

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



**Vliv aplikace přípravků pro zlepšení vitální funkce půdy na
vybrané půdní vlastnosti v Agrovýzkum Rapotín s.r.o.**

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Autor práce: Vojtěch Wehrsinger

PRAHA 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Vojtěch Wehrsinger

Zemědělská technika

Název práce

Vliv aplikace přípravků pro zlepšení vitálních funkcí půdy na vybrané půdní vlastnosti v Agrovýzkum Rapotín s.r.o.

Název anglicky

Influence of application of activators of vital soil functions on selected soil characteristics at Agrovýzkum Rapotín s.r.o.

Cíle práce

Vyhodnocení vlivu aplikace pomocných půdních přípravků především na fyzikální vlastnosti půdy, např. na tahový odpor nebo na infiltrační schopnost půdy.

Metodika

Při měření tahového odporu, infiltrační schopnosti půdy atd. bude použito metody sběru dat, jejich zpracování a vyhodnocení. Při zpracování dat bude použito vyhodnocení pomocí statistické analýzy a pomocí komparace jednotlivých variant.

Doporučený rozsah práce

cca 50 str.

Klíčová slova

půdní aktivita, pomocné půdní přípravy, fyzikální vlastnosti půdy, tahový odpor

Doporučené zdroje informací

ABBOTT, L. K., MURPHY, D. V. Soil Biological Fertility: A Key to Sustainable Land Use in Agriculture. Springer, 2007. 268 pp. ISBN 978-1402066184.

EL TITI, A.: Soil Tillage in Agroecosystems. CRC, 2002, 376 pp. ISBN 978-0849312281.

Firemní prospekty.

LADYGINA, N.; RINEAU, F. Biochar and soil biota. CRC Press, 2013, 270 s. ISBN 978-146-6576-483.

VOLTR, V. a kol.: Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí. ÚZEI, Praha 2011, 480 s., ISBN 978-80-86671-86-4.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra využití strojů

Elektronicky schváleno dne 11. 1. 2016

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 1. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 02. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma „Vliv aplikace přípravků pro zlepšení vitální funkce půdy na vybrané půdní vlastnosti“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Petra Šarce, Ph.D., a že veškeré použité prameny a publikace cituji a uvádím v příloženém seznamu použité literatury.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle 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.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

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

V Praze dne 30.3.2017

.....

podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu doc. Ing. Petru Šarči, Ph.D. za odbornou pomoc a poskytnutí mnoho užitečných rad.

Abstrakt:

Tato diplomová práce je zaměřena na měření změn vybraných fyzikálních vlastností půdy vzhledem ke kombinaci aplikovaných hnojiv a aktivačních přípravků pro zlepšení vitálních funkcí půd. Úvodem práce je zpracována literární rešerše, která začíná popisem nebo rozdělením druhů a nejběžnějších půdních typů v ČR. Nadále teoretická část obsahuje seznámení problematiky spojené s degradací, funkcemi, fyzikálně-mechanickými a chemickými vlastnostmi půd. Závěrem rešerše jsou popsány hnojiva a půdní aktivační přípravky firmy PRP technologies, která jsou využita v měřených půdních pokusech. V praktické části jsou zpracovány a porovnávány autorem data vybraných fyzikálních vlastností, která jsou naměřena od začátku půdních pokusů roku 2015 v zemědělském podniku Agrovýzkum Rapotín s.r.o.

Klíčová slova: pomocné půdní přípravky, fyzikální vlastnosti půdy, tahový odpor

Influence of application of activator of vital soil functions on selected soil characteristics at Agrovýzkum Rapotín s.r.o.

Summary:

This thesis is focused on the measurement of changes of selected physical properties of soil due to the combination of applied fertilizers and activation products for the improvement of the vital functions of soils. At the outset of the work is handled by a literature search, which begins with the description or distribution of the species and the most common soil types in the Czech republic. Continue the theoretical part includes familiarization of the issues associated with the degradation, functionalities, physico-mechanical and chemical properties of the soils. In conclusion, the research described fertilisers and soil activation products the company PRP technologies that are used in the measured soil experiments. In the practical part are processed and compared by the author of the data of selected physical properties, which are measured from the beginning of the soil experiments of the year 2015 in the Agrovýzkum Rapotín s. r. o.

Key words: soil preparations, physical properties of soil, traction resistance

Obsah

1	ÚVOD	1
2	CÍL PRÁCE	2
3	METODIKA.....	2
3.1	<i>Odběr půdních vzorků</i>	2
3.2	<i>Infiltrace půdy.....</i>	3
3.3	<i>Penetrační odpor</i>	4
3.4	<i>Tahový odpor.....</i>	5
3.5	<i>Varianty půdních pokusů.....</i>	7
4	PŮDA A JEJÍ PROBLEMATIKA.....	8
4.1	<i>Půdní druhy</i>	8
4.2	<i>Nejběžnější půdní typy v ČR.....</i>	9
4.2.1.	<i>Černozemě.....</i>	9
4.2.2.	<i>Hnědozemě.....</i>	10
4.2.3.	<i>Ilimerizované půdy.....</i>	10
4.2.4.	<i>Hnědé půdy</i>	11
4.2.5.	<i>Rezivé půdy.....</i>	12
4.2.6.	<i>Podzoly.....</i>	12
4.2.7.	<i>Nivní půdy.....</i>	13
4.2.8.	<i>Černice</i>	13
4.2.9.	<i>Gleje.....</i>	14
4.2.10.	<i>Surové půdy.....</i>	14
4.3	<i>Degradace půd</i>	15
4.3.1.	<i>Utuzení půdy</i>	15
4.3.2.	<i>Zasolování</i>	16
4.3.3.	<i>Znečištění organickými a anorganickými látkami</i>	17
4.3.4.	<i>Úbytek organické hmoty (dehumifikace).....</i>	18
4.3.5.	<i>Eroze</i>	18
4.4	<i>Fyzikálně-mechanické vlastnosti</i>	19
4.5	<i>Chemické vlastnosti</i>	20
4.5.1.	<i>Půdní koloidy</i>	20
4.5.2.	<i>Reakce půdy (pH).....</i>	21
4.5.3.	<i>Půdní sorpční komplex.....</i>	21
4.5.4.	<i>Oxidačně-redukční reakce.....</i>	22
4.6	<i>Funkce půdy.....</i>	22
4.6.1.	<i>Infiltrace vody</i>	22

