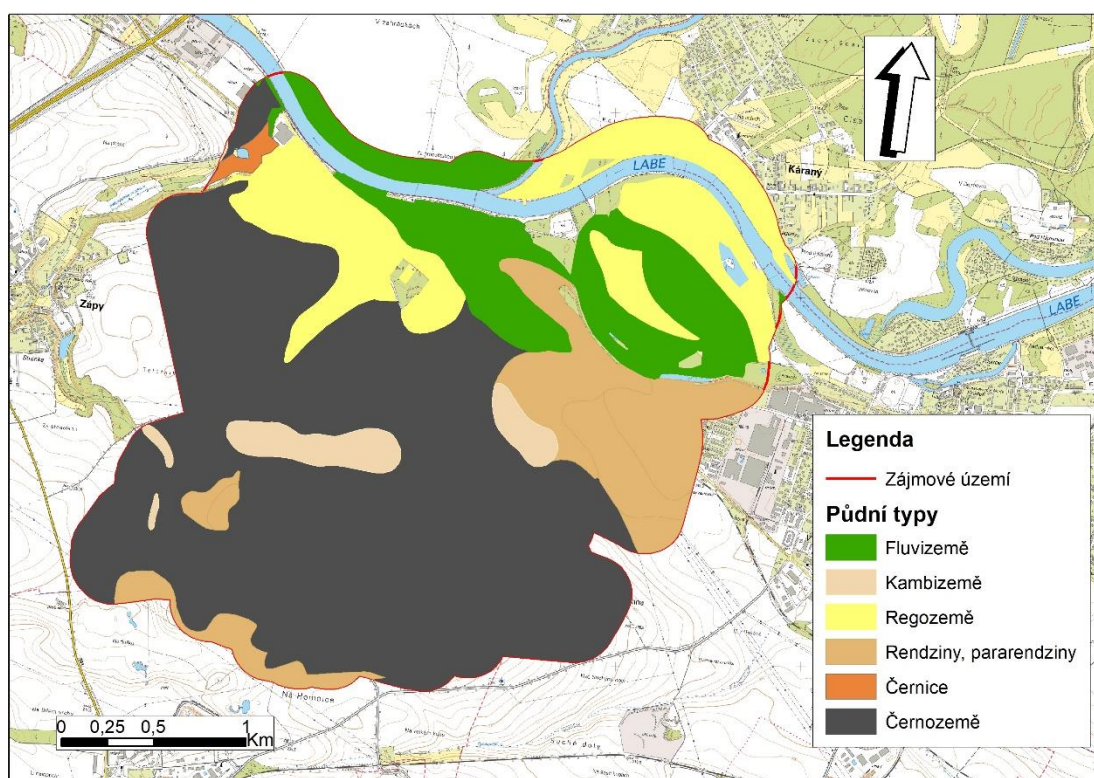
Dle geomorfologické členění patří vybraná oblast do Hercynského systému, provincie Česká vysočina, subprovincie Česká tabule, oblasti Středočeská tabule a celku Středolabská tabule. Jako podcelek je to Českobrodská tabule a Mělnická kotlina. Okrsek Čakovická tabule a Staroboleslavská kotlina (INSPIRE, 2020).



Obr. č. 7: Geomorfologické poměry ([www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz))

### 7.4.4 Půdní typy

V zájmové oblasti se hojně vyskytují černozemě, dále jsou to regozemě, fluvizemě a kambizemě (rankery, litozemě) (mapy.vumop.cz, 2020). Kompletní zastoupení půdních typů je vyobrazeno na následujícím obrázku č. 8.



Obr. č. 8: Půdní typy, zdrojová data: ([www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz)), upraveno dle ([mapy.vumop.cz](http://mapy.vumop.cz), 2020), mapa ZM10 (ČÚZK)

**Černozemě** jsou hlubokohumózní (0,4-0,6m) půdy s černickým horizontem Ac, vyvinuté z karbonátových sedimentů. Vytvářely se v sušších a teplejších oblastech při nadmořských výškách do 300m n. m. Jsou utvořeny ze spraše, z písčitéch spraší a slínů při intenzivní akumulaci a kondenzaci organické hmoty. Původní vegetace byla tvořena stepí a lesostepí. V zemědělském půdním fondu ČR tvoří jejich zastoupení přibližně 11%. Černozemě se řadí mezi jedny z neúrodnějších půd v ČR a jsou tedy ideální jako orné půdy (Brtnický, 2015).

**Fluvizemě** představují fluvické znaky: vrstevnatost, nepravidelné rozložení org. látek s obsahem větším než 0,5% v celém profilu, zrání a podzemní voda, která se po většinu roku vyskytuje v hloubce vyšší než 80cm, avšak významně kolísá. Vlastnosti těchto půd mají různorodý charakter i jejich úrodnost je odlišná. Pověstinou se nechali tyto půdy v minulých dobách odvodnit a následně využívat jako půdy orné. Vyskytují se na nivách vodních toků. Jejich zastoupení má přibližně 6% zemědělského půdního fondu (Brtnický, 2015).



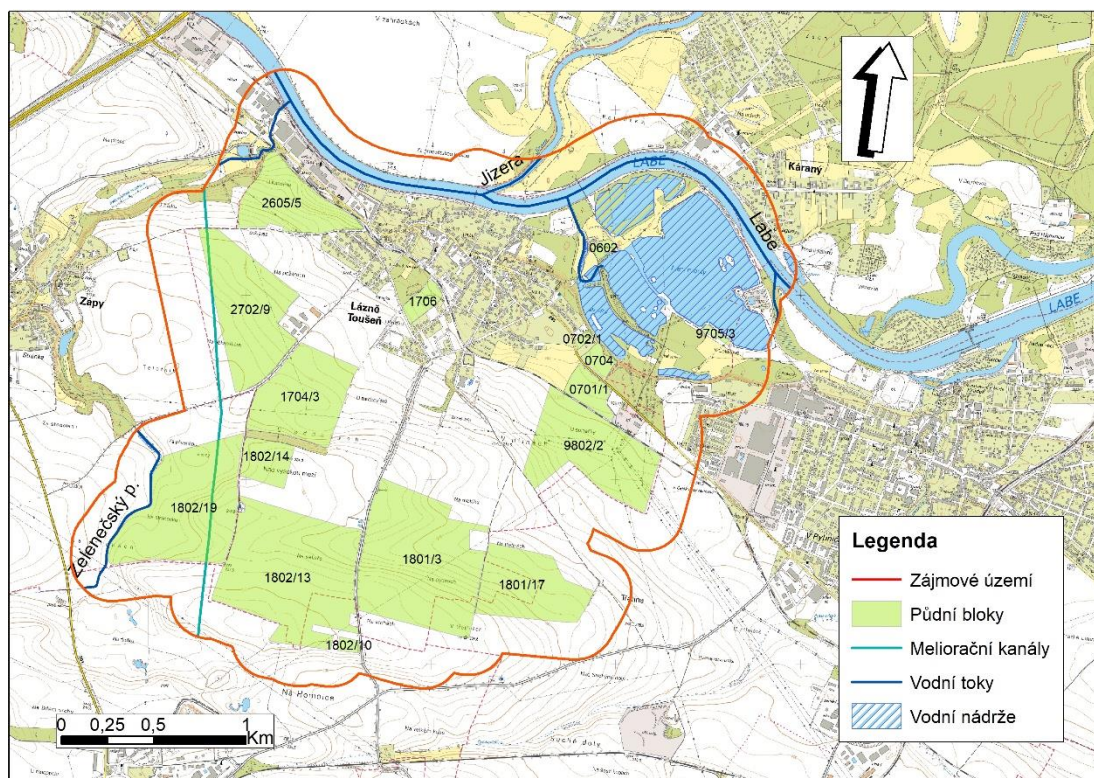
**Regozemě** představují půdy utvořené ze sypkých sedimentů, hlavně písků a také se vytvářejí na hlubokých písčitéch zvětralinách magmatických a metamorfovaných hornin. Jedná se o typ půdy, který je velmi chudý na minerály. Pokud je však sypký materiál bohatý na minerály, pak je pro území ČR typické, že dochází k jeho opakovanému erodování. Jejich název je původem řeckého slova *rhegos*, které má význam pro pokryv, příkryvku (Rejšek a Vácha, 2018).

**Kambizemě** se vytvářejí ve svažitých podmínkách pahorkatin, vrchovin a hornatin. V menší míře pak v rovinatém reliéfu. Svým 45% zastoupením v půdním fondu ČR se u nás řadí mezi vůbec nejrozšířenější půdní typ. Vyskytují se v rozsahu nadmořských výšek 300-1000 m. n. m. Mají uplatnění jako orné půdy nebo trvalé travní porosty. Je nutné zajistit pravidelný přísun živin v podobě hnojení a vápnění (Brtnický, 2015).

#### 7.4.5 Hydrologické podmínky

Dle hydrografického členění patří zájmová oblast do povodí Labe. Celková rozloha povodí Labe činí 14.454,5km<sup>2</sup> (pla.cz, 2020).

Z mapového výstupu obr. č. 9 je zřetelně rozeznatelné, že územím protéká významná řeka Labe při soutoku s řekou Jizerou.



Obr. č. 9: hydrologické podmínky, zdroj. data: (www.dibavod.cz), mapa ZM10 (ČÚZK), p. bloky (LPIS)

**Labe** je třetí největší a nejdelší řekou ve střední Evropě. Svou rozlohou zasahuje do území čtyř států: Spolkové republiky Německa, České republiky, Rakouska a Polska. Na území ČR se rozděluje na úseky horní, střední a dolní. K pojmenování došlo od konce 19. století, kdy se zamýšlela přeměna Labe na vodní cestu. Společně se svými přítoky se podílí na odtoku vody z více než 90% území ČR (Šámalová a Tázler, 2010).

Její délka činí 1 165km, z toho je délka pro Českou republiku 364km. Průměrný průtok dosahuje 600m<sup>3</sup>/s. Pramení v Krkonoších, následně protéká velkým obloukem Českým masivem a ústí do Severního moře na území SRN (diderot, 1999).

### **Jizera**

Řeka Jizera pramení v Jizerských horách, má dva pramenné zdroje. Jako hlavní uvažovaný pramen se nalézá na polské straně Jizerských hor na svahu Stógu Izerského v nadmořské výšce 1050m. Délka Jizery činí 166,7km. Odvodňuje plochu území o rozloze 2 193,9km<sup>2</sup>. Na soutoku s Labem dosahuje průměrný průtok 24,4m<sup>3</sup>/s (Šámalová a Tázler, 2010).

Z menších vodních toků protéká zájmovou oblastí Zelenečský potok.

V Toušeni se nalézají tři jezera, z nichž největší je jezero Mezi Mosty, dále Malvíny a Tůň. Jezera vznikla zatopením rozlehlé písčiny. Maximální hloubka zde dosahuje 10m (www.stranypotapecske.cz, 2020).

## 8 Vyhodnocení míry erozního ohrožení

### 8.1 Použitá metoda

K vyhodnocení míry erozního ohrožení pozemků obhospodařovaným Školním statkem Středočeského kraje, středisko Lázně Toušeň byla použita metoda založená na výpočtu rovnice USLE v prostředí ArcGIS. Mapové podklady byly použity skrze WMS služby, viz. kapitola 8.2 *Použitá data*.

