

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



**Diplomová práce:**

**Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě**

**Vedoucí práce: Ing. Jana Kalibová, Ph.D.**

**Diplomant: Mgr. Petr Nulčec**

**2024**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „**Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě**“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v diplomové práci použil. Tyto zdroje jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých pramenů a literatury.

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

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

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

V Kolíně, dne: 27. 3. 2024

Podpis: .....

## **Poděkování**

Děkuji vedoucí mojí práce Ing. Janě Kalibové, Ph. D. za odborné vedení při psaní této práce, zvláště pak za trpělivý, věcný i osobní přístup. Dále děkuji mojí kolegyni Radce Štujové, která se mnou absolvovala všechny práce v terénu a dále práce v erozně – sedimentologické laboratoři České zemědělské univerzity v Praze.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Petr Nulíček

Regionální environmentální správa

Název práce

Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě

Název anglicky

Conditions of growing maize on highly erosive threatened soil

---

Cíle práce

Práce je navázána na výzkumný projekt QK22020053 "Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě".

Práce má za cíl vyhodnotit účinnost vybrané půdoochranné technologie, která by umožnila pěstování kukuřice na silně erozně ohrožené půdě a byla by zároveň využitelná v rámci standardu DZES 5.

Metodika

Práce bude probíhat v terénu na pokusné lokalitě Skoupý, kde jsou založeny plochy oseté kukuřicí konvenčním způsobem a s využitím půdoochranné technologie. Bude sledována odtoková odezva pokusných ploch na přirozené dešťové srážky a erozní smyv způsobený těmito srážkami.

Odtoková odezva bude sledována pomocí Parshallových žlabů umístěných při sedimentačních jímkách ve dolním okraji pokusných ploch. Erozní smyv bude hodnocen na základě vážení sedimentu zachyceného v jímkách.

Výstupem práce bude srovnání výsledků plochy, na níž je kukuřice pěstována konvenčním způsobem (kontrolní plocha) s plochou, na níž byla využita půdoochranná technologie pěstování kukuřice. Na základě výsledků bude navržena úprava stávajícího standardu DZES 5 za účelem stanovení podmínek pro pěstování kukuřice na silně erozně ohrožené půdě.



**Doporučený rozsah práce**

dle Nařízení děkana č. 2/2020 – Metodické pokyny pro zpracování diplomové práce na FŽP

**Klíčová slova**

SEO, DZES, kukuřice, eroze, povrchový odtok, sediment

---

**Doporučené zdroje informací**

- BABALOLA, O.; OSHUNSANYA, S. O.; ARE, K. Effects of vetiver grass (*Vetiveria nigriflora*) strips, vetiver grass mulch and an organomineral fertilizer on soil, water and nutrient losses and maize (*Zea mays*, L) yields. *Soil and Tillage Research*, 2007, 96.1-2: 6-18.
- PROCHÁZKOVÁ, Eva, et al. The impact of the conservation tillage "maize into grass cover" on reducing the soil loss due to erosion. *Soil & Water Research*, 2020, 15.3.
- WISCHMEIER, Walter H.; SMITH, Dwight David. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Department of Agriculture, Science and Education Administration, 1978.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2023/24 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Jana Kalibová, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra plánování krajiny a sídel

---

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2024

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 20. 2. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2024

**Abstrakt:**

Tématem diplomové práce je „**Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě**“.

Těžištěm práce je sběr a analýza dat, které nám mohou pomoci odpovědět na otázku, jak efektivně a ekonomicky pěstovat kukuřici setou na silně erozně ohrožené (SEO) půdě. Pěstování na těchto plochách není v současnosti povoleno.

Práce se proto zaměřuje na podrobný rozbor možnosti pěstování kukuřice seté na těchto pozemcích při využití půdoochranných technologií. Cílem je ověřit účinnost skladby meziplodin, které omezí vodní erozi, díky čemuž by bylo možné pěstování kukuřice i na erozně silně ohrožených pozemcích.

**Klíčová slova:** SEO, DZES, kukuřice, eroze, povrchový odtok, sediment

**Abstract:**

The subject of the diploma work is " **Conditions of growing maize on highly erosive threatened soil**".

The crux of the work is collection and analysis of the data that can help us to answer the question of how to grow maize sown into soil highly endangered by erosion effectively and economically. Growing on land of this kind is not allowed at present.

Accordingly, the work focuses on detailed analysis of the possibility of maize growing on aforesaid land by means of soil-protecting technologies. The aim is to verify effectivity of composition of intercrops to reduce water erosion, which would allow to grow maize on land highly endangered by erosion.

**Key words:** high danger of erosion, good agricultural and environmental condition of land (GAEC), maize, erosion, surface runoff, sediment

## Obsah:

1. Úvod .....	1
2. Cíl práce .....	3
3. Metodika .....	3
4. Literární řešerše .....	10
4.1 Vliv vodní eroze na pěstování zemědělských plodin.....	11
4.2 DZES a společná zemědělská politika .....	14
4.3 Možnosti řešení vodní eroze při pěstování kukuřice .....	16
5. Praktická část .....	21
5.1 Kontrola stanoviště, práce v lokalitě a sběr dat – květen 2023.....	21
5.2 Kontrola stanoviště, práce v lokalitě a sběr dat dne 17. června 2023.....	25
5.3 Kontrola stanoviště, práce v lokalitě a sběr dat dne 18. července 2023.....	40
5.4 Kontrola stanoviště, práce v lokalitě a sběr dat dne 2. září 2023 .....	43
6. Výsledky: srovnání konvenčního způsobu pěstování kukuřice versus pěstování kukuřice s podsevem žita a jetele inkarnátu .....	48
6.1 Intenzita srážek, rýhy a množství sedimentu .....	48
6.2 Vliv půdoochranné technologie na průtok pod pokusnými plochami .....	49
6.3 Hmotnost mokrého sedimentu.....	51
6.4 Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy .....	51
6.5 Stanovení procentuální vlhkosti sedimentu .....	53
7. Diskuse .....	56
8. Závěr a přínos práce .....	57
9. Prameny a literatura .....	58
10. Seznam obrázků .....	62
11. Tabulky .....	63
12. Rovnice.....	63

## 1. Úvod

V kulturní krajině České republiky hraje zemědělství stále důležitou roli. Významnou plodinou pro zemědělské hospodaření v České republice jako celku je pěstování kukuřice seté (*Zea Mays*). Kukuřice setá je přibližně ze 70 % pěstována na siláž, kdy část siláže je využívána i pro výrobu bioplynu. Zbýlých 30 % je tvoří kukuřice na zrno. Ta se využívá v potravinářství, při průmyslovém zpracování a k výrobě krmiv pro některá hospodářská zvířata (Kincl, D. a kol., 2020).

Kukuřice setá je plodina, která patří mezi plodiny s nízkou ochrannou funkcí proti erozi. Každý pěstitel se při znalosti půd ve svém zemědělském podniku může zjistit rozsah vhodných půd pro pěstování kukuřice na zrno. Tuto plochu je vhodné snížit o doporučení nepěstovat širokořádkové plodiny (kukuřice, slunečnice) na pozemcích se sklonitostí 7°, které přiléhají k vodnímu toku nebo k jinému vodnímu útvaru (Zimola a kol., 2008).

Pěstování kukuřice seté je tedy omezeno pouze na oblasti s velmi nízkým sklonem. Plochy pro pěstování kukuřice potřebujeme rozšířit. Jde o to, aby se kukuřice setá mohla případně pěstovat i na půdách s vyšším sklonem než je aktuálně povoleno. Jedná se o silně erozně ohrožené plochy (viz níže).

Na území naší republiky je cca 50% orné půdy ohroženo vodní erozí a 10% větrnou erozí. Na převážné ploše erozí ohrožených půd není prováděna systematická ochrana, která by bránila dalšímu snižování půdního profilu a ovlivňování kvality vod v důsledku pokračujícího procesu eroze (Janeček a kol., 2012).

Půdní eroze je přirozený proces, působící na půdu, vlivem erozních, většinou biotických činitelů. Avšak v intenzivně zemědělsky využívané krajině se proces eroze výrazně zrychluje, dochází k porušování přírodní rovnováhy a v průběhu eroze vznikají takové ztráty půdních částic, živin a dalších půdních komponent, které nemohou být půdotvorným procesem nahrazeny (Nerušil a kol., 2015).

Problém eroze půdy je dlouhodobý a velmi zásadní pro kvalitu půdy. Důsledkem eroze je snížení produktivity půdy, dochází k ochuzování společenstev edafonu, ke změně jejich druhového složení, a v neposlední řadě i ke snížení schopnosti krajiny zadržovat vodu. Vedle vodní eroze je vážným degradačním problémem eroze větrná, utužení půdy, ztráta půdní organické hmoty a kontaminace půdního prostředí. V krajině je degradace často výsledkem kombinace více faktorů (Šarapatka a kol., 2018).

Jak uvádí Konečná (2018), pro vodní prostředí představuje pak riziko v zanášení vodních útvarů sedimenty. Vodní eroze s sebou odnáší nejhumóznější vrstvy půdy a díky tomu zanáší také určité množství živin do vodního prostředí. Srážko-odtokové epizody pak mají významný vliv na celkový transport živin z plošných zdrojů. Přestože je možné spočítat roční odnos půdy erozí, její dopady jsou v rámci jednotlivých období značně různorodé.

Pro období 2022 až 2024 se Fakulta životního prostředí České zemědělské univerzity stala partnerem projektu *Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě* (identifikační kód projektu:QK22020053). Cílem projektu je ověřit, případně vyvinout technologické postupy, které by umožnily pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožených (SEO) plochách.

Podstatou použitých technologií bude použití meziplodin v rámci pěstování kukuřice seté po vrstevnici na třech pokusných parcelách. Jako meziplodina bude použit jílek mnohokvětý, žité seté a jetel inkarnát.

Samotný pojem technologie by neměl být chápán pouze v souvislosti s využitím půdoochranných strojů. Cílem je navrhnout a ověřit ucelený soubor postupů a skladby plodin (předplodin, meziplodin), které omezí vodní erozi a pozitivně se promítnou i do vyšší biodiverzity, pestrosti osevů, funkčnosti a estetiky krajiny (Kalibová a kol., 2022).

A samozřejmě zde hraje potřeba rozšíření anebo spíše obnova pěstování kukuřice seté na sklonitých pozemcích, a to z důvodu výživy skotu. V této souvislosti mě zaujalo i vypsání téma diplomové práce.

Vzhledem k tomu, že se často v rámci sportovních a mysliveckých aktivit pohybují v české přírodě, resp. v české krajině, tak je mi známo, že majitelé zemědělských firem stále pěstují kukuřici z důvodu výživy skotu. Jedná se o lokalitu v centru Hornosázavské pahorkatiny (centrální část okresu Kutná Hora).

Často se řeším s agronomem společnosti Agro Podlesí, a.s., Červené Janovice (Ing. Jan Procházka) jako zástupce Mysliveckého spolku i případně škody způsobené volně žijící zvěří právě na kukuřici. Zemědělci, agronomové, by potřebovali (podle slov výše uvedeného agronoma) pěstování kukuřice rozšířit, nicméně jsou si vědomi limitů prostředí. Sklony jednotlivých pozemků v této lokalitě (lokalitě Kutnohorsko) jsou značné. U výsledných technologií by měla být zaručena dostatečná protierozní účinnost. Jedním z cílů je nabídnout zemědělským podnikům bezpečnou a stabilní možnost pěstování kukuřice seté na výrazně sklonitých pozemcích.

## **2. Cíl práce**

Cílem práce bylo založit pokusné plochy na silně erozně ohrožených půdách (parcely o stejné velikosti na jižním svahu pole – pokusné parcely) pro testování půdoochranných technologií, porovnat objem povrchového odtoku a množství smytého sedimentu z plochy s konvenčním pěstováním kukuřice seté (*Zea mays*) a z plochy, kde byl využit půdo-ochranný technologický postup – v našem případě jílek mnohokvětý (*Lolium multiflorum*), žito seté (*Secale cereale*) a jetel inkarnát (*Trifolium incarnatum*).

## **3. Metodika**

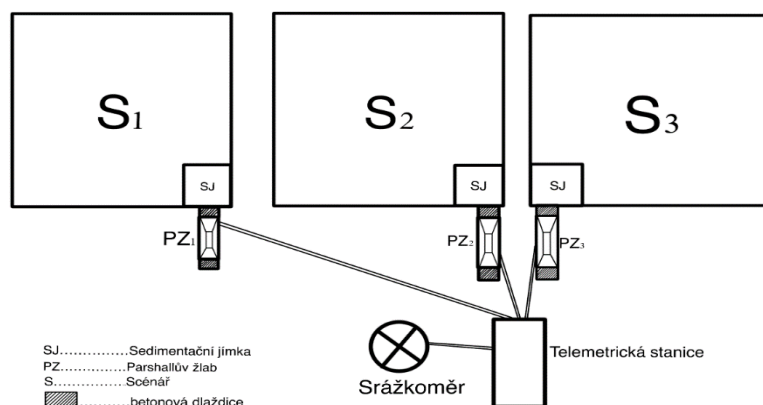
V rámci zadání diplomové práce byla vytvořena a určena pokusná lokalita v katastrálním území Petrovice – Skoupý v okrese Příbram, která se rozkládá cca 12 km jižně od města Sedlčany (GSM: 49.5757111N, 14.3551975E).

Jedná se o svažité pozemek na jižním svahu velkého pole (jižní část kopce Vráž – kóta 524 m n. m.). Na předmětné lokalitě byly ve spolupráci s místním zemědělským podnikem vytvořeny tři pokusné parcely, každá o rozloze 70x80 metrů. Pod každou pokusnou parcelu byla umístěna bariéra z materiálu metodou silt-fence, která má

zachycovat dešťovou vodu, dále nádrže k zachycení vody, Parshallovy žlaby a zařízení k měření srážek a přenosu dat. Na níže uvedeném snímku je zachyceno umístění pokusných parcel v lokalitě a dále schéma technologického vybavení (obr. 1 a obr. 2).