4.6.2.	Filtrační funkce	22
4.6.3.	Asanační funkce	23
4.6.4.	Transformační funkce	23
4.6.5.	Transportní funkce	23
4.6.6.	Purfační schopnost	23
4.6.7.	Akumulační funkce půdy	24
4.7	<i>Hnojiva a půdní přípravky v projektu Rapotín a.s.</i>	24
4.7.1.	Chlévský hnůj.....	25
4.7.2.	Z-Fix.....	25
4.7.3.	NPK.....	26
4.7.4.	PRP- Sol	27
5	PRAKTICKÁ ČÁST	29
5.1	<i>Zemědělský podnik Rapotín s.r.o.</i>	29
5.2	<i>Vlhkost půdy</i>	29
5.3	<i>Objemová hmotnost suché půdy</i>	30
5.4	<i>Hydraulická vodivost půdy</i>	31
5.5	<i>Penetrační odpory půdy</i>	32
5.5.1.	Penetrační odpor v hloubce 4 cm	32
5.5.2.	Penetrační odpor v hloubce 8 cm	33
5.5.3.	Penetrační odpor v hloubce 12 cm	34
5.5.4.	Penetrační odpor v hloubce 16 cm	35
5.5.5.	Penetrační odpor v hloubce 20 cm	36
5.5.6.	Penetrační odpor v hloubce 24 cm	37
5.5.7.	Penetrační odpor v hloubce 28 cm	38
5.5.8.	Penetrační odpor v hloubce 32 cm	39
5.5.9.	Penetrační odpor v hloubce 36 cm	40
5.5.10.	Penetrační odpor v hloubce 40 cm.....	41
5.6	<i>Tahové odpory</i>	42
6	ZÁVĚR	44
7	POUŽITÁ LITERATURA	47
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	50
	SEZNAM TABULEK	50
	SEZNAM VZORCŮ	50
	SEZNAM GRAFŮ	50
	SEZNAM PŘÍLOH.....	51
	PŘÍLOHA 1	52

1 Úvod

Obhospodařování půd spojené se zemědělskou výrobou a chovem zvířat začalo přibližně před 10. tisíci lety. Počáteční místa vzniku využívání půdy formou zemědělství jsou přiřazovány blízkému východu. Opuštění klasického sběru a přistoupení k metodám obdělávání zeminy zajistilo lidstvu nejen zlepšené životní podmínky, ale i stálý přísun obživy. Zvyšující se nároky na velikost produkce a neustálý pokrok technických inovací, jako byly pluh, postroje pro tažný dobytek, řádkové secí stroje, žací stroje a na závěr diesellové stroje vedly ke stálému zvyšování rozlohy obdělávané půdy. To mělo za následek změnu rázu krajiny na kulturní.

Půdu řadíme mezi jedny z hlavních zdrojů přírody. Bezpochyby je nenahraditelným "výrobním prostředkem" pro zemědělství. A to nejenom, protože umožňuje rostlinám růst, ale i zároveň zabezpečuje jejich výživu. Rostliny by však nemohly prosperovat jen za pomoci půdy a vody. Důležité jsou i oboustranné vazby s živými organismy, kterým poskytuje životně důležité prostředí. Organismy zpětnou vazbou zajišťují veškeré biologické pochody, které jsou v půdě nositelem života.

V dnešní době se pojem "půda" stává čím dál častěji zmiňovaným tématem. Je to z důvodu, že dlouhodobé pozorování prokázalo neustálé snižování úrodnosti půd vlivem znečištění a intenzivního zemědělství. Neustálé úbytky úrodné zeminy zapříčiňují degradační půdní procesy, které neustále nabírají na rychlosti. Dochází ke zvyšování utužení. Biologické aktivity neustále klesají. Zadržení vody v krajině stále klesá. Čímž se efektivita vstupů v rostlinné výrobě velmi snižuje.

V současnosti se mnoho společností a odborníků snaží najít individuální cestu, jak zamezit škodlivým degradačním procesům v půdách. Mezi tyto společnosti řadíme firmu PRP technologies, která se zabývá vývojem produktů pro zlepšení vitálních funkcí půd. Mým úkolem je v následujících kapitolách práce čtenáře seznámit, jak teoreticky s danou problematikou, tak i vyhodnotit prakticky naměřené hodnoty fyzikálních vlastností půdy po aplikaci výrobků firmy PRP technologies.

2 Cíl práce

Cílem této práce je vyhodnotit vliv aplikace přípravků pro zlepšení vitálních funkcí půdy. Především se práce zaměřuje na měření fyzikálních vlastností půdy a to: penetrační odpor, objemová hmotnost půdy, tahový odpor. Měření probíhá v podniku Agrovýzkum Rapotín s.r.o.

