

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra plánování krajiny a sídel



Vliv porostů podseвовých plodin na snížení vodní eroze ve
chmelnicích

**Influence of undersown crops vegetation on a decrease of water erosion in
hop fields**

Diplomová práce

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

Diplomant: Bc. Jitka Dvořáková

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jitka Dvořáková

Regionální environmentální správa

Název práce

Vliv porostů podsekových plodin na snížení vodní eroze ve chmelnicích

Název anglicky

Influence of undersown crops vegetation on a decrease of water erosion in hop fields

Cíle práce

Cílem diplomové práce je zhodnocení vlivu aplikace podsekových plodin do meziřadí chmelnic na snížení rizika vodní eroze. Bude sledováno více druhů plodin a následně posuzován jejich vliv na vlastnosti a strukturu půdy zvláště z hlediska snížení rizika eroze. Výsledkem práce bude určení nejefektivnějších druhů podsevů, s návrhem jejich využití ve chmelařských oblastech, i jako ekologické náhrady konvenčního obhospodařování.

Metodika

V práci bude zpracována podrobná literární rešerše k problematice půdních erozí a jejich předcházení v chmelařských lokalitách. Na vybrané chmelnici budou realizovány pokusy a odběry i následné zpracování půdních vzorků a vzorků sedimentu. Dojde k ověření vlastností konkrétních podsekových plodin z hlediska pokrývnosti, růstových parametrů, vývoje během vegetačního období a jejich vlivu na míru utužení půdy. Součástí pokusů bude i sledování teplotního režimu na chmelnicích. Data budou statisticky vyhodnocena a porovnána.

Doporučený rozsah práce

Dle Nařízení děkana č. 02/2020 – Metodické pokyny pro zpracování diplomové práce na FŽP

Klíčová slova

Chmelnice, podsev, eroze, porost, půda

Doporučené zdroje informací

- BLUM, Winfried E. H.; SCHAD, Peter; NORTCLIFF, Stephen. *Essentials of soil science : soil formation, functions, use and classification (world reference base, WRB)*. Stuttgart: Borntraeger, 2018. ISBN 978-3-443-01090-4.
- 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; KRÍŽEK, Pavel; LIZOŇOVÁ, Dominika; SVOBODA, Jiří. *Půda a život civilizací : co děláme půdě, děláme sobě*. Praha: Dokořán, 2021. ISBN 978-80-7675-015-9.
- GLOSER, Vít a kolektiv. Transport vody v rostlinách chmele za dostatečné a snížené dostupnosti vody v půdě. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2011, 205. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2011. ISBN 978-80-7427-068-0
- HUDSON, Normán. *Soil conservation*. LONDON: BATSFORD, 1989.
- KINCL D., KABELKA D., SRBEK J., ČÁP P., PETRŮ A., PETERKA M., KROFTA K., POKORNÝ J., 2018a: Půdoochranné technologie pro pěstování chmelu. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha. ISBN 978-80-87361-90-0.
- MCKYES, Edward. *Agricultural Engineering Soil Mechanics*. Amsterdam: Elsevier, 1989. ISBN 0-444-88080-1.
- ŠTRANC, Přemysl. Zpracování půdy ve chmelnicích. Vyd. 1. Praha [i.e. České Budějovice]: Kurent, 2008, 139 s. ISBN 978-80-87111-11-6.
- 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.
-

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 25. 4. 2023

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 11. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 06. 03. 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou/závěrečnou práci na téma: „*Vliv porostů podsekových plodin na snížení vodní eroze ve chmelnicích*“ vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedl/a na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, 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 vědoma, 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 Praze.....

.....

Bc. Jitka Dvořáková

Poděkování

Chtěla bych na tomto místě poděkovat vedoucímu práce doc. Ing. Janu Vopravilovi, Ph.D., konzultantovi Ing. Davidu Kinclovi, Ing. Davidu Kabelkovi a Ing. Věře Urge za odborné a cenné rady, pozitivní přístup, ochotu, trpělivost, a podporu.

Dále patří poděkování mé rodině a všem blízkým, kteří mě během celého studia podporovali.

Abstrakt

Chmelařství má v českých zemích dlouholetou tradici a jeho úspěchy jsou známé téměř po celém světě. Při pěstování chmele jsou erozně ohrožené pozemky vlivem silných dešťů náchylné k degradaci půdy, kdy dochází ke ztrátě živin a snižuje se úrodnost půdy. Je tedy třeba věnovat více úsilí na systematickou ochranu chmele.

Diplomová práce pojednává o využití podsevných plodin v meziřadí, jako variantě půdoochranné technologie při pěstování chmele. Rešeršní část se věnuje půdě, její degradaci vlivem erozí a návrhům protierozních opatření. V práci je dále zpracováno téma pěstování chmele a využití meziplodin při jeho ochraně proti vodní erozi.

V praktické části je charakterizováno území Solopysky, na kterém je na pilotním území chmelnice realizován výzkum. Ten se uskutečnil za použití simulátoru deště, kdy byly porovnávány změny vláhového režimu u variant ploch osetých meziplodinami s konvenčně zpracovanou půdou. Byly odebrány vzorky půdy i sedimentů k laboratornímu výzkumu a naměřené základní parametry, jako například infiltrace a ztráta půdy, byly zpracovány, porovnávány a vyhodnoceny.

Dále probíhal monitoring dalších šesti druhů vysetých meziplodin, které byly porovnány z hlediska růstových vlastností.

Práce vyhodnocuje vybrané technologie z pohledu jejich účinnosti proti vodní erozi a schopnosti zabránit odnosu cenných živin z chmelnic.

Výsledkem je rekapitulace zjištěných půdoochranných vlastností použitých meziplodin a návrh nejlépe hodnocených k možnému využití pro obhospodařování chmelnic.

Klíčová slova:

Půda, chmelnice, vodní eroze, meziplodiny

Abstract

Hop-growing has a long tradition in the Czech lands and its successes are well known almost all over the world. When growing hops, erosion-prone land is affected by heavy rainfall, the soil is prone to soil degradation, where nutrients are lost and the soil fertility is reduced. More efforts should therefore be made to systematically protect hops.

The thesis discusses the use of intercropping as an option for soil conservation technology in hop cultivation. The research part is devoted to the soil, its soil degradation due to erosion and proposals for erosion control measures. The thesis further elaborates the topic of hop cultivation and the use of intercrops in its protection against water erosion.

In the practical part, the area of Solopysky, where the research is carried out on a pilot hop-growing area, is characterized. This was carried out using a rainfall simulator, comparing changes in the moisture regime in variants of areas sown with intercrops with conventionally treated land. Soil and sediment samples were taken for laboratory investigation and the measured basic parameters such as infiltration and soil loss were processed, compared and evaluated.

In addition, six other species of sown intercrops were monitored and compared in terms of growth characteristics.

The paper evaluates the selected technologies in terms of their effectiveness against water erosion and their ability to prevent the removal of valuable nutrients from the hop fields.

In conclusion, the thesis recapitulates the observed soil conservation properties of the used intercrops and the proposal of the best evaluated ones for possible use in hop-growing.

Key words:

soil, hops, hopyards, water erosion, intercrops

Obsah:

1. Úvod	1
2. Cíl práce.....	3
3. Půda	4
3.1 Charakteristika	4
3.2 Funkce	5
3.3 Vlastnosti půdy	6
3.3.1 Fyzikální vlastnosti	6
3.3.2 Chemické vlastnosti.....	9
3.3.3 Biologické vlastnosti	11
3.4 Složky	13
3.5 Kvalita	14
3.6 Degradace půdy	15
4. Eroze půdy.....	18
5. Vodní eroze.....	20
5.1 Formy vodní eroze	21
5.2 Vznik a příčiny vodní eroze	23
5.3 Důsledky vodní eroze.....	24
5.4 Určení ohroženosti půdy vodní erozí	25
5.4.1 Rovnice USLE	26
5.4.2 Rovnice RUSLE.....	29
5.5 Ochrana a návrh opatření proti vodní erozi.....	29
5.5.1 Organizační opatření	30
5.5.2 Agrotechnická opatření.....	31
5.5.3 Technická opatření	34
6. Protierozní vyhláška.....	38
7. Pěstování chmele v ČR.....	40
7.1 Chmelařské oblasti.....	40
7.2 Charakteristika a využití chmele	42

7.3	Technologie pěstování	44
8.	Půdoochranné technologie.....	46
8.1	Meziplodiny	46
8.2	Využití podsevových plodin v meziřadí chmelnic	52
8.2.1	Popis vybraných meziplodin použitých v praktické části při pokusných pozorování.....	53
9.	Metodika	57
9.1	Popis sledovaného území	57
9.2	Měření za použití simulátoru deště	59
9.3	Sledování meziplodin	63
10.	Vyhodnocení.....	65
10.1	Měření za použití simulátoru deště	65
10.1.1	Statistické vyhodnocení	69
10.2	Sledování meziplodin	76
11.	Diskuze	84
12.	Závěr	86
13.	Seznam literatury a použitých zdrojů	87
14.	Seznam obrázků, tabulek a grafů.....	94
	Příloha č. 1 - Měsíční hodnoty teplot a srážek	98

Seznam použitých zkratek a symbolů

BPEJ – Bonitovaná půdně ekologická jednotka

DZES – Dobrý zemědělský a environmentální stav půdy

EU – Evropská unie

HPJ – Hlavní půdní jednotka

MEO – Mírně erozně ohrožené půdy

MZe – Ministerstvo zemědělství

RUSLE – Revidovaná univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty
půdy erozí

SEO – Silně erozně ohrožené půdy

SPU – Státní pozemkový úřad

SZIF – Státní zemědělský intervenční fond

TPEO – Technická protierozní opatření

ÚKZÚZ – Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

USLE – Univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí

VUPT – Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o.

VÚMOP v.v.i. – Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i.

ZPF – Zemědělský půdní fond

ŽPČ – Žatecký poloraný červeňák

1. Úvod

Půda patří mezi jedno z nejcennějších, a hlavně nenahraditelných přírodních bohatství, které ale také bohužel není obnovitelné. Je důležitou složkou životního prostředí a prakticky všech ekosystémů, stanovištěm pro rostliny a prostředím pro velké množství nejrůznějších organismů. Působí také jako filtrační a kumulační prostředí pro vodu, je prostředníkem výměny energie a plynů, a také zadržuje, degraduje a někdy také uvolňuje možné rizikové prvky.

Půda je v podstatě multifunkční.

Nejen v České republice, ale i ve světovém měřítku je půda ohrožena degradací, mezi jejíž významné faktory vzniku patří její utužení, nezemědělské využití, acidifikace, úbytek organické hmoty, kontaminace a také větrná nebo vodní eroze (Vopravil a kol. 2010a).

Degradace půdy bude v budoucnu také záviset na vlivu očekávaných klimatických změn a událostí (sucho, záplavy...), a bude mít s určitostí negativní dopad na zemědělství.

Dle Lal (2015) je východiskem zlepšení kvality půdy, které sníží chemická, biologická, fyzikální a ekologická rizika degradace půdy, a lepší zároveň životní prostředí.

Mezi zemědělské, speciální plodiny, které jsou náchylné k ohrožení vodní erozí patří také chmel otáčivý. V českých zemích má historicky významnou, dlouholetou tradici pěstování, ale jeho obhospodařování v řadách o šířkách 2,7 – 4,2 m bez užití půdoochranných technologií má za následek nedostatečnou ochranu před vodní erozí.

Jako účinnou ochranou před tímto ohrožením ve chmelnicích je varianta ozelenění meziřadí, jehož přínosem je zlepšení vodního režimu půdy, zvýšení infiltrace půdy, menší odnos erodovaného materiálu apod. (Štranc, 2012). Trvalý pokryv půdního povrchu přispívá k optimalizaci teplotních a vlhkostních poměrů půdy a má vliv na mikroklima kultur (Vejražka a kol. 2017). Dle Stalkera (2010) je nutné zvyšovat odolnost půdy pravidelným dodáváním organické hmoty do půdy.

Ozelenění zlepšuje významně strukturu půdy, organická hmota pozitivně ovlivňuje vlastnosti půdy fyzikální, chemické i biologické a tím také zlepšuje úrodnost půdy (Badalíková a kol. 2016).

Příznivý účinek meziplodin je již dlouhodobě a obecně přijat, a jejich význam stále více stoupá v souvislosti s jejich pozitivním vlivem na půdní prostředí (Vach a kol. 2009). Pokud je nárůst biomasy meziplodin díky jejich včasnému zasetí dostatečný, téměř spolehlivě ochrání povrch půdy před vodní erozí (Vach a kol. 2005).

Nyní již závisí dle dlouhodobějších zkušeností a výzkumů na zhodnocení protierozních vlastností jednotlivých konkrétních meziplodin, a doporučení výběru nejvhodnějších k dalšímu využití pro praxi.

2. Cíl práce

Cílem diplomové práce je vyhodnocení vlivu podsevových plodin, jako varianty půdoochranné technologie, na vlastnosti půdy při pěstování chmele otáčivého. Nejprve je shrnuta a popsána půda obecně, eroze, které na půdu působí a degradují ji, se zaměřením na erozi vodní. Dále je charakterizován chmel i jeho pěstování v České republice, a v neposlední řadě využití možných půdoochranných technologií.

Ověřování vlivu účinnosti zvolených technologií na ochranu půdy je realizováno na chmelnici za pomoci simulátoru deště a také monitoringem vysetých meziplodin.

Záměrem je, i za pomoci odebraných vzorků, změřit infiltraci, povrchový odtok, ztrátu půdy vodní erozí, vlhkost půdy a další parametry. Dále je cílem porovnat a statisticky vyhodnotit, i s pomocí grafů, získaná data a následně posoudit rozdíl účinnosti proti vodní erozi mezi variantou ploch osetých meziplodinami s konvenčním zpracováním půdy.

Na závěr budou výsledky porovnány s již známými skutečnostmi, potvrzen vliv meziplodin na ochranu půdy před následky vodní eroze při pěstování chmele, a navrženy nejvhodnější druhy podsevů k dalšímu možnému využití v praxi.

3. Půda

3.1 Charakteristika

Půda (neboli pedosféra) je biologicky aktivní, strukturní porózní vrstva, která se vyvinula na suchozemském povrchu naší planety. Je to tedy nejsvrchnější část kontinentální zemské kůry a jedna ze základních složek životního prostředí. Nachází se na povrchu litosféry a úzce souvisí s atmosférou, hydrosférou a biosférou (Šarapatka a kol. 2021)

Půda tvoří spolu s atmosférou, hydrosférou a biocenózou funkční ekologický systém – ekosystém, a musíme ji chápat komplexně jako jednu ze složek životního prostředí. Díky své schopnosti autoregulace vnitřních procesů se jedná o systém celkem samostatný, ale složitý a otevřený.

Složitost systému je umocňována variabilitou v závislosti na lokalitě (vliv geologického podloží, reliéfu terénu, antropogenní činnosti) (Sáňka, Materna, 2004).

Z pohledu lidské generace je půda přírodním zdrojem neměřitelným, protože průměrně 1 cm půdy vzniká 100 a více let.

Půda patří mezi neobnovitelné přírodní zdroje a je tedy nezbytné na ní z tohoto pohledu nahlížet (Vopravil a kol., 2010a).

Dle Jedličky (2018) NASA zjistila, že se ve světě hospodaří na 1,87 miliard hektarů (ha), což je o 15 až 20 % více, než uváděly poslední odhady. Je to zřejmě dáno tím, že snímky ze satelitu jsou nyní nepoměrně kvalitnější, a bylo tak objeveno až o 20 % zemědělské půdy více.

Mezi země, které mají nejvíce zemědělské půdy, patří Indie (179,8 milionů ha), USA (167,8 milionů ha), Čína (165,2 milionů ha) a Rusko (155,8 milionů ha).

Celková výměra zemědělského půdního fondu (ZPF) České republiky k 31. 12. 2020 činí 4 200 204 ha, což je 53,25 % celkové rozlohy půdního fondu ČR (7 887 101 ha). Z toho orná půda se rozkládá na 2 931 713 ha (tj. 37,17 % z celkové výměry půdního fondu), chmelnice 9 548 ha, vinice 20 179 ha, zahrady 172 056 ha, ovocné sady 44 022 ha a trvalé travní porosty (louky a pastviny) 1 022 686 ha. Lesní půdy zaujímají 2 677 329 ha (tj. 33,95 % z celkové výměry půdního fondu), vodní plochy 167 248 ha, zastavěné plochy a nádvoří 133 277 ha a ostatní plochy 709 044 ha (MZe ©2021).

Z těchto čísel by se mohlo zdát, že půda je vlastně nevyčerpatelná, je všude kolem nás. Život probíhá na půdě a také díky půdě, ale málokdo jí věnuje patřičnou pozornost.

A půda také doslova překypuje životem. Jediná hrst hlíny obsahuje víc organismů, než kolik žije lidí na celém světě. Dvě třetiny všech živočišných druhů žijí pod zemí. Přestože plní pro život naprosto nepostradatelné funkce, v ochraně půdy selháváme. Kvůli špatnému zacházení přicházíme každoročně přibližně o 24 miliard tun úrodné půdy (Bartz D. a kol. 2018).

3.2 Funkce

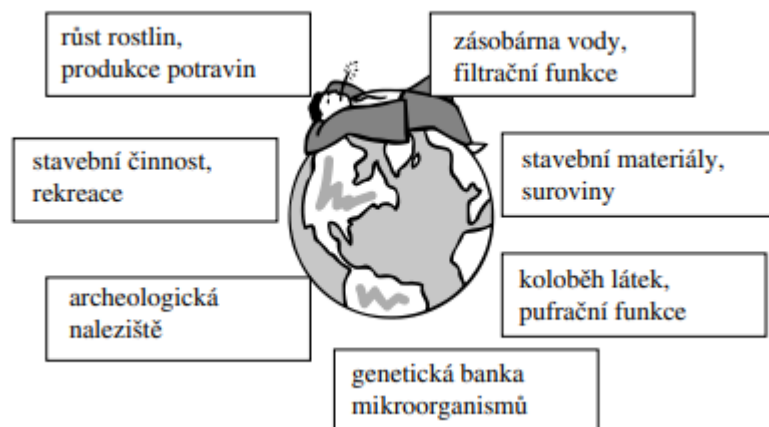
Půda má velké množství funkcí, které se rozdělují na produkční a mimoprodukční, a ty se navzájem prolínají:

- Půda je základním článkem potravního řetězce, je substrátem pro růst rostlin, zajišťuje produkci potravin, technických plodin a dřeva.
- Půda vytváří podmínky a prostor pro život mikroorganismů, které jsou zásobárnou genetické informace, dále rostlin a živočichů, je součástí suchozemských ekosystémů.
- V půdě se rozkládají odumřelé organismy a zbytky rostlin a díky složitým procesům se vytváří postupem času humus, při jeho mineralizaci jsou dále zpřístupňovány živiny nezbytné pro výživu rostlin.
- Půda je významným retenčním prostorem v krajině, v němž je voda i filtrována a čištěna.
- V půdě se ukládá uhlík, tím je omezeno uvolňování CO₂ do atmosféry a půda přispívá k ochraně vůči skleníkovému efektu (Šarapatka a kol. 2021).

Půdní organická hmota je hlavní suchozemskou zásobárnou uhlíku, dusíku, fosforu a síry, a také působí jako environmentální pufrální medium, které zadržuje, degraduje, ale za určitých podmínek i uvolňuje potenciálně rizikové látky.

Z půdy pochází mnoho základních složek stavebních materiálů a surovin a současně půda poskytuje prostor pro umístování staveb. Dále je využívána pro rekreační činnost a jiné aktivity člověka. V neposlední řadě je půda prostředím, v němž probíhá archeologický a paleontologický výzkum.

Lze říci, že půda je nepostradatelnou složkou životního prostředí a má velký rozsah funkcí – je multifunkční (Sáňka, Materna, 2004).



Obr. 1: Schématické znázornění funkcí půdy (Sáňka, Materna, 2004)

3.3 Vlastnosti půdy

Vlastnosti půd se dělí na tři základní kategorie, jedná se o vlastnosti fyzikální, chemické a biologické. Každá jednotlivá vlastnost patřící do jakékoliv základní kategorie má vliv na kvalitu půd a její možné využití.

3.3.1 Fyzikální vlastnosti

Souvislost s prostorovým uspořádáním půdy mají vlastnosti fyzikální, kterých je celá řada.

Některé z nich mohou být velmi proměnlivé (např. vlhkost), ale řada dalších je naopak poměrně stálá (textura nebo specifická hmotnost). Některé vlastnosti se mění působením člověka, často nechtěně (Šimek a kol. 2015).

Jak uvádí Šarapatka a kol. (2021) mezi nejdůležitější základní vlastnosti pevné fáze půdy patří např. struktura půdy, zrnitostní složení (textura), specifická a objemová hmotnost, ale i další funkční vlastnosti, které souvisejí s teplotními poměry, půdní vodou a půdním vzduchem.

➤ **Struktura půdy**

Atribut struktura půdy charakterizuje uspořádání pevných částic v půdním horizontu, jejich shlukování do agregátů, tvar, velikost a distribuci pórů mezi nimi. Dle Šimka (2003) významně ovlivňuje vodní a vzdušné poměry v půdě, určuje a vytýká prostor pro chemické, a i biologické procesy v půdě.

Je určována faktory fyzikálními (vysychání, zvlhčování, mrznutí, tání), chemickými (chemické a mineralogické skladby, tvorby agregátů) a biologickými (působení půdních živočichů, kořenů a mikroorganismů). Stanovuje se pro jednotlivé horizonty (Sáňka a kol. 2018).

Pokud se týká tvaru, rozlišujeme strukturu kulovitou (dle velikosti např. drobtovitá), polyedrickou, hranolovitou (prismatickou), sloupkovitou a deskovitou s různě velkými elementy. V rámci kulovité struktury, která je typická pro povrchové horizonty, preferují zemědělci drobtovitou strukturu o velikosti částic 5–10 mm (Šarapatka a kol. 2021).



Obr. 2: Tvary půdních agregátů (Šarapatka a kol. 2021)

Se stavem struktury půdy úzce souvisí pórovitost půdy, což je další důležitá vlastnost, která uvádí celkový objem pórů v neporušené půdě. Póry jsou vyplněny vzduchem nebo vodou (Šimek, 2003).

Dle Šarapatky a kol. (2021) se pórovitost stanoví z rozdílu měrné hmotnosti (hmotnost půdy bez pórů) a objemové hmotnosti (hmotnost půdy s póry). Kvalitní zemědělské půdy by měly mít pórovitost alespoň 45 %. Celková pórovitost zemědělských půd indikuje kyprost, ulehlost a případné škodlivé zhutnění půdy. Pokud je pórovitost nízká, dochází k narušení vodního režimu i k negativnímu ovlivnění chemických, fyzikálních a biologických vlastností půdy.

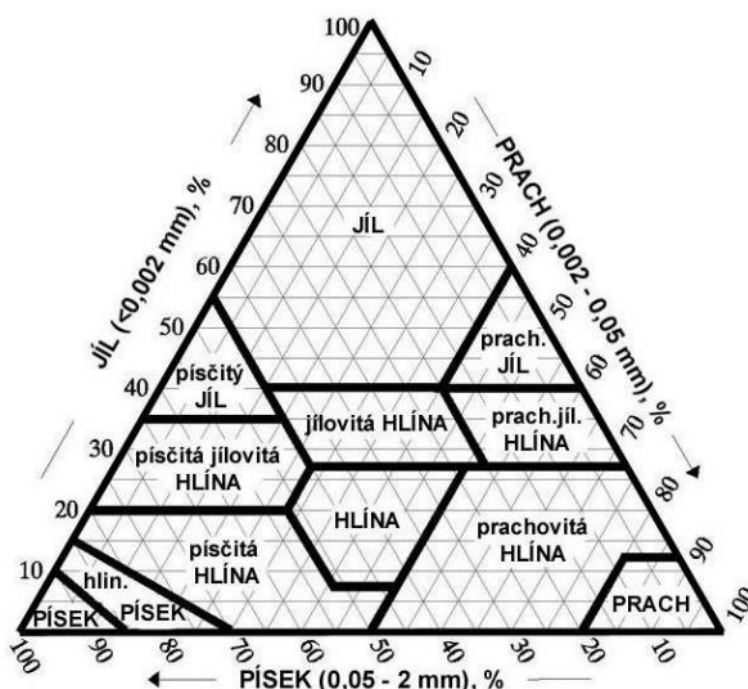
➤ **Textura (zrnitostní složení)**

Textura (zrnitost) uvádí velikost a poměrné zastoupení jednotlivých půdních frakcí. Ovlivňuje téměř všechny půdní vlastnosti, zejména poměr vzduchu a vody, obsah a složení edafonu, fyzikálně chemické a biochemické procesy. Zrnitost zásadně ovlivňuje fyzikální vlastnosti zemin a v praxi ji můžeme měnit jen obtížně (Pokorný a kol. 2007).

Půdy, které se druhově odlišují a mají rozdílný obsah částic různých velikostí se diferencují ve schopnostech sorbovat rozpustné součásti půdního roztoku. Půdy hlinité, a zvláště jílovité, obsahují mnoho jílových částic s velkým měrným specifickým povrchem a mají větší schopnost půdní sorpce než půdy písčité (Ledvina a kol. 2000).

Existuje a používá se více metod hodnocení zrnitosti. Dle Vopravila a kol. (2010a) se můžeme setkat se stupnicí Kopeckého, zjednodušeným Spirhanzlovým grafikonem, Novákovou tabulkovou metodou nebo klasifikačním trojúhelníkovým diagramem. Novákova stupnice rozlišuje 7 kategorií druhů půd podle kvantitativního zastoupení jílnatých částic menších než 0,01 mm. Půdy s vyšším obsahem písku se označují jako lehké, půdy s převažujícím obsahem slitu jako středně těžké a ty s vysokým obsahem jílu jsou půdy těžké.

V ČR se nejčastěji používá jednoduchá a praktická Novákova klasifikace, přesnější a podrobnější je nicméně klasifikace v rámci Taxonomického klasifikačního systému půd ČR.



Obr. 3: Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd (Němeček a kol. 2001)

➤ Půdní voda

Zásadní veličinou, která ovlivňuje růst rostlin je obsah vody v půdě, jejíž zásoba závisí na výšce podzemní hladiny podzemní vody a na srážkách. Schopnost půdy zadržovat vodu je závislá především na struktuře a textuře půdy.

Jak uvádí Sáňka, Materna (2004), k popisu této charakteristiky se používají půdní hydrolimity:

- polní vodní kapacita (obsah vody v půdě po ztrátě vody gravitační),
- maximální vodní kapacita (maximální množství vody půdou zadržené),

- bod vadnutí (obsah vody při kterém rostliny již nejsou schopny překonat síly poutající molekuly vody v půdě),
- maximální kapilární vodní kapacita (schopnost půdy zadržovat vodu pro potřeby rostlin),
- retenční vodní kapacita (obsah vody zadržovaný v kapilárních pórech).

V terénu určujeme vlhkost pocitem, který zemina vyvolává stiskem v dlani.

Používá se stupnice: 1. vyprahlá, 2. suchá, 3. vlháká, 4. vlhká, 5. mokrá a 6. zbahnělá.

Vlhkost je také důležitým doprovodným atributem pro charakteristiku barvy a konzistence (Sáňka a kol. 2018).

3.3.2 Chemické vlastnosti

Mezi nejdůležitější chemické vlastnosti jednoznačně patří elementární (prvkové) a mineralogické složení půdy. Z něho vychází vlastnosti půdního sorpčního komplexu, který je tvořen například jílovými minerály, a to, jak je půda zásobena živiny. Mezi další významné vlastnosti patří půdní reakce (pH půdy), složení půdního roztoku a půdního vzduchu, obsah uhličitánů a solí a dále obsah a složení půdní organické hmoty.

