ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA PLÁNOVÁNÍ KRAJINY A SÍDEL

Návrh komplexního systému protierozních opatření zemědělských ploch společnosti Školní statek Středočeského kraje, středisko Lázně Toušeň

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jan Petrů

Diplomant: Bc. Jiří Zvelebil

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jiří Zvelebil

Regionální environmentální správa

Název práce

Návrh komplexního systému protierozních opatření zemědělských ploch společnosti Školní statek Středočeského kraje, středisko Lázně Toušeň

Název anglicky

Design of a comprehensive system of anti-erosion measures of agricultural areas company Školní statek Středočeského kraje, center Lázně Toušeň

Cíle práce

Cílem diplomové práce je návrh komplexních protierozních opatření pro vybrané zemědělské plochy společnosti Školní statek Středočeského kraje, středisko Lázně Toušeň.

Metodika

Pro vybrané zemědělské plochy budou navrženy protierozní opatření organizačního, agrotechnického a biotechnického charakteru a vyhodnocena jejich účinnost pomocí rovnice USLE. Při vyhodnocení erozní ohroženosti daných ploch se bude vycházet ze skutečností zjištěných v bakalářské práci diplomanta.

Součástí práce bude vytvoření mapových výstupů v prostředí GIS se zákresy opatření a pořízení fotodokumentace.

Doporučený rozsah práce

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

Klíčová slova

vodní eroze, protierozní opatření, USLE, GIS

Doporučené zdroje informací

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

MORGAN, R P C. – NEARING, M A. *Handbook of erosion modelling.* Chichester, West Sussex, UK ; Hoboken, N.J.: Wiley, 2011. ISBN 9781405190107.

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

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

ŠVEHLA, F. – VAŇOUS, M. *Pozemkové úpravy.* Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-01-01277-8.

THOMES, JOHN B. Vegetation and Erosion : Processes and Environments. Harvard: Chichester: Wiley, 1990. ISBN 0-471-92630-2.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. Jan Petrů

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 21. 2. 2022

prof. Ing. Petr Skleničkа, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Návrh komplexního systému protierozních opatření zemědělských ploch společnosti Školní statek Středočeského 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 verzi tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne: 31.3.2022 ……

Jiří Zvelebil

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval za cenné rady a připomínky svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Janu Petrů. Dále chci poděkovat agronomovi Školního statku p. Schwägerlovi za poskytnutá data a také panu Janu Králíkovi za poskytnutá data a postřehy.

V Praze dne: 31.3.2022 ……

Jiří Zvelebil

Abstrakt:

Tato diplomová práce navazuje na bakalářskou práci (Zvelebil, 2020), zpracovává problematiku vodní eroze a následná protierozní řešení u pozemků, které byly obhospodařovány společností Školní statek Středočeského kraje, středisko Lázně Toušeň.

Teoretická část objasňuje základní pojmy, vymezuje jednotlivé druhy eroze, příčiny, důsledky a následná možná řešení eroze v podobě protierozních opatření. Dále je zde popsán stručný přehled pozemkových úprav a související pojmy krajina a krajinný ráz.

V praktické části jsou na základě získaných vědomostí z teoretické části a dat z bakalářské práce navrhnuta vhodná protierozní opatření. Mapové výstupy jsou následně vypracovány za pomoci geografického informačního systému ArcGis.

Klíčová slova:

vodní eroze, protierozní opatření, USLE, GIS

Abstract:

This diploma thesis follows up on the bachelor's thesis (Zvelebil, 2020), deals with the issue of water erosion and subsequent anti-erosion solutions for land, which was managed by the company School Farm of the Central Bohemian Region, Spa Toušeň.

The theoretical part clarifies the basic concepts, defines the various types of erosion, causes, consequences and subsequent possible solutions to erosion in the form of anti-erosion measures. There is also a brief overview of land use planning and related terms landscape and landscape character.

In the practical part, based on the knowledge gained from the theoretical part and data from the bachelor's thesis, suitable anti-erosion measures are proposed. The map outputs are then developed using the ArcGis geographic information system.

Keywords:

water erosion, anti-erosion measures, USLE, GIS

OBSAH

1 ÚVOD 11

2 CÍL PRÁCE 12

3 PŮDA 13

3.1 Význam půdy 13
3.2 Funkce půdy 13
3.3 Půdní poměry 13
3.4 BPEJ Bonitované půdně ekologické jednotky 13
3.4.1 Klimatické regiony 14
3.4.2 Hlavní půdní jednotka - HPJ 14
3.4.3 Sklonitost a expozice 15
3.4.4 Skeletovitost 15
3.4.5 Hloubka půdy (H) 16

4 DEGRADACE PŮDY: 16

4.1 Kvantitativní degradace 17
4.1.1 Zábor půdy 17
4.1.2 Úbytek půdy 18
4.2 Kvalitativní degradace 19
4.2.1 Utužení půdy 19
4.2.2 Chemická degradace 19
4.2.3 Ztráty organické hmoty 19
4.2.4 Salinizace 20
4.2.5 Svahové pohyby 20
4.2.6 Eroze 20

5 EROZE 21

5.1 Rozdělení eroze dle časového hlediska 21
5.2 Rozdělení eroze dle působení činitelů 21
5.2.1 Vodní eroze 21
5.2.1.1 Plošná Eroze 24
5.2.1.2 Rýhová 24
5.2.1.3 Výmolná 25
5.2.1.4 Stržová 25
5.2.2 Říční a mořská fluviální eroze 26
5.2.3 Mechanická eroze 26
5.2.4 Sněhová Eroze (Nivální) 26
5.2.5 Větrná eroze (Eolická) 27
5.3 Důsledky eroze 28
5.3.1 Zanášení koryt vodních toků 28
5.3.2 Ohrožení intravilánů měst a obcí 28
5.3.3 Ekonomická hlediska eroze půdy 29
5.4 Přípustná ztráta půdy vlivem působení vodní eroze 29

6 METODY HODNOCENÍ VODNÍ EROZE POMOCÍ SIMULAČNÍCH MODELŮ 30

6.1 HydroCAD 31
6.2 CREAMS (Chemicals Runoff and Erosion From Agricultural Management Systems) 31
6.3 SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins) 31
6.4 SHE (Systeme Hydrologique Europeen) 31
6.5 EUROSEM(EUROpean Soil Erosion Model) 32

6.6 USLE 32
6.6.1 Faktor R - erozní účinnost deště 33
6.6.2 Faktor K - erodovatelnost 34
6.6.3 Topografický faktor L a S 35
6.6.4 Faktor C - ochranný vliv vegetace 36
6.6.5 Faktor P - protierozní opatření 38

7 POZEMKOVÉ ÚPRAVY A PEO 40

7.1 Cíle 40
7.2 Formy 40
7.3 Podklady pro návrh PEO 41
7.4 Terénní šetření 42
7.5 Zjišťování celospolečenských zájmů 42
7.6 Účastníci pozemkových úprav 43

8 KRAJINA 43

8.1 Krajina 43
8.2 Krajinné prvky 43
8.3 Krajinný ráz 44

9 PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ 46

9.1 Ekologické zemědělství 47
9.2 Agrotechnická opatření 48
9.2.1 Technologie protierozního pěstování brambor 48
9.2.2 Technologie protierozního pěstování kukuřice a slunečnice 50
9.2.3 Protierozní technologie při pěstování řepky ozimé 52
9.3 Organizační opatření 52
9.3.1 Delimitace druhů pozemků a ochranné zatravnění a zalesnění 53
9.3.2 Velikost a tvar zemědělských pozemků 54
9.3.3 Protierozní rozmístění plodin 54
9.3.4 Pásové střídání plodin 54
9.4 Biotechnická a technická protierozní opatření 55
9.4.1 Terénní urovnávky 55
9.4.2 Terasy 56
9.4.3 Protierozní příkopy 57
9.4.4 Polní cesty s protierozní funkcí 57
9.4.5 Zatravňovací rohože 58
9.4.6 Protierozní nádrže 58
9.4.7 Protierozní hrázky 59
9.4.8 Protierozní meze 60
9.4.9 Protierozní průlehy 61
9.4.10 Stabilizování drah soustředěného povrchového odtoku 61
9.4.1 Zasakovací pásy 62
9.4.2 Rozptýlená zeleň 63
9.4.3 Mokřady 63
9.5 Protierozní opatření při větrné erozi 63
9.5.1 Větrolamy 63

10 POUŽITÁ METODA VYHODNOCENÍ 65

11 ZÁJMOVÁ OBLAST 66

11.1 Současný stav 67
11.2 Typy půd 71
11.3 Hloubka půd 71

11.4 Záplavové území 72
12 NÁVRH PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ 74
12.1 Organizační protierozní opatření 74
12.2 Návrh biotechnických opatření ke zmírnění eroze 76
12.2.1 Možnost zasakování 77
12.3 Opatření proti větrné erozi 84
12.4 Kombinace opatření 84
13 DISKUZE 85
14 ZÁVĚR 86
15 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 87
16 SOUPIS OBRÁZKŮ, ROVNIC A TABULEK 90
17 PŘÍLOHY 93
17.1 Tabulky 93
17.1 Fotodokumentace 99

Seznam použitých zkratek

BPEJ - Bonitovaná půdně ekonomická jednotka

ČÚZK - Český úřad zeměměřičský a katastrální

DIBAVOD - Digitální báze vodohospodářských dat

DMT - Digitální model terénu

HPJ - Hlavní půdní jednotka

LPIS - Veřejný registr půd ČR

MZe - Ministerstvo zemědělství

MŽP - Ministerstvo životního prostředí

p. b. - půdní blok

PEO - Protierozní opatření

TPEO - Technické protierozní opatření

USLE - Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy

1 Úvod

Eroze představuje závažný problém, který ovlivňuje negativně produkční schopnosti půd i ostatní složky životního prostředí.

Zrychlená eroze patří ke značnému celosvětovému problému. Uvádí se, že v dobách před zavedením intenzivního zemědělství bylo každým rokem smyto do oceánů odhadem 10 mld tun sedimentu. V dnešní době se toto množství odhaduje nejméně na 25 až 50 mld. tun. Průměrná ztráta půdy se odhaduje od 1.28 t/ha za rok do 4.5t/ha za rok (Vlček, 2015).

Podmínky pro výskyt vodní eroze na zemědělských plochách v ČR mají svá specifika. Při kolektivizaci a intenzifikaci zemědělství docházelo v minulém století ke scelování pozemků do velkých ploch, při tom byly rozorávány meze a toky sváděny do betonových koryt. Vlivem těchto činnosti pak docházelo ke zrychlené erozi půdy. Z toho důvodu, že erozní jevy mají přírodní a přirozený charakter je není možné zcela zastavit. Cílem by však mělo být jejich omezení na přijatelnou mez, kdy nebude půdní fond zbytečně znehodnocován (Kvítek a Tippl, 2003).

Protierozní ochrana je důležitá z hlediska udržení úrodnosti půd, tak ochrany pěstovaných plodin, ochrany objektů, staveb, komunikací apod. (Slavík a Neruda, 2007). Protierozní ochrana představuje soubor opatření , které mají vést k zeslabení a omezení účinků eroze, na půdu, povrchovou vodu a hospodářské plodiny (MZe, 1995).

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je návrh komplexních protierozních opatření pro vybrané zemědělské plochy společnosti Školní statek Středočeského kraje, středisko Lázně Toušeň, jejichž míra erozního ohrožení byla zkoumána za pomocí rovnice USLE v bakalářské práci diplomanta.

3 Půda

Dle pana profesora Václava Nováka představuje půda pojem pro přírodní útvar, který je vyvinut z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků. Stavba a složení tohoto útvaru je vytvářena působením klimatu a živých organismů žijících vně půdy i na ní (Vlček, 2015).

3.1 Význam půdy

Půda patří spolu s vodou a na ně vázaných rostlin a živočichů k významným dostupným zdrojům pro člověka. Využíváním těchto zdrojů nesmí docházet ke znehodnocování či zničení, jelikož na nich závisí samotná existence lidstva (www.mzp.cz, 2022).

3.2 Funkce půdy

U funkcí půdy se vychází z celé řady systémů členění. Jeden z nich patřící k nejcitovanějším se člení na šest okruhů:

- produkční funkce potravin a biomasy
- zadržování, filtrace a transformace látek
- prostředí a zásobárna genů pro organismy
- zdroj surovin
- základ pro lidské činnosti a stavby
- materiální a kulturní dědictví

(Šimek, 2019)

3.3 Půdní poměry

Půdní poměry představující půdotvorný substrát, zrnitost, sloh, obsah humusu a další vlastnosti jsou určující pro odolnost půdy proti erozi. U některých hornin a jejich zvětralin, např. u mladších sypkých sedimentů (písky hlinité, jilovité sedimenty) je erozní projev rychlejší, než je tomu u vyvřelých hornin, které jsou za jinak totožných podmínek erodovány pomaleji (Cáblík a Jůva, 1963).

3.4 BPEJ Bonitované půdně ekologické jednotky

Za účelem bonitace zemědělské půdy v ČR se jako základní mapovací a oceňovací jednotka stanovila bonitovaná půdně ekologická jednotka - BPEJ. Je definovaná na podkladu zemědělsky významných charakteristik klimatu, půdy a uspořádání terénu (Němec, 2011).

Tato jednotka se vyčlenila pomocí důkladného hodnocení vlastností klimatu, morfologie půd, charakteristik půdotvorných substrátů, jejich skupin, svažitosti pozemků s expozicemi ke světovým stranám, skeletovitosti a hloubky profilu půd (Němec, 2011).

Vlastnosti BPEJ se v bonitačních mapách a databázích udávají pětimístným číselným kódem, z nichž představují:

1. číslice označuje příslušnost ke klimatickému regionu

2. a 3. číslice označuje příslušnost k hlavní půdní jednotce

4. číslice vymezuje kombinaci svažitosti a expozice ku světovým stranám

5. číslice udává kombinaci hloubky se skeletovitostí půdního profilu.

(Němec, 2011)

3.4.1 Klimatické regiony

Představují takové území, v nichž jsou relativně stejnorodé klimatické podmínky pro růst a rozvoj zemědělských rostlin. Definice KR s prostorovým vymezením bylo vytvořeno čistě pro účely bonitace zemědělské půdy. V ČR je vymezeno celkově 10 klimatický regionů, označenými čísly 0-9 (Sklenička, 2003).

3.4.2 Hlavní půdní jednotka - HPJ

Nebo-li HPJ je účelové seskupení půdních forem s blízkými ekologickými a agronomickými vlastnostmi. Charakterizuje ji genetický půdní typ, subtyp. půdotvorný substrát, zrnitost půdy, svažitost, hloubka půdního profilu skeletovitostí a stupeň hydromorfizmu. Pro ČR bylo vymezeno celkem 78 HPJ, které se dále dělí do 13 skupin (např.černozemě, hnědozemě, písčité, nivní, půdy mělké, svažité apod. HPJ obsahují taky klasifikování zrnitosti, při ní se vycházelo z hodnocení p. profilu do hloubky 60 cm (Vlasák a Bartošková, 2007).

Dle zrnitosti se člení půdy do pěti kategorií:

- půdy lehké - hlínitopísčité
- střední lehčí - písčito-hlinité
- středně těžké - hlinité
- velmi těžké - jílovitohlinité
- velmi těžké - jílovité

3.4.3 Sklonitost a expozice

Sklonitost se dělí do sedmi skupin, viz. tab. č. 1.

Tab. č. 1 sklonitost dle BPEJ (Vlasák a Bartošková, 2007)

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

Expozice je vyjádřením polohy území BPEJ vůči světovým stranám, tab. č. 2.

Tab. č. 2 expozice dle BPEJ (Vlasák a Bartošková, 2007)

Kód	Charakteristika	
0	rovina (0-1°)	expozice všesměrná
1	jih (JZ-JV)	
2	východ a západ (JZ-SZ a JV-SV)	
3	sever (SZ-SV)	

3.4.4 Skeletovitost

Obsah skeletu se vyjadřuje celkovým počtem štěrku a kamene.

Tab. č. 3 skeletovitost BPEJ (Vlasák a Bartoškova, 2007)

Kód		Charakteristika	
0	Bezskeletovité	s celkovým obsahem skeletu	do 10%
1	Slabě skeletovité	s celkovým obsahem skeletu	10 - 25%
2	Středně skeletovité	s celkovým obsahem skeletu	25 - 50 %
3	Silně skeletovité	s celkovým obsahem skeletu	nad 50%

3.4.5 Hloubka půdy (H)

Udává hloubku části půdního profilu ohraničenou pevnou horninou nebo silnou skeletovitostí (Sklenička, 2003).

Tab. č. 4 Hloubka půd BPEJ (Vlasák a Bartoškova, 2007)

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

4 Degradace půdy:

Za degradaci půdy označujeme procesy, které mají negativní vliv na kvalitu půdy (Rejšek a Vácha, 2018).

Uvádí se, že 52 milionů hektarů území členských států EU je postiženo degradací půd, to představuje 16% celkové rozlohy tohoto území (Šarapatka, 2002).

Degradace půdy je zásadně ovlivněna stylem zemědělství v ČR. S poklesem chovu hospodářských zvířat se změnila struktura pěstovaných plodin a došlo tak k omezení využití osevních postupů, nastal ústup víceletých pícnin a chybějící organické hnojení. Pokles ploch s víceletými pícninami a luskovinami má značný negativní dopad na bilanci org. hmoty v půdě, dochází k poklesu dusíku, omezuje se recyklace živin z hlubších vrstev a zhoršuje se struktura a fyzikální vlastnosti půdy všeobecně (Menšík a kol., 2018).

Degradace půdy vede k dočasnému nebo trvalému snížení výrobních kapacit půd. Z hlediska degradace půd vlivem člověka můžeme rozlišovat 5 hlavních činností podílejících se na ní.

Dle Vlčka (2015) sem patří:

- odlesňování a odstraňování vegetace
- nadměrná pastva
- používání nevhodné zemědělské techniky
- Nadměrné využívání přirozené vegetace

- nešetrné průmyslové technologie

Formy degradace půdy

Dle formy se dá dělit degradace na:

Kvantitativní (brownfiels, zábor, půdy, úbytek půdy (desertifikace)

Kvalitativní (eroze, acidifikace, zasolení, utužení, a další)

(Vlček, 2015)

4.1 Kvantitativní degradace

4.1.1 Zábor půdy

Do kvantitativní degradace spadá zábor půdy. Při záboru půdy dochází ke ztrátě všech její krajinných funkcí. Největší tlaky jsou brány na zábor zemědělské půdy, ale nevyhneme se ani záboru lesní půdy, kdy je potřeba vybudovat např. liniové stavby či objekty k rekreaci (Brtnický, 2012).

Hlavní příčinou zabírání zemědělské půdy ke stavebním účelům je v ČR její výrazně nižší cena oproti jiným státům EU. Zastavování území vede k rozšiřování sídel tzv. suburbanizaci, která patří k velkým problémům dnešní doby. Suburbanizace se dělí na rezidenční a komerční (sklady, nákupní centra), rovněž je její součástí i liniová výstavba silnic a dálnic. S suburbanizací úzce souvisí termín Brownfields, kterým označujeme opuštěná území a budovy, které již přestali sloužit svým původním účelům. při růstu suburbanizace roste v čase i území Brownfields (Vlček, 2015).

Obrázek č. 1 příklad zábor půdy rezidenční suburbanizace - foto autor

4.1.2 Úbytek půdy

Neboli desertifikace patří mezi historické jevy, kdy u velkých světových pouští probíhali přírodní interakce během dlouhých časových period a kolísala rozloha pouští bez zásahu člověka. V současnosti je daleko větší míra desertifikace vlivem lidské činnosti (Vlček, 2015).

V širším významu byl chápán jako termín pro označení podstatné většiny všech forem degradace půdy. Užší smyslu se jedná o rozšiřování pouští vlivem degradace půd v aridních, semiaridních a suchých subhumidních krajinách.

Mezi hlavní příčiny patří dle Vlčka (2015):

- nadměrná pastva, nevhodná pastva v oblastech po požárech
- kultivace půdy v nevhodných lokalitách (oblasti náchylné na větrnou erozi)
- ničení lesní vegetace
- utužování půdy
- změna klimatu
- povrchová těžba
- špatná technologie zavlažování

4.2 Kvalitativní degradace

4.2.1 Utužení půdy

Zhutnění půdy má za následek celou řadu negativních důsledků. Vlivem zhutnění se zvyšuje objemová hmotnost půdy, snižuje se pórovitost, dochází ke zhoršování propustnosti pro vodu, mění se obsah vody v půdním profilu a její pohyb. Dále se projevuje ve vztahu k obsahu kyslíku a teploty půdy (Javůrek a Vach, 2008).

Proces zhutnění půd má svůj původ přírodní a antropogenní. Přirozené utužení má vztah s genetickým utužením půd, které závisí na půdotvorném substrátu, na vlastnostech sorpčního komplexu, struktuře půdy, půdních reakcích a půdotvorných procesech.Antropogenní utužování půdy může přispívat k technogennímu zhutňování půdy, které má souvislost s nevhodným hospodařením a nebo jen dlouhodobých hospodařením. Ornou půdu zhutňuje pojezd těžké zemědělské techniky a na pastvinách silné pasení dobytka (Rejšek a Vácha, 2018).

4.2.2 Chemická degradace

Chemická degradace půdy zahrnuje veškeré mechanismy, které zhoršují některou chemickou vlastnost půdy.

Jedná se např. o:

- změny v pH (acidifikace, alkalizace)
- změny v koncentraci soli v půdním roztoku, včetně reakcí. (problematika zasolení)
- vyplavení nebo odčerpání živin
- zvýšená biologická přístupnost pro některé prvky, př. těžké kovy
- pozměněná kvalita organické hmoty
- narušování sorbčního mechanismu půdy

Do chemické degradace půdy dále patří kontaminace a znečišťování polutanty (Šimek, 2004).

4.2.3 Ztráty organické hmoty

Úbytek organické hmoty v půdě se řadí k nejvýznamnějším z faktorů procesu degradace půdy. Úbytky způsobuje převážně vodní a větrná eroze a dále

nedostatečný přísun organických hnojiv a nesprávný systém řídících znalostí a činností (Brtnický, 2011).

4.2.4 Salinizace

Salinizace je procesem zasolování půdy, v půdě se tak hromadí přebytky soli, ať už jde o soli draselné, sodné, chloridové, síranové, hořečnaté, vápenaté nebo uhličitanové ionty.

V České republice jde o stav spíše ojedinělým. Např. se s tímto jevem můžeme setkat v rezervaci SOOS u Františkových lázní, kde je zvýšený obsah minerálních solí zapříčiněný minerálními vodami a vulkanickou činností. Vyskytují se na povrchu rašelinišť a slatinišť. Z celosvětového hlediska jde pak o závažný stav, převážně jsou hojně zasoleny půdy v aridních a semiaridních oblastech. Celosvětově je ohroženo zasolením asi 23 % zemědělských ploch (Rejšek a Vácha, 2018).

4.2.5 Svahové pohyby

Sesuvy způsobují velké škody na zemědělských pozemcích, komunikacích a v obytné a průmyslové zástavbě. Území se svahy je nutné sanovat pomocí odvodnění takovým způsobem, aby nedocházelo k rozmočení povrchu nepropustného jílového podloží. Hloubka a reliéf jílovitého podloží se za pomocí sond prozkoumá a drenáž se zabuduje celou svou světlostí do pevného podkladu. Při práci je nutno postupovat opatrně, aby nedošlo pohyby při činnostech k porušení nebo přetržení drenáže. U území se staršími sesuvy je nutné provést i terénní úpravy (vyrovnávka svažných jazyků) (Hruška, 1993).

4.2.6 Eroze

Eroze je hlavním předmětem této práce a proto jí je věnována následující samostatná kapitola č 5.

5 Eroze

Slovo Eroze pochází z latinského výrazu „***erodere***“, což znamená rozrušovat, nahlodávat.

Eroze půdy vyjadřuje jeden z několika přirozených procesů, který účinkuje na půdu. Na erozi se podílí celá řada biotický a abiotických činitelů. Abiotické: voda, sníh, led, vítr. Biotické působení člověka, rostlin a živočichů (Vlček, 2015).

Mezi těmito procesy stojí celá řada vzájemně působících faktorů. Pravděpodobně není v možnostech určit všechny podmínky pro zákonitosti kvantitativního a kvalitativního průběhu eroze (Podhrázská a Dufková, 2005).