K výpočtu bylo potřeba vytvořit v ArcGISU rastrové vrstvy představující jednotlivé faktory rovnice, konkrétně pro K, LS, C. Velikost buňky u každého rastru byla nastavena na 2m.

- **R-faktor**, byl určen průměrnou hodnotou dle metodiky Janečka (2012) pro území ČR
- **K-faktor**, určen dle BPEJ z 2. a 3. místa (HPJ), následné přiřazení hodnot K faktoru dle HPJ, metodika dle Janečka (2012)
- **LS-faktor**, při výpočtu se vycházelo z digitálního modelu terénu (DMT), na kterém byl vytvořen rastr sklonitosti, směru povrchového odtoku a akumulace směru povrchového odtoku.
- **C-faktor**, vypočten na základě dodaných osevních postupů (5ti leté období)
- **P-faktor**, stanoven na hodnotu 1, nebyla brána v potaz žádná protierozní opatření

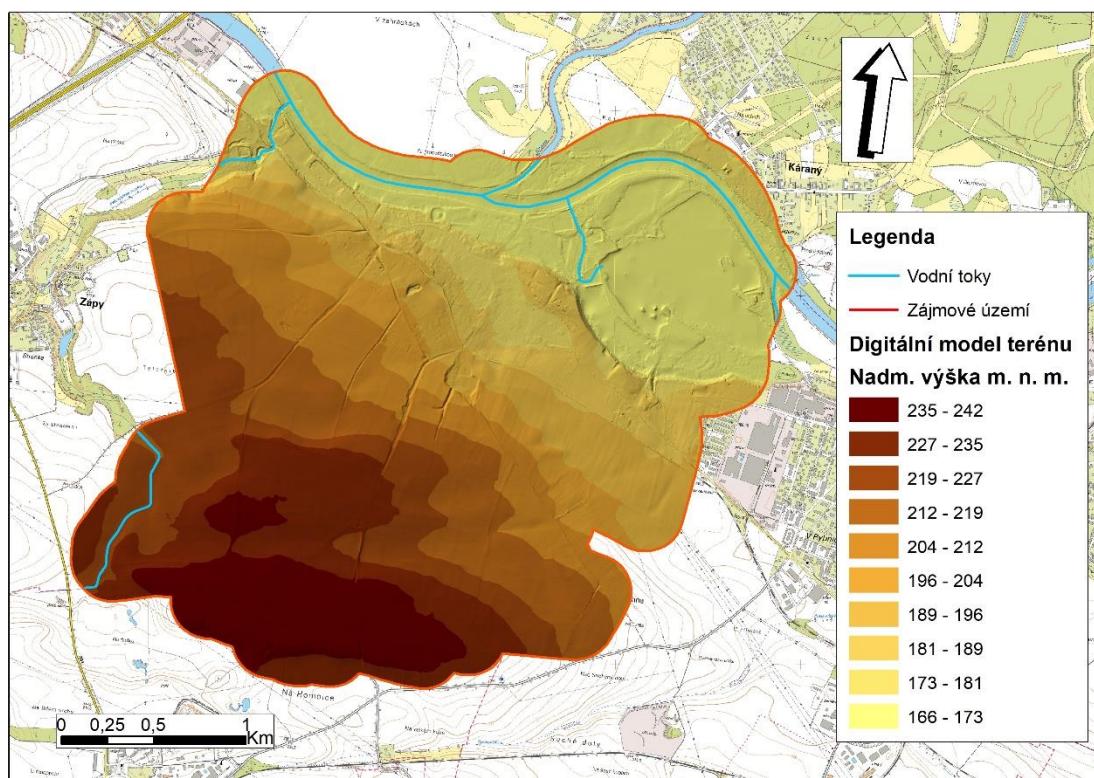
### 8.2 Použitá data:

- Digitální model reliéfu ČR 4. generace (DMR4G) - souřadnicová data, na žádost poskytnuto ČÚZK
- Polygonová vrstva s půdními bloky LPIS - dostupná ve Veřejném registru půdy ([www.eagri.cz](http://www.eagri.cz))
- Vektorová vrstva s databází BPEJ - dostupná na stránkách Státního pozemkového úřadu (SPÚ, 2019)
- Vektorová vrstva krajinného pokryvu dostupná na [www.eoportal.gov.cz](http://www.eoportal.gov.cz)
- Vektorové a polygonové vrstvy s vodními toky, nádržemi – získané z digitální báze vodohospodářských dat Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka ([www.dibavod.cz](http://www.dibavod.cz))
- Základní mapa ČR (ZM10) - dostupná přes WMS službu dle ČÚZK
- Data osevních postupů pro jednotlivé půdní bloky obdržené od Školního statku Středočeského kraje.

## 8.3 Digitální model terénu

Použitá data představují letecké laserové skenování terénu (Dostál a kol, 2014).

Konkrétně se v této práci jednalo o použití verze 4. generace (DMR4G). Tato data byla uložena v souborech XYZ. Struktura dat představuje souřadnice prostoru, kde X a Y jsou souřadnice plochy a Z určuje hodnotu výšky.



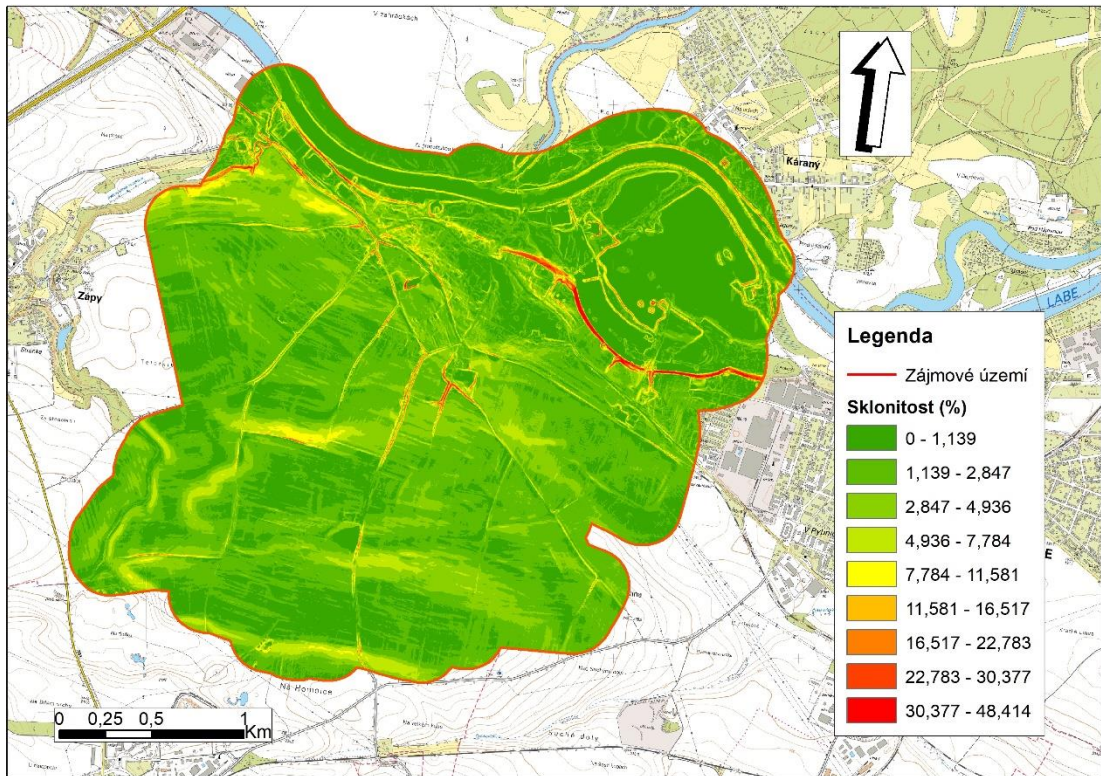
Obr. č. 10: Digitální model terénu – Data: DMR4G (ČÚZK), vod. toky ([www.dibavod.cz](http://www.dibavod.cz))

Tato data byla importována do programu pomocí Add Data - Add XY Data, následně se pomocí funkce **Create Tin** vytvořil digitální model terénu. Tento digitální model terénu byl poté převeden funkcí **Tin to Raster** na rastr, jehož velikost buňky byla nastavena v kolonce Sampling Area na 2m.

Výsledný rastr bylo potřeba upravit nástrojem **Fill**, pomocí kterého se odstranila bezodtoková místa.

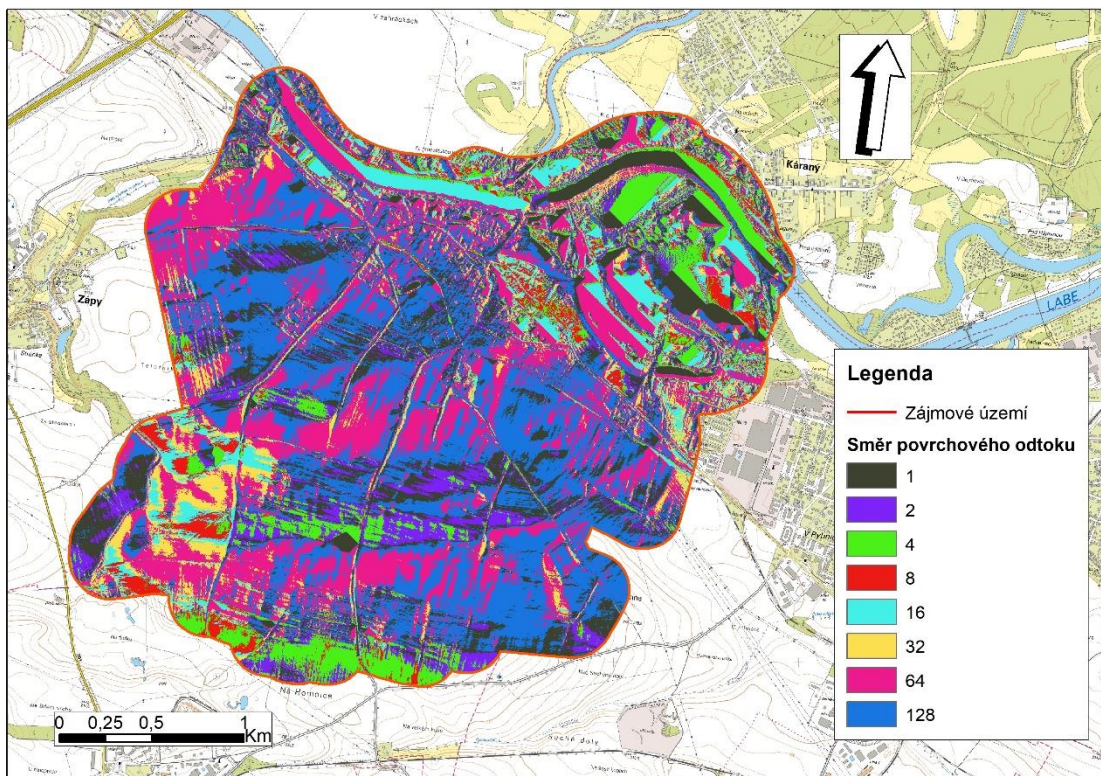
Při výpočtu topografického faktoru LS se vycházelo z rastru digitálního modelu terénu. Funkcí **SLOPE** se vytvořil rastr představující sklonitost terénu, hodnota ve stupních byla nastavena zvolením položky **DEGREE**.





