

*Realizační výstup výzkumného projektu č. QK1810233 pod názvem „Kvantifikace dopadu hospodaření na erozi, kvalitu půd a výnosy pěstovaných plodin s návrhem pěstebních technologií šetrných k životnímu prostředí“
financovaného MZe ČR Národní agenturou pro zemědělský výzkum
– Program aplikovaného výzkumu „ZEMĚ“*

Řešitelská organizace:

Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko
Mendelova univerzita v Brně
Univerzita Palackého v Olomouci

Uplatněná certifikovaná metodika

Metodika 56/2022

**Komplexní posouzení heterogenity pozemků
a návrh lokálně cíleného hospodaření na půdě
s minimalizací rizik vodní eroze**

Autoři:

Barbora Badalíková, Ľubica Pospíšilová, Bořivoj Šarapatka,
Vítězslav Vlček, Jakub Prudil, Jan Černohorský, Marek Bednář,
Vojtěch Lukas, Patrik Netopil, Kateřina Boturová

Metodika byla schválena MZe ČR, Odborem rostlinných komodit
pod č.j. MZE-69975/2022-13123

© Zemědělský výzkum, spol. s r. o., 2022
© Mendelova univerzita v Brně, 2022
© Univerzita Palackého v Olomouci, 2022

ISBN (ZVT): 978-80-88000-37-2
ISBN (Mendelu): 978-80-7509-871-9
ISBN (UPOL): 978-80-244-6191-5

1. vydání

Obsah

Úvod	4
I. Cíl metodiky	6
II. Vlastní popis práce	6
1. Materiál a metody	7
1.1. Charakteristika lokalit	9
2. Výsledky	10
2.1. Fyzikální vlastnosti půdy	10
2.2. Chemické vlastnosti půdy	14
2.2.1. Základní živiny v půdě	14
2.2.2. Organická hmota v půdě a její kvalita	15
2.3. Biologické vlastnosti půdy	17
2.4. Výnosy pěstovaných plodin	21
3. Závěr	26
III. Srovnání novosti postupů	26
IV. Popis uplatnění certifikované metodiky	27
V. Ekonomické vyhodnocení	27
VI. Seznam použité související literatury	28
VII. Seznam publikací předcházejících metodice	29
VIII. Dedikace	33
IX. Jména oponentů	33
X. Přílohy – fotodokumentace	34

Úvod

Změny v zemědělství, např. specializace a zjednodušené střídání plodin, vedou ke snížení vstupu organického uhlíku do půdy, což se v důsledku může projevit poklesem obsahu půdního organického uhlíku. Důsledek poklesu organického uhlíku je i rychlá mineralizace organických sloučenin. Tato mineralizace je provázena rozkladem substrátu na CO₂ a jednoduché anorganické sloučeniny, přičemž intenzita mineralizace závisí na množství a kvalitě organické hmoty, její struktuře (tj. přístupu kyslíku), půdní reakci, zrnitosti a mnohých dalších fyzikálních a chemických vlastnostech půdy (Steiner a kol. 2007; Luo a Zhou, 2006; Ward a kol. 2017). Vlček a Pospíšilová (2021) zjistili, že stabilita organických látek byla na černozemních půdách nejvyšší u varianty akumulace, tj. u mikroorganismů se pouze zčásti využívaly jejich reálné schopnosti mineralizovat organické látky a ty začaly být málo dostupné vůči mikrobiálnímu rozkladu.

Dalším problémem je i intenzivní hospodaření na půdě, kdy dochází k aberaci půdy. Je to odklon od původních půdních vlastností. Ke změnám půdních vlastností dochází buď přirozenými procesy, nebo jsou způsobeny člověkem, a to v pozitivním anebo negativním smyslu (Varrallya, 1994). Mezi přirozené aberační procesy patří eroze, záplavy, požáry apod. Mezi negativní antropogenní změny patří například utužení půd, které je důsledkem nesprávné technologie zpracování (Vlček a kol., 2005). Dále sem řadíme monokulturní způsob hospodaření a únavu půdy. Některé monokulturní postupy, známé především ze stacionárních pokusů, jako je tomu například v anglickém Rothamstedu, trvají již déle než 150 let. Křen a kol. (2015) uvádějí, že nejméně vhodnou obilninou pro monokulturní pěstování je pšenice, tolerantnější je potom ječmen a žito. U ječmene jarního lze monokulturní pěstování kompenzovat minerálním hnojením. Další problémovou monokulturou je v současné době kukuřice. Ta v důsledku potřeby pěstování pro bioplynové stanice zhoršuje půdní vlastnosti, ale také zvyšuje riziko vodní eroze, zaplevelení a výskyt houbových chorob a škůdců (Houšť a kol., 2014).

Kovaříček a kol. (2019), Badalíková a kol. (2016) uvedli, že výsledky výzkumu a zkušenosti zemědělské praxe ukázaly důležitost zapravování organické hmoty ve formě kvalitního kompostu do půdy, neboť organická hmoty přispívá ke zlepšení fyzikálních vlastností půdy a s tím související infiltrace vody do půdy a celkové schopnosti půdy přijímat a zadržovat vodu z atmosférických srážek. Je však nutné si uvědomit, že přímé ovlivnění půdních vlastností kompostem je omezené vzhledem ke značnému zředění zapravené hmoty kompostu v ornici. Příznivý účinek kvalitního kompostu lze očekávat zejména prostřednictvím ovlivnění biologických vlastností půdy a celkového oživení dynamiky půdního prostředí. Současné

zapravení kompostu má pozitivní vliv na ochranu půdy před vodní erozí. Vodní eroze způsobuje degradaci půdního profilu, hlavně orníčního a proto je nutné chránit povrch půdy před jejím smyvem. Za účelem posouzení současného stavu degradace půdy v České republice byl vyvinut celkový ukazatel zranitelnosti půdy vůči hrozbě degradace půdy na základě jednotlivých faktorů, které přispívají k degradaci půdy a jsou dlouhodobě monitorovány (Šarapatka, Bednář, 2015).

V rámci optimalizace procesů a z hlediska variability půdních a klimatických podmínek však není možné získat všechny potřebné informace pro detail hodnocení problematiky vodní eroze a půdního prostředí. Jak uvádí Evans (2013), který shrnuje základní zkušenosti z monitorování eroze po celém světě, data z konkrétních míst a událostí jsou zásadní.

I. Cíl metodiky

Cílem metodiky je seznámit odbornou veřejnost a zemědělskou praxi se získanými výsledky ze sledování půdních vlastností erozně–akumulačních ploch černozemí v oblasti Jihomoravského kraje. V podmínkách konkrétních zemědělských podniků byla snaha navrhnout lokálně cílené hospodaření na půdě s minimalizací rizik vodní eroze půdy. Metodika předkládá ucelený přehled o fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech půdy na erozních a akumulačních částech sledované plochy.

Kromě zhodnocení degradačních půdních procesů v jednotlivých částech pozemku a posouzení heterogenity byl doporučen optimální postup při pěstování plodin na konkrétním pozemku a ekonomické vyhodnocení.

II. Vlastní popis práce

Sledování probíhalo na různých půdních typech vzniklých na erozně–akumulačních plochách v černozemní oblasti Jihomoravského kraje v letech 2018–2020. Vzorky půdy pro analýzy byly odebírány 2x do roka na svažitém terénu, a to na začátku a na konci vegetace ze třech variant: přechodná (kontrolní) – vrchní část svahu, erozní – střední část svahu, akumulační – spodní část svahu. Určení odběrových míst bylo provedeno na základě erozně akumulačního modelu USPED v kombinaci s ortofotosnímky zájmového území. Model USPED je odvozen z modelu USLE, ale na rozdíl od USLE umožňuje kvantifikovat míru eroze/depozice v rámci celého území. Pro výpočet byla uvažována plošná eroze s vícesměrovou metodou výpočtu směru odtoku (TAUDEM). Erozi ovlivněné plochy na černozemních půdách vykazují na ortofotosnímcích patrné světlé vzory, které byly prostřednictvím neřízené klasifikace v prostředí ArcGIS klasifikovány a použity pro ještě přesnější zaměření erozně akumulačních ploch diagnostikovaných modelem USPED. Na jiných než černozemních půdách (např. kambizemích) se tyto vzory neobjevují. V těchto případech je možné použít pouze nefiltrované výsledky modelu USPED. V rámci diagnostikovaných erozních, akumulačních a přechodných ploch bylo náhodně generováno 15 základních a 5 náhradních lokalit, pokud by z nějakého důvodu nebyl odběr v základních lokalitách v terénu možný.

Konkrétně byly hodnoceny půdní bloky v katastrálním území obcí Bošovice a Hrušky (okres Vyškov).

Z půdních vzorků byly sledovány fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy a výnosy pěstovaných hlavních plodin.

Základní fyzikální vlastnosti půdy byly odebrány do Kopeckého válečků jako neporušené půdní vzorky. Objemová hmotnost redukovaná je klíčovým parametrem, což je hmotnost 1 cm³ suché půdy v neporušeném stavu závislá především na prostorovém uspořádání půdní hmoty (pórovitost, struktura), na momentálním obsahu vody a vzduchu v půdě a na měrné hmotnosti pevné fáze půdy. Není konstantní hodnotou, mění se během roku následkem bobtnání a smršťování půdy, mrazem, a teplotními změnami, rozvojem kořenového systému, změnami půdní struktury a vlhkosti, ale především obděláváním půdy. Půdní vzorky pro stanovení struktury a vodostálosti půdních agregátů byly odebrány z půdního profilu lopatou. Půdní struktura se hodnotí podle koeficientu strukturnosti (KS), z čehož se určuje strukturotvornost půdy. Vodostálost půdních agregátů byla stanovena dle kvality půdní struktury. Porušené vzorky odebrané sondýrkou byly odebrány pro stanovení chemických a biologických vlastností půdy.

Z chemických půdních vlastností byly zjišťovány hlavní živiny v půdě přístupné pro rostlinu, a sice celkový Nc, P, K, Mg, Ca a půdní výměnná reakce pH_{KCl}. Dále byl zjišťován obsah organické hmoty v půdě a jeho kvalita. Množství (kvantita) půdní organické hmoty (POH) představuje celkový obsah organického uhlíku (C_{ox}, %) a celková suma stabilních humusových látek (HL) v půdě. Kvalita POH je hodnocena poměrem huminových kyselin a fulvokyselin (HK/FK) a hodnotou stupně humifikace, který je dán poměrem huminových kyselin k celkovému uhlíku (HK/C_{ox}) a uvádí se v procentech.

Aktivita půdních enzymů a charakteristiky související s organickou hmotou půdy, která na tuto aktivitu má vliv byly stanovovány i na dalších lokalitách, které jsou negativně ovlivněny erozními procesy. Odběry půdních vzorků proběhly v k. ú. Bošovice a Hrušky a byly provedeny analýzy ve vzorcích z horizontu 0–20 cm podle stanovených metodik.

Výnosy plodin byly zjištěny dle výnosových dat. Pro zpracování map byl použit souřadnicový systém S-JTSK. Sondy byly zaměřovány pomocí GPS zařízení Magellan Mobile Mapper 6, který umožňoval práci s vytipovanými odběrnými místy přímo v terénu díky instalovanému mobilního GIS software ArcPad.