5.1 Rozdělení eroze dle časového hlediska

Rozdělení eroze dle časového hlediska na historickou a soudobou

Historickou je možné poznat ze složení jednotlivých vrstev, které utvářeli cyklicky během přírodních podmínek v jednotlivých geologických epochách.

Současná se začala projevovat v době po ledové, současně s vlivem formování vegetace začaly erozní projevy zpomalovat a omezovaly se převážně na formování půdorysné sítě hlavních toků řek a jejích přítoků. Současná a zrychlená eroze se objevuje v důsledku působení člověka (erozní rýhy, výmoly, strže, apod.) (Vlček, 2015).

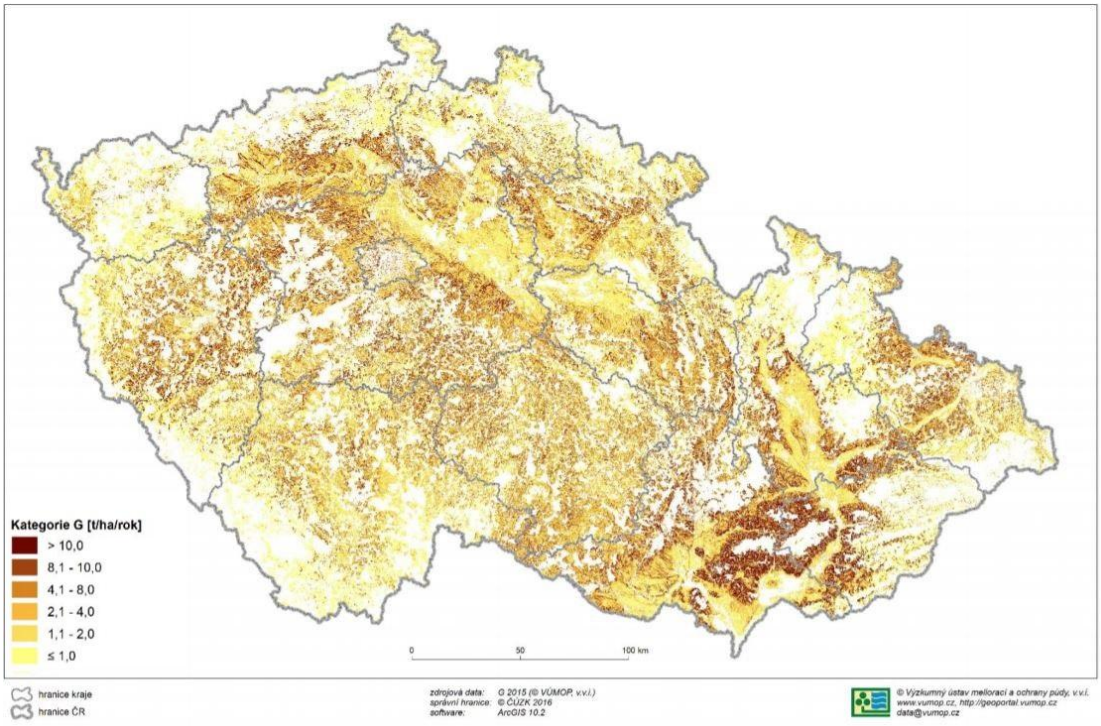
5.2 Rozdělení eroze dle působení činitelů

Z pohledu zemědělství se eroze člení na dva typy erozi vodní a erozi větrnou. Eroze vodní patří k závažnějším, celosvětově degraduje 56% půd, u větrné eroze je pak postiženo 28 % půd (Rejšek a Vácha, 2018).

5.2.1 Vodní eroze

U vodní eroze dochází vlivem unášecí síly vody ke smyvu půdy a následnému ukládání sedimentů v nižších částech povodí. Mezi její příčiny patří přívalové deště, tání sněhu a také stálé a kolísavé průtoky ve vodních tocích (Sklenička, 2003).

Kinetická energie je u přívalových srážek s ohledem na hmotu dešťových kapek a ustálenou pádovou rychlost do 9 m/s považována za velmi vysokou. Hovoří se tak jako o bombardování povrchu půdy (Janeček, 2002).



Obrázek č. 2 potenciální ohroženost zem. půdy vodní erozí v hodnotách pro průměrný dlouhodobý smyv půdy (G) (VÚMOP @2016)

Povrchový odtok

Povrchový odtok nastane tehdy, když je bezprostřední intenzita srážek větší, než je schopnost půdy k vsakování. Vsakovací schopnost klesá v čase. Na začátku deště je největší, jelikož voda vniká do půdy gravitací skrz hrubé póry. Po naplnění hrubých póru je vsak stížen a může vnikat pouze kapilárně (Cáblík a Jůva, 1963).

Povrchový odtok se podílí na rozpouštění a odplavování solí, tím půda ztrácí rostlinné živiny, ať už se jedná o přírodní nebo dodaná průmyslová hnojiva. Škodlivý je tedy i menší povrchový odtok, který ještě nemá dostatek energie k odnosu půdních zrn (Cáblík a Jůva, 1963).

Dle toho, jak voda působí, rozlišujeme mezi mechanickým a chemickým působením. Pokud působí voda mechanickou silou, pak se jedná o **korazi**. Při chemickém působení vody dochází k rozpouštění hornin, např. vápenců, pak jde o **korozi** (Cáblík a Jůva, 1963).

Účinek eroze

O účinku eroze na obhospodařovanou půdu má rozhodující vliv již samotná poloha a tvarové umístění pozemků, převážně na svazích. Pozemky, které jsou

umístěné svojí délkou po svahu a současně jsou také v tomto směru obdělávány mohou být erozí ohroženy silně. Brázdy vedené po spádu a řádky plodin se postarají o soustřeďování a zrychlení odtoku srážek, což přispívá k zesílenému účinku eroze (Cáblík a Jůva, 1963).

Akcelerátory eroze se podílejí na zrychlení povrchového odtoku, snížení infiltrace vody do půdy nebo také na zadržení odtoku vody na pozemku.

Mezi akcelerátory patří zejména:

- projevy minulé eroze
- půdní krusty na pozemku
- kolejové řádky
- vnikání cizích vod na pozemek (Kapička, Žížala a kol., 2019).
- Voda ze srážek způsobuje erozi při povrchovém odtoku a také i při podpovrchovém, kde se jedná o tzv. **vnitropůdní erozi** (Janeček, 2002).
- U eroze, při níž je odnos půdy roven její tvorbě přirozeným zvětráváním se jedná o tzv**. erozi vyrovnanou** či kompenzační (Janeček, 2002).

Obrázek č. 3 krusta na povrchu půdy znemožňuje vstup vody do půdy - foto autor

5.2.1.1 Plošná Eroze

U plošné eroze je půda erodována prakticky v celé ploše pozemku nebo v patřičné části svahu. Čím více je plocha svahu rovnější, tím méně se v místě soustředí množství vody.

Při plošné erozi hrozí se snižováním mocnosti půdního profilu v některých případech až k odhalení na skalní podloží. Plošná eroze je složena z více fází. V první fází působí kapková eroze na půdu vznikem drobných jamek. V další fázi pak eroze účinkuje pohybem vody po nakloněné ploše povrchu pozemku (Janeček, 2002).

Obrázek č. 4 příklad plošné eroze - Toušeň , vlevo nahoře sousedící golfové hřiště Ctěnice - foto autor

5.2.1.2 Rýhová

Rýhová eroze se častěji vyskytuje v krajinách, kde panují intenzivní deště nebo dochází k náhlému tání sněhu v jarním období a to na půdách s nízkou retenční schopností.

Voda stékající po svahu utváří v půdním povrchu mále , ale dobře zřetelné rýžky a brázdičky, které se za čas spojují a proměňují v daleko větší zářezy o hloubkách 5 až 20 cm, v ojedinělých případech i hlubší. Probíhají ve směru sklonu územní plochy, jsou přímočaré a vzájemně souběžné. Působením směru orby se utváří různosměrná síť. Zvýšený odnos půdy zapřičiňuje hlavně vymílání vodou,

postupem času je takto rozrušován rovný povrch na brázdami a rýhami (Cáblík a Jůva, 1963).

Obrázek č. 5 příklad rýžkové eroze - foto autor

5.2.1.3 Výmolná

Patří k vyššímu stupni rýhové eroze. Výmoly vznikají u velkých svažitých pozemků a mají šířku a hloubku více než 30 cm. Vytváří se v místech koncentrace povrchového odtoku, např. u cest, příkopů, údolnic.

5.2.1.4 Stržová

Stržová patří k nejpokročilejší a nejvíce závažnému stupni u vodní eroze. Její zapravení není možné pomocí běžných agrotechnických postupů, př. Orbou. K její úpravě jsou nutné zvláštní sanační operace. Strže jsou dlouhodobý úkaz a není-li

provedena jejich stabilizace, pak mohou zpustošit rozsáhlá území (Vácha a Kozák, 2019).

5.2.2 Říční a mořská fluviální eroze

Dochází při ní k rozrušování částí u břehů. V řekách může docházet i k erozi dna, kdy se odnesený materiál ukládá na jiném místě. U jezerní eroze se utvářejí pobřežní stupně, zářezy a to vlivem kolísající hladiny vod (Šarapatka, 2002).

Dle mechanismu působení rozlišuje Vlček (2015) mezirýžkovou a rýžkovou erozi.

Mezirýžková probíhá při dopadu dešťových kapek na povrch půdy. Platí pro ni malá hloubka odtoku a turbulentní prouděním. Je ovlivňována vegetačním pokryvem, ať už se jedná o plodiny nebo zbytky rostlin apod.

Rýžková působí v místě působení soustředěného odtoku (Laminární proudění).

5.2.3 Mechanická eroze

Jako další typ eroze rozlišuje Sklenička (2003) mechanickou erozi, kdy dochází k pohybu půdy po svahu při účinku mechanické energie. Za velmi častou příčinu se považuje intenzivní pastva na svazích, dále pohyb těžké techniky na svazích, orba probíhající delší dobu při trvalém překlápění ornice ve směru svahu a také častý sešlap svahu lidmi (turistické cesty).

5.2.4 Sněhová Eroze (Nivální)

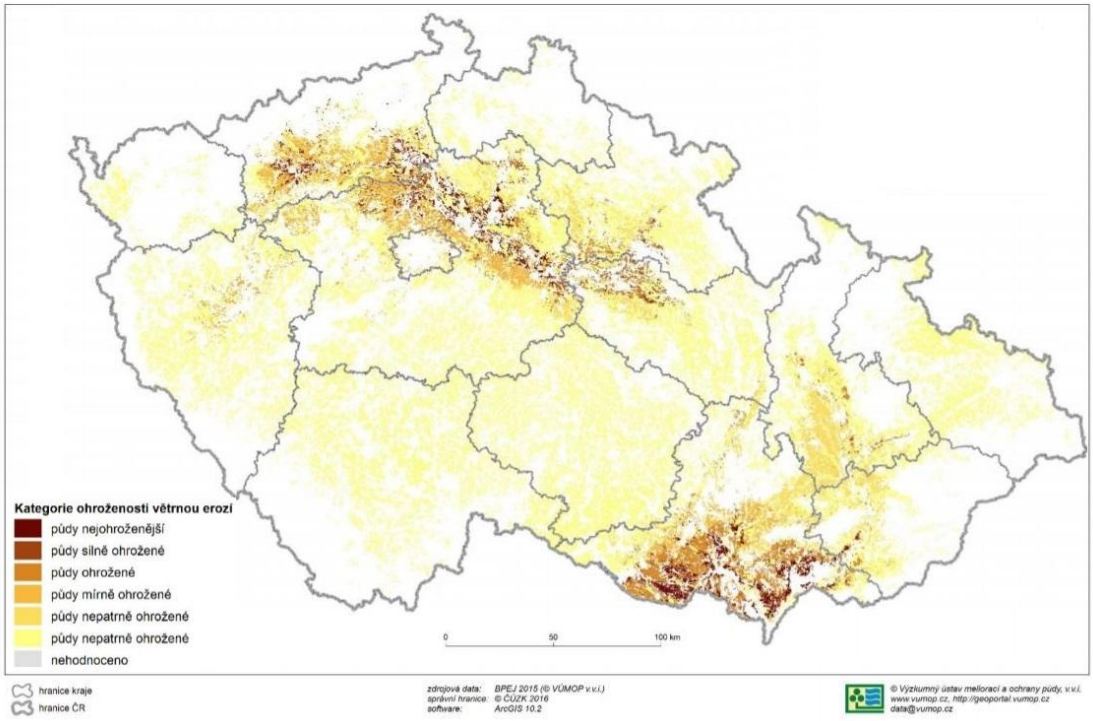
V České republice se vyskytuje zcela ojediněle. Převážně se s ní dá setkat v horských a podhorských oblastech, ale také i v nížinách. V nížinách může jít o pomalé pohyby tajícího sněhu, eventuálně u tání jde o přechod k vodní erozi. Napomáhá jí skutečnost, že je v zimním období povrch převážně bez vegetace či je zamrzlý (Vlček, 2015).

Kinetická energie působící při dopadu sněhových srážek na povrch půdy je téměř zanedbatelná a energie působící na povrch půdy je tak dána pouze z odtékající vody. Při tání sněhu, kdy je dána vysoká transportní kapacita odtoku je v počátku odnos brzděn promrzlou půdou. Tím se vytvářejí široké a ploché rýžky,

které se zarývají do tající půdy. S dalším působením vody opětovně aktivují a zvětšují (Janeček, 2002).

5.2.5 Větrná eroze (Eolická)

Větrnou erozi způsobuje mechanická síla větrů, kdy dochází k rozrušování půdní hmoty a odnosu uvolněných částic na jiné místo, kde se utvářejí navátiny.



Obrázek č. 6 Potenciální ohroženost lokalit větrnou erozí (VÚMOP @2016)

Tato forma eroze patří mezi velmi škodlivé a nebezpečné především pro oblasti se suchým klimatem a u výsušných půdách s prašnou strukturou. V podstatě se větrná eroze může objevit během celého roku (Cáblík a Jůva, 1963).

M mezi nejvíce kritická období patří jaro a podzim, poněvadž mají orné půdy v té době malý vegetační pokryv. V České republice jsou ideální podmínky pro větrnou erozi tam, kde panují výsušné větry, dále jsou v oblasti velkými zemědělskými plochami s pěstováním monokultur a bez ochrany větrolamů. Jmenujme oblasti jižní Moravy, Litoměřicka, Lounska a Polabí (Záhora, 2015).

Větrná eroze ohrožuje přibližně 23 % orné půdy v Čechách a 40 % na Moravě. Existuje několik podmínek, které ovlivňují proces větrné eroze (Boardman a Poesen, 2006).

Mezi hlavní faktor větrné eroze patří rychlost proudění vzduchu. Kvůli drsnosti způsobené půdou, kameny, vegetací a jiných překážek je rychlost větru nejnižší u povrchu země. Rychlost větru roste exponenciálně s výškou (Morgan R P C, 1988).

Síla větru patří mezi meteorologické faktory, patří k nim dále větrné poměry, srážky a výpary (Podhrázská a Dufková, 2005).

5.3 Důsledky eroze

Erozní smyv se podílí na ochuzování nejúrodnější části půdy, ornici, dále poškozuje fyzikální vlastnosti, vede ke zmenšování mocnosti půdního profilu, zvyšuje se štěrkovitost, snižuje množství živin a humusu, díky erozním rýhám se hůře obdělává a vede k úbytku sadby a osiva (MZe, 1995).

5.3.1 Zanášení koryt vodních toků

Transport erodovaných částí ze zemědělských ploch do vodních toků vede obvykle s ohledem na charakter proudění ke snížení kapacity těchto toků. Následkem toho dochází k postupnému zvyšování hladiny podzemní vody u koryta a častěji se tok vylívá z koryta (Novotný a kol., 2017).

Z toho důvodu je pak potřebná údržba koryt, převážně se jedná o jejich čištění, kdy jde o finančně náročný proces. Na území ČR je většina koryt větších toků upravena, a tak dochází spíše k jejich zanášení, než vymílání. Tím se potvrzuje domněnka, že většina sedimentů pochází ze zemědělských pozemků (Novotný a kol., 2017).

S vodní erozí souvisí také Eutrofizace vod, která představuje proces, při němž jsou stojaté a tekoucí vody obohacovány živinami.Vzniká smyvem dusíkatých a fosforečných látek z pozemků. V této vodě se pak rychle rozvíjejí řasy a sinice, jejich soustředění na hladině se říká vodní květ (Kvítek a Tippl, 2003).

5.3.2 Ohrožení intravilánů měst a obcí

Vlivem eroze mohou být poškozeny infrastruktury v krajině. Škody způsobuje povrchový odtok ze zemědělských pozemků a také transport splavenin. Mezi těmito typy procesů je třeba rozlišovat. Transport splavenin lze eliminovat opatřenými na pozemku, jejich realizaci má v plné moci majitel.

Naproti tomu povrchový odtok závisí na charakteru srážek. Při výskytu extrémně silných srážek dojde k odtoku bez ohledu na stav a kvalitu obdělávání pozemku. Řešení se nabízí za pomoci technických opatření (Novotný a kol., 2017).

Následky větrné eroze se zakládají především ve snížení obsahu látek, které jsou vázané na odnesené částice (převážně živiny). V důsledku nepřítomnosti jemných jílových částic pak dochází ke změně zrnitostní struktury půdy a vodního režimu půdy (Rejšek a Vácha, 2018).

5.3.3 Ekonomická hlediska eroze půdy

V ekonomickém pojetí teorií patří eroze mezi tzv. externality. To znamená, že spotřebovávání statků podnikatelem či spotřebitelem má dopad na další podnikatele či spotřebitele. Příklad: Při obhospodařování půdy se ztrácí část její vrchní vrstvy, tyto smyvy představující půdní částice a živiny se dostávají na okolní pozemky nebo do vodních toků, kde dochází ke škodám. Vznikají tak náklady, které nejsou zahrnuty do finančního rozhodování a proto jsou externí (Janeček, 2012).

5.4 Přípustná ztráta půdy vlivem působení vodní eroze

Míra erozního ohrožení pozemků se posuzuje pomocí principu přípustné ztráty půdy, jež představuje maximální hodnotu ztráty půdy, která dovoluje nepřetržitě a s ekonomickou dostupností uchovávat úrodnost půdy. Mez přípustné ztráty půdy byla uvažována na základě skutečné mocnosti půdního profilu, požadovaných vlastnosti půdy v budoucnu a s předpokládanou ztrátou půdy.

Obvykle platí pravidlo, že čím více je půda náchylnější k erozi, tím menší je její přípustná ztráta (Janeček, 2002).

Hodnoty pro přípustnou ztrátu půdy jsou stanoveny na základě mocnosti půdního profilu, viz. tab. č. 5., kde jsou uvedeny jak staré hodnoty dle Janečka (2012) a nové dle vyhlášky č. 240/2021 Sb. o ochraně zemědělské půdy před erozí, příloha č. 1.

Tab. č. 5 přípustná ztráta půdy dle Janečka (2012) a dle nové Vyhlášky č. 240/2021 Sb.

Hloubka půdního profilu u půd	Janeček (2012)	Vyhláška č.240/2021 Sb. Příloha č.1
	Přípustná ztráta ($t.ha^{-1}.rok^{-1}$)	
Mělké (do 30cm)	1	2
Středně hluboké (30-60cm)	4	9
Hluboké (více než 60cm)	4	9

6 Metody hodnocení vodní eroze pomocí simulačních modelů

Simulační modely vodní eroze s transportem půdních částic představují zjednodušené matematické vyjádření fyzikálních procesů. V současnosti se jako simulační modely využívá aplikací prostředků GIS k určení plošných různorodých podmínek eroze a činitelů eroze.

Za výhody simulačních modelů se považují:

- popis fyzikálních procesů: vytváření povrchového odtoku, vznik a průběh procesu eroze (uvolňování, transport a sedimentace částic).
- analýza reálného erozního procesu při rozdělení na procesy plošné, mezirýžkové a rýžkové.
- obsažení procesu eroze, který způsobuje soustředěný odtok (výmolová a proudová eroze).
- obsažení procesu ukládání půdních částic a určení intenzity
- možnost řešení samostatných a podstatných srážko-odtokových případů s ohledem na ekologické důsledky pro vypracování návrhů protierozních opatření v povodí.

K základnímu vztahu u všech simulačních modelů eroze patří rovnice kontinuity a rovnice pohybová, představující procesy proudění, procesy infiltrace a

pohybu splavenin. plošný povrchový odtok je simulován za pomoci zákonitosti pohybu kinetické vlny (Janeček, 2012).

6.1 HydroCAD

Tento hydrologický model je vytvořen na základě principu CN-křivek, které se dají použít k simulaci důležitých srážkoodtokových situací v malém povodí, nevyjímaje výsledný hydrograf.

Může se s ním prověřovat dostatečná kapacita odtokového systému povodí, předvídat výskyt povodňových, erozních událostí, vyhodnocovat při návrhu různé alternativy řešení hydraulických objektů (potrubí, jezy, propustky), s ohledem na bezpečnost, životní prostředí a finanční dostupnost (Janeček, 2012).

6.2 CREAMS (Chemicals Runoff and Erosion From Agricultural Management Systems)

Model pochází z USA a jako první uvedl komplexní řešení hydrologických a erozních procesů při transportu určených chemických látek (Dusík,Fosfor, pesticidy) u ploch se stejnorodými půdními vlastnostmi, s totožným využitím a stejnoměrným působením srážkou na plochu.Pro jednotlivý déšť se dá vyhodnotit jeho vliv na transport látek nebo také transport látek za delší časový úsek (Podhrázská a Dufková, 2005).

6.3 SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins)

Tento model je určen k simulaci hydrologických procesů a transportu splavenin u zemědělsky využívaného povodí do přibližné velikosti 100 km2. Nezajišťuje přímé pozorování a ani vyhodnocení vlivu změn v hospodaření na procesy. Při výpočtu u hydrologické části se vychází z hodnoty srážkových úhrnu za den a ke stanovení charakteristik povrchového odtoku se využívá metoda čísel odtokových křivek CN, v erozní části se pak uplatňuje zásada USLE (Podhrázská a Dufková, 2005).

6.4 SHE (Systeme Hydrologique Europeen)

Představuje komplexní hydrologický model, z něhož se získají výstupy s povrchovým odtokem, podzemním odtokem a dovoluje napojení dalších modulů pro vodohospodářskou problematiku a také ekologické dopady transportu

znečisťujících látek odtokem (šíření znečištění, eroze, a další) (Podhrázská a Dufková, 2005).

6.5 EUROSEM(EUROpean Soil Erosion Model)

Jedná se o evropský model, který je modulem hydrologického modulu SHE. EUROSEM si poradí s procesy uvolňováním půdních částic dešťovými srážkami, transportem za činnosti povrchového odtoku ve slabší vrstvě. za další je možné řešit procesy plošné rýžkové eroze a rýhové eroze, která se simuluje na principu mechanismu utváření erozní rýhy (Podhrázská a Dufková, 2005).

6.6 USLE

S Univerzální rovnicí ztráty půdy (USLE) je možné předpovídat průměrnou míru eroze a to pro jakoukoliv proveditelnou kombinaci osevních postupů a hospodaření, současně s projevem konkrétních typů srážek a topografických faktorů (Wischmeier a Smith, 1978).

Rovnice č. 1: Rovnice USLE pro vyjádření průměrné dlouhodobé ztráty půdy (t.ha-1.rok-1) (Wischmeier a Smith 1978).

$$G=R*K*L*S*C*P$$

Kde jednotlivé členy znamenají:

- G - průměrnou dlouhodobou ztrátu půdy (t.ha-1.rok-1)
- R - faktor erozní účinnosti deště (MJ.ha-1.cm.h-1) – udává závislost na četnosti výskytu, úhrnu, intenzitě a kinetické energie deště
- K - faktor erodovatelnosti půdy (t.ha-1) - představuje závislost na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a její propustnosti.
- L - faktor délky svahu - představuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí.
- S - faktor sklonu svahu - udává vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí
- C - faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu – představuje závislost na vývoji vegetace a použité agrotechnice
- P - faktor protierozní účinnosti

Po dosazení do této rovnice se získá výsledek v podobě hodnoty G, která udává množství půdy erodované dlouhodobě při určených podmínkách u plošné vodní eroze.