Obr. č. 11: Rastr sklonitosti

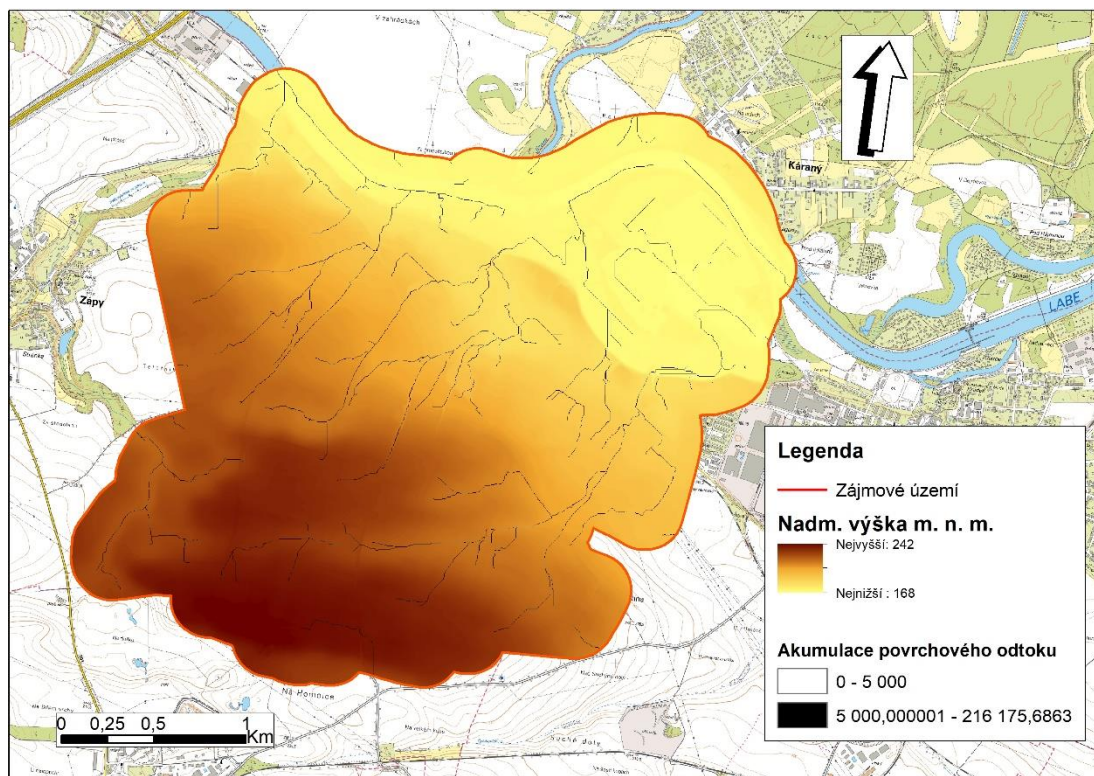
Dalším krokem bylo nutné zpracovat pomocí nástroje **FLOW DIRECTION** směr povrchového odtoku, při kterém se vypočítává odtok z každé buňky.



Obr. č. 12: Rastr směru povrchového odtoku



K vyjádření akumulace povrchového odtoku byl nástrojem **FLOW ACCUMULATION** vyhotoven rastr, při jehož výpočtu se hodnota buňky určí součtem všech buněk, které se do dané buňky vlévají. Hodnota buňky se nastavila na celé číslo zvolením typu **INTEGER**.



Obr. č. 13: Rastr akumulace povrchového odtoku

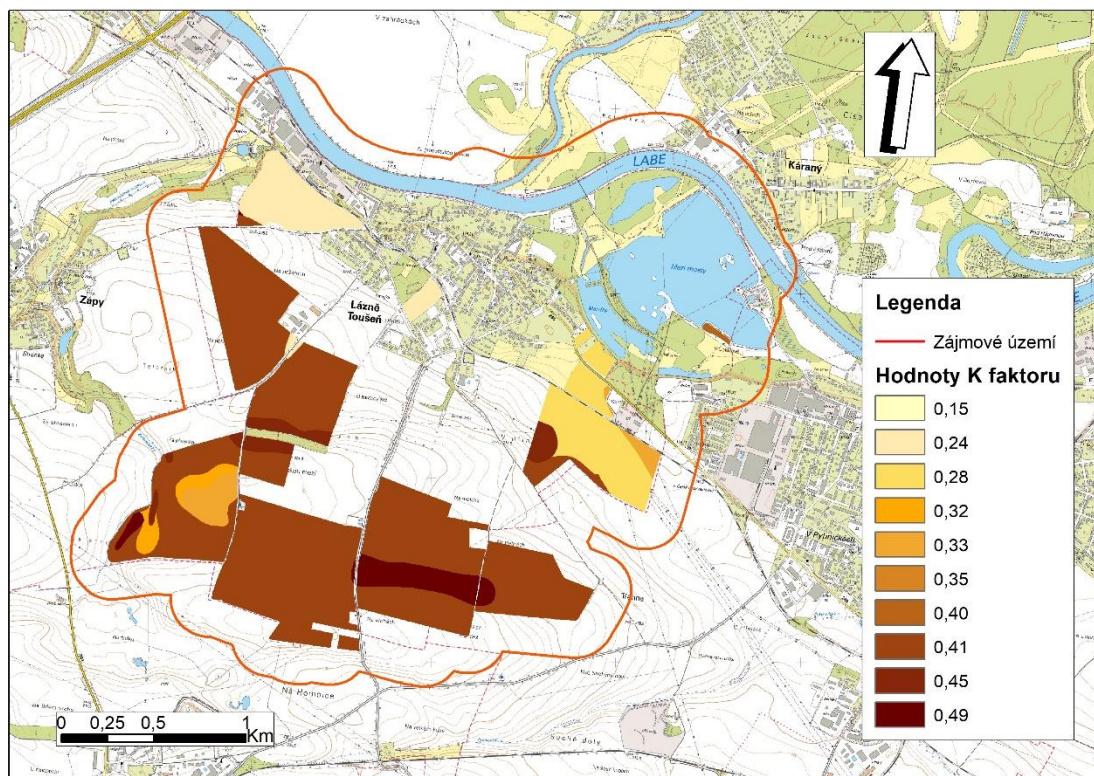
## 8.4 R faktor

K výpočtu rovnice USLE v prostředí ArcGIS posloužila doporučená hodnota R faktoru dle Janečka (2012) **40 MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>**.

## 8.5 K faktor

Ke zjištění hodnoty K faktoru na jednotlivých pozemcích byla použita metoda, která je založena na určení dle bonitovaných půdně ekologických jednotek. (Janeček, 2012).

Do programu Arcgis byla nahrána vektorová vrstva BPEJ, která se ořízla pomocí funkce **Clip**, dle polygonové vrstvy představující půdní bloky. Následně se z takto získané vrstvy zjistila z atributové tabulky hlavní půdní jednotka, zkráceně HPJ (ze 2. a 3. místa kódu BPEJ). V dalším kroku se v atributové tabulce vytvořil nový sloupec K\_faktor a dle zjištěných hodnot HPJ se přiřadila daná hodnota (dle tab. č. 6. v kapitole č. 13 Přílohy) V konečné fázi se výsledek převedl nástrojem **Feature to Raster** na výsledný rastr (obr. č. 14).



Obr. č. 14: Rastr hodnot K faktoru

## 8.6 LS faktor

LS faktor je vypočten rovnicí dle Mitášové (1996), která má následující tvar:

Rovnice č. 9: Vyjádření LS faktoru dle Mitášové (1996)

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

Kde:

A= plocha

s= sklon terénu

m, n= kalibrační koeficienty

22,13= délka standardního pozemku

0,0896= sklon standardního pozemku

K výpočtu faktoru LS v prostředí ArcGIS jsou potřebné rastry, které byly již dříve vytvořeny z digitálního modelu terénu, viz. kapitola 8.3 *digitální model terénu*. Jedná se o rastry sklonitosti a akumulace povrchového odtoku.

Upravená rovnice se dosadí ve funkci **Raster Calculator**.

ve tvaru:



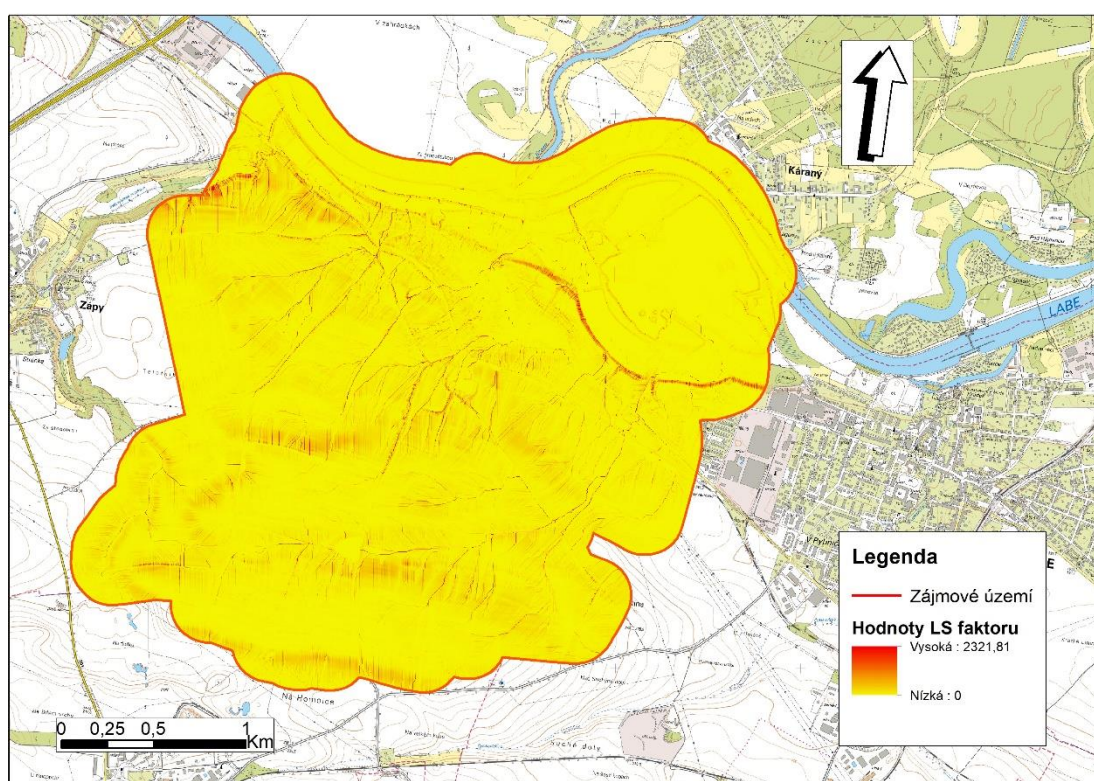
Rovnice č. 10: Upravená rovnice pro výpočet LS faktoru v prostředí ArcGIS

$$\text{Power}(\text{FlowAccumulation}^{2/22,13,0.56}) * \text{Power}(\text{Sin}(\text{Slope}^{0,01745}) / 0,0896, 1.3) * 1,56$$

Kde:

Flow Accumulation = rastr akumulace povrchového odtoku  
2 = velikost pixelu  
22,13 = délka standardního pozemku  
0.56 = kalibrační koeficient  
Slope = rastr sklonitosti pozemků  
0,0896 = sklon standardního pozemku  
1.3 = kalibrační koeficient

Výsledný rastr představující topografický faktor LS je vyobrazen na obr. č. 15.