➤ Mineralogické složení půd

Složení má zásadní vliv na velikost půdních částic. Kupříkladu v oblastech mírného pásma jsou písek a prach tvořeny zejména křemenem, na vápencích kalcitem nebo dolomitem. V tropech dominují oxidy železa a hliníku, díky masivnímu zvětrávání křemene. V aridních oblastech probíhá pro nedostatek vody chemické zvětrávání jen velmi pomalu, proto zde převládají obecně primární minerály. Mohou se také vyskytovat minerály v půdě vzniklé, jako kalcit nebo sádrovec, které rekrystalizují z rozpuštěných forem. Jílové částice jsou tvořeny zejména jílovými minerály, sesquioxidy, amorfními minerály a humusovými látkami. Běžně se vyskytují ve formě koloidů. Textura půdy je velmi stabilní, mění se pomalu v souvislosti s průběhem zvětrávacích procesů a celkovým vývojem půdy (Šimek, 2003).

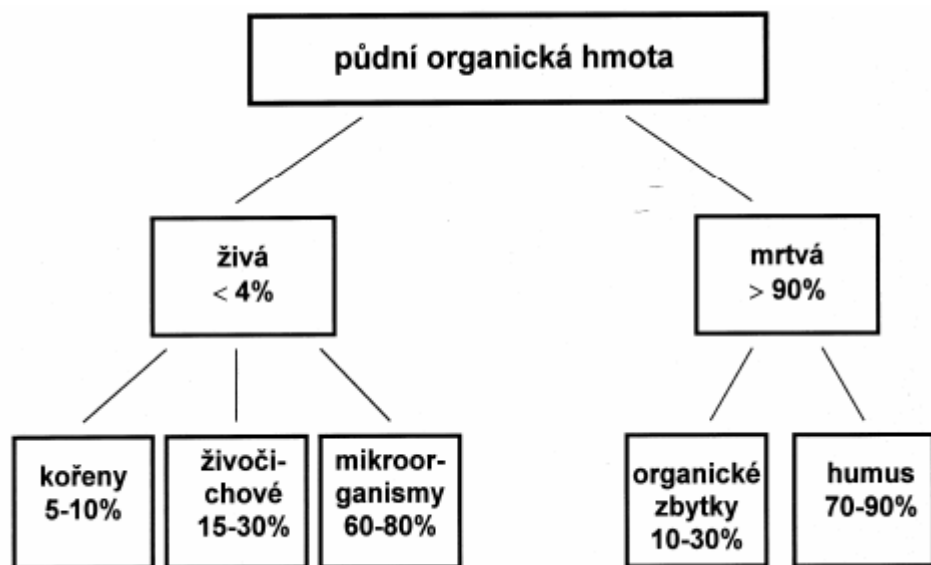
➤ Obsah organické hmoty

Uhlík je základní složkou organické hmoty v půdě, jeho zásoba v půdě je nejméně stabilní a může tak ovlivňovat celkový uhlíkový cyklus.

Obsah organické hmoty (humusu) v půdě je velmi zásadní veličinou, která ovlivňuje vlastnosti půdy, její úrodnost i celou funkci půdy v ekosystému.

Dle Sáňky a kol. (2018) je důležitým parametrem kvalitativní složení humusu, který se pro zemědělské půdy vyjadřuje poměrem uhlíku k celkovému dusíku v půdě nebo poměrem huminových kyselin a fulvokyselin. Číslo <10 (C:N) se pokládá za ukazatele dobré kvality humusu, hodnoty 7 a méně mohou ukazovat na závažné antropogenní poruchy, které vedou ke vzniku labilních organických látek a jejich nadměrné mineralizaci. Humus je méně kvalitní, pokud hodnota od čísla 10 stoupá. Poměr huminových kyselin a fulvokyselin je lepším ukazatelem kvality. Např. u podzolových půd se tento poměr pohybuje do 0,5, u černozemních půd je většinou větší než 2.

Pro půdní organickou hmotu jsou základním zdrojem rostliny a jejich zbytky a části vč. kořenů, a dále různé odumřelé buňky půdních autotrofních mikroorganismů. Druhotným zdrojem organické hmoty jsou živočichové a heterotrofní půdní mikroorganismy, z nichž se mnozí živí rostlinnou biomasou a produkují exkrementy a následně po odumření zanechávají v půdě svá těla. Někteří živočichové (např. žížaly) mají také důležitou úlohu při přemísťování rostlinných zbytků a dalších půdních částic v půdě (Šimek, 2003).



Obr. 4: Rozdělení organické hmoty v půdě (hmotnostní %) (Šimek, 2003)

➤ Půdní reakce

Půdní reakce má vliv nejen na rozpustnost sloučenin v půdním roztoku, ale i např. na příjem živin rostlinami, řadí se k zásadním vlastnostem půdy. Stanovuje se jako pH (pondus Hydrogenii) půdy a hodnota pH vyjadřuje (ve vodných roztocích) záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových

iontů. Podle půdní reakce (škála hodnot 0–14) se půdy dělí na kyselé (hodnota <7), neutrální (hodnota = 7) a zásadité/alkalické (hodnota >7).

Dle Vopravila a kol. (2010a) patří okyselování půdy (acidifikace) k jednomu z mnoha důvodů degradace půdy. Hlavní příčinou okyselování půd je přítomnost kyselých dešťů v důsledku znečišťování ovzduší a také použití nevhodných hnojiv při obhospodařování zemědělských půd.

Co se týká prvků v půdě, jejich obsah souvisí se složením litosféry a také s půdní organickou hmotou. Prvky můžeme rozdělit na makroelementy (převládající část půdní hmoty) a mikroelementy (mikro množství). Největší zastoupení v půdě mají kyslík (O), křemík (Si), hliník (Al) a železo (Fe), tvořící cca 90 % obsahu prvků v půdách. Křemík s hliníkem tvoří kostru půdní hmoty.

Dále je v půdě velmi významný i uhlík (C), jehož obsah v půdě je asi 20x vyšší než v litosféře a je podstatnou součástí organické hmoty. Z makroelementů jsou dále velmi důležité živiny pro růst rostlin: dusík (N), fosfor (P) a draslík (K), a v neposlední řadě vápník (Ca), hořčík (Mg), síra (S) či sodík (Na).

Mezi mikroelementy řadíme např. bór (B), mangan (Mn), měď (Cu), molybden (Mo) a zinek (Zn), kobalt (Co), jod (I), fluor (F), které mají rovněž význam ve výživě rostlin.

V půdě se mohou vyskytovat i potenciálně rizikové prvky, mezi něž zařazujeme např. arzén (As), olovo (Pb), kadmium (Cd), chrom (Cr), rtuť (Hg), které se mohou v půdě vyskytovat přirozeně (v půdotvorném substrátu) nebo mohou být do půdy vnášeny činností člověka. Jejich obsahy jsou v půdách sledovány v rámci monitoringu (Šarapatka a kol. 2021).

3.3.3 Biologické vlastnosti

Mezi biologické vlastnosti půd patří rozmanité popisy znaků společenstev půdních organismů a biologických procesů. Řadíme mezi ně např. početnost, biomasu a aktivity jednotlivých skupin půdních organismů, rychlost přeměn sloučenin dusíku, rychlost respirace, enzymatické aktivity, dále i složení a strukturu půdního mikrobiálního společenstva, obsah DNA a další.

Podzemní části rostlin a edafon jsou dvě základní složky, které se podílejí na vzniku a vývoji úrodnosti (kvality) půdy a reprezentují organismy, které svými životními procesy neustále vyvolávají biochemické a biofyzikální procesy v půdě. Proto musíme půdy posuzovat nejen z hlediska fyzikálních a chemických, ale i z pohledu vlastností biologických.

Edafon má původ jak rostlinný (fytoedafon), tak i živočišný (zooedafon), a jeho biomasa na hektar se může pohybovat kolem 10 i více tun. Edafon se podílí na rozkladu mrtvé organické hmoty rozměňováním, tedy mechanicky.

Dle velikosti organismů, které edafon obsahuje, se dělí na:

- mikroedafon (<0,2 mm) – především bakterie, houby, řasy, prvoci, hlístice, vířníci a želvušky,
- mezoedafon (0,2–2 mm) – roupice, stínky, pavouci, štírkové, sekáči, stonožky, chvostokoci a další různý hmyz a jeho vývojová stádia,
- makroedafon (2–15 mm) – především žížaly a měkkýši,
- megaedafon (>15 mm) – např. hraboši.

Většina organismů v půdě se nachází ve svrchní části půdy, v hloubce přibližně deset centimetrů, a má vliv na změny prostorového uspořádání půd tvorbou chodeb, tmelením částic a promícháváním půd. Mají tedy zákonitě vliv na úrodnost půd (Machar a Drobilová, 2012, Pokorný a kol. 2007, Šimek a kol. 2015, Vácha, 2019). Dle Vopravila a kol. (2010a) vede snižování biologické aktivity půdy neuváženým technologickým zásahem (např. naddimenzovaná chemizace) ke snížení její úrodnosti.

Některé z výhod hodnocení biologických vlastností zmiňuje Sáňka a kol. (2018):

- Na rozdíl od chemické analýzy hodnotí kvalitu půdy z hlediska ekosystémových funkcí a úrodnosti a ukazuje důsledky znečištění.
- Reflektuje nejen několik chemicky sledovaných polutantů, ale všechny látky přítomné v efektivních koncentracích.
- Integruje výsledné působení celé směsi přítomných polutantů a integruje vliv dalších stresových faktorů v půdě.

Mezi nevýhody biologického hodnocení naopak počítá:

- Živé systémy mají vysokou variabilitu a výsledky metod jsou variabilnější než chemické analýzy.
- Organismy jsou citlivé na ekologické faktory, což může překrýt vliv polutantů.
- Vzhledem k tomu, že ne všechny faktory působící na organismy jsou sledovány, nejsou někdy jasné příčiny výsledků.
- Pro výsledky zatím neexistují univerzální, nebo legislativně definované limity.

3.4 Složky

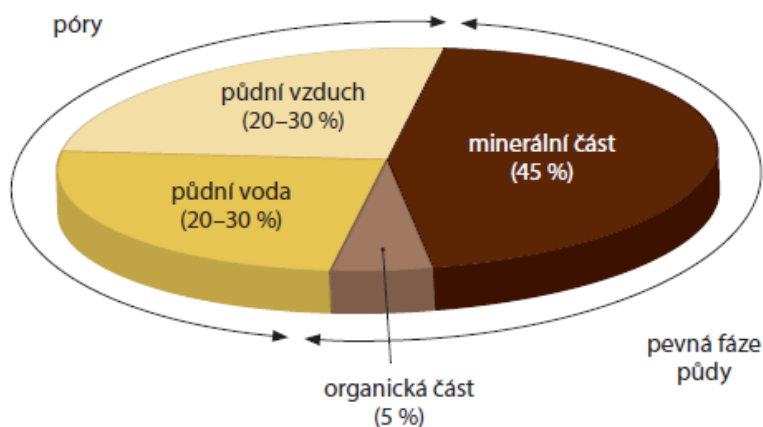
Půda se skládá ze složek živých a neživých. Půdními složkami neživými jsou minerální částice, organická hmota, vzduch a voda.

Kromě neživých složek obsahuje půda i půdní organismy, které mají pro většinu funkcí půd zásadní význam. Bez organismů půda přestává být půdou a stává se pouhým substrátem.

Mezi půdní organismy řadíme viry a bakterie, mikromycety, sinice a řasy, dále prvky a nižší živočichy až drobné obratlovce. Půdní mikroorganismy v interakcích s půdními živočichy zabezpečují nepřetržitý tok látek a energie půdou: rozkladné a syntetické procesy, procesy přeměn jednotlivých prvků a živin, interakce mezi půdou a jejím okolím (Šimek, 2003, Šimek, 2004).

Rozložení jednotlivých složek je proměnlivé, typicky je to obsah vody a vzduchu v půdě. V klasické minerální půdě velmi přibližně polovinu až 2/3 objemu zaujímají pevné částice a polovinu až 1/3 objemu vyplňují póry, přibližně z poloviny zaplněné vodou, z poloviny vzduchem. Ve skutečnosti však může být zastoupení složek půdy značně odlišné a mění se i v čase (Šimek, 2003).

Minerální část se skládá ze zvětralých hornin, půdního roztoku (voda a rozpuštěné minerální a organické látky) a půdního vzduchu (N₂, O₂, CO₂).



Graf 1: Průměrné objemové složení minerálních půd (Šarapatka a kol. 2021)

V geologii se rozlišuje několik základních skupin hornin, a to:

- Magmatické/vyvěřelé horniny (hlubinné, žilné a výlevné) – jedná se o horniny, které vznikly zchlazením magmatu za různorodých prostorových podmínek.
- Sedimentární/usazené horniny – horniny, které mají původ v transportu a sedimentaci různorodého materiálu vzniklého zvětráním jiných pevných hornin, nebo sedimentací biologického materiálu.

- Metamorfované/přeměněné horniny – původně sedimentární či magmatické horniny přeměněné výraznou změnou tlakových, ale i teplotních podmínek, dle plošného rozsahu se dělí na kontaktně metamorfované horniny a regionálně metamorfované horniny (Pavlů, 2018).

Šimek (2003) informuje, že u půdní vody se jedná vlastně o půdní roztok, který zabezpečuje zásobování rostlin vodou a živinami. Celková koncentrace látek v půdním roztoku je často mnohem nižší než 1 % (cca 0,05 %). Důležitou charakteristikou půdního roztoku je kromě primárního složení jeho pH a samozřejmě celkový obsah vody v půdě.

Půdní vzduch se nachází v půdních pórech, které nejsou zaplněny půdní vodou a má často až 100 % relativní vlhkosti. Důležité je, kromě obsahu vzduchu v půdě, jeho složení. Půdní vzduch obsahuje více CO₂ a méně O₂ než nadzemní vzduch, a někdy i velké množství dalších plynů, jako metan, oxid dusíku a síry, sirovodík, uhlovodíky aj.

Složka organická je tvořena půdní biotou a organickými látkami (odumřelé části rostlin a živočichů v různém stupni rozkladu, včetně humifikovaných a karbonizovaných látek). Část organické hmoty, která prošla procesy rozkladnými a syntetickými (humifikací), a to bez ohledu na jejich rostlinný, živočišný nebo mikrobiální původ, se nazývá humus.

3.5 Kvalita

Je složité v praxi definovat, jak hodnotit i měřit kvalitu půdy, a to z hlediska její proměnlivosti, heterogenity a probíhajících procesů.

Doran, Parkin (1996) definovali kvalitu půdy jako schopnost půdy plnit funkce daného ekosystému tak, aby byla trvale zajišťována biologická produktivita, udržována kvalita životního prostředí a podporováno zdraví rostlin a živočichů.

Kvalitou půdy může být také označena její schopnost zajišťovat a udržovat růst rostlin. To zahrnuje faktory jako stupeň kultivace (obdělávatelnosti), obsah organické hmoty, hloubku půdy, vodní kapacitu, strukturu, pH, propustnost, obsah živin atd. (Power, Myers, 1989).

K hodnocení kvality půdy jsou používány indikátory její kvality, které jsou kvantitativní (např. rychlost infiltrace cm/min.) nebo kvalitativní (např. kvalitu humusu). Využívají se indikátory takových půdních vlastností, které lze přesně změřit v rámci konkrétních

technických a ekonomických omezení. Užívají se mj. půdní vlastnosti citlivé na změnu technologií (Šarapatka a kol. 2002).

Sáňka, Materna (2004) zmiňují, že jako indikátory kvality půd moderní vědy uznávají nejenom vlastnosti agrochemické a produkční, ale i vlastnosti, které jsou důležité z ekologické stránky. A to z důvodu, že půdy již plní mimo funkce produkční i mnoho dalších funkcí.

Podle Dorana, Parkina (1996) musí indikátory kvality splňovat tyto podmínky:

- korelovat s procesy v ekosystému,
- integrovat fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půd a procesy, které v nich probíhají,
- sloužit jako primární informace určená k odhadu půdních vlastností nebo funkcí nesnadno měřitelných přímo,
- být snadno použitelné v polních podmínkách a zvládnutelné nejen specialisty, ale i uživateli,
- být citlivé ke změnám v hospodaření nebo klimatu.

3.6 Degradace půdy

Degradace půdy obecně je soubor procesů, které vedou ke snižování kvality půdy, ta se stává méně úrodnou a výnosnou, a tím se stává horší pro zemědělství (Costantini, Lorenzetti, 2013). Lal (1998) zmiňuje, že půda degradovaná nemůže být kvalitní či zdravá.

Várallyay (1993) uvádí, že degradace půd dělíme na 8 typů:

- eroze půdy (vodní, větrná),
- acidifikace půdy,
- degradace fyzikálních vlastností půdy (poškození struktury, utužení, slévavost povrchu),
- salinizace a alkalizace půdy,
- extrémní vodní režim (přemokření, zaplavení, sucho),
- biologická degradace (snížení obsahu a kvality organické hmoty, poškození populací půdních organismů),
- snížení pufrovací schopnosti (poškození sorpčního komplexu) a znečištění půdy polutanty,
- nežádoucí změny obsahu živin v půdě, způsobené vyplavováním.

Dle Šimka (2004) se mechanismy degradace půdy dělí na:

- Mechanismy přirozené – do nich náleží např. změny v množství půdních organismů a struktuře jejich společenstvech, změny půdní textury i struktury, vymývání látek a přesuny koloidů v půdním profilu aj. Mají souvislost s půdotvornými procesy a s vlivem různých faktorů prostředí na půdy a jejich vývoj, člověk je nemůže ovlivnit nebo jen velmi málo.
- Mechanismy spjaté s činností člověka – ten je může zesílit, potlačit nebo úplně odstranit.

Typy degradací jsou spolu navzájem propojené a ty, které převažují, jsou podmínkou pro vznik dalších. Vzhledem k očekávaným klimatickým změnám musíme počítat s dalšími degradacemi. Ty budou mít bohužel jistě vliv na zemědělství, které bude čelit nejen výskytu extrémních klimatických jevů, ale i např. většímu rozšíření současných i zcela nových škůdců a chorob (Vopravil a kol., 2010b).

Jak zmiňuje Govers a kol. (1999), dochází ve střední Evropě, mimo vodní a větrné eroze půdy, kvůli působení strojů a nesprávným pracovním metodám při zpracování půdy, ke zhoršování její úrodnosti a kvality.

V České republice jsou podmínky charakterizovány vysokou průměrnou svažitostí terénu, vysokou mírou zornění a největší průměrnou velikostí pozemků v celé EU. Uvádí se, že až polovina půdy v ČR je ohrožena erozí (Janeček a kol. 2002). Velkým problémem je také zamokření půd a nesprávné hospodaření na půdě v ochranných pásmech vodních zdrojů (MZe ©2021).

Lal (2015) uvádí, že degradaci půdy se lze vyhnout přechodem na regenerativní využití půdy a přijetím doporučených postupů hospodaření. Taktikou k udržení kvality půdy by mělo být předcházení nebo alespoň minimalizace možnosti vzniku eroze půdy, zvyšování aktivity půdní bioty včetně rozmanitosti druhů, vytvoření zásob organického uhlíku a dusíku a také zdokonalení strukturální stability a geometrie pórů. Pokud se zlepší vlastnosti a kvalita půdy, mohou klesat možnosti rizika degradace půdy, ať už se jedná o rizika chemická, fyzikální, biologická či ekologická, a to koncově vede ke zlepšení životního prostředí. Mezi další, specifické možnosti obnovy pozitivních vlastností půdy patří půdoochranné zemědělství, integrace hospodaření s živinami, nepřetržitá pokrývnost půdy (mulčování zbytků a krycí plodiny) nebo kontrolovaná pastva vč. náležitých dávek.

V souvislosti s předcházením snižování kvality a degradace půdy nesmíme zapomenout na standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (DZES), které jsou definované členskými státy EU a zabývají se ochranou kvality půdy

v souvislosti s péčí a ochranou vody a hospodaření s ní. Zemědělské hospodaření by mělo být v souladu s ochranou životního prostředí. Standardy DZES jsou platné v České republice od 1. 1. 2010 a jejich naplňování je jednou z podmínek pro získání přímých plateb a dalších evropských podpor (MZe ©2021).

4. Eroze půdy

Pojem eroze můžeme definovat jako souhrnný proces, ve kterém je obsaženo rozrušování zemského povrchu, transport a sedimentace uvolněných částic, a to působením vody, větru, ledu a dalších erozních činitelů. Jedná se o rozrušování pedosféry hmotou erogenního původu, která je v pohybu (Janeček a kol. 2002). Samotné slovo eroze je latinského původu a je odvozeno z latinského erodere, tj. rozhlodávat (Cáblík, Jůva, 1963).

Proces eroze je za normálních podmínek pozvolně probíhající proces, který je vyrovnáván zvětráváním substrátu a tvorbou nové půdy. Erozi ovlivňují různé kombinace faktorů, patří mezi ně např. využití půdy, délka a sklon svahu, vegetační kryt, a půdní vlastnosti jako je struktura, textura, obsah organické hmoty nebo mocnost organických horizontů (Sáňka, Materna, 2004).

Vopravil a kol. (2010b) uvádí, že proces eroze má za důsledek velké množství negativních vlivů na půdní prostředí:

- Snižuje mocnost ornice a ochuzuje půdu o nejúrodnější část.
- Působí negativně na fyzikálně-chemické vlastnosti půdy.
- Poškozuje plodiny a kultury.
- Zvyšuje štěrkovitost.
- Snižuje obsah živin a humusu.
- Má za následek ztrátu osiv, sadby, hnojiv.

Dále dochází k omezení ekologických funkcí půdy, snižuje se zadržování vody a regulační funkce půdy v hydrosféře, zrychluje se poškozování povrchových i podzemních vod, snižuje se schopnost produkce biomasy, ale dochází i např. k zanášení toků a nádrží (Sáňka, Materna, 2004).

Erodivaná půda je více náchylná k vysychání i ke slévání a kornatění půdního povrchu, a dále ke zhutnění a snížení propustnosti vody i vzduchu.

To se ještě stupňuje orbou, kterou se do ornice dostává část neúrodné spodiny, a tím se snižuje stabilita struktury ornice a zvyšuje se nebezpečí eroze (Lhotský a kol. 1994).

Erozi dělíme dle Holého (1994) podle faktorů, které působí na vznik a průběh eroze, na následující druhy:

- vodní (akvatická),
- ledovcová (glaciální),

- sněhová (nivální),
- větrná (eolitická),
- antropogenní,
- zemní.

Dle Šarapatky a kol. (2021) se odhaduje, že vodní erozí je v ČR postiženo více než 50 % a větrnou erozí 15–20 % rozlohy zemědělské půdy. V lesích je ohroženo erozí 5–10 % půdy, nejvíce se tento proces projevuje tam, kde byla půda rozrušena mechanizovanou těžbou dřeva.

V měřítku celosvětovém je eroze půdy jedním z důsledků nerozumného využívání přírodních zdrojů člověkem a souběžně příčinou degradace půdy a krajiny, která je často nevratná. Obecným faktorem je obvykle porušování přírodních charakteristik a zákonů.

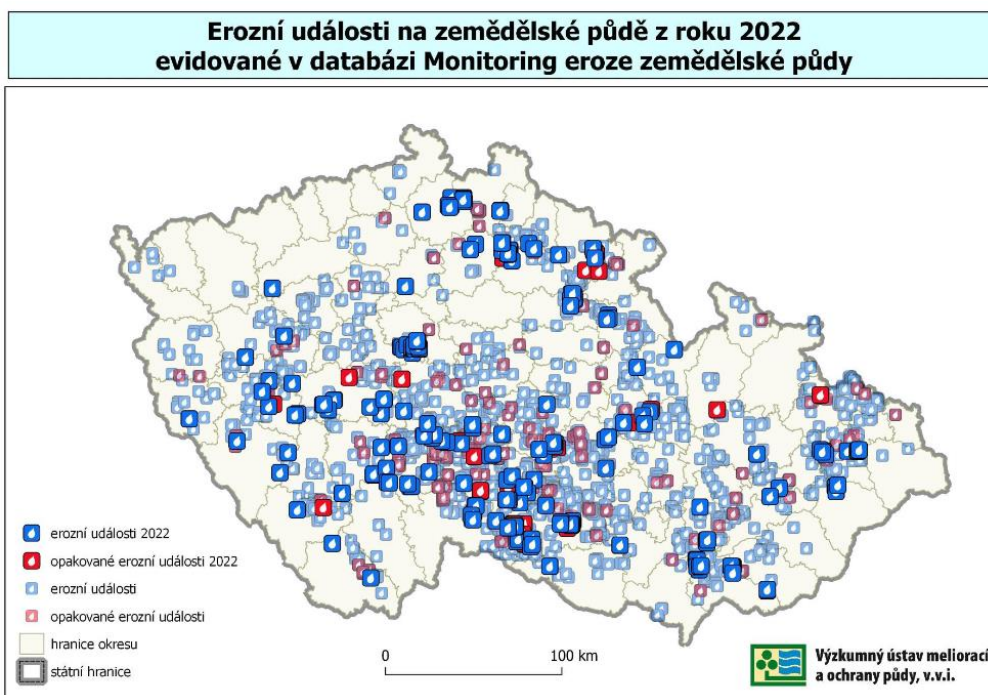
Existuje eroze půdy přirozená (geologická), která se uskutečňuje bez vlivu člověka, ale jeho vinou se tento jev rozšířil i zintenzivnil. Při této intenzivní formě eroze, tzv. zrychlené, dochází k vyšší ztrátě půdy, než kolik je možné, aby na daném místě přirozeně vzniklo půdotvornými procesy (Sklenička, 2003). Zachar (1970) uvádí, že stav, který lze z dlouhodobého hlediska charakterizovat vyváženou ztrátou půdy ve vztahu k jejímu přirozenému vytvoření, můžeme nazývat erozí vyrovnanou neboli kompenzační.

5. Vodní eroze

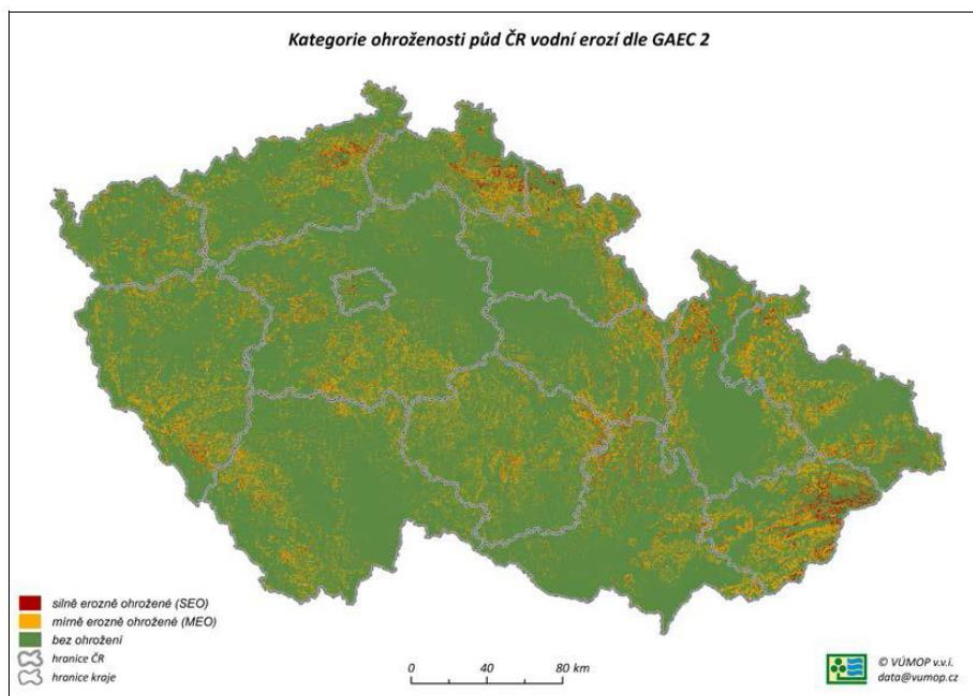
Vodní eroze působí negativně na životní prostředí, zvláště na vodní prostředí, kdy dochází ke znečišťování vodních zdrojů prostřednictvím unášených půdních částic a na nich vázaných látek. Jak zmiňuje Janeček a kol. (2007), ty způsobují také zakalení povrchových vod, zanášení akumulčních nádrží, zhoršuje se kvalita prostředí pro vodní organismy, dochází k navyšování nákladů na úpravu vody a těžbu sedimentů.

