Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Katedra plánování krajiny a sídel (FŽP)

Eroze zemědělské půdy vlivem obhospodařování

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. David Kincl
Autor: Patrik Formánek

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Patrik Formánek

Krajinářství

Název práce

Eroze zemědělské půdy vlivem obhospodařování

Název anglicky

Soil Erosion due to agriculture

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zpracování podrobné literární rešerše k problematice vodní eroze se zaměřením na vliv způsobu zpracování půdy. Součástí práce bude i vlastní šetření na vybraných lokalitách, kde budou posuzovány projevy eroze ve vztahu ke způsobu zpracování pozemku a použité agrotechnice.

Metodika

Metodika práce spočívá v literárním rozboru problematiky vodní eroze na zemědělských pozemcích. V práci bude řešena obecně problematika vodní eroze, náchylnost jednotlivých půd k této formě degradace, vliv způsobů zpracování pozemku a agrotechniky. Zhodnocen bude i přístup jednotlivých uživatelů na vybraných lokalitách ve vztahu ke způsobu obhospodařování a následným projevům eroze. V závěru práce budou na základě literární rešerše a vlastního šetření doporučeny nejvhodnější přístupy pro snížení ztráty půdy vodní erozí.

Doporučený rozsah práce

40

Klíčová slova

vodní eroze, zpracování půdy, agrotechnika

Doporučené zdroje informací

HŮLA, J. – BOHUSLÁVEK, J. – KOVAŘÍČEK, P. – JANEČEK, M. – VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY PRAHA. *Agrotechnická protierozní opatření.* Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2003. ISSN 1211-3972.

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.

LAL, R. *Encyclopedia of soil science : volume 1.* New York: TAYLOR & FRANCIS, 2006. ISBN 0849338301.

LAL, R. *Encyclopedia of soil science : volume 2.* New York: TAYLOR & FRANCIS, 2006. ISBN 0849338301.

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

ŠARAPATKA, B. *Pedologie a ochrana půdy.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3736-1.

TOY, T J. – FOSTER, G R. – RENARD, K G. *Soil erosion : processes, predicition, measurement, and control.* New York: John Wiley & Sons, 2002. ISBN 0471383694.

VOPRAVIL, J. *Půda a její hodnocení v ČR. Díl II./ Jan Vopravil* a kol. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2011. ISBN 978-80-87361-08-5.

VOPRAVIL, J. *Půda a její hodnocení v ČR. Díl. I.* Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2010. ISBN 978-80-87361-05-4.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. David Kincl

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Konzultant

Ing. Tomáš Khel

Elektronicky schváleno dne 17. 5. 2021

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 5. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2022

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Eroze zemědělské půdy vlivem obhospodařování vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledky 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 Kostelci nad Ohří dne 31.03.2022 ……..……...

Abstrakt

Vodní eroze je jedním z významných činitelů zapříčiňujícím degradaci půdy, čímž je snížen její produkční i mimoprodukční potenciál. Tato bakalářská práce se zabývá vodní erozí zemědělských půd, zejména jejím zapříčiněním v důsledku způsobu využívání zemědělských půd a použité agrotechnice. Konkrétně je zaměřena na okres Litoměřice. Jejím cílem bylo popsat, jak mají způsoby hospodaření a používané technice vliv na míru vodní eroze.

Klíčová slova

Vodní eroze, zpracování půdy, agrotechnika

Abstract

Water erosion is one of the major factors causing soil degradation, which reduces production and non-production potential. This bachelor thesis aims at water erosion of agricultural land, especially due to the use of agricultural land and use of agricultural technology. Specifically, it focuses on the district of Litoměřice. Main aim was to describe how farming methods and techniques used affect the rate of water erosion.

Keywords

Water erosion, tillage, agricultural technology

Cíl práce

Cílem bakalářské práce je zpracování podrobné literární rešerše k problematice vodní eroze se zaměřením na vliv způsobu zpracování půdy. Součástí práce bude i vlastní šetření na vybraných lokalitách, kde budou posuzovány projevy eroze ve vztahu ke způsobu zpracování pozemku a použité agrotechnice.

Metodika

Metodika práce spočívá v literárním rozboru problematiky vodní eroze na zemědělských pozemcích. V práci bude řešena obecně problematika vodní eroze, náchylnost jednotlivých půd k této formě degradace, vliv způsobů zpracování pozemku a agrotechniky. Zhodnocen bude i přístup jednotlivých uživatelů na vybraných lokalitách ve vztahu ke způsobu obhospodařování a následným projevům eroze. V závěru práce budou na základě literární rešerše a vlastního šetření doporučeny nejvhodnější přístupy pro snížení ztráty půdy vodní erozí.

Obsah

Úvod 10

1. Vodní eroze 11

2. Rozšíření eroze 12

3. Dělení eroze 13

3.1 Normální eroze 13

3.2 Zrychlená eroze 13

3.3 Povrchová eroze 13

3.3.1 Plošná eroze 13

3.3.2 Koncentrovaná eroze do drah 15

3.4 Podpovrchová eroze 17

3.4.1 Interskeletovitá 17

3.4.2 Tunelová 17

4. Příčiny eroze 18

4.1 Klimatické a hydrologické. 18

4.2 Morfologické 18

4.3 Geologické a půdní 20

4.4 Vegetační 20

4.5 Způsob využívání a obhospodařování půdy 21

5. Důsledky eroze 23

6. Půdní druhy 25

7. Rovnice USLE 26

7.1 Faktor erozní účinnosti deště – R 26

7.2 Faktor erodovatelnosti půdy – K 27

7.2.1 Určení K faktoru ze vzorce 27

7.2.2 Určení K faktoru z nomogramu 29

7.2.3 Podle hlavních půdních jednotek (HPJ) 30

7.3 Faktory délky a sklonu svahu – L, S 34
7.3.1 Faktor délky svahu – L 35
7.3.2 Faktor sklonu svahu – S 36
7.4 Faktor ochranného vlivu vegetace – C 37
7.5 Faktor účinnosti protierozních opatření – P 41
8. Protierozní opatření 42
8.1 Organizační protierozní opatření 42
8.1.1 Tvar a velikost pozemku 42
8.1.2 Delimitace druhu pozemků a zatravnění 42
8.1.3 Protierozní rozmisťování plodin 43
8.1.4 Pásové střídání plodin 43
8.2 Agrotechnická protierozní opatření 43
8.2.1 Setí / sázení po vrstevnici 44
8.2.2 Ochranné obdělávání 44
8.2.3 Hrázkování a důlkování 44
8.2.4 Plečkování, dlátování a podrývání 44
8.3 Technická protierozní opatření 45
9. Vlastní šetření 46
9.1 Pozemek č. 1 46
9.2 Pozemek č.2 49
Diskuse a výsledky 54
Závěr 55
Zdroje 56

Úvod

S narůstajícím povrchovým odtokem dochází ke zvýšené erozy půdy. Ta pak způsobuje škody přímo v místě kde vzniká, ale i nepřímo mimo erodované půdy. V místě eroze tak může docházet ke ztrátám organické hmoty (humusu), snižování množství živin v půdě, degradaci půdní struktury, zvýšení skeletovitosti půdy, zhutnění povrchu půdy, snížení infiltrační schopnosti půdy, snížení hladiny podzemních vod zapříčiněné sníženým přítokem, smyvu půdního materiálu, vznik půdních rýh. Všechny tyto děje pak mají vliv na zhoršení podmínek pro pěstované rostliny, což vede ke snížení úrodnosti na daných zemědělských půdách. Erodovaný materiál je dále odnášen mimo svůj původní pozemek a má nadále vliv na změnu přírodních podmínek. Může docházet k jeho usazování na jiných pozemcích, čímž je přetvářen původní reliéf až k jeho splavení do vodních toků. Při splavení půdních částic do vod dochází k její znečištění, postupnému zanášení koryt řek, vodních cest, nádrží a jiných vodních děl. Usazováním materiálu jsou tak měněny vodní toky a dochází k zmenšení kapacity koryt řek. Následkem snížené kapacity dochází k vylití řek mimo svá koryta a možným povodním.

Z těchto důvodů je důležité brát na vodní erozi zřetel, jelikož do budoucna představuje čím dál větší možnost ohrožení.

1. Vodní eroze

Jedná se o narušování půdy vodou ve svrchním A – horizontu a její následný transport na jiná místa kde dojde k její sedimentaci. V momentu kdy je překročena povrchová schopnost infiltrace dané půdy, tak dochází k povrchovému odtoku. Infiltrační schopností rozumíme pronikání vody do zemského povrchu, která se dá pro danou půdu vyjádřit pomocí infiltrační kapacity jenž nám udá hodnotu maximální možné nasycenosti půdy. Tato schopnost se postupným transportem půdních částic snižuje jelikož dochází k zanášení půdních pórů a voda se tak přestává vsakovat [1].

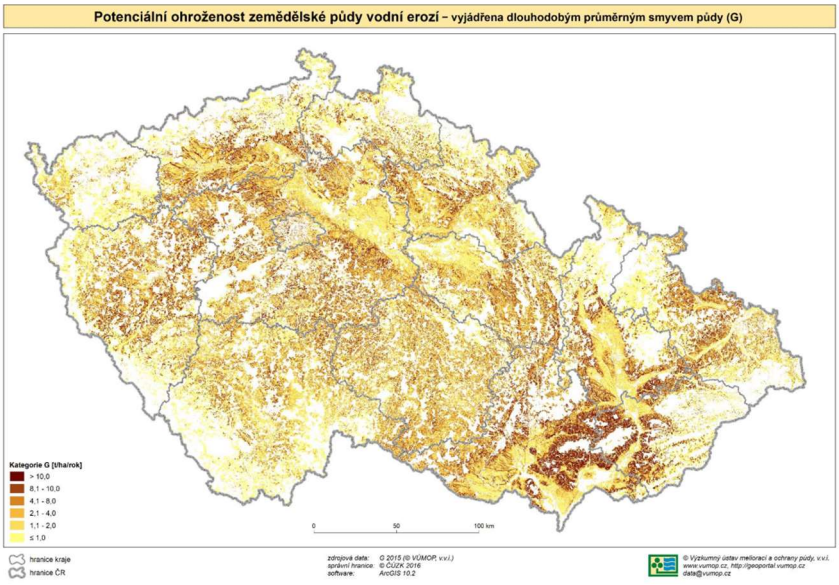
2. Rozšíření eroze

Odhaduje se že za dobu co člověk začal využívat intenzivního zemědělství vzrostlo množství odnesených sedimentů do oceánů z 10 miliard t/rok na 25 až 50 miliard t/rok. Za celou dobu jsme tak přišli o 430 mil. ha produktivních ploch. V současné době to vede ke ztrátám na zemědělské půdě erozí na 3 mil. ha/rok. Podle OSN produkce plodin na 20 mil. ha klesne na nulu nebo se stane neekonomickou z důvodu degradace (snížení produkční schopnosti) půdy zapříčiněnou erozí [2].

V České republice je v současnosti podle analýz Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i. (VÚMOP, v.v.i.) je více než 50 % zemědělské půdy ohroženo vodní erozí. Její potenciální ohroženost vodní erozí je vyjádřená dlouhodobým průměrným smyvem půdy, který vychází z rovnice USLE (Wischmeier a Smith, 1978) Ten je pro Českou republiku rozepsán v tabulce č. 1 a znázorněn na obrázku č. 1 [3].

Dlouhodobý průměrný smyv půdy (G)	G [t/ha/rok]	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
extrémně ohrožená	více než 10,1	15,65	649 987,25
velmi silně ohrožená	8,1 - 10,0	4,27	177 489,77
silně ohrožená	4,1 - 8,0	15,19	631 066,99
středně ohrožená	2,1 - 4,0	16,56	687 948,85
slabě ohrožená	1,1 - 2,0	11,89	493 978,90
velmi slabě ohrožená	méně než 1,0	36,44	1 513 669,36
celkem		100,00	4 154 141,12

Tabulka č. 1: Dlouhodobý průměrný smyv půd (G) Zdroj: [1]



Obrázek č. 1: Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní eroze Zdroj: [4]

3. Dělení eroze

Vodní erozi lze zaznamenat podle intenzity, která je dána objemem či hmotností daného transportovaného materiálu z jeho původní plochy (t/ha, popř. m^3/ha) za určitý čas (z pravidla za rok). K ní pak může docházet jak na povrchu tak i pod povrchem, podle toho ji dělíme na povrchovou a vnitropůdní. Povrchovou erozi je možné následně rozlišit podle několika kritérií. Prvním kritériem může být rychlost průběhu, podle kterého dělíme erozi na normální a zrychlenou. Dále lze vodní erozi rozlišovat dle druhu odtoku materiálu a to na plošnou a koncentrovanou do drah [4].