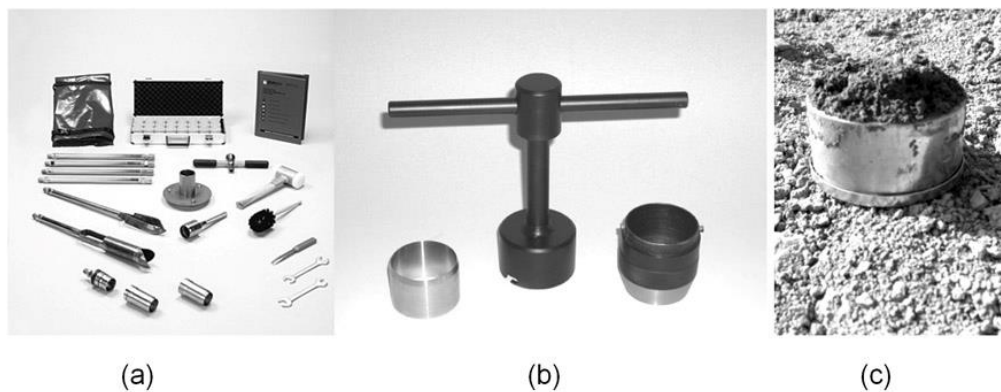
3 Metodika

3.1 Odběr půdních vzorků

Odběry půdních vzorků realizujeme pomocí Kopeckého fyzikálních válečků zobrazených na obr. 1. Odběrné válce jsou zhotoveny z nerezavějící oceli o nejčastějším objemu 100 cm³ s maximální výškou 5 cm. Pro skeletovité půdy se využívají válce o objemu 500-1000 cm³ s maximální výškou 10 cm. [6]

Při zhotovování odběru půdních vzorků natloukáme válečky přes vhodný nástavec vertikálně do půdy. Jednotlivé vzorky jsou odebírány se shora dolů. V každé měřené půdní hladině očistíme svrchní vrstvu pomocí lopatky. Odběrné válečky položíme ostrou hranou směrem dolů. Poté váleček rovnoměrně a plynule vtlačujeme do půdy tak, aby zemina přesahovala horní část odebíraného válečku. Na váleček položíme víčko a opatrně váleček vyjmeme z půdy pomocí polní lopatky. Přesahující zeminu ze spodní části válečku očistíme pomocí nože. Zarovnáme zeminu do roviny se spodní částí válečku a přiložíme víčko. Tento váleček zajistíme proti možnému poškození. Měření provedeme na určených místech a přeneseme do laboratoře. [9] [6]

Obr. 1 Sada pro měření půdních vzorků



Zdroj: <http://www.ucebnice.remediace.cz>

Laboratorní postup

Přinesené zkušební vzorky zvážíme bez víček válečků na hodinovém skle. Hmotnost hodinového skla a samostatného válečku musí být předem známa. Vzorek zvážený tímto způsobem odpovídá o přirozené vlhkosti půdy. V dalším postupu necháme váleček sytit destilovanou vodou pomocí filtračního papíru. Horní plochu válečku zakryjeme sklem a položíme váleček na filtrační papír. Vodu necháme kapilárně vzlínat nejméně 12 hodin. Po nasycení váleček sejmeme z filtračního papíru. Opětovně položíme váleček na hodinové sklo a zvážíme. Pomocí této naměřené hodnoty zjistíme nasáklivost půdního vzorku. Po změření vzorek vezmeme a položíme na 4x přeložený filtrační papír. Vrchní díl válečku překryjeme sklem. Filtrační papír začne odsávat vodu ze vzorku. Po 30 minutách váleček z papíru sejmeme a zvážíme. Naměřená hodnota odpovídá třicetiminutové vlhkosti. Po tomto kroku opětovně váleček položíme na filtrační papír. Po 90 minutách váleček sejmeme a zvážíme. Tato naměřená hodnota nám určí maximální kapilární vodní kapacitu. Postup s filtračním papírem opětovně zopakujeme po dobu 22 hodin. Válec znovu zvážíme a určíme retenční vodní kapacity. V posledním kroku vezmeme váleček a vložíme ho do sušárny. Vzorek sušíme při teplotě 105 °C na 24 hodin. Po vysušení váleček zvážíme a tím zjistíme podíl sušiny ve vzorku. [11]

3.2 Infiltrace půdy

Infiltrační vlastnosti půdy jsme měřili pomocí metody Simplified Falling head. Metoda spočívá v měření rychlosti vsaku vody do půdy při současném změření počáteční a koncové vlhkosti v místě daného vzorku. Z těchto naměřených hodnot je následně dopočtena hydraulická vodivost půdy. Pro samotné měření jsme použili půdní vlhkoměr a ocelové válce s vnějším průměrem 154 mm, jenž je níže zobrazen na obr. 2. [11]

Postup měření

Vezmeme tři ocelové měřící válce, které rozmístíme v okruhu jednoho metru měřícího bodu. Válce rovnoměrně zamáčkneme 4 až 6 cm do půdy. Změříme počáteční vlhkost půdy uvnitř válců. Následně do válců jednotlivě nalijeme jeden litr vody a měříme čas, za který se voda plně vsákne do půdy. Po dokončení vsakování vody změříme konečnou půdní vlhkost uvnitř všech válců. Tento postup opakujeme na všech měřících

bodech. Po dokončení měření naměřené veličiny využijeme k výpočtu hydraulické vodivosti půdy podle níže uvedeného vzorce 1. [11]

