

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
**Fakulta životního prostředí**  
**Katedra plánování krajiny a sídel**



**OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ VODNÍ EROZE PŘI  
PĚSTOVÁNÍ ŠIROKOŘÁDKOVÝCH PLODIN**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Autor práce: Anna Gaidel**

**Obor: Vodní hospodářství**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Vopravil, Ph.D.**

©2024 ČZU v Praze

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Fakulta životního prostředí

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Anna Gaidel

Vodní hospodářství

Název práce

**Opatření ke snížení vodní eroze při pěstování širokořádkových plodin**

Název anglicky

**Measures to reduce water erosion in row crops**

---

## **Cíle práce**

Cílem práce je zpracovat literární rešerši k problematice ochrany půdy před erozí. A definovat agrotechnická opatření pro účinné pěstování širokořádkových plodin.

## **Metodika**

Metodicky bude zpracována podrobná literární rešerše k problematice ochrany půdy z národních i mezinárodních pramenů. Následně definovat účinná protierozní agrotechnická opatření a porovnat jejich účinnost s měřením polním simulátorem deště.

**Doporučený rozsah práce**

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

**Klíčová slova**

vodní eroze, širokořádkové plodiny, půda

---

**Doporučené zdroje informací**

- CÍLEK, Václav; HLADÍK, Jiří; HAVEL, Petr; TUREK, Jan; ZÁHORA, Jaroslav; VOPRAVIL, Jan; FUČÍK, Petr; KHEL, Tomáš; MEDUNA, Petr; MUDRA, Pavel; NAVRÁTIL, Tomáš; SŮVOVÁ, Zdenka; KINSKÝ, Václav; KEŘKA, Josef; KŘÍŽEK, Pavel; LIZOŇOVÁ, Dominika; SVOBODA, Jiří. *Půda a život civilizací : co děláme půdě, děláme sobě*. Praha: Dokořán, 2021. ISBN 978-80-7675-015-9.
- GODONE, Danilo; STANCHI, Silvia. *Research on soil erosion*. Rijeka: InTech, 2012. ISBN 978-953-51-0839-9.
- JANEČEK, Miloslav; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Ochrana zemědělské půdy před erozí : metodika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- JANEČEK, Miloslav; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Základy erodologie*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1842-7.
- MORGAN, R. P. C. *Soil erosion and conservation*. Malden: Blackwell, 2005. ISBN 1-4051-1781-8.
- VOPRAVIL, Jan. *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, Jan. *Půda a její hodnocení v ČR. Díl I.* Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2010. ISBN 978-80-87361-05-4.
- VOPRAVIL, Jan; VOPRAVIL, Jan; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Příspěvek ke stanovení erodovatelnosti půdy v podmínkách České republiky [rukopis]*. Disertační práce. Praha: 2006.

**Předběžný termín obhajoby**

2023/24 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Jan Vopravil, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 13. 12. 2023

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 12. 2023

**prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 11. 01. 2024

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Opatření ke snížení vodní eroze při pěstování širokořádkových plodin" vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Jana Vopravila, Ph.D. a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 28.03.2024

.....

Anna Gaidel

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu práce Ing. Janu Vopravilovi, PhD., za odborné vedení práce.

Poděkování patří i mé rodině, především matce, která mě po celou dobu studia podporovala, a mému příteli.

# OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ VODNÍ EROZE PŘI PĚSTOVÁNÍ ŠIROKOŘÁDKOVÝCH PLODIN

## ABSTRAKT

Práce je zaměřena na rozbor problematiky vodní eroze vznikající při pěstování širokořádkových plodin v území. Popisuje jak zajistit úrodnost půdy, jaké jsou hlavní příčiny eroze a jaké existují metody jí zabránit. V práci taky jsou popsány a zhodnoceny data naměřené polním simulátorem deště z hlediska protierozní ochrany.

**Klíčová slova:** udržitelné zemědělství, zdraví půdy, pěstování čiroku

# MEASURES TO REDUCE WATER EROSION IN ROW CROPS

## ABSTRACT

The work is focused on the analysis of the issue of water erosion arising during the cultivation of broad-row crops in the area. It describes how to ensure soil fertility, what are the main causes of erosion and what methods exist to prevent it. The work also describes and evaluates the data measured by a field rain simulator from the point of view of erosion protection.

**Keywords:** sustainable agriculture, soil health, sorghum cultivation

# OBSAH

<b>OBSAH</b> .....	<b>1</b>
<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ÚKOLY PRÁCE</b> .....	<b>2</b>
<b>3. PŮDA</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1 Úrodnost půdy</b> .....	<b>4</b>
<b>3.2 Půdní druhy</b> .....	<b>4</b>
<b>3.3 Půdní typy</b> .....	<b>6</b>
3.3.1 Kambizem.....	6
3.3.2 Černozem.....	7
3.3.3 Luvizem.....	8
3.3.4 Organozem.....	8
3.3.5 Rendzina.....	8
3.3.6 Podzol a kryptopodzol.....	9
<b>4. EROZE</b> .....	<b>10</b>
<b>4.1 Rozdělení eroze podle činitele</b> .....	<b>11</b>
4.1.1 Sněhová eroze.....	11
4.1.2 Ledovcová eroze.....	11
4.1.3 Technologická eroze.....	11
4.1.4 Větrná eroze.....	12
<b>5. VODNÍ EROZE</b> .....	<b>14</b>
<b>5.1 Formy vodní eroze</b> .....	<b>14</b>
<b>5.2 Příčiny vodní eroze</b> .....	<b>15</b>
<b>5.3 Určení ohrožeností pozemku vodní erozí</b> .....	<b>16</b>
5.3.1 Průměrná dlouhodobá ztráta půdy.....	17
5.3.2 Faktor erozivity deště.....	17
5.3.3 Faktor erodovatelnosti půdy.....	17
5.3.4 Faktor morfologických poměrů.....	19
5.3.5 Faktor ochranného vlivu vegetace.....	20
5.3.6 Faktor účinnosti protierozních opatření.....	20
5.3.7 Přípustná ztráta půdy.....	20
<b>6. ŠIROKOŘÁDKOVÉ PLODINY</b> .....	<b>21</b>
<b>6.1 Kukuřice</b> .....	<b>21</b>
<b>6.2 Čirok</b> .....	<b>23</b>
<b>7. PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ</b> .....	<b>24</b>

7.1	Technická protierozní opatření.....	24
7.2	Organizační protierozní opatření.....	24
7.3	Agrotechnická protierozní opatření.....	26
8.	VÝSLEDKY .....	29
8.1	Výsledky prvního termínu měření .....	30
8.2	Výsledky druhého termínu měření .....	32
8.3	Výsledky třetího termínu měření.....	34
9.	DISKUZE .....	36
9.1	Zhodnocení výsledků a posouzení efektivity technologie „NO-TILL“ .....	36
9.2	Zhodnocení výsledků a posouzení efektivity technologie „Pěstování čiroku s meziřádkovou vzdáleností do 45 cm“ .....	37
9.3	Zhodnocení výsledků a posouzení efektivity technologie „Pěstování čiroku s meziřádkovou vzdáleností do 45 cm“ + „NO-TILL“ .....	38
10.	ZÁVĚR.....	39
	Přehled literatury a použitých zdrojů .....	41



# 1. ÚVOD

Aktuálnost této práce je podmíněna tím, že půdní eroze je důležitý problém, který může vést k poklesu úrodnosti a k degradaci půdy. A pěstování širokořádkových plodin může tento problém zhoršit.

Kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnici a čirok - jsou nejčastějšími a nejdůležitějšími plodinami v mnoha oblastech světa. Jich vysoká úrodnost a široké použití v potravinách, krmivech a v průmyslovém odvětví přitahuje pozornost zemědělců a vědeckých výzkumníků. Pěstování má však svoje negativní následky, zejména té, které souvisejí s erozí půdy. Půdní eroze je proces ztráty úrodné vrstvy půdy způsobený destruktivními faktory, jako je vítr a voda. Nekontrolovaná eroze může vést ke snížení úrodnosti půdy, což může negativně ovlivnit produktivitu a udržitelnost zemědělských systémů.

Zemědělské činnosti, takové jako je zpracování půdy a mechanické odstranění plevelů, taky přispívají ke zrychlené erozi při pěstování.

Je důležité přijmout opatření ke snížení dopadu eroze při pěstování širokořádkových plodin. Snížení dopadu eroze a omezení následků kultivace širokořádkových plodin pro půdu vyžadují kombinaci různých přístupů, včetně správných zemědělských činností, střídání plodin, kontroly používání hnojiv a pesticidů, a také provádění monitoringu a výzkumu. Tyhle opatření zachovají erodující půdy a pomohou pokračovat v udržitelné kultivaci.

## 2. ÚKOLY PRÁCE

Hlavní výzkumnou metodou této bakalářské práce je shromažďování a analýza vědecké literatury, článků a studií souvisejících s tématem eroze půdy při pěstování širokořádkových plodin.

V rámci této práce byly stanoveny následující cíle:

- Metodicky zpracovat podrobnou literární rešerše k problematice ochrany půdy z národních i mezinárodních pramenů.
- Definovat hlavní faktory, napomáhající k erozi půdy, a definovat vliv těchto faktorů na půdní stav.
- Sestavit přehled existujících aktuálních protierozních technických, organizačních a agrotechnických metod.
- Metodou srovnávací analýzy, na základě výsledků měření polním simulátorem deště, posoudit potenciální efektivitu zavádění agrotechnických opatření, takových jako bezorebné (přímé) setí do mulče a pěstování v řádku do 45 cm, do osevního postupu široku.

### 3. PŮDA

Půda je jedním z nejcennějších přírodních zdrojů na světě. Vývoj rostlin, které jsou hlavním zdrojem potravy pro všechny živé organismy, včetně člověka, přímo závisí na stavu půdy. Proto je nutné jí využívat opatrně, aby se minimalizovala její degradace. Když člověk přichází o úrodnou půdu, stává se závislým na technologiích a importu potravin, zcela se podřizuje tím, kdo zásobuje.

V samotném spojení «disponovat» s půdou, jako výrazu moci a ovládní, je obsaženo nevhodné užívání půdy. Využívat půdu na podkladě skutečnosti, že půda je život, znamená: mít podíl na jejím ekosystému. Tato spoluúčast vylučuje vyčerpání ekosystém nad hranice jeho úrodnosti, vytěžit půdu do posledních vrstev. (Vopravil J. a kol., 2010)

Půda je komplexní biosystém. Obsahuje organické a minerální látky, druhy rostlinného a mikrobiologického světa, a taky půdní vodu.

N. M. Sibircev definoval půdu jako přírodninu, v níž se jednotlivé složky, tj. minerální podíl, voda, vzduch, živé organismy i mrtvé organické látky vyskytují v nejrůznějších poměrech, což podmiňuje pestré zastoupení nejrůznějších půd.

Podle Turusova V.I. (2019), je půda všude na zemském povrchu se vyskytující směs, vznikla zvětráváním geologického substrátu a jeho přeměnných produktů a nahromaděním většího nebo menšího množství rozkládajících se nebo rozložených organických komponent.

Tvorba půdy neboli pedogeneze je procesem při kterém vznikají a vyvíjí se různé půdní typy. V tomto kontextu bych se ráda zmínila o rozdílu mezi pojmem půda a zemina.

Zemina je pojem spíše petrologickým, který vymezuje hmotnou podstatu horninové substance, jejíž částice nejsou vzájemně spjaty. Jako zeminu označujeme i část hmoty, vyjmutou ze souvislosti půdního tělesa – např. vzorek odebraný z kteréhokoliv horizontu půdního profilu. Půdou naproti tomu rozumíme přírodní těleso v souvislosti celého půdního profilu, tedy soubor horizontů jako celek v přirozeném uložení v terénu. (Smolíková, 1982)

### 3.1 Úrodnost půdy

Stav a charakteristiky půdy ovlivňují výběr určitých plodin a předpisují pravidla pro jejich umístění a údržbu. V závislosti na typu půdy se vyvíjejí strategie pro udržení vysoké úrodnosti rostlin správným zpracováním a aplikací živin.

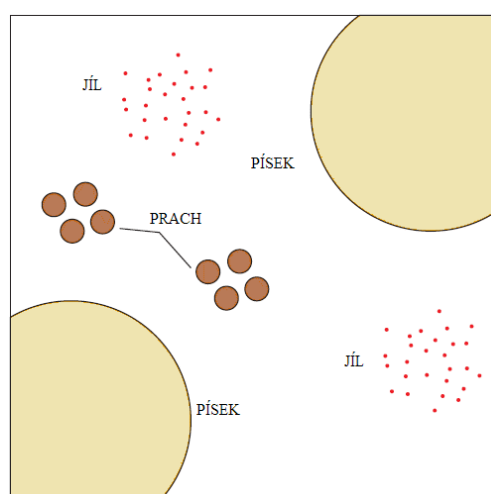
Typ půdy je určen přítomností mikro a makro prvků – minerálních (jílové minerály, oxidy a hydroxidy, primární minerály) a organických (nehumifikované, přechodné, humifikované). Minerálních prvků a organické makroprvky, primárně humus, ovlivňují úrodnost půdy a poskytují zdroj živin pro rostliny. Bakterii a jiné živé organismy, podílejí se na zpracování rostlinných zbytků. Tím pádem, biologické procesy hrají významnou roli ve struktuře a vlastnostech půdy. (Turusov V.I., 2019)

Schopnost půdy propouštět vzduch, infiltrační a retenční kapacita jsou důležitými faktory, které ovlivňují kvalitu půdy. Je také důležité vzít v úvahu tepelnou kapacitu půdy, která určuje rychlost, jakou se země ohřívá při vystavení teple.

Humus udržuje v půdě vždy dostatek vlhka, černá barva přitahuje slunečné záření, čímž zvětšuje teplotu, zahníváním poskytuje rostlinám potravu. Z té příčiny půdy bohaté humusem jsou vždy úrodnějšími než půdy humusem chudé. (Červený, 1881)

Úrodnost je schopnost půdy poskytovat rostlinám stravitelné živiny, vlhkost atd. a produkovat plodiny. Je hlavním faktorem určujícím objem a kvalitu budoucí sklizně. Stav půdy ovlivňuje: rychlost růstu a vývoje rostlin, adaptabilitu po přesazování a chuťové vlastnosti plodů.