Obr. 1 - vymezení pokusných parcel (článek Kalibová a kol. 2022)



Obr. 2 - schéma technologického vybavení pokusné lokality (článek Kalibová a kol. 2022)

Na pokusné parcele položené na západním okraji pozemku byla vyseta čistá kukuřice setá bez jakéhokoliv podsevu. Pod pokusnou parcelou je umístěn Parshallův žlab (Průtok č. 1). Na prostřední parcele byla zasetá kukuřice setá a jako podsev byl zaset jílek mnohokvětý. Pod parcelou je rovněž umístěn Parshallův žlab (Průtok č. 2). Na parcele umístěné na východním okraji pozemku byla zasetá kukuřice setá



doplněná o podsev dvou rostlin, a to konkrétně žito a jetel inkarnát. Pod parcelou je rovněž umístěn Parshallův žlab (Průtok č. 3). Tyto tři pokusné parcely na sebe těsně navazují (viz kapitola Praktická část). Parshallův žlab slouží k měření průtoků (obr. 3).

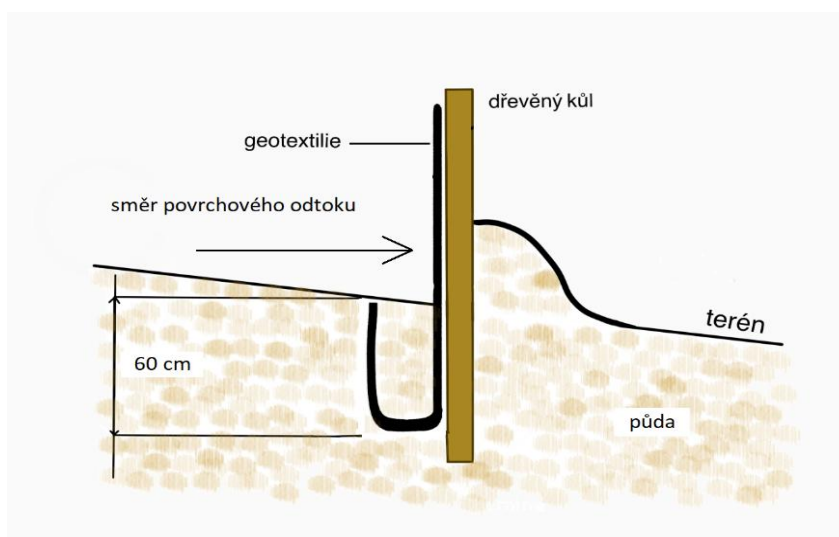


*Obr. 3 - detail Parshallova žlabu (vlastní foto 5/2023)*

Pod jednotlivými parcelami byl vytvořen plot, resp. palisáda ze smrkových kůlů (latěk o průměru cca 5 cm) a z textilie formou „silt-fence“ (obr. 4). Tato svodná textilie byla zapuštěna hluboko do země (obr. 5).



Obr. 4 - detail svodné textilie formou „silt-fence“ (vlastní foto 5/2023)



Obr. 5 – vymezení spodní části parcel geotextilií metodou „silt-fence“ (článek Kalibová a kol. 2022)

Každá pokusná parcela má svou palisádu – zábranu z textilie zpevněnou uvedenými dřevěnými kůly. Pod každou pokusnou parcelou je před Parshallovým žlabem vytvořena nádrž na vodu ve tvaru čtverce – sedimentační jímka, kde na přepad (přeliv) vždy navazuje Parshallův žlab. Dno jednotlivých sedimentačních jímek má mírný sklon směrem na jih, resp. k Parshallově žlabu (obr. 6). Půdorys sedimentačních jímek je 3x3 m.





*Obr. 6 - detail sedimentační jímky s vyústěním do Parshallova žlabu (vlastní foto 5/2023)*

Výše uvedená palisáda formou „silt-fence“ slouží k tomu, aby většina dešťové vody byla zachycena a nasměrována jednotlivým záchytným nádržím (svodná textilie). Každá pokusná parcela má svou zábranu na jižním okraji každé pokusné parcely, která navazuje téměř na spodní hranu žlabu sedimentační jímky (obr. 7).



*Obr. 7 – detail umístění svodné textilie u jímky (vlastní foto 5/2023)*



Nedílnou součástí technologického vybavení tvoří telemetrická stanice, která je propojena se všemi žlaby (obr. 8) a srážkoměr umístěný pod pokusnou plochou (obr. 9). Záznamy o srážkách jsou přenášeny online na server *stanice.fiedler-magr.cz*, ke kterým je zajištěn online přístup.



*Obr. 8 – telemetrická stanice pro přenos dat (vlastní foto 5/2023)*



*Obr. 9 – srážkoměr (vlastní foto 5/2023)*

Při každé návštěvě (a srážkově odtokové události) bude odebrán z každé sedimentační jámky sediment, který bude následně zvážen v erozně sedimentologické laboratoři České zemědělské univerzity (viz níže). Erozní smyv tedy bude hodnocen na základě vážení sedimentu. Data budou porovnána a vyhodnocena podle druhu půdoochranné technologie nad každou sedimentační jámkou.

V rámci každé kontroly lokality je zdokumentován stav svodné textilie, sedimentačních jámek, stav Parshallových žlabů, telemetrické stanice, srážkoměru. Při každé kontrole je zdokumentováno množství sedimentu a vody v jednotlivých jámkách a stav porostu meziplodin. Okolí Parshallova žlabu u každé jámky je vždy zbaveno plevelů, aby měření průtoku nebylo ovlivněno stébly plevelů.

Při každé kontrole se zjišťuje množství sedimentu z každé jámky. Množství sedimentu je zjištěno hmotnostní metodou. Každá jámka nejdříve zbavena vody. Voda je buď vyčerpána pomocí čerpadla nebo mechanicky odebrána pomocí sběrných nádob. Do nádoby (kbelík) je průběžně odebírán sediment (z konkrétní přívalové srážky) a každá naplněná nádoba je zvážena. Celková hmotnost mokrého sedimentu je zaznamenána do deníku. Z každé jámky je odebrán vzorek sedimentu do sklenic (hmotnost 1 kg), který je následně odvezen do erozně sedimentologické laboratoře České zemědělské univerzity (dále jen „laboratoř“).

V laboratoři dojde k odebrání tří vzorků sedimentu (z každé jámky). Každý vzorek mokrého sedimentu je zvážen na digitální váze a jeho hmotnost je zaznamenána do deníku. Následně probíhá sušení předmětných vzorků 24 hodin při teplotě 105 °C. Z poměru hmotnosti vzorků před a po vysušení je vypočítán podíl vody. Zjištěná data jsou zaznamenána opět do deníku a následně do tabulek. Vlhkost bude stanovena v procentech dle obsahu vody a celkové hmotnosti vzorku před vysušením (Rovnice 1):

$$w = m_w / m_d * 100\%$$

*Rovnice 1 – váhová (hmotnostní) vlhkost*

kde

w – váhová (hmotnostní) vlhkost (%)

$m_w$  – hmotnost vody ve vzorku (g)

$m_d$  – hmotnost vysušeného vzorku (g)

Data z přívalových srážek jsou zaznamenána a vyhodnocena. Významné srážkové události a průtoky jsou popsány grafickým způsobem.

Pokusná parcela č. 1 (S1 – scénář 1) je zasetá konvenčním způsobem (dále také „kontrolní plocha“. Na pokusné parcele č. 2 (S2 – scénář 2) byl zaset jílek /dále jen „jílek“. Na pokusné parcele č. 3 (S3 - scénář 3) byl zaset podsev žita a jetele inkarnátu (dále jen „žito a jetel“). Kontrolní plocha bez dalších opatření.

Efektivita půdoochranné technologie je vyhodnocena na základě procentuálního podílu kontroly a podsevu meziplodiny (žito seté a jetel inkarnát). Vyhodnocení je stanoveno pomocí (Rovnice 2):

$$p = \frac{\check{c}}{z} \cdot 100$$

*Rovnice 2 – výpočet procent*

kde

p=počet procent

č=procentní část

z=procentní základ (kontrola).

Vyhodnocení druhého scénáře je předmětem vyhodnocení jiné diplomové práce (Štujová, 2024). Výsledky tohoto scénáře jsou uvedeny v tabulkách pro potřeby následné diskuse v širším kontextu.

#### **4. Literární rešerše**

Vodní eroze je v současnosti stále významným problémem. Snižuje půdní úrodnost a celkově degraduje vlastnosti půdy. Jak uvádí Konečná, pro vodní prostředí představuje pak riziko v zanášení vodních útvarů sedimenty. Vodní eroze s sebou odnáší nejhumóznější vrstvy půdy a díky tomu zanáší také určité množství živin do vodního prostředí. Srážko-odtokové epizody pak mají významný vliv na celkový transport živin z plošných zdrojů. Přestože je možné spočítat roční odnos půdy erozí, její dopady jsou v rámci jednotlivých období značně různorodé. Delší dobu (roky)

eroze nemusí nastat vůbec a následně jedna extrémní srážko-odtoková událost výrazně předčí vypočítané průměrné odnosy (Konečná, J. a kol., 2018).

Výše uvedená situace, kterou uvádí J. Konečná, se na našich pokusných parcelách opakovala od 1. května do 15. září 2023 třikrát – relativně extrémní srážko-odtoková událost (Konečná, J. a kol., 2018).

#### **4.1 Vliv vodní eroze na pěstování zemědělských plodin**

Půdní erozí se zabýval již Bennett (1939), který ve své syntéze definoval třídění půdy erodované plošnou erozí podle podílu odnesené půdy.

Eroze vede k poškození životního prostředí sedimentací, znečištěním a zvýšené záplavy. Náklady spojené s pohybem a ukládáním sedimentu v krajině často převažují nad těmi, které vznikají v důsledku dlouhodobého úbytku půdy na erodujících polích. Velké problémy mohou vyplývat z poměrně mírné a časté eroze v obou mírných pásmech a tropické podnebí. Kontrola eroze je nutností téměř v každé zemi světa prakticky každý typ využití půdy (Morgan, 2005).

Asi jedna šestina světové rozlohy, tedy asi jedna třetina půdy využívané pro zemědělství, byla v historické minulosti postižena degradací půdy. Zatímco většina těchto škod byla způsobena vodní a větrnou erozí, jiné formy degradace půdy jsou vyvolány biologickými, chemickými a fyzikálními procesy. Od 50. let 20. století výrazně vzrostl tlak na zemědělskou půdu v důsledku populačního růstu a modernizace zemědělství. Drobné zemědělství je největším zaměstnáním na světě a zahrnuje více než 2,5 miliardy lidí, z nichž více než 70 % žije pod hranicí chudoby. Půdní eroze spolu s dalšími ekologickými hrozbami tyto zemědělce postihuje zejména snižováním výnosů, které jsou primárně využívány k obživě. Na mnoha farmách byla vyvinuta a aplikována opatření na ochranu půdy a vody (Hunri a kol., 2008).

Problém vodní eroze je celosvětový. Jak uvádí Shrestka (1997), půdní eroze je zásadní problém v Nepálu, kde je více než 80 % rozlohy pevniny hornaté a stále

tektonicky aktivní. Přestože odlesňování, nadměrné spásání a intenzivní zemědělství v důsledku populačního tlaku způsobily zrychlenou erozi. Běžné jsou také přírodní jevy, které erozi vyvolávají, jako jsou výjimečné deště, zemětřesení a záplavy z ledovcových jezer ve vysokých Himalájích. Je důležité porozumět procesu eroze za normálních podmínek a posoudit rozsah problému, aby bylo možné realizovat účinná opatření.

Význam voní eroze a možnosti ochrany proti ní velmi kvalitně zpracoval pan profesor Miloslav Janeček v metodice „Ochrana zemědělské půdy před erozí“ z roku 2007, která byla následně novelizována na základě dalších projektů v roce 2012.

Zde je konstatováno, že na území naší republiky je cca 50% orné půdy ohroženo vodní erozí a 10% větrnou erozí. Na převážné ploše erozí ohrožených půd není prováděna systematická ochrana, která by bránila dalšímu snižování půdního profilu a ovlivňování kvality vod v důsledku pokračujícího procesu eroze. V období transformace zemědělských družstev a privatizace zemědělství po roce 1989 se očekávaly změny přístupu k využití a ochraně zemědělské půdy, trend k šetrnějšímu hospodaření a utváření menších výrobních a územních celků. Privatizace zemědělské výroby však očekávané zmenšení zemědělských pozemků a tím i zvýšení diverzity ploch polních plodin nepřinesla (Janeček a kol., 2012).

Pan profesor Janeček vidí jako zásadní možnost řešení problému vodní eroze realizace komplexních pozemkových úprav a realizaci společných zařízení. Nedílnou součástí protierozní ochrany je aktivní spolupráce zemědělců hospodařících na erozí ohrožených pozemcích při respektování a uplatňování zásad správného hospodaření a při vhodné volbě pěstovaných plodin včetně ochoty v nezbytné míře přijímat návrhy komplexních protierozních opatření organizačního, agrotechnického a technického charakteru (Janeček a kol., 2012).

Komplexní pozemkové úpravy samozřejmě nejsou sami o sobě dostačující. Pěstování kukuřice na svažitéch pozemcích lze rozšířit pouze za předpokladu správné agrotechniky a využití půdo-ochranných technologií. Na nutnost použití kombinace organizačních, agrotechnických a technických opatření zdůrazňují i další autoři.



Protierozní ochrana půdy je řešena jak v pozemkových úpravách, tak v rámci jiných projektů v krajině. Vychází přitom ze zákonných norem (např. zákon 41/2015 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu) a prakticky je prováděna s využitím platných metodik (Janeček a kol., 2012).