Vzorec 1 Výpočet hydraulické vodivosti

$$K_{fs} = \frac{\Delta\theta}{(1 - \Delta\theta) * t_a} * \left[\frac{D}{\Delta\theta} - \frac{D + \frac{1}{\alpha}}{1 - \Delta\theta} * \ln \left(1 + \frac{(1 - \Delta\theta) * D}{\Delta\theta * \left(D + \frac{1}{\alpha} \right)} \right) \right] (m * s^{-1})$$

Kde: $\Delta\theta$ - rozdíl relativní vlhkosti před a po nasycení půdy
 t_a - čas vsaku půdy
 α - konstanta
 D - podíl objemu vody a plochy válce [11]

Obr. 2 Ukázka měření infiltrace vody



Zdroj: Vedoucí práce

3.3 Penetrační odpor

Měření penetračního odporu jsme zhotovili pomocí vertikálního penetrometru. Jde o jednoduchou a cenově přijatelnou metodu, která je založena na měření vzniklého odporu půdy proti vnikání normovaného kuželovitého tělesa, které můžeme vidět na obr. 3. Odpor měříme v kPa nebo MPa. Nutné je podotknout, že tato metoda je nepřímá. Poněvadž půdní odpor nezávisí pouze na objemové hmotnosti a pórovitosti, ale i na

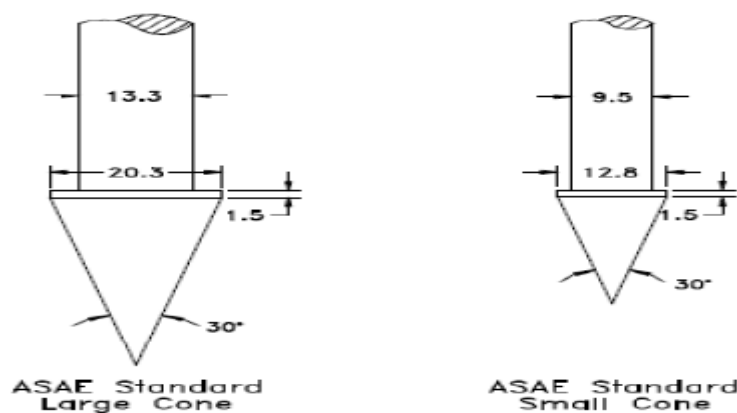
zrnitostním složení a vlhkosti. Kvůli těmto faktorům lze naměřené hodnoty pouze porovnávat v rozmezí jedné polnosti se shodnými půdními vlastnostmi. [7] [8]

Praktické měření provádíme ručním penetrometrem vyvinutým na TF ČZU v Praze. Autory přístroje jsou P. Šařec, O. Šařec a Václav Prošek. Přístroj je vybaven displayem, na kterém můžeme sledovat hloubku a hodnotu tlaku při probíhající měření. Maximální měřitelný tlak s hloubkou jsou 7 Mpa a 0,74 m. Součástí penetrometru je paměť EEPROM, která umožňuje stahovat naměřená data v textovém souboru do PC. Tento textový soubor umožňuje snadný a efektivní sběr dat o odporech půdy v různých hloubkách. [10] [12]

Penetrometr se skládá z:

- 1) sondovací tyč s kuželovou hlavicí
- 2) siloměru
- 3) měřidlo zahloubení [12]

Obr. 3 Standardní hlavice pro penetrometry



Zdroj: [12]

3.4 Tahový odpor

Tahový odpor má velký vliv na množství energie potřebné ke zpracování půdy. Současně s půdou je ovlivněn velikostí, počtem, rozmístěním a geometrií pracovních nástrojů. Z důvodů vývoje nových technických řešení nebo zjišťování fyzikálních vlastností půdy je nutno tento tahový odpor mechanizačních prostředků při půdním

zpracování zjišťovat. Veškeré výsledné síly, které vznikají, prochází těžištěm mechanizačního prostředku a jsou v rovnováze s tahovou silou vyvozenou traktorem. Nejčastějším způsobem stanovení velikosti tahového odporu je zjištěním této výslednice sil. K měření odporu se nejčastěji používají tenzometrická měřidla.

Tahový odpor měříme pomocí soupravy, která se skládá ze dvou traktorů, tenzometrické tyče a odporového nářadí. Samotné měření provádíme tak, že za jeden z traktorů připojíme zvolené odporové nářadí. Tuto soupravu následně zapřáhneme do tandemu s druhým traktorem pomocí tenzometrické tyče. U traktoru s nářadím je tyč umístěna do předního závěsu a u druhého traktoru se umístí do spodních zadních táhel tříbodového závěsu. Připojení do spodních táhel se provádí proto, aby bylo možné měřicí tyč umístit do roviny a nedocházelo k měření pouze složky síly, ale celkové. Po celkovém zkompletování přední traktor táhne přes tenzometrickou tyč soupravu se zahloubeným aparátem. Naměřené hodnoty odečítáme z datového úložiště, kde se zaznamenávají velikosti tahových sil k přiřazené poloze GPS. [29]

Měření tahových odporů ve firmě Agrovýzkum Rapotín s.r.o. začalo v roce 2014. V prvním roce probíhalo měření tahových odporů při podmítání zeleného hnojiva. Následného roku 2015 se uskutečnili měření po sklizni kukuřice na siláž pomocí traktoru New Holland T7.200 o jmenovitém výkonu 155 kW a podmítače Lemken Rubin 9/300. Přenos tahové síly zajistil traktor značky John Deere 6534. [4]