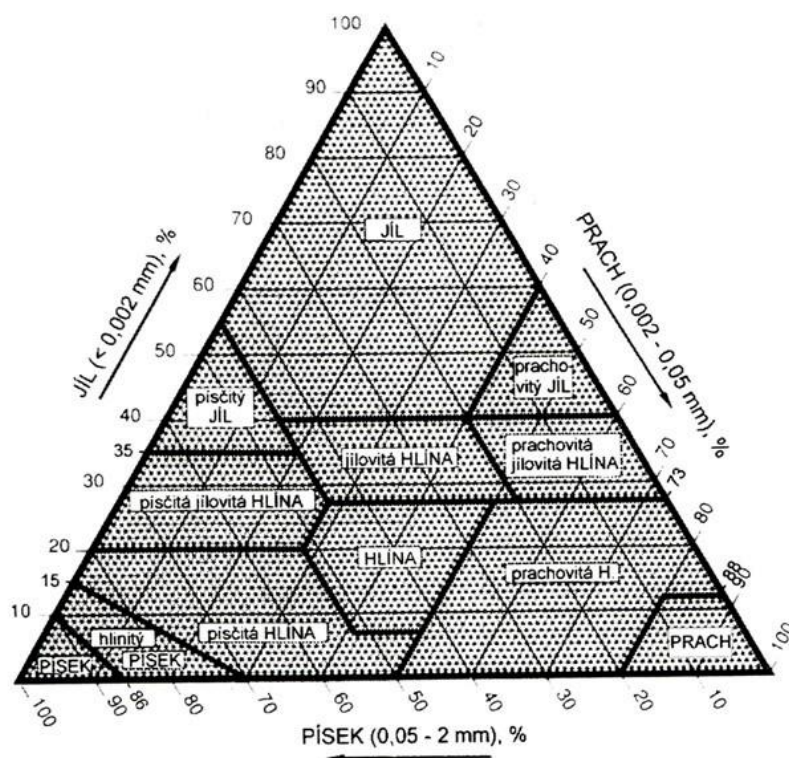
### 3.2 Půdní druhy



Obrázek 1 Znárodnění poměru jílu, prachu a písku ve středních velikostech.

Třídění půd podle druhu je klasifikováno podle druhu zeminy, kterou obsahuje. Vyjadřuje zrnitostní složení neboli texturu půdy. Pro určení zrnitostní třídy je nutné znát obsah částic do 0,2 cm, větší jsou definovány jako skelet a rozlišujeme: hrubý písek od 0,2 do 0,4 cm, štěrk od 0,4 do 3 cm, kameny jsou větší než 3 cm a balvany větší než 30 cm. (Vopravil a kol., 2010)

Určit zrnitostní třídu lze podle **trojúhelníkového diagramu**:



Obrázek 2 Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd (Němeček at al., 2001), odvozeno ze systému NRSC – USDA.

Nebo taky v České republice se často používá **klasifikace půdního druhu dle Nováka**, která vychází z údajů o procentuálním zastoupení částic pod 0,01 mm (jemný prach 0,001 – 0,01 mm; fyzikální jíl 0,0001 – 0,001 mm; koloidní jíl < 0,0001 mm).

Tabulka 1 Klasifikační stupnice podle Nováka (Vopravil a kol., 2010)

Kategorie	Charakteristika	Označení	Obsah částic < 0,01 mm	Půdy
1	písčité zemina	p	0 - 10 %	lehké
2	hlinitopísčité	hp	10 – 20 %	
3	písčitohlinitá	ph	20 – 30 %	střední
4	hlinitá	h	30 – 45 %	
5	jílovitohlinitá	jh	45 – 60 %	těžké
6	jílovitá	jv	60 – 75 %	
7	jíl	J	> 75 %	

### 3.3 Půdní typy

Za hlavní systematickou (taxonomickou) jednotku je považován půdní typ, definovaný jako soubor půd s podobnými morfologickými a diagnostickými charakteristikami, vzniklý pod vlivem specifického souboru půdotvorných podmínek. Půdy tohoto typu prošly stejnými hlavními procesy tvorby půdy, a proto mají specifický komplex půdních vrstev charakteristický pro tento typ. (Tomášek M., 2003) Nejvíce v České republice vyskytují následující půdní typy:

Tabulka 2 Statistická tabulka «Skupiny půdních typů» (Půda v číslech VÚMOP v.v.i. ©2024)

	Skupiny půdních typů	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
1	kambizemě	25,04	1 039 483,40
2	pseudogleje	17,52	727 367,44
3	černozemě	12,12	503 299,22
4	kambizemě dystrikové, podzoly, kryptopodzoly	8,31	344 942,93
5	hnědozemě	6,76	280 427,60
6	fluvizemě	5,33	221 301,54
7	gleje	4,71	195 339,89
8	luvizemě	4,30	178 544,44
9	kambizemě, rankery, litozemě	4,04	167 536,54
10	rendziny, prararendziny	3,90	162 046,03
11	regozemě	3,58	148 573,08
12	silné svažitě půdy	2,94	122 064,99
13	černice	1,45	60 312,23
	Celkem	100,00	4 151 239,32

Existují různé typy půd, z nichž každý má své vlastní vlastnosti a vyžaduje individuální přístup ke zlepšení stavu.

Dále pro názornost jsou vybrány a popsány základní typy půd České republiky.

#### 3.3.1 Kambizem

Kambizem, dříve byl nazýván hnědou (lesní) půdou, je velmi běžný půdní typ, který se může vyskytovat v různých klimatických pásmech a geografických

oblastech. Tenhle typ půd řadíme mezi půdy střední až nižší kvality. Kambizemě bývají zpravidla mělké, s malou mocností půdního profilu a skeletovité. Pěstují se na nich především brambory, méně náročné obiloviny (oves, žito) a len. (Turusov V.I. a kol., 2019)

Pro udržení úrodnosti lesní půdy je nutné provádět pravidelné činnosti ke zlepšení její složení a kvality. Je důležité přidávat minerální doplňky, takové jako jsou organická hnojiva, pro obohacení půdy živinami. Pozornost se vyplatí věnovat i mulčování záhonů, to přispěje ke snížení výparu vlhkosti a k zadržení ji v půdě. (Němeček J. a kol., 1990)

### **3.3.2 Černozem**

Půdní typ černozem má nejvyšší potenciál úrodnosti a patří mezi nejznámější, nejhodnější a nejúrodnější půdy. Hlavními charakteristickými rysy jsou úrodnost a schopnost podporovat život mnoha rostlin a živočichů. Obsahuje značné množství organické hmoty, která poskytuje výživu a udržuje biologickou aktivitu půdy. Obsahuje velké množství humusu, má zrnitou strukturu, vysokou koncentraci draslíku a také má dobrou propustnost vody a vzduchu, což umožňuje akumulovat vodu a udržovat ji dlouhodobě. To je důležité zejména v podmínkách, kdy množství srážek není trvalé, jelikož půda bude schopna zadržet vlhkost pro rostliny v obdobích sucha. Odlišuje se svými unikátními vlastnostmi a charakteristikami, díky čemuž je ideální pro různé účely. (Němeček J. a kol., 1990)

Jednou z klíčových vlastností černozemě je schopnost udržet teplo. To umožňuje rychlé a rovnoměrně zahřátí, což má příznivý vliv na růst a vývoj rostlin. Navíc podporuje výměnu tepla mezi půdou a atmosférou, která vytváří příznivé mikroklimatické prostředí pro růst rostlin a udržení života v ní. Je vhodný pro pěstování nejnáročnějších plodin: cukrovku, kukuřici, pšenici, ječmen a vojtěšku. Při neustálém používání se však černozem časem vyčerpá, proto se doporučuje pravidelně aplikovat hnojiva nebo pěstovat zelené hnojení. Úroveň kyselosti těchto půd se může variovat, proto je důležité neustále sledovat pH. Pro zlepšení struktury půdy, lze černozem zkyprřit pískem a rašelinou. Definovat černozem je docela snadno: po uchopení do ruky a zmáčknutí zůstane na dlani mastná stopa. (Turusov V.I. a kol., 2019)

### 3.3.3 Luvizem

Illimerizované půdy neboli luvizem patří ke kategorii středně těžké půdy, skládají se především ze sprašové hlíny a středně těžkých glaciálních jílových a hlinitých sedimentárních hornin. Takové půdy obsahují malé množství kyslíku (malé provzdušnění) a jsou výrazně chladnější než písčité půdy. Rostliny pěstované na takových půdách rostou a vyvíjejí se pomaleji. Luvizem má nízký vodopropustný koeficient a na povrchu se často zadržuje voda. (Vopravil a kol., 2010) Půda je docela snadno identifikovatelná: po orbě má hustou strukturu, po zvlhčení se stává viskózní, lepí na ruce a nohy, a téměř neabsorbuje vodu. Pokud vyvalujete hrst zeminy do válečku, snadno se stočí do kroužku – nepraská ani se nerozpadá.

Pěstování zemědělských rostlin na takové půdě je možné po provádění komplexu melioračních opatření, pak illimerizovaná půda se může stát docela úrodnou. Pro vylepšení biologických vlastností do půdy se přidává kompost a hnůj. Pro zlepšení struktury půdy je nutné zavést rašelinu, říční písek, dřevěný popel a vápno.

Říční písek se používá v množství 30-50 kg/m<sup>2</sup>, to umožňuje optimalizovat zadržování vody a tepelnou vodivost podkladu. Díky písku je půda vhodná pro zemědělské obdělávání, výrazně se zvyšuje její vodopropustnost a hřejivost. Popel podporuje obohacení minerálními prvky. Rašelina zlepšuje indikátory zadržování vody a vzduchu. Přidání vápna umožňuje snížit oxidace půdy a normalizovat výměnu kyslíku. (Turusov V.I. a kol., 2019)

### 3.3.4 Organozem

Organozem, byla dříve označovaná jako rašelinistní půda, je docela běžná půda. Je však obtížné jí považovat za vhodnou pro zemědělství, protože takové půdy obsahují malé množství mikroživin, jsou velmi prosyceny vodou, pomalu se zahřívají a často mají zvýšenou kyselost. Avšak jsou využité ve mnoha odvětvích lidské činnosti, kvůli tomu, že představují velmi cenný zdroj přerodné suroviny – rašeliny. (Němeček J. a kol., 1990)

### 3.3.5 Rendzina

Tento půdní typ se vyvinul na silně karbonátových horninách. Takové vápenité půdy nejsou vhodné pro zemědělství z několika důvodů. Neobsahují prakticky žádný humus, a obsah železa a manganu je velmi nízký. Rendziny jsou často klasifikovány



jako chudé, kvůli velkému počtu skalních inkluzí a jejich těžkému složení. V horkém počasí se půda velmi rychle zahřívá, ale také rychle ochlazuje. Pokud v takových oblastech pěstovat zeleninu, nebude dobře růst, její listy rychle zežloutnou a sníží se plodnost. (Vopravil a kol., 2010)

Pro zlepšení kvality půdy je nutná pravidelná aplikace mikro- a makroživin, rašeliny, setí zeleného hnojení a použití mulče. Pak bude vhodná pro pěstování většiny květinových a ovocných rostlin. Aby se předešlo problémům s kyselostí, měly by být rostliny krmeny močovinou nebo síranem amonným, ale zavádění dřevěného popela je přísně zakázáno, protože to může vést k alkalitě půdy. (Němeček J. a kol., 1990)

### **3.3.6 Podzol a kryptopodzol**

Mezihorské oblasti se charakterizují přítomností podzolu a kryptopodzolu neboli rezivých půd, které dostaly svůj název na základě svých barevných vlastností. Hlavním půdotvorným pochodem při tvorbě rezivých půd je intenzivní vnitropůdní zvětrávání, doprovázené výrazným uvolňováním saskvioxidů (Fe, Al). Typicky se na těchto pozemcích rozvíjejí dubové a jehličnaté lesy. Humus v takových půdách dosahuje obsahu až 16%, a pH reakce může být kyselá nebo mírně kyselá. V zemědělství jsou tyto půdy využívány pro pěstování píce a průmyslových plodin, a častěji jako horské louky a pastviny. (Vopravil a kol., 2010)

## 4. EROZE

Slovo „eroze“ pochází z latinského slova „erodere“ – rozhlodávat. V moderní civilizaci půdní eroze je jedním z hlavních globálních environmentálních problémů, která vede k destrukci půdního povrchu pod vlivem přírodních faktorů, jako je voda, v kapalném a pevném skupenství, a vítr.

Přibližně dvě třetiny všech případů eroze jsou způsobeny vodou a zbývající třetina je způsobena větrem. V důsledku tohoto procesu dochází k nežádoucím změnám, které jsou částečně nevratné a vedou ke snížení úrodnosti půdy a také k deformaci přírodní krajiny.

Pro představu o rozsahu problému stačí uvést, že eroze ohrožuje přibližně 50 % zemědělské a lesní půdy v České republice, 31 % v Polsku, 75 % rozlohy ve Střední Americe, více než 20 % rozlohy v Africe a 11 % rozlohy v Asii.

Janeček et al. (2002) definuje eroze jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu a jiných tzv. erozních činitelů.

Půdní eroze je třífázový proces. V první fázi dochází k uvolňování částic z půdní hmoty, v druhé fázi dochází k transportu těchto částic. Poslední třetí fázi je ukládání transportovaného materiálu, k němuž dochází, pokud již není dostatečné množství energie pro transport. (Holý, 1978).

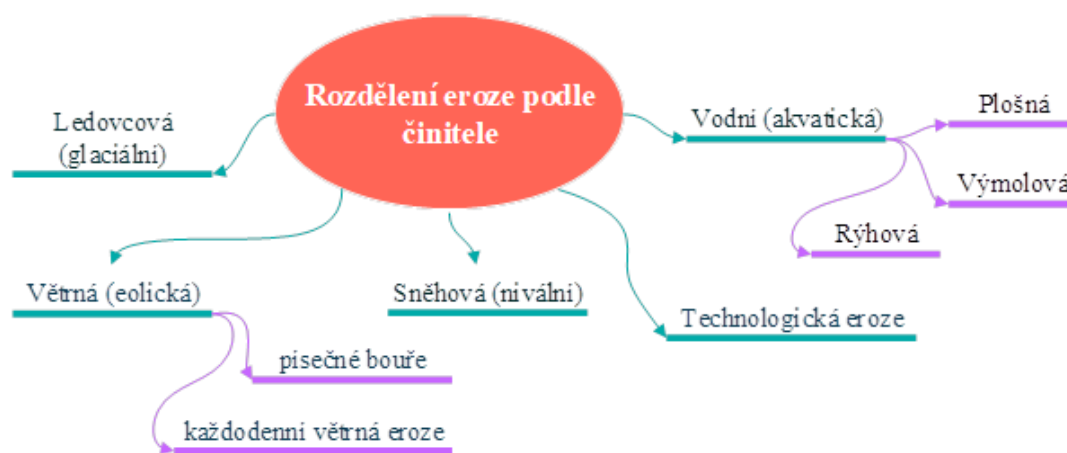
Eroze může být pomalá a postupná nebo rychlá a katastrofální. K pomalé erozi dochází postupem času a může být sotva znatelná, zatímco rychlá eroze může způsobit výrazné změny v krajině během krátké doby.

Eroze může být i krátkodobá, například, jako výsledek povodně, nebo dlouhodobá, například, v důsledku postupného zvětrávání hornin a půdy během tisíciletí.

Podle druhu rozlišujeme erozi pravěkou a soudobou. Pravěká neboli geologická je eroze, která probíhala během geologických věků (ér) a období (period), a odpovídá přírodním podmínkám jednotlivých dob. Soudobá nebo recentní se může projevovat dvojitým způsobem:

1. eroze zrychlená, kde ztráta půdy přesahuje její tvorbu zvětráváním;
2. eroze normální, při které proces zvětrávání probíhá v souladu s půdotvornými procesy.