Při návrhu opatření se přitom vychází z přípustné ztráty půdy erozí, která by měla odrážet rychlost tvorby půd. Ta je velmi pomalá – 1 cm půdy se tvoří i více než 100 let. Erozní smyv lze snížit pomocí organizačních, agrotechnických a technických opatření. Na lokalitách silně erozně ohrožených přitom často nestačí jen jednodušší opatření, která jsou zvládnutelná samotným zemědělcem a souvisejí např. se změnou struktury plodin nebo s půdoochrannými technologiemi, ale je nutné přistupovat k opatřením složitějším, a to technickým a biotechnickým (průlehy, meze atd.), z nichž některá mohou úzce souviset s posílením biodiverzity v zemědělské krajině (Šarapatka a kol., 2018).

Problémům s půdní, resp. vodní erozí, je věnována patřičná pozornost i v zahraničí. Jak uvádí Morgan (2005), zvláštní problémy jsou spojeny s kukuřicí, která, když se pěstuje jako širokořádková plodina konvenčním způsobem, má za následek roční ztrátu půdy na dvou až pětistupňových svazích mezi 10 a 120 tunami na hektar, data převzata ze Zimbabwe (Hudson, 1981), Malajsie (Sulaiman et al., 1981) a Indie (Singh et al. 1979). Tyto hodnoty jsou výrazně nad úroveň tolerance ztráty živin a půdy. Existuje naléhavá potřeba najít způsob, jak zvýšit výnosy bez zvýšení eroze.

Půdní erozi v Evropě se intenzivně věnoval John Boardman a Jean Poesen. Tito autoři se intenzivně věnují (mimo jiné) i problémy s erozí v České republice včetně historického kontextu. Častý výskyt bouřkových jevů způsobujících vysokorychlostní erozi a transport sedimentů a jejich dopad na vodní toky, nádrže, infrastrukturu a městské oblasti zdůrazňují nutnost kontroly problémů s půdní erozí. Kromě přímého poškození je jedním z nejviditelnějších efektů dlouhodobě neřízených erozních procesů ovlivnění jakosti vod především transportem fosforu z bodových zdrojů znečištění a následnou eutrofizací (Boardman, Poesen 2006).

Problémy s vodní erozí se týkající i vinic (viničních ploch). Vodní eroze půdy na obdělávaných pozemcích představuje vážné ohrožení půdních zdrojů ve světě, a zejména v oblastech Středomoří, kvůli jejich topografickým, edafickým a klimatickým podmínkám (Prosdocimi a kol., 2016)

## **4.2 DZES a společná zemědělská politika**

Termín DZES najdeme ve zprávě vydávané českým Ministerstvem zemědělství (Situační a výhledová zpráva půda, 2021). Tento pojem znamená „dobrý zemědělský a environmentální stav“ (dříve GAEC – Good agricultural and environmental conditions). Tento termín označuje standardy hospodaření, které jsou definované členskými státy EU v souvislosti se zachováním kvality půdy, minimální úrovně péče a ochrany vody a hospodaření s ní. Zajišťují zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí.

Hospodaření v souladu se standardy DZES je jednou z podmínek poskytnutí plné výše přímých plateb, některých podpor Programu rozvoje venkova a některých podpor společné organizace trhu s vínem. Tyto standardy platí v České republice od 1.1.2010. Kontroly na místě a hodnocení souladu hospodaření s podmínkami DZES provádí dozorové organizace a Státní zemědělský a intervenční fond (SZIF).

Ve stejné zprávě je ovšem konstatováno, že na silně erodovaných půdách dochází ke snížení hektarových výnosů až o 75 %. Rovněž cena půdy postižené erozí se výrazně snižuje, na některých pozemcích až o 10 Kč/m<sup>2</sup>. V průměru na katastrální území se může jednat o snížení ceny půdy až o 50 %. Ztráta půdy je v měřítku délky lidského života 28 neobnovitelná a obtížně vyčíslitelná, bereme-li v úvahu, že 1–2 cm vrstva půdy vzniká za příznivých podmínek průměrně 100 až 1000 let (podle místních podmínek). V současné době je ztráta z orné půdy v ČR vyčíslena na 20,858 mil. tun erodované ornice za rok. Tyto následky vodní eroze přinášejí finanční ztráty 17 851 mld. Kč ročně, z čehož 4,2 mld. je hodnota ornice a 13,651 mld. činní náklady na sanaci a nápravu škod (Situační a výhledová zpráva půda, 2021).

O půdní erozi na území současné České republiky se samozřejmě vědělo již v 2. polovině 20. století. V této souvislosti je nutné zdůraznit fakt, že na konci 80. let 20. století bylo v bývalém Československu registrováno 1.200.000 ks dojnic. Kukuřice se proto pěstovala i v regionech, kde to v současnosti není povoleno, a to se všemi důsledky pro půdu a krajinu. Nicméně již v 2. polovině 20. století existovaly kvalitně zpracované postupy, jak půdní erozi zabránit.

Již v roce 1965 a následně v roce 1978 vyšla v USA důležitá syntéza týkající se půdní eroze od autorů Wischmeier a Smith. Autoři pracují právě s rovnicí USLE. Postup predikce ztráty půdy uvedený v této příručce poskytuje konkrétní pokyny, které jsou potřebné pro výběr kontrolních postupů, které nejlépe vyhovují konkrétním potřebám každé lokality. Postup je založen na empirické rovnici ztráty půdy, která je považována za použitelnou všude tam, kde jsou k dispozici číselné hodnoty jejích faktorů (Wischmeier, Smith 1978).

Vodní erozi (v souvislosti s pěstováním kukuřice) je také nutné posuzovat z hlediska vodohospodářského. Výše uvedený princip dlouhodobé ztráty půdy (vycházející z USLE) byl odvozen v USA v 60. letech 20. století a jeho hlavním účelem byla ochrana zemědělské půdy a její úrodnosti. V takovém případě je koncept založený na dlouhodobých průměrných hodnotách ztráty smysluplný a funkční. Avšak vzhledem k tomu, že reálně jsou erozní události vázány na jednotlivou srážkovou událost a jedná se tedy o jev výhradně epizodní, nám přístup modelování dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí pomocí metody USLE neumožní posoudit ohrožení navazujícího území při konkrétní srážkové události (Kolbabová a kol., 2023).

Jak upřesňuje Kolbabová (2023), z výsledků experimentů vidíme, že v rámci on-site efektů, kdy je materiál redistribuován na pozemku, může docházet při plošné erozi k odnosům až 4 t/ha během jedné erozní události (u širokořádkových plodin). Významně tak dochází k překročení maximální přípustné ztráty půdy 0,3–1,4 t/ha/rok (definované dle Verheijen et al.) na základě zobecnění odhadů míry půdotvorných procesů.

Na straně druhé jsou i odborníci, kteří tvrdí, že eroze má jen malý dopad na celosvětovou produkci kukuřice a pšenice. Jedná se samozřejmě o analýzy, které

se zabývají ztrátou půdy v důsledku vodní eroze na různých místech po celém světě. Jak uvádí Carr (2021), místa, která jsou vysoce zranitelná vodní erozí, se soustřeďují v oblastech kombinující kopcovitý terén, silné srážky a nízké vstupy hnojiv. Vodní eroze má však jen malý dopad na celosvětovou produkci kukuřice a pšenice, protože hlavní oblasti produkce kukuřice a pšenice leží na relativně rovnoměrném terénu a ztráty živin vodní erozí jsou kompenzovány.

### **4.3 Možnosti řešení vodní eroze při pěstování kukuřice**

Vodní erozi lze ovlivnit rovněž správným zvolením způsobu hospodaření, a to konvenčním nebo organickým zemědělským hospodaření. Jak uvádí Auerswald (2003), erozi lze výrazně snížit pod 1 t na ha/rok nejlepšími postupy hospodaření v obou systémech hospodaření.

Další možností je použití vojtěšky jako meziplodiny. Účinnost vojtěškového nánosu a vrstevnicových příkopů při snižování odtoku a eroze půdy byla hodnocena v jílovité kopcovité oblasti severních a středních Apenin (Guiglia, Modena, Itálie). Vojtěška byla velmi účinná při kontrole vrchního odtoku a snižování eroze půdy (Chisgi, Borschi 1988).

Ochranu proti vodní erozi je možné zajistit aplikací protierozních opatření, které spočívají v ochraně půdy před účinky dopadajících kapek erozně nebezpečného deště, podpoře vsaku vody do půdy, omezení unášecí síly vody a soustředěného povrchového odtoku, zpomalení, zachycení a bezpečném odvedení povrchového odtoku na zájmovém dílu půdního bloku či jeho dílu (Novotný a kol., 2017).

Stejní autoři upozorňují na ochranné obdělávání.

Do těchto technologií řadíme bezorebné setí (hlavní plodinu sejeme bezorebným secím strojem s kotoučovými botkami přímo do nezpracované půdy po předplodině), setí/sázení do mulče meziplodiny či předplodiny, setí do mělké podmítky (zejména u předplodin z obilovin nebo z olejnin se provede podmítka radličkovým, případně diskovým podmítačem a následná plodina se seje bezorebným secím strojem) a další

možností je setí hlavní plodiny s podplodinou v meziřadí - kukuřice s podplodinou ozimého žita (Novotný a kol., 2017).

Na rozdíl od konvenčního hospodaření, které chápe půdu především jako výrobní složku, je půdoochranný způsob hospodaření založen na základech trvale udržitelného hospodaření (Kincl a kol., 2020). Proto, aby protierozní opatření v rámci pěstování kukuřice seté fungovalo, je nutné zvolit optimální podsev – meziplodinu.

Meziplodiny podsevové – zakládají se na podzim nebo na jaře do porostu kulturních plodin. Mohou být využity jak do plodin s úzkými řádky, tak do širokořádkových plodin. Mají pozitivní vliv na půdy, protože vytvářejí značné množství rostlinných zbytků a kořenů po sklizni. Jedná se i o ekonomicky výhodné zelené hnojení. Podsevové plodiny mají pomalejší počáteční růst, jejich hlavní růst začíná až po sklizni hlavní plodiny. Vhodnými podsevovými meziplodinami jsou jílek jednoletý, jílek italský, jetel plazivý, komonice bílá nebo tolice dětelová. Vhodné jsou směsky těchto plodin (SPÚ 2020). 7 - Jarní meziplodiny – jsou jimi označovány brzy sklizené pícniny vhodné k senážování a využívané jako kryt pro podsevy jetelovin (Kincl a kol., 2020).

Výše uvedené „kapacity“ v oboru vodní eroze a půdoochranných technologií ovšem přeceňují význam agrotechnických, organizačních a technických opatření, o kterých se rozsáhle rozepisují. Rovněž Ministerstvo zemědělství vydalo, resp. podpořilo vydání relativně rozsáhlé metodiky s názvem Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy (2017).

Agrotechnická opatření, technická opatření a organizační opatření jsou dnes již všeobecně známa všem podnikatelům v zemědělství bez ohledu na velikost farmy. Mezi agrotechnická opatření se za prioritní považuje setí po vrstevnici a ochranné obdělávání (s ponecháním mulče). U technických opatření to jsou především příkopy, průlehy, zatravněné údolnice, retenční nádrže a suché nádrže – poldry, příp. i historické meze a tvorba teras (Kadlec a kol., 2014). A samozřejmě jsou to i opatření organizační, kde se počítá s optimálním tvarem půdního bloku.

V této souvislosti musím konstatovat, že se význam výše uvedených opatření přeceňuje a řada z nich zůstává v zásadě pouze na papíře, ačkoliv příslušná komplexní pozemková úprava dávno proběhla. Tak tomu je alespoň na okrese Kutná Hora a na okrese Kolín, které mám zdokumentované. A na silně erozně ohrožených plochách tato opatření nejsou dostačující.

Autoři, kteří propagují výše uvedené postupy, ovšem obvykle také neřeší relativně extrémní ekonomickou náročnost agrotechnických a technických opatření. Oproti tomu lze označit pěstování kukuřice pomocí půdo-ochranných technologií za dobrou ekonomickou variantu.

Ekonomické náklady na protierozní opatření nelze podceňovat, nicméně v porovnání se ztrátami na zemědělské půdě (viz níže), jsou přijatelné. V roce 2017 zadalo MZE zpracování analýzy (Analýza a vyhodnocení ekonomických dopadů současných i plánovaných opatření na ochranu půdy s důrazem na greening a půdoochranná opatření v rámci standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy - DZES 5 na různé kategorie zemědělských podniků včetně návrhů na jejich doplnění, případně zlepšení), ze které vyplynulo, že náklady na efektivní protierozní ochranu půdy se očekávají max. v řádech stovek mil. Kč ročně (VÚMOP, 2017).

Náklady jsou tak v porovnání se ztrátami na zemědělské půdě v řádech miliard a dalšími škodami na majetku a vodním hospodářstvím v důsledku eroze relativně nízké. K tomu je nezbytné poznamenat, že technická protierozní opatření (jako jsou meze, hrázky, průlehy, nádrže apod.) se většinou realizují prostřednictvím pozemkových úprav ve veřejném zájmu nebo na ně lze získat finanční příspěvek z dotací Ministerstva životního prostředí (Operační program Životní prostředí, Program péče o krajinu a další).