Tato rovnice není koncipována pro kratší časový úsek než je 1 rok a také s ní není možno vypočítat ztrátu půdy pro jednotlivé srážky, např. i v podobě tání sněhu (Janeček, 2007).

6.6.1 Faktor R - erozní účinnost deště

Vztah tohoto faktoru byl odvozen v USA podle obsáhlého souboru dat charakterizující dešťové srážky. Tato data indikují, že při zachování neměnných ostatních faktorů rovnice USLE je daná ztráta půdy přímo úměrná součinu úhrnu kinetické energie přívalových srážek (E) a maximální intenzity těchto srážek po dobu 30 minut (i_{30}).

Rovnice č. 2: vztah pro výpočet faktoru R

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

Kde členy rovnice představují:

- R= faktor erozní účinnosti deště ($MJ.ha^{-1}.cm.h^{-1}$)
- E= celkovou kinetickou energii deště ($J.m^{-2}$)
- i_{30}= maximální 30minutovou intenzitu deště ($cm.\ h^{-1}$)

Celková kinetická energie deště E je pak dána rovnicí:

Rovnice č. 3: Vyjádření celkové kinetické energie deště (J.m-2)

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

Kde členy rovnice představují:

- E_i= kinetická energie i-tého úseku deště
- n= počet úseků deště
- $E_i = (206+87\log i_{si}) \times H_{si}$
- Kde: i_{si}= intenzita deště i-tého úseku ($cm.h^{-1}$)
- H_{si}= úhrn deště v i-tém úseku (cm)

Stanovuje se na základě dlouhodobých záznamů o srážkách. U roční hodnoty faktoru R se jedná o součet erozní účinnosti pro jednotlivé přívalové srážky. Pro správný výpočet se berou v potaz intenzivní přívalové a také středně intenzivní deště (Janeček, 2012). Průměrná hodnota faktoru R pro většinu území v ČR byla stanovena na 40 $MJ.ha^{-1}.cm.h^{-1.}$ Tuto hodnotu je nutno procenticky rozdělit dle měsíců jednotlivých vegetačních období tab. č. 6.

Tab. č. 6 Průměrné rozdělení faktoru R přívalových srážek 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

6.6.2 Faktor K - erodovatelnost

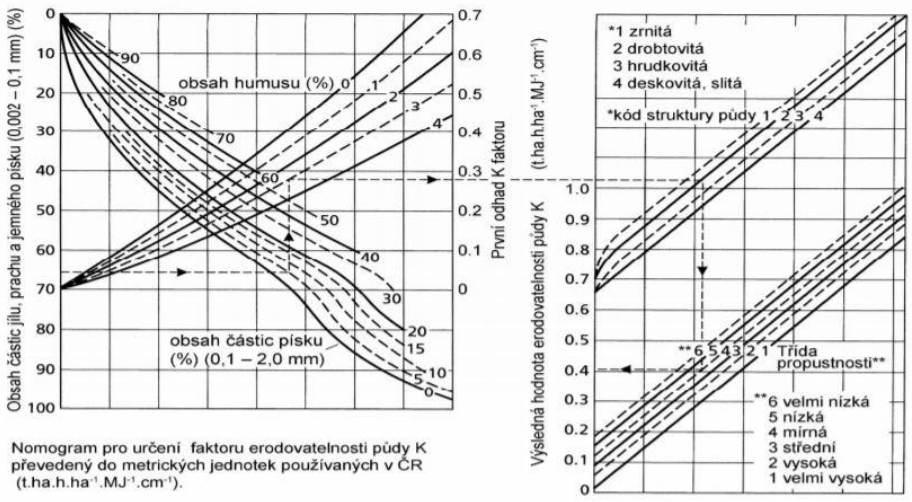
Erodovatelnost označuje náchylnost půdy k erozi. Je závislá jednak na soudržnosti půdních částic a také na vlastnostech, které mají vliv na infiltrační schopnosti půdy.

Obecně platí pravidla, že čím větší je soudržnost půdy, tím více energie je třeba vynaložit k uvolnění půdních částí a následnému uvedení do pohybu. Dále platí pravidlo, že čím větší je infiltrační schopnost půdy, tím menší je povrchový odtok a transport splavenin (Šarapatka, 2002).

Pro Univerzální rovnici USLE je faktor erodovatelnosti, definován jako odnos půdy v t.ha-1 připadající na jednotku faktoru deště R ze standardního pozemku o délce **22.13 m** (u svahu **se sklonem 9%**), který **je obhospodařován jako kypřený černý úhor při kultivaci ve směru sklonu** (Janeček, 2002).

K faktor se dá určit za pomoci tří způsobů: výpočtem, odečtením z nomogramu a také se nabízí možnost vyjádřením z hlavních půdních jednotek (HPJ).

K výpočtu nebo odečtení z nomogramu je nutné mít k dispozici referenční údaje o dané půdě, případně se dají využít výsledky rozborů, získaných z půdních vzorků (Janeček, 2007).



Obrázek č. 7 Nomogram ke stanovení K faktoru (Janeček a kol., 2012)

Tento výpočtový vztah pro K faktor je možné použít pouze v případě, že obsah prachu a práškový písek (0,002-0,100 mm) nepřekročí 70%.

Rovnice č. 4: Pro výpočet K faktoru

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

Kde jednotlivé členy představují:

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

6.6.3 Topografický faktor L a S

Délka a sklon svahu zásadně ovlivňují případný smyv půdy. Mezi věcná kritéria patří nejen hustota, ale také poloha umístění odtokových linií na ploše. Tato zákomová plocha se při umisťování odtokových linií musí rozdělit na menší plochy, tzv. celky erozně uzavřené (EUC). Jakýkoliv z těchto celků má ohraničení dílčí rozvodnicí a dílčí údolnicí.V každém EUC jsou pak odtokové linie vedeny vždy ve směru kolmém na vrstevnice a to od rozvodnice k nejbližší údolnici v oblasti o největší délce a sklonu svahu.

Nepřerušená délka svahu se měří od rozvodnice, případně od horní hrany pozemku (za předpokladu, že nehrozí povrchový odtok z výše položených ploch), vždy tedy o prvku podílející se na přerušení povrchového odtoku, např. hrázka, průleh, příkop, cesta s příkopem. Samotná změna pěstované plodiny nebo pozměnění technologie zpracování půdy bez výskytu přerušujícího prvku není předpokladem pro přerušení výpočtové délky. Výpočet pomocí metody USLE nelze použít pro místa, kde plošný odtok přechází v odtok soustředěný (např. údolnice. Při výpočtu by délka neměla překročit hranici 400 m. Pro delší pozemky není metoda verifikována (Janeček, 2012).

Jak moc ovlivňuje sklon a délka svahu velikost půdního smyvu zformulovali Wischmeier et Smith (1965) za pomoci topografického faktoru LS. Tento faktor vyjadřuje poměr ztráty půdy na jednotku plochy svahu ku ztrátě půdy na pozemku s délkou **22,13 m** a se **sklonem 9%** (Podhrázská a Dufková, 2005).

Pro přímé svahy faktoru LS platí vzorec:

Rovnice č. 5: výpočet LS faktoru

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

Kde členy představují:

l_d.....nepřerušenou délku svahu (m)

s..... sklon svahu (%)

Faktory LS je možné stanovit každý zvlášť.

Faktor L se získá výpočtem pomocí rovnice:

Rovnice č. 6: výpočet faktoru L

$$L = l_d/22{,}13^{*p}$$

Kde:

l_d.....nepřerušenou délku svahu (m)

p.....exponent s vlivem sklonu svahu

Tab. č. 7 Ke stanovení exponentu s vlivem sklonu svahu dle Janečka (2002)

Svažitost (%)	p
10	0,6
5 - 9,9	0,5
3,1 - 4,9	0,4
1 - 3	0,3
< 1	0,2

Pro stanovení hodnoty faktoru sklonu (S) platí vztah:

Rovnice č. 7: vyjádření hodnoty sklonu svahu (Janeček, 2002)

$$S = \frac{0{,}43 + 0{,}30s + 0{,}04s2}{6{,}613}$$

kde:

s..... sklon svahu (%)

6.6.4 Faktor C - ochranný vliv vegetace

Vegetační pokryv má přímý účinek na ochranu svrchní vrstvy půdy před rozbíjením dopadajících dešťových kapek a zpomalování povrchového odtoku. Nepřímo se projevuje na vlastnostech půd: pórovitosti a propustnosti, a také možnosti omezení zanášení pórů jemnými částicemi a zpevněním půdy systémem kořenů (Janeček, 2012).

Vegetační pokryv může být změněn během krátké doby, ale biofyzikální změny v půdě, které rovněž ovlivňují rychlost eroze se mohou měnit pomalu v čase. Půda při podmínkách dobrého rostlinného pokryvu a stabilních podmínek se může zkvalitňovat hromaděním organického materiálu, utvářejí se makropóry půdy a dochází ke zvyšování infiltrační kapacity vody (Thornes, 1990).

Účinek ochranného vlivu vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v období výskytu přívalových srážek, měsíce duben až září. V rovnici USLE je vyjádřen pomocí faktoru C (Janeček, 2012).

Tabulka hodnot faktoru C udává poměr smyvu z pozemku s pěstovanými plodinami ke ztrátě půdy u standardního pozemků, jež je obhospodařován jako úhor, s pravidelným kypřením po jakémkoliv dešti.

Faktor C se určí pro dané pěstované plodiny dle jejich postupného střídání na pozemcích a to i s obdobím během střídání plodin a s nástupem a způsobem agrotechnických operací v 5ti obdobích, viz tabulka č. 18 uvedena v přílohách.

Tato období rozložili Wischmeier a Smith (1978) na:

1. období podmítky a hrubé brázdy

2. období přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení

3. období po dobo 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

Nakonec je nutné váhu hodnot faktoru C pro jednotlivá období korigovat procentuální rozdělením R- faktoru během roku po dnech, dekádách nebo měsících.

V případě, kdy nelze zcela zjistit osevní postupy nebo je území rozsáhlé, pak je možno určit C faktor za pomoci průměrného zastoupení plodin na daní lokalitě s použitím hodnot C faktoru v tabulce.

Za příklad Janeček (2012) udává průměrné zastoupení plodin:

kukuřice a slunečnice 50%, obilniny a řepka 45% a vojtěška 5%, z toho plyne odhad hodnoty faktoru C=0.32.

U osevních postupů jsou ideální jeteloviny, jelikož svým hustým krytem poskytují stabilizovanou půdu a jejich zbytky a strniště dávají půdě organickou hmotu. Bobovité rostliny obohacují půdu o vápník a dusík. Za nebezpečné v osevních postupech jsou plodinové monokultury, př. obiloviny, které mají slabý kořenový systém a menší krycí účinek a nabízejí se přímo k podpoře výmolové erozi. Daleko horší efekt pak mají ještě kukuřičné monokultury.

Úměrné obohacování půdy organickými hnojivy se příznivě podílí na snížení účinku eroze (Cáblík a Jůva, 1963).

Kukuřice setá patří z hlediska nízké pokryvnosti povrchu půdy, současně s širší roztečí řádků k nejproblematičtějším plodinám s ohledem k rizikavosti vodní eroze. Výsev v pozdním jaru, kdy je vyšší pravděpodobnost intenzivnějších dešťů během kratšího časového období také přispívá k erozním jevům (Brant a kol., 2020).

6.6.5 Faktor P - protierozní opatření

Hodnoty tohoto faktoru jsou vypsány dle Wischmeiera a Smithe (1978) v následující tabulce:

Tab. č. 8 Hodnoty faktoru P - protierozní opatření (Podhrázská 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 pásovém 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

Za předpokladu, když nelze dodržet vypsané podmínky maximálních délek a počtu pásu, pak není možno s danou účinnosti daného opatření s vyjádřenou hodnotou faktoru P u výpočtu průměrné dlouhodobé ztráty půdy počítat a hodnota se stanovuje na **P=1** (Janeček, 2002).

7 Pozemkové úpravy a PEO

Pozemkové úpravy patří k důležitým nástrojům, určeným k řešení vlastnických i přírodních vztahů v krajině. Dovolují prosazení návrhů v oblasti ochrany půdy, krajiny a jsou významné i k rozvoji mimoprodukčních funkcí v zemědělství (Němec, 2011).

Základní legislativní vymezení:

- Zákon o pozemkových úpravách č. 159/2002 Sb.
- Zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/92 Sb.

7.1 Cíle

Hlavním cílem pozemkových úprav je zajistit ekooptimální prostorové a funkční uspořádání pozemků při polyfunkční kostře společných zařízení. Jsou nástrojem k ochraně půdy jako neobnovitelného přírodního zdroje dovolují uskutečňovat mimoprodukční funkce. Zajišťují vyšší ekologickou stabilitu, přináší pozitivní efekt pro stav krajiny, mají významnou váhu na rozvoji venkova a venkovského prostoru. Komplexní pozemkové úpravy představují příležitost k prosazení prospěšných návrhu k životnímu prostředí a k obnově estetického hlediska krajiny.

7.2 Formy

Jednoduchá pozemková úprava se zaměřuje na řešení nedostatků v evidenci vlastnictví nebo jí lze použít, pokud se potřebuje vyřešit jeden půdní blok v rámci jednoho katastru. Může mít jeden nebo několik cílů a neřeší širší veřejné zájmy a územní vztahy. Zajišťuje efektivní hospodaření uživatelům pozemků, před provedením komplexní pozemkové úpravy.

Komplexní pozemková úprava je nejefektivnější a zároveň nejnáročnější na provedení. Aplikuje se na území, kde se identifikují následující nedostatky:

- Rozpor mezi užíváním a vlastnictvím- více uživatelských subjektu, mezi které je potřeba pozemky rozdělit.
- Nepřístupné pozemky a celé části území – návrh komunikací
- Degradační procesy přírodních zdrojů vlivem neracionálního způsobu využívání.

- Nedořešené vlastnické vztahy: např. náhradní pozemky za nevydané v restitucích, neukončené dědictví, duplicita vlastnictví apod.

(Němec 2011).

7.3 Podklady pro návrh PEO

Proces pozemkových úprav se zahájí úvodním jednáním po něm následuje jako další krok zajišťování podkladů, jejich digitální verze a práce s tvorbou v prostředí GIS. Soubor základních písemných a mapových podkladů je nezbytný pro KPÚ a jsou to také důležité zdroje informací vstupujících pro návrh protierozních opatření.

Základní písemné podklady

- Metodické podklady:
- Ochrana zemědělské půdy před erozí (Metodika č. 5/1992)
- Typizační směrnice
- Protierozní osevní postupy- metodiky
- Atlas podnebí ČHMÚ

Ostatní písemné podklady

- vymezení PHO
- územní plánovací dokumentace
- generel sítě ekologické stability
- seznam významných krajinných prvků
- soubor popisných a geodetických informací katastru nemovitostí
- programy obnovy vesnice
- vodohospodářské programy a ekoprogramy

Základní mapové podklady

- základní mapa 1: 10 000
- základní mapa odvozená 1: 5 000
- otisk katastrální mapy se zákresem vlastnických hranic parcel 1: 2 800
- mapy scelovací 1: 2 500, 1:2 880
- mapy grafického přídělového plánu
- otisk mapy KN
- mapy BPEJ 1:5 000

- mapy KPZP 1: 10 000
- základní vodohospodářská mapa 1:50 000
- letecké snímky
- digitální mapy v GIS
- studie revitalizace povodí

Základní podkladové dokumenty pro KPÚ se doplní přesnými výškopisnými a polohopisnými zaměřeními s navrženými trasami odtokových liniových prvků PEO současně použity k řešení protierozní ochrany (Dumbrovský a kol., 1995).

7.4 Terénní šetření

Po získání náležitých podkladů následuje jejich analýza a projektant si tyto údaje ověřuje terénním průzkumem. Dle náročnosti se průzkum realizuje v několika krocích a to několikrát po sobě. Prvně je zahájen generální průzkum celé oblasti s vymezeným obvodem území určeného k úpravám. Při průzkumu se ověřují hlavně získané mapové dokumenty a porovnávají se v nich odlišnosti se skutečností v terénu, nepřesnosti se následně upraví.

Jsou sledovány hlavně:

- Vodohospodářské poměry, vodní zdroje a ochranná pásma
- Poměry odtoku (identifikace soustředěných drah povrchového odtoku)

Ověřují se rozvodnice, erozní jevy, míra erozního ohrožení, zamokřené plochy, inundace.

- Stav vodotečí, odvodněné plochy
- Organizace půdního fondu
- Reliéf
- Způsoby hospodaření na pozemcích
- Souvislá a rozptýlená zeleň
- Poměry odtoků, které ohrožují intravilán

7.5 Zjišťování celospolečenských zájmů

Následně po zahájení KPÚ jako první bod projektant zahajuje zjišťování stanovisek dotčených organizací pro účely analýzy celospolečenských zájmů.

Dotčená organizace od projektanta obdrží mapový podklad s vyznačením obvodu pozemkových úprav, povodí či dílčí povodí s předpokládaným povrchovým

odtokem. Zahrnuje-li tento obvod nutnost řešit protierozní opatření, pak se vyznačí na mapě lokalita s erozním ohrožením s uvedením navrhovaných protierozních opatření.

7.6 Účastníci pozemkových úprav

jsou stanoveny zákonem č. 139/2002 Sb. o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech. Patří k nim:

- Pozemkový úřad - investor pozemkových úprav
- známí vlastníci pozemků určených pro předpokládaný obvod PÚ
- další fyzické a právnické osoby, u kterých lze předpokládat dotčený vlastnických a jiných práv k pozemkům
- obec (zastupitelstvo)
- stavební úřad
- stavebník
- současný nájemce zemědělských ploch
- Státní pozemkový úřad
- Zpracovatel pozemkových úprav
- další účastníci řízení na základě rozhodnutí SPÚ (Vlasák, Bartošková, 2007).

8 Krajina

8.1 Krajina

Pojem krajina má celou řadu definic. Je to dáno její složitou podstatou a také různorodými pohledy na ni. Krajina představuje složitý systém, který je možné pochopit pouze při systémovým a holistickým přístupem, tedy zkoumáním vazeb, principů a vzájemných procesů (Sklenička, 2003).

8.2 Krajinné prvky

Krajinné prvky znamenají přírodou nebo člověkem vytvořené útvary, které jsou nedílnou součástí zemědělské krajiny, vytvářejí její členitost a spoluvytvářejí její ráz.

Krajinné prvky mají následující funkce:

- protierozní -snížení vlivů erozních činitelů na půdu

- zvyšování retenční schopnosti krajiny, zadržení vody v krajině (průlehy, suché poldry), podpora infiltrace vody (př. pomocí zasakovaných pásů).
- udržování nebo zvýšení ekologické stability území a biologické rozmanitosti, propojení s jinými přírodními útvary.
- krajinářská - tvorba krajiny, ochrana krajinného rázu
- estetická a rekreační - krajina subjektivně působí na člověka a dává mu prostředí k rekreaci a odpočinku
- ochrana přírody a krajiny - významné krajinné prvky, CHKO, NP aj.
- protipovodňová ochrana krajiny -přírodní opatření a přirozeného rázu mají nižší náklady na provedení ochrany před povodněmi, než je tomu u staveb, např. hrází a dalších.

(www.eAGRI.cz, 2022)

8.3 Krajinný ráz

Krajinným rázem je myšlena přírodní, kulturní a historická charakteristika daného místa či oblasti. Chrání se před činnostmi snižující jeho estetikou a přírodní hodnotu. Povolování a umisťování staveb smějí být prováděny při ohledu na zachování významných krajinných prvků, kulturních dominant, zvláště chráněných území, harmonického měřítka a vztahů v krajině (Löw, 2003).

Obrázek č. 8 pohled z Toušeni směr Brandýs nad Labem - foto autor

Obrázek č. 9 př. dle autora snížení estetické hodnoty kulturní dominanty nevhodnou zástavbou, pohled na Zápy, kostel sv. Jakuba Staršího

Institut krajinného rázu v pozemkových úpravách.

Krajinu jako celek nebo její jednotlivé vlastnosti je možné v rámci podkladů návrhu PÚ ovlivnit následnými postupy:

- návrhem vlastnického uspořádání pozemků
- delimitací kultur
- rozvedením generelu ÚSES
- návrhem protierozních a vodohospodářských opatření
- návrh revitalizace vodních toků
- návrhem krajinářských úprav

(Sklenička, 2003)

ÚSES – Územní systémy ekologické stability

Vysoce stabilní ekosystém má schopnost lépe odolávat vlivům, které vyvolávají změnu.

Územní systém ekologické stability je soustava ekologicky stabilnějších částí krajiny, které jsou umístěny účelně dle funkčních a prostorových kritérií. V prvním kroku u tvorby ÚSES se vymezí tzv. kostra ekologické stability. To jsou všechny

ekologicky stabilnější části v krajině, kde není brán ohled na jejich funkční vztahy (Míchal, 1994).

9 Protierozní opatření

Ochranou půdy před erozí se zabývají různé vědní obory, např. krajinná ekologie, inženýrství. Uplatňují se konkrétní opatření, která nelze jednoduše paušalizovat a je vždy nutné brát v potaz podmínky konkrétní oblasti, typu eroze, typ reliéfu, půdní podmínky, typ půd a způsoby obdělávání půdy apod. (Záhora, 2015).

Mezi nejúčinnější způsob ochrany před erozí je prevence a samotné předcházení erozním příčinám (Záhora, 2015).

Při protierozní ochraně půdy je snahou zejména:

- Odstranit umělé příčiny eroze, např. špatné hospodaření, obdělávání půdy
- zvýšit odolnost půdy pomocí její struktury, stavu vláhy a také účinkem krytu rostlin
- chránit půdu různorodými prostředky bránící erozi a také napravovat škody

(Cáblík a Jůva, 1963).

V rámci omezování škod erozí je nezbytné prosadit komplexní opatření představující:

- přizpůsobit strukturu pěstovaných plodin morfologickým podmínkám daného území
- zavést půdoochranné technologie pěstování
- uskutečnit technická opatření a ochranu pozemků před působením vody z výše položeného území.
- zachovávat zásady protierozní ochrany i pro nezemědělské pozemky, zejména pro lesní
- uskutečnit protierozní opatření v povodí

(Šarapatka, 2002).

K zajištění ochrany zemědělské půdy na svazích před vodní erozí slouží vhodná protierozní opatření.

O aplikaci správné ochrany proti erozi jsou rozhodující požadavky na účinnost opatření, snížení smyvu půdy a také ochrana objektů, mezi které spadají

vodní toky, zdroje vod, nádrže a také zástavba obcí, měst. Současně při tom musejí být respektovány zájmy vlastníků a hospodářů půdy, dále se bere v potaz ochrana přírody, životního prostředí a krajiny. V převážné části se jedná o komplexní organizační, agrotechnická a technická opatření, která spolu vhodně spolupracují tak, aby byly zajištěny požadavky pro základní zemědělskou výrobu (Janeček, 2007).

Mimo protierozní funkci tato opatření zasahují svou funkcí také do vodohospodářských poměrů krajiny:

- snižování objemu povrchového odtoku a kulminačních průtoků v malých povodích.
- dokáží měnit směr náhlého a občasného povrchového odtoku
- podílí se na zvyšování vlhkosti půdy a zlepšují kvalitu povrchové vody

(Hůla a kol., 2003)

9.1 Ekologické zemědělství

Představuje šetrné hospodaření na zemědělské půdě. Jedná se o alternativu ke konvenčnímu způsobu hospodaření, které přinášejí pro zemědělskou krajinu pozitiva. Vychází z myšlenek, že má člověk projevit snahu o takové hospodaření, které bude v souladu s přírodou a upřednostňováním svých etických a morálních hodnot.

Využívají se biologické technologie bez využívání chemie. Nepoužívají se umělé pesticidy, které dovedou hubit mimo škůdce i ostatní živočichy a rostliny. Upřednostňuje se kvalita před kvantitou.

Úrodnost půdy se zajišťuje chlévským hnojem, zaoráváním rostlin, pěstování meziplodin nebo rostlin, které dokáží vázat vzdušný dusík. Zdroje z přírody se využívají s ohledem na životní prostředí. Správná péče o půdu je základem k úspěchu ekologického zemědělství.