1. Materiál a metody

Metody hodnocení půdních vlastností

Fyzikální vlastnosti půdy byly sledovány pomocí Kopeckého válečků jako neporušený vzorek a zahrnovaly tato vybraná stanovení: objemovou hmotnost redukovanou, celkovou pórovitost, momentální obsah vody a minimální vzdušnou kapacitu. Vzorky půd byly odebírány ze dvou hloubek půd, a sice 0–0,10 a 0,10–0,20 m, vždy na začátku a na konci vegetace.

Dále byla stanovena půdní struktura suchou cestou prosíváním suché zeminy na sítech o průměrných otvorech >10 mm; 7,1–10; 5–7,1; 2–5; 1–2; 0,5–1; 0,25–0,5; <0,25 mm Každá strukturní frakce byla samostatně zvážena a přepočtena na procenta. K vlastnímu hodnocení byl vypočítán koeficient strukturnosti, který vyjadřuje vztah mezi agronomicky hodnotnými (0,25–10 mm) a méně hodnotnými strukturními elementy (>10 a <0,25 mm). Vzorky půd byly odebírány ze dvou hloubek, a sice 0–0,15 a 0,15–0,30 m.

Vzorky půdy pro stanovení vodostálosti půdních agregátů byly odebírány každý rok vždy na jaře na začátku vegetačního období a na konci vegetačního období. Odběr byl proveden vždy ze dvou hloubek 0–0,15 a 0,15–0,30 m. Vodostálost půdních agregátů byla zjišťována metodou mokrého prosévání (Kandeler, 1996). Byl stanoven procentický podíl nerozplavených agregátů z celkové navážky vzorku podle daného vzorce. Zrnitostní složení půd určuje rozdělení zrnitostních frakcí (Němeček a kol., 2001). Půdní zrnitost neboli textura je jednou ze základních fyzikálních vlastností půdy. Tuhá fáze půdy je tvořena částicemi o různých velikostech. Částice se dle definovaných rozsahů velikostí seskupují do skupin, které označujeme jako zrnitostní frakce. Základní dělení frakcí je na skelet (> 2 mm) a jemnozem (< 2 mm). Jemnozem je podstatnou složkou půdy a ovlivňuje všechny základní půdní vlastnosti.

Půdní vzorky na chemické vlastnosti půdy byly odebírány z profilu půdy do hloubky 0,20 m z 15 odběrových míst. Obsah přístupného fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku byl stanoven na spektrofotometru metodou podle Melicha III (vyjádřeno v mg na 1 kg půdy), obsah celkového dusíku mineralizací, destilační metodou dle Kjeldahla (vyjádřen v %), výměnná půdní reakce pH byla stanovena z výluhu KCl potenciometricky.

Stanovení celkového obsahu organického uhlíku byla použita metoda oxidimetrické titrace dle Walkley – Blacka (1934, In: Nelson & Sommers, 1996). Stanovení obsahu HL – metodou krátké frakcionace (Kononova & Bělčíkova, 1963, In: Pospíšilová a kol., 2016), stanovení UV-VIS spektra HL – spektrofotometrem Varian Cary 50 Probe (Pospíšilová a kol., 2016). Procentuální podíl obsahu humusu je spočítán vynásobením celkového oxidovatelného obsahu uhlíku Welteho koeficientem dle vzorce: $a = C_{ox} \cdot 1,724$ (Welteho koeficient je součinitel založený na předpokladu obsahu 58 % uhlíku v humusu, Valla a kol. (2000)).

Pro zjištění biologických vlastností půdy – aktivita půdních enzymů, obsah glomalinu a respirace byl odebrán směsný vzorek z povrchového horizontu z hloubky 0–0,20 cm. Odběr byl proveden půdním vrtákem v několika místech v těsné blízkosti zaměřené polohy odběrného místa, vznikl tak směsný vzorek, který byl následně laboratorně zpracován na aktivitu půdních enzymů, konkrétně celulózy, ureázy, dehydrogenázy, nitrát reduktázy, kyselá

a alkalické fosfatázy. Principem ureásové aktivity je stanovení amoniaku, který se vytváří při inkubaci vzorku s pufovaným nebo vodným roztokem močoviny, poté se extrahuje roztokem chloridu draselného a následně se stanoví modifikovanou Berthelotovou reakcí. Pro stanovení kyselé a zásadité fosfatázy používáme upravenou metodiku založenou na detekci p-nitrofenylu uvolněného aktivitou fosfomonoesterázy, jež se extrahuje a zbarví se hydroxidem sodným. Při stanovení dehydrogenázové aktivity využíváme trifenyltetrazolium chloridu jako substrátu a vzniklý trifenyl formazán je po extrakci měřen spektrofotometricky. U celulózové aktivity používáme CM-celulózu jako substrát, jenž se inkubuje s půdním vzorkem. Redukovaný hexacyanoferát draselný reaguje se síranem železitým v kyselém roztoku za vzniku komplexu hexakynoželeznanu železnatého, který se stanoví spektrofotmetricky. Stanovení nitrát reduktázy je založeno na stanovení nitritu po inkubaci půdy s nitrátem a následnou extrakcí s roztokem chloridu draselného. Obsah glomalinu byl analyzován s využitím blízké infračervené spektroskopie.

Hodnocení dosažených výnosů plodin na sledovaných lokalitách Bošovice a Hrušky v jednotlivých letech 2018–2020 bylo provedeno na základě výnosových map získaných při sklizni plodin. Statistické vyhodnocení rozdílů výnosů plodin mezi variantami eroze na kontrolních bodech bylo provedeno s využitím analýzy variance ANOVA a testování statistické průkaznosti při 95% pravděpodobnosti. Kromě vyhodnocení pro jednotlivé ročníky byla provedena souhrnná analýza relativních hodnot výnosu za ročníky 2018–2020.

1.1. Charakteristika lokalit

Lokalitu Bošovice tvoří půdní blok s celkovou výměrou 119,84 ha, při průměrné sklonitosti 6,65°. Dle LPIS je u tohoto pozemku uváděno 61,23 ha jako erozně neohrožených, 54,73 ha jako mírně ohrožených a 3,88 ha jako silně ohrožených. Nižší polohy oblasti jsou překryty mocnými překryvy spraší a sprašových hlín. Lokalita náleží do klimatické oblasti T2 (teplá, mírně suchá). Půdní typ, klasifikovaný na kontrolních (ne-erodovaných) plochách je představen černozemí karbonátovou, antropickou, hlinitou, vytvořenou z eolického sedimentu spraš. Erozní plochy byly klasifikovány jako regozem karbonátová, písčitohlinitá až hlinitá z eolického sedimentu spraš. Akumulační plochy byly klasifikovány jako koluvizem karbonátová, oglejená, eubazická ze středně těžkých substrátů až černozem karbonátová, akumulovaná, hlinitá.

Lokalita Hrušky – tvoří půdní blok s celkovou výměrou 50,42 ha, při průměrné sklonitosti 5,98°. Dle LPIS je u tohoto pozemku uváděno 24,65 ha jako erozně neohrožených; 24,91 ha jako mírně ohrožených a 0,86 ha jako silně ohrožených. Podle klimatických oblastí náleží

lokalita do klimatické oblasti T2 (teplá, mírně suchá). Klimatická oblast je typická dlouhým, teplým a suchým létem. Velmi krátké přechodné období s teplým až mírně teplým jarem i podzimem, krátkou, mírně teplou, suchou až velmi suchou zimou, s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky. V půdním pokryvu katastru plošně převažují středně těžké půdy – černozemně modální na spraších a slinitých jílech. Tyto půdy místy přecházejí do těžších černozemí pelických na jílovitých substrátech. Plošně omezeně se vyskytují typické pararendziny (na slinitých jílech a karbonátových píscích). V nivě dominují černice typické na karbonátových nivních sedimentech.

Nejbližší klimatologická stanice obou lokalit je ve Slavkově u Brna (212 m n. m.) uvádí průměrnou roční teplotu vzduchu 8–9°C a průměr ročních srážek 500–600 mm.

2. Výsledky

2.1 Fyzikální vlastnosti půdy

Klíčový parametr fyzikálních vlastností je objemová hmotnost redukovaná (O_{Hr}), která ukazuje velikost zhuštění půdy. Od velikosti O_{Hr} se odvíjí další sledované půdní vlastnosti jako je pórovitost, momentální obsah vody (MOV) a minimální vzdušná kapacita (MVK). V tab. 1 a 2 jsou uvedeny výsledky (roční průměry) z lokalit Bošovice a Hrušky za roky 2018–2020.

Na lokalitě Bošovice (tab. 1) byly zjištěny nejnižší průměrné hodnoty O_{Hr} v roce 2020 u varianty akumulace (spodní část pozemku) a nejvyšší v roce 2018 u varianty kontrolní (vrchní části pozemku). V průměru za všechny roky byly naměřeny nejvyšší hodnoty utužení půdy u varianty kontrolní a nejnižší u varianty akumulace. U žádné z variant nebyly překročeny limitní hodnoty utužení půdy 1,45 g.cm⁻³. Od hodnot O_{Hr} se odvíjely hodnoty pórovitosti, čím byla půda utuženější, tím byly hodnoty pórovitosti nižší a naopak. Hodnoty MOV jsou vyjádřeny podílem objemu vody k objemu neporušeného vzorku v % objemových a odpovídaly utuženosti půdy. Čím vyšší bylo utužení půdy, tím vyšší byl obsah vody v půdě, takže nejvyšší hodnoty byly zjištěny u variant s nejvyššími hodnotami O_{Hr}, tedy u kontroly. Hodnoty MOV u varianty eroze a akumulace byly přibližně na stejné úrovni. Hodnoty MVK udávají rozdíl mezi pórovitostí a maximální kapilární kapacitou. Je to podíl nekapilárních pórů v půdě, které voda po navlážení může brzy opustit. Z výsledků můžeme konstatovat, že u žádné varianty neklesly hodnoty MVK pod 10 %, což znamená, že půdy nejsou v kritickém stavu. Nejvyšších hodnot byly dosaženy u varianty akumulace (15,97 %) a nejnižší u varianty eroze (12,19 %).