Vodní eroze vzniká při narušení půdního povrchu kapkami, což způsobuje odnos půdních částic (Rejšek, Vácha, 2018). Tento druh eroze je podnícen jevy, jako jsou prudké srážky, povrchový odtok a tání sněhu (Holý, 1978). Je to složitý proces zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci půdních částic vodní činností (Zachar, 1970).

V České republice je vodní erozí ohroženo až 50 % zemědělských půd, což vede k biologickému narušení půdy a degradaci produktivity půdy, včetně úbytku zeminy, humusu a vysušení půdy (Hálek, 2004). Největší vliv na vznik vodní eroze má sklonitost pozemku v kombinaci s délkou pozemku po spádnici, vegetačním pokryvem, vlastnostmi půdy, protierozními opatřeními a četnými přívalovými srážkami (Novotný a kol. 2014). Erozní smyv může postihnout i pozemky s nižší sklonitostí, pokud mají nepřerušenu délku svahu a jsou nevhodné pro pěstování erozně nebezpečných plodin.



Obr. 5: Přehled monitorovaných erozních událostí v České republice v roce 2022 (VÚMOP ©2022)



Obr. 6: Stupeň rizika vodní eroze v České republice (VÚMOP ©2015)

Erozi můžeme rozdělit na dva druhy:

- Normální (geologická) - probíhá přirozeně, a je v souladu s půdotvorným procesem.
- Zrychlená (působením člověka) - smývá půdu tak, že půdní částice nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem, protože ten probíhá o hodně pomaleji (MZe ©2021).

5.1 Formy vodní eroze

K určení toho, zda na pozemku vodní eroze vlastně probíhá, ev. k vyhodnocení jejich projevů, je dle Nerušila a kol. (2015) nutné znát formy vodní eroze.



Obr. 7: Fotodokumentace vybraných erozních událostí zaznamenaných v Monitoringu eroze zemědělské půdy (VÚMOP, 2022)

Vodní erozi na zemědělské půdě dělíme na:

- Eroze plošná – jedná se o erozi, jak zmiňuje Zachar (1970), která probíhá rovnoměrně na celém území nebo určité části svahu, kdy jsou půdní částice rozrušovány a smývány po celé ploše, a díky tomuto odtoku dochází k postupnému snižování mocnosti půdy. Při prvním stupni – erozi selektivní dochází povrchovým odtokem k odnosu jemnozrnné frakce půdy a tím ke zhoršení chemických i fyzikálních vlastností půdy. Mění a snižuje se obsah půdních živin i textura půdy, zasažené půdy se stávají hrubozrnnějšími. Dále dochází ke snižování úrodnosti, a vlivem nižšího obsahu humusu, který se podílí na půdní struktuře, i k minimalizaci odolnosti vůči erozi větrné i vodní. Půdy jemnozrnnější, obohacené smyvem, se usazují v dolní části svahu a mají vysoký obsah živin.

Plošná eroze není na první pohled nápadná, probíhá postupně a nezanechává rozeznatelné stopy. Můžeme ji ale na pozemku zjistit z vegetace, která roste nestejně. V dolní části svahu, kde je nanesen jemný materiál, jsou díky vyššímu obsahu živin rostliny mohutnější než v částech svahu, kde došlo ke smyvu. Rostliny se liší růstem, barvou i kvalitou. Pokud nastane plošná eroze v době po založení porostu, může dojít k přímé ztrátě zasetého osiva (Neružil a kol. 2015, Novotný a kol. 2014).

- Eroze výmolná – vzniká postupným soustředěním plošného odtoku vody, kdy se nejprve v půdním povrchu vytvářejí mělké zářezy, které se pozvolna prohlubují. Dle Zachara (1970) se obvykle vyskytuje v členitém terénu a na dlouhých svazích, a rozděluje se na erozi rýžkovou, brázdovou, rýhovou, výmolovou a stržovou.

Rýžková a brázdová eroze jsou prvním stádiem a vznikají plynulým přechodem z plošné eroze, kdy dochází k akumulaci odtoku do úzkých zářezů. Rýžková eroze se charakterizuje jako hustá síť drobných úzkých zářezů, při brázdové erozi vznikají mělké širší zářezy, které mají menší hustotu výskytu na svahu než eroze rýžková. Tyto eroze postihují obvykle velké plochy, a jak informuje Holý (1978) jsou často označovány jako nejvyšší stadium eroze plošné.

Výsledkem rýhové eroze jsou hlubší a širší rýhy, které vznikají pokračujícím soustředěným odtokem vody a směrem po svahu se prohlubují. Rýhy mohou být široké a hluboké 10-30 cm.

Výmolná eroze je vyšším stupněm rýhové eroze a vzniká v místech koncentrace a soutoku přívalových vod v úžlabinách, příkopech a cestách a je závislá jak na typu terénu a dostatečné ploše sběrného území, tak hlavně na půdních vlastnostech.

Stržová eroze je stadium výmolové eroze, která je ale nejvíce nebezpečná a nejpokročilejší. Strže jsou dlouhodobým jevem, a pokud se neprovedou sanační opatření, může dojít k devastaci rozlehlých území. Šířka a hloubka strží může být větší než 1 metr a dosahovat délky překračující 1 km (Nerušil a kol. 2015, Novotný a kol. 2014).

Přechod mezi erozí plošnou a výmolnou je pozvolný, není jednoznačně ohraničený a souvisí se změnou plošného odtoku vody na odtok koncentrovaný. Průběh erozních procesů na pozemku lze dokázat také změnami půdního povrchu, které vznikají ukládáním erodovaných a transportovaných půdních částic. I tyto procesy mohou nabývat různých měřítek (Novotný a kol. 2014).

5.2 Vznik a příčiny vodní eroze

Na vznik vodní eroze má, jak informuje Novotný a kol. (2017), mimo dalších faktorů největší vliv sklonitost pozemku spolu s délkou pozemku po spádnici. V ČR v minulosti proběhla intenzifikace zemědělské výroby, jejímž výsledkem je to, že půdní bloky jsou na našem území největší v Evropě. Proběhlo scelování pozemků a ve velkém množství byly rušeny hydrografické a další krajinné prvky, které zrychlené erozi bránily, a to např. polní cesty, zatravněné údolnice, dále se likvidovala rozptýlená zeleň, rozorávali se meze (MZe ©2021).

Dle Nerušila a kol. (2015) vznikají erozní procesy vzájemným působením přírodních a antropogenních činitelů, které je vyvolávají.

Mezi nejvýznamnější faktory, které vždy ovlivňují míru eroze ve vzájemné kombinaci, patří:

- atmosférické srážky a povrchový odtok,
- morfologie území,
- vlastnosti půdy,
- pokryv půdy vegetací,
- způsob obhospodařování půdy,
- nedostatek organické hmoty v půdě.

Zda se plošný odtok změní na závažnější, soustředěný, má vliv reliéf terénu, zeměpisná poloha a nadmořská výška pozemku zase charakterizuje průměrný úhrn

srážek, včetně jejich soustředění do přivalových dešťů. To jsou další z činitelů, které významně ovlivňují intenzitu eroze. V období červen–srpen je ochrana půdy vegetačním pokryvem nejdůležitější, protože se v něm vyskytují více jak tři čtvrtiny erozně nebezpečných dešťů. V začínajícím jaru je zase rizikové tání sněhu, zvláště nově napadlého na zmrzlé půdě. Pokud úhrn srážek přesahuje 12,5 mm nebo intenzita 6,25 mm za 15 minut, můžeme je hodnotit jako erozně nebezpečné.

Jak zmiňují Vlasák, Bartošková (2007), intenzita eroze také závisí na volbě druhu pozemku a způsobu jeho využití, jakým směrem je obděláván a dále jaké agrotechnické stroje jsou využity. Dobří zemědělci by měli mít znalosti o plodinách, které lze využít jako ochranu před erozí, a naopak které jsou náchylné k erozi, a následně tyto zkušenosti využít při volbě vhodné vegetace, způsobu obhospodařování i velikosti pozemku.

Pokud se pečlivě nedodrží navržené úpravy pozemků a nerespektuje se terén, který je méně členitý nebo jsou protierozní opatření prováděna nepřesně, resp. jsou podceňována, může docházet k poškozování půdy vodní erozí. A jak dále informují Hůla, Procházková (2008), s tím souvisí vysoké náklady na zúrodnování půdy i její nižší výrobnost.

5.3 Důsledky vodní eroze

Vodní eroze způsobuje zmenšování mocnosti půdního profilu a ochuzuje zemědělskou půdu o nejurodnější část – ornici. Tím se mění chemické vlastnosti půdy, protože dochází ke snižování obsahu organické hmoty, minerálních živin i humusu. Proces obnažuje podorničí s nižší přirozenou úrodností a obvykle i vyšší kyselostí a dále zrychluje degradaci půdy a snižuje její produkční schopnost. Mění se i fyzikální vlastnosti půdy, je snížena propustnost, znesnadňuje se pohyb strojů po pozemcích, eroze poškozují i pěstované plodiny a způsobuje ztráty osiva, sadby, hnojiv i přípravků na ochranu rostlin.

Vodou transportované půdní částice i s vázanými látkami (pesticidy, zbytky hnojiv apod.) znečišťují vodní toky a zanášejí akumulární prostory nádrží, omezují průtočnou kapacitu vodních toků a způsobují zakalení povrchových vod. Dochází tím ke zhoršování podmínek pro vodní organismy a také narůstají náklady na úpravu vody a čištění a zbavování se usazenin z vodních nádrží (MZe ©2021).

Dle Novotného a kol. (2017) rozdělujeme hlavní důsledky vodních erozí na základní skupiny:

- Ohrožení trvalé udržitelnosti úrodnosti půdy.

- Ovlivnění kvalitativních vlastností vodních zdrojů i jejich kvantitativních parametrů, jako je např. kapacita koryt vodních toků.
- Ohrožení intravilánu měst, obcí i jiné infrastruktury povrchovým odtokem a vodní erozí.

Vodní eroze způsobuje ztrátu půdy, která je, vzhledem k tomu, že vrstva půdy 1–2 cm vzniká za dobrých podmínek v průměru 100 až 1000 let, nevyčíslitelná i neobnovitelná.

Pokud je půda postižena erozí, její hodnota se snižuje na některých konkrétních plochách až o 10,- Kč/m², na katastrálním území tak může dojít k ponížení ceny až o 50 %.

V ČR je v současnosti ztráta z orné půdy jako důsledek vodní eroze vypočítána na 20,858 mil. tun erodované ornice/rok, což znamená finanční ztrátu 17 851 mld. Kč ročně, z toho je 4,2 mld. za hodnotu ornice a 13,651 mld. za náklady na sanaci a náhradu škod (MZe ©2021).

5.4 Určení ohroženosti půdy vodní erozí

Aby bylo možné hodnotit hrozbu erozí u většího území v ČR, je třeba definovat limity hospodaření na zemědělské půdě s přihlédnutím k zachování funkcí půdy a její úrodnosti (MZe ©2021).

Odhad ohroženosti a ztrát půdy spolu s přípravou protierozní ochrany je dle Janečka a kol. (2002) nejefektivnější pro konkrétní určité území.

Základní činitele, které mají vliv na vznik a celý průběh procesu eroze, určil již v roce 1936 Cook, patří mezi ně:

- erodovatelnost,
- možná erozní účinnost deště a povrchového odtoku,
- ovlivnění délkou a sklonem svahu,
- ochranný účinek vegetačního krytu.

Položil tím s největší pravděpodobností základy matematického vyjádření erozního procesu.

Již v minulosti byly pro určení ohroženosti půdy erozí vytvořeny modely, které měly základy v empirických metodách. O rozdělení a přehledu metod a modelů erozní ohroženosti informuje mezi jinými i Merritt a kol. (2003).

Novotný a kol. (2014) pomocí modelů stanovil, že v České republice je téměř 50 % plochy orné půdy ohroženo vodní erozí a Panagos a kol. (2016) určil průměrnou ztrátu orné půdy na 2,46 t/ha/rok pro území celé kontinentální Evropy.

Jako první empirický model procesu eroze pro odhad průměrné roční ztráty půdy způsobené vodní erozí se považuje rovnice Zingga (1940), který ji předložil na základě obsáhlého výzkumu vlivu délky a sklonu svahu:

$$G = C \cdot S^{1,4} \cdot L^{0,6}$$

kde: G – průměrná roční ztráta půdy

S – sklon svahu

L – délka svahu

C – konstanta, která obsahuje ostatní faktory ovlivňující erozi

Jak uvádí Janeček a kol. (2002) mezi další, kdo tuto rovnici upravovali a rozšiřovali, patří Smith D. D. (1940), Browning a kol. (1947, tzv. „Frevertova rovnice“), v roce 1946 byla vytvořena „rovnice Musgrava“, a v roce 1948 uveřejnil rovnici pro odhad ztráty půdy v Missouri Smith, Whitt.

5.4.1 Rovnice USLE

Zatím nejdokonalejší a nejvíce používaná rovnice k určování ohroženosti půd vodní erozí a k hodnocení účinnosti protierozních opatření je tzv. Univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE dle Wischmeiera a Smithe (1978):

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

kde: G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1}$ za rok⁻¹)

R – faktor erozní účinnosti dešťů – vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů

K – faktor erodovatelnosti půdy – vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu

L – faktor délky svahu – vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí

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

C – faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice

P – faktor účinnosti protierozních opatření

R faktor

Faktor erozní účinnosti dešťových srážek je nejméně výraznější na počátku erozního procesu, kdy déšť dopadá na povrch půdy, na kterém se ještě nestihla vytvořit souvislá vrstva odtékající vody.

Jak zmiňuje Janeček a kol. (2002), kapky deště z fyzikálního hlediska rozrušují půdní agregáty, uvolňují půdní částice a zhutňují povrchové vrstvy půdy.

R faktor závisí na četnosti výskytu srážek, jejich kinetické energii, intenzitě a úhrnu, a jeho roční hodnota se stanoví ze součtu erozní účinnosti jednotlivých přivalových dešťů v daném roce. Pro převažující plochu zemědělské půdy ČR se má používat průměrná roční hodnota R-faktoru = 40 MJ.ha⁻¹.cm.h⁻¹ (dvojnásobná proti dříve doporučené).

K faktor

Faktor erodovatelnosti půdy (náchylnost půdy k erozi) je v USLE definován jako odnos půdy (t/ha) na jednotku faktoru erozní účinnosti deště R ze standardního pozemku o délce 22,13 m (o sklonu svahu 9 %), který je udržován jako kypřený černý úhor kultivací ve směru sklonu.

Janeček a kol. (2012) informuje, že K faktor můžeme určit:

- podle vztahu odvozeného pro faktor K,
- podle nomogramu sestaveného na základě uvedeného vztahu,
- přibližně podle HPJ bonitační soustavy půd nebo podle půdních typů, subtypů a variet Taxonomického klasifikačního systému půd ČR.

LS faktor

Vliv sklonu a délky svahu na intenzitu eroze je dle Wischmeiera, Smithe (1965) vyjádřen topografickým LS faktorem, který představuje poměr ztráty půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na standardním pozemku o délce 22,13 m se sklonem 9 %. Délka svahu se určuje jako horizontální vzdálenost od bodu vzniku povrchového odtoku až k bodu ukládání erodovaného materiálu v patě svahu nebo k bodu, kde je shromážděn plošný povrchový odtok a následně do odtokové dráhy. Ztráta půdy výrazně vzrůstá s navyšujícím se sklonem svahu, o mnoho rychleji než u délky svahu. Délky a sklony pozemků se definují z vrstevnicových a hospodářských map a aktualizují se pochůzkou v terénu (Janeček a kol. 2002, Janeček a kol. 2008, Renard a kol. 1997).

C faktor

Faktor ochranného vlivu vegetace se dle Janečka a kol. (2002) projevuje přímou ochranou půdy před destruktivním vlivem dešťových kapek spolu se zpomalováním

rychlosti povrchového odtoku, nepřímo pak působením vegetace na půdní vlastnosti, především pórovitost a propustnost. Dále se jedná o mechanické zpevnění půdy kořenovým systémem a omezení možnosti zanášení pórů půdními částicemi. Nejlepší protierozní ochranou jsou porosty trav a jetelovin.

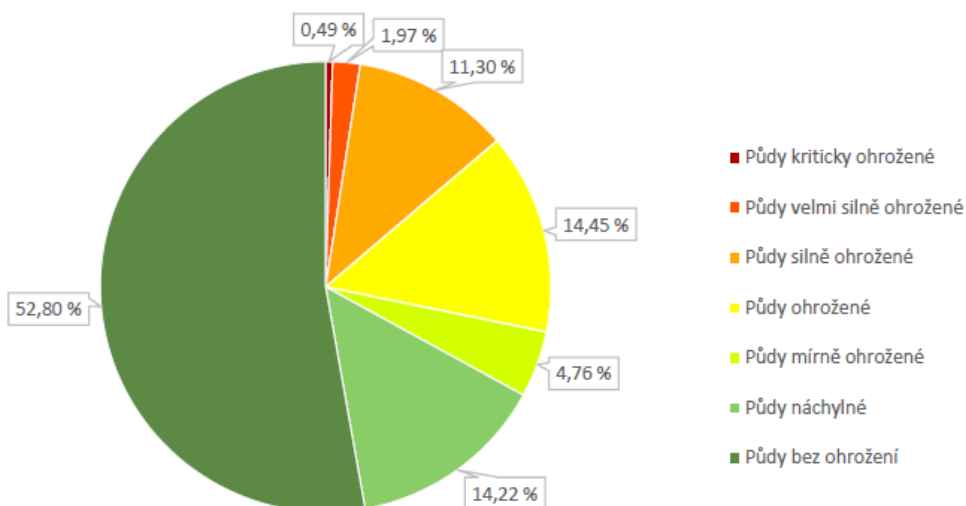
P faktor

Hodnota faktoru účinnosti protierozních opatření se rovná 1, pokud na pozemku nejsou žádná protierozní opatření stanovena Wischmeierem, Smithem (1978) uplatněna, nebo nelze předpokládat, že by byly splněny podmínky maximálních délek a počtu pásů (Janeček a kol. 2002).

Výpočtem USLE lze stanovit dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy. Jedná se o půdu, která se z pozemku uvolňuje vodní erozí, nikoliv o její ukládání na pozemku nebo plochách, které leží pod ním. Rovnice se nedá používat na období kratší než jeden rok, a ani pro zjištění ztráty půd erozí z jednotlivých srážek nebo způsobených odtokem z tajícího sněhu (Janeček a kol. 2002).

	Kategorie erozní ohroženosti	Výměra (ha)	Podíl (%)	Doporučení
1.	$C_p P_p$ do 0,005	20 201,95	0,49	Ochranné zatravnění
2.	$C_p P_p$ 0,006–0,020	81 628,06	1,97	Víceleté pícniny nebo ochranné zatravnění
3.	$C_p P_p$ 0,021–0,100	467 817,97	11,30	Vyloučení erozně nebezpečných plodin a vyšší zastoupení víceletých pícnin
4.	$C_p P_p$ 0,101–0,200	598 183,29	14,45	Vyloučení erozně nebezpečných plodin a použití půdoochranných technologií
5.	$C_p P_p$ 0,201–0,240	197 135,84	4,76	Pásové střídání plodin nebo vyloučení erozně nebezpečných plodin
6.	$C_p P_p$ 0,241–0,400	588 308,10	14,22	Erozně nebezpečné plodiny pěstovány s půdoochrannými technologiemi
7.	$C_p P_p$ nad 0,4	2 185 039,94	52,80	Bez omezení
Celkem		4 138 315,16	100,00	

Tab. 1: Ohrožení půd ČR vodní erozí podle „maximálně přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace a faktoru protierozních opatření“ (MZe ©2021)



Graf 2: Ohrožení půdy České republiky vodní erozí v roce 2021 (MZe ©2021)

5.4.2 Rovnice RUSLE

V 90. letech došlo k prověření, aktualizaci a úpravě univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) a vzniku rovnice RUSLE. V této revidované univerzální rovnici ztráty půdy existuje velké množství změn pro odhadování vodní eroze, některé z nich zmiňuje Renard a kol. (1991), a to například:

- počítačové zpracování algoritmů na pomoc s výpočty,
- vývoj sezónně proměnlivého členu půdní erodovatelnosti (K),
- schopnost vypočítat produkty LS pro svahy různého tvaru a aj.

RUSLE dále například určí přesněji i časový průběh R a K faktoru. Na rozdíl od USLE vyžaduje RUSLE větší množství vstupních dat, což vede k přesnějším výsledkům, naopak je náročnější data získat (Janeček a kol. 2002).

5.5 Ochrana a návrh opatření proti vodní erozi

Ochranu zemědělské půdy proti vodní erozi je třeba zajistit aplikací účinných protierozních opatření. Jaký způsob se použije, závisí na požadovaném snížení smyvu půdy a nutné ochraně objektů, zároveň se musí respektovat zájmy vlastníků a uživatelů půdy, ochrana přírody a životního prostředí.

Dle Nerušila a kol. (2015) je neefektivnější ochrana proti erozi půdy taková, která je postavená jako komplexní systém, složený z jednotlivých vzájemně se doplňujících opatření, vhodných pro konkrétní, danou lokalitu. Protierozní opatření se dělí na organizační, agrotechnická a technická.

5.5.1 Organizační opatření

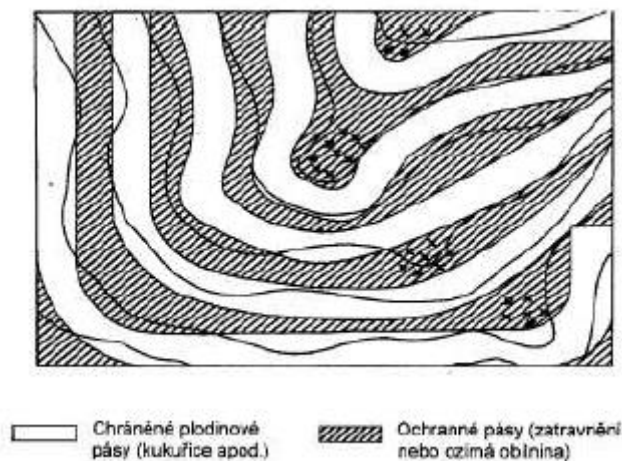
Organizační opatření proti erozi jsou charakterizována mj. volbou vhodného tvaru a velikosti pozemků, a jejich situováním delší stranou ve směru vrstevnic. Tato opatření by měla být na orné půdě aplikována v souladu s ostatními protierozními opatřeními a předpokládají dobrou spolupráci a zájem hospodařících subjektů.

Velkou roli v ochraně půdy proti erozi má vegetační pokryv, který zajišťuje ochranu půdy před přímým dopadem kapek, podporuje vsakování deště do půdy a díky kořenovému systému zvyšuje odolnost půdy vůči vodě (Janeček a kol. 2012).

K opatřením organizačního charakteru náleží:

- Tvar a velikost pozemku, dílu půdního bloku (DPB) či erozní parcely
Základem je situování pozemku, DBJ či parcely delší stranou ve směru vrstevnic, délka by neměla ve směru odtoku překračovat maximální přípustnou délku, vypočtenou dle USLE (Neružil a kol. 2015). Vhodná velikost je výsledkem 2 skupin protichůdných faktorů – přírodních (působí k vytváření menších půdních celků) a ekonomických (přednost mají velké pozemky). Dle Janečka a kol. (2012) je možné obecně doporučit půdní bloky o velikosti do 50 ha na rovinách a 20 ha ve členitějších územích.
- Vhodné umístění pěstovaných plodin, včetně ochranného zatravnění
Jako vhodné umístění pěstovaných plodin je myšleno založení a pěstování erozně nebezpečných plodin na pozemcích, které nejsou nebo jsou jen mírně ohroženy erozí.
Naopak u ploch, které jsou erozí ohroženy silně, profilů průlehů, pásů podél břehů vodních toků nebo mělkých půd apod. musí být použito zatravnění, u kterého je třeba pravidelné sečení. Šířka ochranného travního pásu by měla být větší než 6 m na každém břehu a měla by být navržena jako násobek šířky používaného pracovního stroje (sekačky...). Tyto travní pásy mají zachycovat smytou zeminu, zvyšovat drsnost povrchu nebo například zpomalovat povrchový odtok vody, a tím snižovat intenzitu eroze. Jak správně umístit plodiny lze zjistit pomocí Protierozní kalkulačky -> <https://kalkulacka.vumop.cz> (Neružil a kol. 2015, Novotný a kol. 2017).
- Pásové pěstování plodin
Při tomto opatření se střídají pásy plodin, které ochraňují půdu (travní porost, obilniny, pícniny) s pásy plodin, které jsou náchylné k erozi (kukuřice, slunečnice, brambory).

Pásy by měly být vedeny ve směru vrstevnic s max. odklonem do 30°, šířka pásů je doporučována od 20 do 40 m (dle sklonu pozemku) a jejich počet je ovlivněn délkou svahu, kterou je možné oddělit příkopy nebo průlehy (Janeček a kol. 2012, Novotný a kol. 2017).



Obr. 8: Pásové střídání plodin (Janeček a kol. 2012)

5.5.2 Agrotechnická opatření

Agrotechnická opatření se mohou charakterizovat jako zkrácení doby, kdy je půda bez vegetačního pokryvu, na co nejmenší. Jedná se o opatření, která navazují na opatření organizačního charakteru, a zahrnují například vrstevnicové či konturové obdělávání, hrázkování nebo mulčování. Cílem je ochrana povrchu půdy před přívalovými srážkami, a to zejména v období jejich největšího výskytu (červen–srpen), kdy erozně nebezpečné plodiny ještě neuspokojivě kryjí půdu, dále se jedná o zvýšení vsakovací schopnosti půdy a udržení příznivé půdní vlhkosti. Dle Holého (1978) se musí práce při obdělávání, které by mohly ničit drobtovitou strukturu, co nejvíce eliminovat.

Jak informuje Janeček a kol. (2002), dělíme plodiny podle stupně ochrany povrchu půdy před vodní erozí do skupin:

- plodiny s vysokým protierozním účinkem po celou dobu vegetačního období (travní porosty, jeteloviny),
- plodiny s dobrou protierozní ochranou půdy po větší část vegetačního období (obiloviny, luskoviny),
- plodiny s nedostatečnou protierozní ochranou půdy po převážnou část vegetačního období (brambory, kukuřice, cukrová řepa).