## 4.1 Rozdělení eroze podle činitele



Obrázek 3 Rozdělení eroze podle činitele

**Vodní eroze** bude rozebrána podrobněji níže v této práci.

### 4.1.1 Sněhová eroze

Sněhová neboli nivální eroze je způsobená táním sněhu. Má svoje specifika, která se liší od eroze dešťové. Pro sněhové srážky je charakteristické, že jejich kinetická energie, kterou působí při dopadu na povrch půdy je zcela zanedbatelná a všechna energie pochází pouze z odtékající vody. (Bernsdorf, Richter, Schmidt 1995)

Zvýšit sněhovou erozí může expozice ke světovým stranám. Větší výslunnost na jižních a západních svazích vyvolává rychle a erozně nebezpečné tání sněhu, oholená půda pak je vystavená velkým změnám denních a nočních teplot. (Cablík J. a Jůva K., 1963)

### 4.1.2 Ledovcová eroze

Při glaciální erozi se pohybující ledovce škrábou a přesouvají půdu, to může vést ke vzniku roklí, údolí a dalších geologických forem.

Ledovce unášejí do nižších poloh velké množství horninových zvětralin, po uložení tvoří tzv. morény.

### 4.1.3 Technologická eroze

Technologická neboli antropogenní eroze je spojena s neustálým pohybem půdy, ke kterému dochází vlivem zemědělské činnosti: nadměrná pastva, využívání

vegetace jako paliva, těžba surovin, skladování odpadů, používání těžké mechanizace. To všechno vede ke ztrátě a přemístění půdní vrstvy, poškození vegetace a utužení půdy.

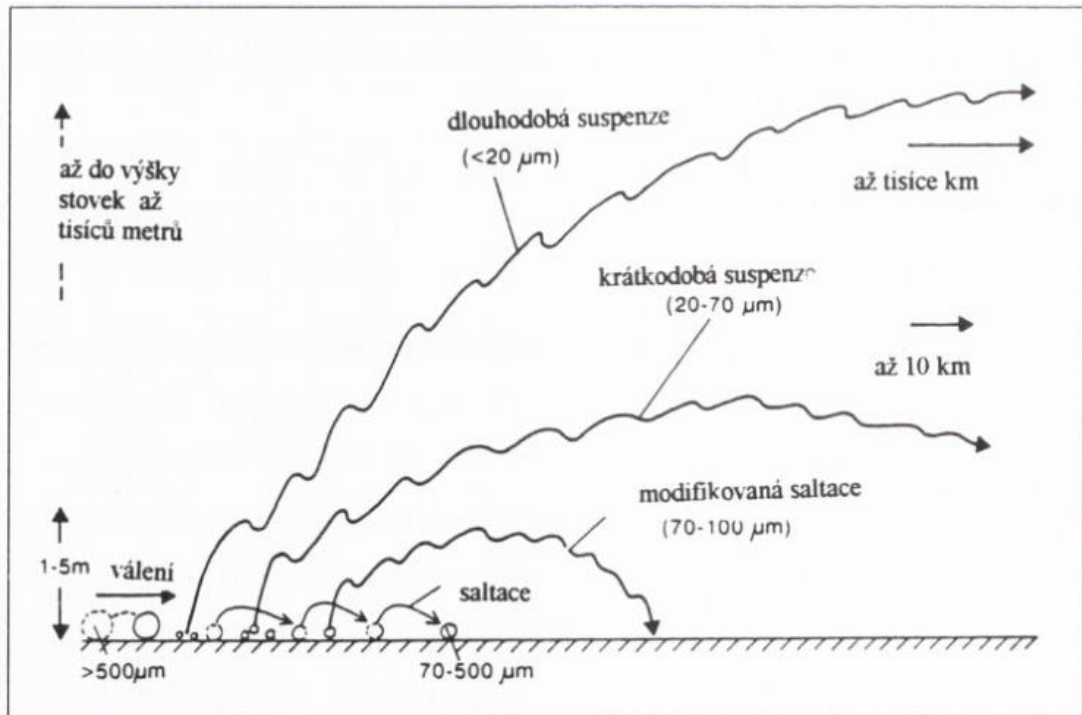
#### **4.1.4 Větrná eroze**

Větrná eroze neboli eolická je pozorována na všech obdělávaných pozemcích bez ohledu na sklon. Vítr rozptyluje vrchní vrstvu půdy a unáší její částice na velké vzdálenosti, což vede ke ztrátě úrodné vrstvy. Intenzita větrné eroze závisí na rychlosti a frekvenci větru, půdním typu, rozmanitosti krajiny a typech vegetačního krytu. Největší škody větrnou erozí jsou pozorovány na rovinnatých zemědělských pozemcích, které nejsou chráněny lesy ani křovinami. Nejčastěji dochází ke škodám plodin větrnou erozí v předjaří. Mladé rostlinky jsou vyraženy z půdy, jejich kořenové systémy vysychají a malé částičky půdy rostliny pohřbívají. Tvorba prachu má škodlivé důsledky, protože se mohou přenášet minerální a organická hnojiva a také zbytky pesticidů. Při vysoké intenzitě větrné eroze dochází k prašným bouřím. V Česku jsou takové jevy pozorovány stále častěji, zejména v odlesněných oblastech s nedostatkem vody.

Větrná eroze zahrnuje v sobě tři fáze: abraze (rozrušování, uvolnění), deflace (transportování), akumulace (usazování).

Způsob jakým se probíhá deflace se řídí velikostí unášených částic:

- suspenzí jsou zvedány větrem částice pod 0,1 mm a přenášeny v mracích na velké vzdálenosti;
- saltací (skokem) se přemísťují středně velké částice (0,1 - 0,5 mm);
- velké částice (0,5 - 2 mm) se pohybují sunutím neboli válením po povrchu.



Obrázek 4 Různé způsoby eolického transportu siltu (jemného písku), písku, a šterku, během větrné bouře (rychlost větru od 10 do 20 cm/s). Podle Pye 1987 in Einselle 1992. (Kachlík, Chlupáč 1996)

Podle V. Nováka (Vopravil a kol., 2010) unáší vítr při síle 5 m/s částice se zrnem 0,25 mm, při rychlosti 9 m/s částice se zrnem 0,75 mm, při rychlosti 12 m/s částice 1,5 mm.

Silné větry rychlosti 10 až 12 m/s, které se vyskytují v podmínkách České republiky průměrně 50krát do roka, mohou takto způsobit velké škody. Pozornosti zasluhuje, že vlhká půda nepodléhá odvívání, neboť se zlepšuje její soudržnost. V takových oblastech zavlažování půdy je ochranou protierozní. (Cablík J. a Jůva K., 1963)

## 5. VODNÍ EROZE

Vodní eroze znamená z agronomického hlediska fyzikální a biologickou degradaci půdy, nenávratnou ztrátu zeminy, humusu i rostlinných živin, vysušení půdy, utlumení mikrobiálního života, porušení, popřípadě zničení kultur a celkovou degradaci produktivní půdy. Ve vyšších polohách svahu orníční vrstvy ubývá a klesá její úrodnost. Ve spodních částech svahu, kde dochází k usazování přemístěné zeminy, se úrodnost půdy tomu úměrně nezvyšuje. Pozemky postižené abnormální erozí jsou nejen celkově ochuzovány o ornici a živiny, ale jsou i rozbrázděny rýhami a výmoly, což ztěžuje jejich obdělávání. (Pasák, 1984)

Smyv půdního povrchu snižuje mocnost ornice a produkční schopnosti půd, a také způsobuje vyplavování živin do vodních nádrží. Vodní eroze je pozorována především na obdělávaných svazích a kopcích od května do září, v nejdeštivějších obdobích, kdy je výskyt vydatných a přívalových intenzivních dešťů - téměř 97 % .

### 5.1 Formy vodní eroze

Vodní eroze neboli fluviální je způsobena odnosem půdního povrchu dešťovými kapkami a povrchovým odtokem a podle formy se dělí na plošnou, rýhovou, výmolovou a proudovou.

První fází je plošná eroze neboli kapková, vznikající bez viditelných stop, projevuje se separací a rozptylováním půdních částic pod vlivem kinetické energie dešťových kapek a krupobití. To zhušťuje a zvlhčuje povrch půdy, vytváří na povrchu drobné jamky, selektivně z celé půdní hmoty uvolňuje nejmenší komponenty.

Zachar (1970 in Janeček 2002) klasifikuje plošnou erozi podle intenzity odnosu, která je uvedena v tabulce č. 3.1

Tabulka 3 Klasifikace plošné eroze podle intenzity. (Zachar, 1970)

Stupeň	Intenzita odnosu půdy erozí (mm/rok)	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

Dále při přesažení absorpční kapacity půdy nebo na nakloněném území nastává fáze odtokové eroze a eroze plošná přechází v erozi rýhovou, to mění texturu a obsah živin v půdě, do dolní části svahu přináší jemnější materiál.

Při povrchovém odtoku se voda začíná soustřeďovat a vznikají erozní rýhy různé velikosti a tvaru. Rýhy se dále postupně prohlubují a na delších svazích se vytvářejí výmoly a strže – nastává eroze výmolová.

Také je třeba zmínit o proudové erozi, která probíhá působením vodního proudu ve vodních tocích. Je-li rozrušováno pouze dno, mluvíme o erozi dnové, pokud jsou rozrušovány břehy hovoříme o erozi břehové. (Holý, 1978).

## 5.2 Příčiny vodní eroze

Soudobá zrychlená eroze je převážně podmíněna různými zásahy člověka, které škodlivě rozrušují a ničí přírodní vegetační příkrov půdního povrchu, a různými místními činiteli. Činiteli, které jsou podle Jana Cablíka a Karla Jůvy (1963) příčinou vodní eroze:

**Klimatické a hydrologické poměry** - geografické umístění a nadmořská výška ovlivňuje takové důležité parametry, jako je teplota ovzduší, oslunění, výpar a množství, rozdělení a intenzitu srážek.

Přičemž u srážek nerozhoduje jejich celoroční množství: prudký liják, který je charakterizován krátkou dobou trvání a velkou intenzitou, přinese mnohem víc škod, než dlouhotrvající (několika denní) srážka se stejným úhrnem, která nemusí být erozně vůbec nebezpečná.

**Územní poměry** – charakterizované konfigurací území, polohou, sklonitostí, délkou pozemku po spádnici a tvarem svahů, expozici k hlavním světovým stranám. Množství smyté půdy má největší závislost na sklonitosti (inklinaci) svahu.

Ke zvyšování erozní činnosti přispívá i členitost reliéfu. Čím je reliéf členitější, tím více napomáhá soustřeďování povrchově stékající vody a rychlejšímu odtoku.

Morfologií terénu taky může být vyvolán častější výskyt deště, tak zvaný orografický déšť – srážky vznikající vynuceným výstupem vzduchu způsobeným tvarem terénu, teda se vyskytuje zejména u horských oblastí.

Cablík a Jůva (1963) rozlišili čtyři výrazné úseky územního reliéfu:

1. Rozvodnicové (*eluvialní*), kde se půda v podstatě neporušuje
2. Svahové (*plurosni*), jež trpí splachem a vymíláním

3. Podsvahové (*aluviální*), akumuluje se tam odnesena zemina
4. Údolní, ve které se usazuje spláchnuta půda, někdy však také působí eroze říční v korytech bystřin a řek

**Půdní poměry** – popisují povahu horninového substrátu, data o druhu a typu půdy, obsahují informaci o zrnitostním složení a vodopropustnosti zeminy. Některé horniny a jejich zvětralin, zejména mladší syké sedimenty (písečné, hlinité, jílovité sedimenty, křídové slíny aj.), podléhají erozi snadno, opakem tomu jsou magmatické horniny, jsou erodovány za stejných podmínek velmi pomalu.

**Biologické poměry.** V bezlesém povodí nastávají po lijavcích náhlé odtoky, více než 10 krát vyšší než v zalesněném, což vyvolává škodlivé povodně, silný splach půdy, vznik sesuvu, zanášení nížinných pozemků, vodního koryta i břehových zpevnění aj.

**Hospodářskotechnické poměry** jsou charakterizované užíváním a obhospodařováním zemědělské půdy, polohovým umístěním kultur, volbou osevních postupů i různými technickými stavbami. Důležitou roli na svažitých pozemcích hraje směr obdělávání.

Jednou z příčin půdní eroze při pěstování širokořádkových plodin je mechanické působení na půdu. Při setí a sklizni se využívá těžká zemědělská technika, což vede k utužení a kypření půdy. To následně vede k destrukci půdní struktury a ztrátě její úrodnosti.

### 5.3 Určení ohroženosti pozemku vodní erozí

Určit intenzitu nebo stupeň eroze je velmi důležité proto, aby bylo možné ji mírnit a předcházet škodám způsobovaným erozí. Aby v praxi v terénu bylo možné najít kde jsou největší ztráty, je nutné určit, jak se eroze projevuje a určit její množství. Pro to se používají různé empirické nebo matematické modely.

Empirický model **USLE** (zkratka z anglického *Universal Soil Loss Equation*) patří mezi nejznámější a světově nejvyužívanější empirické modely, skládá se ze šesti faktorů, které ovlivňují erozi půdy. USLE je základem spousta dalších empirických modelů. Například **RUSLE** (revidovaná), a **MUSLE** (modifikovaná) zahrnují více upřesnění pro podrobnější predikce.



Tvar univerzální rovnice dlouhodobé ztráty půdy za přívalových dešťů dle Wischmeiera a Smithe (Velebil M. a Pasák V., 1984):

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

Kde:  $G$  = ztráta půdy v [ t/ha ]

$R$  = faktor erozní účinnosti deště [ MJ·cm/(ha·h) ]

$K$  = faktor náchylnosti půdy k erozi

$L$  = faktor délky svahu

$S$  = faktor sklonu svahu

$C$  = faktor ochranného vlivu vegetace

$P$  = faktor účinnosti protierozních opatření

### 5.3.1 Průměrná dlouhodobá ztráta půdy

Průměrná dlouhodobá ztráta půdy  $/G/$  představuje množství půdy uvolňující se vodní erozí v [t/ha/za rok]. Pro období kratší než rok nelze vypočítat ztrátu půdy toutle rovnicí. Není možné ani její využití pro výpočet eroze z jednotlivých srážek či z tání sněhu (Janeček a kol., 2012).