Obr. č. 15 Topografický faktor LS

## 8.7 C faktor

Hodnoty faktoru C pro každý pozemek byly stanoveny na základě výpočtů z dodaných osevních postupů. Osevní postupy pro jednotlivé pozemky za 5ti leté období jsou uvedeny v tabulce č. 7, uvedené v kapitole č. 13 Přílohy. Z pěstovaných plodin zde mají zastoupení: *vojtěška, pšenice ozimá, jarní ječmen, kukuřice, ozimá řepka a cukrovka*.

Jednotlivé pěstované plodiny byly dle fenologických fází rozděleny do pěti období. Následně k období přiřazeny hodnoty C z tab. č. 2. z kapitoly 6.4 Faktor C.

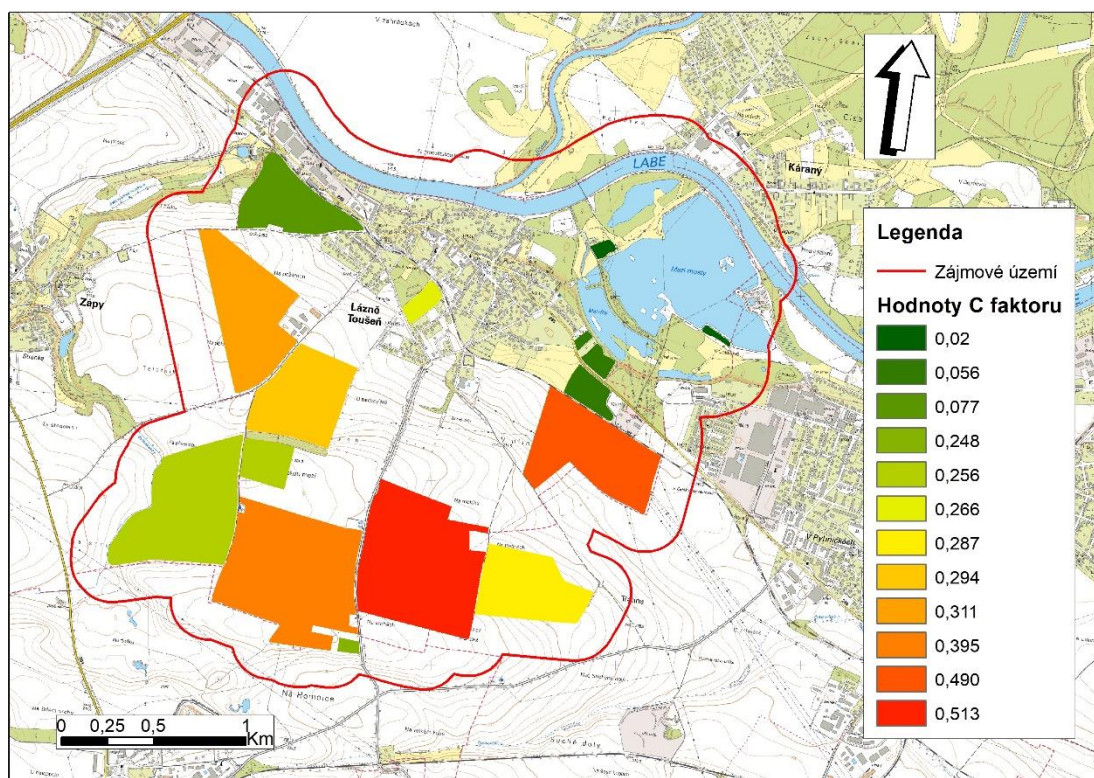


Tato období však netrvají vždy celý kalendářní měsíc, proto bylo nutné váhu hodnot C faktoru korigovat procentickým rozdělením R faktoru během roku (Podhrázská a Dufková, 2005).

Tedy se provedlo procentické rozdělení hodnot R faktoru (z tabulky č. 1 uvedené v kapitole 6.1 Faktor R) dle počtu dnů v kalendářním měsíci.

Vzniklá hodnota je roznásobena počtem dní u každého pěstebního období. Poté se tato hodnota  $R_i$  vynásobí s hodnotou  $C_i$ . Výsledná průměrná hodnota C faktoru pro každý půdní blok byla vypočtena pro 5ti leté období. Takto získané hodnoty pro každý půdní blok se vložily do atributové tabulky v programu ArcGIS, do vytvořeného sloupce s označením C\_faktor.

Nakonec se provedl převod na rastr nástrojem **Feature to raster**, vznikla rastrová vrstva obr. č. 16.



Obr. č. 16: Hodnoty faktoru C pro jednotlivé pozemky

## 8.8 P faktor

Při hodnocení eroze nebyly brány v potaz žádná protierozní opatření, proto byla hodnota P faktoru určena  $P=1$ .

## 8.9 Vyhodnocení míry erozního ohrožení

Ke konečnému vyhodnocení míry erozního ohrožení byly jednotlivé rastrové vrstvy představující faktory C, K a LS dosazeny společně s hodnotami faktorů R a P do **Raster Calculatoru** ve tvaru:

*Rovnice č. 11: Vyhodnocení míry erozního ohrožení v prostředí ArcGIS*

$$G = 40 * K * L * S * C * 1$$

Kde:

40= hodnota R faktoru – erozní účinnosti deště

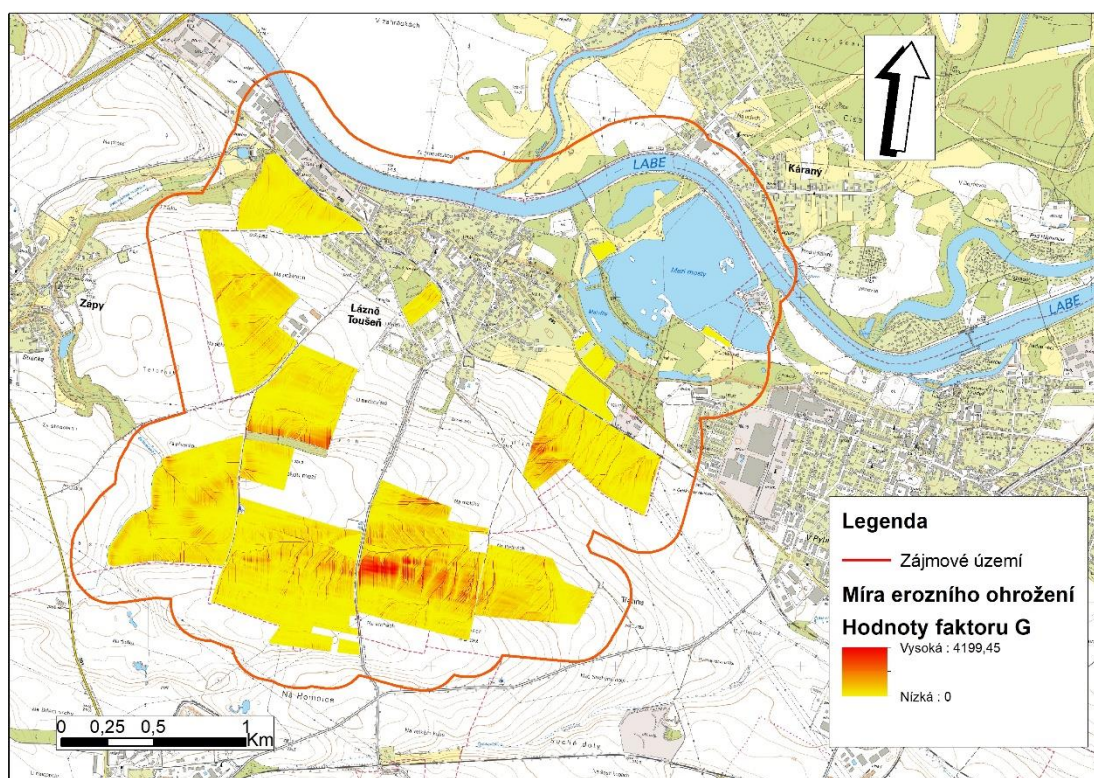
K= rastrová vrstva představující K faktor

LS= rastrová vrstva představující topografický faktor LS

C= rastrová vrstva představující faktor C, ochranný vliv vegetace

1= hodnota vyjadřující protierozní opatření – faktor P

Výpočtem se získala rastrová vrstva, udávající míru erozního ohrožení pro každou buňku (obr. č. 17).



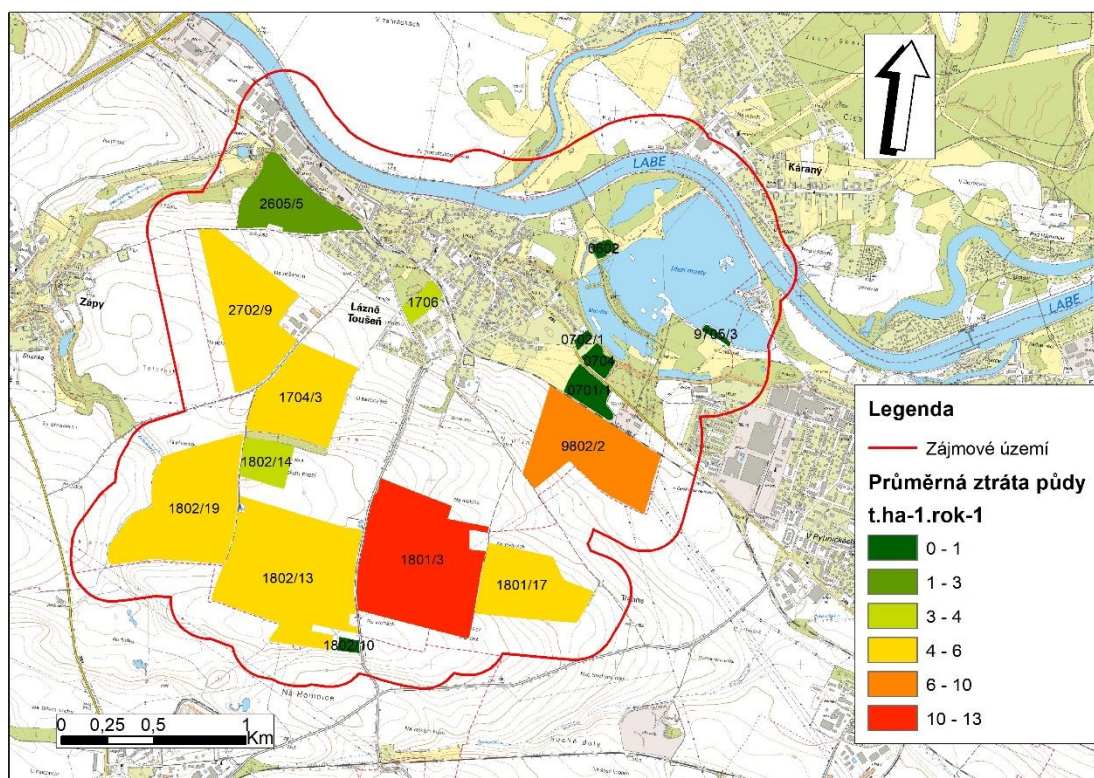
Obr. č. 17: Rastr hodnot faktoru G



Pro stanovení průměrné ztráty půdy vodní erozí pro jednotlivé půdní bloky se postupovalo následovně:

Pomocí nástroje **Zonal Statistic** se vybrala jako vstupní vrstva polygonová vrstva s vybranými pozemky. Dále se jako vstupní hodnota rastru použila rastrová vrstva Míry erozního ohrožení. Díky tomu byla vygenerována nová rastrová vrstva průměrné ztráty půdy vodní erozí pro každý půdní blok, v jednotkách t.ha-1.rok-1.