Agrotechnická opatření zahrnují následující procesy:

- Setí nebo sázení po vrstevnici
Ochrana půdy před erozí je řešena orbou po vrstevnicích (ev. s odklonem do 30° od vrstevnic) pomocí otočných pluhů překlápějících půdu proti svahu. Tímto překlápěním lze navíc velmi omezit „erozi orbou“. Celý proces je závislý na možnosti použití mechanizačních prostředků pro práci na svažitém pozemku.
- Ochranné obdělávání
Pro technologii ochranného obdělávání je charakteristické vytvoření pokryvu povrchu půdy mulčem z ponechaných posklizňových zbytků po předplodinách a také nenarušování půdního profilu. Díky tomu nedochází k nadměrnému provzdušňování půdy a nesnižuje se obsah humusu. Síla ochrany je závislá na stupni pokrytí půdy mulčem, rovnoměrností a výšce mulče a na způsobu zpracování půdy (Novotný a kol. 2017). Místo orby se využívá mělké kypření půdy, i hlubší prokypření ornice nebo části podorničí, ale bez obracení ošetřované vrstvy půdy (Hůla a kol. 2003).

Mezi aplikace ochranné technologie patří:

- přímé setí do mulče z rostlinných zbytků předplodin,
- přímé setí do přezimující a vymrzající meziplodiny,
- setí do mulče meziplodin,
- výsev ochranné podplodiny v pásech a meziřadích (setí s podplodinou) (Novotný a kol. 2017).

Jak zmiňuje Duniway a kol. (2019), známá je také metoda pravidelného zeleného hnojení, kdy se půda neponechává bez vegetace, vždy je mimo hlavní přítomna i další plodina. Díky tomuto krytu má půda nové živiny, čas na dezinfekci i revitalizaci a zároveň je minimalizována rychlost větru při povrchu půdy, kde se objevuje větrná eroze nejvíce.

- Setí kukuřice do úzkého řádku
Jedná se o proces, kdy má secí stroj nařizenou výsevní vzdálenost řádku kukuřice maximálně na 45 cm, tím je zajištěno rovnoměrnější zapojení porostu a lepší ochrana proti vodní erozi. Nutná je kombinace se setím do mulče.
- Pásové zpracování půdy
Zpracování půdy v pásech, tzv. strip tillage se používá např. u kukuřice a dalších širokořádkových plodin, kdy se kypří pouze pruhy o šířce cca 20 cm a hloubce 15–25 cm v místech řádků plodin. V meziřadích se půda nezpracovává, pro zvýšení protierozní ochrany je vhodné, aby v něm byl mulč. Provádí se na

jaře nebo na podzim na základě půdních podmínek (Janeček a kol. 2012, Novotný a kol. 2017).

➤ **Hrázkování, důlkování**

U hrázkování se při pěstování brambor zakládají ochranné hrázky v meziřadí hrůbků, tím vzniká množství malých akumulčních příkopů, které chrání před soustředěným povrchovým odtokem a zajišťují podporu zajištění vody na konkrétním pozemku.

Tato technologie se provádí:

- bezprostředně po výsadbě brambor hrázkovačem,
- řádky je nutné vést vrstevnicově,
- max. nepřerušovaná délka pozemku po svahu (spádnici) by neměla přesáhnout 300 metrů.

Důlkování se používá také u brambor, ale místo hrázek se vytváří důlky v meziřadí ve vzdálenosti 30–40 cm, a tím se omezuje povrchový odtok a zvyšuje se infiltrace vody.

Důlkování se provádí:

- okamžitě po výsadbě brambor důlkovačem,
- řádky je nutné vést vrstevnicově,
- max. nepřerušovaná délka pozemku po svahu (spádnici) by neměla přesáhnout 300 metrů.



Obr. 9: Důlkování a hrázkování (Srbek, Berka, 2016)

➤ **Plečkování, dlátování, podrývání**

Technologie plečkování se provádí u širokořádkových kultur (kukuřice, slunečnice, brambory, cukrovka) v průběhu vegetace. Má odplevelovací efekt mechanický, i efekt protierozní, kdy zkpřená půdy v meziřadí omezuje vznik vodní eroze rychlým odtokem vody.

U dlátování, tzv. hlubkového kypření, se pasivními dláty kultivuje meziřadí vegetace a tím se získá větší efekt zásaku vody než u plečkování.

Podrývání snižuje zhutnění, zlepšuje infiltrační vlastnosti půd a jedná se vlastně o velmi hluboké kypření do nejméně 35 cm hloubky, hloubka podrývání by měla být minimálně o 5–10 cm větší, než je hloubka orby. Na podrývání se používají dlátové a kombinované kypřiče nebo podrýváky, které kypří půdu a zároveň co nejméně narušují její povrch (Novotný a kol. 2017).

5.5.3 Technická opatření

Technická protierozní opatření (TPEO) se většinou navrhuje v kombinaci (jako doplnění) s opatřeními charakteru organizačního a agrotechnického, kdy tato opatření sama o sobě nedostačovala. TPEO nejčastěji slouží jako ochrana intravilánu obcí a komunikací před škodami povrchovým odtokem a smytou zeminou, dále k ochraně pozemků před tzv. „cizí“ vodou, k retardaci povrchového odtoku, k neškodnému odvedení povrchových vod z povodí atd. (Janeček a kol. 2002).

Dle Novotného a kol. (2017) je efektivní kombinovat TPEO s prvky ekologické kostry krajiny, nejlépe v rámci komplexních pozemkových úprav. Tato opatření jsou investičního charakteru, a ta podléhají stavebnímu zákonu.

TPEO by se měla navrhovat na dobu opakování přírodního jevu, před kterým mají svoji ochranu poskytovat. Ta se pohybuje dle významu chráněné lokality od minimálně 5 let v běžných podmínkách až po 20–50 let (ochrana intravilánu), ve výjimečných případech lze TPEO navrhnout na dobu opakování až 100 let.

Mezi hlavní principy TPEO náleží:

- přerušlení délky pozemku po spádnicí a bezpečné odvedení povrchového odtoku (průlehy, příkopy, údolnice),
- změna sklonu pozemku (terasování, terénní urovnávky),
- zachycení smyté zeminy a povrchového odtoku, dále jeho zadržení a odvedení (hrázky, sedimentační, retenční a suché nádrže).

Mezi technická protierozní opatření náleží:

- Protierozní příkopy
Jedná se o liniové prvky, které jsou na pozemku umístěné tam, kde je třeba přerušit svah, jsou orientovány vrstevnicově s mírným podélným sklonem a mají ponejvíce lichoběžníkový profil.
Dle funkce a prostorového uspořádání dělíme příkopy na:

- záchytné – umístění nad pozemkem/lokalitou, chrání před přítokem cizích vod,
- sběrné – umístění přímo v chráněném zemědělském pozemku, má chránit před překročením přípustné ztráty půdy díky zkrácení volné délky povrchového odtoku,
- svodné – je recipientem příkopů sběrných (ev. záchytných) (Novotný a kol. 2017).

➤ Protierozní průlehy

Jsou velice podobné protieroznímu příkopu, mívají ale mělčí hloubku a liší se také ve sklonu svahů, ty by neměly přesáhnout 1:5. Průlehy se proto používají na mírnějších pozemcích o sklonu pod 10 %. Ve srovnání s příkopy je průleh náročnější na prostor, ale naopak méně omezuje hospodaření, protože je přejezdný (Novotný a kol. 2017).

➤ Ochranné nádrže

Jsou určeny k akumulaci, retenci, retardaci a infiltraci odtoku z povrchu a k usazování splavenin. Navrhovány jsou jako suché, ke krátkodobému zachycování splavenin a povrchového odtoku nebo s vodním obsahem a určeným retenčním a sedimentačním prostorem. Nádrže se skládají z hráze, výpustného zařízení, výpusti, bezpečnostního přelivu a nápuštního objektu a dimenzují se obvykle na srážky s opakováním 20–50 let, někdy až 100 let. Janeček a kol. (2012) se zmiňuje o dvojím účinku nádrží – tím je zachycení smyté zeminy a dále transformace povodňové vlny z povrchového odtoku.

➤ Ochranné hrázky

Vytváří se na pozemcích ve směru vrstevnic a na úpatí svahů jako ochrana objektů před vodou z přívalových srážek a erozními smyvy. Jsou max. 1–1,5 m vysoké a opevněné zatravněním, vybaveny jsou vypouštěcím zařízením pro odtok čisté vody a ochrannou mříží k zachycení plovoucích předmětů. Hrázky se využívají buď samostatně nebo společně se záchytným příkopem nebo průlehem před ní (Janeček a kol. 2012, Novotný a kol. 2017).



Obr. 10: Protierozní hrázky (Janeček a kol. 2012)

- **Zatrávněné údolnice se stabilizovanou dráhou soustředěného odtoku**
 Zatrávněné údolnice soustřeďují a odvádějí odtékající povrchovou vodu z pozemků nebo slouží jako recipient protierozních příkopů a průlehub, jejich parametry se navrhují na základě hydrologických podkladů a hydraulických hodnot. Na rychlost pohybu vody v údolnici má vliv zvolený pokryv údolnice, ten tlumí kinetickou energii, snižuje množství i rychlost vody a tím se méně vymílá a transportuje půda, kořenový systém půdy zpevňuje (Janeček a kol. 2012, Novotný a kol. 2017).
- **Polní cesty s protierozní funkcí**
 Polní cesta je opatřením, kdy je běžná komunikace záměrně vedena vrstevnicovým směrem v prostoru, kde je erozí ohrožený dlouhý svah, a je nutné ho přerušit. K odvodnění komunikace a zachycení odtoku z výše umístěného pozemku má cesta na straně proti svahu vybudován cestní příkop. V místě, kde se cesta kříží s místní údolnicí je riziko vzniku bezodtokových míst, proto je vhodné v nejnižším místě umístit propustek a odvést vodu údolnicí dolů (Novotný a kol. 2017).
- **Protierozní meze**
 V průběhu desetiletí a staletí vznikaly tzv. historické meze, většinou na hranicích pozemků ukládáním sbíraných kamenů. Nově budované meze jsou pojímány jako nízké hrázky, nejčastěji spojené s mělkým příkopem/průlehem, osázené vegetací, ev. s kameny a jinými prvky. Jejich funkcí je zachycení a odvod povrchového odtoku a také krajinnotvorný význam (Novotný a kol. 2017). Janeček a kol. (2012) zmiňuje zvýšení účinnosti složením mezí ze tří částí, a to zasakovacího pásu nad mezí, vlastního tělesa meze a odváděcího průlehu pod mezí.

➤ Terénní urovnávky

Urovnávky lze zpravidla provádět pouze na hlubokých půdách, a to přesunem zeminy nebo pomocí navážky. Jedná se o snížení příčného sklonu částí pozemku, eliminaci soustředěného odtoku a předcházení vzniku rýhové eroze (Janeček a kol. 2002, Novotný a kol. 2017).

➤ Terasy

Terasování umožňuje využívat pozemky, které pro velký sklon a členitost by nebylo možno současnými formami zemědělské výroby jinak efektivně využívat. Terasování se využívá na velmi svažitých pozemcích (se sklonem nad 20 %), kdy se sklon zmenšuje terénními stupni a svah se rozděluje na úseky tak, aby se předešlo nebezpečné erozi a mohla se lépe využít mechanizace. Z hlediska konstrukce rozlišujeme terasy úzké, terasy široké a terasové dílce, a dle stabilizace terasy se svahem stabilizovaným technicky a terasy zemní (Novotný a kol. 2017). Dle Janečka a kol. (2012) je vzhledem k velkému zásahu do krajiny nutné chápat toto opatření jako krajní řešení protierozní ochrany.

6. Protierozní vyhláška

Od 1. července 2021 platí Vyhláška č. 240/2021 Sb. (ze dne 17. června 2021, dle zákona č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění zákona č. 41/2015 Sb.) o ochraně zemědělské půdy před vodní erozí.

Předmětem úpravy je určení půdy nevhodné pro změnu trvalého travního porostu na ornou půdu z hlediska jejich fyzikálních nebo biologických vlastností a jejich ohroženost vodní erozí a dále způsob hodnocení erozního ohrožení zemědělské půdy vodní erozí, přípustnou míru erozního ohrožení vodní erozí a opatření k jeho snížení. Vyhláška se nepoužije pro hodnocení erozního ohrožení na pozemcích, na nichž je založena a pěstována trvalá kultura podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1307/2013, nebo na nichž jsou pěstovány zeleninové druhy, jahodník, léčivé, aromatické nebo kořeninové rostliny.

Ve vyhlášce jsou také vyjmenována opatření proti ohrožení půdy erozí, a to organizační, agrotechnická a technická.

Paragraf 4 vyhlášky hovoří o přípustné míře erozního ohrožení, která je dána přípustnou ztrátou zemědělské půdy způsobenou vodní erozí vztaženou k hloubce půdy vyjádřenou v tunách na 1 ha za 1 rok a je stanovena v příloze č. 1 k této vyhlášce:

Přípustná míra erozního ohrožení

Charakteristika kategorie	Hloubka půdy	Hodnota 5. číslice kódu BPEJ (sdruženého kódu skeletovitosti a hloubky půdy)	Přípustná míra erozního ohrožení (t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)
půda hluboká	> 60 cm	0, 2, 3,	9,0
půda středně hluboká	30 - 60 cm	1, 4, 7*	9,0
půda mělká	< 30 cm	5, 6, 8*, 9*	2,0

Tab. 2: Přípustná míra erozního ohrožení (ASPI ©2024)

Vyhláška dále stanovuje přípustnou ztrátu půdy, kterou nelze překračovat. S platností od 1. 7. 2021 se jedná o 9 tun z hektaru za rok, před stanovením vyhlášky to bylo až 17 tun z hektaru na rok. Aplikace Monitoring eroze zemědělské půdy, který je pod správou Státního pozemkového úřadu (SPU) a Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy v.v.i. (VUMOP v.v.i.), eviduje problematrické oblasti, na kterých je limit překračován (ASPI ©2024).

Za porušení určeného protierozního plánu hrozí fyzickým osobám pokuta do výšky 100 000 Kč, právnickým osobám a podnikatelům až 1 milion Kč. Zemědělci také mohou přijít o část dotací vyplácených Státním zemědělským intervenčním fondem (SZIF).

7. Pěstování chmele v ČR

Chmel, který pochází z území Čech, má dlouhou, až tisíciletou tradici, ruku v ruce s pivovarnictvím. Písemné záznamy o pěstování chmele pochází již z 11. století. Ve 14. století se chmelařství díky Karlu IV. neobyčejně rozvíjelo, a to i díky jeho vydanému zákazu vyvážet sadbu českého chmele a dalším nařízením o péči o chmelovou kulturu.

Z publikací o chmelu je zásadní první, vydaná v Dačicích roku 1888, s názvem „O chmelařství. Se zvláštním zřetelem k pěstování na Moravě“. Autorem je Jan Donat Pelhřimovský a věnoval ji zakladateli moravského chmelařství Hynku Florýkovi (1834–1921).

Kniha se věnuje počátkům pěstování chmele v Tršicích v roce 1861 a jeho rozšíření do okolí v letech 1863-1887. Zaměřuje se na hospodářský účinek z pěstování chmele, a zvláště moravského chmele. Popisuje zakládání chmelnic a péči o ně, způsob česání chmele a boj se škůdci, dále i drátěné konstrukce zvané Tršické (Podroužek a kol. 2020, Štranc, 2012).

Naše zelené zlato, jak se chmelu říká, patří dle odborníků k nejkvalitnějším na světě. Český chmel, konkrétně Žatecký poloranný červeňák, je právem pokládán za nejstarší odrůdovou skupinu kulturního evropského chmele, a tato odrůda dokonce získala certifikát Chráněného označení původu.

I když spotřeba piva i v okolních zemích stále celkově stoupá, v České republice se plochy určené k pěstování chmele zmenšují rok od roku. Za posledních 20 let klesly cca na polovinu (Hájková, 2018).

7.1 Chmelařské oblasti

V České republice se chmel pěstuje ve třech chmelařských oblastech, které jsou vymezeny zákonem o ochraně chmele 96/1997 sb. (ve znění zákona 248/2022 Sb.). Jedná se o oblast Žateckou, Úštěckou a Tršickou.

Chmelařské oblasti se mohou členit na chmelařské polohy, které jsou součástí chmelařských oblastí. Chmelařskými polohami jsou na Žatecku Podlesí a Údolí Zlatého potoka a na Úštěcku Polepská Blata (ASPI ©2024).

Sklizňová plocha chmelnic se oproti loňskému roku snížila o necelých 83 hektarů. K datu 20. 8. 2023 eviduje Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) 4 860 hektarů chmelnic v České republice (MZe ©2023)

- Žatecká oblast (3 743,5 hektaru) je nejvýznamnější a největší chmelařskou oblastí, skládá se z katastrálních území okresů Louny, Rakovník, Kladno, Chomutov. Klima je zde mírně teplé až teplé a mírně suché až suché, dešťový stín Doupovských vrchů a Krušných hor má vliv na velkou část této oblasti, ale rozložení srážek, jejichž úhrn je nízký, je relativně příznivé. Průměrná roční doba slunečního svitu je 1 800 hodin a teplotní normál v Žatci je na úrovni cca 8,5 °C.
V oblasti Žatecké má velká část půd původ ve vrstvách permského geologického útvaru, tyto půdy jsou označovány jako „permské červenky“. Vznikly zvětráváním lupků, jsou bohaté na minerály, obsahují značné množství sloučeniny železa a manganu a jsou zpravidla špatně propustné a chladné. Jsou nejlepšími půdami pro pěstování jemného aromatického chmele. Na vápencových půdách v části Džbánské vrchoviny se vyskytují rendziny. Podél toku řeky Ohře se rozkládají nivní půdy, na plošinách svahů Džbánské vrchoviny se vyskytují půdy hnědozemního typu.
- Úštěcká oblast (500,1 ha) zahrnuje katastrální území v okresech Litoměřice, Česká Lípa, Mělník a část okresu Kladno. Na pravém břehu Labe, ve střední části oblasti, se nachází lokalita Polepská Blata, s převážně nivními a lužními půdami. V severní části oblasti jsou půdy hnědé a černozemě na spraši, ve východní části převládají pararendzina a v západní části se nacházejí z větší části černozemní půdy. Díky nižší nadmořské výšce, vyšší průměrné teplotě za vegetaci a vyššímu úhrnu srážek jsou výnosy hlávek vyšší.
- Oblast Tršicko (616,3 ha) se rozkládá na Moravě a zahrnuje okresy Olomouc, Přerov a Prostějov. Klima je zde většinou teplé, mírně suché až vlhčí, roční úhrn srážek je v průměru 600–650 mm. Vyskytují se zde hnědozemě, černozemě, nivní a lužní půdy. V této oblasti má pěstování chmele tradici trvající již více jak 150 let, kdy zde v roce 1861 založil Hynek Florýk z Tršic první chmelnicu na Moravě (MZe ©2023, Kocourková a kol. 2014, Štranc, 2007).

PŘEHLED PLOCH CHMELE ČR - PODLE OKRESŮ

Oblast Žatecko

Okres	Plochy v ha				z toho výsaz (ha)
	Pěstitelská	Nevysázená	Bez produkce	Sklizňová	
Chomutov	15,6	0,0	0,0	15,6	0,0
Kladno	150,2	51,1	37,2	14,2	3,6
Louny	2682,1	294,3	54,3	2333,5	98,5
Rakovník	1458,0	96,9	28,6	1332,5	56,9
Celkem	4306,0	442,3	120,1	3743,5	158,9

Oblast Ústěcko

Okres	Plochy v ha				z toho výsaz (ha)
	Pěstitelská	Nevysázená	Bez produkce	Sklizňová	
Česká Lípa	14,2	0,0	0,0	14,2	4,0
Kutná Hora	23,1	0,0	0,0	23,1	0,0
Litoměřice	493,8	85,4	6,6	401,7	13,9
Mělník	90,2	29,2	0,0	61,0	4,6
Celkem	621,3	114,6	6,6	500,1	22,5

Oblast Tršicko

Okres	Plochy v ha				z toho výsaz (ha)
	Pěstitelská	Nevysázená	Bez produkce	Sklizňová	
Olomouc	232,6	7,8	0,0	224,8	2,2
Přerov	407,4	16,0	0,0	391,5	28,0
Celkem	640,1	23,8	0,0	616,3	30,2

Celkem ČR	5567,4	580,7	126,8	4859,9	211,6
------------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------

Tab. 3: Přehled ploch chmele ČR – podle okresů a odrůd k 20. 8. 2023 (MZe ©2023)

7.2 Charakteristika a využití chmele

Chmel otáčivý (*Humulus Lupulus L.*) je rostlina dvoudomá, tzn., že každá jeho rostlina má buď samčí nebo samičí květy, a jedná se o rostlinu vytrvalou, která zůstává na jednom stanovišti až 25 let i déle.

Stonek vytváří pravotočivou liánu, která může dosahovat výšky až 3–5 m, ve výjimečně dobrých klimatických podmínkách až 10 metrů. Lodyha je tenká, čtyřhranná a je porostlá hrubými chlupy, které používá k zaháčkování kolem své opory, kolem které se ovíjí. Tato liána má listy, které uprostřed stonku dorůstají šířky až 20 cm, jsou velké, dlaniť členité, dlouze řapíkaté, čepel listů má vejčitý či okrouhlý tvar a žilnatina listů je velmi výrazná, barva listů tmavě zelená, zespodu světlejší. V horní části lodyhy jsou listy menší, s šířkou cca 6–9 cm.

Chmel disponuje mohutnou kořenovou soustavou, která se skládá ze 4 až 7 hlavních kůlových (kosterních) kořenů, které se rozkládají do hloubky až 6metrů, koncových kořínků a zásobních hlíz tvořících se v hloubce 40 cm.

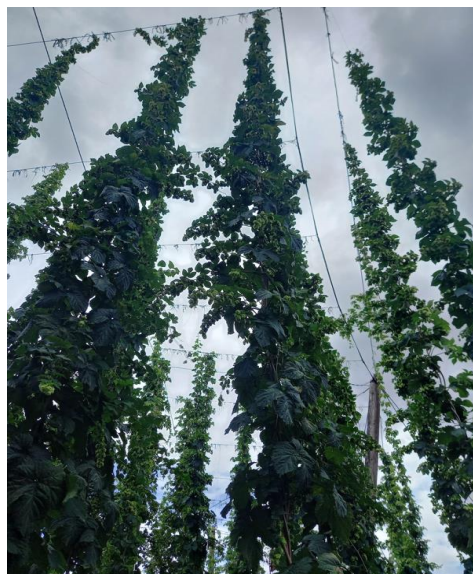
Babka je soustava lodyžních orgánů, která je tvořena lýkem a dělí se na:

- staré (2 až víceleté) dřevo,
- mladé (letošní) dřevo,
- vlky – slouží k vegetativnímu rozmnožování, rostou ze strany babky.

Na jedné rostlině se nachází buď jen samčí květenství – lata, nebo samičí květenství – ta se zakládají na květonosných větévkách jako tzv. osýpka, ze které vznikne chmelová šišťice, která se skládá ze stopky, vřetene, pravých a krycích listenů. Plodem chmele je oboustranně zploštělá, vejcovitá, až 6 cm velká nažka, tzv. chmelová hlávka (Kocourková a kol. 2014).



Obr. 11: Chmelové šišťice před sklizní
(Kocourková a kol. 2014)



Obr. 12: Chmelnice, Solopysky (foto autorky
31. 7. 2023)

Chmelu se daří v teplejších oblastech do max. nadmořské výšky 700 m, jeho původ sahá do Eurasie. V České republice (ČR) se chmel pěstuje v oblasti nížin a pahorkatin, přibližně od nadmořské výšky 150 m do cca 500 m.

V současné době je ČR třetím největším producentem chmelu na světě, za USA a Německem. Mezi další významné producenty chmele patří Čína, Polsko, Slovinsko, Velká Británie, Francie, Nový Zéland, Austrálie a mnoho dalších zemí.

Chmel se celosvětově pěstoval v roce 2021 na ploše 63 544 ha a jeho produkce dosáhla na 130 352,8 t při průměrném výnosu 2,05 t/ha.

Kocourková a kol. (2014) informuje, že chmel využívá ČR jako významný vývozní artikl, kdy z dlouhodobého pohledu největší množství zpracovaného chmele míří do Japonska. Každoročně se cca 80 % chmele vyváží do 78 zemí světa.

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) má v evidenci v roce 2022 v ČR celkem 121 pěstitelů chmele a sklizňovou plochu 4 942,6 ha.

V ČR je majoritní odrudou Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ), kdy jím bylo v roce 2022 osázeno 4 135,6 ha (tj. 83,7 % celkové plochy v ČR). Jako první zemi EU se podařilo ČR zaregistrovat zeměpisnou a ochrannou známku Evropské unie – chráněné označení původu – Žatecký chmel.

Chmel je dnes hlavní surovinou pro výrobu piva, ale využívá se také v řadě dalších odvětví. Například ve farmaceutickém průmyslu je používán pro výrobu léků proti špatnému trávení, revmatizmu a jiným chorobám. Rostlina chmelu má sedativní účinek, zpomaluje srdeční činnost, disponuje antibakteriálními účinky, podporuje trávení a má další pozitivní vlivy na lidské zdraví. Dále je známé využití chmele například v potravinářství a při výrobě kosmetických přípravků (Hájková, 2018, Kocourková a kol. 2014, MZe ©2023).

7.3 Technologie pěstování

Dle Kocourkové a kol. (2014) lze technologii pěstování chmele během vegetačního roku rozčlenit na čtyři období:

➤ Jarní práce

Na jaře se co nejdříve provádí urovnání pozemku do roviny vláčením, společně se zapravením hnojiv, následuje provedení řezu chmele, což je odstranění mladého dřeva, které začíná od 2. dekády března a končí řezem poloraného červeňáku. Řez je prováděn řeznými kotouči v hloubce cca 5 cm od urovnaného povrchu půdy. Následnou prací je zavěšování chmelovodičů (ručně z plošin), kdy je na PE motouz ke každé rostlině veden podélný drát ze stropu konstrukce, a jejich ruční zapichování do půdy. Další prací je zavádění výhonů, kdy jsou z jedné rostliny navedeny na každý chmelovodič 2–3 výhony.

➤ Letní práce

U letních prací se jedná o meziřádkovou kultivaci a přiorávku chmelových rostlin, kdy je účelem likvidace plevelů a zlepšení kvality povrchové vrstvy půdy. Při přiorávce je k rostlinám chmele přihrnována vrstva půdy 150–

200 mm. První etapa přiorávky se provádí při výšce chmelu 1,5–2 m, při druhé etapě může chmel dosahovat až 5 m.

V meziřadí se kypření provádí 2–3krát, první kypření do hloubky okolo 100 mm, další kypření do hloubky 50–60 mm (Kocourková a kol. 2014).

➤ Sklizeň

Tato fáze je spolu s posklizňovou úpravou nejnáročnější a nejnákladnější operací a je nutné ji zvládnout v relativně krátkém čase. U každé rostliny je hodnocen její zdravotní stav a tzv. technická zralost. Například nejvíce pěstovaná odrůda Žatecký poloraný červeňák se u nás začíná sklízet od 10. srpna do konce tohoto měsíce.

Sklizeň lze rozdělit na fáze:

- odstříhání rév až 1,3 m nad zemí, strhání ze stropu konstrukce, doprava k česacím strojům,
- oddělení hlávek od rostliny česacím strojem, odvoz rév a listů na kompostování,
- bezodkladné zahájení sušení chmelových hlávek – 6–9 hodin při 55–60 °C, úprava vlhkosti na 10,5–12,0 %,
- balení hlávek – lisování do kvádrů pro transport, žoky se označují štítky s potřebnými údaji, jsou zaplombovány a je proveden zápis do výkazu. Toto zajištění provádí ÚKZÚZ (Kocourková a kol. 2014).