3.1 Normální eroze

Při normální erozi se erozní činitel vyrovná půdotvornému činiteli. Půda se tak stíhá při probíhající erozní činnosti zároveň i obnovovat. Je tak postupně přetvářen její reliéf. Pro člověka je tento druh eroze pouze minimálně pozorovatelný jelikož probíhá pomalu a postupně [4].

3.2 Zrychlená eroze

Při zrychlené erozi dochází k tomu, že je erozní činitel výrazně vyšší a tak odnesené částice nestíhají být přirozeně nahrazovány z půdotvorného podkladu. Je tak ve velké míře smývána vrchní část půdního A - horizontu (ornice). Smývané půdní částice s sebou odnáší i na nich vázané látky, které později mohou znečišťovat povrchové i podzemní vody. Velkým podílem k tomu přispívá člověk svou hospodářskou činností. Dochází tak ve velké míře nejen k ohrožení půd, ale i vod [5].

3.3 Povrchová eroze

3.3.1 Plošná eroze

Plošná eroze se vyznačuje rovnoměrným zmenšováním mocnosti povrchu. Nastává v oblastech s vlhkým podnebím, kde převládá množství srážrék nad výparem. Na jejím začátku nejprve probíhá kapková eroze při které je povrch narušován dešťovými kapkami, které ho svým dopadem narušují. Dále při vzniku povrchováho odtoku dochází k odnosu zejména prachových a jílových částic z plochy svahu. Ty jsou pak usazovány na jeho patě (obr. 2). Čím je plocha svahu strmější, tím jsou

zvyšovány podmínky pro možné soustřeďování vody do jednotlivých proudů. Tím se pak z plošné eroze může stát eroze výmolová [4].

Jasně zřetelná plošná eroze bývá na intenzivně obdělávané tmavé půdě. Na příklad na černozemi můžeme vidět na vrcholu svahu se zmenšující svrchní části půdního horizontu. Postupně může dochézet přes objevování se větších částic v půdě až k jejímu obnažení na mateční horninu [4]. (viz. obr. 3)

Plošnou erozi lze klasifikovat do 6 stpňů. Její stupeň je pak možné charakterizovat dle intenzity odnosu od nepatrné (>0.05 mm/rok) po katastrofální (<20 mm/rok) viz tabulka 2.

Stupeň	Intenzita odnosu půdy erozí ($mm.rok^{-1}$)	Hodnocení eroze
1	do 0,05	nepatrná
2	0,05 – 0,5	slabá
3	0,5 - 1,5	střední
4	1,5 - 5,0	silná
5	5,0 – 20,0	velmi silná
6	nad 20,0	katastrofální

Tabulka č. 2: Klasifikace škodlivosti plošné eroze podle intenzity odnosu Zdroj: [2]

Obrázek č. 2: Akumulační část svahu Zdroj: [6]

Obrázek č. 3: Zerodovaná vrchní hrana svahu Zdroj: [6]

3.3.2 Koncentrovaná eroze do drah

K koncentrované erozi do drah dochází v aridních oblastech při intenzivních, většinou sezónních, srážkových přívalech. Jedná se o suché oblasti, které jsou charakterizovány převyšujícím výparem nad srázkami. Při intenzivních deštích pak vznikají proudy vody, které odtékají po spádnici a zarývají se do suchého povrchu země. Postupně pak dochází k odnosu hrubšího materiálu čímž se v půdě tvoří postupně se zvětšující rýhy (viz obr. 4) [7].

Erozi lze zaměřit dle délky rýh a podle toho ji dále dělit na rýžkovou (2-10 cm), rýhovou (1-3 dm), výmolovou (30-100 cm) a stržovou (více než 100cm) [7].

Její nárůst se nejlépe zaznamená v m/rok. Je ji možno podle něj rozdělit do 6 stupňů a to od nepatrné (>0.5 m/rok) po výjimečně silnou (<10 m/rok) viz tabulka č. 3 [7].

Stupeň	Růst erozní rýhy v m . rok^{-1}	Hodnocení eroze
1	pod 0,5	nepatrná
2	0,5 - 1,0	slabá
3	1,0 - 3,0	střední
4	3,0 - 5,0	silná
5	5,0 - 10,0	velmi silná
6	nad 10,0	výjimečně silná

Tabulka č. 3: Rychlost růstu erozní rýhy Zdroj: [2]

Intenzitu je možno vyjádřit délkou rýh ku ploše na které se vyskytují od nepatrné (> 0.1 km/km^2) po výjimečnou (< 3 km/km^2) viz tabulka č. 4 [7].

Stupeň	Délka erozních rýh (km . km^{-2})	Hodnocení eroze
1	pod 0,1	nepatrná
2	0,1 - 0,5	slabá
3	0,5 - 1,0	střední
4	1,0 - 2,0	silná
5	2,0 - 3,0	velmi silná
6	nad 3,0	výjimečná

Tabulka č. 4: Třídění intenzity rýhové eroze podle délky rýh Zdroj: [2]

Obrázek č. 4: Erozní rýhy Zdroj:[8]

3.4 Podpovrchová eroze

3.4.1 Interskeletovitá

Srážková voda s sebou při vsakování v půdách splavuje menší půdní částice. Ty jsou pak gravitační vodou odnášeny vertikálně mezi dutinami hlouběji pod povrch až do zvětrávaného pláště. To přispívá k vzniku výrazné skeletovitosti na povrchu půdy [2].

3.4.2 Tunelová

Vnitropůdní eroze může nastat v momentu, kdy na rozhraní propustné a nepropustné vrstvy dochází k vymílání menších chodeb podpovrchového odtoku. Zvětšování těchto vymýlaných chodeb může vést až k propadu půdy a vzniku erozních rýh [2].

4. Příčiny eroze

Mezi hlavní příčiny eroze patří kombinace několika faktorů. Tyto faktory lze dělit na klimatické a hydrologické, morfologické, geologické a půdní a vegetační [2].

4.1 Klimatické a hydrologické.

Tyto faktory nám vyznačují obecné informace o poloze a podnebí dané půdy. Podle toho může být určena teplota, množství a intenzita srážek. Pro vodní erozi není tak podstatné roční množství srážek, ale intenzita deště. Vezmemeli dvě stejná území se stejným množstvím srážek, tak bude k erozi náchylnější právě to území na kterém byl déšť kratší, ale za to intenzivnější. Při intenzivnějších deštích tak dochází k zanešení půdních pórů a ke vzniku zvýšeného povrchového odtoku. Náchylnější k vodní erozi v praxi pak bývají především území kontinentální. Na těchto územích se totiž vyskytují převážně prudké a krátce trvající deště. Ty se střídají s delšími obdobími sucha [9].

V ČR to jsou zejména přívalové deště, které se na našem území vyskytují převážně v období od června do srpna [9].

4.2 Morfologické

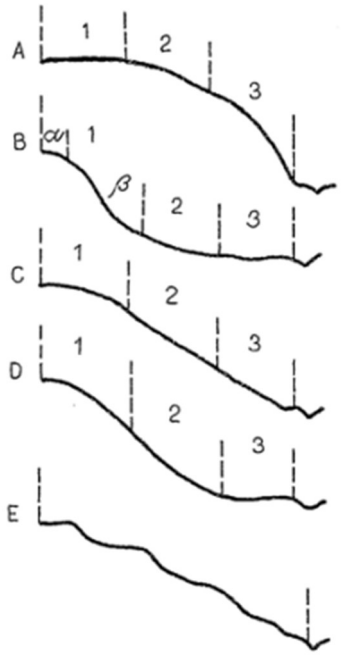
Dalším podstatným vlivem je velikost pozemku, jeho svažitost, tvar a délka po spádnici [9].

Na velkých pozemcích, kde došlo k odstranění hydrografických krajinných prvků, platí že čím je jejich délka po spádnici větší, tím je na nich projevovaná eroze výraznější a rychlejší [9].

Svažitost pozemku lze rozdělit do 2 druhů. Půda jejíž svažitost je do 5 % je náchylnější k mírnějším smyvům půdy převážně pak k plošným. Při svazích nad 5 % pak již dochází k soustředění vody do proudů a vymílání odtokových kanálů. Vzniká zde tak Koncentrovaná eroze do drah [9].

Tvar reliéfu může zvyšovat rychlost probíhající eroze. Čím více je reliéf členitý, tím více se vodní proudy soustředí a stékají. Silnější a větší proudy pak snadněji narušují půdu a urychlují tak její erozi. Jednotlivé svahy tak lze rozdělit na

druhy podle jejich průběhu. Dělíme je na svahy konvexní, konkávní, přímé a kombinované. U konvexního svahu (viz obr. 5 - A) vodní eroze probíhá v největší míře v poslední části svahu (A-3) kde je délka a svažitost nejvyšší. V konkávním svahu (viz obr. 5 B) se eroze nejintenzivněji projevuje v 2. třetině 1. části (B-1β) jelikož zde je svah z celé jeho délky nejstrmější. V dalších částech se svažitost snižuje a v poslední části (B-3) svahu je jeho úhel snížen na tolik, že dochází k usazování splaveného materiálu. U přímého svahu (viz obr. 5 C) se intenzita vodní eroze zvyšuje dle stoupajícího povrchového napětí. Největší intenzitu tak lze očekávat v poslední části svahu (C-3). Kombinací svahu konvexního a konkávního nám vzniká svah vypuklo-dutý (viz obr. 5 D). Povrchové napětí zde stoupá až do prostřední části svahu (D-2) kde dosahuje svého maxima. Svah je zde po celé své délce nejstrmější a eroze nejintenzivnější. V poslední části (D-3) intenzita eroze klesá. Poslední možností kombinovaného svahu je svah stupňovitý (viz obr. 5 E). Ten se vyznačuje svou změnou růstu a poklesu sklonu. Po celé délce svahu se tak intenzita eroze stéle mění v závislosti na změně sklonu svahu [10].



Obrázek č. 5: Druhy průběhů svahů Zdroj: [10]

Na území ČR pak ve větší míře má vliv vytváření velkých nepřerušovaných půdních celků, kterými se řadíme na první místa v Evropě. K tomu došlo především od roku 1948. To bylo zapříčiněno kolektivizací zemědělství inicovaného

Komunistickou stranou Československa, při které docházelo k vyvlastňování soukromých pozemků a jejich následný převod do jednotných družstev. Družstva pak byla ovládána komunistickou stranou. Ke vzniku velkých půdních celků se docílilo spojováním polí a rušením hydrografických a krajinných prvků (rozoráváním mezí, remízků, příkopů, cest, atd). Touto činností tak byla odstraněna většina přirozených bariér, které bráníly zvýšenému povrchovému odtoku. V dnešní době je problémem velkohospodaření na pronajatých pozemcích, které jsou takto již spojeny ve velké lány [11].

4.3 Geologické a půdní

Různé půdy mají odlišné vlastnosti a tím i odlišnou schopnost odolávat erozi. Důležitá je povaha horninového substrátu jeho tvrdostí a blízkostí k zemskému povrchu. V případě že se jedná o snadno zvětrávající horninu (pískovce, slepence, břidlice) může docházet k jejímu smyvu a odnosu jednotlivých částic. Záležé také na textuře jednotlivých půd, jejich propustnosti a soudržnosti. Tyto vlastnosti se také odvíjí od půdní vlhkosti. Vlhké půdy tak oproti suchým a zamokřeným lépe vsakují vodu. Nejméně náchylné k erozi jsou velmi propustné a nesoudržné písčité půdy. Tyto půdy propustí velké množství vody a ta na kontaktu s tvrdou horninou odtéká pod povrchem. Dalšími méně erodovatelnými půdami jsou jílové půdy. Tyto půdy obsahující malé částice jsou méně propustné, ale jejich soudržnost je za vlhka velmi vysoká. Za deště tak dochází k zvýšenému povrchovému odtoku, avšak k menší půdní erozi. Náchylné na erozi jsou půdy hlinité, které obsahují humusové látky a lehké prachové částice. Nejnáchylnější půdy jsou spraše. Ty obsahují malé lehké částice a jevyznačují se nízkou mírou soudržnosti [10].