Tab. 1: Vybrané fyzikální charakteristiky půdy – průměry sledovaných let, Bošovice

varianta	roky	Objemová hmotnost red. (g.cm ⁻³)	Celková pórovitost (%)	Momentální obsah vody	Minimální vzdušná kapacita
				(%obj.)	
kontrola	2018	1,42	46,45	14,98	15,16
	2019	1,25	52,92	21,55	11,81
	2020	1,28	51,95	25,43	11,02
	průměr	1,32	50,44	20,65	12,66
eroze	2018	1,37	48,62	14,83	11,64
	2019	1,21	54,51	18,04	13,31
	2020	1,25	52,83	18,54	11,63
	průměr	1,28	51,99	17,14	12,19
akumulace	2018	1,39	47,69	16,21	14,94
	2019	1,18	55,81	20,31	16,81
	2020	1,09	58,96	15,20	16,14
	průměr	1,22	54,15	17,24	15,97

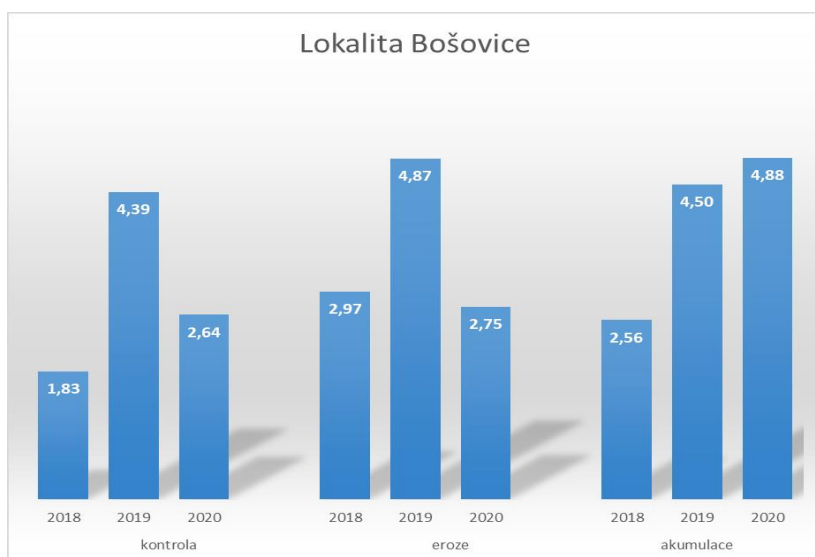
Na lokalitě Hrušky (tab. 2) byly zjištěny v průměru nejvyšší hodnoty OHr u variant eroze a akumulace a tedy nejnižší pórovitost. V rámci sledovaných let byla zjištěna nejvyšší hodnota OHr v roce 2018 u varianty eroze (1,37 g.cm⁻³). Hodnoty MOV byly zjištěny nejnižší u varianty eroze. Hodnoty MVK byly naměřeny nejvyšší u varianty kontrolní. Ze sledovaných parametrů nebylo zaznamenáno překročení mezních hodnot u žádné varianty.

Tab. 2: Vybrané fyzikální charakteristiky půdy – průměry sledovaných let, Hrušky

varianta	roky	Objemová hmotnost red. (g.cm ⁻³)	Celková pórovitost (%)	Momentální obsah vody	Minimální vzdušná kapacita
				(%obj.)	
kontrola	2018	1,26	52,64	25,71	13,15
	2019	1,21	54,40	17,43	13,84
	2020	1,24	53,33	32,57	15,13
	průměr	1,24	53,46	25,24	14,04
eroze	2018	1,37	48,52	25,47	8,73
	2019	1,26	52,59	16,58	10,03
	2020	1,20	54,88	23,33	16,11
	průměr	1,28	52,00	21,79	11,63
akumulace	2018	1,33	49,88	22,23	10,87
	2019	1,25	52,99	24,79	12,58
	2020	1,26	52,50	29,90	11,12
	průměr	1,28	51,79	25,64	11,52

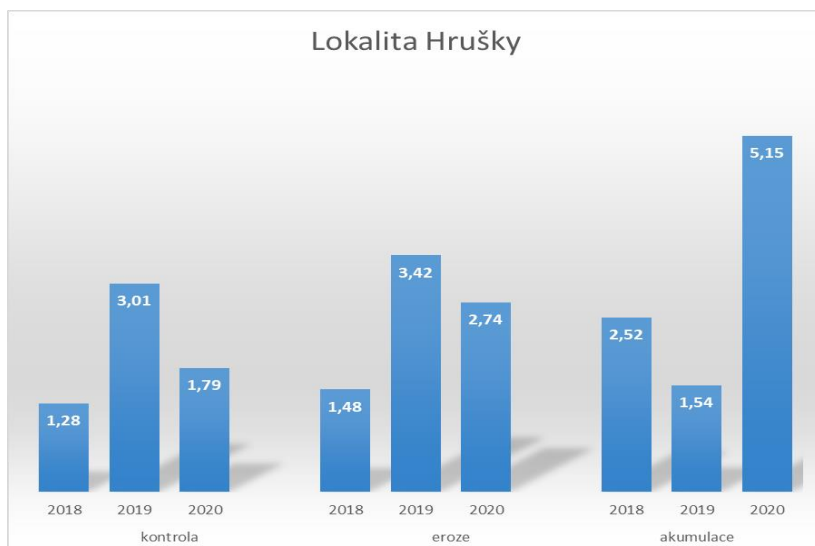
Degradační procesy týkající se půdy zhoršují některé vlastnosti, jako je např. struktura ornice. V grafu 1 jsou uvedeny hodnoty půdní struktury dle koeficientu strukturnosti (KS) na lokalitě Bošovice. Hodnoty KS se liší mezi variantami i sledovanými roky. Nejvyšší hodnoty KS byly zjištěny u varianty akumulace v roce 2020 a nejnižší u varianty kontrolní v roce 2018. Rozdílnost hodnot je odlišná jednak vlivem klimatických podmínek a jednak podle množství smyté půdy. Struktura půdy se odvíjí od množství splavených živin a půdní rekce, která má značný vliv na tvorbě půdních agregátů.

Graf 1: Průměrné hodnoty koeficientu strukturnosti – lokalita Bošovice



Na lokalitě Hrušky (graf 2) byly také zjištěny nejvyšší hodnoty KS v roce 2020 a nejnižší u varianty kontrolní v roce 2018. Protože jsou obě lokality nedaleko od sebe, jedná se o obdobné ovlivnění půdních vlastností.

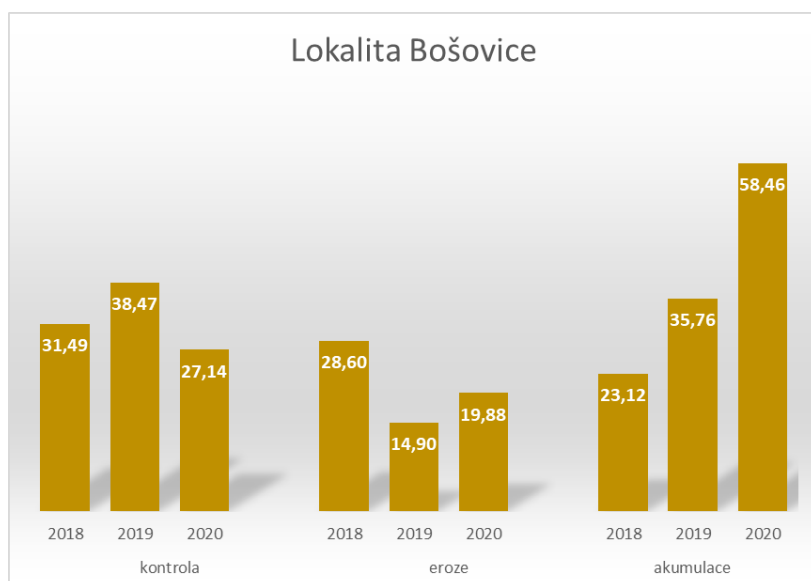
Graf 2: Průměrné hodnoty koeficientu strukturnosti – lokalita Hrušky



V průměru nejlepší struktura půdy vycházela u varianty akumulace.

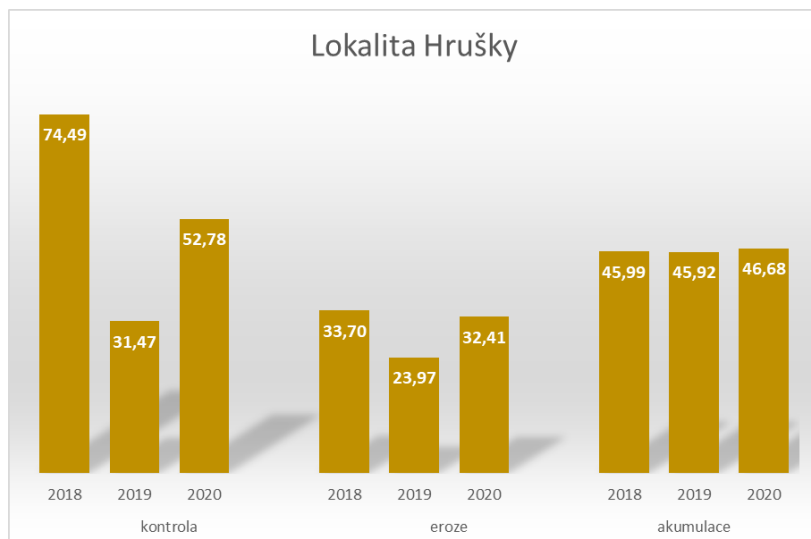
Vodostálost půdních agregátů (VPA) představuje kvalitu půdní struktury. Na lokalitě Bošovice (graf 3) byla v průběhu let zjištěna nejlepší VPA u varianty akumulace a nejhorší u varianty eroze. Je to opodstatněné vzhledem ke smývání svrchní ornice ze svažitě části pozemku do spodní – akumulační části.

Graf 3: Vodostálost půdních agregátů – Bošovice



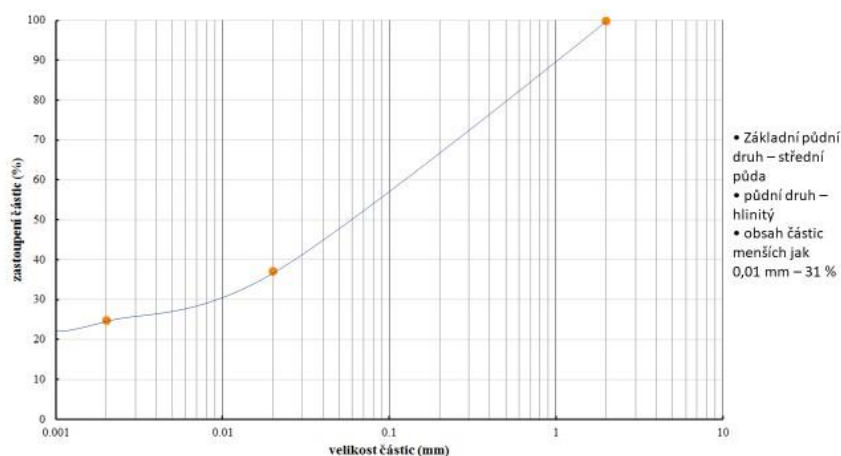
Na lokalitě Hrušky (graf 4) byly zjištěny hodnoty VPA u varianty akumulace vyrovnané po všechny sledované roky. Kvalita struktury u této varianty byla na střední úrovni, zatímco u varianty eroze byla kvalita struktury podle hodnot VPA na nízké úrovni.

Graf 4: Vodostálost půdních agregátů – Hrušky

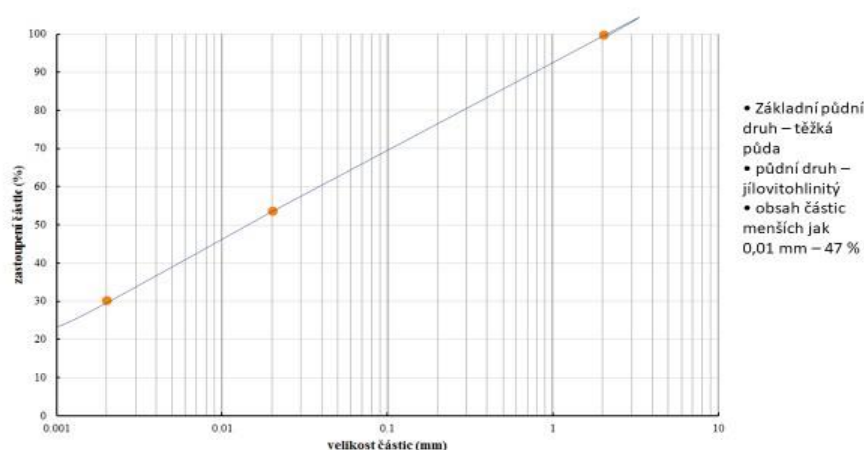


V grafech 5 a 6 je graficky znázorněno zrnitostní složení půd na sledovaných lokalitách Bošovice a Hrušky. Ta se lišila zrnitostním složením jemných frakcí. Na lokalitě Bošovice byl určen druh půdy podle obsahu jílnatých částí jako hlinitý, na lokalitě Hrušky jako jílovitohlinitý.