➤ Podzimní práce

Přibližně měsíc po sklizni se odstříhávají zaschlé spodní části rév cca 20 cm nad povrchem půdy, odřezané části se likvidují mimo chmelnici. Dále probíhá na chmelnici dvojitá vláčení, orba meziřadí (odorávka půdy od rostlin), kdy se kypřením utužené půdy umožní zapravení hnojiv, úklid stropů konstrukcí, inventarizace porostu a dosazování. Práce probíhají v průběhu října a listopadu (Kocourková a kol. 2014).

8. Půdoochranné technologie

Velkým pozitivem využívání půdoochranných technologií při zpracování půdy je dle Štrance a kol. (2008) zvýšení obsahu organické hmoty v horní vrstvě půdy a tím i větší množství mikrobiální biomasy vč. její biologické aktivity, oproti konvenční technologii s orbou.

Organická hmota, která je pravidelně do půdy dodávána, se přetváří na humus a zlepšuje fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy jako je např. půdní struktura, zlepšení infiltrační schopnosti, snižování zhutnění půdy a další (Stalker, 2010). Například pro zmírnění degradačních účinků vodní eroze jsou tedy půdoochranné technologie naprosto nezbytné (Badalíková a kol. 2016).

Při užití těchto technologií je snížena intenzita a hloubka zpracování půdy a současně dochází k efektivnímu využití organické hmoty, která se mělce zapravuje do půdy, nebo je využívána k zakrytí jejího povrchu v podobě mulče z posklizňových zbytků předplodin ev. ze strniskových meziplodin (Houšť a kol. 2012, Javůrek a kol. 2011).

Mezi obecné půdoochranné technologie patří:

- bezorebné setí/sázení (přímé setí do nezpracované půdy),
- setí/sázení do mulče,
- setí/sázení do ochranné plodiny,
- setí/sázení do mělké podmítky, kdy části rostlinných zbytků zůstávají na povrchu půdy.

U silně erozně ohrožených půd (SEO) je nutné dodržet podmínku pokrytí půdy rostlinnými zbytky minimálně z 30 % do doby vzcházení porostu, u mírně erozně ohrožených půd (MEO) platí podmínka minimálně 20% pokrytí půdy rostlinnými zbytky (do 30. června musí platit 10 % pokrývnost rostl. zbytky). U SEO i MEO musí být po 1. červenci prokazatelné vizuálně, že došlo k použití obecné protierozní technologie (Srbek, Berka, 2016).

8.1 Meziplodiny

Zejména v 90. letech minulého století se dle Branta a kol. (2019) odborníci z Evropy zabývali možným rozvojem integrovaných osevních postupů. Cílem bylo zlepšení bilance toku energie a hmoty na orné půdě, snížení používání minerálních hnojiv a pesticidů a zvýšení pestrosti struktury plodin na půdním bloku, a to vše díky zvýšenému využívání meziplodin.

Pěstování meziplodin přispívá také k omezení zhutnění půdy, což se potvrdilo při obnovení této technologie po roce 1990, kdy došlo k poklesu utužení půdy v podorničí na hodnoty v šedesátých letech.

Jak informují Badalíková, Vašinka (2019), meziplodiny plní funkci ochrany povrchu půdy před vyšším výparem v období sucha, a tím udrží více vláhy v půdě.

Při volbě meziplodin je třeba se rozhodnout, k jakému hlavnímu účelu bude plodina určena, protože tato volba ovlivní další části pěstování těchto podplodin.

K hlavním účelům pěstování podplodin náleží:

- podpora užitečných organismů – zdroje pylu a nektaru,
- zdroj organické hmoty – zelené hnojení,
- protierozní účinek (Vejražka a kol. 2017).

Dle Kincla a kol. (2018) mezi další pozitivní vlivy působení meziplodin řadíme:

- produkce biomasy, obohacování půdy o organickou hmotu,
- půda je odolnější vůči degradaci, zlepšují se její fyzikální a chemické vlastnosti (struktura, zrnitost,...),
- krytí nechráněného povrchu,
- ochrana půdy již krátce po zasetí meziplodin, účinnost půdy proti erozi se s růstem dále zvyšuje,
- omezení povrchového odtoku,
- podpora infiltrace vody do půdy,
- varianta dřívějšího vjetí na obhospodařovanou plochu po předchozím dešti.

Vejražka a kol. (2017) zmiňuje i možné negativní vlivy meziplodin, a to například na chmelnicích konkurenci s rostlinami chmele o vodu a živiny nebo potenciální výskyt škůdců jako jsou hraboši, plži, drátovci, ponravy a jiné druhy škodící na podzemních orgánech rostlin.

Meziplodiny se dle Stacha (1995) rozdělují:

- podle užitku:
 - krmné – slunečnice, kukuřice, luskoviny,
 - tržní – ředkvička, špenát, vodnice,
 - na zelené hnojení – hořčice, řepka, svazenka, luskoviny.
- podle vegetační doby:
 - Ozimé – jejich hlavním účelem je zajištění nejranějšího zeleného krmení a také mohou fungovat jako předplodiny pro brambory, kukuřici na siláž a nazeleno a další pícniny (Benda, 1984).

- Jarní – podsévají se na jaře do krycích plodin (nejčastěji do obilnin) bez potřeby zvláštní přípravy půdy a do plného růstu se dostávají po sklizni. Na podzim se sklízí, spásají nebo zaorávají na zelené hnojení. V půdě ponechávají velké množství posklizňových zbytků, což zvyšuje její úrodnost (Stach, 1995).
- Letní – jsou vysévány v létě po sklizni hlavní plodiny a sklízí se (nebo jsou zaorány) na zelené hnojení v témže roce na podzim, výjimkou jsou meziplodiny zmrzající, které se využívají na erozně ohrožených pozemcích. Začleňují se po raných bramborách, ozimých meziplodinách, ozimé řepce a včas sklizených obilninách (Stach, 1995).
- Strniskové – jsou vyžívány zejména jako zelené hnojení a mezi meziplodinami jsou nejrozšířenější. Pokud dojde k včasnému úklidu slámy nebo jejímu kvalitnímu rozdrncení a rozprostření po pozemku po předchozí obilnině a následné podmítce, může navazovat náležité založení porostu a dobrý výnos nadzemní a podzemní biomasy meziplodiny, a z toho plynoucí zlepšení kvality půdy (Vach a kol. 2005).

Meziplodiny lze dělit také podle čeledí:

➤ Brukvovité

Druhy: hořčice bílá, ředkev čínská, ředkev olejná, řeřicha setá, lnička setá.

Přednosti:

- schopnost rychlého vzcházení a dynamického růstu,
- velká produkce biomasy (nadzemní i podzemní),
- kořeny narušují utuženou vrstvu půdy,
- schopnost čelit plevelům,
- podpora zasakování vody (ředkev čínská),
- zachycení živin z půdy a jejich uchování v organické hmotě – zejména N, P,
- nízké náklady na pořízení osiva (Proseeds, 2023).



Obr. 13: Brukvovité meziplodiny (Proseeds, 2023)

➤ **Brutnákovité**

Druhy: svazenka vratičolistá, svazenka shloučená

Přednosti:

- intenzivní produkce organické hmoty,
- podporuje drobtovitou strukturu půdy,
- zlepšuje kvalitu půdy díky prokořenění, zabraňuje hutnění,
- druh není příbuzný se zemědělskými plodinami,
- dlouhá vegetační doba a efektivní využití sluneční energie,
- nápomoc rozvoje mykorizních hub a velká schopnost eliminovat plevel,
- zachycení a recyklace živin – zvláště N a K (Proseeds, 2023).



Obr. 14: Brutnákovité meziplodiny (Proseeds, 2023)

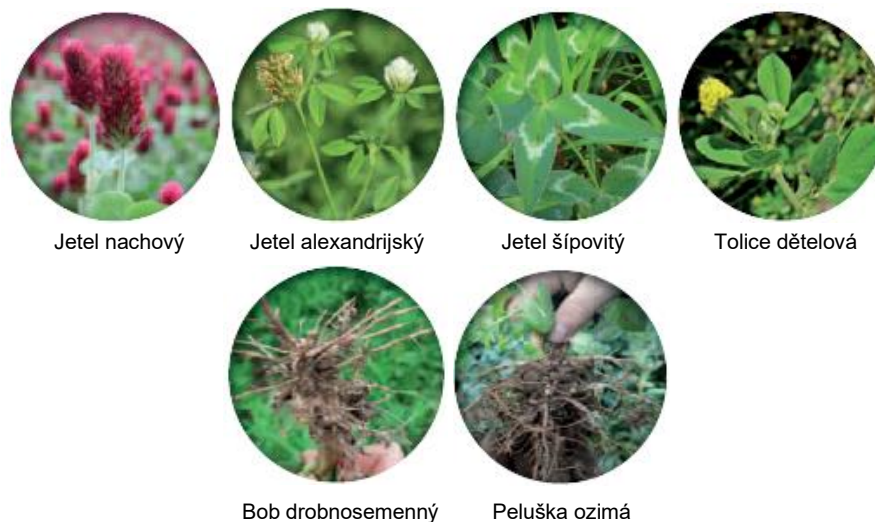
➤ **Bobovité**

Druhy: štírovník růžkatý, tolíce dětelová, jetel nachový, jetel plazivý, jetel alexandrijský, jetel šípovitý, peluška ozimá, bob drobnosemenný

Přednosti:

- podpora mikrobiálního života v půdě vč. půdních hub,
- symbiotická fixace vzdušného dusíku,

- obsah půdních živin se přirozeně zvyšuje,
- správný poměr uhlíku a dusíku,
- bohatý kořenový systém a s tím související lepší kvalita půdní struktury,
- fyto-sanitární efekt (Proseeds, 2023).



Obr. 15: Bobovité meziplodiny (Proseeds, 2023)

➤ Hvězdnicovité

Druhy: světlice barvířská, mastňák habešský

Přednosti:

- intenzivní prokořenění půdy díky robustnímu kořenovému systému,
- prokypření půdního utužení (bio-drill efekt), protierozní efekt a podpora půdní struktury,
- citlivost k mrazu,
- živiny z hlubokých vrstev půdy se zachycují, recyklují a jsou k dispozici v kořenové zóně kulturních plodin (N, P, Ca),
- intenzivní tvorba organické hmoty, rychlý růst a zastínění půdy,
- podpora mikrobiálního života v půdě vč. půdních hub,
- snášenlivost s různými druhy meziplodin. (Proseeds, 2023).



Obr. 16: Hvězdnicovité meziplodiny (Proseeds, 2023)

➤ Lipnicovité

Druhy: žito trsnaté, jílek mnohokvětý, oves hřebíkatý, ostatní trávy

Přednosti:

- využití – zelené hnojení, trvalý pokryv, krmivo,
- nenáročné pěstování, hustá kořenová síť, prokypření půdy a ochrana proti jejímu utužení,
- ochrana živin před vyplavením a jejich recyklace,
- zlepšení fyzikálních i chemických půdních vlastností,
- podpora biologického života v půdě –exudáty kořenů uvolňují cukry do půdy,
- protierozní efekt,
- schopnost trav uvést půdy do klidu a v případě potřeby následně ihned převést zpět do běžné zemědělské produkce (Proseeds, 2023).



Jílek mnohokvětý

Žito trsnaté

Oves hřebíkatý

Ostatní trávy

Obr. 17: Lipnicovité meziplodiny (Proseeds, 2023)

➤ Rdesnovité

Druhy: pohanka obecná

Přednosti:

- schopnost dobrého růstu i v suchém období, rychlé zapojení porostu,
- kvalitní prokořenění půdy,
- schopnost konkurence k zaplevelení, řádně prokořeňuje půdu a podporuje půdní strukturu,
- podpora užitečného hmyzu i rozvoje opylovačů,
- kvalitní osvojení živin z půdy a zpřístupnění P následným plodinám (Proseeds, 2023).



Pohanka setá

Obr. 18: Rdesnovité meziplodiny (Proseeds, 2023)

Pro jednotlivý druh meziplodin je určená vhodná oblast pro pěstování. Například pro oblast kukuřičnou je vhodnou rostlinou svazenka vratičolistá, ředkev olejná nebo hořčice bílá, naopak nevhodnou je srha, kostřava či jílky. Pohanka, ředkev olejná a hořčice bílá se využije v řepařské oblasti, na rozdíl od nevhodné kostřavy nebo jílku vytrvalého. Do vyšší bramborářské výrobní oblasti se hodí např. svatojánské žito či jílky, nevhodná je pohanka nebo světlice barvířská a v nižší bramborářské oblasti je vhodná jako meziplodina svazenka vratičolistá, hořčice bílá a sléz krmný, a naopak nevhodná je slunečnice a světlice barvířská (Vach a kol. 2005).

8.2 Využití podsekových plodin v meziřadí chmelnic

Dle Kincla a kol. (2018) je hlavním principem technologie ochrany půd na chmelnicích zasetí vhodně zvolených druhů meziplodin do meziřadí.

Nahrazení černého úhoru ozeleněním meziřadí je vlastně navozením podobného stavu na chmelnicích, jaký je v přirozeném prostředí, kde se chmel vyskytuje (Holý a kol. 2017).

O pozitivních vlastnostech meziplodin a jejich využití na chmelnicích již informuje J. D. Pelhřimovský (1888). Postupem času ale docházelo ke změnám, kdy se z důvodu intenzifikace upouštělo od využívání meziřadí a nahrazovalo se kultivací černého úhoru. Tato technologie byla sice náročnější na spotřebu energií – nafty i pracovního času, ale byla organizačně jednodušší. Nerespektoval se následný zrychlený úbytek organické hmoty v meziřadích a ohrožení půdy erozí. Než nastaly změny v živočišné výrobě, byl v minulosti nedostatek organické hmoty kompenzován statkovými hnojivy, a když tyto zdroje na mnohých místech zanikly, organická hmota nebyla téměř doplňována. Znovuzařazení podplodin do meziřadí chmelnic je zásadním faktorem, který omezuje erozi, zvyšuje organickou hmotu, je zdrojem pylu a nektaru pro užitečné organismy, a omezuje výkyvy teplot i relativní vlhkost vzduchu. Podplodiny přispívají ke zvýšení druhové diverzity nejen ve chmelnicích, ale i v celé zemědělské krajině.

Při pěstování meziplodin v meziřadích je nejprve třeba vyhodnotit všechny pozitivní i negativní vlivy na trvalé plodiny a určit míru rizika pro jednotlivou lokalitu. V případě chmele a jeho udržitelného pěstování převažují vlivy pozitivní, negativní se mohou ovlivnit a vyvážit korekcí technologie pěstování (Vejražka a kol. 2017).

Jak zmiňuje Kincl a kol. (2017), díky správné kombinaci rostlin dochází k odstranění půdní únavy, zlepšuje se struktura půdy díky prokořenění půdního horizontu a půda je obohacena organickou hmotou.

Dle Branta a kol. (2019) mají rostliny oseté v meziřadí zajistit podporu infiltrace vody do půdy po dobu růstu i po jeho skončení, díky zbytkům kořenového systému, a zabezpečit ochranu půdy před erozí. Rostliny omezují rozvoj plevelů nejen jako nadzemní biomasa, ale i po skončení vegetace jako mrtvý mulč.

Co se týká umístění a rozložení podplodin na chmelnicích, je nutné zohlednit účel dané podplodiny. Systém umístění podplodin na chmelnici lze kombinovat a v letech pozměňovat.

Umístění podplodin může být v každém meziřadí nebo ob řadu, kdy je účelem meziplodiny protierozní pokryv, zelené hnojení, zdroj pylu a nektaru, dále v každém 3-10 meziřadí (meziplodina zdrojem pylu a nektaru) a umístění po obvodu chmelnice (mimo zdroje pylu a nektaru i částečně účinný protierozní pokryv).

To, jakou podplodinu zvolíme, je závislé i na typu konstrukce, která může být vysoká nebo nízká. V současnosti dominují vysoké chmelnice, které se vyznačují nižší intenzitou oslunění meziřadí na rozdíl od nízkých chmelnic.

Druhy podplodiny se volí prioritně dle jejího účelu nebo více účelů, ale přihlíží se i k dalším měřítkům jako je cena a dostupnost osiva, fixace vzdušného dusíku, požadovaný počet druhů a doba setrvání na pozemku. Cílený výsev podplodin lze někdy také nahradit spontánním zaplevelením meziřadí, které ale závisí na druhovém složení v půdní bance vybraného konkrétního pozemku (Vejražka a kol. 2017).

8.2.1 Popis vybraných meziplodin použitých v praktické části při pokusných pozorování

- Oves setý (*Avena sativa*) je jednoletá obilnina, která patří do čeledi lipnicovitých. Kvete v červnu a červenci, jeho výška je do 1 m a má plevy delší než klásky. Má vysoké nároky na vláhu, proto bývá pěstován ve vlhčích a chladnějších oblastech a středních a těžších půdách. Při jeho použití jako pomocné plodiny je jeho výhodou pomalé odnožování, kdy nekonkuruje plodině hlavní (Brant a kol. 2019, ÚKZÚZ ©2024).

- Hořčice bílá (*Sinapis alba* L.) - jedná se o jednoletou bylinu, které nevyhovuje sucho a má nižší mrazuvzdornost, jinak je poměrně nenáročná. Dorůstá do výšky až 120 cm, má silný fotoperiodismus a je ostře palčivá. Má rychlý růst, kvete od května do července. Využívá se jako hlavní a nejvíce rozšířená strnisková meziplodina, zvláště pro zelené hnojení (ÚKZÚZ ©2024, Vach a kol. 2009).
- Vikev setá (*Vicia sativa*) dorůstá do výšky 90 cm, plodem je lusk s obvykle 5-8 semeny, jedná se o jednoletou bylinu s bohatým kořenovým systémem, která kvete od dubna do září. Tato luskovina se využívá na krmení, vyhovují jí těžší, hlinité nebo jílovitohlinité půdy (ÚKZÚZ ©2024).
- Jílek mnohokvětý (*Lolium multiflorum* Lam.) je volně trsnatá tráva jarního charakteru. Má rychlý počáteční vývin a růst, naopak vytrvalost má nízkou (2–3 roky). Vyznačuje se vysokými nároky na teplo, vláhu, přístupné živiny a citlivostí na holomrazy, nesnáší silně kyselé půdy, Jílek mnohokvětý má vysokou konkurenční schopnost, na jaře rychle obrůstá.
- Jetel inkarnát /nachový/ (*Trifolium incarnatum* L.) se pěstuje v teplejších oblastech, nesnáší holomrazy a sněhovou pokrývku, upřednostňuje lehčí půdy. Jedná se o jednoletou přezimující jetelovinu, která je setá v čisté kultuře jako ozimá krmná meziplodina. Dříve se používala v Landsberské směsce spolu s jílkem mnohokvětým a ozimou vikví. Sklízí se počátkem května před květem (Brant, 2008).
- Jetel šípovitý (*Trifolium vesiculosum* Savi) je jednoletá bylina, která svým vzhledem připomíná vojtěšku. Uplatňován je ve vícesložkových směsích, kde většinou nevymrzá a lze jej použít na jaře jako kvalitní krmivo. Podporuje rozvoj mikroorganismů v půdě a její drobtovitou strukturu, má výrazný zúrodňující efekt (Brant a kol. 2019, Proseeds, 2023).
- Svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth), jedná se o jednoletou rostlinu, která je vhodná jako strnisková či vymrzající meziplodina. Je odolná k mrazu a suchu a je tedy vhodná jako strništní meziplodina pro lehčí půdy a sušší polohy. Je charakteristická krátkou vegetační dobou a rychlým růstem. Velmi dobře potlačuje plevel a sama nezapleveluje následnou plodinu. Díky bohatému kořenovému systému a hustému vegetačnímu pokryvu má velké protierozní účinky (Brant, 2008).
- Jetel alexandrijský (*Trifolium alexandrinum* L.) je jednoletý druh z čeledi Fabaceae, má dlouhý kůlový málo větvený kořen a rostlina svým habitem

připomíná vojtěšku. Je použitelný jako hlavní plodina nebo meziplodina, eventuelně s jednoletým jíllem ve směsce. Má dlouhý počáteční vývoj, snadno se zapleveluje, proto se doporučuje časná první seč (VUPT ©2023).

- Světlice barvířská /saflor/ (*Carthamus tinctorius* L.) je jednoletá rostlina s fyto-sanitárními účinky, která přes zimu vymrzá. Pochází ze stepi a polostepních oblastí, a vzhledem k tomu, že se jedná tedy o plodinu odolnou vůči suchu, je využitelná jako meziplodina prakticky ve všech výrobních oblastech pro pěstování na píci i na zelené hnojení. Rostlina je 50–110 cm vysoká, doba kvetení trvá 3–4 týdny. Má vysoký obsah nektaru a tím je výhodná pro včelaře (Brant, 2008, Vach a kol. 2009).
- Lnička setá (*Camelina sativa* L. Crantz.) je jednoletá plodina z čeledi brukvovitých, vhodná jako strnisková meziplodina, má krátkou vegetační dobu a rychlý růst a vývoj. Vytváří vřetenovitý kúlový kořen a velký počet kořenů postranních, které jsou mělce rozloženy v ornici. Rostlina je velmi odolná, snáší dobře sucho i nízké teploty v počátečních fázích růstu, ale nehodí se na zaplevelená stanoviště, její konkurenční schopnost je nízká. V ČR jsou registrovány odrůdy Hoga, Vega a Lindo (Brant, 2008, Vach a kol. 2009).
- Žito trstnaté (*Secale cereale* var. *Multicaule*) je rostlinný druh, který se dříve pěstoval ve středoevropských podmínkách, zejména na chudších půdách ve vyšších oblastech. Jedná se o dvouletý druh, původně z oblasti Beskyd, pro pícní a potravinářské využití, jarní výsev se může pěstovat v čisté kultuře nebo ve směskách s jednoletými jetelovinami na píci. Letní výsev, pro který je rostlina zvláště vhodná, se užívá jako meziplodina na zelené hnojení. Žito trstnaté je nenáročné na klimatické i půdní podmínky, je typické bohatým kořenovým systémem (protierozní účinky), delší vegetační dobou, bohatým olistěním i odnožováním a drobným zrnem. V roce 2003 byla v ČR povolena první odrůda žita trstnatého Lesan, vyšlechtěná z beskydských ekotypů (Brant, 2008, Procházka a kol. 2016, Vach a kol. 2009).
- Ředkev olejná (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis*) je typická krátkou vegetační dobou a je velmi dobře odolná proti mrazu. Jedná se o druh z čeledi brukvovitých, přezimující, vhodný k využití jako letní či strnisková meziplodina. Má krátkou vegetační dobu, je odolná proti mrazu a je významná pro pěstování na zelené hnojení. Důležitý je její fyto-sanitární účinek proti háďátku řepnému. Registrované jsou odrůdy Adagio, Ikarus, Rektor, Remonta a Siletta Nova. (Brant, 2008, Vach a kol. 2009).

- Lupina (vlčí bob) (*Lupinus*) je vhodná zejména na rekultivaci chudých půd a pro zelené hnojení, nevyhovují jí těžké a zamokřené půdy. Pro její pěstování jsou nejvhodnější hlinité a jílovitohlinité půdy v bramborářské a řepařské výrobní oblasti. Důvodem pro menší používání této rostliny je její požadavek na delší vegetační dobu a vyšší nároky na vláhu. Pro pícní účely se využívá Lupina žlutá (*Lupinus luteus* L.), Lupina bílá (*Lupinus albus* L.) a Lupina úzkolistá/modrá (*Lupinus angustifolius* L.). Jako meziplodinu je vhodné vysévat Lupinu do konce srpna (Brant, 2008, Vach a kol. 2009).
- Svazenka shloučená (*Phacelia congesta* L.) je jednoletá rostlina, nenáročná na pěstování. Má pomalejší počáteční vývoj a tím i pozdnější nástup kvetení a je také teplomilnější oproti svazence vratičolisté. Při dozrávání nezasychají celé rostliny, ale pouze dozrálá květenství, navíc se vyvíjí nová, která postupně znovu nakvétají. Ukončování vegetace je tak velmi pozvolné. Využívá se jako meziplodina na zelené hnojení i jako zdroj potravy pro opylovače, delší doba kvetení je výhodná z hlediska potřeb včelařů (Brant a kol. 2019, Proseeds, 2023).

9. Metodika

Práce v metodické části nejprve představuje charakter plochy chmelnice u obce Solopysky, na které se výzkum, který se věnuje možnému využití meziplodin jako půdoochranné technologie při pěstování chmele, uskutečnil. Výzkum se věnuje posuzování konkrétních druhů podsevových plodin, které jsou popsány v kapitole 8.2, a zhodnocení jejich vlivu na vlastnosti půdy vč. změny vláhového režimu.

V práci jsou popsány dvě metody, které byly využity pro sběr dat, kdy hlavní uplatněnou metodou bylo porovnání vláhového režimu ploch osetých jednodruhou meziplodinou, směsí dvou druhů meziplodin a plochou zpracovanou konvenčním způsobem. Tento výzkum probíhal za použití polního simulátoru deště ve třech termínech dle Janečka a kol. (2012) a také ve čtvrtém termínu na již zmulčovaném porostu. Byly odebírány vzorky smytého sedimentu, a dále vzorky půdy pomocí Kopeckého válečku před i po zadeštění.

Vzorky byly následně laboratorně zpracovány a získaná data shromážděna, porovnána a statisticky vyhodnocena. Základními parametry měření byla vlhkost půdy, povrchový odtok, infiltrace, ztráta půdy a pórovitost.

Vedlejší, doplňkovou metodou bylo osetí pokusných ploch v meziřadí šesti druhů meziplodin, ve kterých převažovaly směsky. Osetí bylo realizováno na konci března 2023 a pozorování se uskutečnilo v dalších čtyřech termínech a ukončeno bylo na konci července 2023. Jednotlivé fáze růstu byly autorkou DP fotograficky zdokumentovány a použité plodiny byly porovnány z hlediska růstu, pokryvnosti, zaplevelenosti a vyhodnoceny ty nevhodnější k dalšímu možnému využití.

V příloze jsou uvedena meteorologická data k pilotnímu území z blízké veřejné meteorostanice Dobroměřice (Ústecký kraj) za sledované období březen–červenec 2023.

9.1 Popis sledovaného území

Území chmelnice, na které se provádělo pozorování s pokusným osem vybraných meziplodin, se nachází v katastrálním území Solopysky u Loun (6,67 km²), ve vesnici Solopysky, které jsou součástí obce Domoušice v okrese Louny.

Solopysky se rozkládají v údolí potoka Hasiny asi 3,5 km na severovýchod od Domoušic a necelých 12 km jihozápadně od města Louny. Nejnižší bod (290 m n. m.) se nachází na dně koryta potoka Hasiny na severním kraji katastrálního území mezi

Solopysky a Konětopy, naopak nejvyšším místem je Pískový vrch (526 m n. m.), terén oblasti je výrazně členitý.

První písemná zmínka o obci pochází z roku 1349 a od 19. století byla tato oblast využívána k pěstování chmele. V katastrálním území Solopysky u Loun bylo v roce 1845, na základě dat z tzv. císařského otisku, celkem 11,26 ha chmelnic, jejichž výměra se postupně navyšovala. V současné době se dle statistických údajů nalézají na dotčeném katastrálním území 93 parcel chmelnic o celkové výměře 48,68 ha.