4.4 Vegetační

Vegetační pokryv snižuje šanci před vznikem eroze a následnému zvyšování její intenzity [10].

V první řadě vegetace brání svým povrchem přímému dopadu dešťových kapek na povrch půdy. Jednotlivé kapky tak mají méně nebo žádný prostor pro přímí dopad na povrch půdy. Kapkám, které nemohou dopadnout přímo je rostlinou

odebrána kinetická energie a finální dopad dešťové kapky na půdu má menší sílu na porušení jejího povrch. Tím je snížena šance na erozi. Vegetační pokryv dále napomáhá ke zlepšení fyzikálně-chemických a biologických vlastností půdy. To vede k zvýšenému vsaku vody. Dále pak rostliny svým povrchem brání volnému pohybu vody, čímž snižují povrchový odtok. V neposlední řadě svým kořenovým systémem svazují a zpevňují půdu. V zimě dokonce snižují šanci na zamrzání půdy. Důležité je na zemědělských pozemcích druh plodin a jejich způsob setí / sadby. Mezi erozně nebezpečné plodiny řadíme okopaniny, kukuřici a další širokořádkové plodiny. (viz obr. č. 6) Tyto plodiny by tak neměly být ve svazích pěstovány [10].

V mírném svahu osetém pšenicí bude povrchový odtok nejmenší, při jejím osetím po vrstevnici. Čím se bude zvyšovat úhel řádků od vrstevnice, tím se bude zvyšovat i povrchový odtok. Nejvyššího povrchového odtoku je pak dosaženo, když bude pšenice seta po spádnici [10].

Obrázek č. 6: Rýhová vodní eroze v řádcích kukuřice Zdroj: [4]

4.5 Způsob využívání a obhospodařování půdy

Na erozi půdy má vliv také způsob obhospodařování a využívání daného pozemku. Mezi tyto vlivy řadíme polohové a tvarové uspořádání pozemku, jeho způsob a směr obhospodařování a střídání pěstovaných plodin. Zejména pak ve

svažitém terénu má velký vliv na erozi směr obdělávání, a to čím se tento směr přibližuje ke spádnici (obrázek č. 7), tím více je půda ohrožena. Naopak nejméně ohrožena je, pokud je obdělávána po vrstevnici. Důležitá je taktéž správná volba plodin. Ve svažitém terénu je zapotřebí se vyhnout erozně nebezpečným plodinám jako jsou brambory, cukrová řepa, kukuřice či jiné širokořádkové plodiny. Důležité je taktéž střídání plodin, aby docházelo k odlišnému využívání půdy [9].

Obrázek č. 7: Pole oseté po spádnici Zdroj: vlastní fotografie

Důležitou roli hraje také utužení půdy. K tomu dochází v případě, že je povrch půdy vystaven nadměrnému tlaku. Tím se půdní částice dostávají blíže k sobě a je snížena jejich pórovitost a propustnost. Póry přestávají být propojené, čímž dochází ke snížení její retenční vodní kapacity a schopnosti dopravy kyslíku ke kořenům rostlin. To zapříčiní že je omezen kořenový růst rostlin. Následkem snížení retenční kapacity půdy je zvýšen povrchový odtok a půda se stává náchylnější k vodní erozi. Celkově je docíleno i ke snížení výnosnosti. Utužení je docíleno nevhodným obhospodařováním dané půdy. Jde například o nevhodně použitou těžkou zemědělskou techniku, umísťování nadměrného množství hospodářských zvířat na danou velikost pozemku či obdělávání půdy která je příliš mokrá. Taková půda pak neklade dostatečný odpor a dochází k jejímu zhutnění [27].

5. Důsledky eroze

Vodní eroze vyvolaná povrchovým odtokem působí na půdní A – horizont a zmenšuje jeho mocnost, čímž dochází ke smyvu nejůrodnější části zemědělských půd. Ty poté výrazně degradují [10].

Smývany jsou nejdříve především menší půdní částice s živinami a humusem, čímž dochází k jeho úbytku a zhoršování struktury půdy v místě eroze (zvyšuje se štěrkovitost půd). To zapříčiňuje změny ve fyzikálně-chemických vlastnostech půdy (struktury, textury, objemové hmotnosti, vodní kapacity, pórovitosti). Následně pak při zvyšování intenzity dochází k soustřeďování odtoku do proudů. Proudy s sebou mohou odnášet i hrubší částice čímž tvoří v půdě viditelné rýhy a narušují tak celistvost půdního horizontu. Při podmáční půdy ve svahu pak může docházet i k plošným půdním sesuvům. Následkem půdních sesuvů může docházet k poničení infrastruktur a zastavěných ploch či k znečištění vod a možnému přehrazování vodních toků [10].

Nedílnou součástí jsou následně způsobené škody na úrodě. Jedná se tak o odnos osiva, sadby a hnojiv či různých užívaných pesticidů. Jsou způsobeny újmy na pěstovaných plodinách a kulturách. Takto erozí zasažené půdy mají pozměněn svůj původní charakter čímž se mění jejich půdní druh. Většinou se jedná o degradaci její původní hodnoty. Se změnou půdního typu nastává i změna bonitace půdy a je změněna její hodnota. Hodnota bývá převážně snížena. V neposlední řadě je změnou půd znesnadněn pohyb zemědělských strojů. (viz obr. č. 8) Je pozměnen způsob obdělávání a provedena případná rekultivace obdělávaných ploch což zvyšuje finanční náročnost zemědělské činnosti [10].

Transportované půdní částice, které nesou na ně vázané pesticidy, hnojiva či jiné podpůrné látky využívané v zemědělství mohou kontaminovat podzemní i povrchové vody. Při usazování smytých půdních částic dochází k zanášení půdních pórů. Což na povrchu zapříčiňuje snížení schopnosti vsakovaní, následný zvíšený povrchový odtok a pod povrchem změny toků podzemních vod. V momentu kdy se smývané půdní částice dostávají až do koryt vodních toků, tak dochází ke zkalení vody. Při usazování částic dochází k zanášení vodních toků a nádrží. Zanesené vodní toky mají sníženou průtočnou kapacitu. Tím je zvýšena šance vzniku povodní. Zkalené

vody zhoršují prostředí pro vodní živočichy. Jsou zvýšeny náklady na čistění vod a těžbu sedimentů (viz obr. č. 9) [10].

Obrázek č. 8: Znesnadněný pohyb zemědělské techniky Zdroj: vlastní fotografie

Obrázek č. 9: Odstranění sedimentu z rybníka Zdroj: [12]

6. Půdní druhy

Různé půdní druhy reagují na přítomnost vody rozdílně. Půdy tak můžeme rozdělit dle jejích zrnitosti na písčité, prachové, jílovité a jejich kombinací. Půdní druh tak lze vyčíst z trojůhelníkového diagramu zrnitosti půd dle procentuálního zastoupení jednotlivých částic. Půdy pak lze dělit na lehké, střední a těžké [14].

Mezi lehké půdy pak řadíme písčitou zeminu (p) a hlinitopísčitou půdu (hp). Tyto půdy jsou charakteristické malým počtem prachových a jílových částic a velkou vzdušností půdy. Hlavními vlastnostmi těchto půd tak je vysoká propustnost a nízká míra retence. Tyto půdy tak velice rychle odvádí vodu z povrchu čímž se smívá i tak nízký humusový horizont a jsou méně úrodné. Dále se pak vyznačují vysokou mírou prohřevnosti a svou nesourodnostní (viz obr. 10–A) [14].

Střední půdy se vyskytují na pomezí mezi lehkými a těžkými půdami. Řadíme mezi ně půdy písčitohlinité (ph) a hlinité (h). Vyznačují se dobrou strukturou a soudržností. Čím více písčitých částic obsahují, tím jsou lehčí. Jsou to nejvhodnější půdy pro hospodaření díky svému ideálnímu množství vláhy, živina snadnému obdělávání (viz obr. 10–B) [14].

Těžké půdy jako jsou jílovitohlinité (jh), jílovité (jv) a jíl (j) jsou velice soudržné a mají vysoký obsah vláhy. Jejich negativem pak je jejich utužení, nepropustnost a jsou velice chladné. Váží dobře živiny avšak ty pak obtížně poskytují rostlinám. Ze zemědělského hlediska se pak těžce obdělávají a je potřeba jim dodávat dosti humusu a zlehčovat je (písek) (viz obr. 10–C) [14].

Obrázek č. 10: Jednotlivé půdní druhy Zdroj: [13]

7. Rovnice USLE

Ztráta půdy zapříčiněná vodní erozí se dá vypočítat pomocí univerzální rovnice ztráty půdy dle Wischmeiera and Smithe z roku 1978 neboli zkráceně USLE. Zde je ztráta půdy vyobrazena jako dlouhodobý průměrný smyv půdy vyjádřený v tunách na hektar za rok ($t * ha^{-1} * yr^{-1}$) [15].

Tato rovnice vychází z pozorování a je porovnáván reálný stav pozemku se standardním pozemkem. Standardní pozemek je udáván s délkou svahu 22,13 metrů s přímím sklonem 9 %. Tento pozemek je udržován jako kypřený černý úhor a je kultivován po svahu.

$$\mathbf{G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P}$$

G – dlouhodobá průměrná roční ztráta půdy;

R – faktor – erozní účinnost deště, je vypočítaný na základě srážkové energie a maximální 30minutové intenzity srážek (i_{30});

K – faktor – náchylnost půdy k erozi, ta je závislá na charakteristice dané půdy (textuře, struktuře a obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu);

L – faktor – délka svahu, vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu (avšak do 400 m) na velikost ztráty půdy erozí;

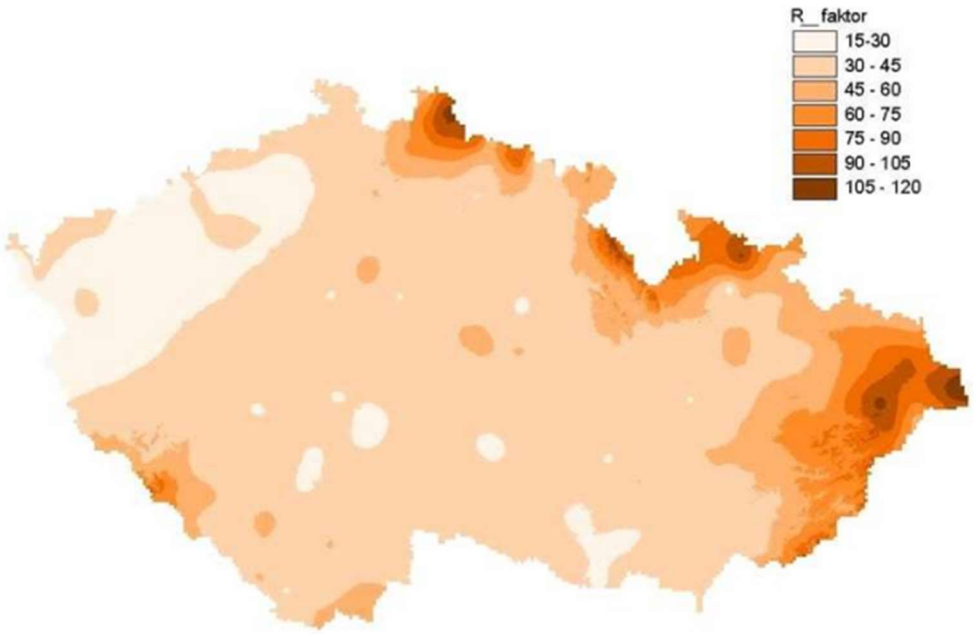
S – faktor – sklon svahu, vyjadřuje vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí;

C – faktor – faktor ochranného vlivu vegetace;

P – faktor – vliv účinnosti protierozních opatření [16].

7.1 Faktor erozní účinnosti deště – R

V tomto faktoru je zahrnuta intenzita deště, srážkový úhrn, jeho intenzita výskytu a kinetická energie přívalových srážek (zaznamenávány jsou deště jejichž vydatnost je po dobu třiceti minut větší než 12,5 mm). V rovnici se počítá s jeho průměrnou roční hodnotou. Ta je určena z maximálních možných hodnot tohoto faktoru. Za reprezentativní hodnotu se uvádí alespoň padesáti letý průměr. Pro Českou republiku se udává průměrná hodnota R faktoru 40 (viz obr. 11) [7].