### 5.3.2 Faktor erozivity deště

Faktor erozivity deště  $/R/$  je závislý na úhrnu, intenzitě a kinetické energii deště. Wischmeier a Smith (1958) charakterizují faktor erozní účinnosti deště jako součin celkové kinetické energie deště  $E$  a  $i_{30}$  - jeho maximální třicetiminutové intenzity.  $R = (E \cdot i_{30})/100$  [MJ·cm/(ha·h)]

Celková kinetická energie deště se určí ze vztahu:

$$E = (206 + 87 \cdot \log i_s) \cdot H_s$$

kde  $E$  = kinetická energie deště v [J/m<sup>2</sup>]

$i_s$  = intenzita deště [ cm/h ]

$H_s$  = úhrn přívalového deště [ cm ]

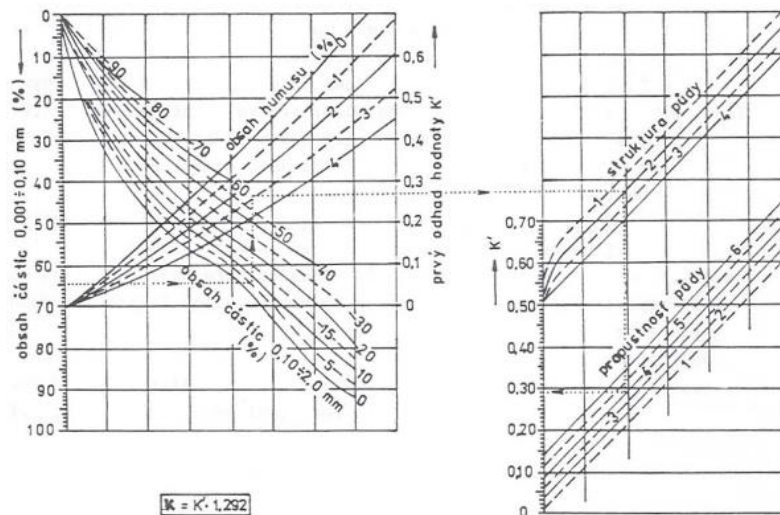
Deště o vydatnosti do 12,5 mm, oddělené od předchozích a následných dešťů šestihodinovou či delší přestávkou, a deště, jejichž maximální intenzita nepřekročí 24 mm/h se nepočítají, protože povrchový odtok nenastává. (Wischmeier a Smith, 1978)

### 5.3.3 Faktor erodovatelnosti půdy

Faktor erodovatelnosti půdy  $/K/$  neboli faktor náchylnosti půdy k erozi – vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a

zrnitosti. odnos půdy v t/ha na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku o délce 22,13 m (na svahu o sklonu 9 %), který je udržován jako kypřený černý úhor kultivací ve směru sklonu (Toman, 1996).

Hodnoty K faktoru lze stanovit pomocí nomogramu:



#### VYSVĚTLIVKY

##### STRUKTURA PŮDY:

- 1 - zrnitá
- 2 - drobtovitá
- 3 - hrudkovitá
- 4 - deskovitá, slitá

##### PROPUSTNOST PŮDY:

- 6 - < 0,15 cm / hod
- 5 - 0,15 - 0,5 cm / hod
- 4 - 0,5 - 1,5 cm / hod
- 3 - 1,5 - 5,0 cm / hod
- 2 - 5,0 - 15,0 cm / hod
- 1 - > 15,0 cm / hod

Obrázek 5 Nomogram pro stanovení hodnoty faktoru K (Pasák, 1984)

Pokud obsah prachu a práškového písku (0,002 - 0,1 mm) nepřekročí 70 %, Velebil M. a Pasák V. (1984) uvádí, že platí vztah:

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

kde:

$$M = (\% \text{ prachu} + \% \text{ práškového písku}) \cdot (100 - \% \text{ jílu}),$$

a - obsah humusu ornice v %,

b - třída struktury ornice

c - třída propustnosti půdního profilu; lze přibližně určit podle HPJ

Anebo na základě půdního typu daného hlavní půdní jednotkou (HPJ) - hodnot druhého a třetího místa pětimístného kódu z bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). Tento způsob slouží pouze k přibližnému určení hodnoty faktoru náchylnosti půd k vodní erozi.

Tabulka 4 Hodnoty faktoru K pro jednotlivé HPJ (Janeček a kol. 2012)

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

#### 5.3.4 Faktor morfologických poměrů

Faktor morfologických poměrů /LS/ představuje poměr ztráty půdy na standartním srovnávacím pozemku. Je násobkem faktorů délky a sklonitosti.

**L – faktor délky svahu** – vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí. Hodnotu lze vypočítat řešením rovnice (Velebil M. a Pasák V. 1984):  $L = (d/22,13)^p$ , kde d je nepřerušenou délkou svahu (horizontální projekce) v [m], 22,13 – délka standartního pozemku, hodnota p - exponent sklonu

svahu vyjadřující náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze, to jsou tabulkové hodnoty v závislosti na sklonu svahu a poměru rýžkové eroze k erozi plošné.

**S – faktor sklonu svahu** – vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí. Pro vyjádření lze použít rovnici Renarda a kol. (1997):

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

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

kde  $\theta$  je úhel sklonu svahu (rad nebo m/m).

### 5.3.5 Faktor ochranného vlivu vegetace

C – faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu.

$$C = \frac{\text{smyv na pozemku s pěstovanými plodinami}}{\text{smyv na kypřeném černém úhoru}}$$

Je charakterizovány hustotou a délkou trvání pokryvu. Rostlinný kryt při dobrém druhovém složení a stavu porostu chrání půdu několika způsoby: pohlcuje většinu kinetické energie dešťových kapek, tím brání rozrušování struktury půdy, a kořenový systém rostlin podporuje dále vsakování, a tím zmenšuje množství splachování půdních částic. Mírní také vítr a zastíňuje před intenzivním vysoušením.

Hodnotu ovlivňuje její zařazení v osevním sledu, délka vegetační doby plodiny, použitá agrotechnika v neposlední řadě teplota při které plodiny rostou. (Velebil a Pasák, 1984)

### 5.3.6 Faktor účinnosti protierozních opatření

Pokud nejsou navržena žádná opatření, hodnota  $P = 1$ .

### 5.3.7 Přípustná ztráta půdy

Tento faktor je definován jako maximální hodnota ztráty půdy dovolující trvale a ekonomicky dostupně udržovat úrodnost půdy. Obecně platí, že čím je půda erodovanější, tím je její přípustná ztráta menší. V rámci návrhů protierozních opatření je porovnávána očekávaná dlouhodobá ztráta půdy ( $G$ ) s tzv. přípustnou ztrátou ( $G_p$ ).

Tabulka 5 Přípustná ztráta půdy vodní erozí (Mazín a kol. 2005)

Přípustné ztráty půdy dle hloubky půdy	hloubka půdy	t/ha/rok
Půdy mělké	do 30 cm	1
Půdy středně hluboké	30 - 60 cm	4
Půdy hluboké	nad 60 cm	10

## 6. ŠIROKOŘÁDKOVÉ PLODINY

Širokořádkové plodiny jsou plodiny pěstované s širokými řádky a rozestupy mezi rostlinami, aby byl zajištěn lepší přístup ke světlu, vzduchu a živinám. Tato metoda výsadby se používá ke zvýšení výnosů a zlepšení podmínek pro růst rostlin. Hlavním cílem širokořádkových plodin je optimalizace procesu růstu a vývoje rostlin, což umožňuje vyšší výnosy. Tento způsob pěstování se používá u plodin, jako jsou brambory, řepa, kukuřice, slunečnice, sója, arašidy a další. Tento způsob pěstování usnadňuje mechanizaci zpracování půdy, hnojení, závlahu a sklizeň. Níže v této práci jsem popsala kukuřice, nejrozšířenější na světě širokořádkovou plodinu.

### 6.1 Kukuřice

Kukuřice, jejíž vědecký název je *Zea mays L.*, je jednou z klíčových plodin v zemědělství po celém světě s širokým spektrem využití. Přibližně 20 % kukuřičného zrna se využívá pro potravinářské účely, 15–20 % pro průmyslové účely a zbývající dvě třetiny pro výrobu krmiv. (Šmaraev G.J. a kol., 1981)

Ve Spojených státech, Kanadě a Austrálii se této plodině často říká “corn“. Termín “corn“ byl původně používán k označení obilí nebo obilné plodiny, jako je pšenice v Anglii nebo oves v Irsku a Skotsku. Proto se není čemu divit, že tento název dostaly nové druhy obilných plodin, které objevili průkopníci v Americe. Většina lidí na světě však přijímá *Zea mays* jako “maize“. Díky své vysoké přizpůsobivosti lze kukuřici pěstovat na většině zeměkoule. Z hlediska objemu produkce je kukuřice na druhém místě za pšenicí a rýží. (Allen N.N. a kol., 1951)

Kukuřičná zrna obsahují cca 65–70 % sacharidů, 9–12 % bílkovin, 4–8 % tuku, 1,5 % minerálních solí, 2,5 % vlákniny, dále vitamíny a cca 14–15 % vody. Kukuřičné zrno se používá k výrobě mouky, obilovin, vloček, konzervované kukuřice, škrobu, etylalkoholu, dextrinů, piva, glukózy, cukru, melasy, sirupů, medu, dále pro kukuřičný olej (klíček zrna obsahuje až 30 % tuku), vitamín E, kyselinu askorbovou a glutamovou. Nezralé klasy lze konzumovat syrové, vařené nebo konzervované. Kukuřičné pestíky se používají v lékařství. Kukuřičné stonky, listy a klasy lze použít při výrobě papíru, linolea, umělého hedvábí, aktivního uhlí, umělého korku, plastů a při výrobě anestetik. (Gromovoj P.S. a Lukjanov N.V., 1958)

Kukuřičná mouka, vyjma lepku, není vhodná na pečení chleba, ale je široce používána při výrobě pekařských a cukrářských výrobků.

Kukuřičné zrno se používá jako krmivo pro hospodářská zvířata. 1 kg obilí se rovná 1,34 krmné jednotce a obsahuje 78 g stravitelných bílkovin. Je cennou komponentou krmných směsí. Protein z kukuřičných zrn má nedostatek esenciálních aminokyselin, jako je lysin a tryptofan, ale je bohatý na zein - protein s nízkou hodnotou, a na karoten. (Gromovoj P.S. a Lukjanov N.V., 1958)

Jako řádková plodina je kukuřice vynikajícím prekurzorem pro jiné rostliny v systému střídání plodin. Její výsadba pomáhá odstraňovat plevel z polí a také snižuje úroveň škůdců a chorob spojených s obilnými plodinami. Kromě toho po sklizni kukuřice zůstává značné množství rostlinných zbytků.

Při pěstování kukuřice na zrno se doporučuje používat tykve a fazole jako zhutňovací plodiny mezi řádky. To pomůže zlepšit strukturu půdy a zvýšit produktivitu. (Gromovoj P.S. a kol., 1960)

C. Columbus informoval o nové rostlině krátce po svém objevení Ameriky. První vzorky se do Evropy dostaly na konci XV století. Kukuřice se původně pěstovala jako okrasná rostlina. Později ve Francii, Itálii a Portugalsku se stala uznávanou jako potravinářská a krmná rostlina. V XVI století se kukuřice rychle rozšířila do oblastí, kde byly příznivé podmínky pro její pěstování, jako je severní Afrika, Indie a Čína.

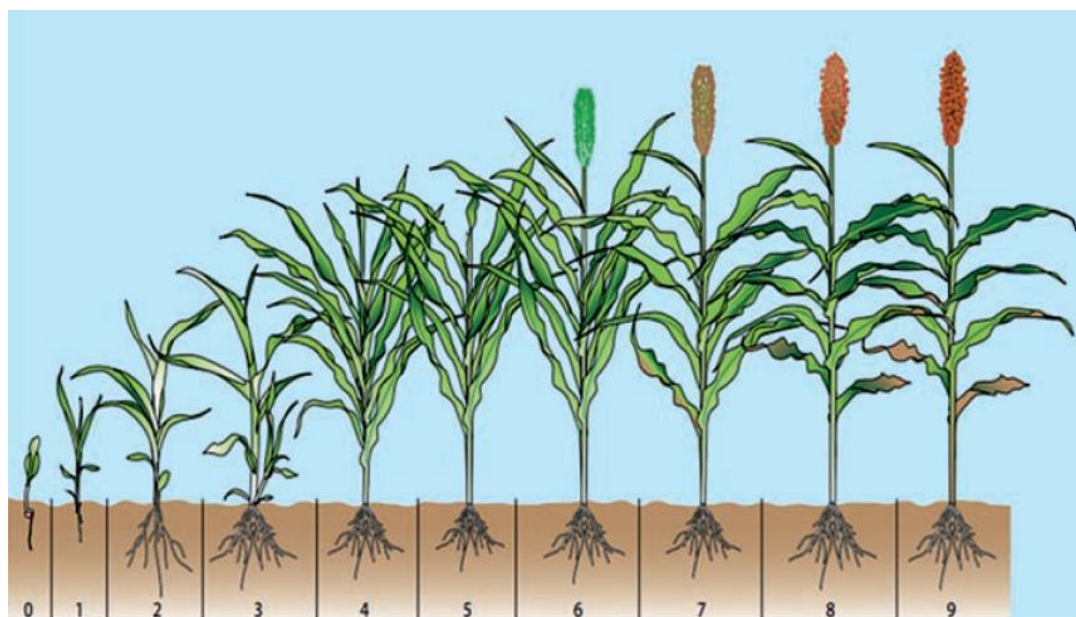
V současnosti je kukuřice kulturní rostlinou, která se bez lidské pomoci neroste. To je způsobeno tím, že zrno zřídka vypadává a klasy se zřídka lámou a stonek je poměrně silný. Gruška J. (1965) píše, že kořenový systém kukuřice je mohutný, vícevrstvý a dobře větvený. Na nakypřených půdách může proniknout do hloubky až 3 metrů a na černozemí - až 4 metry. Horizontální vzdálenost šíření přesahuje 1 -1,5 metru. Většina kořenů se nachází v hloubce 30-60 cm. Kořenový systém má anatomickou vlastnost - přítomnost vzduchových dutin, což ukazuje na vysokou citlivost kořenů na přítomnost kyslíku. Až 60 % dutin je v orné vrstvě. V podmínkách sucha je utlumen růst kořenů, snižuje se jejich větvení, zpomaluje se tvorba nových vrstev uzlinových kořenů a narušuje se proporcionální tvorba nadzemních a podzemních částí rostlin.

Kukuřice patří k rostlinám, které preferují teplo. Výzkum V.N. Stěpánova a I.S. Šatilova (1959) ukazují, že teplota, při které semena klíčí, je 7-10 °C a osení se objevují při 10-12 °C. Optimální teplota pro klíčení je 16-20 °C. Předčasný výsev do studené a nadměrně vlhké půdy může vést k odumírání semen a nerovnoměrnému klíčení. Maximální teplota, při které se růst zastaví, je 45-47 °C.

## 6.2 Čirok

V aridním podnebí, s ročními srážkami menšími než 400 mm a vysokými teplotami, kukuřice a další plodiny často nemohou poskytnout stabilní výnos. V takových podmínkách je nejperspektivnější plodinou čirok odolný vůči suchu. A to je možné pomocí velmi vyvinutému kořenovému systému, který je podstatně větších rozměrů než nadzemní část rostliny a dokáže proniknout do hloubky 2-2,5 metru. Během velkého sucha tvoří kořeny čiroku ochrannou vrstvu oxidu křemičitého, která zabraňuje jejich vysychání. Podobnou funkci plní voskový povlak na stoncích a listech rostliny – odráží přebytečné sluneční záření. (Sydorenko V. a Malyarchuk V., 2022)

Čirok je po kukuřici, pšenici a rýži čtvrtou největší pěstovanou plodinou na světě. Pro dosažení potřebných hodnot sklizně důležité znát období vývoje a fáze organogeneze čiroku. Růst rostlin je rozdělen do různých fází - od nultého stádia (sazenice) do devátého (stádium plné zralosti) a podle toho do dvou vývojových období: tvorba vegetativních orgánů (fáze 0-5) a tvorba generativních orgánů ( fáze 6-9) (obr. 6). (Sydorenko V. a Malyarchuk V., 2022)



Obrázek 6 Vnější známky vývojových fází čiroku (Sydorenko V. a Malyarchuk V., 2022)

Využití čiroku je stejné s využitím kukuřice.