Půda v ekologickém zemědělství má zpravidla **vyšší podíl organické hmoty**, která má zásadní pozitivní vliv na půdní vlastnosti. V půdě je pak rozvinutější edafon, houby, mikroorganismy, které ucelují optimální prostředí pro pěstované plodiny. Půda s dostatečným podílem organické hmoty je zdravější, má lepší infiltrační a fyzikální vlastnosti a **odolává tak lépe degradaci v podobách větrné a vodní eroze** (Vácha, 2019).

9.2 Agrotechnická opatření

Erozí jsou nejvíce ohroženy plochy půdy v období bez vegetace. Principem agrotechnických opatření je minimalizace právě tohoto období. Jako ochranu lze využít zbytky rostlin po sklizni a biomasu meziplodin. Podstatné je, aby tím nebyla narušena infiltrace vody do půdního profilu. Za rizikové období pro vodní erozi platí období tání sněhu a přívalové deště vyskytující se mezi červnem a srpnem. (Janeček. 2012).

Do agrotechnických opatření patří především ochranné obdělávání s celou řadou technologických postupů, s ponecháním alespoň 30% posklizňových zbytků na povrchu půdy (Hůla a kol., 2003).

Za jedno z velmi účinných opatření lze považovat technologie ochranného zpracování půdy. Namísto orby se používá mělké kypření půdy, případně lze využít i hlubší kypření pomocí dlátových kypřičů, které však při manipulaci neobracejí vrstvu půdy (Janeček, 2012).

9.2.1 Technologie protierozního pěstování brambor

Brambory patří mezi širokořádkové plodiny, které nedostatečně chrání půdu proti erozi.

U brambor vysázených v řádcích po spádnici dochází k zrychlení eroze za přívalových dešťů a nastane 40-70% odtok, jež dokáže způsobit odnos až 25 tun ornice během 1 hodiny. Při pěstování ve vodorovných řádcích je však odtok pouze 3%, s odnosem ornice do 2 tun za hodinu (Cáblík a Jůva, 1963).

Vodní erozi u brambor lze omezit následujícími způsoby:

Náhrada orby **diskováním**, případně kypřením se postará o postačující množství zbytků rostlin na povrchu půdy. Do **zkypřeného mulče** se pak na jaře provádí sadba brambor.

Tento postup je doporučen provádět u svahů se sklonem maximálně do 5%. Oproti klasickému pěstování se ve výsledku docílí 10% protierozního účinku. Jako doporučení je vhodné provést alespoň jedenkrát za 4 nebo 5 let orbu, která se podílí na funkci odplevelení a zúrodnění (Kvítek a Tippl, 2003).

Hrázkování

Provádí se hrázkovačem. Zakládají se ochranné hrázky v meziřadí hrubků ve stejné vzdálenosti, tím vzniknou malé akumulační příkopy, které brání vznikání soustředěného povrchového odtoku a podporují zadržení vody přímo na pozemku (Kobzová a Kristenová, 2012).

Obrázek č. 10 Detail. hrázkovače brambor (Novotný a kol., 2017)

Důlkování

Podobná technologie jako hrázkování u brambor, místo hrázek se vytvářejí důlky. Tato technologie patří ke klasickým technologiím pěstování, kdy jsou vytvářeny důlky v meziřadí ve vzdálenostech 30-40 cm (Kobzová, Kristenová, 2012).

Důlky omezují povrchový odtok v meziřadí a zároveň zvyšují možnosti infiltrace vody. Zpravidla je možné na 1 ha vytvořit 28 000 důlků o objemu 2l, což představuje schopnost zadržet až 56m^3 vody na 1 ha.

- Provádí se bezprostředně po výsadbě brambor pomocí tzv. Důlkovače.
- Řádky se vedou ve směru vrstevnic
- Pro zajištění nejvyšší míry účinnosti opatření musí být nepřerušená délka pozemku po svahu max 300 m (Kobzová, Kristenová, 2012).

Obrázek č. 11 Důlkování s detailem důlku v meziřadí brambor (Novotný a kol., 2017)

Důlkovaná plocha má danou hodnotu protierozních opatření P v závislosti na sklonu svahu. Při výpočtu je nutné stanovit vážený průměr důlkované a nedůlkované plochy (Podhrázská, 2007), tab. č. 9.

Tab. č. 9 Hodnota faktoru P v závislosti na terénním sklonu (Podhrázská, 2007)

Sklon svahu		Hodnota faktoru P
2-7 %	1-4°	0,25
7-12 %	4-7°	0,3
12-18 %	7-10°	0,4
18-24 %	10-13°	0,45

9.2.2 Technologie protierozního pěstování kukuřice a slunečnice

Z širokořádkových plodin, které chrání nejméně půdu proti erozi patří kukuřice. Při pěstování kukuřice v ČR dochází na exponovaných místech k vážným erozním škodám, způsobeným vodní erozí. Z krátkodobého hlediska nepředstavují protierozní techniky ekonomické nebo provozní přednosti, většinou se nezvýší výnosy, ale důležitější mají charakter v důsledku ochrany půdy a omezení následných škod vlivem působení eroze (Hůla, 2003).

Mezi nejjednodušší způsob, jak zajistit ochranu proti erozi je **vysséváním obilných pásu po vrstevnici.** Jedná se však o dočasné řešení, které poskytuje ochranu pouze u slabšího erozního ohrožení.

Sejí se pruhy ozimé obilniny s běžným secím strojem a to rovnoběžně s vrstevnicemi. Jako vhodná obilovina se jeví ozimý ječmen jelikož po zasetí na jaře nemetá a nevytváří tak konkurenční prostředí v raném stádiu náchylnější kukuřici.

Pruhy se sejí s odstupňováním 20 až 40 m od sebe, vždy závisí na konkrétním stupni erozního ohrožení. Účinnost tohoto opatření se snižuje při odstupu nad 20 m.

Při tomto způsobu ochrany při odstupňování pruhů 20m od sebe je snížený výnos z plochy kukuřice nejvýše 5%. Obilné pásy i při určitých vícenákladech patří po technické stránce mezi nenáročné činnosti.

Mezi další způsob patří **setí kukuřice při současném setí ochranné podplodiny**. Užije se ozimé žito pro každé druhé meziřadí kukuřice. Protierozní účinnost nastupuje přibližně po jednom měsíci po zasetí.

Obrázek č. 12 Kukuřice setá s ochrannou podplodinou (ozimé žito) (Novotný a kol., 2017)

Všechny agrotechnické operace by měly být prováděny ve směru vrstevnic případně s malým odklonem.

a) Setí kukuřice do ponechaného strniště se zbytky rostlin

Zbytky rostlin po sklizni přezimující meziplodiny poskytují dobrou protierozní ochranu, avšak je nutné zlikvidovat plevely neselektivními herbicidy. Pro setí kukuřice do strniště je vyžadován přesný secí stroj s rotačním zpracováním pro řádek výsevu. Nezpracované meziřadí tak plní protierozní funkci.

b) Setí kukuřice a slunečnice do slámy z obilí

Kukuřice a slunečnice se na jaře seje do ponechaného strniště a slámy ze sklízené obiloviny. Výdrol a plevele se ošetří herbicidy.

Pěstování kukuřice pod fólií

Využívá se principu solarizace, kdy je půda pokryta průhlednou fólií, díky které se zvyšuje teplota půdy a vzduchu mezi půdou a fólií. Fólie přispívá ke skleníkovému efektu, dociluje se tím hlavně optimálních podmínek pro růst rostlin. Fólie dovoluje časnější setí kukuřice a tím prodlužuje dobu vegetace. Pozitiva jsou v nárůstu výnosů a kvalitativních parametrech. Pokrytí půdy fólií může omezovat degradaci půdní struktury na začátku vývoje rostlin a současně snižuje následná erozní rizika. V ČR se tento systém pěstování kukuřice seté ověřuje od roku 2015, kdy se začalo se systémem Samco (Brant a kol., 2020).

9.2.3 Protierozní technologie při pěstování řepky ozimé

Opatření proti erozi u pěstování řepky ozimé jsou důležitá zejména při tradičním zpracování půdy v době před zasetím, kdy se v našich zeměpisných podmínkách vyskytuje průměrně až 30% přívalových srážek. Jemné zpracování půdy pod ozimou řepkou, tak představuje vyšší ohrožení.

Mezi způsoby ochrany proti erozi patří u ozimé řepky setí do mulče přesným secím strojem, který má kotoučové secí botky. jako mulč se dá použít chemicky umrtvený porost jílku jednoletého (strniště, ponechaných zbytků rostlin).

Takto setá ozimá řepka se co se týče vzcházivosti i výnosů vyrovná tradičnímu setí do půdy (Janeček , 2002).

9.3 Organizační opatření

Při návrhu protierozních opatření mají rozhodující vliv dva erozní činitelé - délka a sklon svahu. Jejich účinek na vznik a průběh eroze lze snížit v omezení tangenciálního napětí a rychlosti povrchového odtoku vody na hodnotu, která již nedovoluje rozrušování půdy. Mezi nejúčinnější opatření je snížení sklonu pomocí terasování. Toto opatření je však velmi nákladné a uplatňuje se převážně u velmi ceněných půd. Jako příznivější možnost se nabízí snížení kritické délky svahu. Zde rozhoduje přípustná délka svahu, jež lze charakterizovat jako vzdálenost, při které dochází u nepřerušeného svahu ke změně povrchového plošného odtoku na soustředěný odtok (plošná eroze se mění ve výmolnou) (Holý, 1994).

Tato vzdálenost (přípustná délka) se dá stanovit na základě výpočtu přípustné ztráty půdy vodní erozí (Janeček, 2012).

9.3.1 Delimitace druhů pozemků a ochranné zatravnění a zalesnění

Značí prostorové a funkční optimalizace pozemků, na kterých se pěstují jednotlivé kulturní plodiny. Při organizaci půdního fondu se člení na ornou půdu, zahrady, louky, vinice, sady a chmelnice a pastviny. Cílem této optimalizace je vymezení funkčního zaměření, které je pro dané erozně ohrožené lokality protierozní a vodoochranné (Podhrázská, 2005).

Jako nejlepší ochranu před působením eroze zajišťují trvalé travní porosty a zalesnění. Pro pozemky s mělkou půdou o hloubce do 30 cm se doporučuje pro zachování úrodnosti provést trvalé zatravnění (Janeček , 2007).

Trvalé travní porosty by měly dle Janečka (2008) chránit následující plochy:

- podél břehů vodních toků, nádrží
- dráhy soustředěného povrchového odtoku
- profily průlehů a tělesa ochranných hrázek

Půda dokáže pojmout velké množství vody. Tzv. retenční schopnost závisí na charakteru půdy, hloubce a také její degradaci, která za důsledek zmenšování retenčního prostoru. Nejúrodnější půdy v ČR dokáží pojmout v 1m3 až 360 l vody.

Infiltrace vody je úzce spjata s retencí. Pokud nemůže voda vstoupit do půdy, pak jednoduše stéká po povrchu a přispívá k urychlenému odtoku vody a také k povodňovým stavům během intenzivních srážek (Vopravil, Khel, 2016).)

Ochranné zalesnění se ve většině případů uplatňuje jako plošné nebo také jako ochranné lesní pásy. Ideální je les smíšený s pestrým bylinným patrem a půdou pokrytou hrabankou (Janeček, 2008).

9.3.2 Velikost a tvar zemědělských pozemků

Ve vyspělých zemích se tvar, velikost i umístění pozemků organizuje s ohledem na velkovýrobu a mechanizaci. Nejvíce vyhovující jsou pravidelné souvislé územní plochy se stejnými poměry sklonu a totožnými podmínkami půd. Tvar a velikost pozemků se u erozně ohrožených území volí tak, aby se brali v potaz požadavky protierozní ochrany a účelně se přizpůsobili danému reliéfu, který se významně podílí na vodním a větrném režimu v krajině.

Erozně ohrožené pozemky se sklonem větším než 5% se mají umisťovat delší stranou ve směru vrstevnic a také ve stejném směru obdělávat. Vrstevnicové obdělávání přispívá k vsakování dešťové vody do půdního profilu a současně tak zmenšuje riziko vzniku erozně činícího povrchového odtoku (Holý, 1994).

9.3.3 Protierozní rozmístění plodin

Vychází se ze zásady, že je vhodné pěstovat plodiny, které nedostatečně chrání půdu před erozí (okopaniny, kukuřice a další širokořádkové plodiny) vždy na pozemcích rovinných nebo pozemcích s mírným sklonem.

9.3.4 Pásové střídání plodin

Ochrana půdy je realizována střídáním pásů ochranných plodin např. jetel, vojtěška, travní porosty s pásy plodin s malým ochranným vlivem okopaniny, kukuřice.

Šířka pásu se odvozuje na základě sklonu a délce svahu, propustnosti půdy, její kvality a na šířce záběru zemědělské techniky. Obecně platí šířka pásů od 20 m do 40 m dle sklonu pozemků.Počet pásů je dán délkou svahu, kterou lze přerušit za pomoci příkopů či průlehů (Janeček, 2007).

Obrázek č. 13 Pásové střídání plodin foto VÚMOP, v.v.i.(Novotný a kol., 2017)

Pásy vrstevnic je vhodné uspořádat tak, aby se mezi totožně široké pásy plodin umísťovali různě široké pásy jetelovin, travních porostů při ohledu na měnící se sklon terénu. Tím dojde k jakési korekci umožňující zachování pásů stejné šířky u pěstovaných plodin (Janeček, 2007), viz tab. č. 10.

Tab. č. 10 Určení šířky pásů (m) dle svažitosti v (%) (Janeček, 2002)

Svažitost (%)	Šířka pásů (m)
1 - 2	40
3 - 8	30
9 - 16	25
17 - 20	20
21 - 25	15

9.4 Biotechnická a technická protierozní opatření

Když nelze dosáhnout ochrany před erozí organizačními a agrotechnickými opatřeními, pak se přistupuje k zavedení technických protierozních opatření, mezi které patří urovnávky terénu, vrstevnicové meze, terasy, příkopy, průlehy, zatravněné údolnice, ochranné hrázky a protierozní nádrže. Návrh těchto opatření je koncipován zejména v rámci pozemkových úprav a jsou součástí dalších opatření plánu společných opatření. Po realizace těchto opatření se zajišťuje následná péče a údržba, aby byla zajištěna trvalá účinnost ochrany (Janeček, 2007).

Pro návrhy některých opatření působících proti vodní erozi, zejména pak u biotechnických opatření se musejí stanovit parametry návrhu s ohledem na současné hydrologické charakteristiky uvažovaného území. Mezi tyto způsoby se řadí hydrologické modely, ze kterých je nejvíce doporučovaný model udávaný jako metoda čísel odtokových křivek CN (Sklenička, 2003)

9.4.1 Terénní urovnávky

Jejich principem je odstranění lokálních nerovností a útvarů v terénu, které mají významný vliv na směřování a soustřeďování povrchového odtoku. V praxi se nejčastěji odstraňují mělké údolnice.

Opatření se provádí přesunem půdy v rámci pozemku a to pouze na hlubokých půdách nebo se zužitkováním navážek (Novotný a kol., 2017).

9.4.2 Terasy

Mezi způsob, jak vyřešit problémy s erozí u extrémně svažitých pozemků , jejichž sklon je vyšší než 20% a současně se jedná o hluboké a velmi hluboké půdy je využití techniky terasování. Díky terasování velmi svažitých ploch se také využije jejich potenciál pro zemědělské využití, vhodné jsou zejména speciální trvalé kultury, mezi které patří sady a vinice. Při návrhu teras je nutné brát v potaz aspekty optimálního využití ploch a tedy jim uzpůsobit vhodné tvary, dále zajistit přístupnost a zajistit nejlépe vyhovující vodohospodářský stav (Janeček, 2007).

Terasy se budují úzké s terasovou plošinou širokou tak, aby umožnila výsadbu 1 nebo 2 řad ovocných stromů či vinné révy. Nebo také široké s terasovou plošinou širokou pro výsadbu 3 a více řad či široké pro klasické zemědělské plodiny. Terasy se stavějí jako zemní se sklonem terasového svahu určením přirozené pevností půdy. Ke zpevnění je použita vegetace (travní porost a keřové dřeviny). Možné jsou rovněž terasy s opěrnými zdmi, ty se však navrhují při velmi velkých sklonech nad 30% a díky vysokým nákladům na jejich zhotovení se s nimi setkáme výjimečně (Janeček, 2007).

Pro terasy platí dle Janečka (2007) následující parametry:

- sklon svahu terasy, délka a výška
- šíře terasové plošiny, délka, podélný a příčný sklon
- způsob zpevnění svahu terasy
- způsob odvodnění z terasové plošiny
- přístupnost terasové plošiny pro dopravu a agrotechniku

Pro svahy teras vyšší než 6 m se doporučuje posouzení jejich stability, pokud neurčí jinak geologický průzkum. Terasování není vhodné pro svažná území s karpatskými flyši a jílovitými půdami.

Mezi nevýhody teras patří jejich vysoké nároky na finance a technická řešení. Další komplikace pak nastávají s vlastnictvím pozemků a také při zanedbání údržby špatný stav teras (zborcení). Pro tyto důvody se s terasami setkáváme dnes pouze výjimečně (Janeček, 2007).

9.4.3 Protierozní příkopy

Příkopy rozeznáváme otevřené, nezpevněné nebo zpevněné, jejichž příčný profil má tvar lichoběžníku.

Sběrné a odvodné příkopy

Navazují na přirozenou a umělou hydrografickou síť. Odvodňovací kanály se zavádějí s ohledem na zásady protierozní ochrany. U sběrných příkopů je jejich hlavním pravidlem přerušení velké délky povrchového odtoku po spádnici. Svodné příkopy pak bývají budovány v údolích pro odvod vody ze sběrných příkopů (Janeček, 2007).

Záchytné příkopy

Vytvářejí se nad chráněným územím pro místa, kde hrozí nebezpečí přítoku vod z výše položených míst, zejména se jedná o lesní plochy. Při návrhu jejich sklonu a profilu je nutné myslet na schopnost odvádění návrhové kulminačního průtoku a to s dobou opakování nejméně jednou za 10 let a současně se zaručením transportu splavenin.

Pro plánování propustků pod dálnicemi, železnicí a dalšími komunikacemi se musí hydrologické údaje dle normy ČSN 75 1300 zpracovat nebo ověřit ČHMÚ.

Návrh příčného profilů příkopů je dimenzován na základě hydraulických vztahů pro otevřená koryta (Janeček, 2007).

9.4.4 Polní cesty s protierozní funkcí

Pro doplnění protierozní ochrany je výhodná síť polních cest, které mají cestní příkopy či průlehy na straně blíže ke svahu. Výhoda spočívá s vytvoření komunikačního propojení s funkcí protierozní ochrany. Polní cesty, které jsou vybudovány nad terénem pak mohou sloužit jako protierozní hrázky (Janeček, 2002).

Polní cesty se navrhují na základě norem ČSN 73 6109 Projektování polních cest a pomocí dalších metodik. Při návrhu se zohledňují kritéria dopravní, ekologická, půdoochranná, vodohospodářská, estetická, krajinářská a ekonomická (Vlasák, Bartošková, 2007).

Liniová zeleň umístěná podél polních cest či jiných komunikací patří z pohledu krajinného rázu a i s ohledem na ekologický význam k nejvýznamnějším

typům rozptýlené zeleně v krajině. Společně s vegetačním doprovodem u vodních toků představuje přibližně 70-75% rozptýlené zeleně (Sklenička, 2003).

Dle významu lze rozlišovat polní cesty:

Hlavní - soustřeďují dopravu z polních cest vedlejších nebo přímo z pozemků a zpravidla se napojují na komunikace vyšších tříd. Doporučuje se navrhovat je jako jednoproudové s výhybnami či dvouproudové se zpevněným povrchem vozovky a odvodněním. U jednoproudových mají být výhybny voleny na přehledných místech s dostatečným rozhledem. Pro jednoproudové se doporučuje šířka koruny 4m (šířka vozovky 3 - 3.5 m , šířka krajnice 0,25 - 0,5 m), pro dvouproudové pak šířka koruny 6 m (šířka vozovky 5 m, šířka krajnice 0,5 m).U těchto typů cest se stanovuje rychlost v rozmezí 30-50 km/h (Vlasák a Bartošková, 2007).

Vedlejší - obstarávají dopravu z přilehlých pozemků přímo, napojují se na polní cesty hlavní nebo na komunikace III. třídy. Bývají jednoproudové s korunou o šířce 4 m, se zpevněným či nezpevněným povrchem. Výhybny se pouze doporučují.

Doplňkové - propojují jednotlivé půdní celky, převážně v rámci jednoho vlastníka. navrhují se jednoproudové, nezpevněné a využití mají pouze sezónně (Vlasák a Bartošková, 2007).

Polní cesty jsou za účelem ochrany vybaveny odvodňovacími systémy.

Jedná se buď o podélné odvodnění, do kterých patří cestní příkopy, rigoly a trativody. Dále je možné příčné odvodnění, zahrnující podsyp, příčné trativody a svodný žlabek (Švehla a Vaňous, 1995).

9.4.5 Zatravňovací rohože.

Jsou tkaninové koberce se zapracovaným travním osivem, sloužící ke stabilizaci a ochraně sanovaných svahů a to v celé ploše (Herynek, 1993).

9.4.6 Protierozní nádrže

Nádrže patří mezi účinná opatření, která regulují odtok vody a zachycují splaveniny. O jejich realizaci by mělo být uvažováno zejména v případech , kdy i

přes opatření v povodí jsou ohroženy intravilány obcí a jsou transportovány látky ve větším množství do povrchových zdrojů vod (Janeček, 2007).

Pro jejich maximální účinnost zachycení splavenin má být záchytný prostor navržen velký tak, aby pojmul objem vody z přívalových srážek při průměru doby opakování nejméně 50 let (Janeček, 2007).

Dojde-li k usazení splavenin, pak z nádrže odteče téměř čistá voda.

Při brání hlediska na kvalitu vody jsou vhodnější suché nádrže, které při suchu poslouží jako louky. K jejich plnění dochází pouze v době zvýšeného odtoku z povodí. Následuje pozvolný odtok vody a nánosy splavenin se vysušují a prorůstají trvalými travnými porosty. Oproti trvale zatopeným nádrží není nutné mnohdy se starat o odstraňování nánosů (Janeček, 2007).

Návrh, výstavba, rekonstrukce a provoz se řídí u nádrží s celkovým objemem větším než 5000 m^3 normou ČSN 73 6824 známou jako Malé vodní nádrže. Hydrologické podklady se řídí normou ČSN 75 1300 a zpracuje je nebo ověří ČHMÚ (Janeček, 2007).

Hlavní nevýhodou nádrží je jejich vysoká nákladnost, proto je výhodnější protierozní funkci nádrží spojit i s jiným využitím, avšak nesmí dojít k ohrožení základních požadavků na protierozní ochranu (Janeček, 2007).

9.4.7 Protierozní hrázky

K budování protierozních hrázek na úpatí svahů zemědělských ploch je důvod především v ochraně objektů před zatopením povrchovou vodou z přívalového deště a zanesením erozními smyvy.

Výška hrázky a prostor před ní se musí budovat s ohledem na plánovanou potřebu retence, včetně objemu erozních usazenin. Většinou se navrhují jako zemní, nejvýš 1 m až 1.5 m vysoké. Jejich opevnění je realizováno zatravněním. Hrázky musí obsahovat zařízení k vypouštění relativně čisté vody. Půdní částice jsou usazeny před hrázkou a jiné předměty zachytí ochranná mřížka před samotným vypouštěcím zařízením.

Protierozní hrázky je vhodné navrhovat namísto méně účinných vrstevnicových mezí a to tam, kde by se při malém sklonu zanášeli průlehy a přikopy (Janeček, 2007).

9.4.8 Protierozní meze

Meze lze dle období dělit na historické a současné.

Historické meze

V krajině se utvářely na hranici dvou pozemků při ukládání nasbíraných kamenů. Orbou po vrstevnici docházelo k posunu půdy směrem dolů po svahu. Postupně se tak naorávala půdy k horní hranici a odorávala zdola. Kameny se z prostého důvodu úspory místa skládaly do opěrných zdí. Vznikaly tak terénní stupně o výšce 1.5 až 2 m s orientované povětšinou po vrstevnici (Novotný a kol., 2017).