V této souvislosti bych chtěl upozornit na skutečnost, že vodní eroze není nic, co by si farmáři v Československu a v zahraničí neuvědomovali již před desetiletími. Není to nic nového. Problém vodní a půdní eroze (mimo jiné) podrobně zpracoval ve své syntéze „Zachraňme Zemi“ britský novinář Jonathon Porritt (Porritt a kol., 1992). Polní plochy na celém světě jsou postihovány erozí. Zatímco se stále zvyšuje počet

obyvatelstva, vzrůstá nebezpečí častějšího hladomoru (Porrirt a kol., 1992). Autoři z této syntézy dále upozorňují na možnost hospodaření v polosuchých oblastech podle systému „sklizeň ob jeden rok“, nechávají půdu každým druhým rokem ležet ladem. Všechnu vegetaci na těchto půdách, které mají zůstat ladem, zničí kultivátory a pak se pole přikryjí vrstvou prachového mulče, čímž se zamezí jakémukoliv vypařování vody z půdy (Porrirt a kol., 1992).

Ve výše uvedené syntéze si autoři všímají i růstu populace, poptávky po potravinách a s tím souvisejícím odklonem od historicky osvědčených způsobů hospodaření.

V období posledních čtyř desetiletí se světová poptávka a spotřeba potravin téměř ztrojnásobily, což bylo způsobeno jak růstem populace, tak i zvyšováním nadbytku. Tato zvyšující se poptávka po potravinách vypudila zemědělce i do hornatých a často zalesněných terénů. Zemědělci, kteří již nemají dostatek času k budování tradičních teras, mýtí lesy a rozorávají půdy na strmých svazích; vědí přitom, že vzhledem k půdní erozi budou muset půdu za deset nebo dvacet let opustit (Porrirt a kol., 1992).

Vodní eroze je tedy problém celosvětový. V podmínkách České republiky i v zahraničí se tyto problémy řeší.

Například Zimola a kol. (2018) uvádí možnosti zakládání porostů kukuřice do meziplodin. Zejména na erozně ohrožených půdách je vhodné použití technologie s výsevem kukuřice do vymrzající nebo i přezimující, chemicky likvidované meziplodiny. Hlavním cílem tohoto technologického postupu je ochrana půdy a životního prostředí.

Další možností je zapravení organické hmoty do půdy (chlévkého hnoje, zeleného hnojení) při pěstování kukuřice. Vyhodnocovány byly změny obsahu organické hmoty v půdě a změny hodnot K-faktoru (erodovatelnosti půdy), povrchové odtoky a ztráty půdy erozí, jak za podmínek přirozených dešťů, tak simulovaných, včetně zjišťování počáteční akumulace, infiltrace a předchozího obsahu vody v půdě. Jak uvádí Kovář, na základě zatím zjištěných údajů lze konstatovat, že varianty hnojené chlévským hnojem a zeleným hnojením se projevily nejen vlivem na vyšší výnos, ale

i snížením ztrát půdy erozí a množství povrchového odtoku, ve srovnání s klasickým pěstováním plodin bez vnosu organické hmoty. Ještě větší rozdíl se projevil oproti hodnotám naměřeným na zkypleném úhoru (Kovář a kol., 2010).

Problém s erozí půdy si uvědomují i v sousedním Německu, které má historicky (ve východní části země) podobnou strukturu zemědělských podniků jako v ČR, a tedy i velikost farem a ploch s jednou pěstovanou plodinou. Místní zemědělce motivují k používání správné zemědělské praxe ekonomicky, resp. snížením přímých plateb. Jak uvádí Vogel, německý spolkový zákon o ochraně půdy vyžaduje, aby zemědělci používali osvědčené postupy („správnou zemědělskou praxi“) k ochraně „úrodnosti půdy a její funkční kapacity jako přírodního zdroje“. Na evropské úrovni poskytuje rámec podmíněnosti zemědělcům pobídku, aby uplatňovali osvědčené zemědělské postupy a omezovali rizika eroze půdy, protože zemědělce penalizuje snížením přímých plateb, které dostávají. V Německu jsou prahy tolerovatelné ztráty půdy (Vogel, 2016).

Problém s půdní erozí intenzivně řeší nejen v České republice a v Německu, ale i ve střední Belgii, kde byla řešena míra půdní eroze v rámci různých způsobů zpracování půdy při pěstování kukuřice a za použití simulátorů deště. Jedná se o lokalitu zvanou „belgický sprašový pás“, přičemž byl měřen odtok na malé pokusné ploše (5m<sup>2</sup>). Jak uvádí Ryken (2018), přímá měření prokázala významný pokles součinitele odtoku a celkové ztráty půdy při strip-till zpracování půdy ve srovnání s konvenčním zpracováním půdy.

Protierozními účinky při pěstování kukuřice se zabývají i v Africe, konkrétně v Nigérii. Konkrétně se jednalo o účinky pásů z jednoho druhu trav (*Vetiveria nigritana*), mulče z této trávy a dále hnojiva na půdu, ztrátu vody a živin a s tím související výnosy kukuřice. Závěr byl, že protierozní podmínky byly nejlepší za vysokých dávek travní mulče. Nicméně odtok a ztráta půdy obecně a zatížení živinami erodovanými sedimenty byly nejmenší na pozemku s pásy výše uvedené „vetiverové“ trávy (Babalola, 2007).

Protierozní účinnosti je věnována pozornost i kolegy z Výzkumného ústavu rostlinné výroby, resp. z Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy. Ti porovnávali



protierozní účinnost (a velikost rostlin, listů a zapojení kukuřice seté ) v letech 2016 – 2018 a to v „naší“ lokalitě Skoupý na Příbramsku a dále na stanovišti v oblasti Malé Hané, přičemž se jednalo o simulaci zadržování pomoci polního simulátoru deště Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy (Menšík, Kincl 2018).

Z výsledků jednoznačně vyplynulo, že navržené a testované varianty půdo-ochranných technologií (pásově zpracovaný porost žita setého, resp. travního porostu technologií Strip-Till; přímé setí do strniště, resp. porostu žita setého s roztečí řádků 0,75 a 0,375 m) mají výrazný protierozní efekt. Tj. omezují ztrátu půdy erozí v průběhu celého cyklu pěstování kukuřice seté od zasetí až po sklizeň (Menšík, Kincl 2018).

Půdoochrannými technologiemi se zabývá i Kalibová a kol. (2022). Dosavadní výsledky jsou prozatím příznivé, kdy technologie strip-till s vhodnými mezplodinami (žito v kombinaci s inkarnátem; jílek) významně snižují objem povrchového odtoku a ztrátu půdy vodní erozí.

Také dle Kincla (2022) získané výsledky naznačují, že nejúčinnější v případě ztráty půdy a snížení povrchového odtoku je jetel inkarnát, resp. směs (jetele inkarnátu a jílku mnohokvětého) a případně svazenka vratičolistá.

Další možností jsou níže uvedené půdoochranné technologie, kterým se věnoval projekt QK22020053 „Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě“ (NAZV), na který je přímo navázána tato práce.

## **5. Praktická část**

### **5.1 Kontrola stanoviště, práce v lokalitě a sběr dat – květen 2023**

Hlavní náplní prvního roku řešení byla konstrukce pokusných parcel a optimalizace metodiky sběru a vyhodnocení dat. Nyní se v lokalitě pokračuje na sběru dat pro validaci výsledků z pilotních měření. První rok byl 2022, ale lokalita v k. ú. Skoupý (pokusné plochy a zařízení) byla poničena, proto byla zařízení znovu

vystavěna. Jinak bylo pokračováno ve sběru dat dle metodiky stanovené v prvním roce řešení projektu.

V minulém roce byly v lokalitě založeny pokusné plochy - vyhloubeny sedimentační jímky, vyměřeny tři parcely o rozloze 70x80 m, umístěné na svahu vedle sebe, pro osev pro pozorování, ve spodní části jsou parcely vymezeny svodnou geotextilií metodou „silt-fence“, což zajišťuje směrování povrchového odtoku do sedimentačních jímek.

Před zahájením prací na letošním projektu bylo zjištěno, že došlo k porušení textilie a sedimentačních jímek. Na jaře 2023 byly sedimentační jímky a zapuštěná textilie silně poškozeny zemědělským strojem v rámci jarních prací.

Dne 25. května 2023 bylo v lokalitě provedeno šetření a následná sanace sedimentačních jímek a jejich okolí, a oprava nepropustné textilie (obr. 10 a 11). Byla posekána nebo vytrhána tráva (plevel), odstraněna původní textilie sedimentačních jímek a nahrazena novou (zpevněno vodorovnými latěmi pod úrovní předpokládaného zaplnění vodou). Dále byly očištěny Parshallovy žlaby a jejich okolí (obr. 12 a 13).



*Obr. 10 - stav sedimentační jímky před opravou (vlastní foto, 5/2023)*



*Obr. 11 - stav sedimentační jímky č. 2 po opravě (vlastní foto, 5/2023)*



*Obr. 12 - úprava textilie jímky (vlastní foto, 5/2023)*





*Obr. 13 – opravený a vyčištěný Parshallův žlab (vlastní foto, 5/2023)*

Na obrázku 14 (viz níže) je dobře vidět zapuštěná textilie metodou silt-fence. V rámci prací v květnu 2023 byly doplněny (zatlučeny) dřevěné kůly, které zpevňují předmětnou svodnou geotextilii. Rovněž byla vybrána zemina a nasypána ze spodní strany geotextilie. Napnutá geotextilie je umístěna pod každou pokusnou parcelou a je nasměrována (vyspádována) směrem k sedimentační jímce.



*Obr. 14 - opravovaná svodná textilie (forma silt-fence, vlastní foto 5/2023)*

## 5.2 Kontrola stanoviště, práce v lokalitě a sběr dat dne 17. června 2023

V polovině června 2023 začalo vydatně pršet. Vzhledem k této skutečnosti a na základě dat ze stanice byla dne 17. června 2023 provedena kontrola stanoviště. Byly zaznamenány rýhy nad jednotlivými jímkami.

Dále byla pořízena fotodokumentace – hloubky rýh a vzdálenosti mezi rýhami. Nejvíce rýh bylo zaznamenáno (podle očekávání) na kontrolní ploše s čistou kukuřicí (obr. 15).

Stav porostu: kukuřice byla již částečně vzrostlá (na všech pokusných parcelách). Níže uvedené fotografie pokusných parcel byly staženy z webu Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního (dále jen ČÚZK). Do nich byly přesně zaznamenány zjištěné erozní rýhy (obr. 15, 16 a 17).



*Obr. 15 – erozní rýhy na pokusné parcele 1, kontrolní plocha (Fotomapa ČÚZK)*



*Obr. 16 – erozní rýhy na pokusné parcele 2, jílek (Fotomapa ČÚZK)*



*Obr. 17 – erozní rýhy na pokusné parcele 3, žito a jetel (Fotomapa ČÚZK)*

V sobotu 17. června byla provedena kompletní fotodokumentace a zaměřování erozních rýh (zvláště na parcele 1, obr. 15, kde jich bylo nejvíce). V sobotu 17. června byla dále odčerpána voda a pomocí odběrných zařízení (kbelík) byl vybrán veškerý sediment z jednotlivých sedimentačních jímek. Odebraný sediment byl současně zvážen.

Z každé sedimentační jímky byl zároveň odebrán vzorek sedimentu o hmotnosti přibližně 1 kilogram, aby bylo možné provést zvážení/vysušení v laboratoři České zemědělské univerzity. Ze vzorků před a po usušení se stanoví podíl vody ve vzorku sedimentu.

Vážení sedimentu v laboratoři bylo provedeno v laboratořích České zemědělské univerzity – jeden vzorek z každé sedimentační jímky. Sušení probíhalo 24 hodin.

Jak bylo uvedeno výše, Parcela č. 1 je oseta kukuřicí konvenčním způsobem (kontrolní plocha), tedy bez dalších opatření. Na druhé a třetí parcele je kukuřice vyseta s využitím půdoochranných technologií (nad pokusnou parcelou č. 2 je to jílek mnohokvětý, nad pokusnou parcelou č. 3 se jedná o kombinaci žita s jetelem inkarnát.)

### **Kontrolní plocha – záznam ze 17. června 2023**

Na přechodu mezi jílkem a konvencí začínají rýhy hned pod cestou (vyjeté koleje „přístupové cesty“), pod vojtěškou. Rýhy vedou jižním směrem k jímce č. 1.

Mezi rýhou 1 a 2 je vzdálenost 5,5 m. Rýha č. 1 je opticky vlevo od jímky, rýha č. 2 přímo na jímku (pozorováno a měřeno ze severního okraje parcel). Pod kolejem od techniky se tvoří 4 erozní rýhy, začínají hned pod vojtěškou. Ve vzdálenosti cca 11 m směrem k sedimentační jímce je hloubka rýh přibližně 10 cm (obr. 18 a 19).





*Obr. 18 - začátek koryta hluboké erozní rýhy (vlastní foto 6/2023)*



*Obr. 19 – rýha ve vzdálenosti 11 m od severní hrany pole (vlastní foto 6/2023)*



Ve vojtěšce jsou viditelné koleje od těžké techniky, od těchto kolejí se tvoří 4 erozní rýhy – začínají hned nad směskou nad parcelou č. 1 (obr. 20 a 21). Vyjeté koleje od techniky tedy mají vliv na dění (erozi) pod sebou. Tam, kde se traktory při sbírání vojtěšky otáčí, chybí porost vojtěšky. Na obr. 21 je dobře vidět drobné erozní rýhy i na mezi nad pokusnou parcelou.



*Obr. 20 - koleje od techniky ve vojtěšce (vlastní foto 6(2023))*



*Obr. 21 - erozní rýhy pod kolejem od techniky - mez (vlastní foto 6/2023)*

Rýha č. 2 se od hrany směsky rozmělnuje, zdvojuje, spojuje. Rýha č. 3 (cca 2 m od rýhy č. 2) je opticky vpravo od jímky. Rýha č. 4 je vzdálena 3,5 m od jímky č. 3.

Rýhy č. 1, 3 a 4 ve vzdálenosti 17 m od horního kraje parcely č. 1 mají **hloubku 23 cm** (na šířku pásma k měření; obr. 22).