Konečný rozsah hodnoty průměrné ztráty vodní erozí je zobrazen na obr. č. 18.

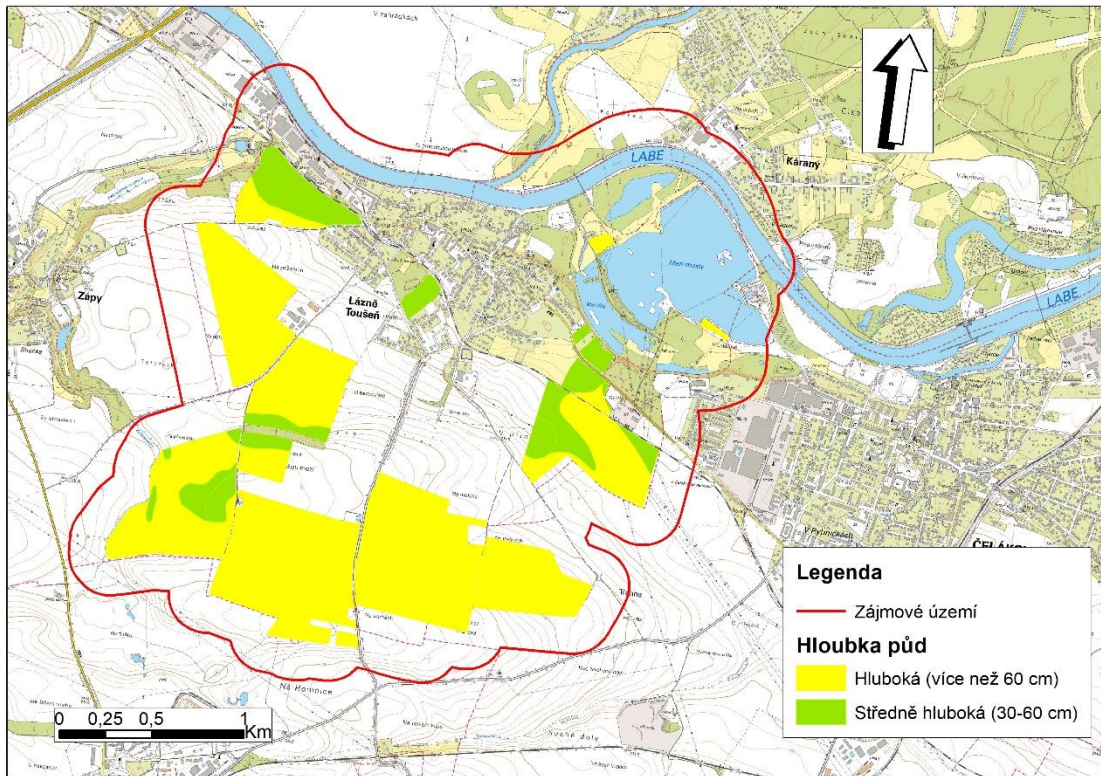


Obr. č. 18: Rastr průměrné ztráty půdy pro jednotlivé pozemky (t.ha-1.rok-1)

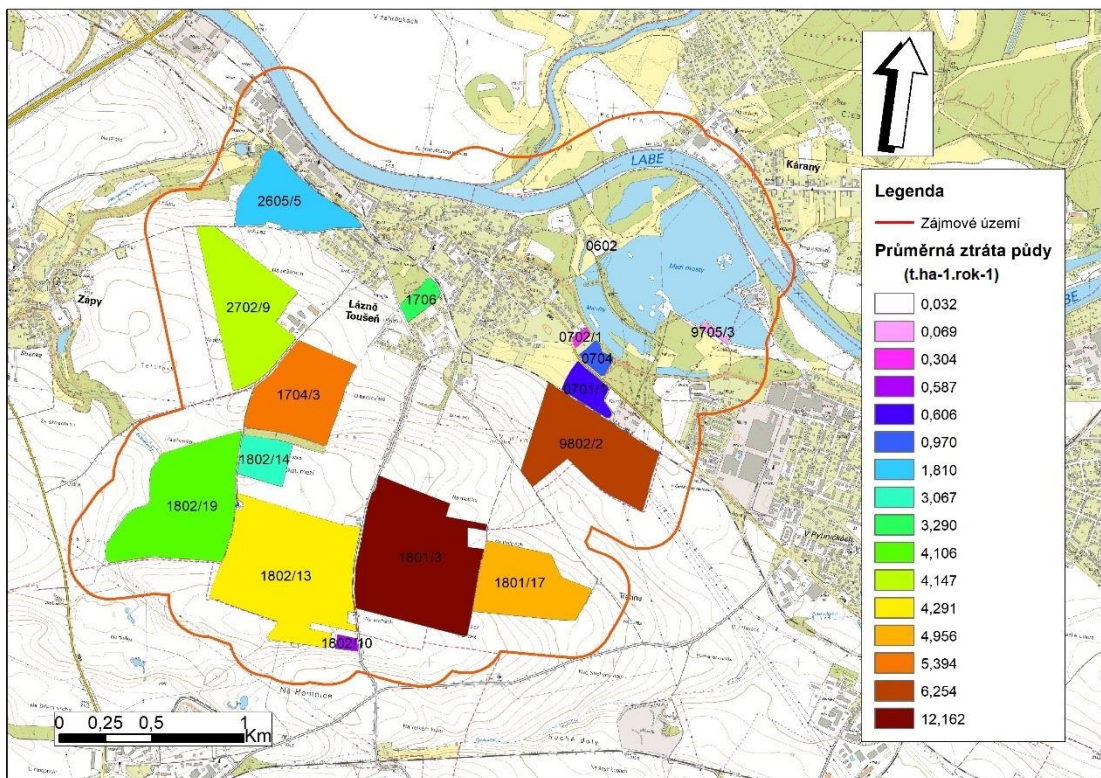
Ke zjištění hodnoty maximálně přípustné ztráty půdy se vycházelo z posledního čísla kódu BPEJ. Převážná část plochy pozemků má číslo 0, to znamená, že se půdy řadí do kategorií hlubokých více než 60cm, pro které je dle Janečka přípustná ztráta půdy 4 t/ha za rok (Janeček, 2012). Hloubky půd pro jednotlivé půdní bloky jsou vyobrazeny na obr. č. 19.

Vlček (2015) zmiňuje, že pokud se pohybuje ztráta půdy pod 1 t/ha za rok, pak se jedná o zanedbatelnou úroveň eroze. Naopak je-li v rozmezí 5-20 t/ha za rok na jakékoliv hluboké půdy, pak má značný dopad na vývoj půdy a také samotné krajiny.





Obr. č. 19: Hloubka půd



Obr. č. 20: Průměrná ztráta půdy pro jednotlivé půdní bloky

Skutečné hodnoty erodovatelnosti půdy pro vybrané pozemky:

Tab. č. 5: Průměrná ztráta půdy pro jednotlivé půdní bloky

Průměrná ztráta půdy	
Půdní blok	Míra eroze (t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> )
1706	3,290
0602	0,032
0701/1	0,606
0702/1	0,304
0704	0,970
1704/3	5,394
1801/17	4,956
1801/3	12,162
1802/13	4,291
1802/14	3,067
1802/19	4,106
2605/5	1,810
2702/9	4,147
9705/3	0,069
9802/2	6,254
1802/10	0,587

## 9 Diskuze

K určení míry erozního ohrožení zkoumaných pozemků byla použita metoda výpočtem pomocí Univerzální rovnice dlouhodobé ztráty půdy (USLE), sestavená dle Wischmeiera a Smithe (1978) v prostředí ArcGIS. Hlavní předností výpočtu rovnice USLE v gisovém prostředí je rychlost jejího výpočtu. Kvalita výstupu závisí na kvalitě zpracovaných vstupních dat a nastavených parametrech. Konkrétně bylo zkoumáno 16 půdních bloků obhospodařovaných společností Školní statek Středočeského kraje, středisko Lázně Toušeň.

Z dosažených výsledků vyplývá, že pokud se bude brát v potaz aktualizovaná přípustná ztráta vodní erozí dle Janečka (2012), která činí  $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ , pak je vodní erozí významně ohroženo 7 z 16 vybraných pozemků. Nejohroženější vodní erozí se jeví půdní blok č. 1801/3, u kterého vyšla průměrná ztráta půdy  $12,162 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . K této vysoké hodnotě přispívá několik faktorů: pozemek není v rovinném úseku, má velkou rozlohu a na zmírnění eroze ani nepřidává hodnota C faktoru. Byla zde totiž pěstována kukuřice a cukrovka.

Naproti tomu nejmenší průměrnou ztrátu půdy vodní erozí vykazují např. půdní bloky č. 0602 a č. 9705/3, u kterých je hodnota průměrné ztráty dokonce pod hranicí  $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . K tomuto výsledku hraje fakt, že tyto pozemky patří svou rozlohou k nejmenším a nacházejí se v rovině. K ochraně půdy před erozí také výrazně přispívá pěstovaná vojtěška, poskytující nejlepší možnou ochranu ornice.

Zajímavé může být srovnání LS faktoru půdního bloku č. 2605/5 s již jmenovaným nejohroženějším p. blokem č. 1801/3, ze kterého lze vyčíst podobné podmínky. Z toho by se daly předpokládat stejné problémy. Ve výsledku však jeho průměrná ztráta půdy dosahuje nízké hodnoty  $1,810 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . To je zapříčiněno jednak téměř o polovinu nižší hodnotou K faktoru, než má srovnávaný p. blok 1801/3 a také opět tím, že se v osevním postupu objevuje vojtěška.

Za zmínění stojí rozhraní půdních bloků č. 1802/14 a 1704/3, které je děleno pruhem lesa. Jde zrovna o místo s významným sklonem. Dá se tedy říci, že je tento pás lesa nápomocný ke zmírnění povrchového odtoku. Tento fakt však nebylo možné zanést do výsledků.

Do hodnocení nebyla zahrnuta žádná protierozní opatření, jejich zavedením lze docílit významného posílení ochrany půdy před erozí.

Dosažené výsledky je nutné brát orientačně, nikdy nelze s přesností předpovědět, jaké budou zrovna panovat srážkové podmínky. Mohou nastat extrémní přívalové srážky nebo také za celé roky nemusejí. Na druhou stranu je lépe být na rizika připraven a dělat pro předcházení eroze maximum.