Obrázek č. 11: Upravené průměrné hodnoty R-faktoru v MJ.ha-1.cm.h-1 na území ČR
Zdroj: [16]

7.2 Faktor erodovatelnosti půdy – K

Jedná se o odnos půdy v t* ha^{-1} ze standardního pozemku na jednotku faktoru erozní účinnosti deště – R (Mj * ha^{-1} * cm * h^{-1}). Udává půdní vlastnosti a charakteristiky, které mají vliv na erozní procesy. Těmito faktory jsou textura, struktura a obsah organické hmoty (humusu) v ornici a propustnost půdního profilu. Lze ho stanovit třemi postupy – z odvozeného vzorce, z grafu (nomogramu) a přibližně podle hlavních půdních jednotek (HPJ) bonitační soustavy půd, nebo podle Taxonomického klasifikačního systému půd České republiky z jednotlivých půdních typů, subtypů a variet [18].

7.2.1 Určení K faktoru ze vzorce

V případu že obsah prachu a práškového písku (částice o velikosti 0,002 – 0,1 mm) nepřekročí 70 %, tak je možné faktor erodovatelnosti půdy – K určit ze vztahu (1)

$$100K = 2{,}1M^{1{,}14}10^{-4}(12-a) + 3{,}25(b-2) + 2{,}5(c-3) \qquad (1)$$

Vysvětlivky:

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

a = % organické hmoty (humusu) v ornici

b = třída struktury ornice (1-4)

c = třída propustnosti půdního profilu

Procentuální zastoupení organické hmoty v ornici (a) se stanovuje podle obsahu oxidovatelného uhlíku (C_{ox}). Její zastoupení je určeno laboratorně. V případě že tomu tak není, je zastoupení organické hmoty stanoveno vynásobením oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) s hodnotou 1,724 [16].

Třída struktury ornice (b): 1 – zrnitá

2 – drobtovitá

3 – hrudkovitá

4 – deskovitá, slitá

V případě že nebylo možné stanovit třídu struktury ornice z uvedených vlastností, nebo se jedná o půdu bezstrukturní, lze ji přibližně stanovit podle zrnitosti ornice z Novákovi stupnice. Třída je tak stanovena podle procentuálního zastoupení částic <0,01 mm. [16].

Třídy stanovené podle zrnitosti ornice: 1 – lehké půdy (0-20%)

3 – střední půdy (20-45%)

4 – těžké půdy (<45%)

Propustnost půdy (c) lze přibližně určit z hlavních půdních jednotek (HPJ) viz tabulka č.5.

Třída propustnosti	Hlavní půdní jednotka bonitační soustavy (HPJ)
1	04, 05, 17, 21, 31, 32, 37, 40, 55
2	13, 16, 18, 22, 27, 30, 34, 38, 41
3	01, 02, 08, 09, 10, 12, 14, 15, 23, 26, 28, 29, 35, 36, 51, 56
4	03, 06, 11, 19, 24, 25, 33, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 50, 52, 58, 60
5	07, 20, 39, 47, 49, 57, 59, 62, 64, 65, 66, 75, 77, 78
6	53, 54, 61, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76

Tabulka č 5: Třídy propustnosti v závislosti na HPJ Zdroj:[16]

Lze ji také naměřit, a to v závislosti hloubky do které se voda na daném půdním profilu vsákla za hodinu [17].

Třídy propustnosti: 1 – > 15,0 cm / hod

2 – 5,0 – 15,0 cm / hod

3 – 1,5 – 5,0 cm / hod

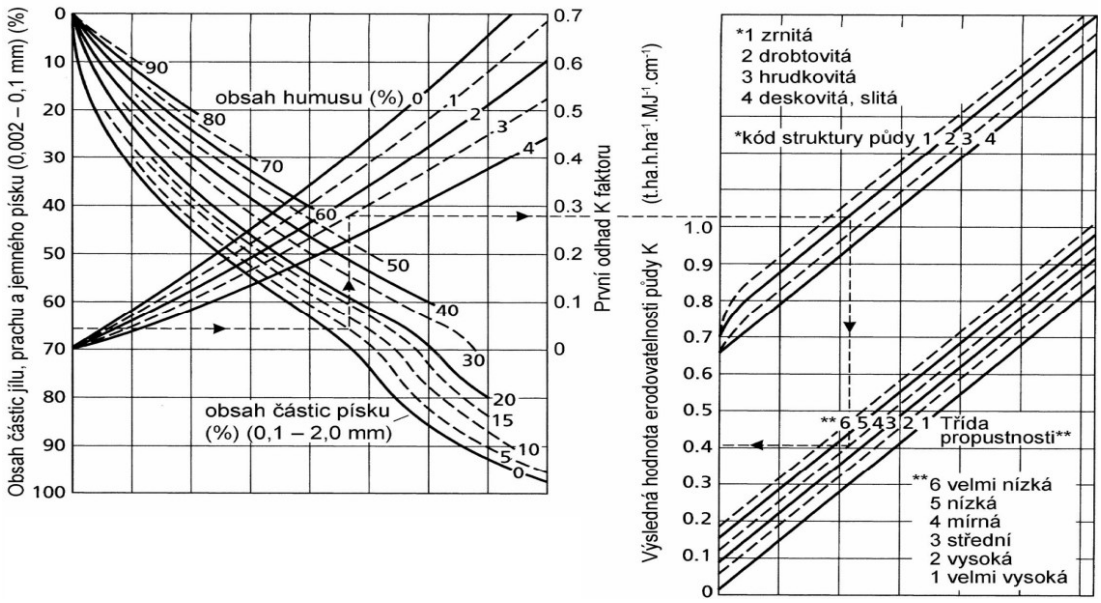
4 – 0,5 – 1,5 cm / hod

5 – 0,15 – 0,5 cm / hod

6 – < 0,15 cm / hod

7.2.2 Určení K faktoru z nomogramu

Při určování K faktoru pomocí nomografu je potřeba znát kromě hodnot procentuálního zastoupení jílu, prachu, jemného písku (částice o velikosti 0,002 – 0,1 mm) i pískových částic (částice o velikosti 0,1 – 2,0 mm). Kromě písku jsou veškeré vstupní parametry shodné s parametry použitými ve výpočetní části. Výsledná hodnota faktoru erodovatelnosti půdy je poté vyčtena z grafu (viz obr. 12) [16].



Obrázek č. 12: Nomogram pro určení faktoru erodovatelnosti půdy – K Zdroj: [16]

7.2.3 Podle hlavních půdních jednotek (HPJ)

Při přibližném určování K faktoru pomocí hlavních půdních jednotek Jsou používány druhé a třetí číslice u pětimístného kódu bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ) (viz obr. 13) [20].

Obrázek č. 13: struktura kódu BPEJ Zdroj: [19]

Hlavní půdní jednotka (HPJ) je definována jako syntetická agronomizovaná jednotka charakterizovaná účelovým seskupením genetických půdních typů, subtypů, půdotvorných substrátů, zrnitosti, hloubky půdy, typem a stupněm hydromorfizmu

a reliéfem území. Klasifikuje se do 78 jednotlivých hlavních půdních jednotek a ke každé z nich je přiřazena vlastní hodnota faktoru K (viz obr. 13). Jednotky jsou z geneticko-agronomického hlediska seskupovány do třinácti základních skupin dle půdních typů. A to na: Černozemě (PT 1), Hnědozemě (PT 2), Luvizemě (PT 3), Rendziny a pararendziny (PT 4), Regozemě (PT 5), Kambizemě (PT 6), Kambizemě dystrické, podzoly, kryptopodzoly (PT 7), Kambizemě, rankery, litozemě (PT 8), Silně svažité půdy (PT 9), Pseudogleje (PT 10), Fluvizemě (PT 11), Černice (PT 12) a Gleje (PT 13) [21].

Hlavní půdní jednotky lze dělit do pěti skupin podle jejich náchylnosti k vodní erozi.

1. Skupina (HPJ nejnáchylnější k vodní erozi):

Do této skupiny spadají půdy jejichž hodnota K faktoru je vyšší než 0,50. Jedná se většinou o velmi kvalitní půdy (černozem luvická, hnědozem apod.). Hlavním důvodem náchylnosti těchto zemí k vodní erozi je zrnitostní složení ornice a v ní se snižující obsah humusu. To je způsobeno procesem illimerizace, při kterém dochází k vyplavování jílu z eluviálního horizontu do spodní části půdního profilu. Tento eluviální horizont je při obdělávání půdy smíchán s ornici, čímž se do ornice dostává velké množství prachovitých částic a je zároveň ochuzována o obsah humusu. Tímto je zhoršována její struktura a ornice se stává snadněji erodovatelnou [22].

2. Skupina (HPJ silně náchylné k vodní erozi):

Jedná se o půdy jejichž hodnota K faktoru je v rozmezí mezi 0,40 a 0,50. Spadají sem převážně černozemě na spraši a další půdy, kde se vyskytuje proces illimerizace. Tyto půdy se vyznačují vysokým obsahem humusu, dobrou strukturností a propustností půdního profilu. Jedná se o půdy, které jsou využívány převážně jako trvalé travní porosty (TTP) [22].

3. Skupina (HPJ středně náchylné k vodní erozi):

Jejich K faktor se pohybuje mezi 0,30 a 0,40. Tato skupina je velice pestrá na půdní druhy. Spadají sem půdy od sprašů přes flyš až po různé horniny, které mají dobrou strukturu ornice a dobrý vláhový režim, ale i půdy převážně zamokřené s vysokým

obsahem humusu. Spadají sem tak i černice, které mají z půd vyskytujících se na území České republiky nejvyšší obsah humusu [22].

4. Skupina (HPJ slabě náchylné k vodní erozi):

Tato skupina je velice pestrá, vyskytují se zde rozličné půdy s rozdílnými vlastnostmi a původem. Jejich K faktor se pohybuje v rozmezí od 0,20 po 0,30. Půdy zde obsažené mají svou strukturu buďto zrnitostně lehkou a jsou tak dobře propustné, či naopak obsahují vysoký obsah humusu a mají dobrý strukturní stav [22].

5. Skupina (HPJ nenáchylné k vodní erozi):

Tyto půdy mají hodnotu K faktoru nižší než 0,20. Jedná se o půdy převážně zrnité vytvořené hlavně z písčitých substrátů. Mají nízký obsah humusu a jsou tak dobře propustné a rychle vysychající [22].

HPJ	K - faktor	HPJ	K – faktor
01	0,41	40	0,24
02	0,46	41	0,33
03	0,35	42	0,56
04	0,16	43	0,58
05	0,28	44	0,56
06	0,32	45	0,54
07	0,26	46	0,47
08	0,49	47	0,43
09	0,60	48	0,41
10	0,53	49	0,35
11	0,52	50	0,33
12	0,50	51	0,26
13	0,54	52	0,37
14	0,59	53	0,38
15	0,51	54	0,40
16	0,51	55	0,25
17	0,40	56	0,40
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	0,40
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

Obrázek č. 13: Hodnoty faktoru K pro jednotlivé HPJ Zdroj: [16]

Další možností přibližného určení K faktoru je možné pomocí Taxonomického klasifikačního systému půd České republiky, kdy je k jednotlivým půdním typům a subtypům přiřazena hodnota K faktoru (viz obr. 14) [16].