Obr. 4 Souprava pro měření tahového odporu 14.10.2016



Zdroj: Vedoucí práce

3.5 Varianty půdních pokusů

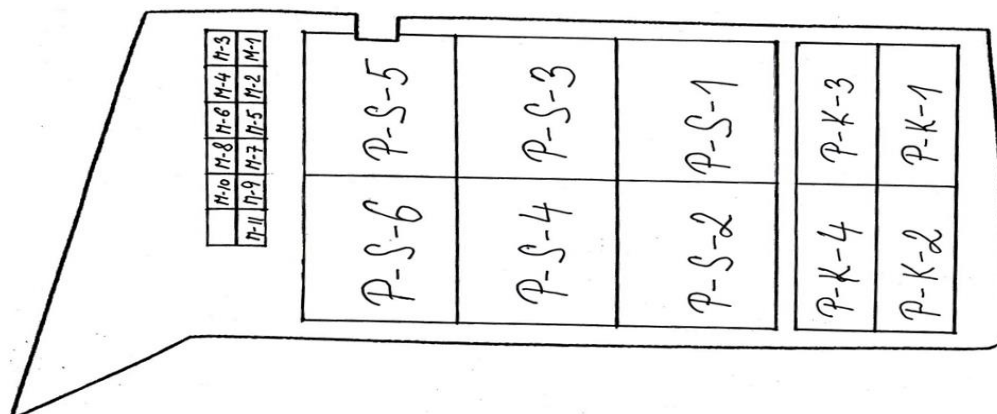
Varianty půdních pokusů jsou rozděleny na jednotlivé parcely dle aplikovaného hnojiva. Parcely s označením P-S mají předem stanovený výsevní postup plodin. Označení P-K značí, že na dané části pozemku je zavedena výsevní monokultura kukuřice na siláž. Přesné rozložení hnojiv a setých plodin jsou zobrazeny v tab. 1.

Tab. 1 Aplikace hnojiv a přípravků na jednotlivé parcely

Var. č.	Zn. parcely	Rok		
		2014	2015	2016
<i>Plodina + aplikované hnojivo a přípravek</i>				
I.	P-K-1	Kukuřice-siláž + kravský hnůj (25 t) + SOL (100 kg)	Kukuřice-siláž + kravský hnůj (25 t) + SOL (100 kg)	Kukuřice-siláž + kravský hnůj (25 t) + SOL (100 kg)
II.	P-K-3	Kukuřice-siláž + kravský hnůj s FIX (25 t) + SOL (100 t)	Kukuřice-siláž + kravský hnůj s FIX (25 t) + SOL (100 kg)	Kukuřice-siláž + kravský hnůj s FIX (25 t) + SOL (100 kg)
III.	P-S-1	Kukuřice-siláž + kravský hnůj (50 t) + SOL (200 kg)	Ječmen j.	Pšenice o. + kravský hnůj (50 t) + SOL (200 kg)
IV.	P-S-3	Kukuřice-siláž + kravský hnůj s FIX (50 t) + SOL (200 kg)	Ječmen j.	Pšenice o. + kravský hnůj s FIX (50 t) + SOL (200 kg)
V.	P-S-5	Kukuřice-siláž + SOL (200 kg)	Ječmen j. + SOL (200 kg)	Pšenice o. + SOL (200 kg)
VI.	P-K-2	Kukuřice-siláž + kravský hnůj (25 t)	Kukuřice-siláž + kravský hnůj (25 t)	Kukuřice-siláž + kravský hnůj (25 t)
VII.	P-K-4	Kukuřice-siláž + kravský hnůj s FIX (25 t)	Kukuřice-siláž + kravský hnůj s FIX (25 t)	Kukuřice-siláž + kravský hnůj s FIX (25 t)
VIII.	P-S-2	Kukuřice-siláž + kravský hnůj (50 t)	Ječmen j.	Pšenice o. + kravský hnůj (50 t)
IX.	P-S-4	Kukuřice-siláž + kravský hnůj s FIX (50 t)	Ječmen j.	Pšenice o. + kravský hnůj s FIX (50 t)
X.	P-S-6	Kukuřice-siláž + NPK (200 kg, kontrola)	Ječmen j. + NPK (200 kg, kontrola)	Pšenice o. + NPK (200 kg, kontrola)

Následný obrázek číslo pět zobrazuje rozložení jednotlivých parcel. Z obrázku je patrná rozdílnost plochy parcel. Pro monokulturní výsev kukuřice jsou využity parcely o rozměru 42x120m a na pro proměnný výsev plochy o rozměru 84x120m.

Obr. 5 Schéma rozmístění maloparcelových pokusů



Zdroj: Vedoucí práce

4 Půda a její problematika

4.1 Půdní druhy

Pro rozdělení půdních druhů se v ČR využívá klasifikační stupnice dle Nováka a Kopeckého. Půdní druhy se rozlišují na základě podílu jednotlivých frakcí ve vzorku, zrnitostního složení, poměru skeletu a obsahu jemnozeme. Obecným problémem tohoto členění je, že s nárůstem půdní hloubky roste skeletovitost a některé půdy jsou výrazně heterogenní v celém profilu. Druhy půd dělíme na:

1) Lehké půdy - písčité

Převážně obsahují částice o velikostech 0,1-2 mm. Disponují vysokým obsahem vody a vzduchu. Snadno vysychají a málo poutají živiny.

2) Středně těžké půdy - hlinité

Obsahují částice 0,01- 0,1 mm. Jsou dobře propustné pro vodu i vzduch. Patří do skupiny nejvhodnější půdy pro zemědělství.