## 10 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zpracování vyhodnocení míry erozního ohrožení pozemků, které obhospodařuje společnost Školní statek Středočeského kraje, středisko Lázně Toušeň. Dále popsat v teoretické části práce problematiku eroze, příčin a důsledků. K vyhodnocení posloužila rovnice USLE zpracovaná v geografickém informačním systému ArcGIS. Do výpočtu bylo zahrnuto celkem 16 půdních bloků. Zadáním vstupních dat do rovnice USLE v prostředí ArcGIS byla zjištěna průměrná ztráta půdy pro každý půdní blok. Z dosažených výsledků vyplynulo, že přípustné ztrátě půdy nevyhovuje 7 z 16 hodnocených pozemků. Nejohroženější vodní erozí vyšel pozemek č. 1801/3 s vysokou průměrnou ztrátou půdy  $12,162 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Jako nejméně ohrožené pozemky byly zjištěny pozemky č. 0602 a č. 9705/3 s velmi nízkými hodnotami průměrné ztráty  $0,032 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  a  $0,069 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ .

Z vyhodnocení rovnice USLE v ArcGISU bylo jednoduchým způsobem zjistitelné, že k větší míře eroze značně napomáhá sklonitost a rozloha pozemku. I při těchto faktorech lze významně erozi minimalizovat vhodným osevním postupem. Výsledky této bakalářské práce mohou posloužit společnosti Školní statek středočeského kraje pro lepší informovanost o náchylnosti zemědělských ploch vodní erozi a případně se zaměřit na zlepšení stavu ochrany před těmito vlivy.

Půda je cenným bohatstvím a vzhledem k dlouhé době její utváření jí musí být věnována dostatečná péče.

## 11 Soupis použité literatury

BOARDMAN J., POESEN J., 2006: Soil erosion in Europe. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 878 s.

BRTNICKÝ M., 2012: Degradace půdy v České republice. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Brno, 91 s.

BRTNICKÝ M., 2015: Půdní typy ČR. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 88 s.

CABLÍK J., JUVA K., 1963: Protierozní ochrana půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 324 s.

DIDEROT, 1999: Všeobecní encyklopedie Diderot. Labe. Diderot, Praha sv. 4., s. 283

DOSTÁL T. a kol., 2014: Využití dat a nástrojů GIS a simulačních modelů k navrhování TPEO, ČVUT a VÚMOP, v.v.i., Praha, 69 s.

HOLÝ M., 1994: Eroze a životní prostředí. ČVUT, Praha, 383 s.

HRADIL R., 2015: Půda zdravá, živá, úrodná, Hranice: Bioinstitut., Fabula, Olomouc, 273 s.

HŮLA J a kol., 2003: Agrotechnická protierozní opatření. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 48s.

JANEČEK M. a kol., 2007: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha, 76 s.

JANEČEK M. a kol., 2008: Základy erodologie. ČZU v Praze, Praha, 172 s.

JANEČEK M. a kol., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Certifikovaná metodika. ČZU – FŽP, Praha, 113 s.

KONEČNÁ J. a kol., 2018: Optimalizace ochrany vody a půdy v povodí vodních zdrojů. Metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Brno, 106 s.

KRÁLÍK J., 2009: Městys Lázně Toušeň: průvodce městysem, lázněmi a okolím, Čelákovice, 64 s.

MENŠÍK L., KINCL D., 2018: Pěstování kukuřice seté půdoochrannými technologiemi: příkladová studie Boskovická brázda a Středočeská pahorkatina. Výzkumný ústav rostlinné výroby ; Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 100s.

MITÁŠOVA H., a kol., 1996: Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. Int. Journal of Geographic Information Systems, Vol. 10, No. 5, s. 629 – 641



- NERUŠIL P., 2015: Využití minimalizačních a půdoochranných technologií pro snížení účinků vodní eroze na obdělávaných půdách. Certifikovaná metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 21 s.
- NOVOTNÝ I., a kol., 2014: Příručka ochrany proti vodní erozi. MZE, Praha, 73 s.
- PASÁK V., 1964: Ochrana půdy proti větrné erozi. Ústav vědeckotechnických informací MZLVH, Praha, 13 s.
- PODHRÁZSKÁ J., DUFKOVÁ J., 2005: Protierozní ochrana půdy. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 99 s.
- REJŠEK K., VÁCHA R., 2018: Nauka o půdě. Agriprint, s. r. o., Olomouc, 527 s.
- ŠÁMALOVÁ Z., TÁZLER J., 2010: Po řekách krajinou a časem: Putování řekami ve správě povodí Labe, státní podnik. Povodí Labe, státní podnik, Hradec Králové, 301 s.
- TOY, TERRENCE J., 2002: Soil erosion: processes, prediction, measurement and control. John Wiley & Sons, New York, 338 s.
- VAŠKŮ Z., 2012 Základní druhy průzkumů pro krajinné inženýrství, využití a ochranu krajiny. ČZU v Praze, Praha, 402 s
- VEJVODOVÁ A., 2018: Orná půda: informační materiál pro zemědělce. Ministerstvo zemědělství, Praha, 20 s.
- VLČEK V., 2015: Kvalita a zdraví půdy. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 136 s.
- VYHLÁŠKA Ministerstva zemědělství č. 227/2018 Sb o charakteristice bonitovaných půdně ekologických jednotek a postupu pro jejich vedení a aktualizaci
- WISCHMEIER W. H.; SMITH D. D., 1978: Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning [USA]. United States, Dept. of Agriculture., Agriculture handbook, USA, 58 s.
- ZÁHORA J., 2015: Půda, místo pro život. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 108 s.
- ZACHAR D., 1960: Erózia pôdy. Vydavateľstvo slovenskej akadémie vied, Bratislava, 307 s.
- Online zdroje:**
- ČSU - Český statistický úřad, ©2019: Počet obyvatel v obcích ke dni 1.1. 2019 (online) [cit. 2019-12-12], dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-za0wri436p>>.
- Eroze, ©2020: Vodní eroze - proudová (online) [cit. 2020-14-03], dostupné z <<http://eroze.sweb.cz/formy.htm#proudova>>.
- Národní portál INSPIRE, ©2020: Geomorfologická mapa ČR (online) [cit. 2020-7-01], dostupné z <<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map?openNode=Geology&keywordList=inspire>>.

Oficiální stránky Městysu Lázní Toušeň, ©1999-2019: Městys v číslech (online) [cit. 2020-2-10], dostupné z <<https://www.laznetousen.cz/view.php?navezclanku=mestys-v-cislech&cislocclanku=2004010007>>.

Oficiální stránky Školního statku Středočeského kraje, 2019: Úvod (online) [cit. 2019-12-12], dostupné z <<http://skolnistatek.cz/>>.

pla.cz - oficiální stránky Povodí Labe, 2020: Základní údaje o povodí (online) [cit. 2020-16-02], dostupné z <[http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/cs/obsah/zakladni-udaje-o-povodi\\_475.html](http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/cs/obsah/zakladni-udaje-o-povodi_475.html) >.

MŽP - Ministerstvo životního prostředí, ©2008-2019: Definice půdy (online) [cit. 2020-13-01], dostupné z <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice\\_pudy/\\$FILE/OOHPP-Definice\\_pudy-20080820.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf)>.

Strany potápěčské, ©2020: Lázně Toušeň – jezero Mezi Mosty (online) [cit. 2020-14-03], dostupné z <<http://www.stranypotapecske.cz/lokality/lokaldet.asp?lok=89>>.

LPIS - Veřejný registr půdy, ©2019-2020: Online: dostupné z <<http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>>.

VÚMOP, ©2020: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Klimatické podmínky a půdní typy (online) [cit. 2020-13-01], dostupné z <<https://mapy.vumop.cz/>>.

# 12 Soupis obrázků, rovnic a tabulek

## Rovnice

Rovnice č. 1: Intenzita plošného odtoku .....	12
Rovnice č. 2: Univerzální rovnice ztráty půdy ( $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ) .....	17
Rovnice č. 3: Vyjádření faktoru R ( $MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$ ) .....	18
Rovnice č. 4: Vyjádření celkové kinetické energie deště ( $J \cdot m^{-2}$ ) .....	18
Rovnice č. 5: Výpočet K faktoru .....	20
Rovnice č. 6: Vyjádření topografického faktoru pro přímý svah .....	20
Rovnice č. 7: Vyjádření L faktoru dle Wischmeiera a Smithe .....	21
Rovnice č. 8: Vyjádření hodnoty sklonu svahu dle Renarda .....	21
Rovnice č. 9: Vyjádření LS faktoru dle Mitášové (1996) .....	39
Rovnice č. 10: Upravená rovnice pro výpočet LS faktoru v prostředí ArcGIS .....	40
Rovnice č. 11: Vyhodnocení míry erozního ohrožení v prostředí ArcGIS .....	42

## Tabulky

Tab. č. 1: Průměrné rozdělení faktoru R přívalemých dešťů do měsíců vegetačního období v ČR (Janeček, 2012) .....	19
Tab. č. 2: Hodnoty faktoru C vegetačního krytu a agrotechniky (Podhrázská a Dufková, 2005) .....	23
Tab. č. 3: Hodnoty faktoru P - protierozní opatření (Podhrázská a Dufková, 2005) .....	24
Tab. č. 4: Přípustná ztráta půdy dle hloubky půdy (Janeček, 2012) .....	25
Tab. č. 5: Průměrná ztráta půdy pro jednotlivé půdní bloky .....	45
Tab. č. 6: Určení hodnoty K faktoru dle hodnoty HPJ (Janeček, 2012) .....	53
Tab. č. 7: Seznam pěstovaných plodin na jednotlivých půd. blocích za 5ti leté období .....	54
Tab. č. 8: Výpočet C faktoru pro kukuřici .....	55
Tab. č. 9: Výpočet C faktoru pro jarní ječmen v osev. postupu po kukuřici .....	55
Tab. č. 10: Výpočet C faktoru vojtěšky .....	56
Tab. č. 11: Výpočet C faktoru ozimé pšenice v osev. postupu po jetelovinách .....	56
Tab. č. 12: Výpočet C faktoru pro pšenici ozimou v osev. postupu po obilninách .....	57
Tab. č. 13: Výpočet C faktoru pro pšenici ozimou v osev. postupu po kukuřici .....	57
Tab. č. 14: Výpočet C faktoru pro cukrovku .....	58
Tab. č. 15: Výpočet C faktoru pro ozimou řepku v osev. postupu po obilninách .....	59
Tab. č. 16: Výpočet C faktoru pro jarní ječmen v osev. postupu po obilninách .....	60

## Obrázky

Obr. č. 1: Potenciální ohroženost větrnou erozí (online) [cit. 2020.14.06], dostupné z < <a href="http://www.vumop.cz/sites/default/files/2016_katalogMap.pdf">http://www.vumop.cz/sites/default/files/2016_katalogMap.pdf</a> >. ....	8
Obr. č. 2: Potenciální ohroženost zemědělské půdy. (online) [cit. 2020.14.06], dostupné z < <a href="http://www.vumop.cz/sites/default/files/2016_katalogMap.pdf">http://www.vumop.cz/sites/default/files/2016_katalogMap.pdf</a> >. ....	10
Obr. č. 3: Nomogram pro stavení K faktoru (Janeček a kol., 2012) .....	19
Obr. č. 4: Heraldický znak městyse ( <a href="http://www.laznetousen.cz">www.laznetousen.cz</a> ) .....	26
Obr. č. 5: zájmové území, zdrojová data: mapa ZM10 (ČÚZK), p. bloky (LPIS), v. toky ( <a href="http://www.dibavod.cz">www.dibavod.cz</a> ), Land_cover_JTSK (ČÚZK) .....	26
Obr. č. 6: Krajinový pokryv, zdrojová data: (Corine Land Cover 2012 <a href="http://www.geoportal.gov.cz">www.geoportal.gov.cz</a> ), mapa ZM10 (ČÚZK) .....	30
Obr. č. 7: Geomorfologické poměry ( <a href="http://www.geoportal.gov.cz">www.geoportal.gov.cz</a> ) .....	31
Obr. č. 8: Půdní typy, zdrojová data: ( <a href="http://geoportal.gov.cz">geoportal.gov.cz</a> ), upraveno dle (mapy.vumop.cz, 2020), mapa ZM10 (ČÚZK) .....	32
Obr. č. 9: hydrologické podmínky, zdroj. data: ( <a href="http://www.dibavod.cz">www.dibavod.cz</a> ), mapa ZM10 (ČÚZK), p. bloky (LPIS) .....	33