Graf 5: Měření zrnitosti – Bošovice



Graf 6: Měření zrnitosti – Hrušky



2.2. Chemické vlastnosti půdy

2.2.1. Základní živiny v půdě

V tab. 3 jsou uvedeny obsahy přístupných živin na lokalitě Bošovice. Obsah celkového dusíku byl zjištěn v průměru všech let nejnižší u varianty eroze a nejvyšší u varianty kontrolní. Bylo to dáno tím, že u kontrolní varianty byl zjištěn i vyšší obsah uhlíku i kvalita humusu. U kontrolní varianty tedy nedošlo ke smyvu živin tak jako u varianty eroze. Totéž se ukázalo i u přístupného fosforu a draslíku. U těchto dvou živin byl vyšší obsah u variant akumulace, kde došlo k většímu smytí živin z varianty eroze. U hořčíku a vápníku byla situace opačná, kdy nejvyšší obsah těchto živin byl naměřen u varianty eroze. Bylo to dáno vyšší acidifikací u této varianty.

Tab. 3: Obsah přístupných živin v půdě – Bošovice

varianta	roky	Nc (%)	P mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Ca mg/kg
kontrola	2018	0,24	102	275	303	5234
	2019	0,15	74	251	198	11278
	2020	0,18	94	293	378	13004
	průměr	0,19	90	273	293	9839
eroze	2018	0,13	21	132	541	21271
	2019	0,10	60	195	278	12604
	2020	0,16	116	275	436	14789
	průměr	0,13	66	201	418	16221
akumulace	2018	0,19	65	226	377	11894
	2019	0,13	99	305	138	7296
	2020	0,19	142	352	335	8883
	průměr	0,17	102	294	283	9358

Na lokalitě Hrušky (tab. 4) byly během let naměřeny nejvyšší hodnoty celkového dusíku, přístupného fosforu a draslíku u varianty akumulace. O něco nižší byly zjištěny hodnoty těchto živin u varianty kontrola. Varianta eroze měla hodnoty celkového dusíku a fosforu nejnižší a jejich obsah byl zjištěn nízký. Obsah přístupného draslíku byl v průměru let naměřen nejvyšší u varianty akumulace. Stejně jako na lokalitě Bošovice byl na lokalitě Hrušky zjištěn nejvyšší obsah hořčíku a vápníku u varianty eroze.

Tab. 4: Obsah přístupných živin v půdě – Hrušky

varianta	roky	Nc (%)	P mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Ca mg/kg
kontrola	2018	0,28	54	309	270	8009
	2019	0,15	134	258	367	9851
	2020	0,17	47	256	382	14588
	průměr	0,20	78	274	340	10816
eroze	2018	0,19	11	223	723	24478
	2019	0,13	55	186	437	14628
	2020	0,16	47	216	470	11340
	průměr	0,16	37	209	543	16815
akumulace	2018	0,23	133	624	334	15540
	2019	0,19	132	281	262	6453
	2020	0,26	128	380	395	7318
	průměr	0,23	131	428	330	9770

2.2.2. Organická hmota v půdě a její kvalita

Zjištěné průměrné hodnoty Cox, HL, poměr HK/FK a stupně humifikace (SH) na sledovaných lokalitách v transektu kontrola, eroze, akumulace jsou uvedeny v tab. 5 a, b, c, d. Jak je patrné, na černozemích (lokalita Bošovice a Hrušky) u varianty kontrola se hodnoty

obsahu Cox pohybují od 1,21 do 2,13 %, což představuje střední až vysoký obsah humusu (2,09–3.67 %).

U varianty eroze byl zjištěn Cox nižší než 1,25 %, tj. nízký až střední obsah humusu. Průměrný obsah stabilních HL u varianty kontrola dosáhl 0,30 – 0,65 % (střední až vysoký). U varianty eroze klesl obsah HL pod 0,30 %, tj. nízký obsah. U varianty akumulace byl zjištěn obsah HL vyšší než 0,30 %. U varianty eroze byla vykázána převaha fulvokyselin a tedy poměr HK/FK byl menší než 1, což znamená velmi nízkou kvalitu humusu. Na lokalitě Hrušky byly zjišťovány ukazatele POH pouze na začátku a na konci sledovaného období z důvodu neměnného stavu těchto parametrů.

Tab. 5 a, b, c, d: Průměrné hodnoty ukazatelů kvantity (Cox, HL) a kvality půdní organické hmoty (HK/FK, SH)

a) Cox (%)

varianta	2018		2019		2020	
	Bošovice	Hrušky	Bošovice	Hrušky	Bošovice	Hrušky
kontrola	1,73	2,13	1,21	-	1,20	1,59
eroze	1,10	1,23	0,78	-	0,80	1,52
akumulace	1,27	1,91	1,34	-	1,20	1,72

b) HL (%)

varianta	2018		2019		2020	
	Bošovice	Hrušky	Bošovice	Hrušky	Bošovice	Hrušky
kontrola	0,50	0,65	0,36	-	0,30	0,43
eroze	0,31	0,31	0,28	-	0,20	0,35
akumulace	0,32	0,51	0,39	-	0,30	0,66

c) HK/FK (%)

varianta	2018		2019		2020	
	Bošovice	Hrušky	Bošovice	Hrušky	Bošovice	Hrušky
kontrola	1,63	1,24	1,08	-	1,30	1,14
eroze	0,69	0,66	1,07	-	1,00	1,00
akumulace	1,28	0,71	1,18	-	1,21	1,07

d) SH (%)

varianta	2018		2019		2020	
	Bošovice	Hrušky	Bošovice	Hrušky	Bošovice	Hrušky
kontrola	18,84	16,70	15,59	-	13,00	14,34
eroze	11,33	9,80	18,45	-	15,61	11,62
akumulace	13,81	11,00	15,64	-	13,03	19,92

2.3. Biologické vlastnosti půdy

Biologické a biochemické procesy v půdě jsou velmi důležité k fungování terestrických ekosystémů, vč. agroekosystémů. Mikrobiologické vlastnosti půdy mohou být využity i jako indikátory kvality a můžeme mezi ně zařadit např. biomasu mikroorganismů, jejich diverzitu a aktivitu a v neposlední řadě i aktivitu enzymů. Každá půda má své spektrum enzymů, které plní řadu důležitých funkcí a jejich aktivita je ovlivňována řadou faktorů, negativně např. degradací půdy, kdy významným degradačním faktorem, kterým je eroze půdy. Využití znalostí z enzymologického výzkumu pro hodnocení kvality půdy může být výhodné, neboť aktivita enzymů:

- je v úzkém vztahu k důležitým půdním charakteristikám,
- může vykazovat změny dříve než jiné půdní vlastnosti a v neposlední řadě
- může být integrujícím půdně-biologickým indexem odrážejícím změny ve využívání půdy.

Z výzkumů je zřejmé, že na aktivitu enzymů má vliv zpracování půdy, vstupy hnojiv a pesticidů, řady inhibitorů atd. Při určitém zjednodušení je možné říci, že aktivita enzymů silně koreluje s obsahem organického uhlíku, bývá vyšší ve svrchní části půdního profilu, a to zejména tam, kde jsou uplatňovány různé půdoochranné technologie s dodávkou organické hmoty ve srovnání s konvenční agrotechnikou.

Pro sledování biologických procesů v půdě v závislosti na degradaci půdy způsobenou vodní erozí jsme zvolili následující enzymy:

- Dehydrogenázy jsou enzymy patřící mezi oxidoreduktázy a jsou důležitou složkou enzymového systému všech mikroorganismů. Aktivita dehydrogenázy může sloužit jako indikátor biologického redox systému a intenzity mikrobiálního metabolismu v půdě.
- Významnou součástí rostlinné hmoty jsou polysacharidy. Jejich rozklad je katalyzován řadou enzymů v závislosti na typu polysacharidu. Rozklad celulózy jako snad nejrozšířenější organické molekuly je katalyzován enzymem celulázou, přičemž dochází ke štěpení β -1,4 glykosidické vazby v molekule celulózy. Tento enzym je produkován specializovanými bakteriálními druhy a řadou druhů hub.
- Enzym, který se vyskytuje u většiny rostlin, živočichů a mikroorganismů je ureáza, která hydrolyzuje močovinu na NH_3 a CO_2 . V půdním prostředí se jedná o stabilní enzym, který je často užíván v rámci testování půdní úrodnosti. Je to dáno i tím, že

močovina je důležitým hnojivem v zemědělství, které je dodáváno do půdy ve formě minerální i jako součást statkových hnojiv.

- Fosfatázy jsou zodpovědné za enzymatickou mobilizaci organicky vázaného fosforu, kdy odstraňují PO_4^{3-} ze substrátu. V závislosti na pH optimu rozlišujeme dvě skupiny a to kyselou a alkalickou fosfatázu. První je často přítomna v kořenových exsudátech a je indikátorem rhizosferního prostředí. Druhá je produkována mikroorganismy a částečně mykorhizními houbami. Rovněž aktivita fosfatáz, obdobně jako je tomu u dalších enzymů, je ovlivňována řadou faktorů včetně způsobu hospodaření.
- Nitrát reduktáza je důležitý enzym v procesu denitrifikace, který je syntetizován v přítomnosti NO_3^- iontů, a proto se její aktivita běžně používá jako indikátor schopnosti rostlin využívat NO_3^- z půdy.

V tab. 6 jsou uvedeny souhrnné výsledky aktivity půdních enzymů z černozemních půd, kde se nacházely obě sledované lokality.

Uvedené průměrné výsledky ukazují vyšší aktivitu vybraných půdních enzymů v akumulčních částech svahů, kde převazuje akumulace půdních částic nad erozí, ve srovnání s částmi erozními, které jsou negativně ovlivněny odnosem půdy erozí. To odpovídá i výsledkům publikovaným z černozemních půd jižní Moravy (Šarapatka et al., 2018), kdy nejvíce statisticky průkazných rozdílů bylo právě mezi erozními a akumulčními částmi svahů. Již méně průkazných rozdílů bylo mezi přechodnými plochami a erozními či akumulčními částmi svahů.

Tab. 6: Aktivita půdních enzymů

Roky	Varianty	Ureáza	Kyselá fosfatáza	Zásaditá fosfatáza	Celuláza	Nitrát reduktáza	Dehydrogenáza
		$c [\mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm} \cdot 2 \text{ h}^{-1}]$	$c [\mu\text{g NP} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm} \cdot \text{h}^{-1}]$	$c [\mu\text{g NP} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm} \cdot \text{h}^{-1}]$	$c [\mu\text{g GE} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm} \cdot 24 \text{ h}^{-1}]$	$c [\mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm} \cdot 2 \text{ h}^{-1}]$	$c [\mu\text{g TPF} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm} \cdot 16 \text{ h}^{-1}]$
průměry 2019	Eroze	133,94	209,60	555,56	158,88	0,0515	5,98
	Akumulace	228,02	271,69	689,00	136,15	0,0909	15,07
průměry 2020	Eroze	212,21	387,02	1021,16	223,37	0,3502	7,01
	Akumulace	267,74	383,00	1038,16	267,82	0,4110	25,69
průměry 2019 a 2020	Eroze	173,08	298,31	788,36	191,13	0,20	6,50
	Akumulace	247,88	327,34	863,58	201,98	0,25	20,38

Pro lepší přehlednost jsou uvedeny výsledky níže graficky (graf 7 a – f).