3) Těžké půdy - jílovité

Převládají zde částice menší než 0,01 mm. Špatně propouští vodu i vzduch. Patří mezi málo úrodné půdy.

4) Kamenité a štěrkovité půdy

Mají více než 20 % skeletu. V zemědělství prakticky nevyužitelné. Vyskytují se v lesech a horských oblastech. [17]

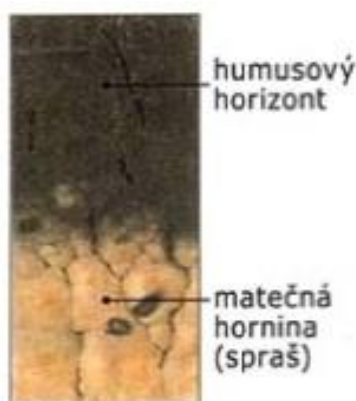
4.2 Nejběžnější půdní typy v ČR

Půdní typy rozlišujeme pomocí kategorizační jednotky Taxonomického klasifikačního systému půd ČR. Půdnímu typu se nadřazuje jednotka „skupina“, nižší je pak „půdní subtyp“. Dělení je především založeno dle zastoupení, uspořádání půdních horizontů a matečné horniny. Nicméně je nutné podotknout, že půdní typy vznikly za obdobných podmínek při působení takřka stejných půdotvorných činitelů.

4.2.1. Černozemě

V ČR se vyskytují v nejteplejších a nejsušších oblastech, kde se v minulosti nacházely travnaté stepi a lesostepi. Mezi matečné horniny černozemě řadíme spraše, slíny, vápenité písky nebo vápenité terciární jíly. Hlavní proces pro vznik půdy nazýváme humifikace. V současné době tento typ disponuje vysokou vrstvou humusového horizontu. Rozložení horizontu a matečné horniny je zobrazeno na obr. 5. Ale i přes vysoké množství humusu se musí udržovat zemědělskou kultivací, poněvadž by při dnešních podmínkách klimatu přešla v jiný půdní typ. [18]

Obr. 6 Uspořádání půdních horizontů černozemě

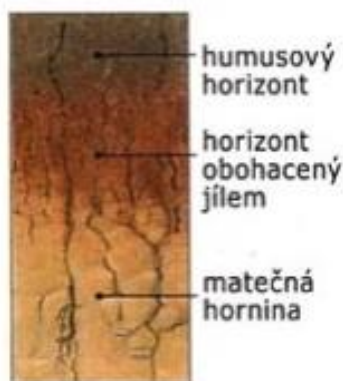


Zdroj: http://galerie.gymjil.cz/zahradnik/pedosfera/pudni_druhy_pudni_typy.htm

4.2.2. Hnědozemě

Výskyt těchto půd se nachází v oblastech mírného klimatu, kde původně rostly listnaté lesy. Lokalita výskytu je i ovlivněna průměrnými ročními srážkami a teplotou. Nejvíce je půda rozšířena při srážkách 500-700 mm a průměrné teplotě 7 až 9 °C v nadmořské výšce 200-450 m. Řadí se do slabě kyselých až neutrálních půd. Skládá se převážně ze spraše, sprašové hlíny a smíšené svahoviny. Proces, jenž probíhá u vzniku hnědozemě, nazýváme ilimerizací. I přes nižší vrstvu humusového horizontu, který je patrný z obr. 6, se hnědozem řadí k úrodným půdám. Její výhodou oproti černozemi je nižší vysychavost. Nejčastěji se využívá k pěstování obilovin a cukrové řepy. [18] [32]

Obr. 7 Uspořádání půdních horizontů hnědozemě

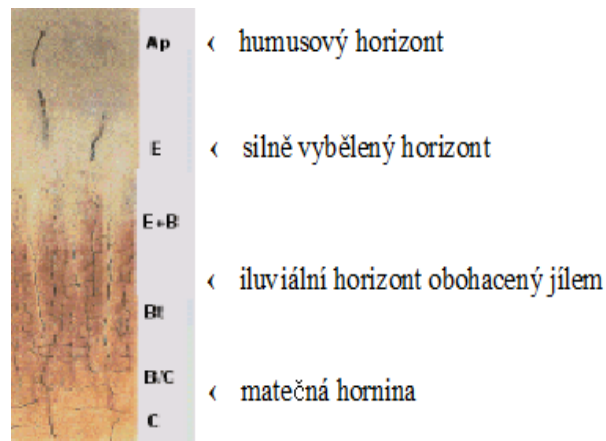


Zdroj: http://galerie.gymjil.cz/zahradnik/pedosfera/pudni_druhy_pudni_typy.htm

4.2.3. Ilimerizované půdy

Nejrozšířenější jsou ilimerizované půdy v pahorkatinách a vrchovinách okolo 250-650 m n. m., kde se průměrné srážky pohybují v rozmezí 550-900 mm s roční průměrnou teplotou 6 až 8 °C. Tyto půdy vznikaly pod bučinami a kyselými doubravami. V matečném substrátu obsahují sprašové hlíny, středně těžké glaciální sedimenty a smíšené svahoviny. Ilimerizovaná půda vzniká pomocí půdotvorného procesu ilimerizace. Typický znak tohoto půdního typu je „oglejení“. Jde o proces, kdy nízko propustný horizont zadržuje srážkovou vodu a dochází k přemokření vrchní části půdního profilu. Z hlediska zemědělského využití tyto půdy nejsou tak kvalitní. Lze na nich pěstovat obiloviny, jetele nebo vojtěšky. Jednotlivé členění půdních horizontů je zobrazeno na obr. 8. [18]

Obr. 8 Uspořádání půdních horizontů ilimerizované půdy



Zdroj: [18]

4.2.4. Hnědé půdy

Na území ČR se řadí do nejrozšířenějšího typu půd. Nachází se v oblastech, s průměrnými srážkami za rok v intervalu 500-900 mm. Vhodná teplota pro vznik půdy se pohybuje v rozmezí 4-6 °C v nadmořské výšce 450-800 m. Nejčastější vegetací, pod kterou vznikala, jsou listnaté lesy. Charakteristické pro hnědé půdy je vnitropůdní zvětrávání (zajílení).