Obr. č. 10: Digitální model terénu – Data: DMR4G (ČÚZK), vod. toky (www.dibavod.cz) ....	36
Obr. č. 11: Rastr sklonitosti .....	37
Obr. č. 12: Rastr směru povrchového odtoku .....	37
Obr. č. 13: Rastr akumulace povrchového odtoku.....	38
Obr. č. 14: Rastr hodnot K faktoru .....	39
Obr. č. 15 Topografický faktor LS .....	40
Obr. č. 16: Hodnoty faktoru C pro jednotlivé pozemky .....	41
Obr. č. 17: Rastr hodnot faktoru G.....	42
Obr. č. 18: Rastr průměrné ztráty půdy pro jednotlivé pozemky (t.ha-1.rok-1).....	43
Obr. č. 19: Hloubka půd .....	44
Obr. č. 20: Průměrná ztráta půdy pro jednotlivé půdní bloky.....	44
Obr. č. 21: Pozemek č. 9802.....	61
Obr. č. 22: Pozemek č. 0701/1 .....	61
Obr. č. 23: Pozemek č. 1704/3 .....	61
Obr. č. 24: Pozemek č. 0602.....	62
Obr. č. 25: Pozemek č. 1706.....	62
Obr. č. 26: Pozemek č. 1802/13 .....	62
Obr. č. 27: Pozemek č. 1801/3 .....	63
Obr. č. 28: Pozemek č. 2605/5 .....	63
Obr. č. 29: Pozemek č. 2702/9 .....	63
Obr. č. 30: Pozemek č. 1802/14 .....	64
Obr. č. 31: Pozemek č. 9705/3 .....	64
Obr. č. 32: Pozemek č. 0702/1 .....	64
Obr. č. 33: Pozemek č. 0704.....	65
Obr. č. 34: Pozemek č. 1802/19 .....	65
Obr. č. 35: Pozemek č. 1802/10 .....	65

## 13 Přílohy

Tab. č. 6: Určení hodnoty K faktoru dle hodnoty HPJ (Janeček, 2012)

HPJ	Hodnota K faktoru	HPJ	Hodnota K faktoru
1	0,41	40	0,24
2	0,46	41	0,33
3	0,35	42	0,56
4	0,16	43	0,58
5	0,28	44	0,56
6	0,32	45	0,54
7	0,26	46	0,47
8	0,49	47	0,43
9	0,6	48	0,41
10	0,53	49	0,35
11	0,52	50	0,33
12	0,5	51	0,26
13	0,54	52	0,37
14	0,59	53	0,38
15	0,51	54	0,4
16	0,51	55	0,25
17	0,4	56	0,4
18	0,24	57	0,45
19	0,33	58	0,42
20	0,28	59	0,35
21	0,15	60	0,31
22	0,24	61	0,32
23	0,25	62	0,35
24	0,38	63	0,31
25	0,45	64	0,4
26	0,41	65	nedostatek dat
27	0,34	66	nedostatek dat
28	0,29	67	0,44
29	0,32	68	0,49
30	0,23	69	nedostatek dat
31	0,16	70	0,41
32	0,19	71	0,47
33	0,31	72	0,48
34	0,26	73	0,48
35	0,36	74	nedostatek dat
36	0,26	75	nedostatek dat
37	0,16	76	nedostatek dat
38	0,31	77	nedostatek dat
39	nedostatek dat	78	nedostatek dat

Tab. č. 7: Seznam pěstovaných plodin na jednotlivých půd. blocích za 5ti leté období

Půdní blok	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2702/9	Jarní Ječmen	Ozimá Řepka	Ozimá Pšenice	Cukrovka Jarní Ječmen	Ozimá Řepka Kukuřice	Ozimá Pšenice
1802/13	Jarní Ječmen Cukrovka	Ozimá Pšenice Jarní Ječmen	Ozimá Řepka Kukuřice Cukrovka	Ozimá Pšenice Jarní Ječmen	Cukrovka Kukuřice Ozimá Řepka	Jarní Ječmen Ozimá Pšenice Kukuřice
1803/10	Jarní Ječmen	Ozimá Pšenice	Kukuřice	Jarní Ječmen	Ozimá Řepka	Jarní Ječmen
9705/3	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška
1801/3	Ozimá Pšenice	Cukrovka Jarní Ječmen	Jarní Ječmen	Kukuřice Ozimá Pšenice	Jarní Ječmen	Ozimá Pšenice Cukrovka
1801/17	Ozimá Řepka	Ozimá Pšenice	Cukrovka	Jarní Ječmen	Ozimá Pšenice	Jarní Ječmen
1706	Ozimá Pšenice	Jarní Ječmen	Kukuřice	Jarní Ječmen	Ozimá Pšenice	Jarní Ječmen
1802/14	Ozimá Řepka	Kukuřice	Jarní Ječmen	Ozimá Pšenice	Vojtěška	Vojtěška
1704/3	Jarní Pšenice	Kukuřice	Jarní Ječmen	Cukrovka Jarní Ječmen	Ozimá Pšenice	Ozimá Řepka Vojtěška
0602	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška
9802/2	Jarní Ječmen Ozimá Pšenice	Jarní Pšenice Jarní Ječmen	Ozimá Pšenice Kukuřice	Jarní Ječmen Ozimá Pšenice	Jarní Ječmen	Ozimá Pšenice Kukuřice
2605/5	Vojtěška Jarní Ječmen	Vojtěška Ozimá Pšenice	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška Ozimá Pšenice	Vojtěška, Ozimá Pšenice, Jarní Ječmen
1802/19	Vojtěška Kukuřice	Vojtěška Ozimá Pšenice	Vojtěška Ozimá Pšenice	Ozimá Pšenice Kukuřice	Ozimá Pšenice	Ozimá Řepka Jarní Ječmen
0701/1	Ozimá Pšenice	Ozimá Pšenice	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška
0704	Ozimá Pšenice	Ozimá Pšenice	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška
0702/1	Ozimá Pšenice	Ozimá Pšenice	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška	Vojtěška

## 13.1.1 Výpočty C faktoru

Tab. č. 8: Výpočet C faktoru pro kukuřici

Plodina	Pěstební období	Trvání období	Počet dní	Rden%	Ci	Ri	Ci x Ri
kukuřice (sláma předplodiny sklizená, setí do zorané půdy)	1	1.4-16.4	16	0,0167	0,7	0,0027	0,0019
	2	17.4-30.4	14	0,0167	0,9	0,0023	0,0021
		1.5-20.5	20	0,2333	0,9	0,0467	0,0420
	3	21.5-31.5	11	0,2258	0,7	0,0248	0,0174
		1.6-21.6	21	0,8933	0,7	0,1876	0,1313
	4	22.6-30.6	9	0,8933	0,35	0,0804	0,0281
		1.7-31.7	31	1,0387	0,35	0,3220	0,1127
		1.8-31.8	31	1,0032	0,35	0,3110	0,1089
		1.9-3-9	4	0,0667	0,35	0,0027	0,0009
	5s	4.9-30.9	27	0,0667	0,7	0,0180	0,0126
		1.10-31.10	31	0,0129	0,7	0,0040	0,0028
		1.11-30.11	30	0,0000	0,7	0,0000	0,0000
		1.12-31.12	31	0,0000	0,7	0,0000	0,0000
		1.1-31.1	31	0,0000	0,7	0,0000	0,0000
		1.2-29.2	29	0,0000	0,7	0,0000	0,0000
1.3-21.3		21	0,0000	0,7	0,0000	0,0000	
Výsledná hodnota C faktoru pro kukuřici							0,4607

Tab. č. 9: Výpočet C faktoru pro jarní ječmen v osevní postupu po kukuřici

Plodina	Pěstební období	Trvání období	Počet dní	Rden%	Ci	Ri	Ci x Ri
jarní ječmen (v osevním postupu po kukuřici, setí do zorané půdy)	1	22.3-27.3	6	0,0000	0,7	0,0000	0,0000
	2	28.3-31.3	4	0,0000	0,75	0,0000	0,0000
		1.4-30.4	30	0,0333	0,75	0,0100	0,0075
		1.5-7.5	7	0,3667	0,75	0,0257	0,0193
	3	8.5-31.5	24	0,3548	0,5	0,0852	0,0426
		1.6-10.6	10	0,7333	0,5	0,0733	0,0367
	4	11.6-30.6	20	0,7333	0,08	0,1467	0,0117
		1.7-21.7	21	0,9677	0,08	0,2032	0,0163
	5s	22.7-31.7	10	0,9677	0,025	0,0968	0,0024
		1.8-31.8	31	0,8387	0,025	0,2600	0,0065
		1.9-9.9	9	0,2667	0,025	0,0240	0,0006
Výsledná hodnota C faktoru pro ječmen jarní							0,1435

Tab. č. 10: Výpočet C faktoru vojtěšky

Plodina	Pěstební období	Trvání období	Počet dní	Rden%	Ci	Ri	Ci x Ri
Vojtěška		1.4-30.4	30	0,0167	0,02	0,0050	0,0001
		1.5-31.5	31	0,2258	0,02	0,0700	0,0014
		1.6-30.6	30	0,8933	0,02	0,2680	0,0054
		1.7-31.7	31	1,0387	0,02	0,3220	0,0064
		1.8-31.8	31	1,0032	0,02	0,3110	0,0062
		1.9-30.9	30	0,0667	0,02	0,0200	0,0004
		1.10-31.10	31	0,0129	0,02	0,0040	0,0001
Výsledná hodnota C faktoru pro vojtěšku							0,0200