Graf 7:

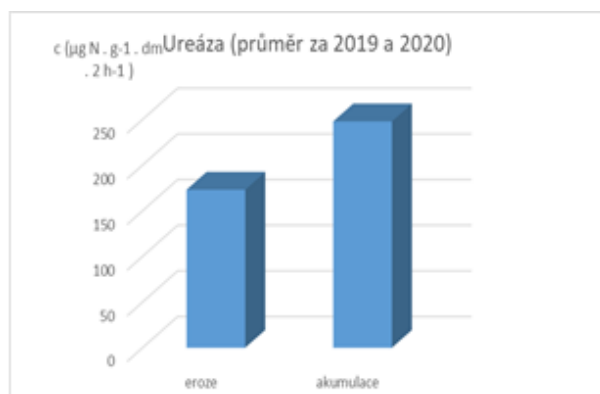
a)



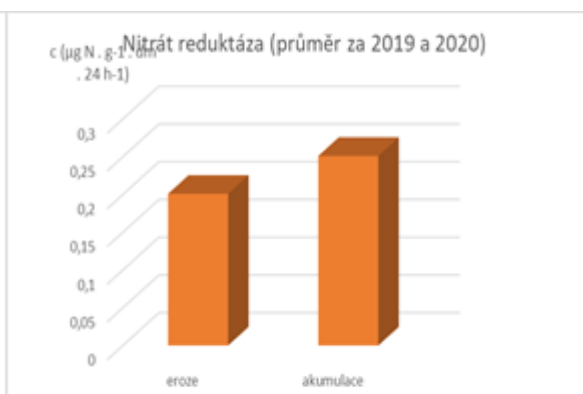
b)



c)



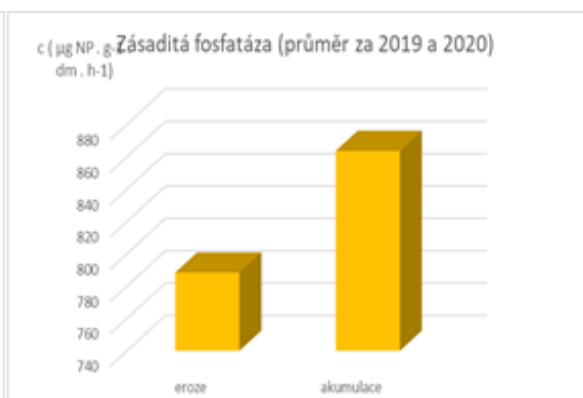
d)



e)



f)



Nedílnou součástí složitěho systému půda-rostlina jsou symbiotické arbuskulárně mykorhizní houby (AMF). Ty hrají velmi důležitou roli z hlediska dostupnosti živin, zejména fosforu, výnosů plodin a ochrany kořenů rostlin proti patogenům. Kromě zásobování rostlin živinami produkuje AMF také glomalin, jako půdní protein, který je důležitou sloučeninou půdní organické hmoty a je důležitý při tvorbě agregátů a struktury půdy. Na tuto složku půdní

organické hmoty související s mykorhizními houbami a na související obsah C a N jsme se na erozních a akumulčních částech svahů rovněž zaměřili. Tyto charakteristiky mohou souviset i s vodostí agregátů, proto tuto charakteristiku také uvádíme v tab. 7.

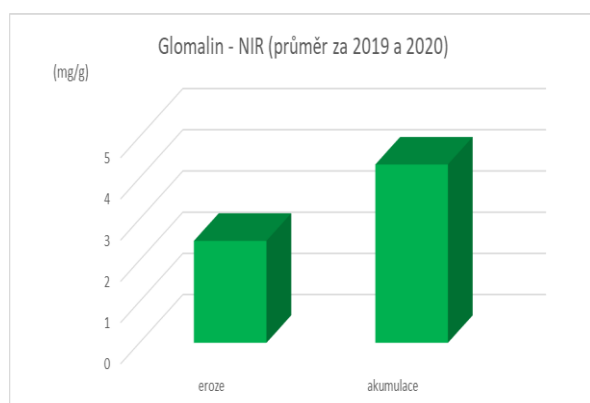
Tab. 7: Průměrné výsledky produkce arbuskulárně mykorhizních hub

Roky	Varianty	Glomalin - NIR	Cox -nir	N -nir	vodostálost
		(mg/g)	(%)	(%)	(%)
průměry 2019	Eroze	1,92	1,44	0,1	-
	Akumulace	4,29	2,25	0,17	-
průměry 2020	Eroze	3,03	1,69	0,15	39,59
	Akumulace	4,36	1,79	0,18	45,84
průměry 2019 a 2020	Eroze	2,48	1,57	0,13	39,59
	Akumulace	4,33	2,02	0,18	45,84

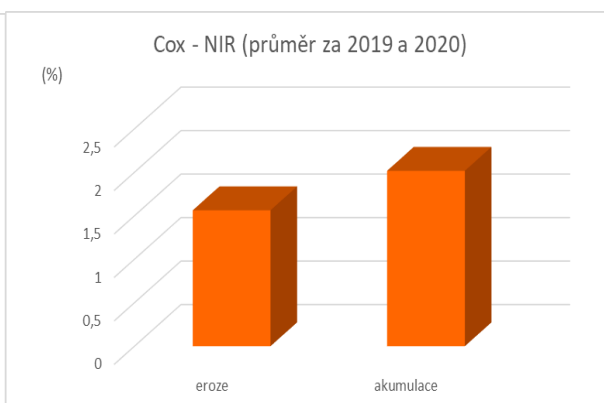
Graficky jsou uvedeny průměrné výsledky glomalínu, Cox, N-NIR a vodostálosti z let 2019 a 2020 v grafech 7 a - d. I v případě studovaného glomalínu, jako produktu mykorhizních hub, byly zaznamenávány vyšší hodnoty v depozičních částech svahů ve srovnání s částmi erozními. To platí i pro charakteristiky související s organickou hmotou, a to obsahem Corg a Ntot. To plně odpovídá i již dříve publikovaným výsledkům z černozemní oblasti (Šarapatka et al., 2019), kdy nejvíce statisticky významných rozdílů bylo opět zaznamenáno mezi erozními a akumulčními plochami, přičemž akumulční (depoziční) místa vykazovala vyšší koncentrace glomalínu a u charakteristik týkajících se půdní organické hmoty (jak obsah, tak kvalita organické hmoty, tak obsahu stanovovaných živin.

Graf 8: Průměrné výsledky obsahu glomalínu, organického C a N a vodostálosti agregátů za roky 2019 a 2020

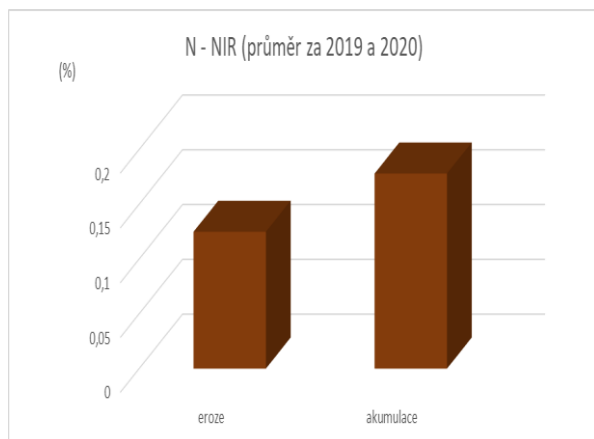
a)



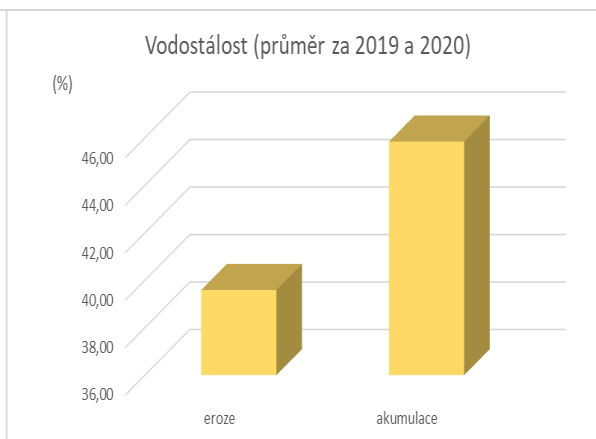
b)



c)



d)



2.4. Výnosy

Výnosy jsou výrazně ovlivňovány změnami kvality půdního prostředí a pokles výnosů nelze vysvětlit pouze snížením dávek průmyslových hnojiv. Nedílnou součástí je i daný osevní postup, neboť vliv předplodiny má na následnou plodinu velký význam.

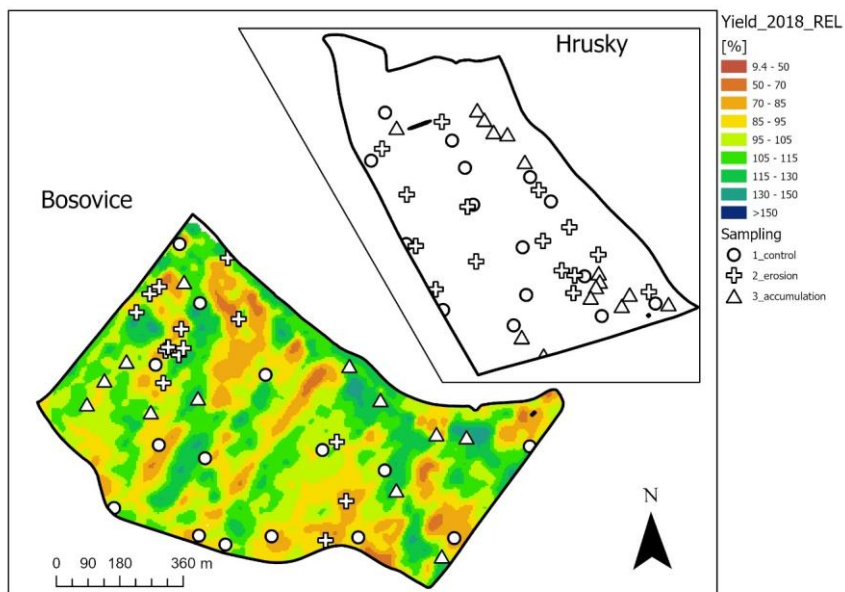
Osevní postup Bošovice: ječmen jarní (2018), ječmen ozimý dvouřadý (2019), řepka ozimá (2020).

Osevní postup Hrušky: pšenice ozimá (2018), řepka ozimá (2019), pšenice ozimá (2020).