*Obr. 22 - pomocné měření hloubky rýh, hloubka 23 cm (vlastní foto 6/2023)*

Přibližně ve vzdálenosti 7 m od rýhy č. 4 jsou rýhy 5. a 6. Opět jdou (vycházejí) ze směsky nad přístupovou cestou, cca metr na hranou políčka, jsou do hloubky přibližně 5 cm. Nad polem jsou opět viditelné koleje od techniky.

Každých cca 5 m (směrem na západ) jsou drobné erozní rýhy hloubky 3 – 5 cm, které se směrem dolů neprohlubují, až se ztrácejí – přibližně po 20 metrech od horní hrany pole nad jímkou č. 1.

Druhá polovina pole – západní konec – jsou pravidelné rýhy cca po 5 metrech, které se přibližně po 20 m od horní hrany políčka (severní strany pokusné parcely) rozměňují nebo neprohlubují.

Poslední hluboká rýha je č. 7, která je cca 10 m od západního okraje pole vizuálně nad jímkou č. 1. Rýha se projevuje 5 m od severní hrany pole, není moc hluboká, ale prohlubuje se. Ve vzdálenosti 20 m je rýha hluboká na polovinu šířky pásma (obr. 23).

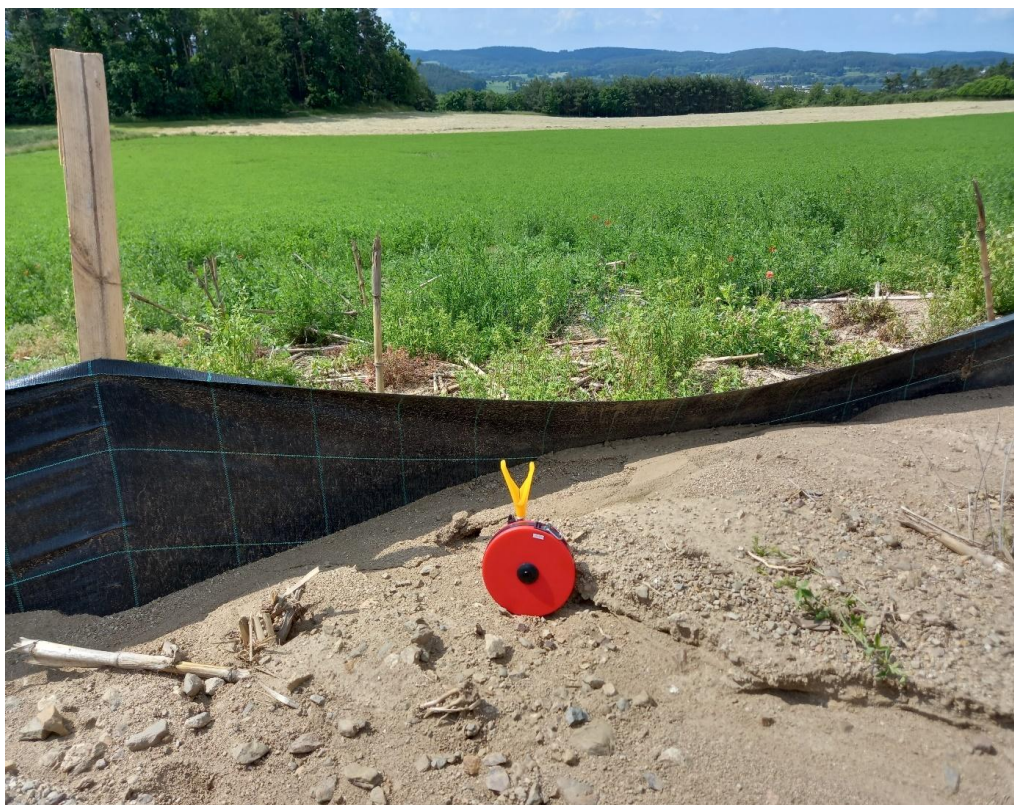


*Obr. 23 - rýha č. 7, pole nad jímkou 1 (vlastní foto 6/2023)*

Další hluboké rýhy (č. 8 – 11) začínají cca 30 m od horní hrany pole na jeho západním okraji. Rýha č. 8 je vzdálena cca 5 m od konce pole, poslední 3 rýhy se spojují do jedné široké a hlubší rýhy, jsou svedeny do úvozu pole, směřují na jihozápadní roh pokusné parcely.

Nejvíce erozního smyvu je zaznamenáno u jihozápadního okraje pole, resp. na kontrolní ploše, konkrétně pod spojením úvozu a rýh č. 9-11 (obr. č. 24).





Obr. 24 - množství erozního smyvu pod rýhami 9-11 (vlastní foto, 6/2023)

Smyv č. 2 odpovídá rýze č. 8, smyv č. 3 je pod rýhou 5 a 6 (hloubka přibližně 24 cm). Významný splach (erozní smyv) byl zaznamenán ve spodní části mezi pokusnými parcelami 1 a 2 – jižním směrem. V níže uvedené tabulce je přehledně zaznamenán celkový počet zjištěných erozních rýh (tab. 1).

	Kontrola	Jílek	Žito a jetel
Počet erozních rýh	19	7	2
(počet rýh přes celou parcelu)	(7)	(2)	(1)

Tab. č. 1 – Počet erozních rýh

Na kontrolní ploše byla zjištěna různá kvalita sedimentu, písčité část, mokrá sediment a nepatrné množství vody (obr. 25). Po odebrání sedimentu byla spočítána hmotnost mokrého sedimentu - 1344 kg.



*Obr. 25 - jímka č. 1 před odběrem sedimentu (vlastní foto 6/2023)*

### **Pokusná parcela nad sedimentační jímkou 2 (jílek)**

Významný erozní smyv je zaznamenán u západní hrany parcely cca 10 m od kraje (měřeno od jímky č. 1) – naplaveniny do hloubky 25 cm (obr. 26). Nad pokusnou parcelou č. 2 je znatelnější meziplodina až na 19. řádku kukuřice (rozteč mezi řádky je 70 cm). Jílek je tedy znatelný až od řádku 19. (počítáno z jižní strany parcely).

První třetina pokusné parcely, která sousedí s konvencí – chybí meziplodina na ploše 20 x 20 m, respektive je zaseto, ale netvoří se komplexní plocha. Není plně zapojeno opatření, jako ve zbývajících 2/3 parcely č. 2 – větší množství splaveniny.





*Obr. 26 - erozní smyv pod parcelou č. 2 (vlastní foto 6/2023)*

O cca 10 m směrem na východ je změřen splach (erozní smyv) zeminy, resp. výše sedimentu 18 cm. Od bodu 2b je podsev již téměř zapojen ve směru k jímce č. 2.

Nad bodem 2b rýhy minimálně viditelné, řádky podsevu znatelné, místy ovšem také žádný podsev (obr. 27).





*Obr. 27 - viditelnost podsevu parcela č. 2, jilek (vlastní foto 6/2023)*

Přibližně 35 m od kraje parcely směrem k sedimentační jámce jsou dvě výraznější rýhy, ale nejsou tak hluboké jako na parcele č. 1. Podsev je viditelný, není zcela zapojen, přesto je vidět, že slouží jako bariéra (obr. 28).



*Obr. 28 - funkčnost podsevu parcela 2 (vlastní foto 6/2023)*



Od bodu 2c směrem na východ je podsev mnohem výraznější; zlom ve zvýšení množství vzrůstu meziplodiny je přibližně v polovině pole. Nejvýraznější rýha je 15 m před jímkou 2 (tedy východně od jímky č. 2), ovšem porost meziplodiny zvládá množství zeminy zadržet (obr. 29).

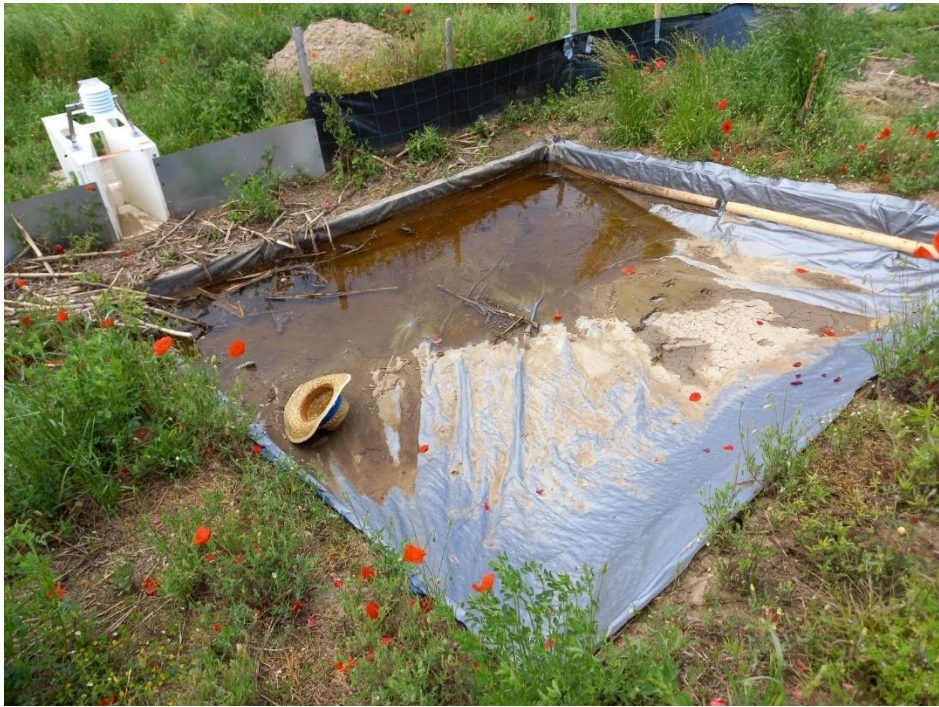


*Obr. 29 - výrazná rýha parcela 2 (vlastní foto 6/2023)*

Rýha je nehluboká, ale významná je meziplodina, která jako opatření funguje, splav zeminy není veliký – hloubka je cca 10 cm. Severní hrana pole č. 2 – přibližně v polovině, cca 11 m od severní hrany je výrazná rýha, širší, ale mělká (mělčí minimálně o polovinu než v 1 m od severní hrany parcely č. 2).

V jímce č. 2 je voda. Na vysušené části max. 1 cm nebo 2 cm zeminy, ale ne po celé jímce. Viditelně (pocitově) jde erozní smyv na parcele č. 2 šikmo od jímky SZ směrem (obr. č. 30).

Po vybrání sedimentu z pokusné jímky č.2 byla zjištěna hmotnost mokrého sedimentu - 34,5 kg.



*Obr. 30 – sedimentační jímka č. 2 před vyčištěním (vlastní foto 6/2023)*

### **Pokusná parcela nad sedimentační jímkou č. 3**

Erozní smyv je minimální, cca 1 cm ve spodní části.

Obilí jako meziplodina je vzrostlé, ve spodních řádcích (cca 7 spodních řádků) je obilí řidší, nebo polehlé (obr. 31).





*Obr. 31 - vzrůst a hustota meziplodin na parcele č. 3 (vlastní foto 6/2023)*

Dle prvního šetření na místě, po zjištění stavu jímek se jeví jako ideální meziplodina obilovina, která jde do slámy, je v „hrůbku“, je vyvýšená, tvoří tedy nejlepší bariéru. Setí kukuřice je ve vrstevnici.

Výška rostlin kukuřice v červnu 2023 byla 25 – 35 cm.

Opatření: hrůbek, kořeny, travina (obilovina).

### 5.3 Kontrola stanoviště, práce v lokalitě a sběr dat dne 18. července 2023

Dne 18. července 2023 byla po vydatných deštích provedena další kontrola pokusných parcel. Výška rostlin kukuřice byla 125 – 145 cm.

Byla odebrána voda ze sedimentačních jímek, poté byl vybrán a zvážen sediment, vytrhán plevel a bylo očištěno okolí Parshallova žlabu. Plevel byl vytrhán i pod jímkou. Tento postup byl proveden u všech tří sedimentačních jímek a jejich okolí. Poté byl z každé sedimentační jímky odebrán vzorek zeminy do laboratoře na sušení.

#### Sedimentační jímka č. 3 (18. července 2023)

V jímce č. 3 pod mezipločinou žita a jetele inkarnátu byly kromě vody i 2 žáby. Voda v této sedimentační jímce relativně silně zapáchala. Vybraný sediment z jímky č. 3 byl pouze – 7,2 kg (obr. 32). Nicméně v této souvislosti je zcela zřejmé, že podsev žita a jetele funguje! A to i přes relativně velmi vydatné srážky.



*Obr. 32 - sedimentační jímka č. 3 před vyčištěním (vlastní foto 7/2023)*

## Sedimentační jímka č. 2 (18. července 2023)

V jímce č. 2 bylo hodně vody (naplněna pod spodní okraj sedimentační jímky), relativně hodně sedimentu s minimálním množstvím písku, 1 žába, voda zapáchala (obr. 33).

Hmotnost odebraného sedimentu z pokusné jímky č. 2 byla 65,5 kg.



*Obr. 33– sedimentační jímka č. 2 před vyčištěním (vlastní foto 7/2023)*



**Kontrolní plocha (18. července 2023)**



*Obr. 34 – sedimentační jímka č. 1 před vyčištěním (vlastní foto 7/2023)*



*Obr. 35 – spodní hrana jímky č. 1 před vyčištěním (vlastní foto 7/2023)*

Jímka č. 1, tedy sedimentační jímka pod konvencí, byla plná vody, bez většího zápachu. Na spodní hraně jímky stopy zvěře (obr. 34 a 35).

Hmotnost odebraného mokrého sedimentu u kontrolní plochy byl 330 kg!

#### **5.4 Kontrola stanoviště, práce v lokalitě a sběr dat dne 2. září 2023**

Dne 2. září 2023 byla provedena třetí kontrola v lokalitě s následným odběrem vzorků.