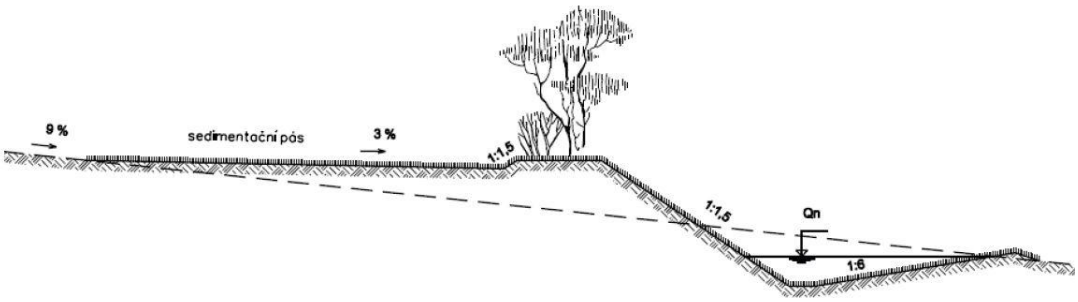
Historické meze v zásadě plnili funkci snižování podélného sklonu svahu (obdoba funkce teras).

Tyto meze však nebyly pro přerušení odtoku vůbec zamýšleny. Funkce odtoku se tak plnila jen nahodile a z dnešního hlediska je nelze navrhovat a realizovat, jelikož vznikaly samovolně během dlouhého období (desítky , až stovky let) (Novotný a kol., 2017).

Současné meze

Často se navrhují jako bezodtokové s průlehy ve spodní nebo horní části či bez. Poskytují trvalou překážku soustředěnému povrchovému odtoku. V základu se skládají ze tří částí: zasakovacího pásu nad mezí, tělesa meze a odváděcích prvků (Dumbrovský, Pivcová a kol., 1995).

Při návrhu protierozní meze by měla na základě sklonu svahu být vysoká mezi 1- 1.5 m, ve sklonu 1:1,5 se zatravněním popřípadě doplněna doprovodnou zelení. Tyto meze jsou navrženy v podélném sklonu 2-5% s napojením ke svodnému prvku, např. průleh, příkop, stabilizovanou strž, stabilizovanou dráhu povrchového odtoku atd. Doprovodný průleh nad mezí nebo pod ní se dimenzuje na N-letý návrhový průtok. Pásy sedimentační a zasakovací nad mezí se nechají zatravnit v minimální šířce 6 m.



Obrázek č. 14 příčný řez protierozní mezí, (Janeček, 2012)

9.4.9 Protierozní průlehy

Průlehy jsou mělké, široké příkopy mající mírný sklon svahů se založeným malým podélným sklonem, kde se voda stékající po povrchu zachytí a beze škod se odvede pryč. Dle funkce se dělí průlehy na záchytné a svodné (Janeček, 2012) .

Záchytné:

Bývají navrhovány pro pozemky se sklonem do 15% a zpravidla se zatravněním. Kombinují funkci záchytnou s funkcí odváděcí. Mají zaústění do svodných příkopů, průlehů nebo stabilizovaných údolnic.

Dle Janečka (2012) se nabízí několik variant záchytných průlehů:

- se zatravněným pásem
- se sedimentačním pásem
- s doprovodnou hrázkou
- s vegetačním průvodem

Průlehy se dimenzují pro dané N leté průtoky dle hydrotechnických a hydraulických výpočtů.

9.4.10 Stabilizování drah soustředěného povrchového odtoku

Přirozené a upravené dráhy soustředěného povrchového odtoku zpevněné vegetačním krytem si spolehlivě poradí s odvodem povrchového odtoku, aniž by při tom docházelo k projevům eroze.

Hlavní roli při soustředěném povrchovém odtoku hraje morfologie krajiny, úžlabiny, příčně zvlněné pozemky, údolnice a to v období přívalových srážek nebo

v důsledku jarního tání. Převážně se při soustředěném odtoku vody po povrchu utvářejí erozní rýhy. Ideální ochrana spočívá ve vegetačním krytu, např. zatravnění (Janeček, 2012).

9.4.1 Zasakovací pásy

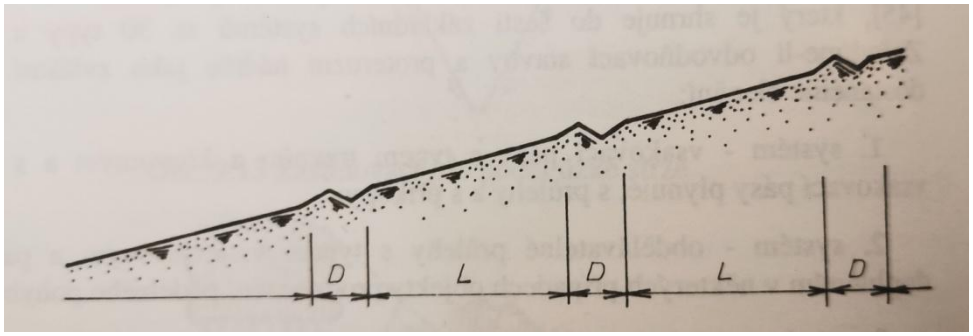
Zasakovací pásy patří společně se zatravněnými údolnicemi mezi mocný způsob liniové ochrany před erozí. Jejich předností je menší náročnost na finance. Jejich funkce spočívá v transformaci povrchových odtoků vody, převážně z výše umístěných ploch, díky vsaku v odtok podpovrchový.

Zasakovací pásy mohou být tvořený travními porosty, křovinami a případně lesy. Navrhují se u svažitých pozemků podél vrstevnic, v daném místě jsou prostřídány s plodinami, které nedostatečně chrání půdu před smyvem. Dále mohou být navrhovány podél vodních nádrží a vodotečí, kde mají zabraňovat vzniku smyvu půdy (Podhrázská a Dufková, 2005).

Šířka pásů by neměla být menší než 20 m (Vlasák, Bartošková, 2007).

Účinnost zasakovacích pásu podléhá vegetačnímu krytu, typu půdy, její vlhkosti, sklonu svahu, šířce pásu a síle přívalových srážek. Účinnost je možné navýšit v kombinaci s dalšími technickými opatřeními, převážně se jedná o průlehy a záchytné příkopy (Podhrázská a Dufková, 2005).

U průlehů se příčný profil navrhuje se sklonem nejvýše 1:5, aby byl zajištěn přejezd zemědělské techniky. Podélný klon je nulový, z důvodu veškerého vsaku přitékající vody z výše položených míst do půdy v místě travním nebo křovinném pásu. Křovinné vsakovací pásy s průlehy se mohou vysazovat z funkční zeleně, jejich nevýhodou je vyšší náročnost na zemědělskou plochu a tím snížení plochy k obhospodařování (Holý, 1994).



Obrázek č. 15 zobrazení travních vsakovacích pásů s průlehy (Holý, 1994)

Vyskytují-li se vyšší hodnoty povrchového odtoku, pak je možné na svazích navrhnout travní nebo křovinné pásy s příkopem. nejmenší šířka dna by měla být 30 cm, sklon svahů 1:1 a podélný sklon nulový. nad příkopem bývá 2 m široký travní pás vojtěšky či jetele. Toto opatření má vysokou účinnost, avšak zabraňuje přejezdům zemědělské techniky (Holý, 1994).

9.4.2 Rozptýlená zeleň

Rozptýlená zeleň v krajině má celou řadu významných funkcí, jedna z nich představuje půdoochrannou. Prvky rozptýlené zeleně se podílejí buď samostatně nebo doplňují prvky ochrany před erozí. Převážně se uplatňují na přerušení spádnice (meze, porosty příkopů) při zpevnění břehů u vodních toků břehovými porosty a také proti větrné erozi větrolamy (Sklenička, 2003).

9.4.3 Mokřady

Za mokřady se považují místa s vysokou hladinou podzemní vody, zejména u povrchu terénu. Dle původu rozeznáváme mokřady přirozené a umělé.

Přirozené i umělé mokřady se dají využívat jako prostředek k čištění nebo dočišťování odpadních vod, nebo také jako ochrana vodních nádrží před znečišťováním a eutrofizací.

Umělé mokřady jsou k čištění odpadních vod vhodnější, jelikož bývá řešení přímo těmto účelům uzpůsobeno. Provoz je velmi levný a dosahují účinnosti až 90%, nejsou však vhodné pro extrémně znečištěné odpadní vody (Sklenička, 2003).

9.5 Protierozní opatření při větrné erozi

Hlavní ochrana půdy před působením větru spočívá v principu použití překážek, které dokáží snižovat rychlost větru pod kritickou hodnotu. Podle účinnosti rozeznáváme tři opatření:

- organizační
- agrotechnická a vegetační
- technická (umělé zábrany, trvalé porosty, lesní pásy, větrolamy aj.) (Vlček, 2015)

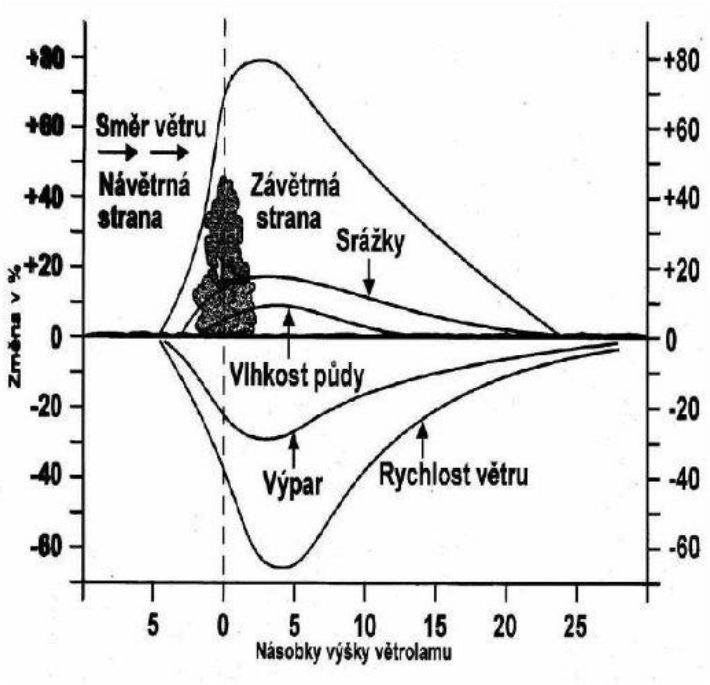
9.5.1 Větrolamy

Větrolamy se dělí v základu na tři typy:

prodouvavé - skládá se z jedné nebo dvou řad stromů, neobsahuje keřové patro. Jako protierozní ochrana má slabý účinek. Jeho dalším nedostatkem je možnost tvorby tryskového efektu v prostoru mezi kmeny aleje.

poloprodouvavé jsou složeny z jedné nebo dvou řad stromů a keřového patra. U tohoto typu dochází k obtékání vzdušných mas přes větrolam a také k prostupu porostem. U závětrné strany se splývají proudnice, které obtékají vrchol větrolamu s proudnice procházející větrolamem. Tato ochrana je daleko účinnější, jelikož se dostává výslednice obou proudů k povrchu půdy v daleko větší vzdálenosti, než je tomu u předchozího typu. Obr. č. 16 zobrazuje rozdělení rychlosti větru před ochranným pásmem a za ním.

neprodouvavé - skládají se z porostu ve více řadách s keřovým patrem. Na návětrné a závětrné straně se utváří uzavřená stěna. Výhodou tohoto typu je podstatně účinnější snížení rychlosti větru, avšak na kratší vzdálenost, než je tomu u poloprodouvavého (Janeček 2012).



Obrázek č. 16 schéma účinku poloprodouvavého větrolamu (Janeček, 2012)

10 Použitá metoda vyhodnocení

Ke zjištění míry erozního ohrožení zemědělských ploch byl v bakalářské práci (Zvelebil, 2020) použit geografický informační systém ArcGis, za pomocí něho proběhl samotný výpočet rovnice USLE.

Vstupní data pro ArcGis:

- Digitální model reliéfu ČR 4. generace (DMR4G) - vyžádáno od ČÚZK
- Půdní bloky LPIS - polygonová vrstva (eagri.cz)
- BPEJ - vektorová vrstva (SPÚ, 2019)
- Krajinný pokryv - vektorová vrstva (eoportal.gov.cz)
- Vodní toky a nádrže - vektorová a polygonová vrstva (www.dibavod.cz)
- základní mapa ČR ZM10 - WMS služba server ČÚZK
- Osevní postupy - Školní statek Středočeského kraje

Tato data posloužila k vytvoření jednotlivých faktorů rovnice USLE:

- Hodnota faktoru R se zadala dle Janečka (2012) **40 MJ.ha^{-1}.cm.h^{-1}**.
- Hodnota faktoru K se stanovila na základě bonitovaných půdně ekologických jednotek
- Hodnota faktoru LS se vypočetla dle Mitášové (1996):

Rovnice č. 8 LS faktor vyjádřen dle Mitášové (1996)

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

Kde členy rovnice představují:

A= plochu

s= sklon terénu

m, n= kalibrační koeficienty

22,13= délka standardního pozemku

0,0896= sklon standardního pozemku

Tato rovnice se upravila pro přímý výpočet v prostředí ArcGis. její upravený tvar zní:

Rovnice č. 9: výpočet LS faktoru v prostředí Gis

*Power(''FlowAccumulation''*2/22,13,0.56)*Power(Sin(''Slope''*0,01745) /0,0896,1.3)*1,56*

Kde členy rovnice představují:

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

- Hodnota faktoru C se získala výpočtem z dodaných osevních postupů pro pětileté období.

- Hodnota faktoru P se zadala 1, nebylo počítáno s žádným protierozním opatřením.

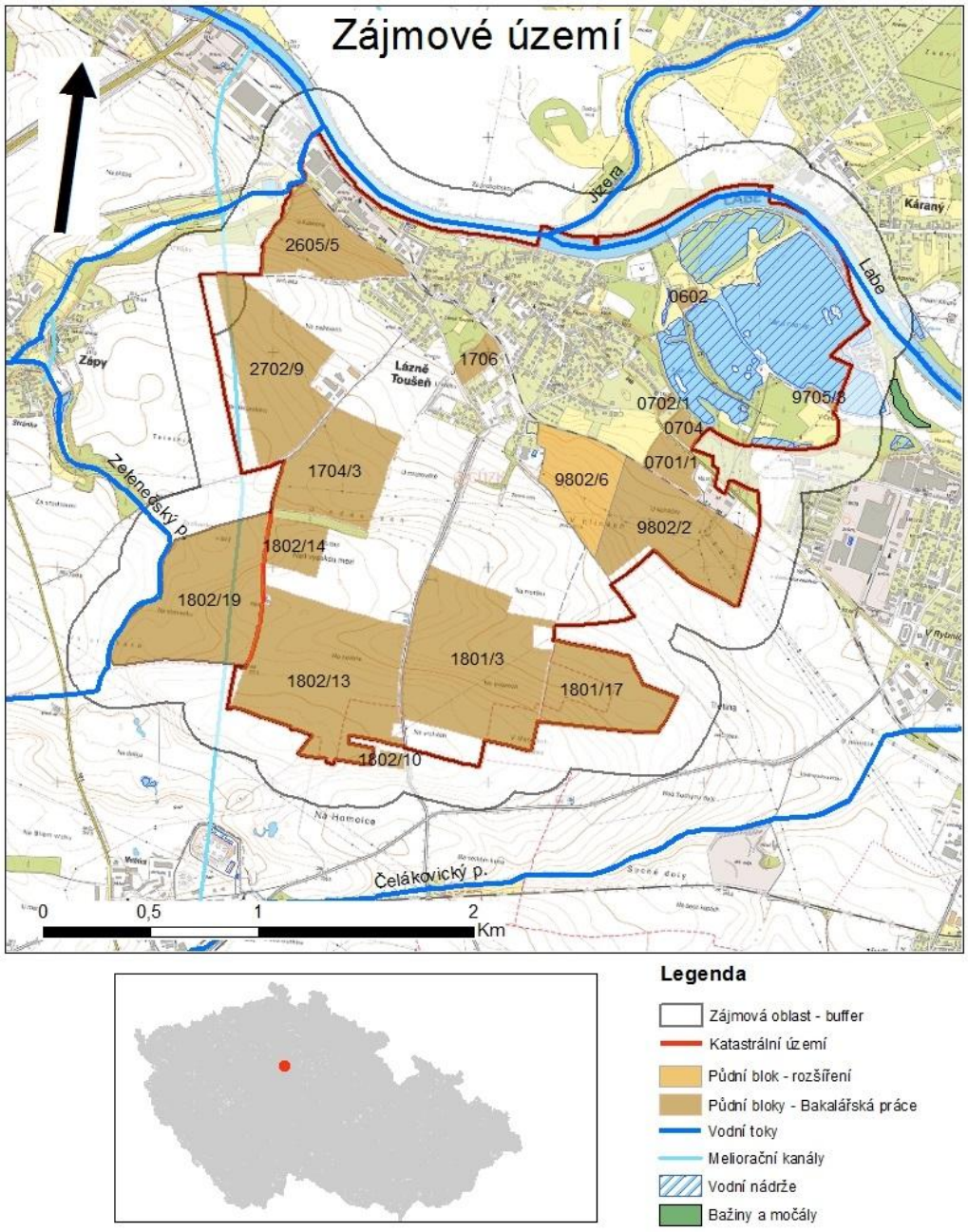
Nakonec se provedl samotný výpočet zadáním rovnice v **Raster Calcuratoru**:

Rovnice č. 10 Výpočtová rovnice USLE pro Gis

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

11 Zájmová oblast

Zájmová oblast byla vymezena v bakalářské práci (Zvelebil, 2020) za pomocí geografického informačního systému ArcGis, funkcí Buffer a to tak, aby byla vytvořena obalová zóna od vnějších krajů pozemků 200 m a tím se minimalizovali chyby při výpočtu s rastrovými vrstvami pro účely výpočtu rovnice USLE. Charakteristika území je probrána v již zmíněné bakalářské práci a proto zde budou uvedeny jen aktualizované mapové výstupy a doplněné postřehy z terénního průzkumu.



Obrázek č. 17 zájmové území, zdrojová data: mapa ZM10 (ČÚZK), p. bloky (LPIS), v. toky dibavod.cz

11.1 Současný stav

Dle přehledu mapy pozemkových úprav bylo zjištěno, že v dané lokalitě neproběhla žádná komplexní pozemková úprava. Nejblíže tomu bylo u sousedních Záp.

Obrázek č. 18 mapa pozemkových úprav (eagri.cz)

V bakalářské práci (Zvelebil, 2020) byla zkoumána ohroženost půdních bloků vodní erozí, které v zájmovém území obhospodařoval Školní statek Středočeského kraje. Výpočet se provedl za pomoci univerzální rovnice ztráty půdy a to v prostředí ArcGis. Zjištěné hodnoty pro průměrnou dlouhodobou ztrátu půdy vodní erozí jsou uvedeny v tabulce č.11.

Tab. č. 11 Průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí

Průměrná ztráta půdy	
Půdní blok	Míra eroze ($t.ha^{-1}.rok^{-1}$)
602	0,032
9705/3	0,069
0702/1	0,304
1802/10	0,587
0701/1	0,606
704	0,97
2605/5	1,81
1802/14	3,067
1706	3,29
1802/19	4,106
2702/9	4,147
1802/13	4,291
1801/17	4,956
1704/3	5,394
9802/2	6,254
1801/3	12,162

Celkem bylo zkoumáno 16 půdních bloků. Při dodržení limitu přípustné ztráty půdy dle Janečka (2012) 4t/ha za rok bylo nevyhovujících 7 pozemků. Potvrdilo se,

že nejohroženější jsou takové pozemky, které mají vyšší sklon svahu, jsou delší, nemají vedeno žádné protierozní opatření a současně jsou na nich pěstovány širokořádkové plodiny. Pokud by se však bral již ohled na nové hodnoty, které jsou uvedeny v příloze č. 1 Vyhlášky č. 240/2021 Sb. o ochraně zemědělské půdy před erozí, pak by jako nevyhovující byl pouze jeden půdní blok a to 1801/3.

Jelikož by mělo být cílem této diplomové práce komplexnejší řešení ohrožených ploch, byl do řešení přidán také půdní blok č 9802/6 (viz. obr. č.19), který dle LPISu patří k ohroženým vodní erozí. Tento pozemek obhospodařuje soukromý zemědělec Jan Králík z Toušeni. Letošní rok obhospodařuje na pozemku výměru 17.19 ha, z toho cca 8 ha je vlastních.

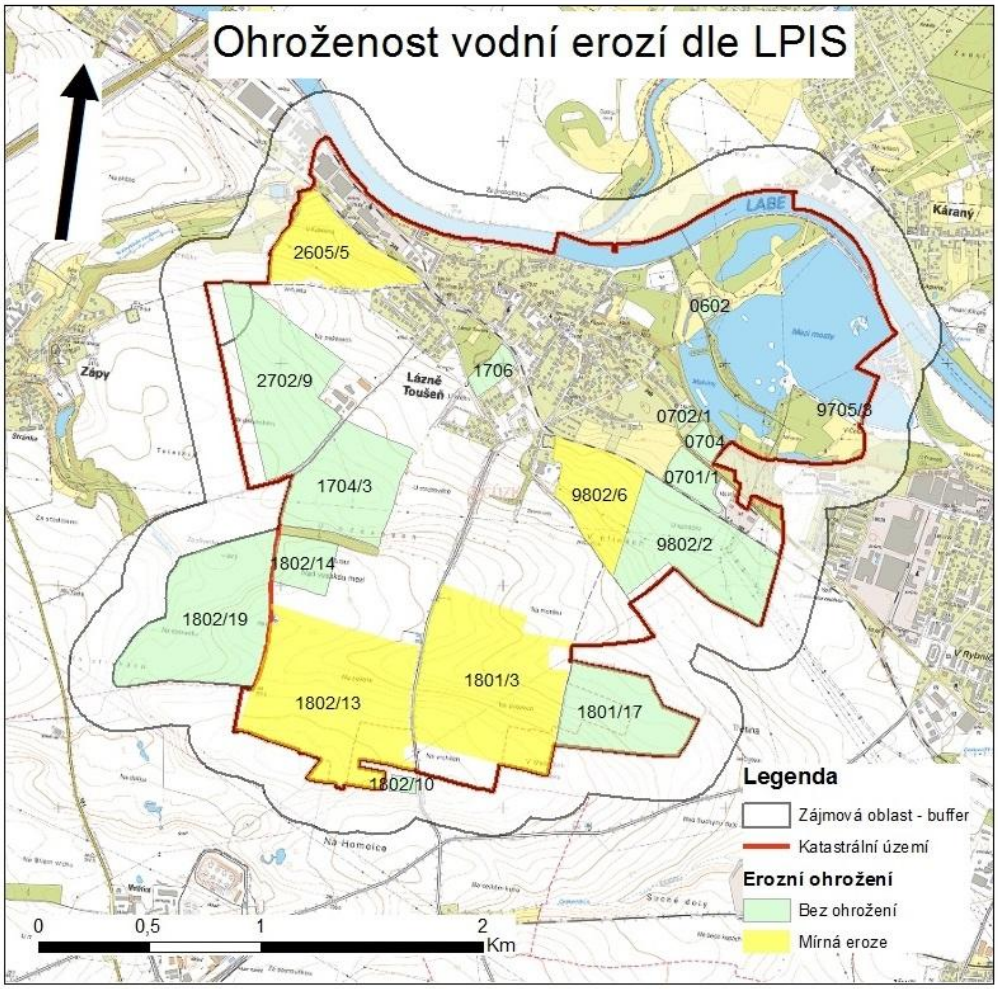
Dle dodaného osevního postupu v tab. č. 12 byla pomocí rovnice USLE vypočtena průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí 3.7t/ha za rok. Při výpočtu se nebrala v potaz žádná protierozní opatření. Dle přípustné ztráty půdy vodní erozí vychází ohroženost v normě.

Reálný stav eroze je dle slov pana Jana Králíka takový, že se eroze viditelně projevuje pouze, když je velký přívalový déšť a voda se nestačí vsakovat. Stává se to jednou za čas a je to pak trochu problém. Avšak aby se ornice dostala do intravilánu obce, tak to se ještě nestalo.