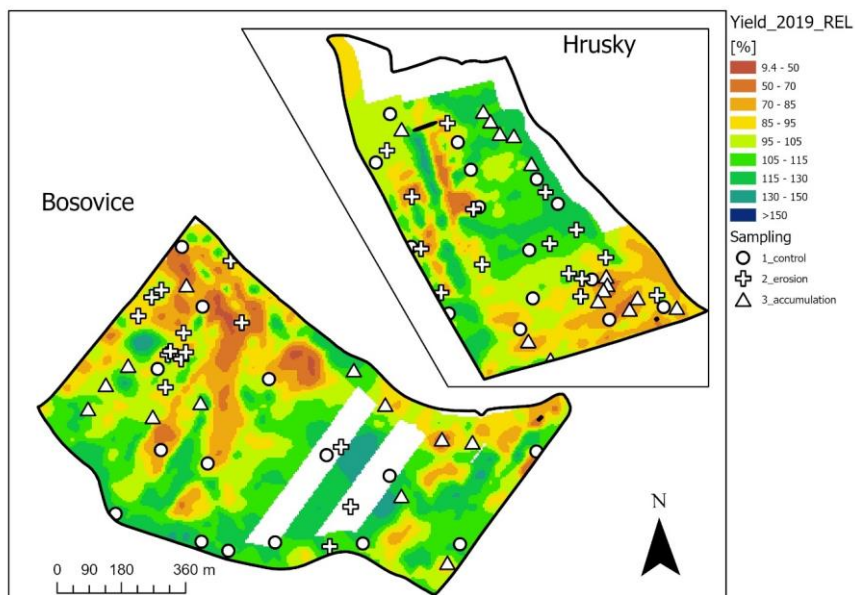
Výměra sledovaných pozemků byla na lokalitě Bošovice 78,46 ha, na lokalitě Hrušky 50,42 ha.

Z hrubých výnosových bodových záznamů byly s využitím GIS nástrojů odstraněny chybové hodnoty a následně s metodami prostorových interpolací (empirical bayesian kriging) byly sestaveny rastrové výnosové mapy s prostorovým rozlišením 5m / pixel. Kromě absolutních hodnot výnosu zrna byly také vypočteny relativní hodnoty výnosu v procentuální škále vztažené k průměrné hodnotě výnosu za daný pozemek. Takto vypočtené relativní hodnoty výnosu umožňují porovnání výnosových zón na pozemcích u plodin s rozdílnou výnosovou úrovní. Mapy relativních hodnot výnosu pro obě sledované lokality v letech 2018–2020 jsou spolu s rozložením kontrolních bodů eroze znázorněny na Obr. 1 až 3. Z důvodu absence záznamů při sklizni nejsou dostupné výnosové mapy v celé ploše lokalit, jako např. kompletní absence dat pro lokalitu Hrušky v roce 2018.

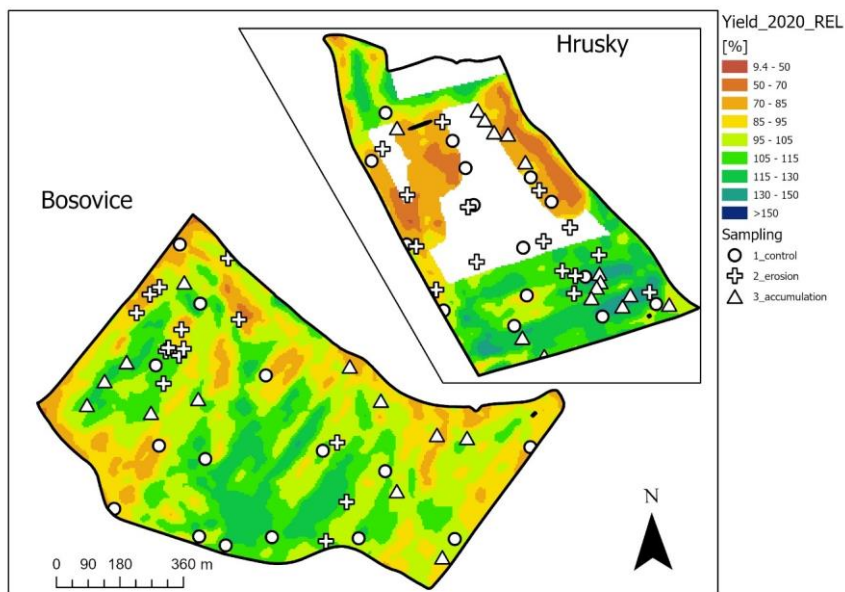
Obr. 1: Rozložení relativních hodnot výnosu plodin v roce 2018 získaných z výnosových map pořizených při sklizni. Body představují kontrolní místa pro hodnocení erozních projevů. Absence výnosových záznamů pro pozemek Hrusky znemožňuje hodnocení výnosu pro tuto lokalitu.



Obr. 2: Rozložení relativních hodnot výnosu plodin v roce 2019 získaných z výnosových map pořizených při sklizni.



Obr. 3: Rozložení relativních hodnot výnosu plodin v roce 2020 získaných z výnosových map pořizovaných při sklizni.



Přehled průměrných hodnot výnosu zrna dosaženého v letech 2018 až 2020 uvádí Tab. 8.

Tab. 8: Průměrné výnosy (t/ha).

Lokalita	Sklizňové roky		
	2018	2019	2020
Bošovice	4,96	5,28	4,09
Hrušky	-	2,56	8,55

Kromě průměrného výnosu za obě lokality bylo možné z výnosových map získat hodnoty výnosu pro jednotlivé kontrolní body variant hodnocení eroze (přechodná varianta/kontrola, eroze, akumulace). Počet případů zahrnutých do statistického hodnocení se vlivem absence výnosových záznamů může lišit mezi jednotlivými ročníky, což je patrné z výsledků základních statistických údajů výnosů plodin pro jednotlivé varianty hodnocení eroze, lokality a ročníky (Tab. 9 a 10). Pro každý kontrolní bod byly vzaty hodnoty pixelů v kruhu (bufferu) o průměru 10 m.

Tab. 9: Základní statistické údaje za výnosy plodin ($t \cdot ha^{-1}$) pro jednotlivé body sledování eroze na lokalitě Bošovice.

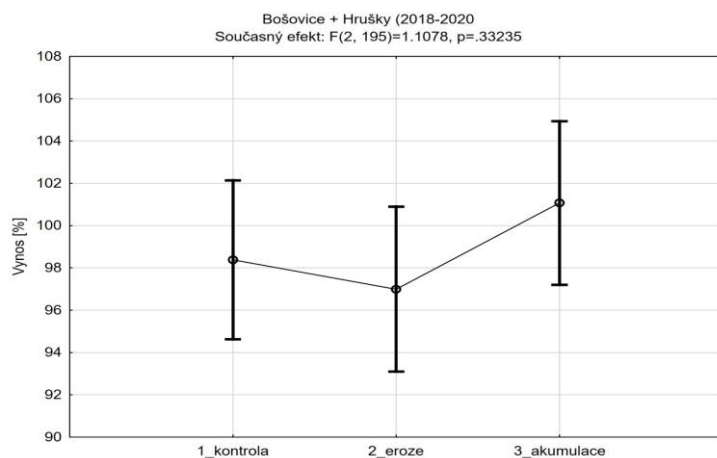
Rok	Plodina	Eroze	n	Průměr	Medián	Minimální	Maximál.	Var.koef.
2018	ječmen jarní	kontrola	15	4.655	4.617	3.705	5.876	13.708
		eroze	14	4.644	4.500	3.668	6.022	15.109
		akumulace	12	5.330	5.112	4.868	6.227	8.835
2019	ječmen ozimý	kontrola	12	5.225	5.117	4.038	6.496	15.758
		eroze	12	4.873	4.793	4.180	5.946	10.474
		dvouřadý akumulace	12	5.076	5.217	3.151	6.297	19.272
2020	řepka ozimá	kontrola	15	4.101	4.163	3.371	4.629	10.291
		eroze	14	4.000	3.980	3.486	4.477	8.517
		akumulace	12	4.182	4.145	3.366	4.752	10.809

Tab. 10: Základní statistické údaje za výnosy plodin ($t \cdot ha^{-1}$) pro jednotlivé body sledování eroze na lokalitě Hrušky.

Rok	Plodina	Eroze	n	Průměr	Medián	Minimální	Maximál.	Var.koef.
2018	pšenice ozimá	kontrola	0					
		eroze	0					
		akumulace	0					
2019	řepka ozimá	kontrola	15	2.561	2.545	1.570	3.047	14.350
		eroze	15	2.566	2.589	2.027	3.044	11.237
		akumulace	15	2.356	2.245	1.679	3.033	21.417
2020	pšenice ozimá	kontrola	12	8.368	8.096	6.136	11.346	20.547
		eroze	9	8.724	9.145	6.301	12.235	22.003
		akumulace	14	9.228	9.546	5.604	12.197	24.432

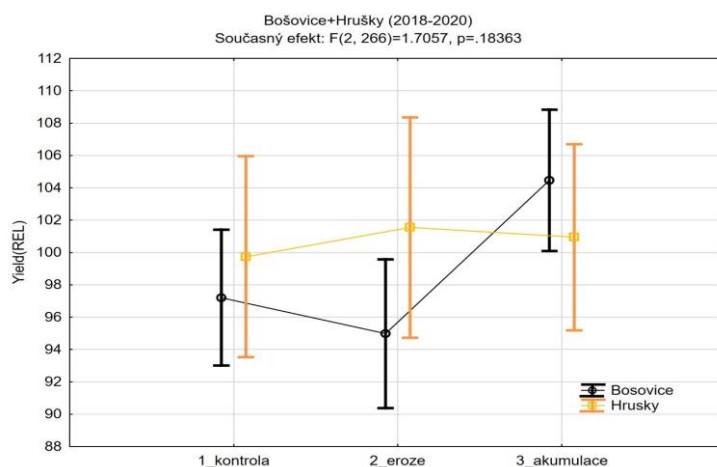
Graf ANOVA 9 ukazuje na dosažení nejvyšších hodnot relativního výnosu u varianty akumulace a nejnižší u varianty eroze. S ohledem na nízký počet případů a nižší rozdíly mezi výnosovými hladinami nejsou tyto rozdíly statisticky průkazné (při 95% pravděpodobnosti).

Graf 9: Grafické znázornění výsledku hodnocení relativních hodnot výnosu plodin ANOVA analýzou souhrnně pro lokality Bošovice a Hrušky za období 2018–2020.



Hodnocení rozdílů výnosů analýzou ANOVA pro každou lokalitu zvlášť (Graf 10) ukazuje na rozdíly mezi rozložením výnosových hladin na obou sledovaných pozemcích. Zatímco u lokality Hrušky nejsou statisticky významné rozdíly mezi variantami hodnocení eroze, u lokality Bošovice byl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl mezi variantou akumulace a eroze. Z průměrných hodnot relativního výnosu ANOVA uvedených v Tab. 11 lze rozdíl mezi erodovanou a akumulovanou plochou vyčíslit na úrovni 7,5 % výnosu. Rozdíly u jednotlivých plodin, resp. v jednotlivých letech, mohou být ale ještě vyšší – ječmen jarní pěstovaný v roce 2018 na lokalitě Bošovice vykázal rozdíl výnosu zrna mezi erodovanou a akumulovanou variantou na úrovni 0,69 t.ha⁻¹ (Tab. 9), což při průměrném výnosu 4,96 t.ha⁻¹ představuje 14,9 % rozdíl výnosu.