#### **Sedimentační jímka č. 3**

Jímka č. 3. - senzory částečně zarostlé plevelem, voda do 1/3 hloubky jímky, vizuálně čistá (průhledná), nepropustná textilie nepoškozena (obr. 36).



*Obr. 36 - jímka č. 3 před vyčištěním (vlastní foto 9/2023)*

Po vybrání vody byl vybrán sediment – po zvažení ho bylo cca 1 kg. V okolí žlabu v okruhu 1,5 – 2 m byl vytrhán plevel – aby při větru „nedráždil čidlo“ a nebyl zaznamenán průtok.

Kukuřice vzrostlá; velice dobře vzrostlá (výška rostlin přesahuje 160 – 180 cm), žito zaschlé, ale bylo vidět.

Ale mezi kukuřicí a suchým obilím již není vidět jetel, nýbrž plevel. Kukuřice je dle stop hojně navštěvována divokými prasaty – polehy, zvalená stébla a sežrané palice.

Po konzultaci s Ing. Janem Gregarem proběhla vizuální kontrola srážkoměru. Na srážkoměru odpočívaly vosy (obr. 37). Hnízdo nezjištěno. Srážkoměr tedy fungoval optimálně.



*Obr. 37 - srážkoměr s vosami (vlastní foto 9/2023)*



## Sedimentační jímka č. 2.

Sedimentační jímka č. 2 byla plná vody cca do poloviny, částečně průhledná voda (méně než u jímky č. 3). Výška vody byla cca 5 cm od přepadu jímky (na úrovni Parshallova žlabu). Okolí žlabu zarostlé pouze nízkým plevelem, následně bylo vypleto (obr. č. 38).



*Obr. 38 - jímka č. 2 před vyčištěním (vlastní foto 9/2023)*

Po odebrání vody byl vybrán z jímky č. 2 sediment o hmotnosti 12,3 kg. Sediment byl vybrán na maximálně možnou míru, nepropustná textilie nepoškozena.

Kukuřice v této části byla intenzivně navštěvována (dle výšky okusu a stop) srnčí a dančí zvěří. Klasy kukuřice byly již vyzrálé.

Hrůbky, kde byl původně jílek, jsou stále znatelné. Ale sám o sobě jílek již nebyl znatelný. Minimálně ve spodní části pokusné parcely (tedy těsně nad sedimentační jímkou č. 2).

## Kontrolní plocha

Po příchodu na kontrolní plochu – jímka byla téměř bez vody, ale musela být minimálně den předem s vodou, jelikož sediment byl stále opticky mokrý (obr. 39).



*Obr. 39 - jímka č. 1 před vyčištěním (vlastní foto 9/2023)*

Okolí Parshallova žlabu bylo silně zarostlé vysokým plevelem, pravděpodobně lebeda, který se při větru opíral o žlab. Je pravděpodobné, že mohl ovlivňovat senzor měření průtoku při dešti a větru.

Při jihozápadním rohu sedimentační jímky proběhlo větší zvíře, které protrhlo propustnou textilií (silt-fence) asi 20 cm nad zemí, nicméně zbytek ohrady (textilie a opěrných latí) pod konvencí (v celkové délce) byl neporušený (obr. 40).





*Obr. 40 - poničená svodná textilie (vlastní foto 9/2023)*

Sediment byl vlhký; je zřejmé, že se vsakoval průběžně v celé délce pod pokusnou parcelou. Část vody z východní části konvence (z pokusné parcely) je svedena do dvou rýh od stroje (obr. 41).



*Obr. 41 - rýha od stroje pod konvencí (vlastní foto 9/2023)*

Plevel kolem Parshallova žlabu po celé spodní straně jímky byl vyplet. Vybráno 10 kg zeminy.

Kukuřice opět silně navštěvována černou, srnčí a dančí zvěří (dle stop a okusu klasů v různých výškách).

Palisáda (ohrada po konvencí) – kůly a plachta – nepoškozeno – dále nejsou již žádné otvory a přetržená místa.

## **6. Výsledky: srovnání konvenčního způsobu pěstování kukuřice versus pěstování kukuřice s podsevem žita a jetele inkarnátu**

Z každé kontroly pokusných parcel v Petrovicích (a následném sběru dat) bylo zcela zřejmé, že pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožených půdách, bez jakékoliv půdoochranné technologie, má za následek značný úbytek půdy a tvorbu významných erozních rýh (viz níže).

Vyhodnocení druhého scénáře jsou předmětem vyhodnocení jiné diplomové práce (Štujová, 2024). Výsledky tohoto scénáře jsou uvedeny v tabulkách pro potřeby následné diskuse v širším kontextu.

### **6.1 Intenzita srážek, rýhy a množství sedimentu:**

Na základě záznamu srážek a povrchového odtoku byla zjištěna vodní eroze (smyv) na kontrolní ploše, tedy konvenční pěstování kukuřice seté. Prakticky po každé vydatnější srážce docházelo na pokusné parcele č. 1 k tvorbě významných erozních rýh. Část rýh (viz předchozí kapitola) dosahovala hloubky místy až 20 cm. Řada největších erozních rýh začínala na severním okraji pokusné parcely v prostoru, kde se otáčí zemědělská technika při sklizni vojtěšky, která se pěstuje v předmětné lokalitě kolem celé pokusné lokality.

V této souvislosti je nutné dodat, že množství významných rýh na pokusné parcele s žitem a jetelem bylo naprosto minimální. Byly zdokumentovány pouze 2 erozní rýhy.

Množství odebraného a zváženého sedimentu z kontrolní plochy po srážkách dne 10. června 2023 lze hodnotit jako extrémní. Z předmětné sedimentační jímky bylo odebráno 1.344 kg sedimentu.

Naopak množství odebraného sedimentu v sedimentační jímce č. 3 pod kukuřicí s podsevem žita a jetele inkarnátu bylo odebráno pouze 17 kg.

Podobná situace nastala v polovině července 2023. Po srážkách z 16. na 17. července 2023 bylo z kontrolní plochy odebráno 330 kg sedimentu.

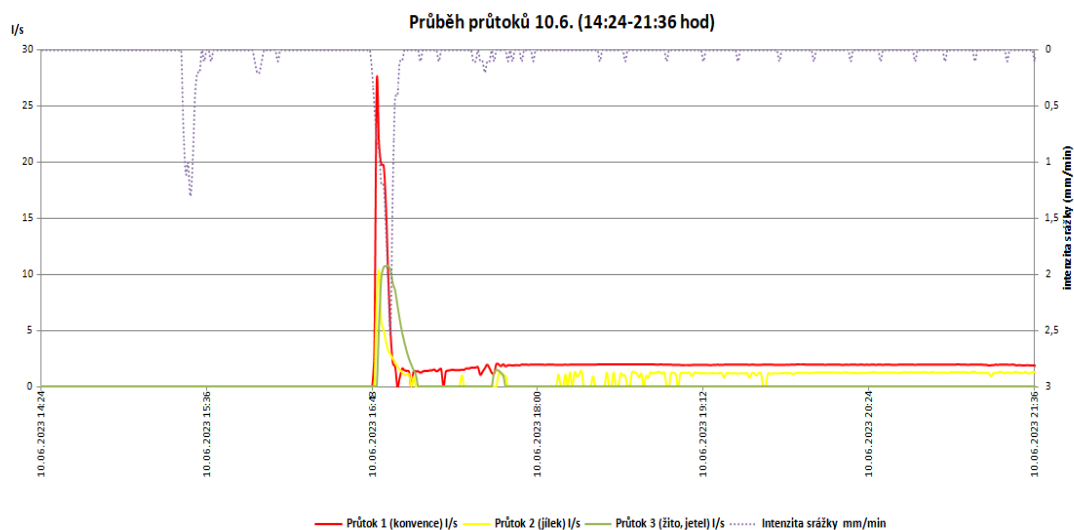
Naopak množství odebraného sedimentu v sedimentační jímce č. 3 pod kukuřicí s podsevem žita a jetele inkarnátu bylo odebráno pouze 7,2 kg. Ochranný vliv žita a jetele byl znatelný i při další významných srážkách na přelomu srpna a září 2023.

Množství odebraného sedimentu z kontrolní plochy po srážkách dne 2. září 2023 sice nelze hodnotit jako významné, protože odtok vody z parcely ovlivnily strojově vyrobené hluboké rýhy v bezprostřední blízkosti sedimentační jímky (východním směrem od jímky). Nicméně i tak bylo z jímky pod kontrolní plochou odebráno 10 kg sedimentu. Zatímco z jímky č. 3 pouze 1 kg.

Významný vliv srážek a následné zvýšení průtoků velmi dobře ilustrují dva níže uvedené grafy (Graf č. 1 a Graf č. 2). Současně je z níže uvedených grafů zcela zřejmé, že průtok na kontrolní ploše je extrémní (červená osa), zatímco průtok pod žitem a jetelem naprosto minimální (zelená osa).

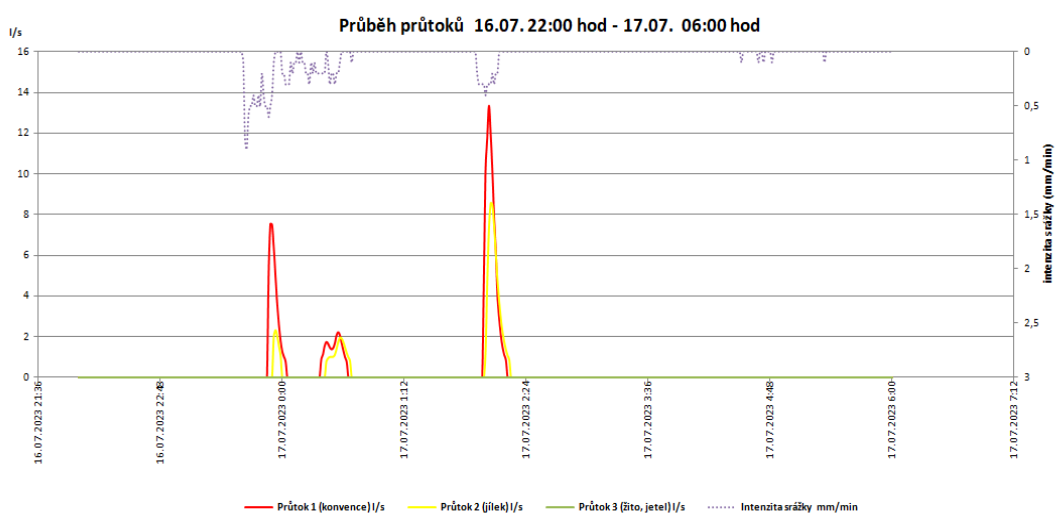
## **6.2 Vliv půdoochranné technologie na průtok pod pokusnými plochami**

Na grafu č. 1 (viz níže) je zachycen průběh průtoků dne 10. června od 14:24 do 21:36 hod. Po srážkách, které začaly v cca 14:20 hod (26 mm/min.) je zaznamenán intenzivní průtok na kontrolní ploše v 16:48 hod. Průtok dosahuje až 26 litrů za vteřinu. Průtok pod žitem a jetelem kulminuje na cca 10 litrech za vteřinu. Následně klesá na minimum. Zatímco průtok na kontrolní ploše je stále cca 2 litry za vteřinu.



Graf č. 1: Průběh průtoků 10. 6. 2023

Graf č. 2: Na grafu č. 2 (viz níže) je zachycen průběh průtoků dne 16. července od 22:00 hod do 17. července 06:00 hod. Po srážkách, které začaly v cca 22:00 hod je zaznamenána kulminace průtoků na kontrolní ploše v půlnoci. Po nasycení půdy vodou a dalších srážkách dochází k významnému průtoku na kontrolní ploše. Průtoky kulminují 17. července 2 hodiny po půlnoci. Průtok na kontrolní ploše přesahuje 12 l/s. Průtok pod pokusnou plochou s žitem a jetelem není zaznamenán.



Graf č. 2: Průběh průtoků 16. 7. 2023

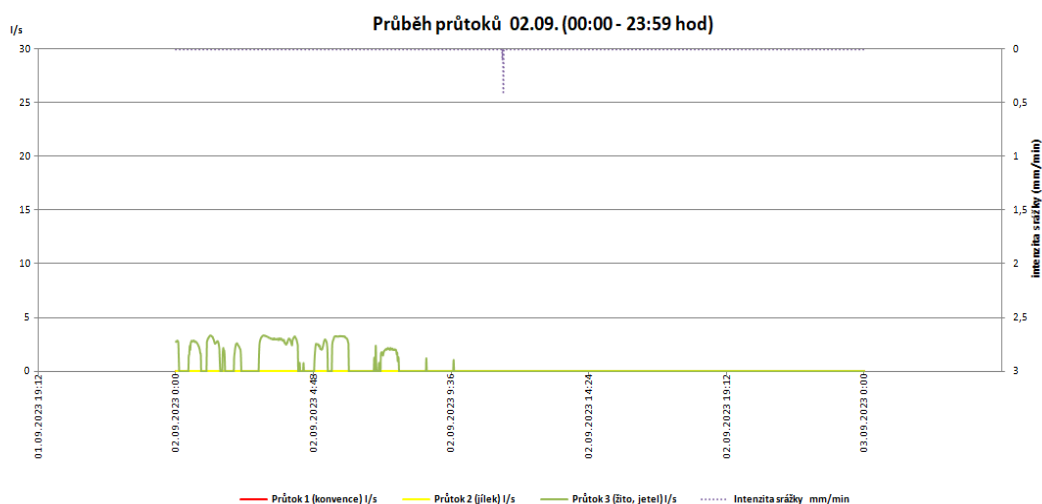
### 6.3 Hmotnost mokrého sedimentu

Níže uvádím naměřené hodnoty mokrého sedimentu v kilogramech z jednotlivých jímek. Meziplodina spočívající v kombinaci žita a jetele inkarnátu se osvědčila. Naopak hmotnost mokrého sedimentu z kontrolní plochy byla mimořádně vysoká.