## 7. PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ

Kořeny většiny širokořádkových rostlin mají malou schopnost udržovat půdu, takže jsou náchylné k erozi během silných dešťů.

Účinný způsob ochrany půdy před erozí představují tzv. protierozní opatření (PEO). Tato opatření mohou být organizačního, agrotechnického nebo technického charakteru. Většinou jde však o jejich komplex, protože se účinky jednotlivých opatření často prolínají a doplňují (Janeček a kol., 2008; Konečná a kol., 2011 ).

### 7.1 Technická protierozní opatření

Technická protierozní opatření (TPEO) se navrhují obvykle po vyčerpání možností řešení ochrany proti negativním účinkům vodní eroze organizačními a agrotechnickými opatřeními, většinou jako jejich doplnění. (Webová encyklopedie VÚMOP v.v.i. ©2019)

Mezi technická protierozní opatření patří: protierozní průlehy, příkopy, hrázky, meze, stabilizace drah soustředěného odtoku, ochranné nádrže a terasování.

### 7.2 Organizační protierozní opatření

Organizační protierozní opatření se zabývají změnou tvaru a velikosti pozemku, které ovlivňují délku odtokových drah a tím hodnotu L faktoru.

Mezi organizační protierozní opatření patří:

- **Změna tvaru a velikosti pozemku**

Rozmístěním pozemku delší stranou podle vrstevnic se snižuje tzv. kritická délka pozemku, jíž lze definovat jako vzdálenost pozemku, na níž dochází na nepřerušném svahu k přeměně povrchového plošného odtoku v odtok soustředěný, kde plošná eroze přechází ve výmoloitou. (Holý M. , 1978)

Za nejvýhodnější tvar pozemku se tedy považuje obdélník nebo rovnoběžník, jehož vnitřní úhly jsou 50 - 60° a delší stranou po směru obdělávání. Vhodný poměr délek stran je tedy 1 : 2 (nejvýše však 1 : 6). (Holý M. ,1978)

- **Pásové střídání plodin**

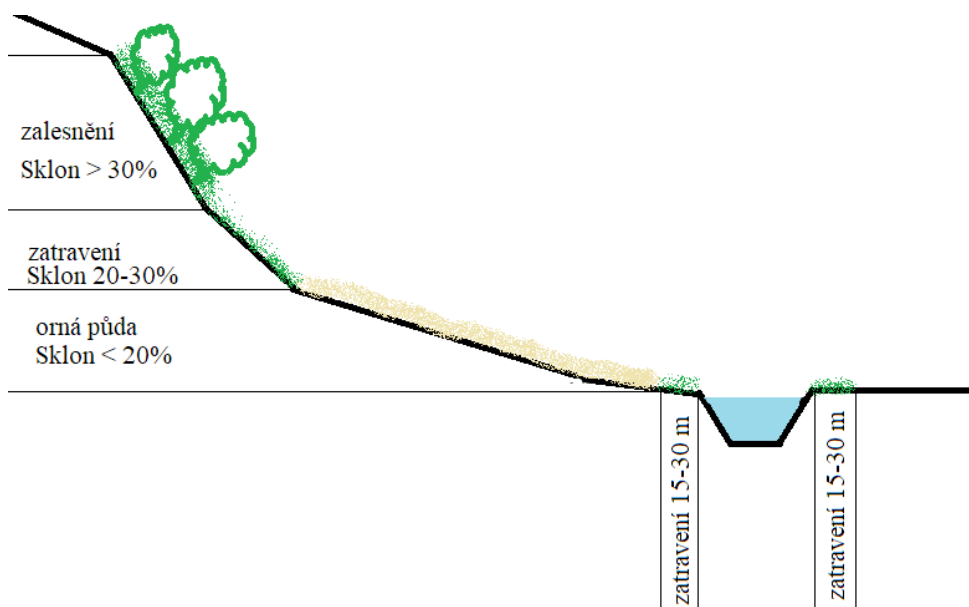
S maximální odchylkou 30 stupňů se podél vrstevnic vytváří pasy erozně nebezpečných a plodin s vyšším protierozním účinkem (obilniny, případně i travní porost). Nevýhodou je zvýšení náročnosti obdělávání.



- **Delimitace půdy a kultur**

Delimitace půdy je ochranné zatravení pozemku se sklonem > 21% nebo půdy na svazích 10-20%, identifikované HPJ, jako mělké. Také by měli být zatravený sedimentační pasy šířkou 15-30% podél vodních toků a rybníků. Zalesnění pozemku se sklonem > 30%. (Holý, 1978)

Pro přehlednost jsem vytvořila schematicky obrázek:



Obrázek 7 Rozbor sklonitého svahu

Různé plodiny a vegetační pokryv pozemku poskytují různou protierozní ochranu (Tabulka 6), která se liší v průběhu roku, v závislosti na postupném růstu rostlin a na hustotě jejich výskytu na pozemku (Vlasák, Bartošková, 2009). Proto na sklonitějších svazích se doporučuje pěstovat kultury, které polehají menší intenzitě vodní eroze:

Tabulka 6 Intenzita vodní eroze pod různými kulturami podle G. W. Musgrawa (Holý, 1978)

Kultury	Intenzita
Okopaniny - úhor	100%
Pšenice - úhor	75%
Strniště - pšenice	10%
Neohrazené pastviny	10%
Velmi dobrý travní porost	0,001 až 1,0%
Lesní porost	0,001 až 1,0%

### 7.3 Agrotechnická protierozní opatření

Jednou z nejefektivnějších metod zabránit erozi je využití nepřetržitého vegetačního krytu nebo kultivace plodin v protierozních osevních postupech, mezi které patří ozimé plodiny, luštěniny jak samotné, tak i ve směsi s trvalkami, bylinami a trávami. Pro vytvoření hustého vegetačního krytu po sklizni následujících ozimých plodin, jako je brukev řepka, žito a tritikále (lat. *triticum* — pšenice a lat. *secale* — žito), se doporučuje používat zelené hnojení nebo by se měly pěstovat meziplodiny, aby byla půda chráněna. Zelené hnojení je vhodné nezahrabávat, ale nechat na zimu ve formě mulče. Mulčování také výrazně a pozitivně ovlivňuje chemické parametry (pH, N, P a K) v horních 5 centimetrech půdy. (Coulibaly K. a kol., 2022)

Při tradiční metodě zpracování půdy se zbytky z předchozí plodiny zahrabávají do půdy a nechráněná půda je přímo vystavena větru a dešťové vodě, zejména po skončení vegetačního období plodiny.

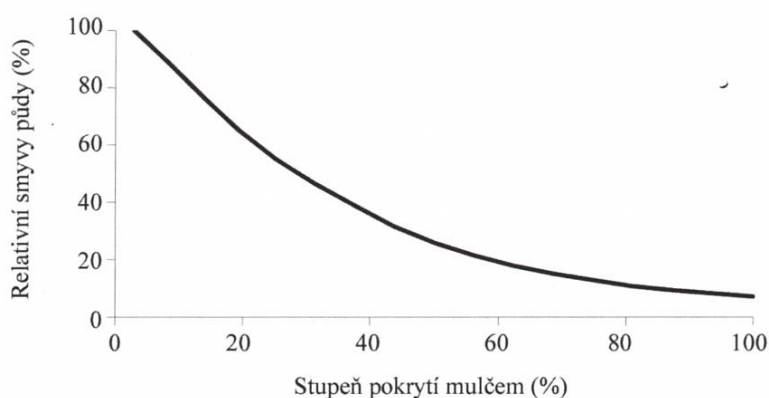
Ziemnicki (1978) poznamenává, že smytí 18 cm půdy pokryté přirozenou vegetací trvá cca 500 000 let, a v zemědělství na obdělávaných svazích k tomu v závislosti na druhu plodiny a směru pěstování dochází po dobu 70 až 5 let. Proto se důrazně doporučuje minimalizovat období, kdy půda není pokryta vegetací.

Existuje několik metod, upravujících způsoby obdělávání, kterými lze snížit erozi půdy, kromě použití protierozní rotace plodin a vhodného výběru plodin:

1. **Použití oboustranných otočných pluhů** (překlápějí půdu proti svahu). Při zpracování půdy je třeba vzít v úvahu směr svahu. Důležité je orat s malým odklonem od vrstevnic, tak, aby vznikly hromádky směřující proti svahu. To pomůže zabránit odplavení ornice.
2. **Hrázkování** je také účinnou metodou kontroly eroze. Je zaměřeno na vytvoření dostatečných akumulčních prostorů v meziřadí, což zvyšuje absorpci vody a usnadňuje pronikání vlhkosti hlouběji do půdního profilu. Provádí se speciálním strojem, je nutné vést po vrstevnici. (Turusov V.I., 2019)
3. Jedním ze způsobů je **instalace fóliových krytů nebo použití netkané textilie** na půdu po výsadbě, to pomáhá udržet půdu na místě a snižuje riziko eroze půdy. Tato metoda také pomáhá udržet vlhkost v půdě a vytvořit optimální podmínky pro růst rostlin do zapojení porostu.
4. Dalším způsobem je použití krycího materiálu, jako je **ponechaná sláma nebo síť**. To zahrnuje použití materiálů, které udržují půdu na místě na svazích přes

zimou a zabraňují jarní erozi. To pomáhá předcházet odplavování ornice a udržuje úrodnost půdy. (Allen N.N. a kol., 1951)

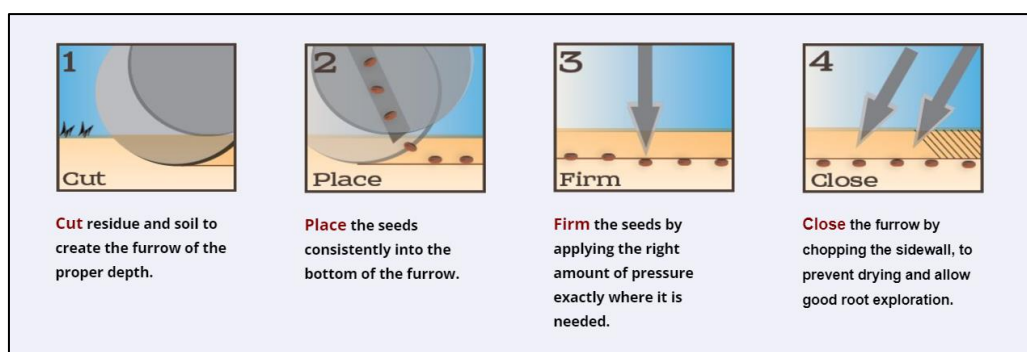
5. Kromě toho se doporučuje zavést **system pásového zpracování půdy (STRIP-TILL)**. Tento systém umožňuje vytvářet malé rýhy cca 25 cm, to podporuje vsakování vody a hnojiv, slouží jako bariéra pro smývání půdy. Nezpracované pásy cca 50 cm zachraňují svoji strukturu půdy a posklizňové zbytky na povrchu. To pomáhá chránit půdu a zabraňuje erozi.
6. Další metodou je **výsev meziplodin**. Pomáhají stabilizovat půdu a mechanicky zabraňují erozi. Kromě toho, z chemického a biologického hlediska, meziplodiny obohacují půdu o organickou hmotu (jsou zdrojem uhlíku pro rostliny) a zvyšují její úrodnost. V případě erodovaných pozemků se zvyšuje poptávka po organických hnojivech ke kompenzaci každoročního úbytku organické hmoty v důsledku mineralizace a eroze. (Turusov V.I., 2019)
7. **Pěstování s meziřádkovou vzdáleností do 45 cm** je novou technologií, která je v současné době testována, kdy je secí stroj nastaven na výsevní vzdálenost řádku maximálně na 45 cm. Zrna jsou seta v trojúhelníkovém sponu v počtu cca 110 tisíc jedinců na 1 ha. Zúžená rozteč řádků zajistí rovnoměrnější zapojení porostu, čímž je omezena síla soustředěného povrchového odtoku a dochází k částečnému zvýšení ochrany půdy proti erozi. Setí do úzkého řádku je stejně jako další nové trendy v protierozním ochranném obdělávání půdy nutné v podmínkách ČR testovat. (Webová encyklopedie VÚMOP v.v.i. ©2019)
8. Důležitým způsobem bránění erozi je setí plodin do mulče. Po sklizni se nechávají na povrchu pole rostlinné zbytky, které vytvářejí mechanickou bariéru chránící půdu před větrem. Také rozptylují sílu padajících dešťových kapek a fungují jako filtr, snižující rychlost povrchového odtoku vody. (Turusov V.I., 2019)



Obrázek 8 Závislost relativní ztráty půdy na pokryvu půdy mulčem (Kvítek T. a Tipl M., 2003)

Nahrazení tradičního konvenčního setí s obděláváním **bezorebným setím (NO-TILL)** může být přínosné. Zvýšený výnos není jediným pozitivním efektem použití tohoto systému. Přímé setí má příznivý vliv na životní prostředí, snižuje negativní dopad zemědělské činnosti na životní prostředí, klima a planetu jako celek. Použití nulového zpracování půdy pomáhá přirozeně obnovit úrodnost půdy a posklizňové zbytky ji chrání před erozí. Tyto výhody představují významné argumenty pro podporu přechodu na bezorebnou technologii a jejího dalšího rozvoje. Čím více půdu kypříme, provzdušňujeme a rozrušujeme půdní agregáty, tím více podporujeme mineralizační procesy v půdě a uvolňování živin z půdní zásoby pro výživu rostlin. (Žalud Z. a kol., 2019)

Neposledními přínosy této technologie jsou přínosy agronomické a to zejména hospodaření s vodou ve státech kde je nízký úhrn srážek. Půda se před setím nezpracovává, seje se speciálním secím strojem. Technologie bezorebného setí se skládá ze čtyř kroků, znázorněných na obrázku:



Obrázek 9 Technologie No-till (Exapta Solutions © 2014)

Prvním krokem je vytváření brázdy, druhým je umístění semen v určitých vzdálenostech od sebe, třetím je upevnění semena použitím správného tlaku přesně tam, kde je to potřeba, a posledním krokem je uzavření brázdy. (Exapta Solutions ©2014)

V praxi se systém zpracování půdy, který ponechává více než 70 % plochy pokrytou zbytky plodin, považuje za bezorebný. (Somasundaram E., 2021)

## 8. VÝSLEDKY

V další části kapitoly jsou popsána použitá data a dokumenty, které mě poskytl VUMOP v.v.i. (viz. Kapitola Samostatné přílohy), na jejichž základě jsem provedla statistickou studii, abych zjistila účinnost využití agrotechnického opatření, konkrétně bezorebné setí a technologie pěstování s meziřádkovou vzdáleností do 450 mm, při pěstování erozně nebezpečných širokořádkových plodin v boji proti vodní erozi.