Graf 10: Grafické znázornění výsledku hodnocení relativních hodnot výnosu plodin 2018 – 2020 ANOVA analýzou kategorizované zvlášť pro lokalitu Bošovice a Hrušky



Tab. 11: Souhrnné statistické údaje relativního výnosu [%] za obě sledované lokality v letech 2018–2020.

Eroze	Lokalita	n	Průměr	Medián	Minimální	Maximál.	sm.odch.	Var.koef.
1_kontrola	Bošovice	42	97.727	99.001	74.627	122.531	12.769	13.065
2_eroze	Bošovice	40	94.556	94.325	71.568	119.262	11.126	11.767
3_akumulace	Bošovice	36	102.099	101.699	59.644	126.513	14.124	13.833
1_kontrola	Hrušky	27	99.398	99.392	60.666	132.536	16.963	17.066
2_eroze	Hrušky	24	101.065	102.147	73.607	142.921	15.956	15.788
3_akumulace	Hrušky	29	99.791	100.919	65.464	142.479	24.079	24.129

3. Závěr

Výsledky na sledovaných černozezemních půdách ukázaly, že fyzikální i chemické vlastnosti půdy byly ovlivněny sledovanými variantami pokusu. Erodovaná část pozemku, nejvíce ovlivnila výsledky měření. U sledování živin se potvrdil nejvyšší smyv živin z erodované varianty do akumulace části pozemku. Také na erozních plochách byl zjištěn nízký obsah půdní organické hmoty (POH). Erozní procesy výrazně negativně ovlivnily i kvalitu POH. Ze získaných výsledků biologických vlastností půdy je zřejmé, že na aktivitu enzymů mají negativní vliv erozní procesy. Aktivita enzymů koreluje ve většině případů s obsahem organického uhlíku a bývá vyšší ve svrchní části půdního profilu, a to zejména tam, kde jsou uplatňovány různé půdoochranné technologie s dodávkou organické hmoty ve srovnání s konvenční agrotechnikou. Hodnocení výnosových rozdílů mezi variantami na sledovaných pozemcích ukázalo na vyšší dosažené výnosy plodin na akumulovaných plochách v porovnání s erozně postiženými plochami, a to u obou lokalit. Například rok 2018 na lokalitě Bošovice ukázal rozdíl výnosu zrna mezi erodovanou a akumulovanou variantou až 14,9 %.

Návrhem lokálně cíleného hospodaření na sledovaných lokalitách na černozezemních půdách je maximální využití půdoochranných systémů hospodaření, kdy je nutné pěstovat plodiny, které nejsou k erozi náchylné, je potřeba zajistit dostatečný přísun organické hmoty do půdy a v meziobdobí pěstování hlavní plodiny zajistit pěstování vhodných směsek meziplodin. Součástí technologií pro minimalizaci rizik vodní eroze je doporučeno mělké zpracování půdy. Je doporučeno dodržovat tyto zásady, aby nedocházelo na erodované půdě ke snižování mocnosti půdního profilu a nárůstu skeletovitosti, vedoucí ke snížení produkční schopnosti.

III. Srovnání novosti postupů

Získané výsledky vhodně doplňují stávající poznatky o vlivu vodní eroze na produkci pěstovaných plodin a následně na kvantifikaci produkční ztráty v závislosti na intenzitě eroze. Řešené postupy projektu zohledňují problematiku půdní eroze působením vody a objasňuje a

zpřesňuje ekonomické dopady tohoto typu eroze na produkci a výnosy zemědělských plodin na významných půdních typech. Toho bylo dosaženo detailním sledováním procesů změn půdních vlastností a užitých technologií v terénních podmínkách v erozních i akumulčních částech svahů a srovnáním získaných dat s výnosovými mapami a posouzením jejich korelace s ekonomickými přínosy.

V metodice jsou uvedeny výsledky hodnocení půd, které jsou použitelné v podmínkách ČR.

IV. Popis uplatnění certifikované metodiky

Uplatnění výsledků této metodiky jsou vhodné pro orgány státní správy, samosprávy i odbornou veřejnost pro potřebu hodnocení vlivu eroze na ekonomiku pěstování plodin a zvolené technologie hospodaření na půdě. Zemědělský podnik hospodařící na erozně ohrožených pozemcích může lépe a přesněji zvolit nástroj pro ekonomické hodnocení rizik spojených s pěstováním zvolených plodin na takovýchto pozemcích a případně zvolit vhodná alternativní řešení. Tyto výsledky umožní budoucím uživatelům zvýšit tržby a následně zisk.

V. Ekonomické vyhodnocení

Souhrnné porovnání obou lokalit a všech pěstovaných plodin v letech 2018–2020 kvantifikuje tyto rozdíly na úrovni 7,5 % výnosu zrna. Výsledky poukázaly na odlišnosti mezi oběma zájmovými lokalitami a také na mezi-ročníkový vliv. Některé ročníky poukázaly na mnohem vyšší výnosové rozdíly (např. Bošovice 2018), kde byl mezi erozní variantou a akumulovanou plochou zjištěn rozdíl výnosu jarního ječmene na úrovni 0,69 t. ha⁻¹. To představuje 13,9 % průměrného výnosu v daném ročníku a místě. Při výkupní ceně 7.096 Kč za 1 t sladovnického ječmene (cena srpen 2022, www.agris.cz) představuje rozdíl tržeb 4.896 Kč/ha, který je způsobený propadem výnosu na erozně degradovaných plochách vůči místům s akumulací půdy. Přesné mapování stavu porostů, půdních vlastností a dosažených výnosů pomocí technologií precizního zemědělství umožňuje zachytit plošnou variabilitu pozemků a následně optimalizovat intenzitu pěstebních zásahů formou variabilně prováděných aplikací hnojiv, přípravků na ochranu setí, či variabilního setí. Z hlediska dosažených výsledků výnosových rozdílů a jejich příčin v souvislosti s hodnocením eroze na sledovaných pozemcích lze jednoznačně doporučit snížení intenzity hospodaření na erozně postižených plochách. Již dříve provedené hodnocení variabilní aplikace hnojiv na pozemcích zemědělské společnosti Rostěnice a.s. ukázalo na možnost snížení aplikačních dávek při variabilní aplikaci fosforečných hnojiv o 38 % a v případě draselných hnojiv o 60 % (Lukas et al., 2018). Podobně vyhodnocení variabilní aplikace dusíkatých hnojiv na základě analýzy rozložení

výnosových hladin a předpokladu poléhání porostu jarního ječmene dle svažitosti terénu umožnila optimalizovat náklady dusíkatou výživu s jednoznačnými pozitivními dopady na snížení rizika kontaminace vodních zdrojů dusičnany (Neudert a kol., 2018).

VI. Seznam použité a související literatury

- Badalíková B., Novotná J., Pospíšilová L. (2016): Vliv zapravení organické hmoty na půdní vlastnosti a snížení vodní eroze. Uplatněná certifikovaná metodika 33/16, 41 s.
- Evans, R. (2013). Assessment and monitoring of accelerated water erosion of cultivated land - when will reality be acknowledged? *Soil Use and Management*, 29 (March), 105–118. doi:10.1111/sum.12010
- Houšť, M., Smutný, V., Procházková, B., Neudert, L., Lukas, V., Illek, F. (2014). Vliv agrotechnických zásahů na udržení půdní úrodnosti. In *Kukuřice praxi 2014*. Brno: Mendelova univerzita v Brně a KWS Osiva s.r.o., s. 12–22.
- Janeček, M., Dostál, T., Kozlovsky-Dufková, J., Dumbrovský, M., Hůla, J., Kadlec, V., Vlasák, J. (2012): *Ochrana zemědělské půdy před erozí (Protection of Agricultural Soils from the Soil Erosion)*. Praha: Powerprint.
- Kovaříček P., Gerndtová I., Hůla J., Vlášková M. (2019): Vliv hnojení kompostem na povrchový odtok vody při dešťových srážkách. *Úroda* č. 11/2019, s. 50–54.
- Křen J., Neudert L., Procházková B., Smutný V., Hůla J. (2015): *Obecná produkce rostlinná*. Brno: Mendelova univerzita v Brně.
- Lukas, V., Neudert, L., Širůček, P., Kraus, M., Novák, J., Mezera, J., Zemek, F., Píkl, M., Žížala, D. (2018): *Postupy tvorby aplikačních map se zohledněním variability agrochemických vlastností půdy a výnosové úrovně pozemků*, Mendelova univerzita v Brně.
- Luo Y., Zhou X. (2006): *Soil Respiration and the Environment*. Academic Press, Elsevier. 13.
- Němeček, J. a kol., (2011): *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. ČZU, Praha, 2. upravené vydání, 93p.
- Neudert, L., Širůček, P., Lukas, V. (2018). *Optimalizace intenzity hnojení ječmene jarního ve vztahu ke zjištění úrovně heterogenity pozemků. Ověřená technologie Ztech*, Mendelova univerzita v Brně.
- Steiner Ch., Rodrigues de Arruda M., Teixeira W. G., Zech W. (2007): Soil respiration curves as soil fertility indicators in perennial central Amazonian plantations treated with charcoal, and mineral or organic fertilisers. *Tropical Science*, Vol. 47(4): 218–230.

- Šarapatka B., Bednář M. (2015): Assessment of potential soil degradation on agricultural land in the Czech Republic. *Journal of Environmental Quality*, 44: 154–161.
- Valla, M. a kol. (2000): *Pedologické praktikum*, ČZU Praha, 148 s.
- Varrallya G. (1994): Climate change, soil salinity and alkalinity. In: *Soil Responses to Climate change* [Rounsevell, M.D.A. and P.J. Loveland (eds.)]. NATO ASI Series I, Global Environmental Change, vol.23, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, pp. 39-54.
- Vilček J., Hronec O., Bedrna Z. (2005): *Environmentálna pedológia*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 298 s.
- Vlček V., Pospíšilová L. (2021): Mikrobiální aktivita erozně-akumulačních ploch černozemní oblasti. *Úroda* 12/2021, vědecká příloha časopisu, s.611–620.
- Ward D., Kirkman K., Hagenah N., Tsvuura Z. (2017): Soil respiration declines with increasing nitrogen fertilization and is not related to productivity in long-term grassland experiments. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 115: 415–422.

VII. Seznam publikací předcházejících metodice

2018

- Bednář, M., Šarapatka, B. (2018): Relationship between physical-geographical factors and soil degradation on agricultural land. *Environmental Research* 164: 660–668.
- Menšík L., Hlisnikovský, L., Pospíšilová, L., Kunzová, E. (2018): The effect of application of organic manures and mineral fertilizers on the state of SOM and nutrients in the longterm field experiment. *Journal of Soils and Sediments*, 18,8, 2813–2822.
- Pospíšilová, L., Novotná, J., Vlček V., Badalíková B. (2018): Soil inputs and dynamic of humic substances in Chernozems. *SGEM2018. Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems: Conference Proceedings*, 495–501.
- Pospíšilová, L., Vlček, V. (2018): Nové trendy v hodnocení kvality půdní organické hmoty. *Sborník abstraktů semináře a workshopu Plodinové a půdní simulační modely*. VURV Praha, s 23–24.
- Pospíšilová, L., Vlček, V. (2018): Textural changes in chernozems within fifty years in the Czech Republic. *Book of abstracts Krakow. Book of Abstract Krakow, 3rd International Symposium of soil physics* str. 31.
- Šarapatka B., Čáp L., Bílá P. (2018): The varying effect of water erosion on chemical and biochemical soil properties in different parts of Chernozem slopes. *Geoderma* 314: 20-26.