Měsíc měření:

Smyv sedimentu (kg):

	Konvence	Jílek	Žito a jetel
Červen	1344	34,5	17
Červenec	330	65,5	7,2
Srpen/Září	10	12,3	1

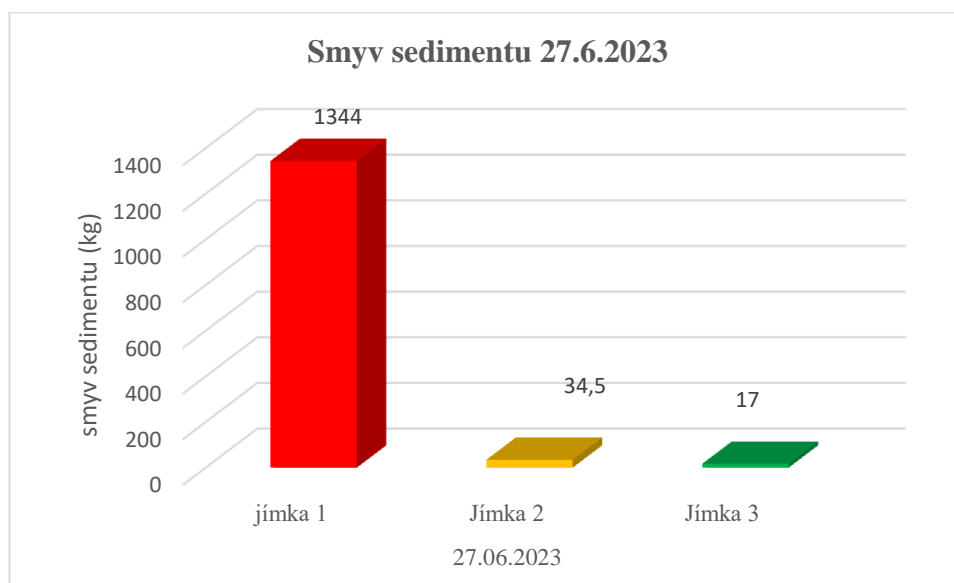


Graf č. 3: Průběh průtoků 2. 9. 2023

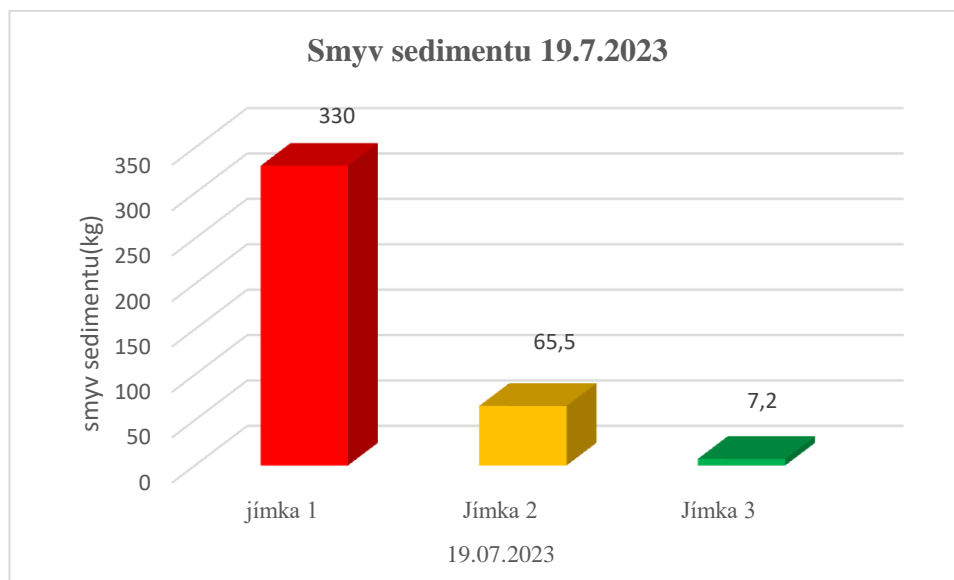
### 6.4 Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy

Z následující tří grafů (Grafy č. 4, 5, 6) je zcela zřejmé, jaký význam má faktor ochranného vlivu vegetace (faktor C). Naše data odpovídají predikci pana profesora Miloslava Janečka. Tedy v tom smyslu, že vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se projevuje přímou ochranou povrchu půdy před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku a nepřímou působením vegetace na půdní vlastnosti (Janeček 2012).

Dále se potvrdila další teze pana profesora Miroslava Janečka. Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době výskytu přívalových dešťů (měsíce duben až září). Proto dokonalou protierozní ochranu představují porosty trav a jetelovin, zatímco běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny (kukuřice, okopaniny, sady a vinice) chrání půdu nedostatečně (Janeček 2012).

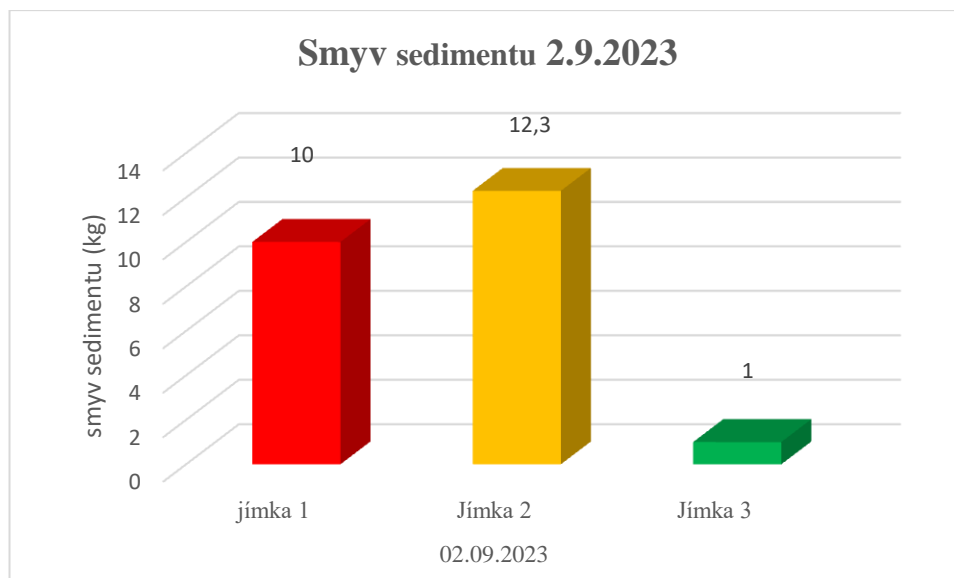


Graf č. 4: Hmotnost sedimentu (v kg) po srážkách 27. 6. 2023



Graf č. 5: Hmotnost sedimentu (v kg) po srážkách 19. 7. 2023





*Graf č. 6: Hmotnost sedimentu (v kg) po srážkách 2. 9. 2023*

### 6.5 Stanovení procentuální vlhkosti sedimentu

V rámci každé návštěvy pokusných parcel v lokalitě Skoupý byly z každé sedimentační jímky odebrán vzorek sedimentu z erozního smyvu (z každé sedimentační jímky). Následně proběhlo sušení vzorků sedimentu v erozně sedimentologické laboratoři České zemědělské univerzity (obr. 35 – vzorky v sušicím stroji). Při odebírání vzorků bylo vždy dbáno na to, aby se skutečně jednalo o charakteristický vzorek sedimentu, tj. aby neobsahoval pouze hrubá zrna písku (tab. 2, 3 a 4).



*Obr. 42 – vzorky sedimentu (vlastní foto 9/2023)*

**Výsledky měření: kontrolní plocha – scénář 1 (konvenční způsob pěstování)**

<b>datum odběru zeminy na poli</b>	<b>mokrý sediment (g)</b>	<b>suchá zemina (g)</b>	<b>výsledná hmotnost vláhy vzorku (g)</b>	<b>vlhkost vzorku (%)</b>	<b>vytěžený sediment (kg)</b>
17.06.2023					1 344
	62,73	56,78	5,95	10,48	
	55,42	50,03	5,38	10,76	
	48,81	43,94	4,86	11,07	
18.07.2023					330
	70,25	48,55	21,70	44,69	
	64,64	43,93	20,70	47,12	
	59,77	39,63	20,14	50,80	
02.09.2023					10
	60,98	47,63	13,34	28,02	
	62,16	47,48	14,67	30,90	
	65,69	50,48	15,20	30,12	

*Tab. č. 2- výsledná hmotnost vláhy vzorku - kontrola*

**Výsledky měření: jilek – scénář 2**

<b>datum odběru zeminy na poli</b>	<b>mokrý sediment (g)</b>	<b>suchá zemina (g)</b>	<b>výsledná hmotnost vláhy vzorku (g)</b>	<b>vlhkost vzorku (%)</b>	<b>vytěžený sediment (kg)</b>
17.06.2023					34,5
	50,77	28,91	21,86	75,61	
	58,65	34,03	24,62	72,32	
	63,75	36,78	26,971	73,31	
18.07.2023					65,5
	74,78	41,83	32,95	78,77	
	60,75	34,94	25,81	73,86	
	72,93	42,33	30,59	72,26	
02.09.2023					12,3
	55,84	24,20	31,64	130,75	
	65,80	27,59	38,20	138,47	
	56,45	23,36	33,08	141,56	

*Tab. č. 3 – výsledná hmotnost vláhy vzorku – jilek*

### Výsledky měření: žito + jetel – scénář 3

datum odběru zeminy na poli	mokrý sediment (g)	suchá zemina (g)	výsledná hmotnost vláhy vzorku (g)	vlhkost vzorku (%)	Vytěžený sediment (kg)
17.06.2023					17
	52,61	23,07	29,54	128,03	
	41,49	18,17	23,31	128,31	
	32,29	13,33	18,96	142,21	
18.07.2023					7,2
	66,38	32,76	33,62	102,63	
	58,51	29,38	29,12	99,09	
	67,30	32,88	34,42	104,70	
02.09.2023					1
	47,48	19,63	27,85	141,89	
	46,26	18,32	27,93	152,48	
	52,66	22,25	30,41	136,67	

Tab. č. 4 výsledná hmotnost vláhy – žito + jetel inkarnát

Z výše uvedených dat byla zjištěna hmotnost suchého sedimentu z kontrolní plochy (přes vážený průměr vlhkosti ze tří odebraných vzorků v rámci každého měření a využitím vzorce pro výpočet vlhkosti – viz rovnice 1) a ze scénáře 3, tedy meziplodina žita a jetele inkarnátu.

### Smyv suchého sedimentu – rozdíl ve smyvu

měsíc měření	konvence (kg)	žito a jetel (kg)	% část smyvu žito a jetel	rozdíl ve smyvu proti kontrole %
Červen	1 213,60	7,3	0,6	99,4
Červenec	224	3,6	1,6	98,4
Srpen/Září	7,7	0,4	5,3	94,7

Tab. č. 5 – rozdíl ve smyvu proti kontrole

## 7. Diskuse

Na všech třech pokusných parcelách byla vyseta po vrstevnici kukuřice setá na silně erozně ohrožené půdě k. ú. Skoupý (viz výše). Kontrolní plocha byla zasetá pouze konvenčním způsobem; na pokusné parcele č. 2 byl (kromě kukuřice seté) jako půdoochranná meziplodina použit jílek mnohokvětý a na pokusné parcele č. 3 byla jako meziplodina použita kombinace žita setého a jetele inkarnátu. Vliv půdoochranných technologií se jeví jako efektivní metoda pro pěstování kukuřice na SEO plochách.

Podstatný je procentuální rozdíl erozního smyvu mezi kontrolní plochou a mezipločinou žita a jetele inkarnátu. Výpočty byly zjištěny procentní částí vůči kontrole. Na kontrolní ploše byl zjištěn erozní smyv suchého sedimentu v červnu 2023 o hmotnosti 1213,6 kg. Erozní smyv u mezipločiny žita a jetele inkarnátu byl 7,3 kg. Erozní smyv byl tedy o 99,4% nižší při využití těchto mezipločin.

V červenci 2023 byla hmotnost suchého smyvu na kontrolní ploše 224 kg a u mezipločiny pouze 3,6 kg. Erozní smyv tak byl o 98,4% nižší při využití těchto mezipločin než na kontrolní ploše.

Na přelomu srpna a září byla zjištěna hmotnost suchého sedimentu na kontrolní ploše 7,7 kg a u mezipločiny 0,4 kg. Erozní smyv byl o 94,7% nižší při využití těchto mezipločin.

Využití mezipločin se ukázal jako velice efektivní nástroj pro snížení erozního smyvu, a to až o 95% až 99,4%.

Za klíčový považuji výběr rostlin - mezipločin, které budou tvořit půdoochrannou technologii. V rámci projektu se osvědčila kombinace žita a jetele inkarnátu, ale je třeba vyzkoumat i půdoochranný vliv jiných plodin.

Tyto mezipločiny by mohly být doplněny svazenkou vratičolistou, která se osvědčila v rámci výzkumu D. Kincla (Kincl, 2022), a to alespoň v podmínkách České republiky a střední Evropy. A to z důvodu její mimořádné odolnosti proti suchu.

Úspěch uvedených půdoochranných technologií předpokládá dodržet všechny agrotechnické lhůty a dodržovat setí kukuřice seté po vrstevnici.

Také jako zásadní opatření navrhuji, aby pásy s kukuřicí byly střídány pásy se zasetou vojtěškou setou. V této kombinaci by mohly mít pásy (půdní bloky) s hlavní plodinou (kukuřice) a vojtěškou délku stovky metrů, a to i na silně erozně ohrožených půdách.

Na základě analýzy erozních rýh v lokalitě lze dále konstatovat, že na pokusné parcele s meziplodinou byly pouze dvě erozní rýhy. Na kontrolní ploše bylo naopak zdokumentováno 19 erozních rýh.