Tab. č. 11: Výpočet C faktoru ozimé pšenice v osev. postupu po jetelovinách

Plodina	Pěstební období	Trvání období	Počet dní	Rden%	Ci	Ri	Ci x Ri
ozimá pšenice (v osevním postupu jetelovinách, setí do zorané půdy)	1	10.9-24.9	15	0,2667	0,5	0,0400	0,0200
	2	25.9-30.9	6	0,2667	0,55	0,0160	0,0088
		1.10-5.10	5	0,0645	0,55	0,0032	0,0018
	3	6.10-30.10	25	0,0645	0,3	0,0161	0,0048
		1.11-30.11	30	0,0000	0,3	0,0000	0,0000
		1.12-31.12	31	0,0000	0,3	0,0000	0,0000
		1.1-31.1	31	0,0000	0,3	0,0000	0,0000
		1.2-29.2	29	0,0000	0,3	0,0000	0,0000
		1.3-31.3	31	0,0000	0,3	0,0000	0,0000
		1.4-30.4	30	0,0333	0,3	0,0100	0,0030
	4	1.5-31.5	31	0,3548	0,05	0,1100	0,0055
		1.6-30.6	30	0,7333	0,05	0,2200	0,0110
		1.7-24.7	24	0,9677	0,05	0,2323	0,0116
	5s	25.7-31.7	7	0,9677	0,2	0,0677	0,0135
		1.8-31.8	31	0,8387	0,2	0,2600	0,0520
		1.9-30.9	30	0,2667	0,2	0,0800	0,0160
		1.10-30.10	30	0,0645	0,2	0,0194	0,0039
		1.11-30.11	30	0,0000	0,2	0,0000	0,0000
		1.12-31.12	31	0,0000	0,2	0,0000	0,0000
		1.1-31.1	31	0,0000	0,2	0,0000	0,0000
		1.2-29.2	29	0,0000	0,2	0,0000	0,0000
		1.3-31.3	31	0,0000	0,2	0,0000	0,0000
	Výsledná hodnota C faktoru pro ozimou pšenici						



Tab. č. 12: Výpočet C faktoru pro pšenici ozimou v osev. postupu po obilninách

Plodina	Pěstební období	Trvání období	Počet dní	Rden%	Ci	Ri	Ci x Ri
ozimá pšenice (v osevním postupu po obilninách, setí do zorané půdy)	1	10.9-24.9	15	0,0667	0,65	0,0100	0,0065
	2	25.9-30.9	6	0,0667	0,7	0,0040	0,0028
		1.10-5.10	5	0,0129	0,7	0,0006	0,0005
	3	6.10-30.10	25	0,0129	0,45	0,0032	0,0015
		1.11-30.11	30	0,0000	0,45	0,0000	0,0000
		1.12-31.12	31	0,0000	0,45	0,0000	0,0000
		1.1-31.1	31	0,0000	0,45	0,0000	0,0000
		1.2-29.2	29	0,0000	0,45	0,0000	0,0000
		1.3-31.3	31	0,0000	0,45	0,0000	0,0000
		1.4-30.4	30	0,0167	0,45	0,0050	0,0023
		1.5-31.5	31	0,2258	0,08	0,0700	0,0056
	4	1.6-30.6	30	0,8933	0,08	0,2680	0,0214
		1.7-24.7	24	1,0387	0,08	0,2493	0,0199
		25.7-31.7	7	1,0387	0,25	0,0727	0,0182
	5s	1.8-31.8	31	1,0032	0,25	0,3110	0,0778
		1.9-30.9	30	0,0667	0,25	0,0200	0,0050
		1.10-30.10	30	0,0129	0,25	0,0039	0,0010
		1.11-30.11	30	0,0000	0,25	0,0000	0,0000
		1.12-31.12	31	0,0000	0,25	0,0000	0,0000
		1.1-31.1	31	0,0000	0,25	0,0000	0,0000
1.2-29.2		29	0,0000	0,25	0,0000	0,0000	
1.3-24.3		24	0,0000	0,25	0,0000	0,0000	
Výsledná hodnota C faktoru pro pšenici ozimou							0,1623

Tab. č. 13: Výpočet C faktoru pro pšenici ozimou v osev. postupu po kukuřici

Plodina	Pěstební období	Trvání období	Počet dní	Rden%	Ci	Ri	Ci x Ri
ozimá pšenice (v osevním postupu po kukuřici, setí do zorané půdy)	1	11.9-24.9	15	0,2667	0,7	0,0400	0,0280
	2	25.9-30.9	6	0,2667	0,75	0,0160	0,0120
		1.10-5.10	5	0,0645	0,75	0,0032	0,0024
	3	6.10-30.10	25	0,0645	0,5	0,0161	0,0081
		1.11-30.11	30	0,0000	0,5	0,0000	0,0000
		1.12-31.12	31	0,0000	0,5	0,0000	0,0000
		1.1-31.1	31	0,0000	0,5	0,0000	0,0000

		1.2-29.2	29	0,0000	0,5	0,0000	0,0000
		1.3-31.3	31	0,0000	0,5	0,0000	0,0000
		1.4-30.4	30	0,0333	0,5	0,0100	0,0050
	4	1.5-31.5	31	0,3548	0,08	0,1100	0,0088
		1.6-30.6	30	0,7333	0,08	0,2200	0,0176
		1.7-24.7	24	0,9677	0,08	0,2323	0,0186
	5s	25.7-31.7	7	0,9677	0,25	0,0677	0,0169
		1.8-31.8	31	0,8387	0,25	0,2600	0,0650
		1.9-30.9	30	0,2667	0,25	0,0800	0,0200
		1.10-30.10	30	0,0645	0,25	0,0194	0,0048
		1.11-30.11	30	0,0000	0,25	0,0000	0,0000
		1.12-31.12	31	0,0000	0,25	0,0000	0,0000
		1.1-31.1	31	0,0000	0,25	0,0000	0,0000
		1.2-29.2	29	0,0000	0,25	0,0000	0,0000
		1.3-24.3	24	0,0000	0,25	0,0000	0,0000
Výsledná hodnota C faktoru pro ozimou pšenici							0,2072

Tab. č. 14: Výpočet C faktoru pro cukrovku

Plodina	Pěstební období	Trvání období	Počet dní	Rden%	Ci	Ri	Ci x Ri
Cukrovka	1	1.4.-14.4.	14	0,0167	0,65	0,0023	0,0015
	2	15.4.-30.4.	16	0,0167	0,8	0,0027	0,0021
		1.5.-15.5.	15	0,2258	0,8	0,0339	0,0271
	3	16.5.-31.5.	16	0,2258	0,65	0,0361	0,0235
		1.6.-30.6.	30	0,8933	0,65	0,2680	0,1742
		1.7.-31.7.	31	1,0387	0,65	0,3220	0,2093
	4	1.8.-31.8.	31	1,0032	0,3	0,3110	0,0933
		1.9.-30.9.	30	0,0667	0,3	0,0200	0,0060
		1.10.-4.10.	5	0,0129	0,3	0,0006	0,0002
	5s	5.10.-30.10.	26	0,0129	0,7	0,0034	0,0023
		1.11-30.11	30	0	0,7	0,0000	0,0000
		1.12.-31.12.	31	0	0,7	0,0000	0,0000
		1.1-31.1.	31	0	0,7	0,0000	0,0000
		1.2.-29.2.	29	0	0,7	0,0000	0,0000
		1.3.-24.3.	24	0	0,7	0,0000	0,0000
	Výsledná hodnota C faktoru pro cukrovku						

Tab. č. 15: Výpočet C faktoru pro ozimou řepku v osev. postupu po obilninách

Plodina	Pěstební období	Trvání období	Počet dní	Rden%	Ci	Ri	Ci x Ri	
Ozimá řepka (setí do zorané půdy po obilninách)	1	1.8-16.8	16	1,0032	0,65	0,1605	0,1043	
	2	17.8-31.8	15	1,0032	0,7	0,1505	0,1053	
		1.9-13.9	13	0,0667	0,7	0,0087	0,0061	
	3	14.09-31.9	18	0,0667	0,45	0,0120	0,0054	
		1.10-15.10	15	0,0129	0,45	0,0019	0,0009	
	4	16.10-30.10	15	0,0129	0,08	0,0019	0,0002	
		1.11-30.11	30	0,0000	0,08	0,0000	0,0000	
		1.12.31.12	31	0,0000	0,08	0,0000	0,0000	
		1.1-31.1	31	0,0000	0,08	0,0000	0,0000	
		1.2-29.2	29	0,0000	0,08	0,0000	0,0000	
		1.3-31.3	31	0,0000	0,08	0,0000	0,0000	
		1.4-30.4	30	0,0167	0,08	0,0050	0,0004	
		1.5-31.5	31	0,2258	0,08	0,0700	0,0056	
		1.6-30.6	30	0,8933	0,08	0,2680	0,0214	
		1.7-9.7	9	1,0387	0,08	0,0935	0,0075	
	5p	10.7-31.7	22	1,0387	0,04	0,2285	0,0091	
		1.8-31.8	31	1,0032	0,04	0,3110	0,0124	
		1.9-30.9	30	0,0667	0,04	0,0200	0,0008	
		1.10-30.10	30	0,0129	0,04	0,0039	0,0002	
		1.11-30.11	30	0,0000	0,04	0,0000	0,0000	
		1.12-31.12	31	0	0,04	0,0000	0,0000	
		1.1-31.1	31	0	0,04	0,0000	0,0000	
		1.2-29.2	29	0	0,04	0,0000	0,0000	
		1.3-14.3	14	0	0,04	0,0000	0,0000	
		Výsledná hodnota C faktoru pro řepku ozimou						

Tab. č. 16: Výpočet C faktoru pro jarní ječmen v osev. postupu po obilninách

Plodina	Pěstební období	Trvání období	Počet dní	Rden%	Ci	Ri	Ci x Ri
jarní ječmen (v osevním postupu po obilninách, setí do zorané půdy)	1	24.3-28.3	5	0,0000	0,65	0,0000	0,0000
	2	29.3-31.3	3	0,0000	0,7	0,0000	0,0000
		1.4.-30.4	30	0,0333	0,7	0,0100	0,0070
		1.5-10.5	10	0,3548	0,7	0,0355	0,0248
	3	11.5-31.5	21	0,3548	0,45	0,0745	0,0335
		1.6-11.6	12	0,7333	0,45	0,0880	0,0396
	4	12.6-30.6	19	0,7333	0,08	0,1393	0,0111
		1.7-21.7	21	0,9677	0,08	0,2032	0,0163
	5s	22.7-31.7	10	0,9677	0,25	0,0968	0,0242
		1.8-31.8	31	0,8387	0,25	0,2600	0,0650
		1.9-30.9	30	0,2667	0,25	0,0800	0,0200
		1.10-31.10	31	0,0645	0,25	0,0200	0,0050
		1.11-30.11	30	0,0000	0,25	0,0000	0,0000
		1.12-31.12	31	0,0000	0,25	0,0000	0,0000
		1.1-31.1	31	0,0000	0,25	0,0000	0,0000
		1.2-29.2	29	0,0000	0,25	0,0000	0,0000
1.3-31.3		31	0,0000	0,25	0,0000	0,0000	
Výsledná hodnota C faktoru pro ječmen jarní							0,2466

## 13.1.2 Fotodokumentace



*Obr. č. 21: Pozemek č. 9802*



*Obr. č. 22: Pozemek č. 0701/1*



*Obr. č. 23: Pozemek č. 1704/3*





*Obr. č. 24: Pozemek č. 0602*



*Obr. č. 25: Pozemek č. 1706*



*Obr. č. 26: Pozemek č. 1802/13*





*Obr. č. 27: Pozemek č. 1801/3*



*Obr. č. 28: Pozemek č. 2605/5*



*Obr. č. 29: Pozemek č. 2702/9*





*Obr. č. 30: Pozemek č. 1802/14*



*Obr. č. 31: Pozemek č. 9705/3*



*Obr. č. 32: Pozemek č. 0702/1*





*Obr. č. 33: Pozemek č. 0704*



*Obr. č. 34: Pozemek č. 1802/19*



*Obr. č. 35: Pozemek č. 1802/10*