- Šarapatka B., Alvarado Solano DP., Čižmár D. (2019): Can glomalin content be used as an indicator for erosion damage to soil and related changes in organic matter characteristics and nutrients? *Catena* 181: 104078.
- Šarapatka, B., Dumbrovský, M., Podhrázská, J. (2018): Erozní procesy v zemědělské krajině. *Veronica* 1: 12–16.
- Šarapatka, B., Bednář, M., Kuras, T., Mazalová, M., Tuf, I.H. (2018): Posílení biologické rozmanitosti a ochrany půdy v zemědělské krajině s využitím konceptu konektivity. *Životné prostredie* 4: 221–227.
- Vlček, V., Pohanka M. (2018): Adsorption Of Copper in Soil and its Dependence on Physical and Chemical Properties. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 66(1): 219–224.
- Vlček, V., Pospíšilová, L., Sabovčík, J., Novotná J. (2018): Půdní reakce a tlumící schopnost půdy po aplikaci kompostu. *Úroda*, 66, 12, 389–392.
- Vlček, V., Pospíšilová, L. (2018): Některé změny vlastností u černozemí dokumentovatelné během posledních 50 let hospodaření. *Pedologické dni 2018: Zborník abstraktov*, 41.

2019

- Chmelík, V., Šarapatka, B., Machač, O., Mikula, J., Laška, V., Tuf, I. H. (2019): The effect of farming system and management practices on surface-dwelling soil macrofauna. *Zemdirbyste-Agriculture*, 106 (4): 291–296. DOI 10.13080/z-a.2019.106.037
- Bednář, M., Šarapatka, B., Netopil, P. (2019): Vliv vstupních dat na přesnost erozně akumulčních modelů v kontextu výnosů plodin: případová studie Bošovice. In: Choma, M., Tahovská, K., Kaňa, J. (Eds.): *Sborník abstraktů konference Pedologické dny 2019*, Srní, s. 45.
- Bednář, M., Šarapatka, B. (2019): The role of elevation's data accuracy in erosion – accumulation modelling Particularly in relation to crop yields. In: *Soil and Water Resources Management for Climate Smart Agriculture, Global Food and Livelihood Security. 4th WASWAC World Conference, 20th ISCO International Conference, 4th SCSI Conference. New Delhi, India.*
- Brtnický M., Pecina V., Dokulilová T., Vopravil J., Khel T., Zloch J., Vlček V. (2019): Assessment of Retention Potential and Soil Organic Carbon Density of Agriculturally used Chernozems, Cambisols and Fluvisols. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67(5): 1131–1137.

- Horáková E., Pospíšilová L., Vlček V., Uhlík P., Eichmeier A., Menšík L. (2019): XRD and electron microprobe investigation of clay minerals, in haplic luvisol. Book of Abstracts ISMOM (International Symposium on Interactions of Soil Minerals with Organic Components and Microorganisms) Spain.
- Horáková E., Klobásová G., Pospíšilová L., Dryšlová T., Smutný V. (2019): Vliv technologie zpracování půdy na obsah a kvalitu humusu. *Úroda* 12, roč. LXVII, 2019, vědecká příloha, s. 283–288. ISSN 0139-6013.
- Menšík L., Kunzová E., Nerušil P., Pospíšilová L., Hlisnikovský L., Kulhavý J. (2019): Possibilities of determination of soil organic matter content and its quality using near infrared spectroscopy in different ecosystems. Book of Abstracts Fifth International conference of CIS IHSS in Humic inovative technolog. (Humic substances and living systems) (HIT- 2019), Moskva, Rusko.
- Pospíšilová, E., Vlček, V., Lukas, V., Šarapatka, B., Netopil, P., Bednář, M., Černohorský, J., Badalíková, B., Vašinka, M.: Pedogeochemical characterization of localities Bošovice, Hrušky a Zástřizly. *Folia univ. agric. et silvic. Mendel. Brun.*, 2019, Vol. XII, No. 1
- Vašinka M., Badalíková B. (2019): Změny fyzikálních vlastností erodovaných půd. *Úroda* 12, roč. LXVII, 2019, vědecká příloha, s. 283–288. ISSN 0139-6013.
- Pospíšilová L., Horáková E., Vlček V., Menšík L. (2019): Comparison of soil humic acids and lignohumates. Book of Abstracts Fifth International conference of CIS IHSS in Humic inovative technolog. (Humic substances and living systems) (HIT-2019), Moskva, Rusko.
- Šarapatka, B., Alvarado Solano, D.P., Čížmár, D. (2019): Can glomalin content be used as an indicator for erosion damage to soil and related changes in organic matter characteristics and nutrients? *Catena* 181, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104078>.
- Šarapatka, B., Bednář, M., Netopil, P. (2019): Mapa erozních a akumulčních ploch v kombinaci s výnosovými charakteristikami Vlček V., Pohanka M. (2019): Glomalin—an interesting protein part of the soil organic matter - review. *Soil and water research*. <https://doi.org/10.17221/29/2019-SWR> řešeného území s návrhem alternativních protierozních opatření – pásové střídání plodin. Univerzita Palackého v Olomouci. Certifikovaná mapa. Osvědčení 6/2019-SPU/O
- Šarapatka, B., Alvarado Solano, D.P., Čížmár, D. (2019): Vliv erozních procesů na obsah glomalínu a související půdní charakteristiky. In: Choma, M., Tahovská K., Kaňa, J. (Eds.): Sborník abstraktů konference Pedologické dny 2019, Srní, s. 33.
- Šarapatka, B., Bednář, M. (2019): Can anti-erosion measures be proposed in such way as to also increase the biodiversity of the countryside? In: *Soil and Water Resources*

Management for Climate Smart Agriculture, Global Food and Livelihood Security.4th WASWAC World Conference, 20th ISCO International Conference, 4th SCSI Conference. New Delhi, India.

Vlček V., Pospíšilová L., Horáková E. (2019): Rozdíly mikrobiální aktivity erozně akumulčních ploch lokality Bošovice. In: Choma, M., Tahovská, K., Kaňa, J. (Eds.): Sborník abstraktů konference Pedologické dny 2019, Srní, s. 44.

2020

Ayalew, D. A., Deumlich, D., Šarapatka, B., Doktor, D. (2020): Quantifying the Sensitivity of NDVI-Based C Factor Estimation and Potential Soil Erosion Prediction using Spaceborne Earth Observation Data. *Remote Sens.* 2020, 12, 1136; doi:10.3390/rs12071136.

Bednář, M., Šarapatka, B., Mazalová, M., Kuras, T. (2020): Connectivity modelling with automatic determination of landscape resistance values. A new approach tested on butterflies and burnet moths. *Ecological Indicators* 116: 106480.

Bílá, P., Šarapatka, B., Hornák, O., Novotná, J., Brtnický, M. (2020): Which quality indicators reflect the most sensitive changes in the soil properties of the surface horizons affected by the erosion processes? *Soil and Water Research* 15, 15 (2): 116–124.

Boturová K., Záhora J., Pospíšilová L., Vlček V. (2020): Projevy zhutnění půdy a možnosti nápravy. *Úroda: Vědecká příloha* 2020, 277–282.

Horáková E., Pospíšilová L., Vlček V., Menšík L. (2020): Changes in the soil's biological and chemical properties due to the land use. *Soil and Water Research*, 15, 4, 228–236.

Lukas V., Širůček P., Mezera J., Elbl J., Vlček V. (2020): Vyhodnocení heterogenity pozemků z výnosových map a dálkového průzkumu. *Úroda: Vědecká příloha* 2020, 411–418.

Pospíšilová L., Horáková E., Fišera M., Jerzykiewicz M., Menšík L. (2020): Effect of selected organic materials on soil humic acids chemical properties. *Environmental Research*, 187. 2020. 109663.

Pospíšilová L., Uhlík P., Menšík L., Hlisnikovský L., Eichmeier E., Horáková E., Vlček V. (2020): Clay mineralogical composition and chemical properties of Haplic Luvisol developed on loess in the Protected Landscape Area Litovelské Pomoraví. doi: 10.1111/ejss.13041.

Sedlák L., Pospíšilová L., Vlček V. Vliv vodní eroze na vybrané půdní vlastnosti. *Úroda: Vědecká příloha* 2020, 467-470.

Vlček V., Pohanka M. (2020): Glomalin - an interesting protein part of the soil organic matter. Soil and Water Research,15(2): 67–74.

VIII. Dedikace

Metodika byla vytvořena s podporou projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum při MZe ČR č. QK1810233 s názvem: „Kvantifikace dopadu hospodaření na erozi, kvalitu půd a výnosy pěstovaných plodin s návrhem pěstebních technologií šetrných k životnímu prostředí“.

IX. Jména oponentů

Ing. Květuše Hejátková – posudek odborníka z praxe

Ing. Michaela Budňáková – posudek pracovníka odborného orgánu MZe ČR

Smlouva o uplatnění metodiky

Zemědělské družstvo Budišov

Budišov 279

675 03 Budišov

X. Přílohy - fotodokumentace:

Foto 1: Půdní sondy – pokusný pozemek Hrušky

**a) varianta přechodná
kontrola**



b) varianta eroze



c) varianta akumulace



Foto 2: Lokalita Hrušky

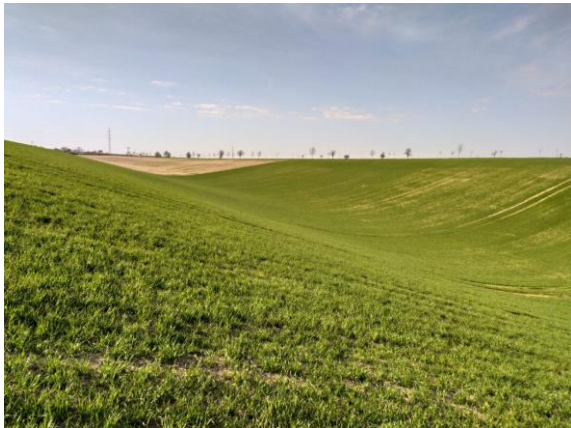


Foto 3: Půdní sondy – pokusný pozemek Bošovice

**a) varianta přechodná
kontrola**



b) varianta eroze



c) varianta akumulace



Foto 4: Lokalita Bošovice



Vydali: Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko, Zahradní 400/1, 664 41 Troubsko
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno
Univerzita Palackého v Olomouci, Křížkovského 511/8, 779 00 Olomouc

Náklad: 150 výtisků

Tisk: REIS – reklamní studio, Žatčany 135

Grafická úprava: Radomír Lejska

Autoři fotografií: Vítězslav Vlček

Jazyková korektura: Jazyková korektura nebyla provedena

Neoprávněné užití tohoto díla je porušením autorských práv a může zakládat občanskoprávní, správněprávní, popř. trestněprávní odpovědnost.

1. vydání

© Zemědělský výzkum, spol. s r. o., 2022
© Mendelova univerzita v Brně, 2022
© Univerzita Palackého v Olomouci, 2022

ISBN (ZVT): 978-80-88000-37-2
ISBN (Mendelu): 978-80-7509-871-9
ISBN (UPOL): 978-80-244-6191-5