### **VÚMOP v.v.i.**

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy je veřejnou výzkumnou institucí, zkráceně v.v.i. Výzkumný ústav zodpovídá za rozvoj poznání a přenos poznatků vědních oborů ochrany půdy, komplexních meliorací, pedologie, tvorby a využití krajiny a informatiky k těmto oborům se vztahující. Provádí rozbory půdy a vody, provozuje geoportál SOWAC-GIS, tvoří mapy a poskytuje data. (VÚMOP, v.v.i.©2024)

### **Metodika polního simulátoru deště VÚMOP má následující parametry:**

Plocha pokrytí je 15 m dlouhá a 12 m široká, pak rozdělená na 3 varianty. Pokusné plochy umístěny na rovnoměrně se svažujících pozemcích se sklonem 5-8° na lokalitě Krásná Hora. Klimatický region dle BPEJ: 7 - mírně teplý, vlhký (MT4). Průměrný úhrn srážek dle BPEJ je 650 – 750 mm. Typ půdy – kambizem modální. Byl použit režim zadeštění 30 min + 15 min + 15 min, který odpovídá intenzitě přívalových dešťů v ČR. První zadeštění probíhá během 30 minut v přirozeně vlhké půdě. Pak následuje 15 minutová pauza a po ní 15 minutové zadeštění v nasycené půdě. Měření bylo prováděno ve třech termínech: měsíc po zasetí, do dvou měsíců po zasetí, do sklizně.

Během měření bylo prováděno zaznamenání: výšky plodiny, času počátku povrchového odtoku po začátku zadešťování, času konce povrchového odtoku po začátku zadešťování, měření množství odteklé vody ze zadešťované plochy. Pomocí laboratorních analýz zeminy byla stanovena vlhkost půdy před a po zadeštění.

V rámci testování na experimentální ploše byly porovnávány s kypřeným černým úhorem tyto varianty: čírok konvenční zpracování půdy v řádcích 37,5 a 75 cm a čírok bezorebné (přímé) setí v řádcích 37,5 a 75 cm. Výsledky simulací jsou znázorněny v tabulkovém a grafickém přehledu viz kapitoly níže.

## 8.1 Výsledky prvního termínu měření

Nejefektivnějším, z daných třech termínů, pro sledování účinnosti agrotechnologie bezorebné setí je tohle pěstební období, když výška rostliny, a tím pádem ochranný vliv vegetace, je nejmenší.

V rámci testování na experimentální ploše byly porovnávány tyto varianty s kypřeným úhorem:

1. Čírok konvenční zpracování půdy v řádcích 375 mm s výškou plodiny 50 cm ;
2. Čírok bezorebné (přímé) setí v řádcích 375 mm s výškou plodiny 50 cm ;
3. Čírok konvenční zpracování půdy v řádcích 750 mm s výškou plodiny 40 cm ;
4. Čírok bezorebné (přímé) setí v řádcích 750 mm s výškou plodiny 40 cm;

Tabulka 7 Výsledky simulací z prvního termínu měření - první zadržování (suchá půda) VÚMOP v.v.i.

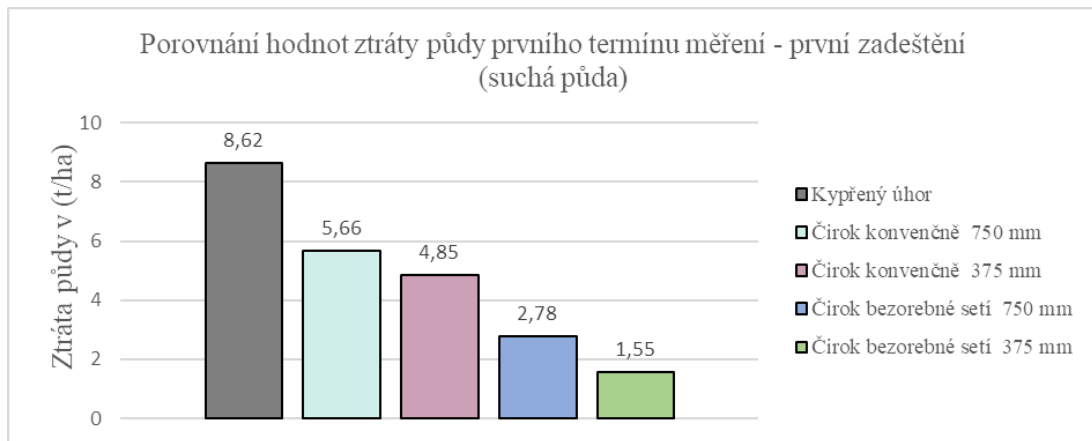
varianta	šířka řádků	výška plodiny	vlhkost půdy % objemu		začátek povrchového odtoku	infiltrace	velikost povrchového odtoku	ztráta půdy
	[mm]	[cm]	před	po	[s]	[mm]	[mm]	[t/ha]
Kypřený úhor	-	-	13,8	28,2	227	23,07	<b>15,5</b>	<b>8,62</b>
Čírok konvenčně	375	50	20,4	27,8	91	13,83	<b>24,6</b>	<b>4,85</b>
Čírok konvenčně	750	50	19,6	27,5	81	15,28	<b>23,15</b>	<b>5,66</b>
Čírok bezorebné setí	375	40	16,7	28,1	153	26,71	<b>11,75</b>	<b>1,55</b>
Čírok bezorebné setí	750	40	16,4	28,8	140	22,24	<b>16,15</b>	<b>2,78</b>

Tabulka 8 Výsledky simulací z prvního termínu měření - druhé zadržování (vlhká půda) VÚMOP v.v.i.

varianta	šířka řádků	výška plodiny	vlhkost půdy % objemu		začátek povrchového odtoku	infiltrace	velikost povrchového odtoku	ztráta půdy
	[mm]	[cm]	před	po	[s]	[mm]	[mm]	[t/ha]
Kypřený úhor	-	-	28,2	31,4	22	7,64	<b>11,5</b>	<b>5,10</b>
Čírok konvenčně	375	50	27,8	30,4	50	6,8	<b>12,45</b>	<b>1,49</b>
Čírok konvenčně	750	50	27,5	29,5	45	5,96	<b>13,25</b>	<b>2,45</b>
Čírok bezorebné setí	375	40	28,1	30,2	69	9,27	<b>10</b>	<b>1,00</b>
Čírok bezorebné setí	750	40	28,8	30,6	45	7,71	<b>11,6</b>	<b>1,64</b>

Použití agrotechnických opatření mělo příznivý vliv jak na velikost povrchového odtoku, tak i na hodnoty ztrát půdy.

### První zadeštění (suchá půda)

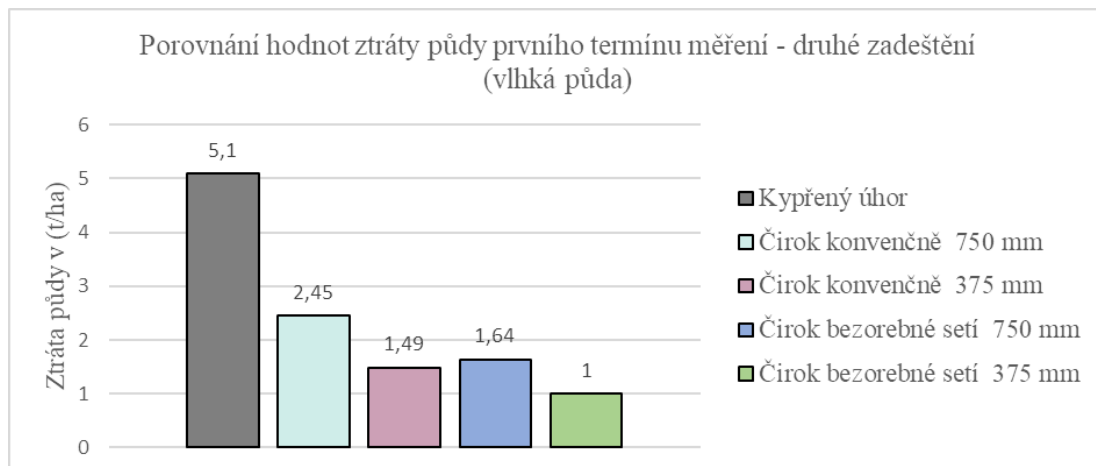


Obrázek 10 Porovnání hodnot ztráty půdy prvního termínu měření - první zadeštění (suchá půda)

Výsledky simulací ukazují, že čírok, který byl pěstován konvenčně v řádcích 750 mm, měl o 50 % větší ztrátu půdy, a o 68 % v řádcích 350 mm, než při NO-TILL technologii.

Pěstování v užším řádku v obou případech taky bylo příznivým, s ohledem na to, že výška rostliny dosáhla jen 40-50 cm. Ztráta půdy se u číroku konvenčně při zúžení řádku snížila o 14 %, v případě bezorebného setí o 44 %.

### Druhé zadeštění (vlhká půda)



Obrázek 11 Porovnání hodnot ztráty půdy prvního termínu měření - druhé zadeštění (vlhká půda)

Použití bezorebné technologie ve vlhké půdě snížilo hodnotu o 33 procent při srovnání výsledků v různých technikách se stejnou šířkou řádku.

Zúžení řádků v obou případech přispělo ke snížení ztráty půdy o 39 %.

## 8.2 Výsledky druhého termínu měření

V rámci testování na experimentální ploše byly porovnávány tyto varianty s kypřeným úhorem:

1. Čírok konvenční zpracování půdy v řádcích 375 mm s výškou plodiny 180 cm ;
2. Čírok bezorebné (přímé) setí v řádcích 375 mm s výškou plodiny 180 cm ;
3. Čírok konvenční zpracování půdy v řádcích 750 mm s výškou plodiny 90 cm ;
4. Čírok bezorebné (přímé) setí v řádcích 750 mm s výškou plodiny 90 cm ;

### První zadeštění (suchá půda)

Tabulka 9 Výsledky simulací z druhého termínu měření - první zadeštění (suchá půda) VÚMOP v.v.i.

varianta	šířka řádků	výška plodiny	vlhkost půdy % objemu		začátek povrchového odtoku	infiltrace	velikost povrchového odtoku	ztráta půdy
	[mm]	[cm]	před	po	[s]	[mm]	[mm]	[t/ha]
Kypřený úhor	-	-	17,2	28,7	257	22,84	<b>15,7</b>	<b>12,02</b>
Čírok konvenčně	375	180	20,9	30,1	794	37,02	<b>1,35</b>	<b>0,01</b>
Čírok konvenčně	750	180	20,2	29	156	24,89	<b>13,5</b>	<b>0,79</b>
Čírok bezorebné setí	375	90	19,3	27,6	130	33,24	<b>5,25</b>	<b>0,19</b>
Čírok bezorebné setí	750	90	17,5	26,4	110	27,87	<b>10,65</b>	<b>0,95</b>

Tabulka 10 Výsledky simulací z druhého termínu měření - druhé zadeštění (vlhká půda) VÚMOP v.v.i.

varianta	šířka řádků	výška plodiny	vlhkost půdy % objemu		začátek povrchového odtoku	infiltrace	velikost povrchového odtoku	ztráta půdy
	[mm]	[cm]	před	po	[s]	[mm]	[mm]	[t/ha]
Kypřený úhor	-	-	28,7	30,2	45	8,75	<b>10,6</b>	<b>5,22</b>
Čírok konvenčně	375	180	30,1	30,8	84	15,02	<b>4,25</b>	<b>0,07</b>
Čírok konvenčně	750	180	29	30,2	49	9,12	<b>10,15</b>	<b>0,51</b>
Čírok bezorebné setí	375	90	27,6	30,1	75	12,77	<b>6,65</b>	<b>0,14</b>
Čírok bezorebné setí	750	90	26,4	28,6	51	9,93	<b>9,3</b>	<b>0,47</b>

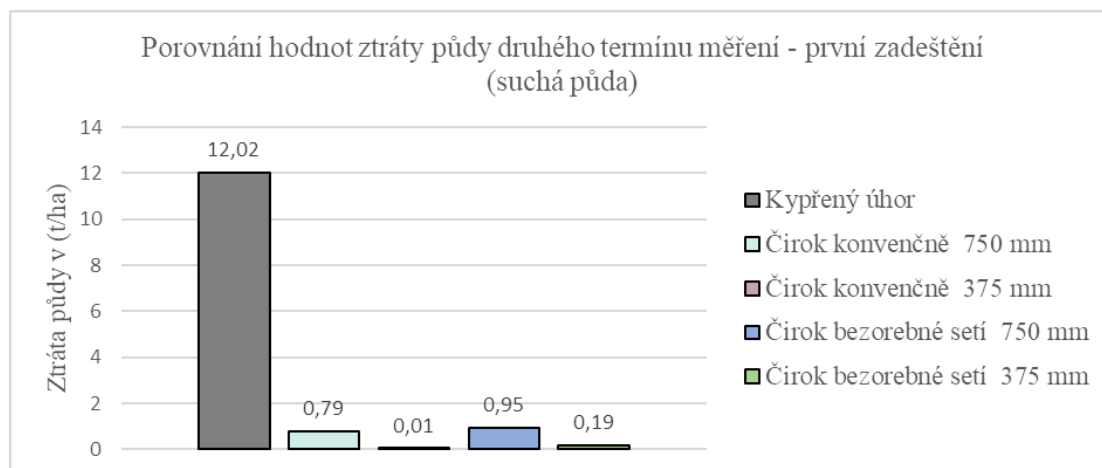
Druhé zadeštění proběhlo ve III. pěstebním období dle přístupu Janečka a kol. (2012) - období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, u ozimů do 30. 4. S ohledem na to, že je veliký rozdíl mezi výškou u konvenční (180 cm) a



bezorebné metody (90 cm), výsadba bez orby přinesla stejné výsledky jako výsadba tradičním způsobem.

Použití technologie pěstování s meziřádkovou vzdáleností do 45 cm mělo příznivý vliv jak na velikost povrchového odtoku, tak i na hodnoty ztrát půdy.

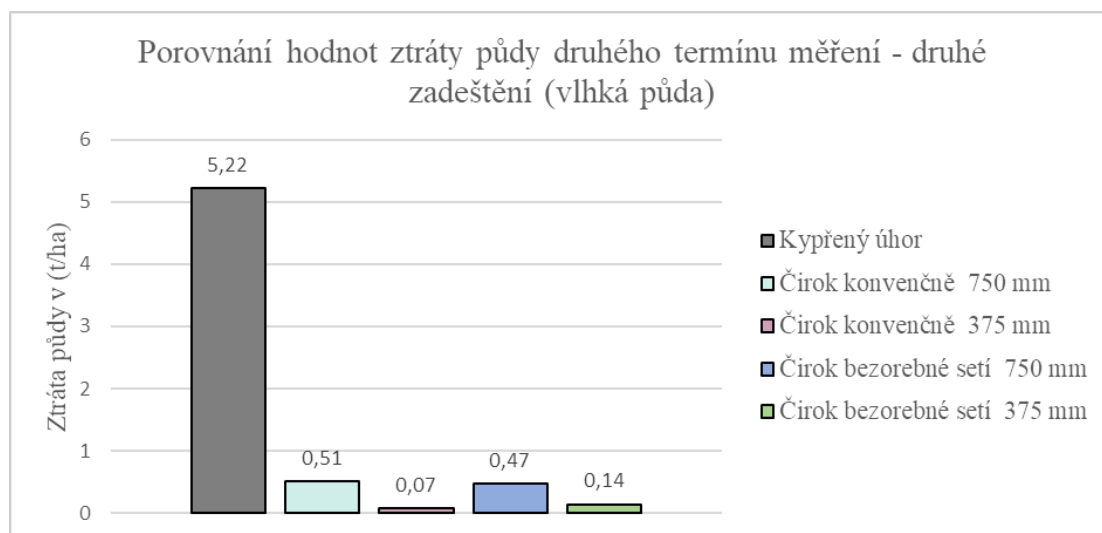
### První zadeštění (suchá půda)



Obrázek 12 Porovnání hodnot ztráty půdy druhého termínu měření - první zadeštění (suchá půda)

Pěstování v užších řádcích snížilo hodnotu parametru „Ztráta půdy“ o 99 % u číroku konvenčně, v případě bezorebného setí o 80 %.