Na pozemku je prováděna standardní orba a když je období sucha, tak se pod řepku uplatňuje dvakrát diskový podmítač. Před kukuřicí se uplatňují většinou meziplodiny na greening.

Tab. č. 12 osevní postupy pro p. blok 9802/6

2017	2018	2019	2020	2021	2022
kukuřice	jarní ječmen	ozimá pšenice	řepka ozimá	ozimá pšenice+triticale	kukuřice



Obrázek č. 19 Ohroženost vodní erozí dle LPIS, data: mapa ZM10 (ČÚZK), p. bloky (LPIS)

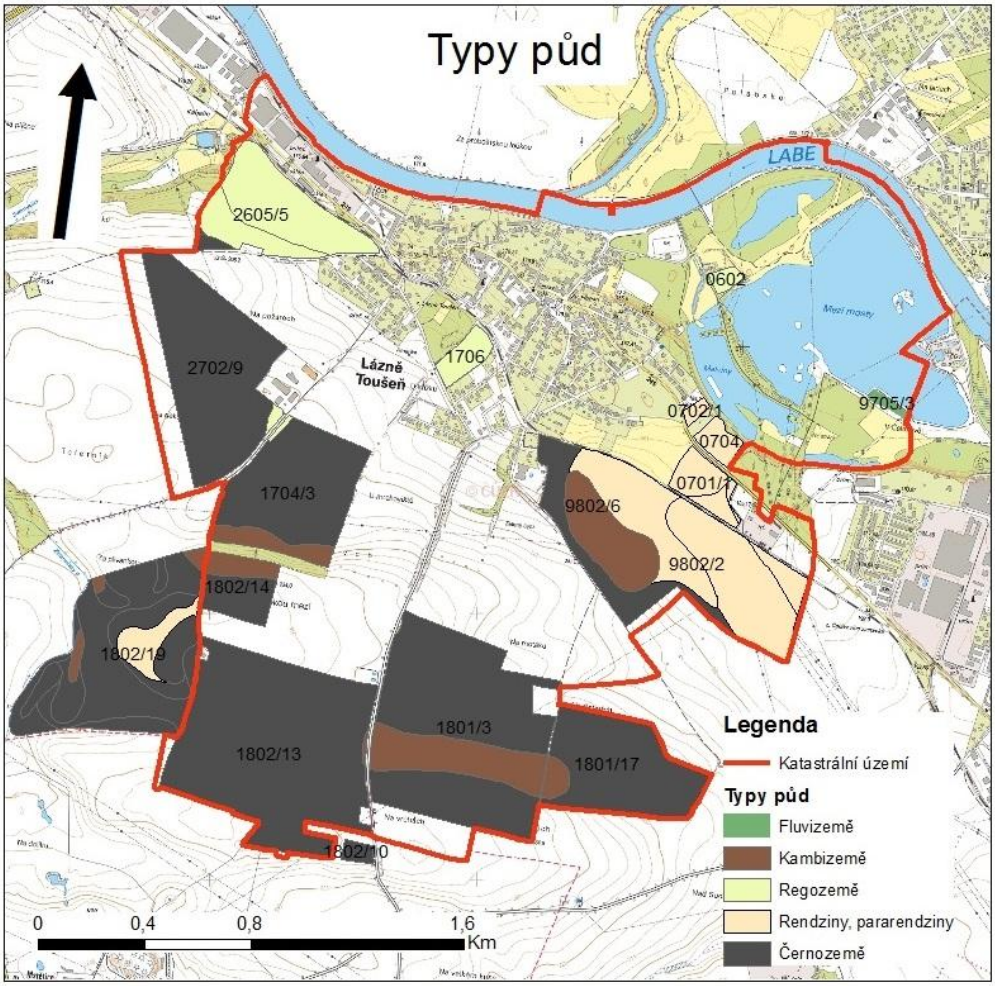
Postřehy z terénního průzkumu

Dané území má svá specifika. Z vyvýšeným míst se nabízí jedinečný pohled do dalekého kraje. Městysem prochází jednokolejná neelektrizovaná železniční trať Čelákovice-Neratovice, která byla nedávno rekonstruována. V podstatě tuto oblast rozděluje na dvě části a spojujícím prvkem jsou železniční přejezdy. Zajímavostí je, že jsou zde přejezdy nejen přes silnice, ale také dva přejezdy pro zemědělskou techniku zajišťující přístup k zemědělským pozemkům. Jihozápadně jsou půdní bloky 1802/19 a 1802/13 v sousedství s golfovým hřištěm Mstětice. Dle terénního průzkumu bylo zjištěno, že se zde projevuje především plošná vodní eroze. Na první pohled je to patrné u strmějších vršků svahů a je tomu tak u pozemků s nejdelší délkou svahu. Příkladem jsou půdní bloky 1802/23 a 102/24, které nebyly předmětem průzkumu a dle Lpisu nespadají k ohroženým. A dále půdní blok č. 1802/19 (dnes již v LPISu veden jako 1802/26).

11.2 Typy půd

Z obr. č. 20 je patrné většinové zastoupení černozemě, dále se jedná o kambizemě, regozemě a fluvizemě.

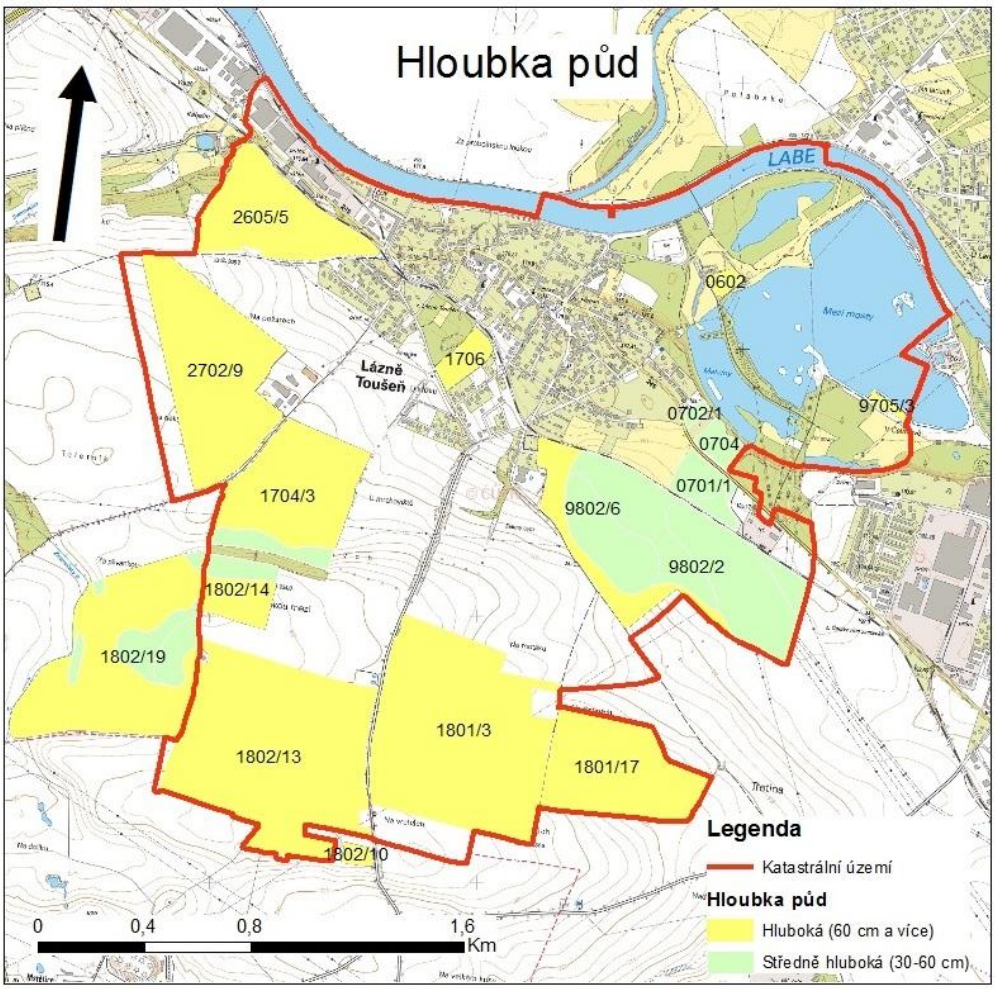
Černozemě patří do třídy ochrany I. tedy půdy nejcennější, které nelze vyjmout ze zemědělského půdního fondu, pouze vyjímečně. (https://bpej.vumop.cz/20100)



Obrázek č. 20 aktualizovaná mapa typů půd, data: geoportal.gov.cz, upraveno dle (mapy.vumop.cz, 2020), mapa ZM10 (ČÚZK)

11.3 Hloubka půd

Hloubky půd pro jednotlivé půdní bloky jsou vyobrazeny na následujícím obr. č. 21.



Obrázek č. 21 aktualizované hloubky půd, upraveno autorem na základě p. bloky (LPIS), mapa ZM10 (ČÚZK)

11.4 Záplavové území

Jako podstatné se jeví při návrhu protierozních opatření zkoumat nejen samotné hydrologické podmínky, ale také je zásadní mít přehled o zónách záplavového území. Toto území je vyobrazeno na obr. č. 22.

Z něj je patrné ohrožení území záplavou v těsné blízkosti řeky Labe, Jizery a také Toušeňských jezer.

Obrázek č. 22 Mapa záplavového území, zdroje dat: záplavové území Q100 (dibavod.cz), p. bloky (LPIS), mapa ZM10 (ČÚZK)

Pozemky bez ohrožení erozí

Severo-východně položené pozemky, konkrétně 0602 a 9705/3 se nacházejí u břehu jezera mezi mosty.

Tyto pozemky patří svojí rozlohou k menším, mají rovinný charakter a půda je zde hluboká více než 60cm. Vzhledem k předchozím uvedeným parametrům a faktu, že se zde pěstuje vojtěška, která zajišťuje vysokou míru pokryvnosti, vyšla při výpočtu rovnice USLE průměrná ztráta půdy velmi nízká, konkrétně pro půdní blok **0602** ... 0.032 t/ha za rok a pro **9705/3** ... 0.069 t/ha za rok.

Bezpečně tedy splňují limit pro přípustnou ztrátu půdy 4t/ha za rok. Proto není třeba navrhovat žádná ochranná opatření proti vodní erozi. Navíc jsou obklopeny keři a lesíky a dle map Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka náleží toto území do aktivní zóny záplavového území. Z tohoto

důvodu by nebylo vhodné ani budovat technická protierozní opatření, která by mohla bránit vodě při záplavách a ta by si našla jiné místo k rozlití.

Jako další půdní bloky jsou **0702/1**... 0.304 t/ha za rok a **0704**.... 0.970 t/ha za rok. Půdy jsou zde středně hluboké, většinově se zde také pěstuje vojtěška. Pozemky mají mírnější sklon směrem k silnici II třídy 245. Od jezera Malviny jsou oddělené pruhem lesa. Jejich průměrná ztráta půdy je také nízká, proto také není nutné navrhovat protierozní opatření. Oproti dvou předchozím, již nejsou teoreticky v záplavové oblasti.

Naproti půdnímu bloku 0704 přes hlavní silnici II třídy 245 se nalézá půdní blok **0701/1**, má rovinný charakter a jeho plochu charakterizují středně hluboké půdy, jako pěstované plodiny převažuje vojtěška. Byla zde vypočítána také nízká hodnota průměrné ztráty půdy a to 0,606 t/ha za rok. Směrem, blíže k městysu je hned vedle vymezena vetší plocha k rozšíření zástavby suburbanizací. Prozatím jsou zde připraveny sítě a komunikace.

12 Návrh protierozních opatření

Do návrhu protierozních opatření bylo vzato 8 ohrožených půdních bloků a také půdní blok č. 2605/5, který sice dle výpočtů splňuje přípustnou ztrátu půdy a to hlavně díky pěstování vojtěšky. Byl vybrán z důvodu vyznačení mírné erozní ohroženosti v LPISu a také z důvodu největší sklonitosti ze všech zkoumaných pozemků a přímého sousedství s intravilánem obce.

12.1 Organizační protierozní opatření

Jako první stupeň protierozního opatření se zavedla změna organizačního a agrotechnického charakteru.

Tato opatření zahrnují změny v osevním postupu a doporučení pro pěstování konkrétních plodin. Pro doporučení se vychází z úpravy C faktoru, kdy se hodnota pro maximální přípustný faktor Cp získá z výpočtu upravené rovnice USLE.

Ta zní:

Rovnice č. 11: Výpočet Cp faktoru

$$Cp = Gp/R*K*L*S*P$$

Za hodnotu max. přípustné ztráty půdy Gp se dosadí hodnota 4 (t.ha-1.rok-1).

Nově vypočtené hodnoty maximálního přípustného Cp faktoru jsou udány v následující tabulce č. 13. Výsledkem je tedy hodnota vyjadřující C faktor, kterou je nutné dodržet, aby přípustná ztráta půdy byla v toleranci 4 (t.ha-1.rok-1).

Tato hodnota slouží k orientačnímu určení osevního postupu. Výpočty proběhly za pomocí tabulkového výpočtu v programu MS Excel. Obecně platí, že čím nižší je hodnota C faktoru, tím je zajištěn vyšší protierozní účinek.

Tab. č. 13 Stanovení požadované hodnoty C faktoru při požadavku dodržení max. přípustné ztráty půdy 4t/ha za rok

Půdní blok	Původní míra ohrožení (t.ha-1.rok-1)	Původní Faktor C	Požadovaný Faktor C
1704/3	5,394	0,294	0,208
1801/17	4,956	0,287	0,161
1801/3	12,162	0,513	0,129
1802/13	4,291	0,395	0,17
1802/19	4,106	0,266	0,135
2702/9	4,147	0,311	0,222
9802/2	6,254	0,49	0,318
2605/5	1,81	0,077	0,14

V bakalářské práci (Zvelebil, 2020) byly zjištěny hodnoty C faktoru na základě dodaných osevních postupů, výsledné hodnoty jsou zobrazeny rovněž v tabulce č . jako "Původní Faktor C".

Při srovnání je z tabulky č. patrná nutnost změny osevních postupů pro ohrožené půdní bloky.

Při novém výpočtu C faktoru byla změna v osevních postupech realizována za pomoci změny agrotechniky setí do strniště a na konci pěstebního období byla ponechána sláma.

Tím se získaly následující hodnoty faktoru C uvedeny v tabulce č..14.

Tab. č. 14 Nové hodnoty C faktoru, získané úpravou původních osev. postupů

Půdní blok	Nové osev. postupy faktor C
1704/3	0,198
1801/17	0,189
1801/3	0,272
1802/13	0,236

1802/19	0,186
2702/9	0,16
9802/2	0,151

Srovnáním obou tabulek se došlo k následujícím závěrům ve vyhodnocující tabulce č. , v ní je patrné, zda jsou nově navržené osevní dostatečné pro zmírnění eroze na přípustnou hodnotu.

Tab. č. 15 Vyhodnocovací tabulka osevních postupů

Půdní blok	Požadovaný Faktor C	Nové osev. postupy faktor C	Dostatečná změna
1704/3	0,208	0,198	ANO
1801/17	0,161	0,189	NE
1801/3	0,129	0,272	NE
1802/13	0,17	0,236	NE
1802/19	0,135	0,186	NE
2702/9	0,222	0,16	ANO
9802/2	0,318	0,151	ANO
2605/5	0,14	nestanoven	ANO

Z tabulky vyplývá, že provedená změna v osevních postupech je dostatečná pro půdní bloky 1704/3, 2702/9 a 9802/2. U ostatních je nedostatečná a je tedy potřeba zavést jiné protierozní opatření.

12.2 Návrh biotechnických opatření ke zmírnění eroze

K dalším parametrům, které lze v rovnici USLE ovlivnit, patří faktor L - délky svahu. Mezi požadavky při návrhu protierozních opatření u erozně ohrožených svahů patří jejich umístění, při kterém se nepřekročí maximální přípustná délka svahu. Tu lze odvodit z rovnice USLE.

Hodnota přípustné délky pozemku vyjadřuje, s jakou maximální délkou svahu (m) s danými faktory rovnice USLE (R, K, S, P, C) a s danou přípustnou ztrátou půdy (G) je půda ještě chráněna před erozním smyvem. Při překročení této délky se pak považuje pozemek za erozně ohrožený. Zjištěné hodnoty přípustné délky byly zaneseny do tabulky č. 16.

Tab. č. 16 přípustná délka pozemků

Půdní blok	původní délka svahu (m)	největší přípustná délka svahu podle USE (m)
1704/3	496	14749
1801/17	622	14485
1801/3	648	602
1802/13	698	7612
1802/19	660	12101
2702/9	501	15808
9802/2	515	12044
2605/5	422	32561
9802/6	460	459,6

Výpočet proběhl rovněž za pomoci MS Excel. Z tabulky č. 16 je patrné že téměř všechny půdní bloky mají mnohonásobně větší přípustnou délku svahu, než byla původní délka. Je to dáno tím, že se při výpočtu byly započteny nižší hodnoty sklonu 2% a u pozemku 2605/5 s nejvyšším sklonem to bylo 4 %.Výjimku tvoří půdní blok č. 1801/3, který má přípustnou délku nižší, než je původní délka. Znamená to tedy, že by bylo potřeba zavést minimálně jedno biotechnické protierozní opatření pro přerušení délky svahu. Tyto výpočty je však třeba brát pouze orientačně, proto se přistoupilo k ostatním půdním blokům komplexněji a u každého ohroženého se navrhlo nějaké opatření.

12.2.1 Možnost zasakování

Poměr odtoku a infiltrace dopadajících dešťových srážek na půdní povrch je jedním z hlavních parametrů, který primárně ovlivňuje vodní režim půd a sekundárně stabilitu pokryvu půdy ve svahu (Rejšek a Vácha, 2018).

Jako účelné se tedy jeví zasakování srážkových vod a tím zmenšování povrchového odtoku. Prvním předpokladem pro realizaci opatření vedoucí k infiltraci vody jsou hydrologické vlastnosti půd.

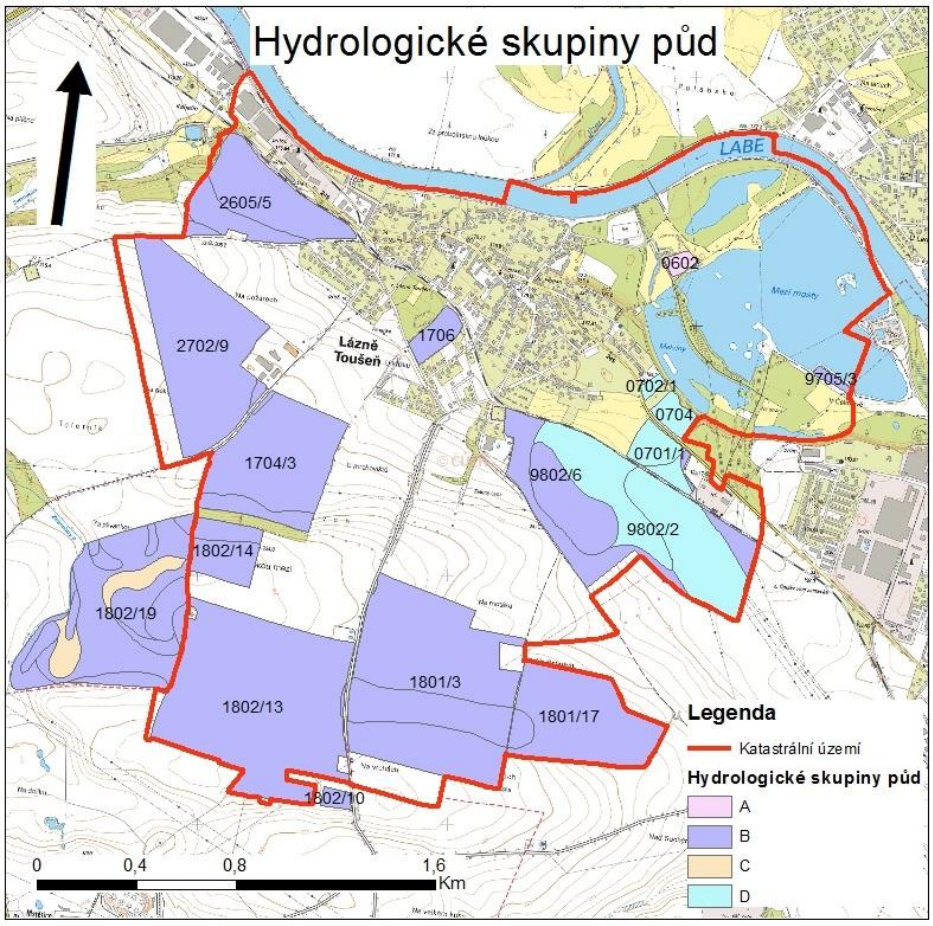
Hydrologické vlastnosti půd jsou rozděleny do čtyř skupin A, B, C a D, přičemž k zasakování jsou vhodné pouze hydrologické skupiny půd A a B.

Tyto skupiny byly stanoveny na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy, která je bez pokryvu a po dlouhodobém sycení. Charakteristika těchto skupin je uvedena v tab. č. 17.

Tab.č. 17 Hydrologická charakteristika vlastností půd (Janeček, 2012)

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

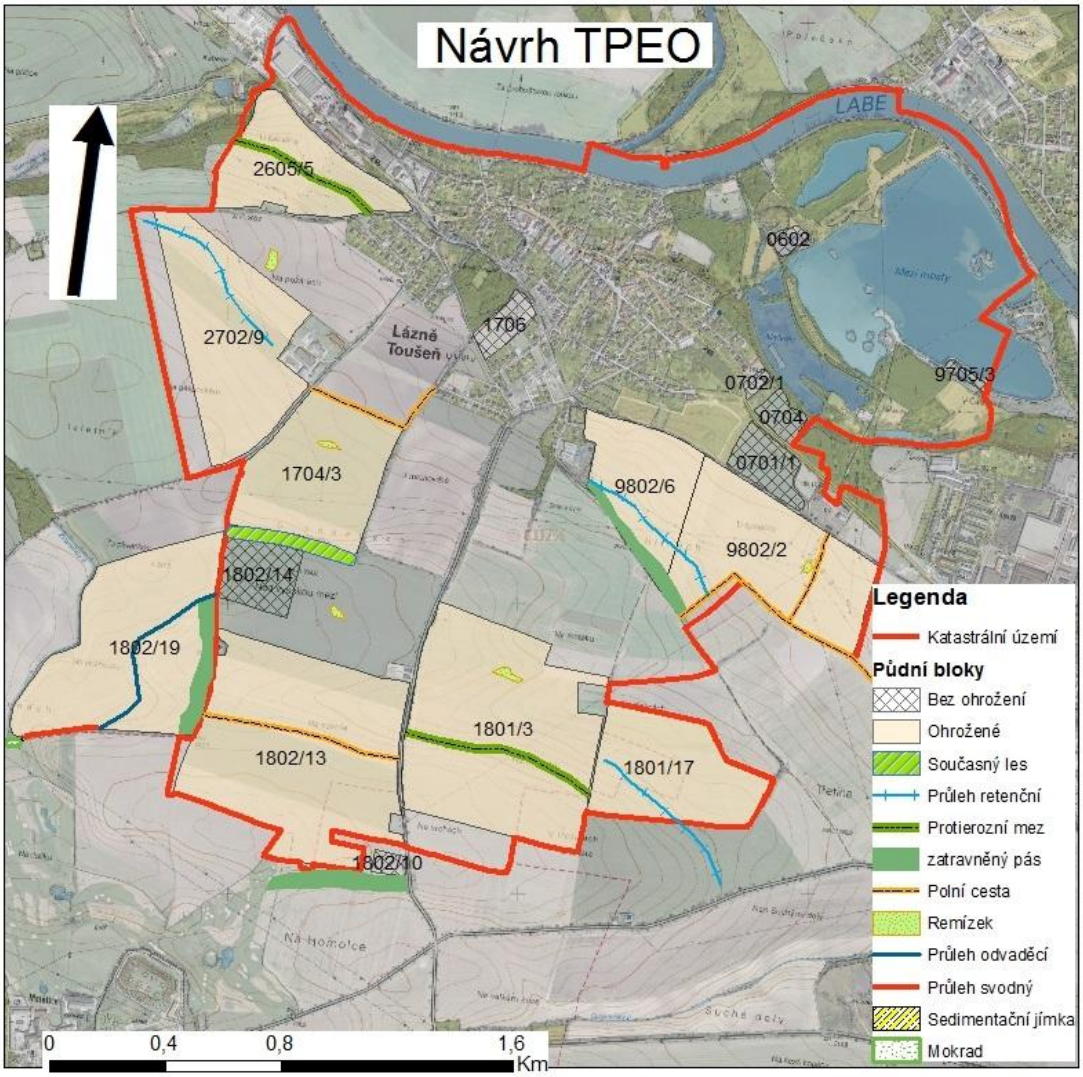
Pro rozdělení do hydrologických skupin půd se vycházelo z tab. č. 20 uvedené v přílohách. Skupiny byly zjištěny z kódu BPEJ, konkrétně z Hlavní půdní jednotky, rozdělení je vyobrazeno na obr. č. 23.