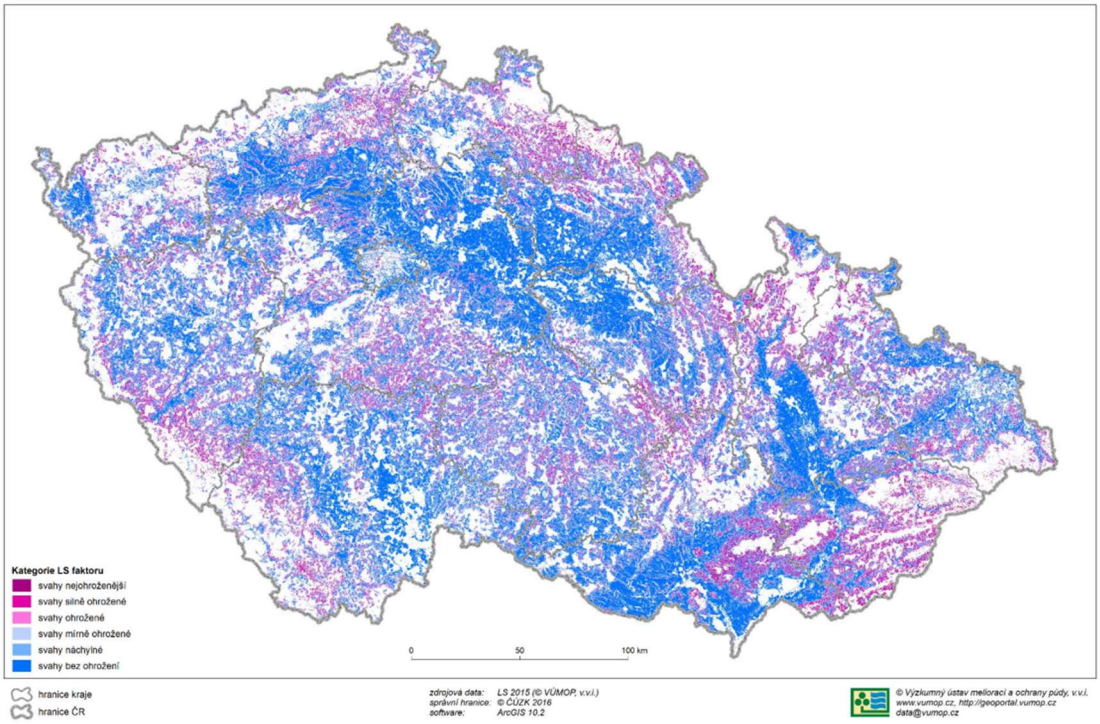
Půdní typ	Subtyp	K - faktor	Půdní typ	Subtyp	K - faktor
Ranker	modální	0,26	**Šedozem**	modální	0,57
	kambický	0,25		luvická	0,59
	podzolový	0,24	**Hnědozem**	modální	0,53
Rendzina	modální	0,22		luvická	0,58
	kambická	0,30		oglejená	0,53
Pararendzina	modální	0,26	**Luvizem**	modální	0,60
	kambická	0,36		oglejená	0,56
	oglejená	0,24		arenická	0,31
Regozem	modální	0,22	**Kambizem**	modální	0,33
	psefitická	0,18		modální (eutrofní)	0,32
	arenická	0,17		luvická	0,50
	pelická	0,18		oglejená	0,34
Fluvizem	modální	0,40		dystrická	0,32
	glejová	0,42		arenická	0,20
	arenická	0,26		pelická	0,30
Smonice	modální	0,28		psefitická	0,30
Černozem	modální	0,40	**Kryptopodzol**	modální	0,20
	luvická	0,54	**Podzol**	modální	0,25
	černická	0,35		arenický	0,20
	arenická	0,16	**Pseudoglej**	modální	0,42
	pelická	0,28		luvický	0,54
Černice	modální	0,30		glejový	0,24
	glejová	0,34	**Glej**	modální	0,42
	pelická	0,32		modální (zrašeliněný)	0,46

Obrázek č. 14: Hodnoty faktoru K pro jednotlivé půdní typy a subtypy Zdroj: [16]

7.3 Faktory délky a sklonu svahu – L, S

Vliv sklonu a délky svahu na intenzitu eroze se udává pomocí kombinace faktoru sklonu svahu – S a faktoru délky svahu - L. Spojením těchto dvou faktorů nám vzniká tzv. topografický faktor LS. Ten vyjadřuje vliv členitosti terénu na vznik a vývoj vodní eroze (viz obr. 15) [23].

Vliv LS faktoru je určen z digitálního modelu terénu (DMR 4G) v rastrové podobě s rozlišením 5 m a vrstvy způsobilých ploch pro výpočet eroze. [22].



Obrázek č. 15: Vliv délky sklonu svahu vyjádřený LS faktorem. Zdroj: [22]

7.3.1 Faktor délky svahu – L

Délkou svahu se rozumí horizontální vzdálenost mezi místem vzniku povrchového odtoku a místem, kde vlivem snižování sklonu svahu dochází k sedimentaci erodovaného materiálu nebo se plošný odtok soustředí do odtokové dráhy. Hodnota faktoru délky svahu L se stanoví ze vztahu WISCHMEIERA a SMITHE se zahrnutím přístupu použitého v tzv. RUSLE (Revidované universální rovnice ztráty půdy) (2) [23].

$$L = (l / 22{,}13)^m \qquad (2)$$

Vysvětlivky:

22,13 = délka standardního pozemku (v metrech)

l = zdánlivá vzdálenost (horizontální projekce) nepřerušené délky svahu (v metrech)

m = exponent sklonu svahu (náchylnost svahu k rýžkové erozi – viz obr. 16)

[24]

Exponent sklonu svahu m volíme v závislosti na poměru rýžkové eroze k plošné. Tento poměr lze rozdělit na nízký, střední a vysoký. Při nízkém poměru se jedná o pastviny a utužené půdy s vegetačním pokryvem. Střední poměr je přiřazen k pozemkům s řádkovými plodinami nebo na středně utužených půdách s řidším vegetačním pokryvem. Vysoký poměr se vyskytuje na člověkem nově vytvořených půdách a na velmi zkypřených půdách. V případě že je sklon svahu vyšší než 15%, je pro výpočet použitá automaticky hodnota vyššího poměru [25].

	Rill/interrill ratio		
Slope (%)	Low	Moderate	High
0.2	0.02	0.04	0.07
0.5	0.04	0.08	0.16
1.0	0.08	0.15	0.26
2.0	0.14	0.24	0.39
3.0	0.18	0.31	0.47
4.0	0.22	0.36	0.53
5.0	0.25	0.40	0.57
6.0	0.28	0.43	0.60
8.0	0.32	0.48	0.65
10.0	0.35	0.52	0.68
12.0	0.37	0.55	0.71
14.0	0.40	0.57	0.72
16.0	0.41	0.59	0.74
20.0	0.44	0.61	0.76
25.0	0.47	0.64	0.78
30.0	0.49	0.66	0.79
40.0	0.52	0.68	0.81
50.0	0.54	0.70	0.82
60.0	0.55	0.71	0.83

Obrázek č. 16: Hodnoty exponentu sklonu svahu v závislosti sklonu svahu na poměru rýžkové eroze k erozi Zdroj: [25]

7.3.2 Faktor sklonu svahu – S

Se zvyšujícím se sklonem svahu se zároveň zvyšuje i ztráta půdy, a to výrazně rychleji oproti zvyšování ztráty půdy v závislosti na jeho délce. Hodnota faktoru

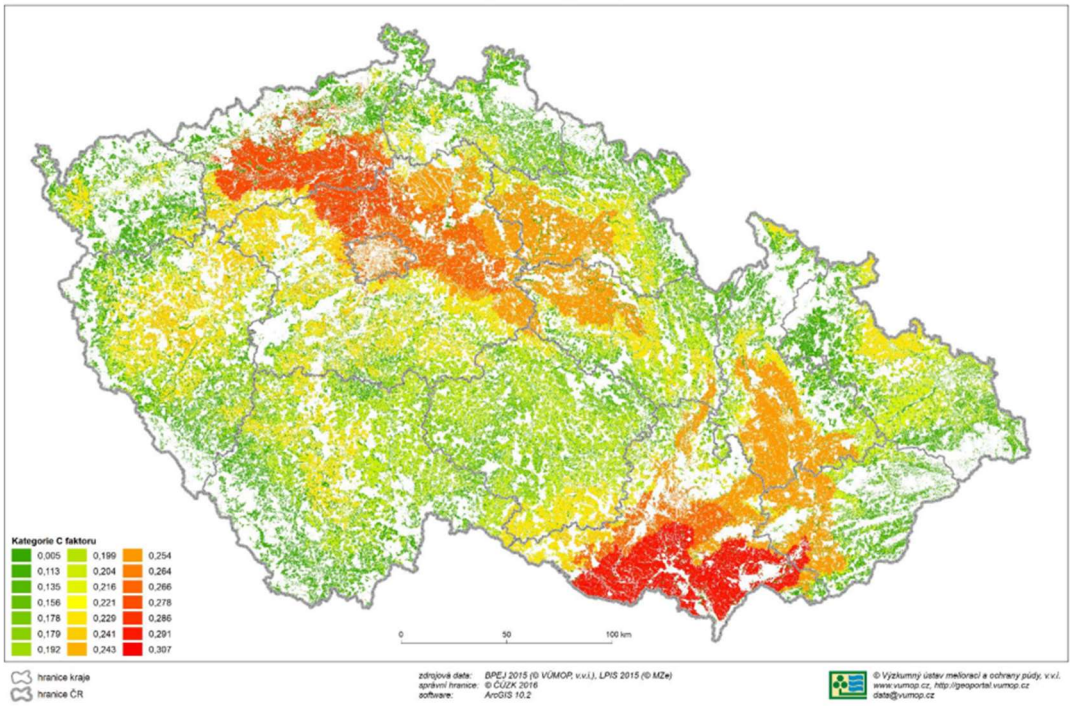
sklonu svahu S se určuje pomocí 2 vztahů, a to v závislosti na sklonu svahu. Pro sklon svahu nižší než 9 % je užito výpočtu (3) a pro svah 9 % a vyšší výpočtu (4) [25].

$$S = 10{,}8 \sin \theta + 0{,}03 \quad (3)$$

$$S = 16{,}8 \sin \theta - 0{,}50 \quad (4)$$

7.4 Faktor ochranného vlivu vegetace – C

Vegetační pokryv má podstatný vliv na ochranu půdy proti vodní erozi, který je přímo úměrný míře pokrytí a hustotě daného porostu v období erozně nebezpečných dešťů. Tento ochranný vliv vegetace se projevuje přímo i nepřímo. Přímo je půda chráněna proti dopadajícím dešťovým kapkám, které tak nemohou narušovat povrch půdy. Významné je i zpomalování rychlosti povrchového odtoku. Nepřímo působí vegetace na půdní vlastnosti. Zlepšují pórovitost půd a zvyšují jejich propustnost. Zabraňují zanášení pórů jemnými půdními částicemi a kořenovým systémem mechanicky zpevňují půdu. Nejlépe chránící porosty (hodnota C faktoru je nízká) jsou různé traviny a jeteloviny a za erozně nebezpečné se považují širokořádkové plodiny jako jsou kukuřice, okopaniny, sady a vinice (hodnota C faktoru je vysoká). Z tohoto důvodu je patrné, že na území České republiky je půda nejméně chráněna v oblastech nížin (viz obr. 17). V těchto oblastech se vyskytují úrodné půdy a převládá aktivní zemědělství [22].



Obrázek č. 17: Ochranný vliv vegetace vyjádřený C faktorem Zdroj: [22]

Hodnoty C faktoru jsou udávané jako poměr smyvu na pozemku s pěstovanými plodinami ke ztrátě půdy na standardním pozemku. Tyto hodnoty se vyhodnocují pro danou strukturu pěstovaných plodin (viz obr. 18), postupu jejich střídání na pozemcích, období mezi střídáním plodin a použité agrotechnice, jejím nástupu a způsobu práce v pěti obdobích (viz obr. 19) [16]:

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

Plodina	C faktor	Plodina	C faktor
pšenice ozimá	0,12	chmelnice	0,8
žito ozimé	0,17	řepka ozimá	0,22
ječmen jarní	0,15	slunečnice	0,6
ječmen ozimý	0,17	mák	0,5
oves	0,1	ostatní olejniny	0,22
kukuřice na zrno	0,61	kukuřice na siláž	0,72
luštěniny	0,05	ostatní pícniny jednoleté	0,02
brambory rané	0,6	ostatní pícniny víceleté	0,01
brambory pozdní	0,44	zelenina	0,45
louky	0,005	sady	0,45

Obrázek č. 18: Hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace pro jednotlivé plodiny

Zdroj: [16]

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

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

Obrázek č. 19: Hodnoty faktoru ochranného vlivu plodin v jednotlivých obdobích

Zdroj: [16]

Tyto hodnoty je nutné pro jednotlivé měsíce vynásobit procentuálním rozdělením R-faktoru. Ten znázorňuje průměrnou roční hodnotu erozně nebezpečných dešťů (viz obr. 20) [16].