Pozemek chmelnice s pokusnou plochou má v průměru sklonitost cca 7 %, je umístěný směrem na východ a nachází se na něm půda hnědozem (hlavní půdní jednotka 11). Jedná se o půdu středně těžkou, hlubokou, bez skeletu nebo s jeho příměsí max. 10 %. Zrnitostně se jedná o půdu hlinitou až jílovitohlinitou, která může být ohrožena utužením.

Bonitovaná půdně ekologická jednotka (BPEJ) je označena kódem 4.11.10 a na základě Vyhlášky o stanovení tříd ochrany č. 48/2011 Sb. spadá do I. třídy ochrany zemědělského půdního fondu (ZPF).

Dotčená lokalita náleží do čtvrtého klimatického regionu MT1, který se charakterizuje jako mírně teplý, suchý:

Suma teplot nad 10 °C: 2400–2600

Průměrný roční srážkový úhrn: 450–550 mm

Průměrná roční teplota: 7–8,5 °C

Suchá veget. období: 30–40

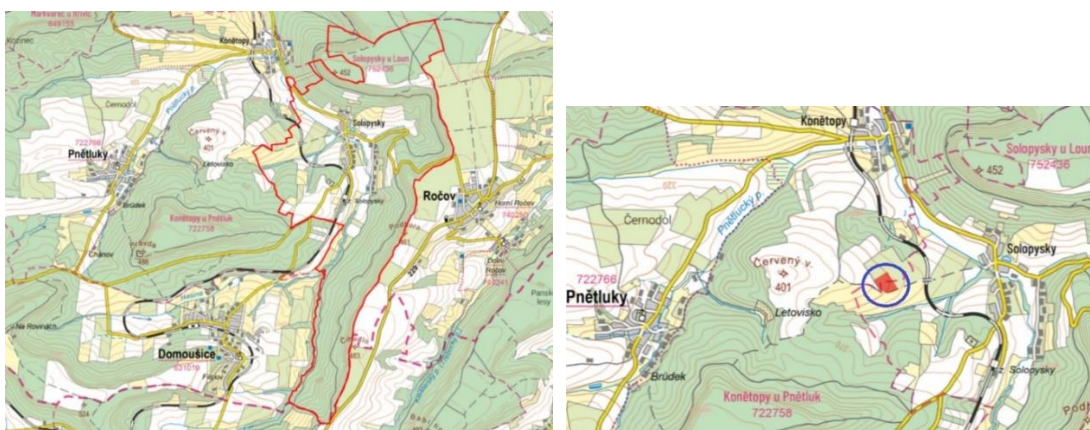
Vláhová jistota: 0–4

(ČÚZK ©2024, Kincl, 2018, VUMOP ©2024)

Majitelem pozemku, který je pravidelně poskytován k studijním a pokusným účelům, je soukromý zemědělec Ing. Josef Helebrant.



Obr. 19: Pokusná plocha vč. jejího umístění v ČR (LPIS ©2024)



Obr. 20: Obec Solopysky (ČÚZK ©2023)

Dílem půdního bloku (DPB č. 8702/10), na kterém byl pokus prováděn, prochází katastrální hranice (fialová přerušovaná linie), tzn. náleží částečně do obou katastrů (Solopysky u Loun i Konětopy u Pnětluk). Konkrétní plocha pokusu je zařazena do katastrálního území Solopysky u Loun.

9.2 Měření za použití simulátoru deště

Simulace deštěm probíhala na meziřadích s třemi různými technologiemi, jednalo se o plochu osetou hořčicí bílou, dále plochu se směsí vikve seté a ovsa setého a o plochu zpracovanou konvenční formou, která je bez rostlinného pokryvu.



Obr. 21: Směs oves setý, vikev setá
(VÚMOP, 2023)



Obr. 22: Hořčice bílá (VÚMOP, 2023)

Zadešřování bylo realizováno od dubna do července 2023 ve ve čtyřech termínech:

- 26. 4. 2023 – 1. termín – období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí
- 19. 5. 2023 – 2. termín – období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí
- 20. 7. 2023 – 3. termín – období od konce druhého termínu zadešřování do sklizně
- 31. 7. 2023 – 4. termín – období strniště, po sklizni

Při výzkumu bylo nutné dodržet všechny postupy na pokusných plochách stejně, tak aby byly podmínky jednotné u všech technologií. Termíny měření byly voleny s ohledem na předpověď počasí a neočekávaly se extrémní výkyvy síly větru nebo deště, a byly tak zajištěny přibližně stejné půdní i klimatické podmínky.

Na konkrétní pokusné ploše byl vždy sestaven polní simulátor deště VÚMOP, v.v.i., který simuluje déšť velké intenzity a umožňuje měřit ztrátu půdy vodní erozí a infiltrační schopnost půdy během simulace srážky.

Simulátor disponuje zdvojeným rozvodem trysek Spraying Systém umístěných 2 m nad povrchem terénu, které rozstřikují vodu pravidelně po celou dobu měření. Definovaná plocha měření 21 m² je ohraničena makrolonovými deskami tak, aby déšť dopadal přesně jen na tento vymezený prostor. Je možné nastavit aplikaci zadešřování s určenou velikostí kapek, intenzitou nebo trváním.

Zadešřování nejprve probíhá 30 minut (cílem je ověřit půdu s přirozenou vlhkostí v čase příjezdu na pozemek) a pak, po 15minutové technologické přestávce,

následuje zadeštění dalších 15 minut. Intenzita zadeštění byla zvolena na základě doporučení ČHMÚ, a to okolo 60 mm/hod.

Po dobu simulace, v pravidelných intervalech dle určeného času, byly odebírány do plastových nádob z pokusné, zadeštěné plochy vzorky splaveného sedimentu na výtoku ze žlabu. Pomocí člunkového průtokoměru - překlápěčky bylo měřeno množství povrchového odtoku a byl zaznamenán i čas jeho zahájení i ukončení, to vše pomocí softwaru. Při prvních měřeních bylo ověřováno i fyzicky.

V laboratořích je sediment z nádob přefiltrován, filtrační papír je zvážen i s obsahem sedimentu, dále sušen 24 hodin při teplotě 105 °C, a znovu zvážen. Množství nerozpuštěných látek v roztoku se stanoví z rozdílu váhy před a po vysušení.



Obr. 23: Odběr vzorků smytého sedimentu
(VÚMOP, 2018)



Obr. 24: Člunkový průtokoměr – překlápěčka
(foto autorka, 2023)



Obr. 25: Příprava plochy na zadeštění
26.4.2023 (foto autorka, 2023)



Obr. 26: Zadešťovaná plocha 31.7.2023
(foto autorka, 2023)

Při simulaci byly dále odebírány vzorky půdy Kopeckého válečky pro laboratorní výzkum, s cílem zjistit vlhkost půdy na pokusných plochách meziřadí před zadeštěním, po prvním a po druhém zadeštění a další základní informace o půdě.

Metodu Kopeckého váleček zavedl prof. Ing. Josef Kopecký na přelomu minulého století. Vzorky půdy se odebírají do nerezových válečků o objemu 100 cm^3 a max. výškou 5 cm, jedná se vlastně o vyříznutí vzorku půdy (na spodní straně válečku je ostří). Váleček se zatlačuje nebo zatluče do země, po naplnění se následně vyjme a okraje se zbytky zeminy se seříznou, na oba okraje se nasadí víčka.

V laboratoři se váleček nasycený vodou zváží, poté vysuší a znovu zváží. Z rozdílu váhy lze spočítat vlhkost, dále můžeme určit zastoupení a rozložení pórů či objemovou hmotnost.



Obr. 27: Kopeckého válečky (VÚMOP, 2018)

9.3 Sledování meziplodin

(doplňková metoda)

V termínu 28. 3. 2023 bylo oseto 6 polí jednotlivými druhy meziplodin. Pole byla situována ve třech řadách vedle sebe, na délku byla vynechána jedna sloupová délka a následovaly další tři řady. Bylo oseto vždy přibližně 80 % plochy meziřadí, zbývající plocha 20 % zabírala okolí plodin chmele. U vyšetých druhů plodin, převládaly spíše směsky, byla posuzována pokryvnost, výška rostlin a zaplevelení. Výsledkem bylo vyhodnocení, které ze zvolených druhů na základě posuzovaných parametrů by bylo možné dále doporučit jako nejvhodnější k dalšímu využívání jako ochranných meziplodin ve chmelnicích.

Pozorování vč. fotodokumentace se uskutečnilo v termínech: 28. 3. 2023 – osetí, 26. 4. 2023, 27. 5. 2023, 5. 7. 2023 a 31. 7. 2023

Použité plodiny (směsky):

Pokusná plocha 1 – Jílek mnohokvětý, Jetel nachový, Jetel šípový

- jetelotravní směs má optimální poměr pro založení porostu zeleného úhoru s možností víceletého využití, má silné prokořenění

Pokusná plocha 2 – Svazenka vratičolistá, Jetel šípovitý, Jetel luční, Jetel alexandrijský, Jetel nachový, Komonice bílá, Ředkev olejná, Řeřicha setá, Jílek mnohokvětý, Kostřava červená, Lipnice luční a Mastňák habešský

- rychlý růst, bohatý kořenový systém, výrazný zúrodňující efekt

Pokusná plocha 3 – Svazenka vratičolistá, Jetel alexandrijský, Světlice barvířská a Lnička setá

- působí proti utužení půdy, intenzivně prokořeňuje, má fyto-sanitární účinek a půdu obohacuje o dusík

Pokusná plocha 4 – Žito trsnaté

- vysoká odnožovací schopnost, maximální potlačení plevelů a intenzivní krytí půdy i při nízkém výsevku, odolnost proti plevelům a chorobám, nízké výrobní náklady

Pokusná plocha 5 – Ředkev olejná, Lnička setá, Řeřicha setá

- dobrý růst i za sucha, silná konkurence proti plevelům, bio-drill efekt, finanční nenáročnost

Pokusná plocha 6 – Bob polní, Ředkev olejná, Svazenka shloučená, Svazenka vratičolistá

- odolnost proti mrazu, rychlý nárůst, ale i dlouhá vegetační doba

10. Vyhodnocení

10.1 Měření za použití simulátoru deště

První termín simulace deště na chmelnici se uskutečnil 26. 4. 2023, přibližně měsíc po osetí meziplodinami půdoochranných variant. Rostliny dosahují výšky 5-15 cm. Vlhkost půdy se po prvním 30minutovém zadešťování zvýšila u hořčice bílé o 32 %, což bylo nejvíce ze všech variant, dále u ovsa setého + vikve seté (směska) o 25 % a u konvenčně zpracované půdy o 10 %. Při druhém zadešťování se naopak více zvýšila vlhkost u konvenčního zpracování, a to o 26 %, u osetých meziřadí vlhkost pouze o 1 %. Začátek povrchového nastal nejdříve u varianty konvenčního zpracování – po 1 minutě, nejpozději u směsky – 3 minuty. Infiltrace byla vyšší u osetých meziřadí oproti ploše bez meziplodin, a to výrazně u druhého zadešťování u směsky (o 52 %). I když se jednalo o měření v prvním termínu, měsíc po osetí, protierozní efekt meziplodin byl znatelný i vzhledem k hodnotám ztráty půdy:

První zadešťování: oves + vikve o 82 % nižší ztráta oproti konvenční variantě
hořčice o 56 % nižší ztráta oproti konvenční variantě

Druhé zadešťování: oves + vikve o 75 % nižší ztráta oproti konvenční variantě
hořčice o 50 % nižší ztráta oproti konvenční variantě

V měsíci dubnu 2023 byly v Ústeckém kraji srážky 33 % nad dlouhodobým normálem, nejvyšší naměřená denní teplota v meteostanici Dobroměřice (Ústecký kraj) byla 23 °C.

Pořadí zadešťování	Varianta	Vlhkost půdy [% hmot.]		Začátek povrchového odtoku	Infiltrace	Velikost povrchového odtoku	Ztráta půdy	Hodnocení pórovitosti
		Před zadešťováním	Po zadešťování	[s]	[l]	[l]	[t/ha]	
První zadešťování 30 min	oves + vikve	21,83	27,24	179	466	314	1,81	mírně pórovitá
	konvenční zpracování	22,08	24,26	46	377	403	9,89	mírně pórovitá
	hořčice	23,15	30,56	124	424	356	4,35	mírně pórovitá
Druhé zadešťování 15 min	oves + vikve	27,24	27,42	28	166	224	1,65	mírně pórovitá
	konvenční zpracování	24,26	30,52	12	109	281	6,59	mírně pórovitá
	hořčice	30,56	30,71	21	148	242	3,29	mírně pórovitá

Tab. 4: Termín 1. zadešťování 26. 4. 2023

Dne 19. 5. 2023, přibližně dva měsíce po zasetí, kdy již rostliny byly vzrostlé s vysokou pokryvností, bylo provedeno druhé zadeštění pokusných ploch. V první polovině května panovalo sucho, lehké srážky byly velmi sporadické. První simulace deště vedená na suchou půdu, zvedla její vlhkost nejvíce u technologie s hořčicí bílou, a to až o 200 %. Následovala varianta se směskou, u ní se vlhkost zvýšila o 106 %, nejmenší rozdíl vlhkosti vykazovalo konvenční obhospodařování (více o 60 %). Při druhé simulaci se vlhkost, vzhledem k vysokému nasycení při prvním zadeštění, zvýšila již v malých hodnotách. Povrchový odtok nastal při první simulaci nejdříve u varianty hořčice, naopak u konvenčního zpracování a směsky až v 11, resp. 12 minutě. Jeho velikost byla při této simulaci u půdoochranných technologií výrazně nižší, při 15minutovém zadeštění se naměřené hodnoty vyrovnaly. Nicméně u technologií s plodinami byla voda odtékající z povrchu čistší, obsahovala výrazně méně erodovaných částic. V porovnání s prvním, dubnovým termínem výjezdu se při prvním zadeštění ztráta půdy u obou osetých ploch oproti konvenčnímu zpracování snížila, u hořčice bílé výrazně. Zde se již projevila vyšší pokryvnost a plné zapojení meziplodin a jejich ochrana povrchu půdy.

První zadeštění: oves setý + vikev setá o 89 % nižší ztráta půdy oproti konvenční variantě

hořčice bílá o 82 % nižší ztráta půdy oproti konvenční variantě

Druhé zadeštění: oves setý + vikev setá o 74 % nižší ztráta půdy oproti konvenční variantě

hořčice bílá o 51 % nižší ztráta půdy oproti konvenční variantě



Obr. 28: 2. termín – hořčice bílá – meziřadí vpravo, oves setý a vikev setá – meziřadí vlevo (VÚMOP, 2023)

V měsíci květnu 2023 bylo v Ústeckém kraji velké sucho, srážky se pohybovaly 77 % pod dlouhodobým normálem, výskyt slabého až středního deště byl pouze v 5 dnech. Nejvyšší naměřená denní teplota v meteostanici Dobroměřice (Ústecký kraj) byla 29 °C.

Pořadí zadeštění	Varianta	Vlhkost půdy [% hmot.]		Začátek povrchového odtoku	Infiltrace	Velikost povrchového odtoku	Ztráta půdy	Hodnocení pórovitosti
		Před zadeštěním	Po zadeštění	[s]	[l]	[l]	[t/ha]	
První zadeštění 30 min	oves + vikev	13,28	27,37	697	716	64	0,14	mírně pórovitá
	konvenční zpracování	15,56	24,96	671	621	159	1,29	středně pórovitá
	hořčice	11,13	33,40	432	694	86	0,23	středně pórovitá
Druhé zadeštění 15 min	oves + vikev	27,37	33,50	31	240	150	0,36	mírně pórovitá
	konvenční zpracování	24,96	28,17	37	202	188	1,38	středně pórovitá
	hořčice	33,40	35,09	43	200	190	0,67	středně pórovitá

Tab. 5: Termín 2. zadeštění 19. 5. 2023

Třetí termín zadeštění proběhl v období od konce druhého termínu zadeštění do sklizně v termínu 20. 7. 2023. Nejen v dotčené lokalitě, ale v celé ČR byly extrémně vysoké teploty a malý výskyt srážek. Část meziplodin jevila známky schnutí a poléhávání, ale pokryvnost rotlinami byla stále velmi vysoká. Zaplevelení meziplodin bylo přibližně stejné jako při druhém výjezdu. Při měření po první simulaci deště, která trvala 30 minut, se vlhkost půdy zvýšila nejvíce u směsi ovsa setého a vikve seté, a to téměř o 220 %, následovala hořčice bílá se zvýšením vlhkosti půdy o 177 % , u konvenčního zpracování se hodnota vlhkosti půdy zvýšila o 78 %. Při simulaci do již zamokřené půdy se její vlhkost tolik nezvyšovala. Pozdní počátek odtoku vody, a vysoká infiltrace se projevila u směsky ovsa setého a vikve seté, odtok nastal až po 21 minutách a infiltrace byla ze všech variant nejvyšší, naopak odtok vody nejnižší. Při druhém zadeštění nastal odtok nejpozději u hořčice bílé, ale infiltrace byla nejvyšší a velikost povrchového odtoku nejnižší opět u směsky ovsa setého a vikve seté. Rozdíl ztráty půdy u variant se projevil jak při prvním, tak i druhém zadeštění. Zde se ukázal půdoochranný význam meziplodin největší měrou ze zatím uskutečněných pokusů. Hodnoty osetých ploch dosahovaly téměř o 100 % nižší ztrátu půdy než konvenčně obhospodařované plochy.

První zadeštění: oves setý + vikev setá o 99 % nižší ztráta půdy oproti konvenční variantě

hořčice o 99 % nižší ztráta půdy oproti konvenční variantě

Druhé zadeštění: oves setý + vikev setá o 95 % nižší ztráta půdy oproti konvenční variantě

hořčice bílá o 99 % nižší ztráta půdy oproti konvenční variantě

V první polovině měsíce července 2023 se vyskytovaly v Ústeckém kraji extrémně vysoké teploty, pouze 5 dnů byl mírný déšť, měsíční srážky se pohybovaly 30 % pod dlouhodobým normálem. Nejvyšší naměřená denní teplota v meteostanici Dobroměřice (Ústecký kraj) byla přesně v polovině měsíce 38 °C.

Pořadí zadeštění	Varianta	Vlhkost půdy [% hmot.]		Začátek povrchového odtoku	Infiltrace	Velikost povrchového odtoku	Ztráta půdy	Hodnocení pórovitosti
		Před zadeštěním	Po zadeštění	[s]	[l]	[l]	[t/ha]	
První zadeštění 30 min	ovses + vikev	9,95	31,64	1270	771	9	0,07	středně pórovitá
	konvenční zpracování	15,39	27,40	390	531	249	6,00	středně pórovitá
	hořčice	12,65	34,17	709	715	65	0,09	mírně pórovitá
Druhé zadeštění 15 min	ovses + vikev	31,64	33,66	28	311	79	0,33	středně pórovitá
	konvenční zpracování	27,40	33,93	22	175	215	6,19	středně pórovitá
	hořčice	34,17	37,98	58	274	116	0,06	mírně pórovitá

Tab. 6: Termín 3. zadeštění 20. 7. 2023

Čtvrtý termín simulace deště proběhl 31. 7. 2023 ve fázi, kdy byly meziploidy již zmulčovány a na pokusné ploše rozprostřeny. Tím se v půdě zvýšil obsah organické hmoty, a půda byla také chráněna. Plocha byla pokryta až z 90 %, do výšky cca 5 cm. Vzhledem k většímu počtu srážek ve 2. polovině července byla vlhkost půdy měřená před zadeštěním vyšší než hodnoty zjištěné ve stejné fázi u předchozího, třetího termínu pokusu.

Vlhkost půdy se nyní po prvním zadeštění zvýšila nejvíce u hořčice – o 104 % a nejméně, již tradičně, u konvenčního zpracování, u kterého také nastal začátek povrchového odtoku u prvního, ale i druhého zadeštění nejdříve. Infiltrace byla nejvyšší u prvního zadeštění na přirozeně suchou půdu u hořčice bílé, ale obě půdoochranné technologie převyšovaly hodnotami infiltrace půdu bez krytí. Při druhém zadeštění byly hodnoty infiltrace u osetých ploch podobné, oproti konvenčnímu zpracování byly o 70 resp. 77 % vyšší.

Parametry ztráty půdy byly i při tomto posledním měření výrazně nižší u osetých, nyní již zmulčovaných ploch, plocha bez pokryvu byla zasažena odnosem půdy podstatně více.

První zadeštění: oves setý + vikev setá o 89 % nižší ztráta půdy oproti konvenční variantě

hořčice bílá o 96 % nižší ztráta půdy oproti konvenční variantě

Druhé zadeštění: oves setý + vikev setá o 98 % nižší ztráta půdy oproti konvenční variantě

hořčice bílá o 95 % nižší ztráta půdy oproti konvenční variantě

Druhá polovina měsíce července 2023 již nevykazovala extrémně vysoké teploty, ty se v Ústeckém kraji pohybovaly většinou v rozmezí 25 – 30°C, poslední týden v červenci byl deštivý, ale srážky neměly velkou intenzitu, pouze jeden den dosahovaly srážky 8 mm.

Pořadí zadeštění	Varianta	Vlhkost půdy [% hmot.]		Začátek povrchového odtoku	Infiltrace	Velikost povrchového odtoku	Ztráta půdy	Hodnocení pórovitosti
		Před zadeštěním	Po zadeštění	[s]	[l]	[l]	[t/ha]	
První zadeštění 30 min	oves + vikev	13,78	20,60	148	436	344	0,42	středně pórovitá
	konvenční zpracování	21,89	27,12	125	316	464	3,66	středně pórovitá
	hořčice	15,11	30,89	171	646	134	0,15	mírně pórovitá
Druhé zadeštění 15 min	oves + vikev	20,60	22,94	86	259	131	0,03	středně pórovitá
	konvenční zpracování	27,12	29,70	20	146	244	1,96	středně pórovitá
	hořčice	30,89	31,92	37	248	142	0,09	středně pórovitá

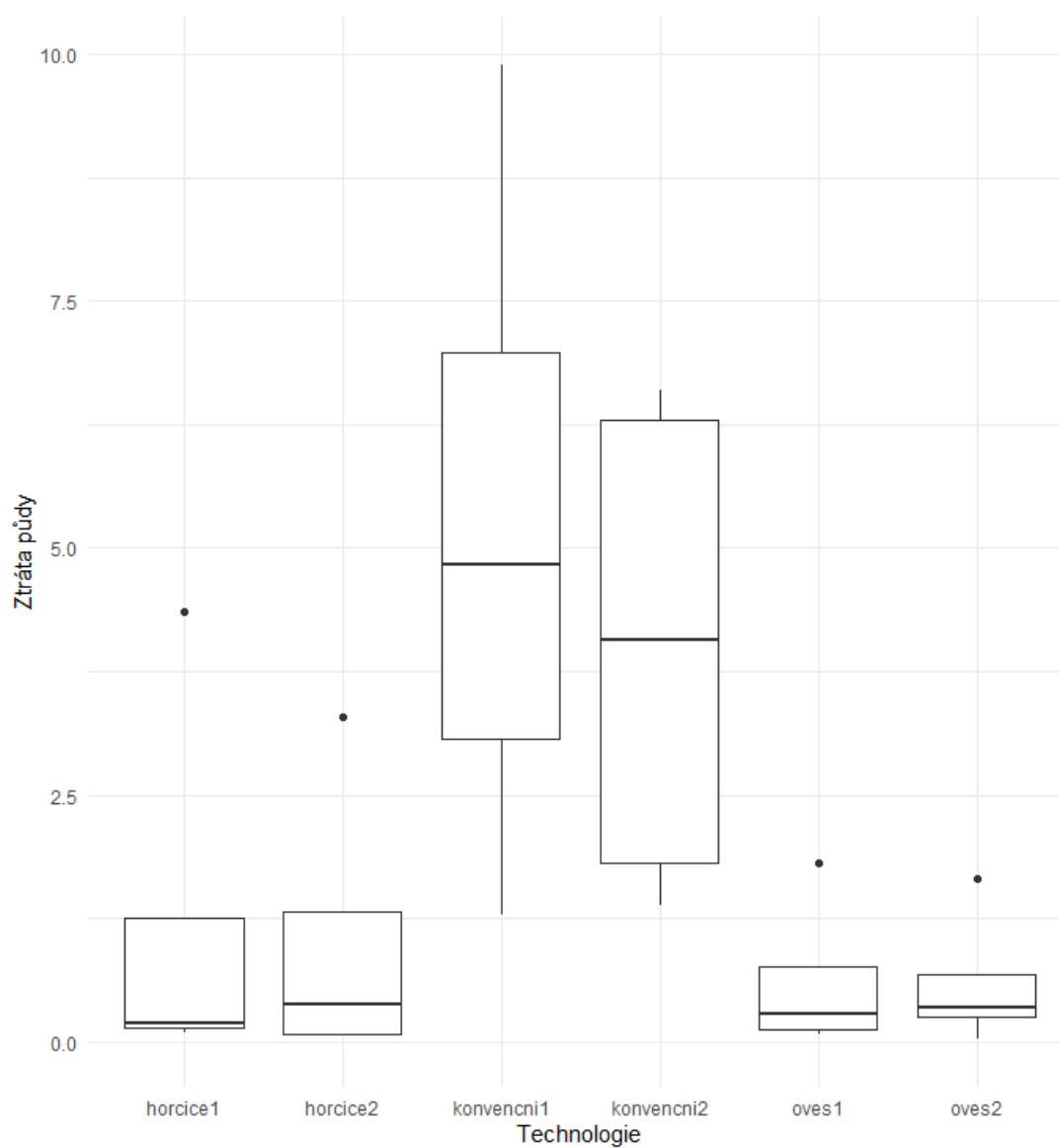
Tab. 7: Termín 4. zadeštění 31. 7. 2023

10.1.1 Statistické vyhodnocení

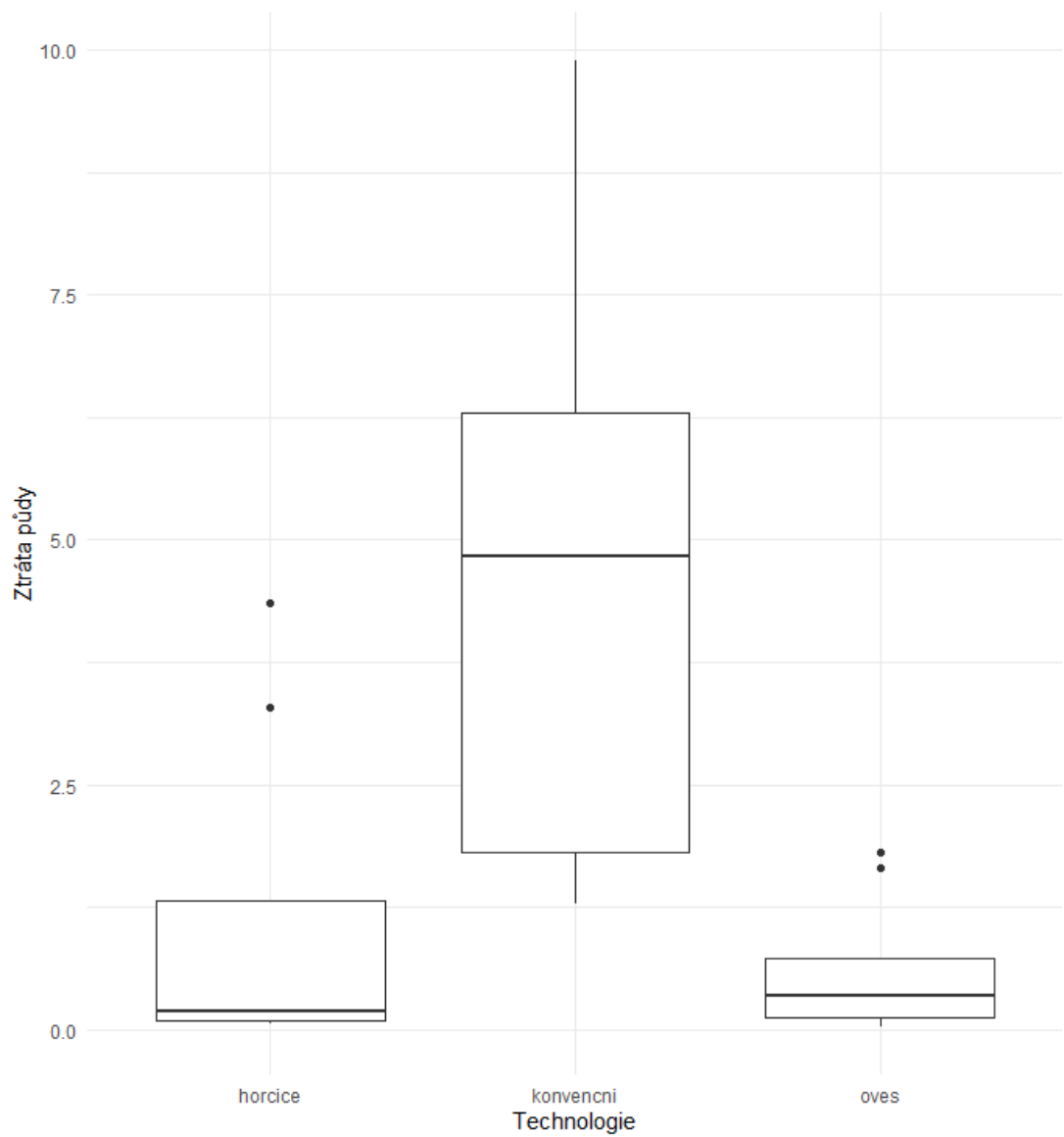
Cílem statických výpočtů bylo vyhodnocení, zda je ztráta půdy vodní erozí závislá na použití půdoochranné plodiny, a jaký je rozdíl v případě porovnání variant půdoochranné technologie s meziplodinami s konvenčním zpracováním půdy bez osetí.