### Druhé zadeštění (vlhká půda)



Obrázek 13 Porovnání hodnot ztráty půdy druhého termínu měření - druhé zadeštění (vlhká půda)

Ve vlhké půdě výsledky simulací ukazují, že čírok, který byl pěstován konvenčně v řádcích 750 mm, měl o 86 % větší ztrátu půdy, a o 70 % při NO-TILL technologii, než v řádcích 350 mm.

### 8.3 Výsledky třetího termínu měření

V rámci testování na experimentální ploše byly porovnávány tyto varianty s kypřeným úhorem:

1. Čírok konvenční zpracování půdy v řádcích 375 mm s výškou plodiny 210 cm;
2. Čírok bezorebné setí v řádcích 375 mm s výškou plodiny 210 cm ;
3. Čírok konvenční zpracování půdy v řádcích 750 mm s výškou plodiny 210 cm;
4. Čírok bezorebné setí v řádcích 750 mm s výškou plodiny 210 cm;

Tabulka 11 Výsledky simulací z třetího termínu měření - první zadeštění (suchá půda) VÚMOP v.v.i.

varianta	šířka řádků	výška plodiny	vlhkost půdy % objemu		začátek povrchového odtoku	infiltrace	velikost povrchového odtoku	ztráta půdy
	[mm]	[cm]	před	po	[s]	[mm]	[mm]	[t/ha]
Kypřený úhor	-	-	18,7	25,8	180	13,66	<b>24,75</b>	<b>10,90</b>
Čírok konvenčně	375	210	19,71	27,9	107	15,99	<b>22,4</b>	<b>1,55</b>
Čírok konvenčně	750	210	17,8	29,2	144	25,72	<b>12,7</b>	<b>0,39</b>
Čírok bezorebné setí	375	210	18,9	28,9	319	32,43	<b>6,05</b>	<b>0,38</b>
Čírok bezorebné setí	750	210	19,3	29,6	195	26,56	<b>11,95</b>	<b>1,89</b>

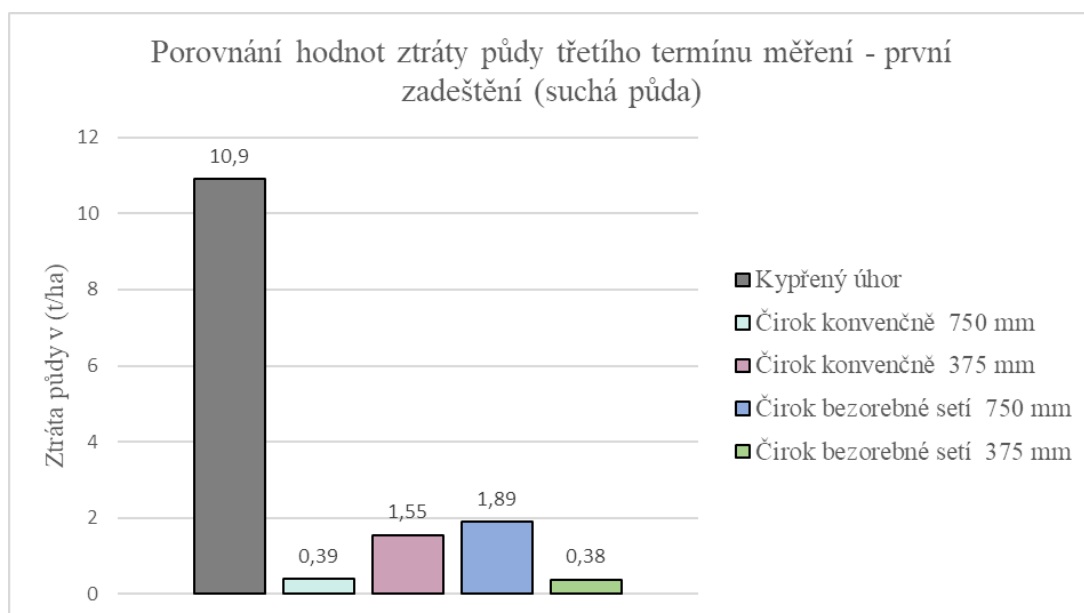
Tabulka 12 Výsledky simulací z třetího termínu měření - druhé zadeštění (vlhká půda) VÚMOP v.v.i.

varianta	šířka řádků	výška plodiny	vlhkost půdy % objemu		začátek povrchového odtoku	infiltrace	velikost povrchového odtoku	ztráta půdy
	[mm]	[cm]	před	po	[s]	[mm]	[mm]	[t/ha]
Kypřený úhor	-	-	25,8	29,5	43	4,91	<b>14,35</b>	<b>3,95</b>
Čírok konvenčně	375	210	27,9	29,6	52	6,03	<b>13,25</b>	<b>0,46</b>
Čírok konvenčně	750	210	29,2	30,5	60	8,27	<b>10,95</b>	<b>0,29</b>
Čírok bezorebné setí	375	210	28,9	30,2	57	11,56	<b>7,75</b>	<b>0,34</b>
Čírok bezorebné setí	750	210	29,6	31,1	47	9,05	<b>10,25</b>	<b>1,07</b>

Druhé zadeštění proběhlo ve IV. pěstebním období dle přístupu Janečka a kol. (2012) - období od konce III. období do sklizně.

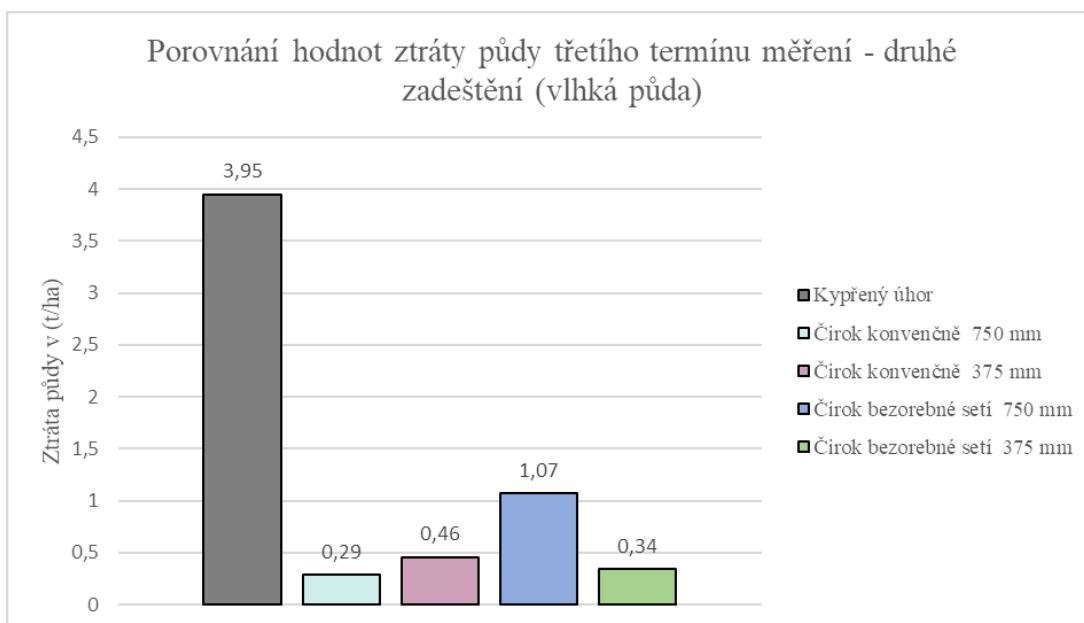
Při třetím měření se vliv změny způsobu setí z konvenčního v řádcích 750 mm na bezorebný v řádku 375 mm pozitivně projevil na parametru velikostí povrchového odtoku.

### První zadeštění (suchá půda)



Obrázek 14 Porovnání hodnot ztráty půdy třetího termínu měření - první zadeštění (suchá půda)

### Druhé zadeštění (vlhká půda)

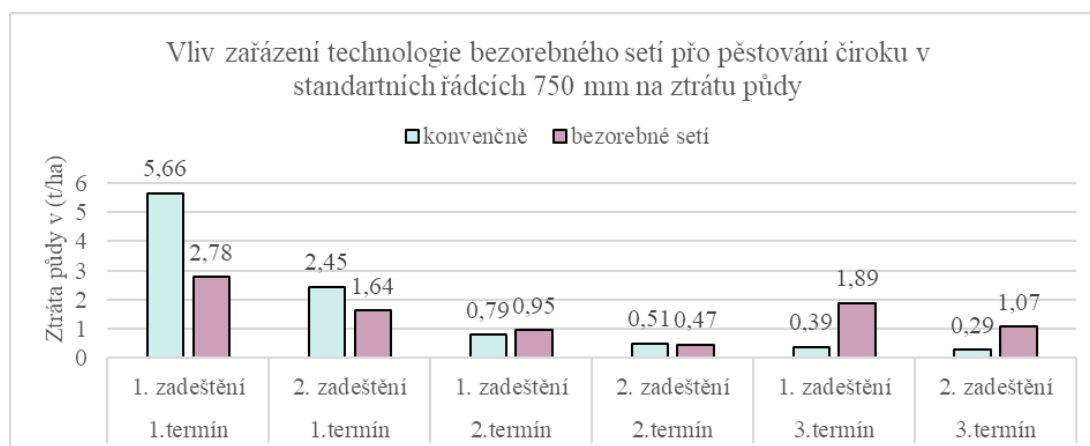


Obrázek 15 Porovnání hodnot ztráty půdy třetího termínu měření - druhé zadeštění (vlhká půda)

Výsledky třetího termínu zadeštění prokazují negativní dopad začlenění protierozních technologií do postupu výsadby na hodnotu „Ztráta půdy“.

## 9. DISKUZE

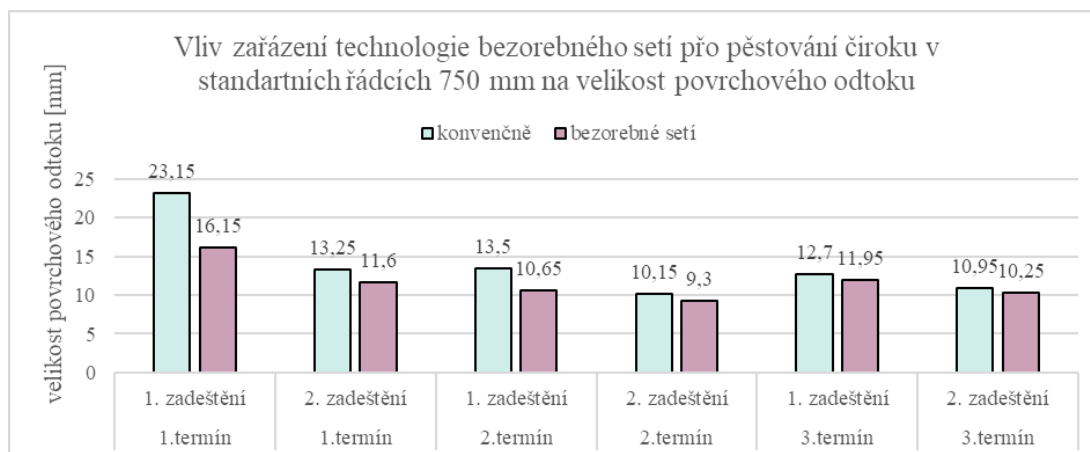
### 9.1 Zhodnocení výsledků a posouzení efektivity technologie „NO-TILL“



Obrázek 16 Efektivita technologie „NO-TILL“ hodnota „Ztráta půdy“

Terénní ověření vlivu bezorebného setí čiroku prokázalo významnou účinnost zavedeného opatření v prvním období měření: ve srovnání s tradičním přístupem dochází k výraznému snížení ztráty půdy.

Dále vliv techniky setí zcela mizí. A navíc ve třetím období měření ukazuje negativní výsledky.

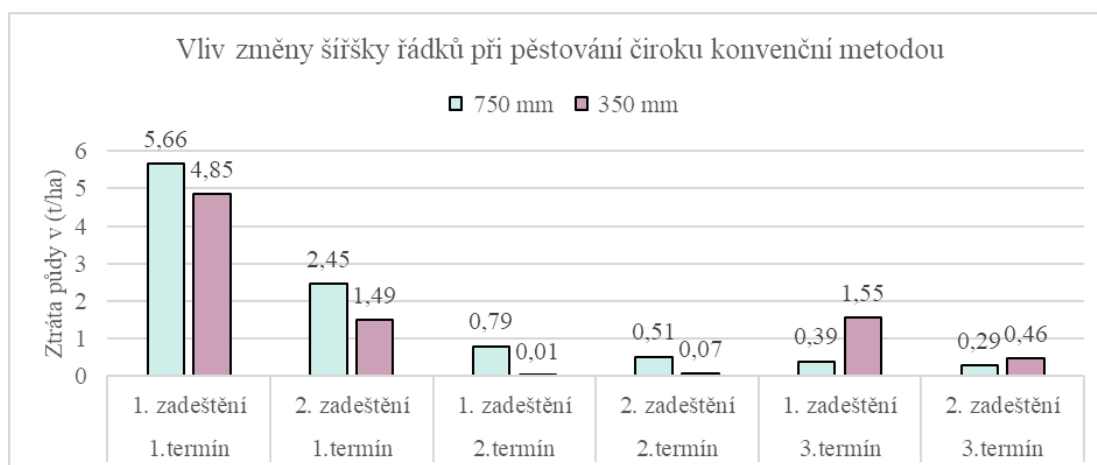


Obrázek 17 Efektivita technologie „NO-TILL“ hodnota „Velikost povrchového odtoku“

Vliv na parametr velikosti povrchového odtoku je pozitivní, ale nepředstavuje nic výrazného.

Vyplatí se usilovat o minimalizaci počtu předset'ových ošetření. Čím méně jich bude, tím menší bude narušení půdní struktury, což pomáhá snižovat erozi. Ale skutečnost, že dané agrotechnické opatření nakonec vedlo ke zhoršení půdního stavu, ukazuje na nutnost najít jiný způsob ochrany půdy před erozí.