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

Obrázek č. 20: Rozdělení R faktoru pro jednotlivé měsíce Zdroj: [16]

7.5 Faktor účinnosti protierozních opatření – P

P – faktorem je vyjádřen vliv protierozních opatření. Je udáván poměrem ztráty půdy z obdělávaného pozemku a ztráty půdy ze standardního pozemku. Protierozním opatřením se rozumí taková opatření, které mají pozitivní vliv na snížení vodní eroze, či ji úplně zabrání (viz obr. 21) [25].

Hodnota P faktoru je udávána od 0 do 1. Nejvyšší hodnota (1) je udávána pro pozemky bez protierozní ochrany, popřípadě pro pozemky, na kterých nejsou protierozní opatření uplatněna, nebo pokud nelze předpokládat, že by byly jejich podmínky dodrženy [16]

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

Obrázek č. 21: Hodnoty faktoru protierozních opatření P Zdroj: [16]

8. Protierozní opatření

Zemědělská půda na svazích je vystavena vodní erozi a je třeba ji před ní chránit jednotlivými protierozními opatřeními. Ta by měla být zvolena, aby byla co nejúčinnější vzhledem k požadovanému snížení smyvu půdy. Také musí respektovat zájmy vlastníků a uživatelů půdy, ochrany přírody, životního prostředí a tvorby krajiny. Jedná se převážně o komplex organizačních, agrotechnických a technických opatření, které se vzájemně doplňují a respektují současné základní požadavky a možnosti zemědělské výroby. Tato opatření se dělí na organizační protierozní opatřen, agrotechnická protierozní opatřen a technická protierozní opatření [16].

8.1 Organizační protierozní opatření

Jedná se o méně finančně náročná opatření, která spočívají v realizaci návrhů na ochranné zatravnění, zalesnění, protierozní rozmísťování plodin v osevních postupech, pásovém střídání plodin a ve změně velikosti a tvaru pozemku. Velkou roli v realizaci hraje svahová dostupnost zemědělských strojů a půdní podmínky [26].

Mezi tyto opatření řadíme: tvar a velikost pozemku, delimitace druhu pozemků a zatravnění, protierozní rozmisťování plodin, pásové střídání plodin [16].

8.1.1 Tvar a velikost pozemku

Tvar a velikost pozemku podléhá několika faktorům a to přírodních, které podporují vytváření menších půdních celků s nižní náchylností k vodní erozi a ekonomických, které naopak upřednostňují větší pozemky. Za kompromis je možné považovat vytváření půdních bloků v rovinných územích o velikosti do 50 ha a ve členitějších územích do 20 ha. V obou dvou situacích by měly převažovat délky ve směru vrstevnic [16].

8.1.2 Delimitace druhu pozemků a zatravnění

Jedná se o správné využití pozemku členěním na ornou půdu, zahrady, louky, pastviny, vinice, sady a chmelnice v rámci organizace půdního fondu [27].

Zatravnění je použito na pozemcích, které nelze využívat v důsledku vodní eroze jako orné půdy. Jedná se o půdy, které jsou buď ve svažitých terénech nad 12°, mělké půdy, středně skeletovité na pevných substrátech nebo o zamokřené gleje [27].

8.1.3 Protierozní rozmisťování plodin

Organizace rozmisťování pěstovaných plodin se zakládá na pěstování erozně nebezpečných plodin (širokořádkové plodiny, kukuřice, brambory atd.) na půdních blocích, či jejich částech které jsou erozně neohrožené, nebo jen mírně ohrožené [28]

Jednotlivé plodiny tak lze seřadit podle jejich ochranného vlivu (faktoru C) a to od nejúčinnějších: travní porost – vojtěška – jetel –obilovina ozimá – obilovina jarní – hrách – řepka ozimá – slunečnice – brambory – cukrovka – kukuřice [27]

8.1.4 Pásové střídání plodin

Jedná se vytvoření stejně širokých pásů plodin po vrstevnicích. Jsou tak střídány pásy plodin s vysokým protierozním účinkem (traviny, jeteloviny, ozimé obilniny) s pásy erozně nebezpečnějšími plodinami (kukuřice, brambory, cukrovka) [16]

8.2 Agrotechnická protierozní opatření

Jedná se o opatření, která jsou neméně finančně náročná než opatření organizační a spočívají v použitých technologiích na setí / sázení plodin a způsobu přípravy půdy. Tato opatření se snaží zamezit zvýšenému odtoku, který může být způsobem špatným způsobem zasetím / zasázením dané plodiny, delší dobou, kdy je půda bez vegetačního pokryvu či utužením půdy [16]

Nejčastějšími agrotechnickými opatřeními tak jsou: setí/sázení po vrstevnici, ochranné obdělávání (bezorebné setí, setí/sázení do mulče, setí/sázení do mělké podmítky, setí do ochranné plodiny, setí s podplodinou), hrázkování, důlkování a plečkování, dlátování a podrývání [30].

8.2.1 Setí / sázení po vrstevnici

Povrchový odtok ve svažitém terénu lze snížit akumulací vody. Díky akumulaci vody se zvyšuje schopnost infiltrace. K tomu může být využito obdělávání dané půdy po vrstevnici. Vrstevnicové obdělávání půdy spočívá v zachycení povrchově stékající vody v brázdách a řádcích, kde se takto zachycená voda akumuluje a plošně se rozptyluje, tím je docíleno zvýšené infiltrace vody do půdy [31].

8.2.2 Ochranné obdělávání

Jedná se o způsob obdělávání, při kterém nedochází k orbě a jsou ponechány posklizňové zbytky (strniště, sláma atd.), které jsou pomocí kypření jen částečně zapraveny do půdy. Takto ponechané zbytky plodin se nazývají mulč. Takto ponechaný mulč snižuje výpar, čímž zvyšuje vlhkost půdy. Částečně může zabraňovat povrchovému odtoku a zvyšuje schopnost infiltrace půdy. Nevýhodami bývá, že snižuje teplotu půdy a zvyšuje možnost výskytu chorob a škůdců [16].

Další možností je pěstování 2 plodin na stejném pozemku ve stejném vegetačním období. Tím je omezena doba, kdy je půda bez vegetačního pokryvu, a tudíž je méně náchylná k vodní erozi. Pěstované plodiny je důležité pečlivě vybrat, aby si příliš nekonkurovali [29]

8.2.3 Hrázkování a důlkování

Hlavním důvodem hrázkování a důlkování je snížení povrchového odtoku zadržením srážkové vody na povrchu půdy. Takto akumulované vodě se prodlužuje doba její infiltrace do půdního povrchu. Důlkování lze provádět při výsadbě v libovolném směru, při různých sklonech pozemku. Mezní sklon pozemku je dán svahovou dostupností důlkovače. Při směru výsadby po spádnici a větších sklonech terénu má nižší účinnost [27]

8.2.4 Plečkování, dlátování a podrývání

Vlivem dlouhodobé orby a trvalého používání těžké techniky se půda utužuje, a tak mohou vznikat hluboko uložené ztvrdlé vrstvy a zhutnělé vrstvy půdy. Ty mohou bránit kořenovému růstu a infiltraci vody a živin. Snížením infiltrace vody se zvyšuje povrchový odtok a půdy se stávají náchylnější k vodní erozi. Je proto velmi důležité půdu obdělávat a zpracovávat tak, aby k utužení nejlépe nedocházelo a byla zvýšena schopnost infiltrace půdy [29].

8.3 Technická protierozní opatření

Jedná se o finančně náročnější opatření, které zahrnují větší či menší zásah do krajiny. Těchto opatření se využívá v případech, kdy nelze potřebných protierozních opatření dosáhnout organizačními ani agrotechnickými opatřeními. Popřípadě, když je ve výsledné situaci technické opatření finančně méně náročné. Tato opatření zmenšují nebo přímo zamezují erozním procesům tím, že se zaměřují na 2 zásadní faktory, a to sklon svahu a jeho délku. Tím se povrchový odtok částečně mění v podpovrchový [31].

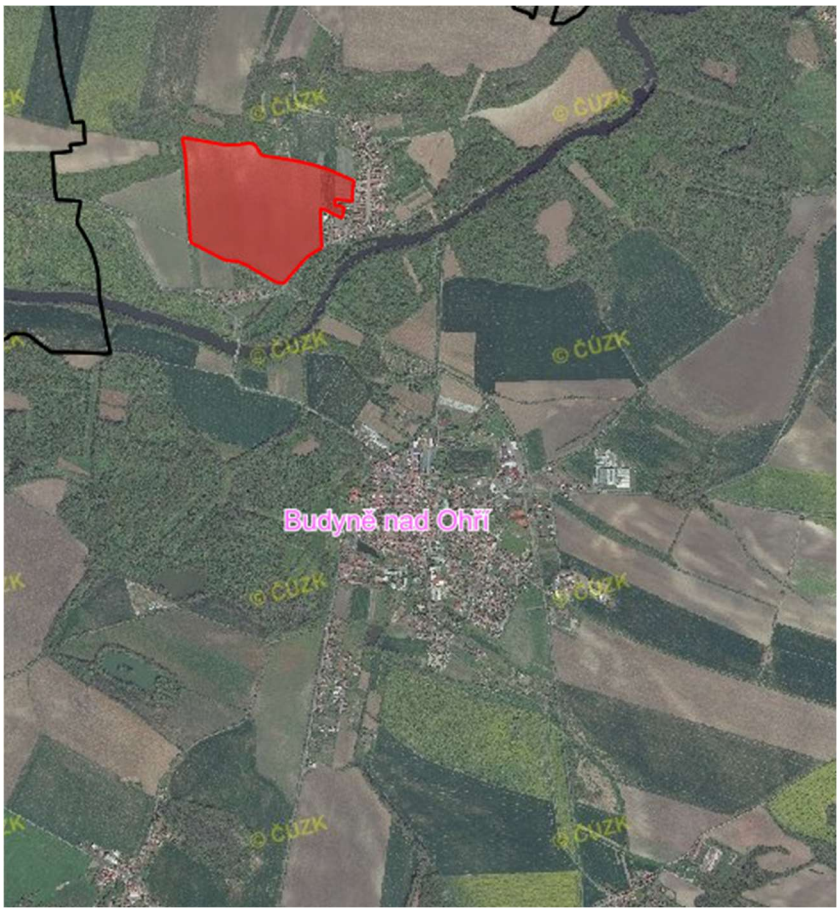
Mezi tyto opatření můžeme řadit vytváření příkopů, průlehů, zatravňování údolnic se stabilizovanou dráhou soustředěného odtoku, vytváření polních cest s protierozní funkcí, tvorbu ochranných hrázek, ochranných nádrží, zarovnávání terénu, tvorbu teras, protierozních mezí a asanaci erozních výmolů a strží [5].

9. Vlastní šetření

Pro pozorování vývoje vodní eroze jsem si pro porovnání vybral 2 lokality, z nichž každá má odlišně členitý terén. Na vybraných lokalitách byl sledován vliv jednotlivých způsobů zpracování pozemků a použité agrotechniky na následný vývoj vodní eroze. Sledován byl i jednotlivý přístup uživatelů vybraných lokalit ke způsobu obhospodařování.