Dělí se:

1) Hnědé půdy eutrofní

Vyskytují se na bazických horninách (spility, čediče). Mají velký obsah humusu a příznivější půdní reakci.

2) Hnědé půdy typické

Disponuje nižším obsahem humusu a horší půdní reakcí. Nejrozšířenější do 400 m n. m.

3) Hnědé půdy kyselé

Oproti předešlé má nápadný posun půdní reakce (400–600 m n. m.).

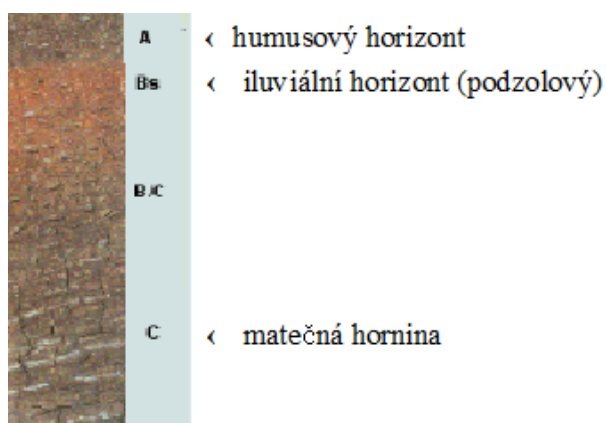
4) Hnědá půda silně kyselá

Silně kyselá půdní reakce (nad 600 m n. m.) [18]

4.2.5. Rezivé půdy

Rezivé půdy vznikají v chladných a vlhkých klimatech na členitém reliéfu. Takové podmínky se nacházejí nejčastěji v 800 metrech nadmořské výšky. Obsahem substrátu rezivých zemín jsou zvětraliny kyselých metamorfik. Vznik rezivých půd je podmíněn vnitropůdním zvětráváním za současného uvolňování seskvioxidů železa a hliníku. Na rozdíl od podzolů se tyto sloučeniny železa a hliníku nepřemísťují. Půdy tohoto typu disponují mělkým půdním profilem vyobrazeným na obr. 9 s výrazně skeletovitou spodní částí. Rezivé zeminy jsou svou kvalitou vhodné pouze pro lesní reliéfy nebo píceňiny a travní porosty. [33]

Obr. 9 Uspořádání půdních horizontů rezivých půd



Zdroj: [18]

4.2.6. Podzoly

Podzoly můžeme najít v horských polohách okolo 1000 až 1200 m n. m. při průměrných teplotách 0-6 °C se srážkami nad 800 mm. Matečnou horninou zeminy jsou žuly, ruly a svory. Nejčastější výskyt zeminy je pod jehličnatými lesy. Podzoly vznikají v kyselém prostředí při intenzivním vyplachování (podzolizace), kde fulvokyseliny rozkládají primární materiály, humusové látky a oxidy. Tyto vzniklé látky se přemísťují dále do podloží. Pro zemědělské účely jsou podzolové zeminy nevhodné. [32]

4.2.7. Nivní půdy

Nivní půdy nalezneme na říčních dnech údolí. V ČR se převážně objevují v nížinách. Jedná se o mladý druh půd. Půdotvorný proces je narušován záplavami, a proto stratigrafie půdního typu je velmi jednoduchá, jak můžeme vidět na obr. 10.

Rozlišujeme je na:

1) Vegy

V nivě výše položené. Vyzrálé půdy, které jsou zaplavovány jen mnohaletými vodami.

2) Paterie

Písčité nivní půdy, které jsou zaplavovány v intervalech 5–10 let.

3) Rambly

Štěrkovité až kamenité půdy, které se nachází v sousedství současných toků. [18]

Obr. 10 Uspořádání půdních horizontů rezivých půd



Zdroj: http://ostravaeducanet.cz/svoboda/vyuka/kvinta/pudni_druhy_pudni_typy.htm

4.2.8. Černice

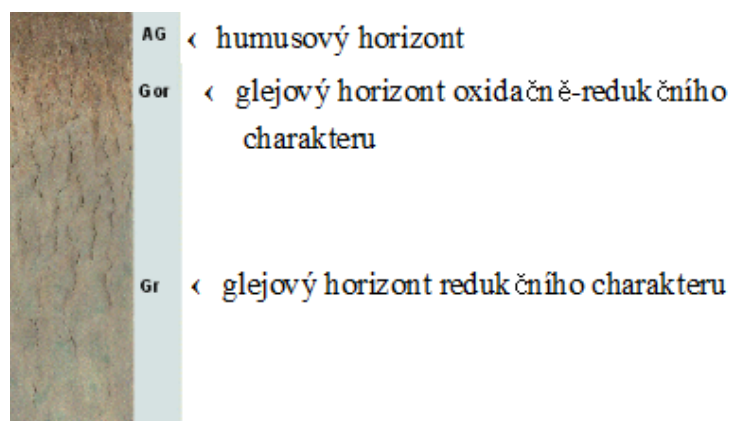
Výskyt černice nalezneme zejména v oblasti Polabí a jižní Moravy. Nejčteněji na okrajích nivních půd pod porosty olšin a vlhkých luk. Matečnou horninu tvoří zásadně vápenité nivní sedimenty a zvětraliny slínovců. Půdotvorné procesy, kterými černice

vzniká, nazýváme humifikace a rašelinění. Tento typ řadíme mezi nejúrodnější půdy vhodné pro pěstování obilovin, cukrovky a zeleniny. [33]