## 9.2 Zhodnocení výsledků a posouzení efektivity technologie „Pěstování čiroku s meziřádkovou vzdáleností do 45 cm“



Obrázek 18 Efektivita technologie „Pěstování čiroku s meziřádkovou vzdáleností do 45 cm“ hodnota „Ztráta půdy“

Vyhodnocením získaných údajů mohu dojít k závěru, že:

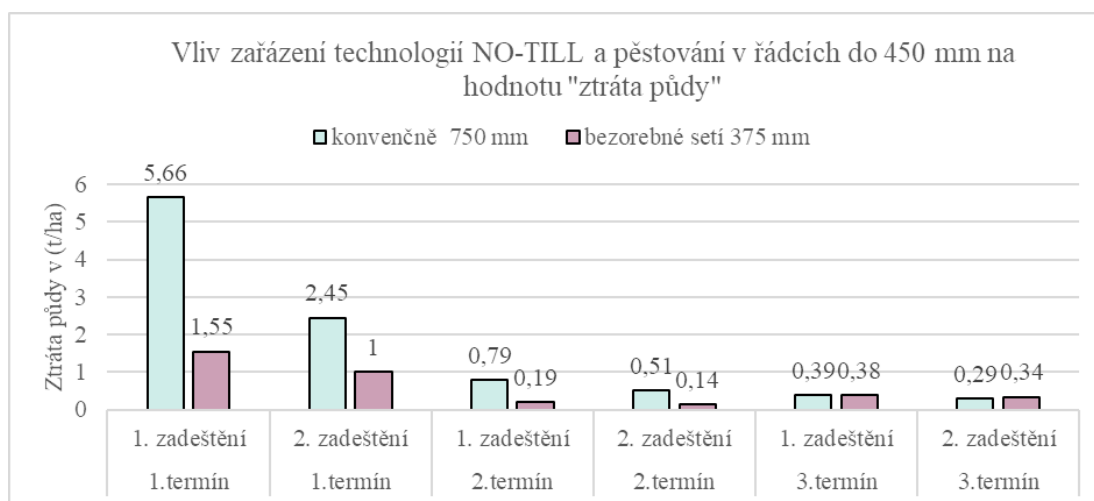
Stejně jako u bezorebného setí, u technologie „Pěstování čiroku s meziřádkovou vzdáleností do 45 cm“ je pozorována negativní dynamika ve třetím termínu zadeštění.

Ale v prvním termínu je vidět příznivý vliv technologie. Ve druhé etapě měření se jednoznačně prokázal význam širokého a užšího řádku, a bylo pozorováno výrazné snížení hodnoty ztráty půdy - hodnota klesla téměř na nulu. To přesvědčivě schvaluje a opodstatňuje správnost připsání technologie „Pěstování s meziřádkovou vzdáleností do 45 cm“ do arzenálu protierozních opatření pro pěstování širokořádkových plodin.

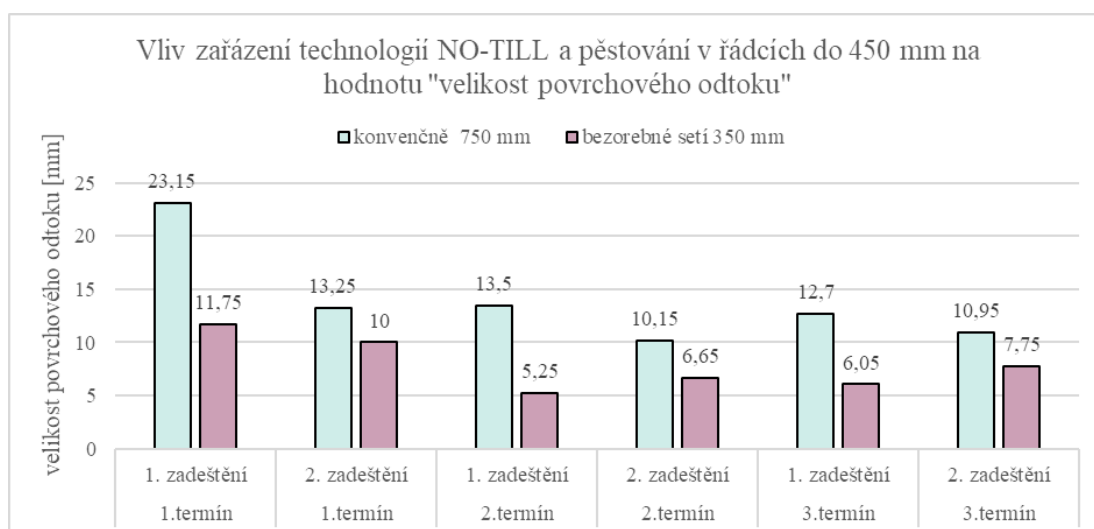
Na stránkách Webové encyklopedie VÚMOP v.v.i. upozorňují na nezbytnost kombinace této technologie se setím do mulče.

Tento názor podporují: skutečně, v nejzranitelnějším okamžiku, když rostliny svým vzrůstem nebo zapojením nedostatečně kryjí půdu, rozdíl mezi úzkým a širokým řádkem je nepatrný. Domnívám se, že pokud by se první měření provádělo v prvních týdnech po výsadbě, bylo by zřejmé, že zúžení řádku neposkytuje dostatečnou ochranu půdy před smýváním, a potřebuje zavedení dalšího protierozního opatření.

### 9.3 Zhodnocení výsledků a posouzení efektivity technologie „Pěstování čiroku s meziřádkovou vzdáleností do 45 cm“ + „NO-TILL“



Obrázek 19 NO-TILL + řádek do 45 cm "ztráta půdy"



Obrázek 20 NO-TILL + řádek do 45 cm "velikost povrchového odtoku"

Výsledky testování polním dešťovým simulátorem potvrzují, že použití obou technologií v **kombinaci** vede ke zlepšení všech parametrů (ztráta půdy a velikost povrchového odtoku), a, že by měly být použité při pěstování erozně nebezpečných širokořádkových plodin.

Podle mého názoru, pro pěstování čiroku bude vhodný způsob, který bude chránit půdu před erozí během prvního vegetačního období, a poté má možnost ukončit jakékoliv činnosti a nechat rostlinu napospas. Z výsledků měření polním simulátorem deště je vidět, že půda, na které se pěstuje čirok, potřebuje pomoc od lidí pouze v počátečních fázích. Takovou ochranu, od výsadby do zapojení porostu, by mohla poskytnout **instalace fóliových krytů nebo použití netkané textilie.**

Myslím, že fóliové kryty nejsou ekologické. Plasty již znečišťují naše životní prostředí a používání foliových krytů, na potravinách nebo krmivech pro zvířata, je otravuje mikroplasty. Pokud je to možné, je lepší zvolit přírodní materiál rohože z textilu nebo kokosový, ze slámy nebo smíšený.

## 10. ZÁVĚR

Zdravá půda je plná života. Člověk jí může svou činností škodit, ale může jí i taky pomáhat. Po celém světě kvalita půdy se zhoršuje a je otázkou jak dlouho nás ještě dokáže živit?

Naším úkolem není změnit celý svět, ale je v našich silách pečovat o stav půd České republiky. Na začátku této práce byl proto sestaven seznam nejběžnějších půd v ČR a řada doporučení ke každému, což pomůže učinit každý typ úrodnějším.

Aby se však nepouštět do nekonečného doplňování minerálních složek a revitalizací, byl dále v práci identifikován kořen problému - hlavní příčiny degradace a následné eroze půdy.

Bylo zjištěno, že u rostlin, které se pěstují v širokých řádcích, hlavním důvodem je, že půda po dlouhou dobu zůstává nekrytá před ničivými silami deště a větru. Proto v této práci byla věnovala speciální pozornost agrotechnickým opatřením.

Technická a organizační opatření v tomto případě jistě pomohou snížit délku odtokových drah a tím hodnotu L faktoru, ale jsou vhodnější pro řešení problémů s erozí na svažitéch pozemcích, na kterých setí erozně nebezpečných plodin nedoporučeno.

Agrotechnická opatření mohou mít i určité nevýhody, jako jsou vysoké náklady na vybavení a pracovní zdroje, nutnost používat agrochemikálie k hubení plevelů, chorob rostlin a škůdců. Pro minimalizaci těchto nedostatků a zlepšení efektivity je nutné vyvíjet a zavádět nové technologie a provádět výzkum.

Samozřejmě, pokud by zemědělské metody, které byly v této práci studovány, nebyly účinné, vědci by jejich použití nedoporučovali. Ve vědě je však důležité přistupovat k problémům z různých úhlů pohledu. Tak na základě dat, která pro zpracování této bakalářské práce byla poskytnuta k analýze a vyhodnocení, lze dojít k závěru, že nové technologie a změny ne vždy vedou ke zlepšení situace. V daném případě byly pozorována protierozní opatření, které separovaně neprokázaly svou účinnost po celou dobu rostlinného růstu.

Proto svou práci považuji za velmi přínosnou pro další výzkum v oblasti ochrany proti erozi půdy. Protože čím více zpracovaných výsledků výzkumu máme, tím více informací a porozumění o daném problému získáme.

Při vývoji nových technologií a provádění výzkumu je také důležité vzít v úvahu zkušenosti jiných zemí a regionů.

Zapojení místních obyvatel a farmářů do těchto procesů může pomoci zvýšit jejich povědomí o důležitosti ochrany a zlepšování půdy.

Závěrem lze říci, že zemědělské postupy hrají důležitou roli v ochraně proti erozi půdy a pro zlepšení jejich účinnosti je nezbytný další výzkum a vývoj nových technologií.



## Přehled literatury a použitých zdrojů

- Allen N.N., Bohstedt C. a Neal N.P., 1951: Kernels are the key to good corn silage. Univ. Wisconsin Agr., 337 s.
- Bernsdorf B., Richter G. a SCHMIDT R.G., 1995: Die Kartierung der Schneeschmelz-Erosion – Probleme und Möglichkeiten der Felderhebung. Universität Trier.
- Cablík J. a Jůva K., 1963: Protierozní ochrana půdy. 2. přepracované a rozšířené vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 324 s.
- Coulibaly K., Ouattara B., Ouédraogo S., Andrieu N. a Nacro H.B., 2022: On-Station and On-Farm Assessment of the Effects of Soil Cover on Conservation Agriculture Performances in Western Burkina Faso. Open Journal of Soil Science, 12, 339-362.
- Gromovoj P.S., Lukjanov N.V., 1958: Использование кукурузы на корм скоту. Книжное издательство: Куйбышев, 52 s.
- Gromovoj P.S., Kalmankin F.P., Koyeev V.I., 1960: Что нужно знать для выращивания высоких урожаев кукурузы. Книжное издательство: Куйбышев, 104 s.
- Gruška J., 1956: Монография о кукурузе Москва: Колос, 751 s.
- Holý M. 1978: Protierozní ochrana: Učebnice pro stavební fakulty. Státní nakladatelství technické literatury, 283 s.
- Janeček M. a kol., 2002: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Vydání první. Praha: ISV, 201 s., ISBN-85866-85-8.
- JANEČEK M.; Česká zemědělská univerzita v Praze FŽP, 2008: Základy erodologie. ISBN 978-80-213-1842-7.
- JANEČEK, M.; Česká zemědělská univerzita v Praze FŽP, 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí : metodika. ISBN 978-80-87415-42-9.
- Kachlík V. a Chlupáč I., 1996: Základy geologie. Historická geologie. Praha: Karolinum, 342 s., ISBN 80-7184-200-1.
- Kvítek T. a Tippl M.; Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2003: Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. 47 s., ISBN 80-7271-140-7.
- Mazín A. a Uhlířová J., 2005: Metodika studie širších územních vazeb ochrany půdy a vody v komplexních pozemkových úpravách. VÚMOP.

- Němeček J., Smolíková L. a Kutílek M., 1990: Pedologie a paleopedologie. Praha: Academia, ISBN 80-200-0153-0.
- Renard K., Foster G., Weesies G., McCool D. a Yoder D., 1997: Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). US Department of Agriculture, Agriculture Handbook. USDA, Washington DC.
- Toman F., 1996: Protierozní ochrana půdy, cvičení. 1.vyd. Brno: MZLU v Brně.
- Tomášek M., 2003: Půdy České republiky. Praha: Česká geologická služba, 67 s, ISBN 80-7075-607-1.
- Turusov V.I., Garmašov V.M., Čeverdin J.I., a kol., 2019: Рекомендации по восстановлению почвенного плодородия и агротехнологиям возделывания зерновых, зернобобовых и крупяных культур в Центрально-Черноземном регионе. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы имени В. В. Докучаева" 351 s. ISBN 978-5-4473-0238-2
- Velebil M. a Pasák V., 1984: Ochrana půdy před erozí. Praha: SZN.
- Vlasák J. a Bartošková K., 2009: Pozemkové úpravy. Skriptum. Vydavatelství Praha ČVUT, 168 s, ISBN 978-80-01-03609-9.
- Vopravil J. a kol., 2010: Půda a její hodnocení v ČR. Díl. I. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, ISBN 978-80-87361-05-4.
- Sibircev N.M., 1899: Почвоведение. Лекции читанные студентам института Сельского Хозяйства и Лесоводства в Ново-Александрии, Varšava.
- Smolíková L., 1982: Pedologie, Díl. I. Praha: Univerzita Karlova, 123 s.
- Somasundaram E., Nandhini D. Udhaya a Meyyappan M., 2021: Principles of Organic Farming. United Kingdom: New India Publishing Agency.
- Stěpanov V.N. a Šatilov I.S. Основные итоги работы кафедры растениеводства и опытной станции полеводства ТСХА с кукурузой. Докл. ТСХА, 1959, вып. 46.
- Šmaraev G.J., Jarčuk T.A., Orel, L.I. a kol., 1981: Культурная флора СССР, том VI: кукуруза / Flora of cultivated plants VI: Corn.
- Červený A., 1881: Půdoznalství. Praha: I.L. Kober, 110 s.

- Ziemnicki S., 1965: Erozja i jej zwalczanie. Państwowe Wydawn. Rolnicze i Leśne, 362s.
- Žalud Z., Trnka M., Hlavinka P. a kol., 2019: Zemědělské sucho v ČR – vývoj, dopady a adaptace. Agrární komora České republiky, ISBN 978-80-88351-02-3.

## Internetové zdroje

- Exapta Solutions ©2014: Základy umístění semen (online) [cit. 04-03-2024], dostupné z <<https://www.exapta.com/working-knowledge/no-till-seed-placement/>>
- MENDELU ©2024: Mendelova univerzita v Brně: Principy hodnocení vybraných ukazatelů kvality půdy (online) [cit. 03-03-2024], dostupné z <[https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=5054&typ=html](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=5054&typ=html)>
- Přidal P., 2024: Zkušenosti s bezorebnou technologií (online) [cit. 20-03-2024], dostupné z <<https://mechanizaceweb.cz/hodnoceni-zkusenosti-s-bezorebnou-technologie/>>
- Půda v číslech VÚMOP v.v.i. ©2024: Skupiny půdních typů - ČR (online) [cit. 06-03-2024], dostupné z <<https://statistiky.vumop.cz/?core=stat>>
- Sydorenko V. a Malyarchuk V., 2022: Pěstování čiroku v Jižní stepi (online) [cit. 25-03-2024], dostupné z <<https://propozitsiya.com/ua/vyroshchuvannya-sorgo-v-pivdenному-stepu>>
- VÚMOP, v.v.i., ©2024: (online) [cit. 10-03-2024], dostupné z <<https://www.vumop.cz>>
- Webová encyklopedie VÚMOP v.v.i. ©2019: Ochrana proti vodní erozi (online) [cit. 23-03-2024], dostupné z <[https://encyklopedie.vumop.cz/index.php/OCHRANA\\_PROTI\\_VODN%C3%8D\\_EROZI#Osevn.C3.AD\\_postupy](https://encyklopedie.vumop.cz/index.php/OCHRANA_PROTI_VODN%C3%8D_EROZI#Osevn.C3.AD_postupy)>

Všechna necitovaná fotodokumentace, grafy, obrázky a tabulky byly pořízeny autorem práce.