9.1 Pozemek č. 1

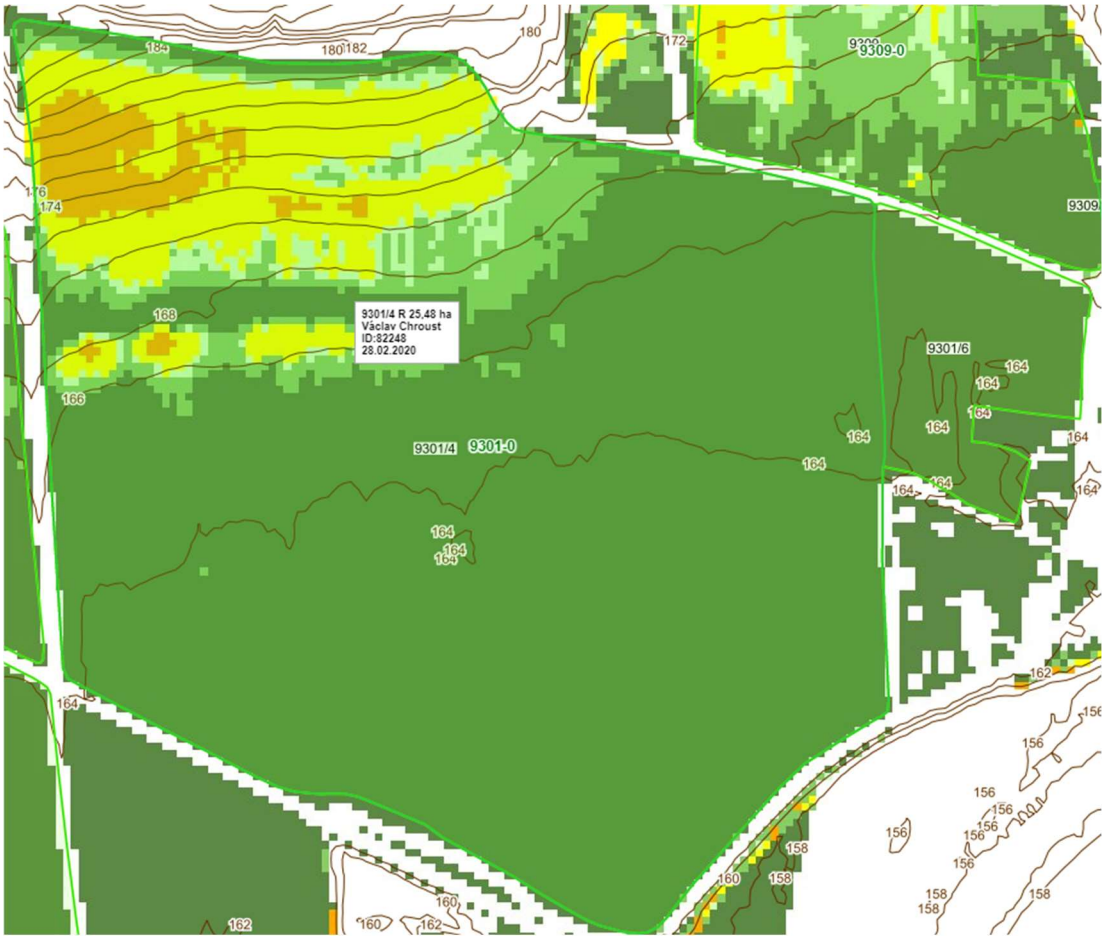
První pozemek se nachází v Ústeckém kraji, okresu Litoměřice v katastrálním území Březany nad Ohří [614971] s plochou o velikosti 25,48 ha (viz obr. 22). Tento pozemek je v LPIS zapsán pod označením 9301/4.



Obrázek č. 22: Lokalizace pozemku č.1 Zdroj: [30]

95% tohoto pozemku není nijak erozně ohrožena a zbylých 5% (1,32ha) je mírně ohroženo (viz obr.23).

Na takto ohrožené půdě platí podmínky, že zde mohou být s podsevem zakládány porosty erozně nebezpečných plodin (kukuřice, brambory, bob, sója, slunečnice a čirok), a to s podsevem jakékoli jiné než erozně nebezpečné plodiny seté nejpozději společně s hlavní plodinou. Dále zde musí být dodrženo stanovené min. 20% pokryvnosti půdy rostlinnými zbytky při zakládání porostů erozně nebezpečných plodin, přičemž do 30. června musí být zachována ještě min. 10% pokryvnost půdy rostlinnými zbytky a po 1. červenci musí být vizuálně prokazatelné, že při zakládání porostu byla použita obecná půdoochranná technologie.



Obrázek č. 23: Erozní ohrožení pozemku č.1 Zdroj: [30]

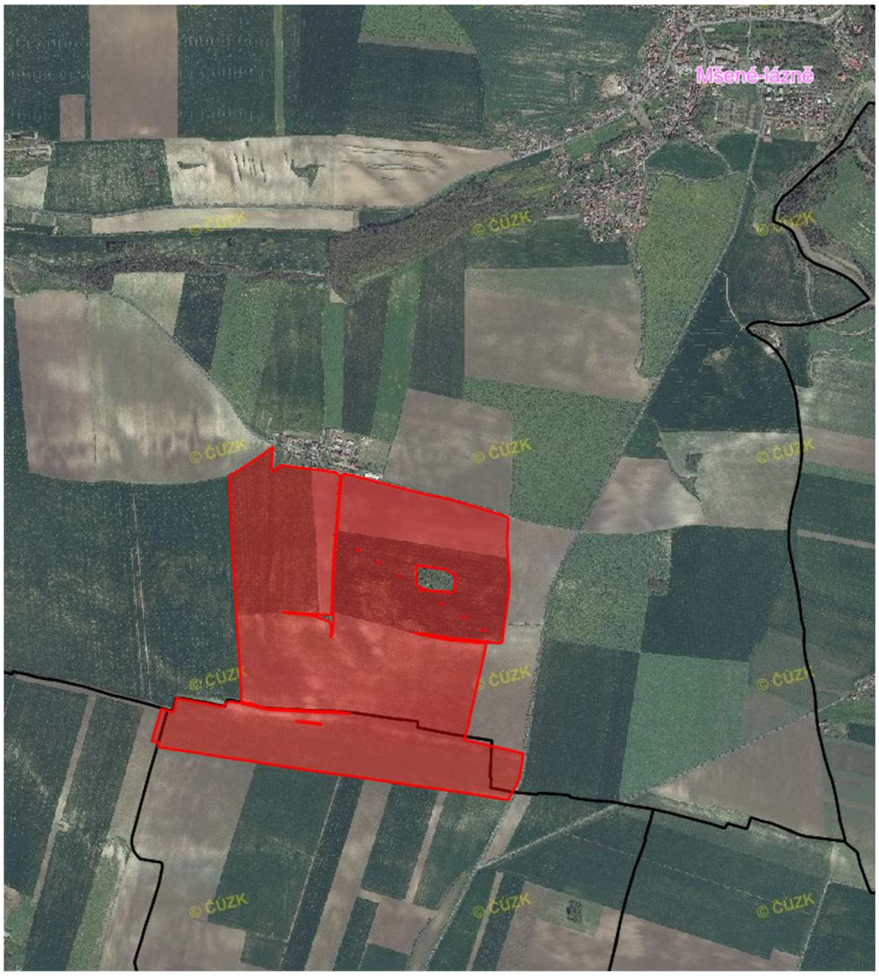
Na tomto pozemku byla pěstována hořčice po jejíž sklizni bylo pole podmítnuto, tím na poli zůstal ze zbytků mulč, který na takto mírně svažitém terénu snižoval možnost vodní eroze. Před dalším setím bylo pole znovu podmítnuto, aby se půda provzdušnila a následně byla na pole zaseta pšenice ozimá (viz obr.24) ve směru po spádnici (lze vidět na odtokových liniích viz obr.25) .

Obrázek č. 24: Pozemek č.1 zasetý pšenicí ozimou Zdroj: vlastní fotografie

Obrázek č. 25: Odtokové linie na pozemku č. 1 Zdroj: [30]

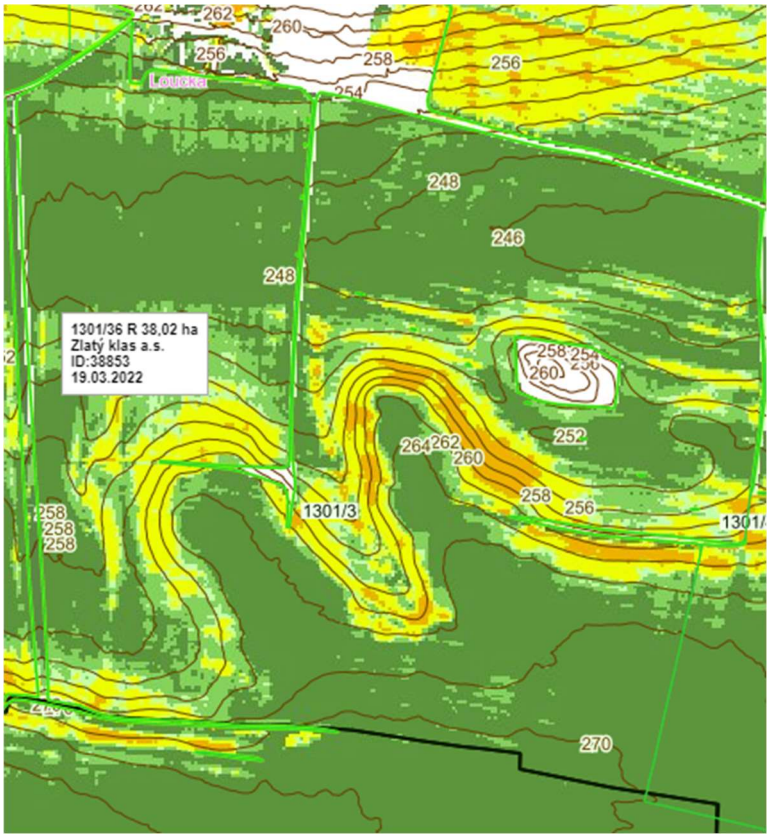
9.2 Pozemek č.2

Druhý pozemek se nachází v Ústeckém kraji, okresu Litoměřice v katastrálním území Ředhošť [744905] s plochou o velikosti 155.74 ha (viz obr. 26). Tento pozemek je v LPIS zapsán pod označením 1301/3.



Obrázek č. 26: Lokalizace pozemku č.2 Zdroj: [30]

96% tohoto pozemku není nijak erozně ohrožena a zbylé 4% (5,78 ha) je mírně ohroženo a plocha menší než 1% je ohrožena silně (0,02 ha) (viz obr.27). Na tomto pozemku tak platí z části podmínky uvedené i pro 1. pozemek a na části označené jako silně erozně ohrožené musí být dodrženy další podmínky, při kterých nesmí být sety erozně nebezpečné plodiny a obilniny pouze s podsevem, a to pouze s podsevem jetelovin, travních nebo jetelotravních směsí setím nejpozději společně s hlavní plodinou.

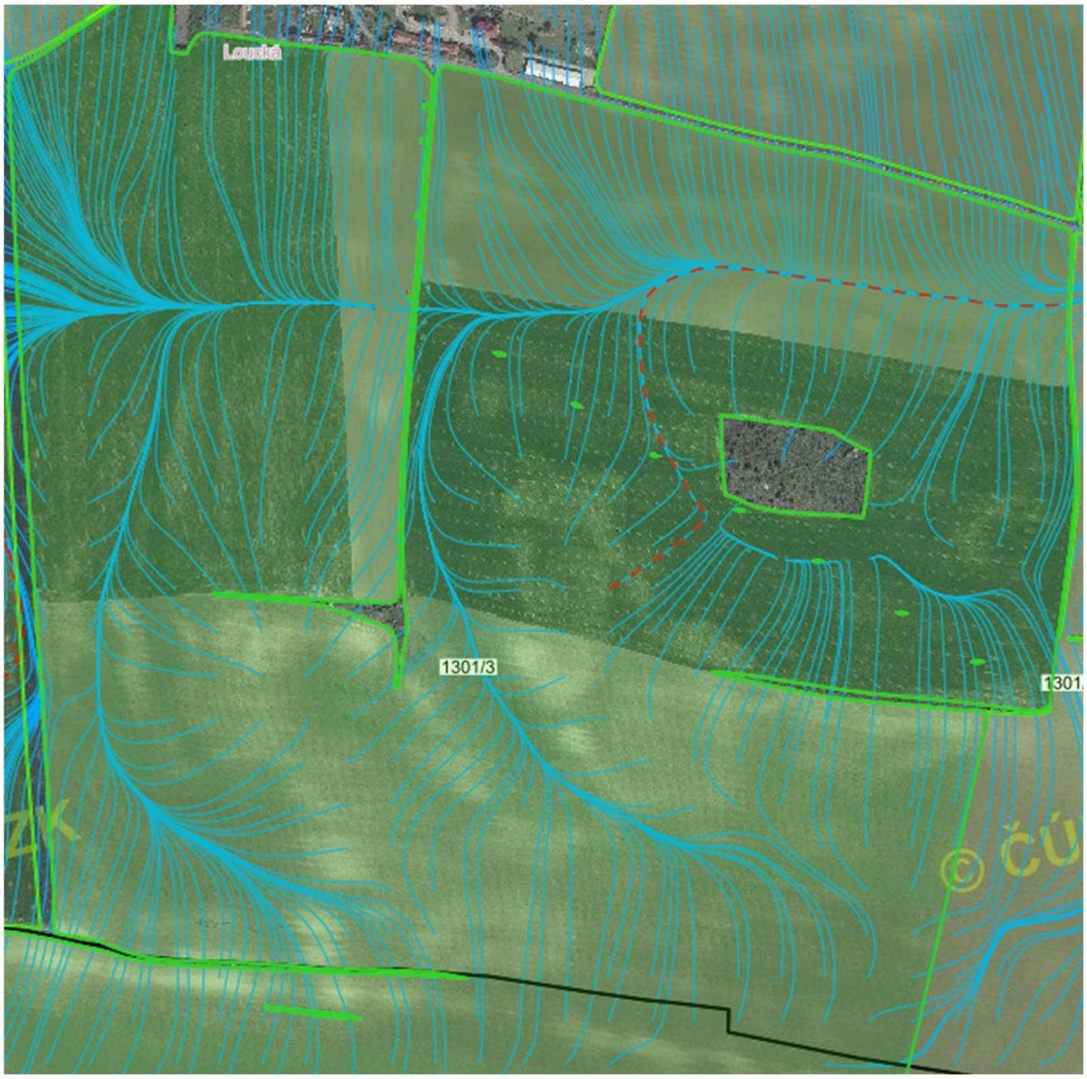


Obrázek č. 27: Erozní ohrožení pozemku č.2 Zdroj: [30]