Nejprve byla data ztráty půdy u jednotlivých technologií obou zadeštění vyhodnocena pomocí boxplotů. Z následujících grafů jasně vyplývá, že jsou významné rozdíly mezi ztrátou půdy u půdoochranných technologií a u konvenčního zpracování.

Boxploty



Graf 3: Rozdíl mezi jednotlivými technologiemi při prvním a druhém zadešťování



Graf 4: Celkový rozdíl mezi jednotlivými technologiemi

Následně byl proveden Shapiro-wilkův test (test normality) pro celý dataset a Leveneův test (test homogeneity – neparametrický test, který porovnává rozptyly mezi skupinami), kdy nebyly splněny předpoklady pro Anovu, proto byl dále použit neparametrický test Kruskal-Wallis.

Shapiro-wilkův test (test normality)

<pre>> shapiro.test(oves_dest1) Shapiro-wilk normality test data: oves_dest1 w = 0.77622, p-value = 0.06597</pre>	p-hodnota: 0.06597	Normální rozdělení
<pre>> shapiro.test(konvencni_dest1) Shapiro-wilk normality test data: konvencni_dest1 w = 0.98488, p-value = 0.93</pre>	p-hodnota: 0.93	Normální rozdělení
<pre>> shapiro.test(horcice_dest1) Shapiro-wilk normality test data: horcice_dest1 w = 0.65539, p-value = 0.003073</pre>	p-hodnota: 0.003073	NENÍ normální rozdělení
<pre>> shapiro.test(oves_dest2) Shapiro-wilk normality test data: oves_dest2 w = 0.80294, p-value = 0.1076</pre>	p-hodnota: 0.1076	Normální rozdělení
<pre>> shapiro.test(konvencni_dest2) Shapiro-wilk normality test data: konvencni_dest2 w = 0.81481, p-value = 0.1315</pre>	p-hodnota: 0.1315	Normální rozdělení
<pre>> shapiro.test(horcice_dest2) Shapiro-wilk normality test data: horcice_dest2 w = 0.75979, p-value = 0.0475</pre>	p-hodnota: 0.0475	NENÍ normální rozdělení

Tab. 8: Shapiro-wilkův test pro jednotlivé varianty

Shapiro-wilkův test pro celý dataset ztráty půdy

```
shapiro.test(novy_dest$Cislo)

Shapiro-wilk normality test

data:  novy_dest$Cislo
w = 0.77864, p-value = 0.0001345
```

P-hodnota: 0.0001345

Výsledek: P-hodnota <0.05 -> data nemají normální rozdělení

Leveneův test

```
LeveneTest(novy_dest$Cislo~ novy_dest$Technologie)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  5  2.1787 0.1021
      18
```

Výsledek: P-hodnota = 0.1021 > 0.05 -> homogenita rozptylu je

Neparametrický test Kruskal-Wallis

```
kruskal-wallis rank sum test
data: novy_dest$Cislo by novy_dest$Technologie
kruskal-wallis chi-squared = 10.597, df = 5, p-value = 0.05998
```

Výsledek: P-hodnota = 0,05998 -> není rozdíl mezi technologiemi

Vzhledem k tomu, že u testu Kruskal-Wallis byla výsledná hodnota $p = 0,059$, byl následně proveden Dunnův test (používá se jako posthoc test pro Kruskal-Wallis).

Dunnův test

```
dunn.test(dest3$Cislo, dest3$Technologie, method="bonferroni")
kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: x and group
kruskal-wallis chi-squared = 10.5696, df = 2, p-value = 0.01
```

Comparison of x by group (Bonferroni)		
Col Mean- Row Mean	horcice	konvencn
konvencn	-2.722953 0.0097*	
oves	0.176815 1.0000	2.899768 0.0056*

```
alpha = 0.05
Reject Ho if p <= alpha/2
```

kruskal-wallis chi-squared = 10.5696, df = 2, p-value = 0.01

Výsledek: P-hodnota = 0,01 -> existuje významný statistický rozdíl mezi alespoň dvěma skupinami

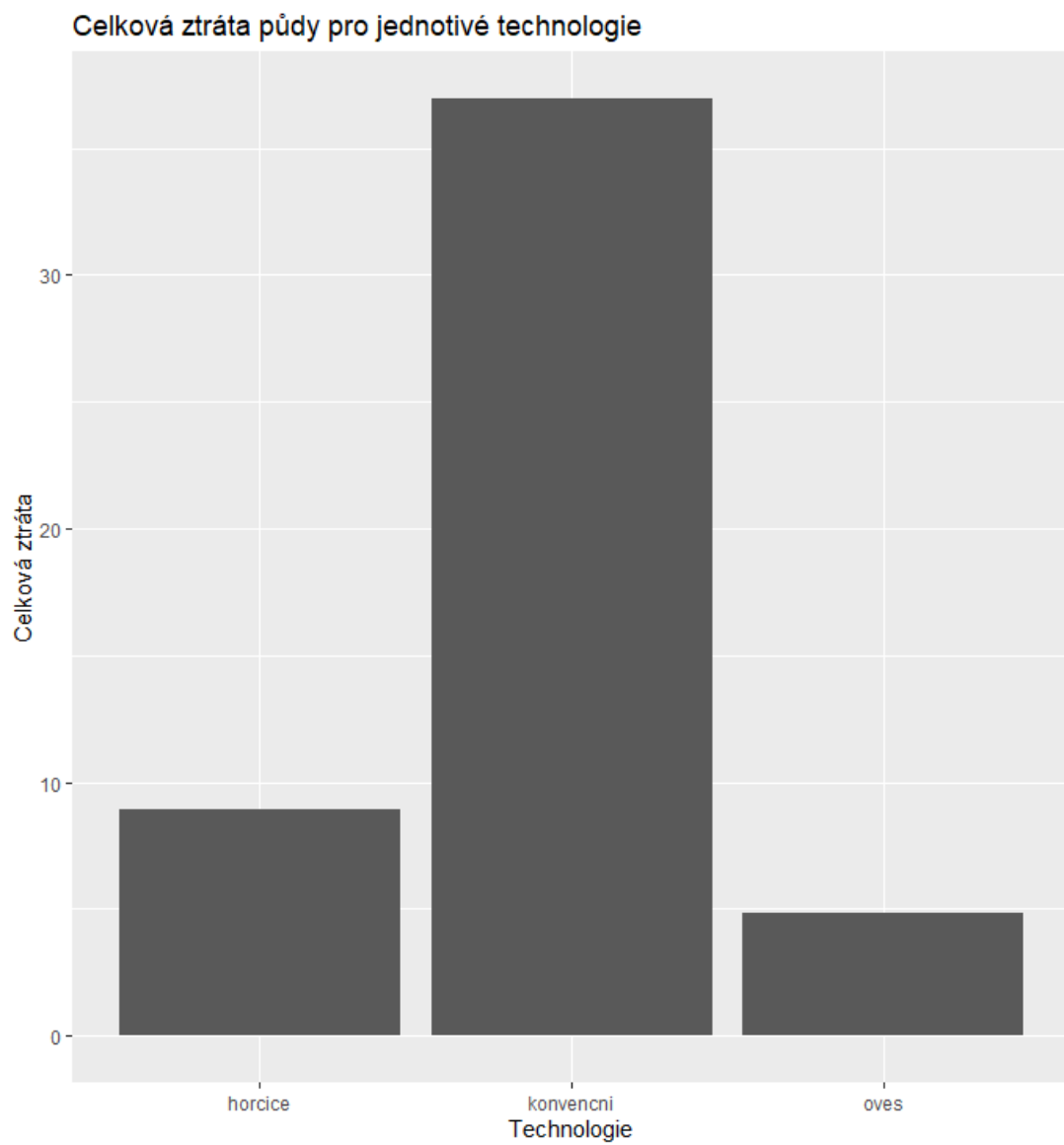
Konvenční vs. Hořčice – statisticky významný rozdíl (p-hodnota = 0,0097)

Konvenční vs. Oves – statisticky významný rozdíl (p-hodnota = 0,0056)

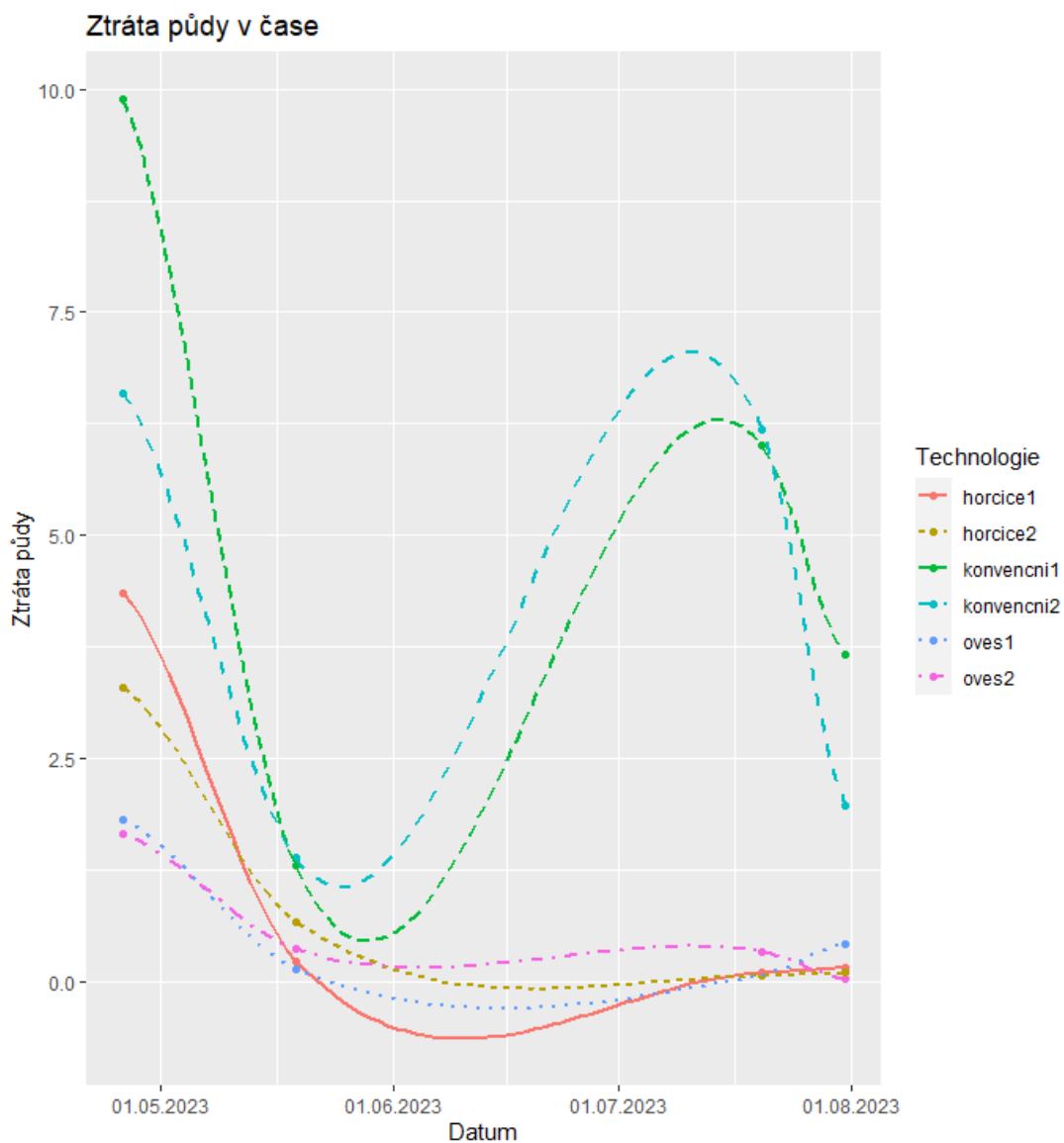
Oves vs. Hořčice – statisticky nevýznamný rozdíl (p-hodnota = 1)

Dunnův test ukázal, proč původní testy nebyly zcela průkazné. Rozdíl v hodnotě ztráty půdy byl mezi dvěma použitými půdoochrannými technologiemi, tzn. variantou ovsa setého + vikve seté a hořčicí bílou, tak zanedbatelný, že je základní testová statistika nepojmula. Naopak rozdíl mezi ztrátou půdy u půdoochranných technologií a konvenční variantou byl více než významný.

Ze statistického vyhodnocení jednoznačně vyplývá, že použití půdoochranných technologií, v tomto případě osetí meziřadí, má významný pozitivní vliv na účinnost proti ztrátě půdy vodní erozí.



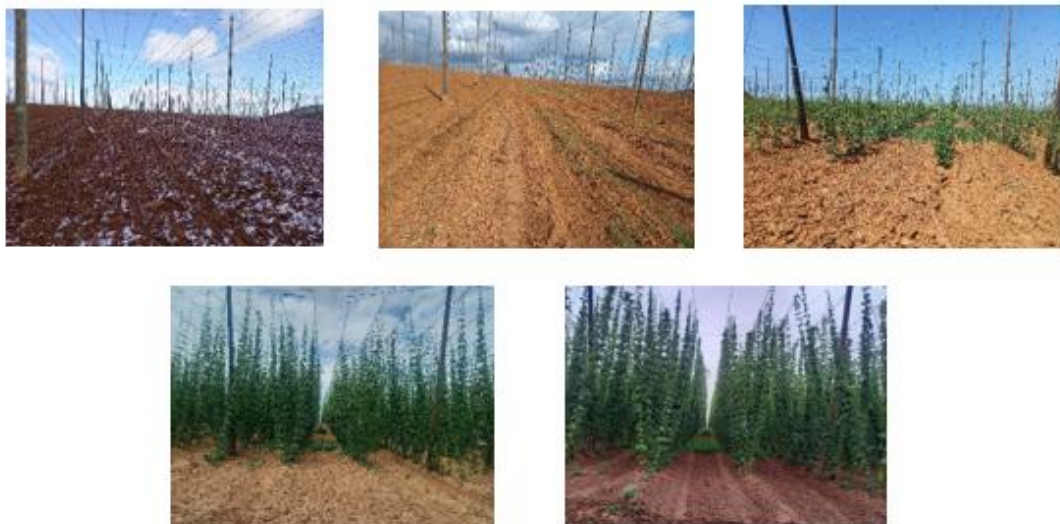
Graf 5: Celková ztráta půdy pro jednotlivé technologie



Graf 6: Ztráta půdy v čase pro jednotlivé technologie

10.2 Sledování mezplodin

Mezplodiny na 6 pokusných polích byly založeny koncem března 2023 a jejich pozorování probíhalo v dalších čtyřech termínech do konce července 2023. Jednalo se o směsky, pouze pokusná plocha 4 byla oseta jedním druhem, žitem trsnatým.



Obr. 29: Pokusná plocha v jednotlivých fázích růstu

1. pokusná plocha

Použité osivo

Složení: Jílek mnohokvětý, Jetel nachový, Jetel šípový

Výsevek: 14 kg/ha



27. 5. 2023



5. 7. 2023



31. 7. 2023



Obr. 30: Pokusná plocha č. 1 ve fázích růstu s detailem porostu

Jílek mnohokvětý, Jetel nachový, Jetel šípový			
Datum	Pokryvnost [%]	Výška [cm]	Zaplevelení
28. 3. 2023		osev	
26. 4. 2023	1	1	není
27. 5. 2023	70	10–20	mírné
5. 7. 2023	90	20-75	střední
31. 7. 2023	80	23-80	střední

Tab. 9: Pokusná plocha č. 1 – parametry

2. pokusná plocha

Použité osivo

Složení: směs Srbek – Svazenka vratičolistá 26 %, Jetel šípovitý 54 %, Jetel luční 6 %, Jetel alexandrijský 3 %, Jetel nachový 2 %, Komonice bílá 1 %, Ředkev olejná 3 %, Řeřicha setá 1 %, Jílek mnohokvětý 2 %, Kostřava červená 0,5 %, Lipnice luční 0,5 % a Mastřák habešský 1 %.

Výsevek: 15 kg/ha



27. 5. 2023



5. 7. 2023



31. 7. 2023



Obr. 31: Pokusná plocha č. 2 ve fázích růstu s detailem porostu

Svazenka vratičolistá, Jetel šípovitý, Jetel luční, Jetel alexandrijský, Jetel nachový, Komonice bílá, Ředkev olejná, Řeřicha setá, Jílek mnohokvětý, Kostřava červená, Lipnice luční, Mastňák habešský			
Datum	Pokryvnost [%]	Výška [cm]	Zaplevelení
28. 3. 2023		osev	
26. 4. 2023	7	2	není
27. 5. 2023	85	20-30	střední
5. 7. 2023	75	30-90	střední
31. 7. 2023	80	25-90	střední

Tab. 10: Pokusná plocha č. 2 – parametry

3. pokusná plocha

Použité osivo

Složení: Meziplodinová směs 4 - Svazenka vratičolistá, Jetel alexandrijský, Světlíce barvířská a Lnička setá

Výsevok: 15 kg/ha



27. 5. 2023



5. 7. 2023



31. 7. 2023



Obr. 32: Pokusná plocha č. 3 ve fázích růstu s detailem porostu

Svazanka vratičolistá, Jetel alexandrijský, Světlíce barvířská a Lnička setá			
Datum	Pokryvnost [%]	Výška [cm]	Zaplevelení
28. 3. 2023		osev	
26. 4. 2023	5	2	není
27. 5. 2023	75	15-35	mírné
5. 7. 2023	85	70-120	střední
31. 7. 2023	80	70-115	střední

Tab. 11: Pokusná plocha č. 3 – parametry

4. pokusná plocha

Použité osivo

Složení: Žito trsnaté

Výsevek: 90 kg/ha



27. 5. 2023



5. 7. 2023



31. 7. 2023



Obr. 33: Pokusná plocha č. 4 ve fázích růstu s detailem porostu

Žito trsnaté			
Datum	Pokryvnost [%]	Výška [cm]	Zaplevelení
28. 3. 2023		osev	
26. 4. 2023	10	8	není
27. 5. 2023	90	20-30	mírné
5. 7. 2023	90	95-140	vysoké
31. 7. 2023	85	90-140	střední

Tab. 12: Pokusná plocha č. 4 – parametry

5. pokusná plocha

Použité osivo

Složení: Meziplodinová směs 7 - Ředkev olejná, Lníčka setá, Řeřicha setá

Výševek: 6 kg/ha



27. 5. 2023



5. 7. 2023



31. 7. 2023



Obr. 34: Pokusná plocha č. 5 ve fázích růstu s detailem porostu

Ředkev olejná, Lnička setá, Řeřicha setá			
Datum	Pokryvnost [%]	Výška [cm]	Zaplevelení
28. 3. 2023	osev		
26. 4. 2023	8	2	není
27. 5. 2023	85	15-25	mírné
5. 7. 2023	90	75-130	střední
31. 7. 2023	85	70-130	střední

Tab. 13: Pokusná plocha č. 5 – parametry

6. pokusná plocha

Použité osivo

Složení: Bob polní, Ředkev olejná, Svazenka shloučená, Svazenka vratičolistá

Výsevek: 18 kg/ha



27. 5. 2023



5. 7. 2023



31. 7. 2023



Obr. 35: Pokusná plocha č. 6 ve fázích růstu s detailem porostu

Bob polní, Ředkev olejná, Svazenka shloučená, Svazenka vratičolistá			
Datum	Pokryvnost [%]	Výška [cm]	Zaplevelení
28. 3. 2023	osev		
26. 4. 2023	2	2	není
27. 5. 2023	90	10-20	mírné
5. 7. 2023	90	35-130	mírné
31. 7. 2023	85	30-125	mírné

Tab. 14: Pokusná plocha č. 6 – parametry

V průběhu dubna se srážky pohybovaly 30 % nad dlouhodobým normálem, všechny zaseté plodiny vzešly. V květnu byl výskyt srážek naopak sporadický, v dalších měsících se vyskytovaly velmi vysoké teploty (až 37 °C), a to bylo zřejmě důvodem výskytu zaplevelení, které překvapivě postihlo ve větším výskytu meziřadí s žitem trsnatým, které je jinak vůči plevelům velmi odolné. Naopak plocha s žitem trsnatým měla v první fázi růstu nejvyšší a nejhustší pokryv. V dalších měsících byl na všech plochách zaznamenán kvalitní pokryv, pouze u druhého pole s vícedruhovou směsí se vyskytly v pokryvu mezery. U třetího pole se směsí svazenky vratičolisté, jetele alexandrijského, světlíce barvířské a lničky seté došlo k výraznějšímu poškození porostu pojezdy a části již vzešlých rostlin zaschly.

Všechny oseté plochy působily na rozdíl od neosetých meziřadí protierozně při výskytu dešťů, rostliny kvalitně prokořenily půdu, půda vodu zadržovala a ta se vsakovala, nedocházelo ke smyvu. Problémem byly pouze vyjeté koleje, které poškodily meziplodiny, utužily půdu a na jejich místě vznikala povrchový odtok.

Dalším pozitivem byl u kvetoucích meziplodin, jako například u svazenky vratičolisté nebo jetele nachového, výskyt opylovačů.

11. Diskuze

Pěstování chmele v českých zemích je dlouholetá a tradiční záležitost a chmel funguje i jako velmi významný obchodní artikl. Je otázkou, zda je při obhospodařování chmele brán dostatečný zřetel na jeho ochranu, vč. předcházení ztráty půdy vodní erozí. Ta je zapříčiněna silnými dešti, které se vzhledem k očekávaným klimatickým změnám budou pravděpodobně vyskytovat častěji, a je tedy třeba vhodnými zásahy předvídatelným degradacím půdy předcházet (Vopravil a kol. 2010b).

Výskyt erozně nebezpečných dešťů je dle statistik ČHMÚ nejpravděpodobnější v období května až srpna (Janeček a kol. 2012) a dochází při nich k výraznému odnosu půdy. Nejen, že dochází k velkým ztrátám živin a tím snížení úrodnosti, ale vyskytují se i další problémy u okolních pozemků, jako je znečištění vodních toků splavenou půdou, škody v intravilánu vč. komunikací aj.

Vodní erozí jsou v největší míře ohroženy svažité pozemky, ke kterým patří i ty ve chmelařské oblasti Žatecké. Chmel se tam pěstuje tradičně v řadách o šířce 2,7 a 4,2 m, kdy tato vzdálenost spolu se svažitostí, nahrává náchylnosti k vodní erozi. Jak informuje Štranc a kol. (2012), plošná eroze v horní části může přecházet v dolních částech do horší varianty eroze rýhové nebo výmolové.

Pro navození tohoto prostředí byl pro výzkum využit simulátor deště VÚMOP v.v.i., a to v druhém až pátém pěstebním období dle Janečka a kol. (2012) na dvě půdoochranné varianty – oseté plochy meziplodinami, a jednu srovnávací – konvenční bez osetí. Cílem bylo zjistit půdoochrannou účinnost meziplodin v meziřadích, které mají, jak zmiňuje Štranc a kol. (2008), významné množství výhod. Mezi ně řadí v první řadě vysokou účinnost proti vodní erozi a omezení odtoku srážkové vody, zlepšení půdních vlastností, zvýšení obsahu organické hmoty a také biodiverzity krajiny aj. Badalíková a kol. (2016) uvádí pozitivní ochranný efekt rostlinných zbytků jako pokryvu půdy vč. zlepšení vodního režimu v půdě.

Během simulací a následného vyhodnocení měření se prokázalo, že rostlinný pokryv zajistil výraznou protierozní účinnost, nižší ztráty půdy i dostatečnou infiltraci, a to již za krátkou dobu od zasetí. Tato skutečnost byla v souladu se zjištěním Kincla a kol. (2018), že využitím meziplodin lze ztrátu půdy během celé pěstební sezóny snížit o více jak 2/3 oproti konvenčnímu zpracování. Nebyly také zaznamenány negativní účinky meziplodin jak na výnos chmele, tak na obsah alfa a beta kyselin v něm.

Jako mínus lze zmínit výskyt prostoru kolejových stop, kdy agrotechnika meziplodiny poškodí a ty pak schnou, jejich účinnost proti vodní erozi je ale i tak vysoká.

Na monitorovaných pokusných plochách osetých různými druhy meziplodin, se objevoval také plevel, ale jak sděluje Vejražka a kol. (2017), tento jev se může vyskytovat v období suchého počasí, kdy se zpomaluje růst plodin, což byl tento případ.

Výše uvedené poznatky se nabízejí k využívání meziplodin pěstiteli ve vyšší míře, i když to znamená např. vyšší finanční nároky na pořízení osiva. Jak zmiňuje Janeček a kol. (2012), přínosy zavedení protierozní ochrany se dají uvést jako rozdíl mezi finančním vyjádřením následků eroze před a po zavedení protierozních opatření.

Pro posílení zavádění meziplodin do pěstebních postupů lze zemědělcům doporučit využití některých z dotačních titulů na podporu produkce chmele zprostředkovaných Ministerstvem zemědělství (MZe).

12. Závěr

Cílem diplomové práce bylo ověření a vyhodnocení využití meziplodin v meziřadích chmelnic, jako půdoochranné technologie účinné proti vodní erozi. Žatecká chmelařská oblast, kde se výzkum uskutečnil, se vyznačuje sklonitým terénem, je tedy při silných deštích erozně ohrožená a přichází tak o půdu, živiny a tedy úrodnost.

Ověřování a pozorování probíhalo ve čtyřech pěstebních termínech za pomoci simulátoru deště a také monitoringem vysetých meziplodin. U zadešťování byly porovnány měřené základní parametry (infiltrace, vlhkost, povrchový odtok, ztráta půdy) u meziřadí osetých meziplodinami, a to ve dvou variantách, s meziřadím zpracovaným konvenčně.