Obrázek č. 23 Hydrologické skupiny půd. p. bloky (LPIS), mapa ZM10 (ČÚZK)

Pro správnou funkci zasakování vody je rovněž důležité, aby místní sklon byl nižší než 9 %.

Půdní blok 2605/5 je v těsném sousedství s intravilánem obce. Ze všech zkoumaných vykazuje největší svažitost, přesto nepřekračuje limit pro přípustnou ztrátu půdy. To je zapříčiněno díky osevním postupům, zahrnujícím pěstování vojtěšky, která poskytuje dokonalé pokrytí půdy. Do návrhu řešení je uveden z důvodu možné změny osevního postupu případným novým hospodářem. V případě změny faktoru C z vojtěšky za širokořádkovou plodinu by již byla překročena přípustná ztráta půdy vodní erozí 4t/ha za rok. proto se zde navrhla protierozní mez s doprovodnou zelení.



Obrázek č. 24 návrh protierozních opatřen, data: p. bloky (LPIS), mapa ZM10 **(**ČÚZK**),** *Ortofoto(ČÚZK)*

Jako další erozně ohrožený je půdní blok č. 1802/13.

Pro lepší prostupnost krajinou a přístupnost k pozemkům byla navržena polní cesta PC-01 s doprovodnou zelení. Jižněji pod tímto půdním blokem je vah vykazující plošnou erozi, proto byl v místě navržen zatravnění pás o šíři 30 m.

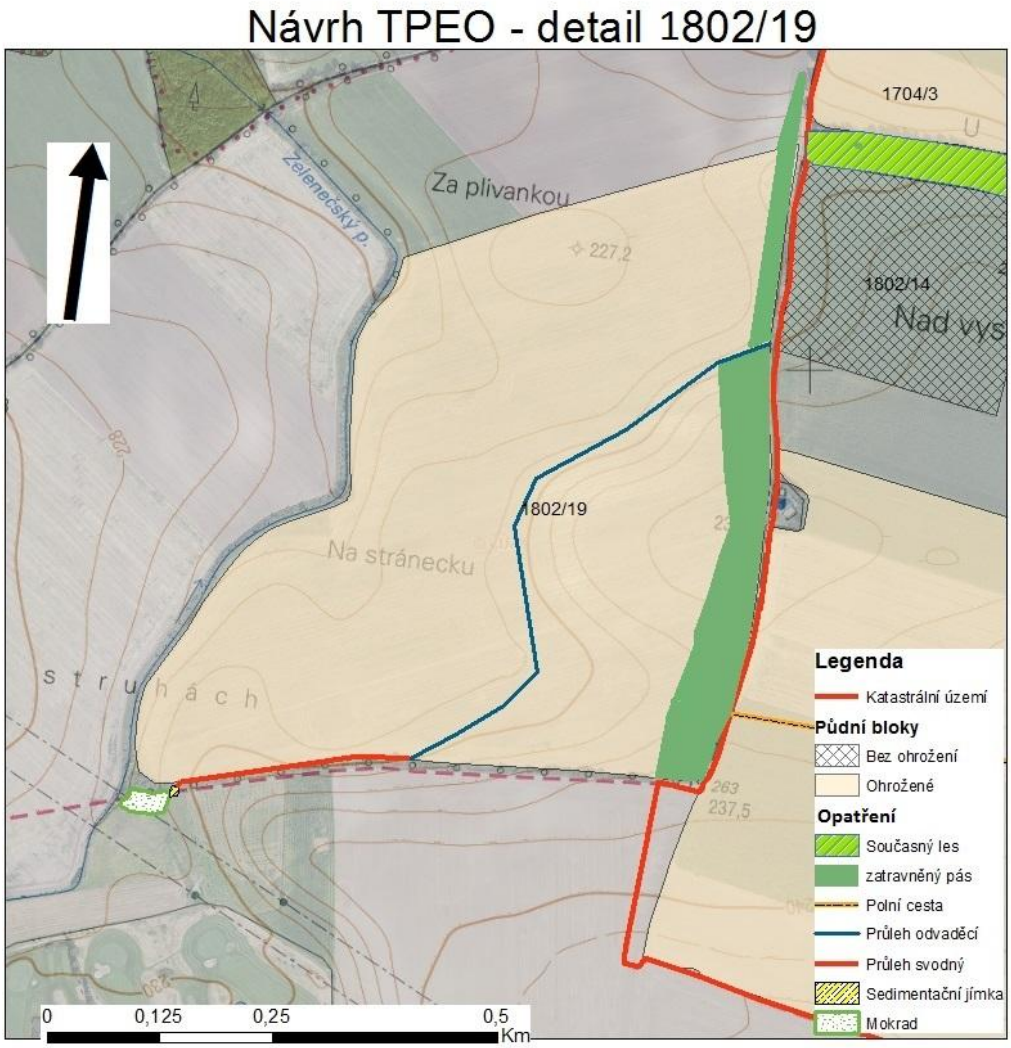
1704/3

Půdní blok č. 1704/3 vykazoval míru erozního ohrožení 5,394 t/ha za rok. U výpočtu se nebralo v potaz žádné protierozní opatření. Při terénním průzkumu se mimo pruh lesa ve vrchní části zjistilo široké zatravnění pod svahem, které poskytuje prostor k zasakování dešťových srážek. V místě zatravnění se nachází hydrologická skupina půd B a samotná svah má sklon menší než 9 %, tedy plně vyhovuje k infiltraci vody. Do půdního bloku byl navržen remízek a také u spodního okraje pozemku byla navržena polní cesta s doprovodnou zelení, která propojuje ulici Nehvizdskou s Pražskou. Zajišťuje tak lepší prostupnost územím.

1802/19

Tímto půdním blokem dle vyznačení map dibavod prochází meliorace, která by v současně době by již neměla dle slov Jana Králíka být funkční.

U toho půdního bloku bylo pro přerušení délky svahu navržen průleh odváděcí OP-01 vedený po vrstevnici. K ještě více zesilujícímu protieroznímu účinku je vybaven zatravněním pásem o šířce 5 m. A také vrchní část svahu byla zatravněna pásem o šíři 20 m. Průleh OP-01 je napojen na svodný průleh SP-01, který je vyústěn do sedimentační jímky a za ní je navržen mokřad MK-01. Sedimentační jímka je umístěna na dobře přístupném místě, takže nebude činit problém případné odstraňování sedimentů. v případě většího množství vody by se dal využít jako recipient Zelenečský potok.



Obrázek č. 25 návrh protierozních opatření 1802/19, data: p. bloky (LPIS), mapa ZM10 (ČÚZK), Ortofoto(ČÚZK)

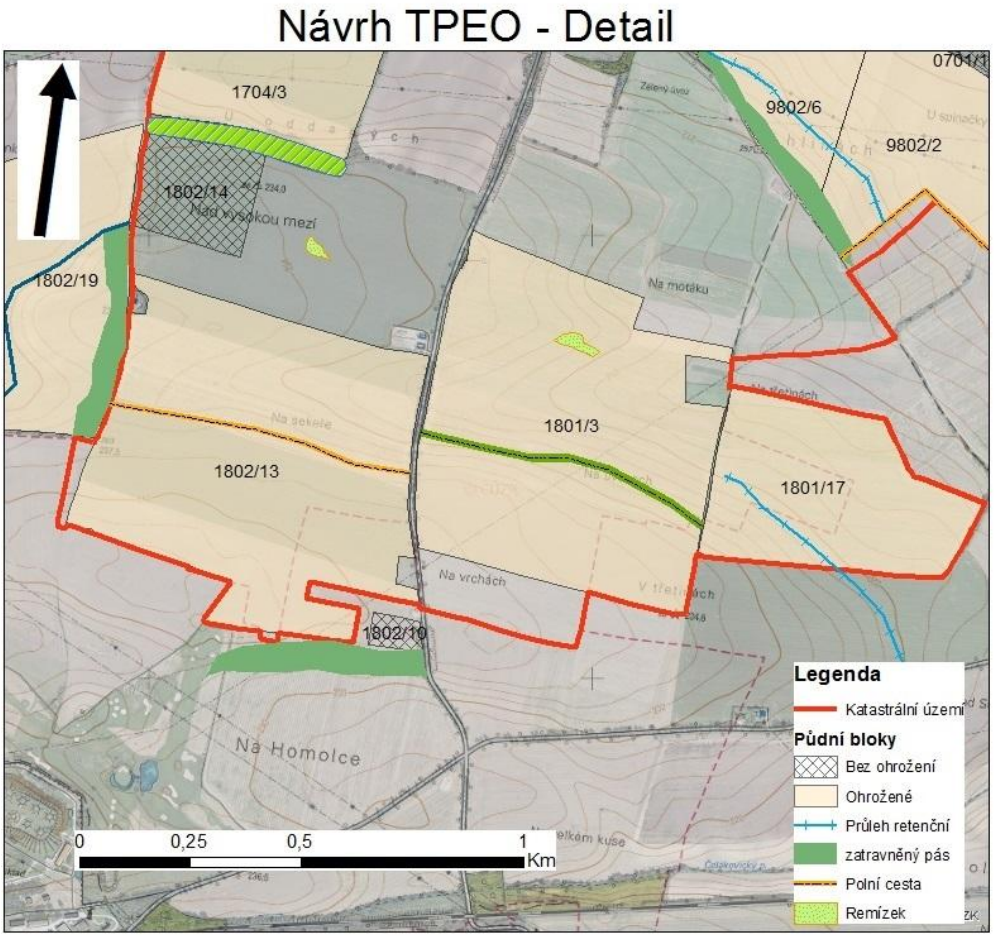
2702/9

Průměrný sklon svahu je zde 2% a nachází se zde hydrologická skupina půd B, takže je plocha vhodná k zasakování srážkové vody.

Proto byl na tomto půdním bloku byl navržen jako protierozní opatření retenční průleh RP-01, který dokáže významně zachytit srážkovou vodu a eliminovat tak případný povrchový odtok.

1802/13

Pro půdní blok č. 1802/13 byla zjištěna míra erozního ohrožení 4,291 t/ha za rok. Tento půdní blok patří co se týče erozního ohrožení k ohroženým i dle Lpisu. Byla zde navržena polní cesta s doprovodnou zelení, která dovoluje lepší propustnost krajinou a zároveň slouží jako protierozní prvek.



Obrázek č. 26 návrh protierozních opatření 1802/13, 1801/3 a 1801/17, data: p. bloky (LPIS), mapa ZM10 (ČÚZK), Ortofoto(ČÚZK)

1801/3

Rovněž tento půdní blok je erozně ohrožený dle LPISu. Dle sklonu a hydrologické skupiny B je zde možné vytvořit opatření k infiltraci vody. Pro eliminaci erozního ohrožení je zde navržena protierozní mez s orientací ve směru vrstevnic. Půdní blok patří se svou rozlohou k větším a proto je zde také navrženo umístění remízku.

1801/17

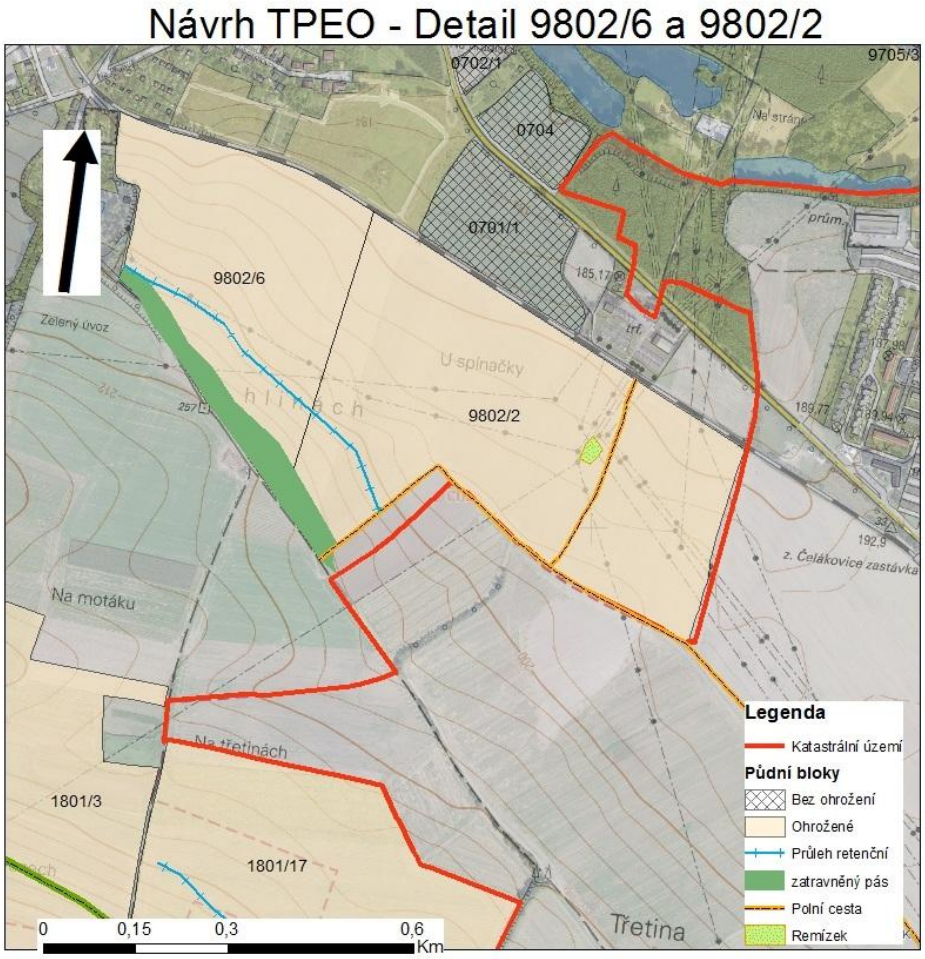
Pro přerušení svahu tohoto půdního bloku je zde navržen retenční průleh. RP-02. Hydrologický skupina půd B a sklon dovolují zasakování srážkové vody.

9802/2 a 9802/6

Půdní blok č. 9802/6, patří dle Lpisu k mírně ohroženým erozí. Vypočtená průměrná ztráta půdy dle USLE zde činí 3,7 tun/ha za rok. Jedná se o již zmíněný pozemek, který nebyl v bakalářské práci zkoumán. Dle hydrologické skupiny půd je

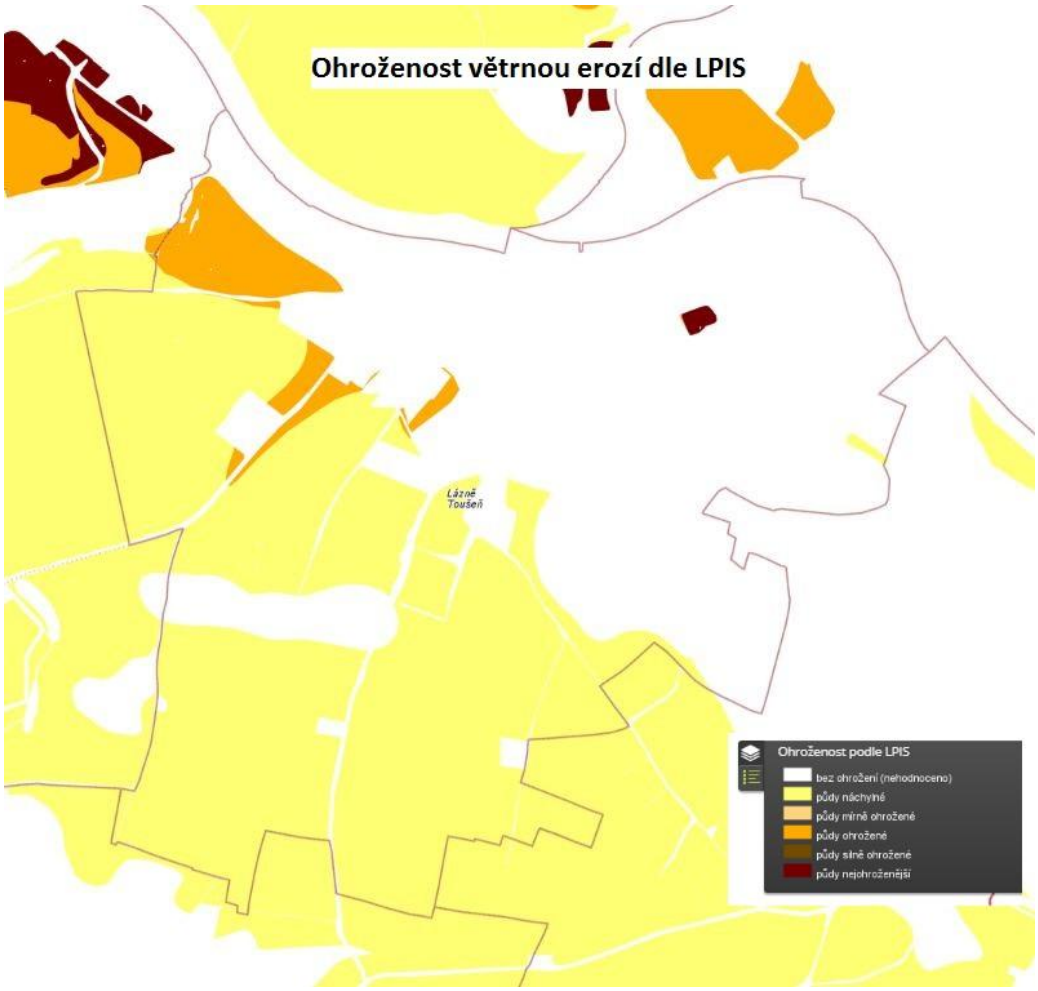
vhodná k zasakování přibližně polovina svahu, spodní část již náleží do supiny D, která je z hlediska infiltrace nevyhovující. U sousedícího půdního bloku 9802/2 byla vypočtena průměrná ztráta půdy 6,254 t/ ha za rok. U horního svahu byl navržen zatravněný pás o šířce 25 m. Jako podpůrný prvek byl pod zatravněným pásem navržen retenční průleh. Cílem je podpořit vsak co možná nejvíce v místě, kde to dovolují hydrologické skupiny a minimalizovat tak povrchový odtok, který se již v nižších partiích svahu díky menší možnosti vsaku stěží zastaví.

K půdnímu bloku č. 9802/2 je zajištěna přístupnost skrze železniční přejezd. tato skutečnost byla využita k návrhu polní cesty. Polní cesta je pro krajinnou estetiku a ekologickou funkci vybavena doprovodnou zelení. Zajistí se tím jednak protierozní funkce, ale také zlepší prostupnost krajinou. Polní cesta je napojena ze sokolovské křižovatkou na již zmíněný žel. přejezd. za křížením pokračuje dále, kde se napojuje na již stávající cestní síť. Jak další prvek ekologické funkce, ze byl navržen remízek.



Obrázek č. 27 návrh protierozních opatření 9802/6 a 9802/2, data: p. bloky (LPIS), mapa ZM10 (ČÚZK), Ortofoto(ČÚZK)

12.3 Opatření proti větrné erozi



Obrázek č. 28 ohroženost větrnou erozí dle LPIS, zdroj mapy VÚMOP ©2022

Z obrázku č . 28 lze vyčíst ohroženost pozemků větrnou erozí: Většina pozemků patří k náchylným. Půdní blok č. 2506/5 patří k ohroženým větrnou erozí.

V místě se nachází černozemě s velmi jemnou strukturou, při suchu je téměř prachová.

Jako účinná forma opatření proti větrné erozi se zde nabízí zatravnění celého svahu. To je však v rozporu s zachováním možnosti zemědělské produkce, tedy v tom případě se jeví jako ideální jeteloviny, zde pěstovaná vojtěška nabízí dokonalou ochranu.

12.4 Kombinace opatření

Z jednotlivých zpracovaných výstupů se zjistilo jako žádoucí kombinování biotechnických a agrotechnických opatření. Ne vždy je možné použít nové osevní postupy.

13 Diskuze

Teoretická část poskytla čtenáři základní obeznámení s problematikou eroze a protierozních opatření.

V praktické části se navrhla protierozní opatření, zahrnující změny v osevních postupech. V některých případech nešlo zajistit plnou ochranu pouhou změnou agrotechnických postupů a nepodařilo se tak dostat na hodnotu přípustné ztráty půdy 4t/ha za rok dle metodiky Janečka (2012). Jako možné řešení se nabízelo zatravnění nebo také pěstování jetelovin. Jak uvádí Cáblík a Jůva (1963), že svým hustým krytem dávají stabilizovanou půdu a jejich zbytky po sklizni a strniště navíc obohacují půdu o organický materiál. To by však nevyřešilo požadavky na pěstování upřednostňovaných plodin. Proto se přistoupilo k návrhu biotechnických opatření.

Snahou bylo vytvoření přerušení délky svahu a tím zmenšit povrchový odtok.

Specifika dané územím oddělující od hlavních vodních toků překážky v podobě komunikací a obce nedovolují jednoduchým způsobem vedení případných odtoků z pozemků do recipientu. Vytvoření nových propustků a příkopů by bylo velmi nákladné a tak se jako ideální zvolila možnost místního zasakování srážkové vody, kde to dovolovali příslušné podmínky. Jedině u půdního bloku 1802/19 bylo možné navrhnout odváděcí opatření, díky morfologii terénu s protékajícím Zelenečským potokem.

Některé pozemky jsou bohužel obdělávány ve směru délky svahu, jak je tomu např. u golfového hříště Mstětice. Limitujícím faktorem je nevyhovující zemědělská technika, která nedovoluje při ohledu na bezpečnost vrstevnicové obdělávání. Tím by se také dosáhlo lepší protierozní účinnosti.

Ohledně opatření proti větrné erozi byl zmiňován půdní blok č. 2506/5, který má nejvyšší sklon a je na ní nejnáchylnější. Jako protierozní opatření proti větrné erozi se na něm ideálně uplatní jeteloviny. Navržení větrolamu by nebylo vzhledem k délce svahu a umístění poděl železnice snadno proveditelné a také finančně nákladné.

Samozřejmě by se dalo také místo zatravněných svahů část zalesnit, to by však šlo na úkor jedinečného krajinného rázu a ochuzení se o rozhledy do širokého okolí. Spíše se tedy navrhnuli nižší porosty např. remízky, kde může nalézt dočasné

útočiště drobná zvěř během agrotechnických operací. Jak uvádí Sklenička (2003) rozptýlená zeleň má mnoho funkcí a lze ji využít také jako prvek protierozní ochrany.

Na samotnou diskuzi by byla také změna nových hodnot pro přípustnou ztrátu půdy. Dle Vyhlášky č. 240/2021 Sb. o ochraně zemědělské půdy před erozí, by mezi ohrožené pozemky vodní erozí spadal pouze jeden a to 1801/3 se zjištěnou průměrnou ztrátou půdy 12,2 t/ha za rok. Avšak je rozdíl mezi reálným stavem a doporučujícími hodnotami.

Při vhodně zvolené kombinaci jednotlivých protierozních opatření lze docílit velice kvalitní ochrany s relativně nízkými náklady na realizaci.

14 Závěr

Cílem práce bylo navržení protierozních opatření k eliminaci erozního ohrožení vybraných půdních bloků. Z terénního průzkumu se zjistil skutečný stav působení vodní eroze v dané lokaci. Nové hodnoty pro přípustnou ztrátu půdy vodní erozí stanované vyhláškou č. 240/2021 Sb. o ochraně zemědělské půdy před erozí , uvedené v příloze č. 1 je nutné brát s ohledem na skutečný stav, jelikož by se ve výsledku jevil jako ohrožený pouze jeden půdní blok č. 1801/3, který překračuje přípustnou hodnotu míry erozního ohrožení 9t/ha za rok.