Na tomto pozemku byl pěstován ječmen, po jehož sklizni bylo pole podmítnuto. Vzniklí mulč byl následně zaorán a před dalším setím bylo zorané pole připraveno kompaktorem pro osetí . Pole bylo oseto hořčicí. (viz obr.28) ve směru po spádnici (viz obr.29 a obr. 30) .

Obrázek č. 28: Pozemek č.2 osetý hořčicí Zdroj: vlastní fotografie

Obrázek č. 29: Pozemek č.2 zasetý po spádnici Zdroj: vlastní fotografie



Obrázek č. 30: Odtokové linie na pozemku č. 2 Zdroj: [30]

Diskuse a výsledky

Na prvním pozorovaném pozemku, jehož část o velikosti 1,32ha je označena jako mírně erozně ohrožená, byly ponechány rostlinné zbytky z předchozí plodiny za účelem mulčování. C jeho plocha byla následně oseta pšenicí ozimou. Byly tudíž dodrženy veškeré podmínky pro hospodaření na mírně erozně ohrožených půdách.

Dle mého názoru, by bylo dobré pro budoucí hospodaření na této půdě její obdělávání po vrstevnici, které by zabránilo případnému smyvu půdy v případě silných dešťů.

Druhý pozorovaný pozemek dopadl hůře, jelikož zde byly rostlinné zbytky z předchozí plodiny (ječmen), které mohly sloužit jako mulč zaorány. Pole tak nebylo vůbec chráněno před možnými dešti a následnou vodní erozí. Pozemek byl po spádnici osetý hořčicí, která je ideální meziplodinou chránící proti vodní erozi.

Myslím si, že silně erozně ohrožená část půdy, která se neblíží ani jednomu procentu může být zanedbána a s pozemkem je možné nadále zacházet jako s mírně erozně nebezpečným. Ideálním postupem by bylo využití bezorebných postupů s ponecháním mulče či bezorebné setí do chemicky ošetřené meziplodiny.

Mnou pozorovaná území se nachází v suchých oblastech, které v letních měsících podléhají prudkým vydatným dešťům. Hydrologický rok 2021 byl v této oblasti za poslední roky nejvlhčí, což zapříčinilo zvýšenou infiltrační schopnost půdy (vlhká půda lépe vsakuje vodu, než půda suchá). Zaznamenané dešťové srážky pak byly oproti standardu slabší a dlouhotrvající.

Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá ohrožením zemědělské půdy vodní erozí se zaměřením na vliv použité agrotechniky a způsobu obhospodařování. V rešeršní části byla podrobně zpracována eroze půdy se zaměřením na vodní erozi. Byly rozepsány její druhy, příčiny jejího vzniku a možné následky. Následně byly popsány jednotlivé půdní druhy a jejich vztahy k degradaci způsobené vodní erozí.

Další část této práce se zabývala výpočtem průměrné roční ztráty půdy pomocí univerzální rovnice ztráty půdy dle Wischmeiera and Smithe z roku 1978 (USLE) a seznámením s jednotlivými faktory, které výpočet ztráty půdy ovlivňují.

V závěru rešeršní části byla popsána jednotlivá protierozní opatření, kterých lze při obdělávání půdy využít.

Cílem vlastního šetření pak bylo pozorování obhospodařování dvou pozemků s mírným ohrožením půdy, ale s odlišným terénem. Bylo pozorováno odlišné použití zemědělských strojů a postupů přípravy půdy. Na obou pozemcích byl zaznamenán stejný způsob setí, a to po spádnici, který není pro hospodaření na těchto mírně ohrožených půdách ideální.

Za nadměrně vlhkého letního počasí nedocházelo znatelně ke zvýšené erozi na pozorovaných pozemcích, jelikož vlhká půda má lepší schopnost infiltrace oproti půdě suché. Tudíž nedocházelo k vydatným a prudkým dešťům v pozorované oblasti, nýbrž jen k slabším a dlouhotrvajícím dešťům.

Vzhledem k nepříznivým klimatickým podmínkám by bylo dobré v budoucnu toto téma rozšířit na diplomovou práci. Následně by bylo možné docílit konkrétních výsledků degradace zemědělských půd vodní erozí za zvýšených srážkových úhrnů.

Zdroje

[1] NOVOTNÁ, Dagmar, ed. *Úvod do pojmosloví v ekologii krajiny*. Praha: Enigma, 2001. ISBN 80-7212-192-8.

[2] JANEČEK, Miloslav. *Základy erodologie*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1842-7.

[3] Půda v číslech, 2020. *VÚMOP* [online]. Praha: VÚMOP [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: https://statistiky.vumop.cz/?core=stat&kind=g&year=

[4] Webová encyklopedie, 2019. *Webová encyklopedie* [online]. Praha: VÚMOP [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: https://encyklopedie.vumop.cz/index.php/TEORETICK%C3%89_MINIMUM_K_VODN%C3%8D_EROZI#Vodn.C3.AD_eroze_obecn.C4.9B

[5] Vodní eroze půdy, 2022. *eAGRI* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství [cit. 2022-02-05]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/vodni-eroze-pudy/

[6] Ochrana přírody, 2022. *Časopis ochrana přírody* [online]. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: https://www.casopis.ochranaprirody.cz/vyzkum-a-dokumentace/krajinna-struktura-klic-k-ochrane-biologicke-rozmanitosti-a-pudy/

[7] PAVLŮ, Lenka. *Základy pedologie a ochrany půdy*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2019. ISBN 978-80-213-2952-2.

[8] Vodní eroze a zpracování půdy v podmínkách ČR, 2017. *Agrojournal* [online]. Praha: Vega spol. [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: https://www.agrojournal.cz/clanky/vodni-eroze-a-zpracovani-pudy-v-podminkach-cr-248

[9] CABLÍK, Jan a Karel JŮVA. *Protierozní ochrana půdy: celostátní vysokoškolská učebnice: určeno studentům vysokých škol zemědělských a technických*. 2., přepracované a rozšířené vydání. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1963. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).

[10] HOLÝ, Miloš. *Eroze a životní prostředí*. Praha: České vysoké učení technické, 1994. ISBN 80-01-01078-3.

[11] VÁCLAVŮ, Antonín. *Ke sporům o zemědělské družstevnictví a kolektivizaci v Československu*. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1999. Studie z hospodářských dějin. ISBN 80-7079-934-X.

[12] Odbahnění rybníků a čištění usazovacích nádrží, 2022. *Buavant* [online]. Praha: Bauvant [cit. 2022-02-26]. Dostupné z: https://www.bauvant.cz/stavby/odbahneni-rybniku-a-cisteni-usazovacich-nadrzi

[13] *Druhy půdy, kyselost půdy, humus* [online], 2011. Praha: Keliwood [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: https://www.keliwood.cz/aktuality/druhy-pudy-kyselost-pudy-humus-cervenec-dil-prvni

[14] VOPRAVIL, Jan. *Půda a její hodnocení v ČR*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2011. ISBN 978-80-87361-02-3.

[15] AMORE, Elena, Carlo MODICA, Mark A. NEARING a Vincenza C. SANTORO. *Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins* [online]. **2004**, 100-114 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0022169404000587?via%3Dihub

[16] JANEČEK, Miloslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.

[17] PASÁK, V.: Ochrana půdy před erozí. 1. vyd. Praha: SZN Praha, 1984, 164 s.

[18] DUFKOVÁ, J., F. TOMAN a M. ŠŤASTNÁ, 2005. *SROVNÁNÍ METOD STANOVENÍ FAKTORU ERODOVATELNOSTI PŮDY K* [online]. Brno [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: https://acta.mendelu.cz/pdfs/acu/2005/05/22.pdf. SBORNÍK MENDELOVY ZEMĚDĚLSKÉ A LESNICKÉ UNIVERZITY V BRNĚ. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.https://www.estav.cz/cz/9726.co-to-je-bpej-cislo-prozradi-kvalitu-pudy-jak-jej-spravne-precist

[19] *EKatalog BPEJ* [online], 2019. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: https://bpej.vumop.cz/https://statistiky.vumop.cz/?core=popis

[20] *Nabídka mapových a datových produktů* [online], 2016. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: https://www.vumop.cz/sites/default/files/2016_katalogMap.pdf

[21] BIRCHER, P., H. P. LINIGER a V. PRASUHN, 2019. *Comparing different multiple flow algorithms to calculate RUSLE factors of slope length (L) and slope steepness (S) in Switzerland* [online]. Bern [cit. 2022-03-31]. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X19303319 .University of Bern.

[22] WISCHMEIER, Walter H. a Dwight David SMITH. *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning* [online]. In: . 1978, s. 4-37 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=rRAUAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=Wischmeier,+W.+H.+and+Smith,+D.+D.,+1978.+Predicting+Rainfall+Erosion+Losses++a+Guide+to+Conservation+Planning.+Handbook+No.+537,+US+Department+of+Agriculture.&ots=cvovtRmpXS&sig=XEgWEstxFcklg28yPW3oARSzmAE&redir_esc=y#v=snippet&q=length%20factor&f=false

[23] RENARD, Kenneth G. *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)* [online]. In: . 1997 [cit. 2022-03-31]. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=cQEUAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Renard+K.+G.,+Foster+G.+R.,+Weesies+G.+A.,+McCool+D.+K.,+Yoder+D.+C.,+1997.+Predicting+soil+erosion+by+water.+A+guide+to+conservation+planning+with+the+Revised+Universal+Soil+Loss+Equation+.+Handbook.+703,+US+Department+of+Agriculture.&ots=HCNluf7uSe&sig=UCwkqRhUGSPlwUFhcbuioFsKUlc&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

[24] HOVORKA, V. et al. Projektová příprava protierozních opatření. Vyd. 1. Praha: VUZZP, 1990, 28 s.

[25] PODHRÁZSKÁ, J., DUFKOVÁ, J. Protierozní ochrana půdy. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005, 99 s. ISBN 80-7157-856-8.

[26] SHI, Z. H., AI, L., LI, X., HUANG, X. D., WU, G. L., LIAO, W. Partial least-squares regression for linking land-cover patterns to soil erosion and sediment yield in watersheds. Journal of hydrolog, 2013, vol. 498, s. 165 – 176.

[27] *Souvislost mezi procesy degradace půdy, zemědělskými postupy šetrnými k půdě a politickými opatřeními s významem pro půdu* [online], 2009. Evropská společenství 2009 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/SOCO/FactSheets/CZ%20Fact%20Sheet.pdf

[28] Vodní eroze půdy, 2022. *eAGRI* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/vodni-eroze-pudy/

[29] HOLÝ, M. Protierozní ochrana. Vyd. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1978

[30] LPIS [online], 2022. PRAHA: Ministerstvo zemědělství České republiky [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/