Na základě zpracovaných dat byly jednoznačně plochy oseté meziplodinami výrazně méně náchylné ke smyvu půdy, docházelo k výraznější infiltraci a hodnoty ztráty půdy byly v řádech nižší.

Statistickým ověřením bylo potvrzeno, že rozdíl ztráty půdy mezi samotnými meziplodinami byl téměř zanedbatelný, kdy nejmenší ztráta půdy byla identifikována u směsi ovsa setého a vikve seté, oproti vysoké ztrátě půdy u konvenčního zpracování. Výsledek je velmi dobře znatelný na zpracovaných grafech.

U pozorovaných meziplodin se vyskytovalo, pravděpodobně z důvodu vysokých teplot a sucha, zaplevelení, nicméně oseté plochy měly slušný pokryv, disponovaly dostatečnou biomasou a při deštích nedocházelo k výraznému smyvu půdy. Nejlépe se osvědčilo, i přes výskyt plevelu, žito trsnaté, dále svazenka shloučená a svazenka vratičolistá a jetel nachový. Kvetoucí plodiny mimo jiné přispívaly ke zvyšování biodiverzity krajiny díky opylovačům.

Slabou stránkou byly u půdoochranných technologií kolejové stopy, ve kterých docházelo k utužení půdy a poškození meziplodin, které ale i tak svoji funkci ochrany povrchu půdy před vodní erozí plnily.

Závěrem lze konstatovat, že užití jakýchkoliv meziplodin je přínosnější a k půdě ohleduplnější než zpracování půdy konvenční metodou.

Vzhledem k měnícím se přírodním a klimatickým podmínkám je užitečné podobné výzkumy ověřovat v čase a přesvědčovat zemědělce o prospěšnosti půdoochranných technologií. Jejich používáním mohou eliminovat potřebu aplikovat umělá hnojiva a tím přispět ke zlepšování životního prostředí.

13. Seznam literatury a použitých zdrojů

Literární zdroje

Badalíková B., Novotná J., Pospíšilová L., 2016: Vliv zapravení organické hmoty na půdní vlastnosti a snížení vodní eroze. Uplatněná certifikovaná metodika 33/16. Zemědělský výzkum, spol. s r.o., Troubsko. ISBN 978-80-88000-10-5. 41 s.

Badalíková B., Vašínska M., 2019: Meziplodiny chrání půdu před nadměrným výparem vody. In: Salaš, P. (ed): Rostliny v suchých oblastech a klimatická změna. Lednice 23.- 24. 10. 2019 Zahradnictví: Vědecká příloha. Profi Press, Praha, XVIII(11), s. 1 - 8. ISSN 1213-7596

Bartz D. a kol., 2018: Atlas půdy – Fakta a čísla o zemi, půdě a životě. Heinrich-Böll-Stiftung e.V., Glopolis. Praha. ISBN 978-80-88289-07-4

Benda J., 1984: Meziplodiny v soustavě rostlinné výroby. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Brant V., 2008: Meziplodiny. Kurent, České Budějovice. ISBN 978-80-87111-10-9.

Brant V., Hamouz P., Kroulík M., Škeříková M., Šmöger J., Tyšer L., Záborský, P., 2019: Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin. Agrární komora České republiky, Praha. ISBN 978-80-88351-03-0.

Cáblík J., Jůva K., 1963: Protierozní ochrana půdy. SZN, Praha, 324 s.

Cook L. H. 1936: The Nature and Controlling Variables of the Water Erosion Process. Soil science society of America Journal 1, 487-494.

Costantini E. A. C., Lorenzetti R., 2013: Soil degradation processes in the Italian agricultural and forest ecosystems. Italian Journal of Agronomy, Page Press Publications, 8, 233–243.

Doran J.W., Parkin T.B., 1996: Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set In: Doran, J.W. et Jones, A.J. (Eds.): Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wi: 25-38.

Govers G., Lobb D. A., Quine T. A., 1999: Tillage erosion and translocation: emergence of a new paradigm in soil erosion research. Soil and Tillage Research, Elsevier, Nizozemsko, Vol. 51

Hálek V., 2004: Aplikace systému opatření proti vodní erozi v prostorách speciálních kultur, Acta Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně, LII č.5, Brno.

Holý M., 1978: Protierozní ochrana. Nakladatelství technické literatury, Praha.

Holý M., 1994: Eroze a životní prostředí. České vysoké technické učení v Praze, Praha.

Holý K., Procházka P., Štranc J., Štranc D., Štranc P., 2017: Integrovaná ochrana chmele, Certifikovaná metodika. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha. ISBN: 978-80-7427-265-3.

Houšť M., Procházková B., Hledík P., 2012: Effect of different tillage intensity on yields and yield-forming factors in winter wheat. Acta univ. agric. et silvic. Mendelianae Brunensis, LX (5). pp. 89-96.

Hůla J., Janeček M., Kovaříček P., Bohuslávka J., 2003: Agrotechnická protierozní opatření. VÚMOP, Praha. ISSN 1211-3972.

Hůla J., Procházková B., 2008: Minimalizace zpracování půdy. Profi Press, Praha, 248 s. ISBN: 978-80-86726-28-1.

Janeček M. a kol., 2002: Ochrana zemědělské půdy před erozí. 1 vyd. ISV, Praha, s. 201.

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

Janeček M. a kol., 2008: Základy erodologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. ISBN 978-80-213-1842-7.

Janeček M. a kol., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Certifikovaná metodika, Česká zemědělská univerzita, FŽP, Praha. ISBN 978-80-87415-42-9.

Javůrek, M. a kol., 2011: Hodnocení dlouhodobého efektu půdoochranných technologií na výnosy ozimé pšenice a vlastnosti půdy typu luvisol. Úroda, 59 (12):355-358.

Kincl D., 2018: Komplexní půdoochranné technologie pro pěstování chmele otáčivého, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i., Praha.

Kincl D., Kabelka D., Srbek J., Čáp P., Petrů A., Petera M., Krofta K., Pokorný J., 2018: Půdoochranné technologie pro pěstování chmelu. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha. ISBN 978-80-87361-90-0.

Kocourková B., Pluháčková H., Růžičková G., 2014: Pěstování speciálních plodin, Mendelova univerzita, Brno. ISBN 978-80-7509-020-1.

Lal R., 1998: Soil quality and sustainability. In: Lal R., Blum W. H., Valentine C., Stewart B. A. (eds): Methods for assessment of soil degradation. Boca Raton, CRC Press, New York. p. 17-30

Ledvina R., Horáček J., Šindelářová, M., 2000: Geologie a půdoznalství. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice.

- Lhotský J. a kol., 1994: Kultivace a rekultivace půd. VÚMOP, v.v.i., Praha, 198 s.
- Machar I., Drobilová L., 2012: Ochrana přírody a krajiny v České republice: vybrané aktuální problémy a možnosti jejich řešení. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, s. 613–614. ISBN 978-80-244-3041-6.
- Merritt W. S., Letcher R. A., Jakeman A. J., 2003: A review of erosion and sediment transport models. *Environmental Modelling & Software*, 18, p. 761–799.
- Němeček J., Macků J., Vokoun J., Vavříček D., Novák P., 2001: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Česká zemědělská univerzita, Praha. ISBN 80-238-8061-6.
- Neružil P., Kohoutek A., Odstrčilová V., Vach M., Javůrek M., Stražil Z., 2015: Využití minimalizačních a půdoochranných technologií pro snížení účinků vodní eroze na obdělávaných půdách. Certifikovaná metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha. ISBN 978-80-7427-180-9.
- Novotný I. a kol., 2014: Příručka ochrany proti vodní erozi, 2. přepracované vydání. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha. ISBN 978-80-87361-33-7.
- Novotný I. a kol., 2017: Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy, 3. aktualizované vydání. Mze, VÚMOP v.v.i., Praha.
- Panagos P., Imeson A., Meusburger K., Borrelli P., Poesen J., Alewell CH., 2016: Soil Conservation in Europe: Wish or Reality?. *Land Degradation and Development*, 27, p. 1547–1551.
- Pavlu L., 2018: Základy pedologie a ochrany půdy. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. ISBN 978-80-213-2876-1.
- Podroužek K. a kol., 2020: Metodika efektivního terénního průzkumu a dokumentace historických staveb. Národní památkový ústav, Ústí nad Labem.
- Pokorný E., Šarapatka B., Hejátková K., 2007: Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku: metodická pomůcka. ZERA –Zemědělská a ekologická regionální agentura, Náměšť nad Oslavou. ISBN 80–903548–5–8.
- Power J. F., Myers R. J. K., 1989: The maintenance or improvement of farming systems in North America and Australia. In.: *Soil quality in semiarid agriculture*. Saskatchewan Inst. of Pedology, Univ. of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, 1989, pp. 273–292.
- Procházka J., Pelikán J., Knotová D., 2016: Metodika pěstování žita trsnatého na zrno, Metodika 39/16. Zemědělský výzkum, spol. s r.o., Troubsko. ISBN 978-80-88000-16-7.
- Rejšek K., Vácha R., 2018: *Nauka o půdě*. Agriprint, Olomouc, 527 s. ISBN 978-80–87091-82-1.

Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., Porter J.P., 1991: RUSLE: Revised universal soil loss equation. Journal of Soil and Water Conservation, January 1991, USA, 46 (1) 30-33.

Sáňka M., Materna J., 2004: Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. Edice Planeta 2004/11, MŽP, ISSN 1213-3393.

Sáňka M., Vácha R., Poláková Š., Fiala P., 2018: Kritéria pro hodnocení produkčních a ekologických vlastností půd. Ministerstvo životního prostředí, Praha. ISBN 978-80-7212-627-9.

Sklenička P., 2003: Základy krajinného plánování. Naděžda Skleničková, Praha, 321 s. ISBN 80-903206-1-9.

Srbek J., Berka M., 2016: Půdoochranné technologie. Seminář 10.11.2016, Agrokomplex Ohře, a.s., Bohušovice nad Ohří.

Stach J., 1995: Základní agrotechnika: (osevní postupy). Jihočeská univerzita, České Budějovice. ISBN 80-7040-117-6.

Šarapatka B., Dlapa P., Bedrna Z., 2002: Kvalita a degradace půdy. Univerzita Palackého, Olomouc. ISBN 80-244-0584-9.

Šarapatka B., Borůvka L., Konečná J., Podhrázská J., Pospíšilová L., Sáňka M., Šantrůčková H., Vácha R., Žigová A.: 2021: Půda – přehlížené bohatství. Univerzita Palackého v Olomouci, ISBN 978-80-244-6022-2.

Šimek M., 2003: Půda 1: Neživé složky půdy. JČU, Biologická fakulta, České Budějovice.

Šimek M., 2004: Základy nauky o půdě - 4. Degradace půdy. JČU, Biologická fakulta, České Budějovice.

Šimek M., Elhottová D., Pižl V., 2015: Živá půda. Středisko společných činností AV ČR, v.v.i., Praha, ISBN 978-80-200-2567-8.

Štranc P., Štranc J., Holý K., Štranc D., Sklenička P., 2012: Pěstování vzrůstných odrůd chmele v nízké konstrukci. Kurent, spol. s r.o., Praha. ISBN 978-80-87111-33-8.

Štranc P., Štranc J., Jurčák J., Štranc D., Pázler B., 2007: Výsadba chmele. Kurent, s.r.o., Praha. ISBN 978-80-87111-02-4.

Štranc P., Štranc J., Štranc D., Ledvina R., 2008: Zpracování půdy ve chmelnicích. Katedra rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze, Praha. ISBN 978-80-87111-11-6.

Vach M., Haberle J., Javůrek M., Procházka J., Procházková B., Suškevič M., Neudert L., 2005: Pěstování meziplodin v různých půdně – klimatických podmínkách České republiky. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. ISBN 80-7271-157-1.

Vach M., Haberle J., Procházka J., Procházková B., Hermuth J., Květoň V., Káš M., Javůrek M., Svoboda P., Dvořáček V., 2009: Pěstování strniskových meziplodin, Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.. ISBN 978-80-7427-009-3.

Vácha R., 2019: Půda – naše bohatství. Profi Press s.r.o., Praha. ISBN 978-80-88306-00-9.

Várallyay, G., 1993: Soil data bases for sustainable land use – Hungarian case study. In: Greenland, D. J., Szabolcs, I.(eds): Soil Resilience and Sustainable Land Use. CAB International. Wallingford. p. 469-495.

Vejražka K., Holý K., Křivánek J., Vavera R., Procházka P., Kudrna T., 2017: Pěstování podplodin v meziřadí chmelnic. Metodika č. 42/17. Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko. ISBN 978-80-88000-21-1.

Vlasák J, Bartošková K., 2007: Pozemkové úpravy. Vydavatelství ČVUT, Praha. ISBN 978-80-01-03609-9.

Vopravil J., Khel T., Vrabcová T., Novák P., Novotný I., Hladík J., Vašků Z., Jacko K., Rožnovský J., Janeček M., Vácha R., Pivová J., Kvítek T., Novák P., Fučík P., Čermák P., Janků J., Pírková I., Papaj V., Banýrová J., 2010a: Půda a její hodnocení v ČR I. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha. ISBN 978-80-87361-05-4.

Vopravil J., Vrabcová T., Khel T., Novotný I., Banýrová J., 2010b: Vývoj a degradace půd v podmínkách očekávaných změn klimatu. In: Rožnovský J., Litschmann T. (ed): Voda v krajině. Český hydrometeorologický ústav, Lednice. s. 23–30. ISBN 978-80-86690-79-7.

VÚMOP v.v.i., 2018: Informační listy 42. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha.

VÚMOP, 2022: Monitoring eroze zemědělské půdy, Závěrečná zpráva. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Oddělení půdní služba, Praha.

Zachar D., 1970: Erózia pody. Vydavateľstvo slovenskej akadémie ved, Bratislava.

Internetové zdroje

ASPI ©2024: Automatizovaný systém právních informací (online) [cit. 2024.01.25], dostupné z: <https://www.aspi.cz/products/lawText/1/96709/1/2>.

ČÚZK, ©2023, (online) [cit. 2024.01.06], dostupné z: <https://katastralnimapy.cuzk.cz/>.

ČÚZK, ©2024: Katastr nemovitostí (online) [cit. 2024.01.21], dostupné z: https://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?AKCE=META:SESTAVA:MDR002_XSLT:WEBCUZK_ID:752436.

Duniway M. C., Pfennigwerth A. A., Fick S. E., Nauman T. W., Belnap J., Barger N. N., 2019: Wind erosion and dust from US drylands: a review of causes, consequences, and solutions in a changing world (online) [cit. 2024.02.08], dostupné z: https://fickse.github.io/files/Duniway_Ecosphere_2019.pdf.

Hájková J., 2018: Chmel otáčivý – Humulus lupulus (online) [cit. 2024.02.02], dostupné z: <https://www.priroda.cz/clanky.php?detail=2641>.

Jedlička M., 2018: Kolik hektarů celosvětově zabírá zemědělská půda? Kupodivu víc, než se očekávalo (online) [cit. 2023.11.26], dostupné z <https://www.agroportal24h.cz/clanky/kolik-hektaru-celosvetove-zabira-zemedelska-puda-kupodivu-vic-nez-se-ocekavalo>.

Kincl D., Kabelka D., Krofta K., Srbek J., Pokorný J., Vopravil J., 2017: Ochrana erozně ohrožených chmelnic před vodní erozí. In: Regionální rozvoj mezi teorií a praxí 2017/03 (online) [cit. 2023.10.23], dostupné z: <http://www.regionálnírozvoj.eu/vydani/201703>.

LAL R., 2015: Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. Sustainability 2015 (online) [cit. 2023.11.26], dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su7055875>.

MZe, ©2021: Situační a výhledová zpráva Půda (online) [cit.2023.12.05], dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/-q342039---OEFwN1E5/situacni-a-vyhledova-zprava-puda-2021?linka=a275563>.

MZe, ©2022: Situační a výhledová zpráva, Chmel, Pivo (online) [cit. 2024.02.010], dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/-q368457---As16G74O/chmel-a-pivo-112022?linka=a290551>.

MŽP, ©2023: Definice, význam a funkce půdy (online) [cit. 2023.11.25], dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/\\$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf).

Proseeds, 2023: Zelené hnojení 2023, (online) [cit. 2024.01.25], dostupné z: [https://www.proseeds.cz/userfiles/file/Proseeds_Zelene_hnojeni_2023_web\(1\).pdf](https://www.proseeds.cz/userfiles/file/Proseeds_Zelene_hnojeni_2023_web(1).pdf).

Renard K. G., Foster G. R., Weesies G. A., McCool D. K., Yoder, D.C., 1997: Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE) (online) [cit. 2024.02.08], dostupné z: https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/64080530/rusle/ah_703.pdf.

Stalker B., 2010: Infiltration and water holding capacity of kompost. In: CA dept. of Resources Recycling and Recovery, (online) [cit. 2023.10.11.], dostupné z: <https://CalRecycle Home Page>.

ÚKZÚZ ©2023: Aktuální plochy chmelnic v české republice dostupné z: https://eagri.cz/public/portal/ukzuz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2023_aktualni-plochy-chmelnic-v-CR-2023.

Veřejný registr půdy – LPIS, ©2021: (online) [cit. 2023.12.02], dostupné z: <https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>.

VÚMOP, ©2024: eKatalog (online) [cit. 2024.02.13], dostupné z: [eKatalog BPEJ - 4.64.01 \(vumop.cz\) >](https://eKatalog BPEJ - 4.64.01 (vumop.cz) >).

VUPT – Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o. Troubsko, ©2023: Odrůdy (online) [cit.2024.01.05], dostupné z: <https://www.vupt.cz/cz/odrudy/>.

14. Seznam obrázků, tabulek a grafů

Seznam obrázků:

Obr. 1: Schématické znázornění funkcí půdy (Sáňka, Materna, 2004).....	6
Obr. 2: Tvary půdních agregátů (Šarapatka a kol. 2021).....	7
Obr. 3: Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd (Němeček a kol. 2001)	8
Obr. 4: Rozdělení organické hmoty v půdě (hmotnostní %) (Šimek, 2003)	10
Obr. 5: Přehled monitorovaných erozních událostí v České republice v roce 2022 (VÚMOP ©2022)	20
Obr. 6: Stupeň rizika vodní eroze v České republice (VÚMOP ©2015).....	21
Obr. 7: Fotodokumentace vybraných erozních událostí zaznamenaných v Monitoringu eroze zemědělské půdy (VÚMOP, 2022).....	21
Obr. 8: Pásové střídání plodin (Janeček a kol. 2012).....	31
Obr. 9: Důlkování a hrázkování (Srbek, Berka, 2016).....	33
Obr. 10: Protierozní hrázky (Janeček a kol. 2012)	36
Obr. 11: Chmelové šišťice před sklizní (Kocourková a kol. 2014).....	43
Obr. 12: Chmelnice, Solopysky (foto autorky 31. 7. 2023)	43
Obr. 13: Brukvovité meziplodiny (Proseeds, 2023)	49
Obr. 14: Brutnákovité meziplodiny (Proseeds, 2023)	49
Obr. 15: Bobovité meziplodiny (Proseeds, 2023)	50
Obr. 16: Hvězdnicovité meziplodiny (Proseeds, 2023).....	50
Obr. 17: Lipnicovité meziplodiny (Proseeds, 2023)	51
Obr. 18: Rdesnovité meziplodiny (Proseeds, 2023)	52
Obr. 19: Pokusná plocha vč. jejího umístění v ČR (LPIS ©2024).....	59
Obr. 20: Obec Solopysky (ČÚZK ©2023).....	59
Obr. 21: Směs oves setý, vikev setá (VÚMOP, 2023).....	60
Obr. 22: Hořčice bílá (VÚMOP, 2023).....	60
Obr. 23: Odběr vzorků smytého sedimentu (VÚMOP, 2018).....	61
Obr. 24: Člunkový průtokoměr – překlápěčka (foto autorka, 2023)	61

Obr. 25: Příprava plochy na zadeštění 26.4.2023 (foto autorka, 2023)	62
Obr. 26: Zadešťovaná plocha 31.7.2023 (foto autorka, 2023)	62
Obr. 27: Kopeckého válečky (VÚMOP, 2018)	62
Obr. 28: 2. termín – hořčice bílá – meziřadí vpravo, oves setý a vikev setá – meziřadí vlevo (VÚMOP, 2023)	66
Obr. 29: Pokusná plocha v jednotlivých fázích růstu	77
Obr. 30: Pokusná plocha č. 1 ve fázích růstu s detailem porostu	77
Obr. 31: Pokusná plocha č. 2 ve fázích růstu s detailem porostu	78
Obr. 32: Pokusná plocha č. 3 ve fázích růstu s detailem porostu	79
Obr. 33: Pokusná plocha č. 4 ve fázích růstu s detailem porostu	80
Obr. 34: Pokusná plocha č. 5 ve fázích růstu s detailem porostu	81
Obr. 35: Pokusná plocha č. 6 ve fázích růstu s detailem porostu	82

Seznam tabulek:

Tab. 1: Ohrožení půd ČR vodní erozí podle „maximálně přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace a faktoru protierozních opatření“ (MZe ©2021)	28
Tab. 2: Přípustná míra erozního ohrožení (ASPI ©2024)	38
Tab. 3: Přehled ploch chmele ČR – podle okresů a odrůd k 20. 8. 2023 (MZe ©2023)	42
Tab. 4: Termín 1. zadeštění 26. 4. 2023	65
Tab. 5: Termín 2. zadeštění 19. 5. 2023	67
Tab. 6: Termín 3. zadeštění 20. 7. 2023	68
Tab. 7: Termín 4. zadeštění 31. 7. 2023	69
Tab. 8: Shapiro-wilkův test pro jednotlivé varianty	72
Tab. 9: Pokusná plocha č. 1 – parametry	78
Tab. 10: Pokusná plocha č. 2 – parametry	79
Tab. 11: Pokusná plocha č. 3 – parametry	80
Tab. 12: Pokusná plocha č. 4 – parametry	81
Tab. 13: Pokusná plocha č. 5 – parametry	82
Tab. 14: Pokusná plocha č. 6 – parametry	83

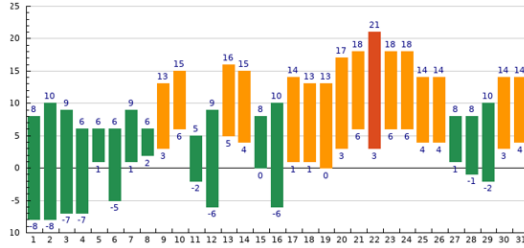
Seznam grafů:

Graf 1: Průměrné objemové složení minerálních půd (Šarapatka a kol. 2021).....	13
Graf 2: Ohrožení půdy České republiky vodní erozí v roce 2021 (MZe ©2021).....	29
Graf 3: Rozdíl mezi jednotlivými technologiemi při prvním a druhém zadešťování ..	70
Graf 4: Celkový rozdíl mezi jednotlivými technologiemi.....	71
Graf 5: Celková ztráta půdy pro jednotlivé technologie	75
Graf 6: Ztráta půdy v čase pro jednotlivé technologie	76

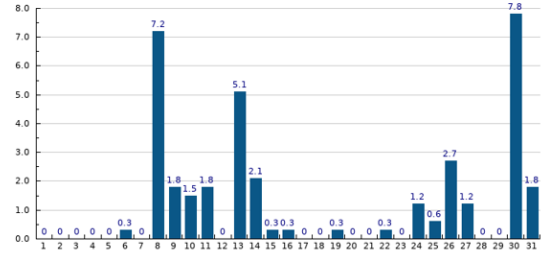
Příloha č. 1 - Měsíční hodnoty teplot a srážek

Duben - červenec 2023, meteostanice Dobroměřice (Ústecký kraj)

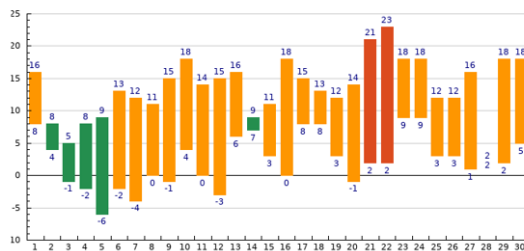
Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu měsíce března 2023



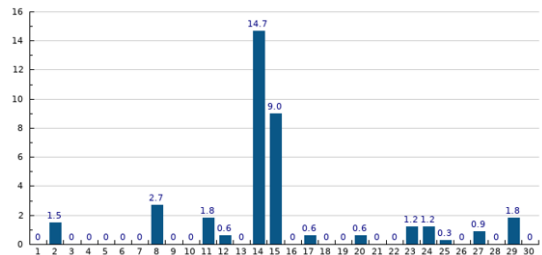
Denní srážkové úhrny v průběhu měsíce března 2023



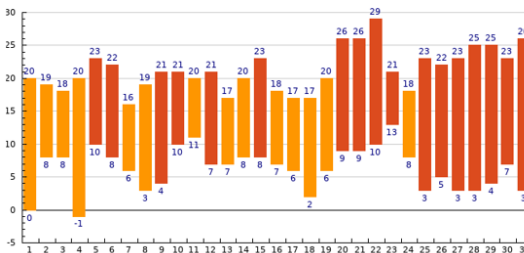
Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu měsíce dubna 2023



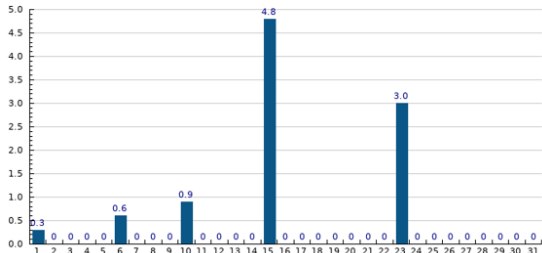
Denní srážkové úhrny v průběhu měsíce dubna 2023



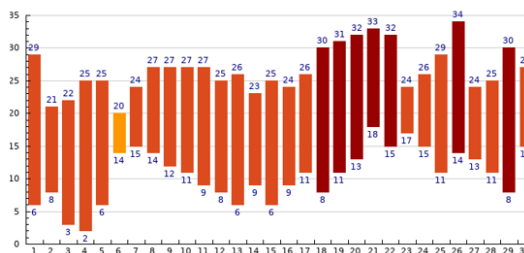
Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu měsíce května 2023



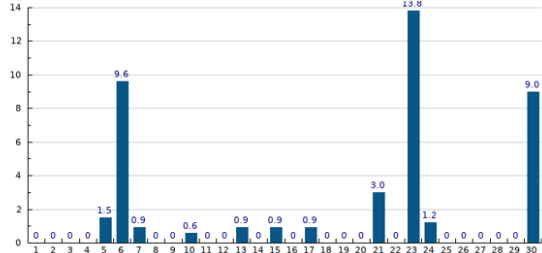
Denní srážkové úhrny v průběhu měsíce května 2023



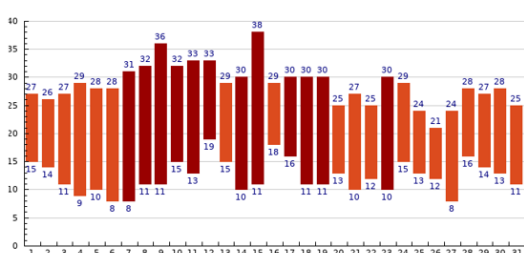
Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu měsíce června 2023



Denní srážkové úhrny v průběhu měsíce června 2023



Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu měsíce července 2023



Denní srážkové úhrny v průběhu měsíce července 2023