Zhodnocením stavu a zpracováním vstupních dat rovnice USLE a vhodnou kombinací opatření se docílilo snížení degradace půdy vlivem vodní eroze na přípustnou mez. Půda je cenným bohatstvím a proto jí je třeba chránit.

15 Seznam použité literatury

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

BRANT V. a kol., 2020: Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté. Agrární komora České republiky, Praha, 237 s.

BRTNICKÝ M., 2011: Degradace a regenerace krajiny krajina, těžba, půda, voda. Mendelova univerzita, Brno, 1CD

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

DUMBROVSKÝ M., PIVCOVÁ J. a kol., 1995: Doporučený systém protierozní ochrany v procesu komplexních pozemkových úprav : Metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 55 s.

HERYNEK J., 1993: Biotechnické možnosti sanace erozních škod na zemních cestách a lesních půdách. ÚZPI, Praha, 36 s.

HRUŠKA B., 1993: Půdoznalství. I, Zemědělská geologie. Vysoká škola zemědělská v Brně; VŠZ, Praha, 134 s.

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

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

JAVŮREK M., VACH M., 2008: Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění : metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 24 s.

KAPIČKA J., ŽÍŽALA D. a kol., 2019: Nástroje pro monitoring eroze zemědělské půdy : metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 93 s.

KOBZOVÁ, D., KRISTENOVÁ H., 2012: Vodní eroze - organizační, technická a agrotechnická protierozní opatření. Agromanuál 3. S. 86-89.

KVÍTEK T., TIPPL M., 2003: Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 47 s.

LÖW J., 2003: Krajinný ráz. Česká zemědělská univerzita v Praze. Lesnická fakulta. Ústav aplikované ekologie, Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 552 s.

MENŠÍK L., KINCL D. a kol., 2018: Pěstování kukuřice seté půdoochrannými technologiemi. Výzkumný ústav rostlinné výroby ; Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 100 s.

MÍCHAL I., 1994: Ekologická stabilita. MŽP ČR, Praha, 275 s.

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
MORGAN, R P C., 1988: Soil erosion and conservatio. Malden: Blackwell, 298 s.

MZe, 1995: Protierozní ochrana. Nové technologie v ochraně půdy před vodní erozí : Voda v krajině. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 52 s.

NĚMEC J. a kol., 2011: Pozemkové úpravy. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí , Ústí nad Labem, 131 s.

NOVOTNÝ I., a kol., 2017: Příručka ochrany proti vodní erozi. MZE, Praha, 85 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.

SKLENIČKA P., 2003: Základy krajinného plánování, Naděžda Skleničková, Praha, 321s.

SLAVÍK L., NERUDA M., 2007: Voda v krajině. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem, 176 s.

ŠARAPATKA B., 2002: Kvalita a degradace půdy. Univerzita Palackého, Olomouc, 246 s.

ŠIMEK M., 2004: Základy nauky o půdě. 4, Degradace půdy. Jihočeská univerzita, České Budějovice, 225 s.

ŠIMEK M., 2019: Živá půda. Academia, Praha, 789 s.

ŠVEHLA F., VAŇOUS M., 1995: Pozemkové úpravy. ČVUT, Praha, 146 s.

THORNES, JOHN B., 1990: Vegetation and Erosion : Processes and Environments. Harvard: Chichester: Wiley, 518 s.

VÁCHA, R. a kol., 201: Půda : Naše Bohatství. Profi Press, Praha, 228 s.

VLASÁK J., BARTOŠKOVÁ K., 2007: Pozemkové úpravy. ČVUT, Praha, 168 s.

VLČEK V., 2015: Kvalita a zdraví půdy. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 136 s.

VOPRAVIL, J., KHEL T,. 2016 Seriál: Sucho jako limitující faktor půdní úrodnosti. Půda a sucho. Úroda 4. S 101.

VYHLÁŠKA Ministerstva zemědělství č. 240/2021 Sb o ochraně zemědělské půdy před erozí.

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.

Online zdroje:

DIBAVOD - Digitální báze vodohospodářských dat, ©2022: Online: dostupné z < https://www.dibavod.cz/index.php?id=27>.

eAGRI -Resortní portál Ministerstva zemědělství, ©2022: Význam půdy (online) [cit. 2022-22-02], dostupné z < https://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-krajiny/krajinne-prvky/>.

LPIS - Veřejný registr půdy, ©2022: Online: dostupné z <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>.

MŽP - Ministerstvo životního prostředí, ©2008-2022: Význam půdy (online) [cit. 2022-24-03], dostupné z < https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf>.

SPÚ, @2022: Státní pozemkový úřad, Přehled pozemkových úprav (online) [cit. 2022-25-02], dostupné z <https://eagri.cz/public/app/eagriapp/PU/Prehled/>.

VÚMOP, ©2022: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Klimatické podmínky a půdní typy (online) [cit. 2022-03-03], dostupné z <https://mapy.vumop.cz/>.

16 Soupis obrázků, rovnic a tabulek

Obrázek č. 1 příklad zábor půdy rezidenční suburbanizace - foto autor 18
Obrázek č. 2 potenciální ohroženost zem. půdy vodní erozí v hodnotách pro průměrný dlouhodobý smyv půdy (G) (VÚMOP @2016)..... 22
Obrázek č. 3 krusta na povrchu půdy znemožňuje vstup vody do půdy - foto autor 23
Obrázek č. 4 příklad plošné eroze - Toušeň , vlevo nahoře sousedící golfové hřiště Ctěnice - foto autor 24
Obrázek č. 5 příklad rýžkové eroze - foto autor..... 25
Obrázek č. 6 Potenciální ohroženost lokalit větrnou erozí (VÚMOP @2016) 27
Obrázek č. 7 Nomogram ke stanovení K faktoru (Janeček a kol., 2012) 34
Obrázek č. 8 pohled z Toušeni směr Brandýs nad Labem - foto autor 44
Obrázek č. 9 př. dle autora snížení estetické hodnoty kulturní dominanty nevhodnou zástavbou, pohled na Zápy, kostel sv. Jakuba Staršího 45
Obrázek č. 10 Detail. hrázkovače brambor (Novotný a kol., 2017)..... 49
Obrázek č. 11 Důlkování s detailem důlku v meziřadí brambor (Novotný a kol., 2017) 50
Obrázek č. 12 Kukuřice setá s ochrannou podplodinou (ozimé žito) (Novotný a kol., 2017) 51
Obrázek č. 13 Pásové střídání plodin foto VÚMOP, v.v.i.(Novotný a kol., 2017) 54
Obrázek č. 14 příčný řez protierozní mezí, (Janeček, 2012) 61
Obrázek č. 15 zobrazení travních vsakovacích pásů s průlehy (Holý, 1994)..... 62
Obrázek č. 16 schéma účinku poloprodouvavého větrolamu (Janeček, 2012) 64
Obrázek č. 17 zájmové území, zdrojová data: mapa ZM10 (ČÚZK), p. bloky (LPIS), v. toky dibavod.cz 67
Obrázek č. 18 mapa pozemkových úprav (eagri.cz)..... 68
Obrázek č. 19 Ohroženost vodní erozí dle LPIS, data: mapa ZM10 (ČÚZK), p. bloky (LPIS) 70
Obrázek č. 20 aktualizovaná mapa typů půd, data: geoportal.gov.cz, upraveno dle (mapy.vumop.cz, 2020), mapa ZM10 (ČÚZK)..... 71
Obrázek č. 21 aktualizované hloubky půd, upraveno autorem na základě p. bloky (LPIS), mapa ZM10 (ČÚZK)..... 72
Obrázek č. 22 Mapa záplavového území, zdroje dat: záplavové území Q100 (dibavod.cz), p. bloky (LPIS), mapa ZM10 (ČÚZK) 73
Obrázek č. 23 Hydrologické skupiny půd. p. bloky (LPIS), mapa ZM10 (ČÚZK) 78
Obrázek č. 24 návrh protierozních opatřen, data: p. bloky (LPIS), mapa ZM10 **(**ČÚZK**),** Ortofoto(ČÚZK)..... 79
Obrázek č. 25 návrh protierozních opatření 1802/19, data: p. bloky (LPIS), mapa ZM10 (ČÚZK), Ortofoto(ČÚZK)..... 81
Obrázek č. 26 návrh protierozních opatření 1802/13, 1801/3 a 1801/17, data: p. bloky (LPIS), mapa ZM10 (ČÚZK), Ortofoto(ČÚZK)..... 82
Obrázek č. 27 návrh protierozních opatření 9802/6 a 9802/2, data: p. bloky (LPIS), mapa ZM10 (ČÚZK), Ortofoto(ČÚZK)..... 83
Obrázek č. 28 ohroženost větrnou erozí dle LPIS, zdroj mapy VÚMOP ©2022..... 84
Obrázek č. 29 pohled na golfové hřiště Mstětice..... 99
Obrázek č. 30 rozhraní orné půdy a golfového hřiště Mstětice (vlevo) 99
Obrázek č. 31 neohrožený půdní blok 0702/1 (nyní 0702/4) 100
Obrázek č. 32 Půdní blok č. 1706 100
Obrázek č. 33 vzadu patrný erozní smyv na p. b. 1802/19 (1802/26).....100

Obrázek č. 34 Polní cesta do svahu, v popředí p. blok č. 1802/21 a za ním 1802/19 (1802/26) 101
Obrázek č. 35 pohled na p.b. 1704/3, vzadu zalesněný svah a před ním zatravněný pás....101
Obrázek č. 36 vzadu p. b. 1802/19 (1802/26) 102
Obrázek č. 37 patrný erozní smyv rozhraní p.b. 1802/21 a za ním 1802/19 (1802/26) 102
Obrázek č.38 Zelenečský potok, v místě propustku pod cyklotrasou (polní cestou) 17, EV4, GW Jizera 103
Obrázek č. 39 Zelenečský potok ve směru toku před žel. můstkem 104
Obrázek č. 40 motorák přejíždějící můstek Zelenečského potoka 104
Obrázek č. 41 Zelenečský potok překonávající další překážku (silnice 245), před vyústěním do Labe 105
Obrázek č. 42 přejezd pro zem. techniku k p. bloku č 9802/2 105
Obrázek č. 43 Půdní blok č. 9802/2 v místě za přejezdem, návrh polní cesty 106
Obrázek č. 44 půdní blok č 9802/2, v zadní partii 9802/6....106
Obrázek č. 45 vojtěška dokonalý protierozní účinek p.b. 2605/5, který patří k ohroženým i z hlediska větrné eroze....107
Obrázek č. 46 železniční přejezd zajišťující přístup k p. b 2605/5 107
Obrázek č. 47 přejezd k polní cestě vedle p.b. 2605/5, vlevo propustek pod tratí .108
Obrázek č. 48 půdní blok 2506/5 s hrázkou 108
Obrázek č. 49 rozhled do kraje ve směru Brandýs, zleva p. b. 1802/19 (1802/26) 109
Obrázek č. 50 půdní blok 1801 vzadu znatelná vodárna Káraný....109
Obrázek č. 51 pohled na Labe ve směru na Brandýs....110
Obrázek č. 52 jezero Mezi Mosty....110
Obrázek č. 53 Kostel sv. Floriána v obci 111

Tab. č. 1 sklonitost dle BPEJ (Vlasák a Bartošková, 2007) 15
Tab. č. 2 expozice dle BPEJ (Vlasák a Bartošková, 2007) 15
Tab. č. 3 skeletovitost BPEJ (Vlasák a Bartoškova, 2007) 15
Tab. č. 4 Hloubka půd BPEJ (Vlasák a Bartoškova, 2007) 16
Tab. č. 5 přípustná ztráta půdy dle Janečka (2012) a dle nové Vyhlášky č. 240/2021 Sb. 30
Tab. č. 6 Průměrné rozdělení faktoru R přívalových srážek do měsíců vegetačního období v ČR (Janeček, 2012) 34
Tab. č. 7 Ke stanovení exponentu s vlivem sklonu svahu dle Janečka (2002) 36
Tab. č. 8 Hodnoty faktoru P - protierozní opatření (Podhrázská a Dufková, 2005) . 38
Tab. č. 9 Hodnota faktoru P v závislosti na terénním sklonu (Podhrázská, 2007) .. 50
Tab. č. 10 Určení šířky pásů (m) dle svažitosti v (%) (Janeček, 2002) 55
Tab. č. 11 Průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí 68
Tab. č. 12 osevní postupy pro p. blok 9802/6 69
Tab. č. 13 Stanovení požadované hodnoty C faktoru při požadavku dodržení max. přípustné ztráty půdy 4t/ha za rok 75
Tab. č. 14 Nové hodnoty C faktoru, získané úpravou původních osev. postupů 75
Tab. č. 15 Vyhodnocovací tabulka osevních postupů 76
Tab. č. 16 přípustná délka pozemků 77
Tab.č. 17 Hydrologická charakteristika vlastností půd (Janeček, 2012) 78
Tab. č. 18 určení hodnoty faktoru C (Podhráská a Dufková, 2005) 93
Tab. č. 19: Určení hodnoty K faktoru dle hodnoty HPJ (Janeček, 2012) 94

Tab. č. 20 Rozdělení hydrologických skupin dle Janečka (2012) 95
Tab č.21 Hodnot exponentu sklonu svahu (m)v závislosti na sklonu svahu a poměmru rýžkové eroze ku erozi plošné (Renard a kol., 1997) Janeček 2012..... 95
Tab. č. 22 Výpočet faktoru C pro ječmen jarní 96
Tab. č. 23 Výpočet faktoru C pro kukuřici..... 96
Tab. č. 24 Výpočet faktoru C pro cukrovku 97
Tab. č. 25 Výpočet faktoru C pro řepku ozimou 97
Tab. č. 26 Výpočet faktoru C pro ječmen jarní 98

Rovnice č. 1: Rovnice USLE pro vyjádření průměrné dlouhodobé ztráty půdy (t.ha-1.rok-1) (Wischmeier a Smith 1978)..... 32
Rovnice č. 2: vztah pro výpočet faktoru R..... 33
Rovnice č. 3: Vyjádření celkové kinetické energie deště (J.m-2)..... 33
Rovnice č. 4: Pro výpočet K faktoru 35
Rovnice č. 5: výpočet LS faktoru..... 35
Rovnice č. 6: výpočet faktoru L..... 36
Rovnice č. 7: vyjádření hodnoty sklonu svahu (Janeček, 2002) 36
Rovnice č. 8 LS faktor vyjádřen dle Mitášové (1996)..... 65
Rovnice č. 9: výpočet LS faktoru v prostředí Gis..... 65
Rovnice č. 10 Výpočtová rovnice USLE pro Gis..... 66
Rovnice č. 11: Výpočet Cp faktoru..... 74

17 Přílohy

17.1 Tabulky

Tab. č. 18 určení hodnoty faktoru C (Podhráská a Dufková, 2005)

Plodina	Zařazení v osevním postupu	Použitá agrotechnika	Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky podle pěstebních období					
			1	2	3	4	5a	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 O K	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 dvouseč ný							0,015	
Víceletá tráva, louky							0,005	

Legenda:

5a – sláma sklizena

5p – sláma ponechána

O – po obilovině

K – po kukuřici

OP – setí do zorané půdy

St – setí do strniště

Tab. č. 19: 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. 20 Rozdělení hydrologických skupin dle Janečka (2012)

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

Tab č.21 Hodnot exponentu sklonu svahu (m)v závislosti na sklonu svahu a poměmru rýžkové eroze ku erozi plošné (Renard a kol., 1997) Janeček 2012

Sklon svahu (%)	Poměr mezi rýžkovou a plošnou erozí			Sklon svahu (%)	Poměr mezi rýžkovou a plošnou erozí		
	Nízký	Střední	Vysoký		Nízký	Střední	Vysoký
0,2	0,02	0,04	0,07	12	0,37	0,55	0,71
0,5	0,04	0,08	0,15	14	0,4	0,57	0,72
1	0,08	0,15	0,26	16	0,41	0,59	0,74
2	0,14	0,24	0,39	20	0,44	0,61	0,76
3	0,18	0,31	0,47	25	0,47	0,64	0,78
4	0,22	0,36	0,53	30	0,49	0,66	0,79
5	0,25	0,4	0,57	40	0,52	0,68	0,81
6	0,28	0,43	0,6	50	0,54	0,7	0,82
8	0,32	0,48	0,65	60	0,55	0,71	0,83
10	0,35	0,52	0,68				

Upravené osevní postupy:

Tab. č. 22 Výpočet faktoru C pro ječmen jarní

Plodina	Pěstební období	Trvání období	Počet dní	Rden%	Ci	Ri	Ci x Ri
jarní ječmen (v osevním postupu po obilninách, setí do strniště)	1	24.3-28.3	5	0,0000	0,25	0,0000	0,0000
	2	29.3-31.3	3	0,0000	0,25	0,0000	0,0000
		1.4.-30.4	30	0,0333	0,25	0,0100	0,0025
		1.5-10.5	10	0,3548	0,25	0,0355	0,0089
	3	11.5-31.5	21	0,3548	0,2	0,0745	0,0149
		1.6-11.6	12	0,7333	0,2	0,0880	0,0176
	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
	5p	22.7-31.7	10	0,9677	0,04	0,0968	0,0039
		1.8-31.8	31	0,8387	0,04	0,2600	0,0104
	Výsledná hodnota C faktoru pro ječmen jarní						0,0855

Tab. č. 23 Výpočet faktoru C pro kukuřici

Plodina	Pěstební období	Trvání období	Počet dní	Rden%	Ci	Ri	Ci x Ri
kukuřice (sláma předplodiny ponechána, setí do strniště)	1	1.4-16.4	16	0,0333	0,04	0,0053	0,0002
	2	17.4-30.4	14	0,0333	0,04	0,0047	0,0002
		1.5-20.5	20	0,3667	0,04	0,0733	0,0029
	3	21.5-31.5	11	0,3548	0,04	0,0390	0,0016
		1.6-21.6	21	0,7333	0,04	0,1540	0,0062
	4	22.6-30.6	9	0,7333	0,05	0,0660	0,0033
		1.7-31.7	31	0,9677	0,05	0,3000	0,0150
		1.8-31.8	31	0,8387	0,05	0,2600	0,0130
		1.9-3-9	4	0,2667	0,05	0,0107	0,0005
	5p	4.9-30.9	27	0,2667	0,15	0,0720	0,0108
		1.10-31.10	31	0,0645	0,15	0,0200	0,0030
		1.11-30.11	30	0,0000	0,15	0,0000	0,0000
		1.12-31.12	31	0,0000	0,15	0,0000	0,0000
		1.1-31.1	31	0,0000	0,15	0,0000	0,0000
		1.2-29.2	29	0,0000	0,15	0,0000	0,0000
		1.3-21.3	21	0,0000	0,15	0,0000	0,0000
Výsledná hodnota C faktoru pro kukuřici							0,0567

Tab. č. 24 Výpočet faktoru C pro cukrovku

Plodina	Pěstební období	Trvání období	Počet dní	Rden%	Ci	Ri	Ci x Ri
Cukrovka	1	1.4.-14.4.	14	0,0333	0,65	0,0047	0,0030
	2	15.4.-30.4.	16	0,0333	0,8	0,0053	0,0043
		1.5.-15.5.	15	0,3548	0,8	0,0532	0,0426
	3	16.5.-31.5.	16	0,3548	0,65	0,0568	0,0369
		1.6.-30.6.	30	0,7333	0,65	0,2200	0,1430
		1.7.-31.7.	31	0,9677	0,65	0,3000	0,1950
	4	1.8.-31.8.	31	0,8387	0,3	0,2600	0,0780
		1.9.-30.9.	30	0,2667	0,3	0,0800	0,0240
		1.10.-4.10.	5	0,0645	0,3	0,0032	0,0010
	5s	5.10.-30.10.	26	0,0645	0,7	0,0168	0,0117
		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							0,5395

Tab. č. 25 Výpočet faktoru C pro řepku ozimou

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	0,8387	0,65	0,1342	0,0872
	2	17.8-31.8	15	0,8387	0,7	0,1258	0,0881
		1.9-13.9	13	0,2667	0,7	0,0347	0,0243
	3	14.09-31.9	18	0,2667	0,45	0,0480	0,0216
		1.10-15.10	15	0,0645	0,45	0,0097	0,0044
	4	16.10-30.10	15	0,0645	0,08	0,0097	0,0008
		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	0,0333	0,08	0,0100	0,0008
		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
		1.7-9.7	9	0,9677	0,08	0,0871	0,0070
	5p	10.7-31.7	22	0,9677	0,04	0,2129	0,0085
		1.8-31.8	31	0,8387	0,04	0,2600	0,0104
		1.9-30.9	30	0,2667	0,04	0,0800	0,0032
		1.10-30.10	30	0,0645	0,04	0,0194	0,0008
		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							0,2833

Tab. č. 26 Výpočet faktoru C pro ječmen jarní

Plodina	Pěstební období	Trvání období	Počet dní	Rden%	Ci	Ri	Ci x Ri
jarní ječmen (v osevním postupu po cukrovce, setí do strniště)	1	25.3-29.3	5	0,0000	0,7	0,0000	0,0000
	2	30.3-31.3	2	0,0000	0,7	0,0000	0,0000
		1.4-30.4	30	0,0333	0,7	0,0100	0,0070
		1.5-11.5	11	0,3548	0,7	0,0390	0,0273
	3	12.5-31.5	20	0,3667	0,45	0,0733	0,0330
		1.6-12-6	12	0,7333	0,45	0,0880	0,0396
	4	13.6-30.6	18	0,7333	0,08	0,1320	0,0106
		1.7-22.7	22	0,9677	0,08	0,2129	0,0170
	5p	23.7-31.7	9	0,9677	0,04	0,0871	0,0035
		1.8-31.8	31	0,8387	0,04	0,2600	0,0104
		1.9-4.9	30	0,2667	0,04	0,0800	0,0032
Výsledná hodnota C faktoru pro ječmen jarní							0,1516

17.1 Fotodokumentace

Obrázek č. 29 pohled na golfové hřiště Mstětice

Obrázek č. 30 rozhraní - orné půdy a golfového hřiště Mstětice (vlevo)

Obrázek č. 31 neohrožený půdní blok 0702/1 (nyní 0702/4)

Obrázek č. 32 Půdní blok č. 1706

Obrázek č. 33 vzadu patrný erozní smyv na p. b. 1802/19 (1802/26)

Obrázek č. 34 Polní cesta do svahu, v popředí p. blok č. 1802/21 a za ním 1802/19 (1802/26)

Obrázek č. 35 pohled na p.b. 1704/3, vzadu zalesněný svah a před ním zatravněný pás

Obrázek č. 36 vzadu p. b. 1802/19 (1802/26)

Obrázek č. 37 patrný erozní smyv rozhraní p.b. 1802/21 a za ním 1802/19 (1802/26)

Obrázek č.38 Zelenečský potok, v místě propustku pod cyklotrasou (polní cestou) 17, EV4, GW Jizera

Obrázek č. 39 Zelenečský potok ve směru toku před žel. můstkem

Obrázek č. 40 motorák přejíždějící můstek Zelenečského potoka

Obrázek č. 41 Zelenečský potok překonávající další překážku (silnice 245), před vyústěním do Labe

Obrázek č. 42 přejezd pro zem. techniku k p. bloku č 9802/2

Obrázek č. 43 Půdní blok č. 9802/2 v místě za přejezdem, návrh polní cesty

Obrázek č. 44 půdní blok č 9802/2, v zadní partii 9802/6

Obrázek č. 45 vojtěška dokonalý protierozní účinek p.b. 2605/5, který patří k ohroženým i z hlediska větrné eroze

Obrázek č. 46 železniční přejezd zajišťující přístup k p. b 2605/5

Obrázek č. 47 přejezd k polní cestě vedle p.b. 2605/5, vlevo propustek pod tratí

Obrázek č. 48 půdní blok 2506/5 s hrázkou

Obrázek č. 49 rozhled do kraje ve směru Brandýs, zleva p. b. 1802/19 (1802/26)

Obrázek č. 50 půdní blok 1801 vzadu znatelná vodárna Káraný

Obrázek č. 51 pohled na Labe ve směru na Brandýs

Obrázek č. 52 jezero Mezi Mosty

Obrázek č. 53 Kostel sv. Floriána v obci