## **8. Závěr a přínos práce**

Pokud jde o shrnutí výsledků této práce, tak lze konstatovat, že se všechny druhy podsevu (meziplodiny) v sezóně květen až září 2023 osvědčily ve smyslu ochrany půdy před erozním smyvem. Jak jílek mnohokvětý, tak kombinace žita setého a jetele inkarnátu prokázaly významný půdoochranný efekt.

Kombinace žita setého a jetele inkarnátu se osvědčila jako nejúčinnější. Na tomto místě je nutné zopakovat, že se v naší zkoumané lokalitě jednalo o svah s výrazným sklonem, hraniční ve smyslu pro pěstování kukuřice seté (Zimola a kol, 2018). Jednalo se tedy o skutečně extrémní podmínky.

V rámci celé pozorované sezóny od května 2023 do září 2023 byly zaznamenány prakticky pouze tři směrodatné dešťové srážky/události (zaznamenán povrchový odtok o výšce minimálně 0,5 cm a délce trvání - zbytek mohl být např. hmyz). Po celou uvedenou sezónu byl porost kukuřice a podsevu vystaven slunečnímu záření s minimem srážek, což mělo vliv právě i na kvalitu a sílu vzrůstu jednotlivých rostlin. Meziplodina tvořená žitem a jetelem inkarnát přesto vytvořila dostatečně silný a kvalitní porost, který se osvědčil v rámci ochrany před vodní erozí.

Přínosem této práce je především další ověření funkčnosti výše uvedené skladby meziplodin jako účinné ochrany před vodní erozí a zrychleným povrchovým odtokem v rámci pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožených půdách.

Na tomto místě bych chtěl také uvést, že ekonomické náklady na podsev žita setého a jetele inkarnátu by neměly být pro žádného farmáře limitujícím faktorem. Živiny pro kukuřici (nebo jinou plodinu), které nezničí erozní smyv, nelze prakticky ekonomicky vyčíslit.

Lze důvodně předpokládat, že v případě kombinace žita setého a jetele inkarnátu, lze očekávat relativně vysokou ochranu porostů kukuřice seté před erozním smyvem. Toto ovšem ukáže až další praxe a další výzkum na větších pokusných plochách.

## **9. Prameny a literatura:**

Auerswald, K. a kol., 2003: Soil erosion potential of organic versus conventional farming evaluated by USLE modelling of cropping statistics for agricultural districts in Bavaria. *Soil Use and Management*. 19: 305-311.

Babalola, O. Oshunsanya, S. O., ARE, K., 2007: Effects of vetiver grass (*Vetiveria nigritana*) strips, vetiver grass mulch and an organomineral fertilizer on soil, water and nutrient losses and maize (*Zea mays*, L) yields. *Soil and Tillage Research*, 96.1-2: 6-18.

Bennett, H. H., 1939: *Soil conservation*. McGraw-Hill Book Co., Inc.

Chisci, G., Boschi, V., 1988: Runoff and erosion control with hill farming in the sub-coastal Apennines climate. *Soil and Tillage Research* 12, 105-120.

Boardman, J., Poesen, J., 2006: *Soil erosion in Europe*. John Wiley & Sons, 855 pp.



Carr, T. W, Balkovič J., Dodds P. E., Folberth Ch., Skalský R., 2021: The impact of water erosion on global maize and wheat productivity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 322: 107655.

Hunri, H., Herweg, K., Portner, B., Liniger, H., 2008: Soil erosion and conservation in global agriculture, *Land use and soil resources*, ISBN: 978-4020-6777-8 .

Janeček, M. a kol., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha: Powerprint. ISBN 978-80-87415-42-9.

Kadlec, V. a kol., 2014: Navrhování technických protierozních opatření. Metodika. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN 978-80-87361-29-0.

Kalibová, J. a kol., 2022: Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě. *Úroda* 12.

Kincl, D. a kol., 2020: Půdoochranné technologie pro pěstování kukuřice - účinnost před ztrátou živin vlivem vodní eroze: ověřená technologie. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN 978-80-88323-24-2.

Kincl, D. et al., 2022: Soil-conservation effect of intercrops in silage maize. *Soil and Water Research*, 17.3: 180-190.

Kolbabová, V. a kol., 2023: Stanovení konceptu limitních hodnot ztráty půdy vodní erozí z pohledu epizodních událostí. *Vodní hospodářství* 6: 4-10.

Konečná, J. a kol., 2018: Optimalizace ochrany vody a půdy v povodí vodních zdrojů: Metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, ISBN 978-80-87361-87-0.

Menšík, L., Kincl D. a kol., 2018: Pěstování kukuřice seté půdoochrannými technologiemi, Příkladová studie Boskovická brázda Středočeská pahorkatina. Praha Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., ISBN 978-80-7427-288-2 a Výzkumný ústav meliorací a půdy, v. v. i., ISBN 978-80-87361.

Ministerstvo zemědělství, 2021: Situační a výhledová zpráva půda. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 133 s.

Morgan, R.P.C., Rickson, R. J., 1995: Slope stabilization and erosion kontrol: a bioengineering approach. E & FN SPON, 293 pp.

Morgan, R.P.C., 2009: Soil Erosion and Conservation. John Wiley & Sons, 320 pp.

Neružil, P. a kol., 2015: Využití minimalizačních a půdoochranných technologií pro snížení účinků vodní eroze na obdělávaných půdách. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, ISBN 978-80-7427-180-9.

Novotný I. a kol., 2017: Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. 3. Aktualizované vydání. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, ISBN 978-80-87361-67-2.

Kovář P. a kol., 2010: Nové poznatky ve výzkumu eroze, retence vody v krajině a rekultivací, Sborník abstraktů ze semináře, Praha: Česká zemědělská univerzita 2010. ISBN 978-80-213-2083-3.

Porritt, J. a kol., 1992: Zachraňme zemi. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha. ISBN 80-209-0217-1.

Prosdocimi M., Cerdà A., Tarolli P., 2016: Soil water erosion on Mediterranean vineyards: A review. Catena 141: 1–21.

Ryken, N., Nest, T. V., Al-Barri, B., Blake, W., Taylor, A., Bodé, S., Ruyschaert G., Boeckx P., Verdoodt, A., 2018: Soil erosion rates under different tillage practices in central Belgium: New perspectives from a combined approach of rainfall simulations and <sup>7</sup>Be measurements. Soil and Tillage Research, 179, 29-37.

Shrestha, D.P., 1997: Assessment of soil erosion in the Nepalese Himalaya: a case study in Likhu Khola Valley, Middle Mountain Region. Land Husbandry 2(1): 59–80.

Šarapatka B. a kol., 2018: Krajinná struktura – klíč k ochraně biologické rozmanitosti a půdy. *Ochrana přírody* 3: 20-25.

Verheijen, F. G. A., Jones, R. J. A., Rickson, R. J., & Smith, C. J., 2009: Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. *Earth-Science Reviews*, 94(1–4), 23–38.

Vogel E., Deumlich D., Kaupenjohann M., 2016: Bioenergy maize and soil erosion — risk assessment and erosion control concepts. *Geoderma*, 261: 80-92.

VÚMOP, v. v. i., 2017: Analýza a vyhodnocení ekonomických dopadů současných i plánovaných opatření na ochranu půdy na různé kategorie zemědělských podniků. Závěrečná zpráva.

Wischmeier, W. H., Smith, D. D., 1978: Predicting Rainfall Erosion Losses- a Guide to Conservation Planning. *Agriculture Handbook*, Washington, D. C., USDA. 58 pp.

Zimola, J. a kol., 2008: Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. Vyd. 1. Praha: Profi Press, ISBN 978-80-86726-31-1.

**Web:**

[https://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/YPEO/eroze%2006\\_pr\\_otierozni%20opatreni.pdf](https://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/YPEO/eroze%2006_pr_otierozni%20opatreni.pdf)

<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.02.003>

[https://eagri.cz/public/web/file/293635/MZE\\_prirucka\\_ochrany\\_proti\\_erozi\\_zemedel\\_ske\\_pudy\\_2017.pdf](https://eagri.cz/public/web/file/293635/MZE_prirucka_ochrany_proti_erozi_zemedel_ske_pudy_2017.pdf)

## 10. Seznam obrázků

Obr. 1- vymezení pokusných parcel (článek Kalibová a kol. 2022) .....	4
Obr. 2 - schéma technologického vybavení pokusné lokality (článek Kalibová a kol. 2022)..	4
Obr. 3 - detail Parshallova žlabu (vlastní foto 5/2023).....	5
Obr. 4 - detail svodné textilie formou „silt-fence“ (vlastní foto 5/2023).....	6
Obr. 5 - vymezení spodní části parcel metodou „silt-fence“ (článek Kalibová a kol. 2022)...	6
Obr. 6 - detail sedimentační jímky s vyústěním do Parshallova žlabu (vlastní foto 5/2023)...	7
Obr. 7 - detail umístění svodné textilie u jímky (vlastní foto 5/2023).....	7
Obr. 8 - telemetrická stanice pro přenos dat (vlastní foto 5/2023).....	8
Obr. 9 - srážkoměr (vlastní foto 5/2023).....	8
Obr. 10 - stav sedimentační jímky před opravou (vlastní foto, 5/2023) .....	22
Obr. 11 - stav sedimentační jímky č. 2 po opravě (vlastní foto, 5/2023) .....	23
Obr. 12 - úprava textilie jímky (vlastní foto, 5/2023) .....	23
Obr. 13 - opravený a vyčištěný Parshallův žlab (vlastní foto, 5/2023) .....	24
Obr. 14 - opravovaná svodná textilie (forma silt-fence, vlastní foto 5/2023).....	24
Obr. 15 - erozní rýhy na pokusné parcele 1, kontrolní plocha (Fotomapa ČÚZK) .....	25
Obr. 16 - erozní rýhy na pokusné parcele 2, jílek (Fotomapa ČÚZK) .....	26
Obr. 17 - erozní rýhy na pokusné parcele 3; žito a jetel (Fotomapa ČÚZK) .....	26
Obr. 18 - začátek koryta hluboké erozní rýhy (vlastní foto 6/2023) .....	28
Obr. 19 - rýha ve vzdálenosti 11 m od severní hrany pole (vlastní foto 6/2023) .....	28
Obr. 20 - koleje od techniky ve vojtěšce (vlastní foto 6/2023).....	29
Obr. 21 - erozní rýhy pod koleji od techniky - mez (vlastní foto 6/2023) .....	30
Obr. 22 - pomocné měření hloubky rýh, hloubka 23 cm (vlastní foto 6/2023) .....	31
Obr. 23 - rýha č. 7, pole na jímku 1 (vlastní foto 6/2023) .....	32
Obr. 24 - množství erozního smyvu pod rýhami 9-11 (vlastní foto, 6/2023) .....	33
Obr. 25 - jímka č. 1 před odběrem sedimentu (vlastní foto 6/2023) .....	34
Obr. 26 - erozní smyv pod parcelou č. 2 (vlastní foto 6/2023) .....	35
Obr. 27 - viditelnost podsevu parcela č. 2, jílek (vlastní foto 6/2023) .....	36
Obr. 28 - funkčnost podsevu parcela 2 (vlastní foto 6/2023) .....	36
Obr. 29 - výrazná rýha parcela 2 (vlastní foto 6/2023) .....	37
Obr. 30 - sedimentační jímka č. 2 před vyčištěním (vlastní foto 6/2023) .....	38
Obr. 31 - vzrůst a hustota meziplodin na parcele č. 3 (vlastní foto 7/2023) .....	39
Obr. 32 - sedimentační jímka č. 3 před vyčištěním (vlastní foto 7/2023) .....	40
Obr. 33 - sedimentační jímka č. 2 před vyčištěním (vlastní foto 7/2023) .....	41
Obr. 34 - sedimentační jímka č. 1 před dne vyčištěním (vlastní foto 7/2023).....	42
Obr. 35 - spodní hrana jímky č. 1 před vyčištěním (vlastní foto 7/2023) .....	42
Obr. 36 - jímka č. 3 před vyčištěním (vlastní foto 9/2023) .....	43
Obr. 37 - srážkoměr s vosami (vlastní foto 9/2023) .....	44
Obr. 38 - jímka č. 2 před vyčištěním (vlastní foto 9/2023) .....	45
Obr. 39 - jímka č. 1 před vyčištěním (vlastní foto 9/2023) .....	46
Obr. 40 - poničená svodná textilie (vlastní foto 9/2023) .....	47
Obr. 41 - rýha od stroje pod konvencí (vlastní foto 9/2023) .....	47

Graf č. 1: Průběh průtoků 10. 6. 2023 .....	50
Graf č. 2: Průběh průtoků 16. 7. 2023 .....	50
Graf č. 3: Průběh průtoků 2. 9. 2023 .....	51
Graf č. 4: Hmotnost sedimentu (v kg) po srážkách 27. 6. 2023 .....	52
Graf č. 5: Hmotnost sedimentu (v kg) po srážkách 19. 7. 2023 .....	53
Graf č. 6: Hmotnost sedimentu (v kg) po srážkách 2. 9. 2023 .....	53
Obr. 42 - vzorky sedimentu (vlastní foto 9/2023) .....	53

## 11. Tabulky

Tab. č. 1 – Počet erozních rýh .....	33
Tab. č. 2- výsledná hmotnost vláhy vzorku – kontrola .....	54
Tab. č. 3 – výsledná hmotnost vláhy vzorku – jílek .....	54
Tab. č. 4 výsledná hmotnost vláhy – žito + jetel inkarnát .....	55
Tab. č. 5 – rozdíl ve smyvu proti kontrole.....	56

## 12. Rovnice

Rovnice č. 1 – váhová (hmotností) vlhkost .....	9
Rovnice č. 2 – výpočet procent.....	10