4.2.9. Gleje

Glejové půdy nalezneme rozprostřené po většině území ČR. Nejvíce se vyskytují v nivách a zamokřených úpadech. Matečný substrát tvoří deluviální splachy a nivní uloženiny, které vznikají pomocí glejového pochodu. Charakteristické pro tento typ je, že pod vrstvou humusu se nachází glejový horizont dle obr. 11, jenž je ovlivněný vyšší hladinou podzemní vody. Glejový horizont vzniká redukčními pochody za přítomnosti organických látek a trvalého zamokření. Takovéto půdy se vyznačují zelenavým až modravým zbarvením s nepříjemným zápachem sirovodíku. Nejsou vhodné pro zemědělské účely. [18]

Obr. 11 Uspořádání půdních horizontů glejových půd

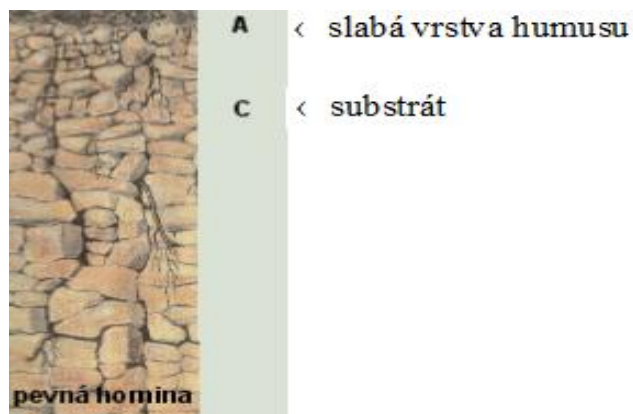


Zdroj: [18]

4.2.10. Surové půdy

Surový typ půdy nalezneme tam, kde skalní podloží zasahuje až na povrch. Substrát je tvořen převážně bezkarbinátové horniny. Vznik půdy je podmíněn procesem nevýrazné humifikace. Horizont dle obr. 12 tvoří slabá vrstva humusu, která je položena přímo na regolitu. [33]

Obr. 12 Uspořádání půdních horizontů surových půd



Zdroj: [18]

4.3 Degradace půd

4.3.1. Utužení půdy

Utužením tzv. „pedokompakcí“ dochází ke změně fyzikálních vlastností, objemové hmotnosti, schopnosti infiltrovat, změně distribuci pórů, snížení retenční kapacity a pórovitosti půd. Pedokompakci lze rozdělit na přirozenou a antropogenně ovlivněnou. Přirozená pedokompakce je způsobena přírodními půdotvornými procesy. Tvoří zhruba 1/3 celkového utužení. Zbylé 2/3 připadají na antropogenní pedokompakci. V současné době označované jako technogenní kompakce, která vzniká působením mechanizačních strojů na půdu. Obecně známo je, že vyšší tlak než 80 kPa narušuje půdní prostředí. Tlaky do 150 kPa narušují podorniční vrstvu. Hodnoty mezních vlastností půd jsou uvedeny v tab. 2. [3] [2]

Faktory ovlivňující utužení:

- 4) zrnitost půdy
- 5) množství půdní vláhy
- 6) množství a kvalita organických látek
- 7) půdní struktura a obsah uhličitánů
- 8) nevhodné oseední postupy a špatná organizace půdy

Faktory omezující utužení půd:

- 1) Správná struktura plodin v oseedním postupu

- 2) Optimální organické hnojení a vápnění
- 3) Vhodnou agrotechnikou
- 4) Omezení přejezdů
- 5) Využívání flotačních pneumatik [3]

Tab. 2 Mezní hodnoty vlastností zhutnělých půd

Vlastnost	Půdní druh					
	Jíl	Jílovio - hlinitá	Hlinitá	Písčito - hlinitá	Hlinito - písčité	Písčité
Objemová hmotnost redukována (g*cm ⁻³)	>1,35	>1,40	>1,45	>1,55	>1,6	>1,7
Pórovitost (%)	<48	<47	<45	<42	<40	<38
Minimální vzdušnost (% obj.)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Penetrační odpor (Mpa) Při vlhkosti (v %)	2,8-3,2 28-24	3,3-3,7 24-20	3,8-4,2 18-16	4,5-5,0 15-13	5,5 12	6,0 10

Zdroj: [3]

4.3.2. Zasolování

Problematika zasolování půd v současné době není klíčová pro Českou Republiku, ale z celosvětového pohledu je závažnější. Dle naměřených údajů se z celého světa potýká až čtvrtina výměry zemědělských půd se zasolením (viz tab. 3).

Tab. 3 Podíl zasolených půd ve světě

Oblast	Plocha (10 ⁶ ha)
Afrika	69,5
Střední a blízký východ	53,1
Asie a jihovýchodní Asie	19,5
Latinská Amerika	59,4
Austrálie	84,2
Severní Amerika	16
Evropa	20,7

Zdroj: [3]

Zasolování půd lze rozdělit na primární a sekundární. Do primárně zasolených půd řadíme takové, jenž vznikly pomocí přírodních pedogenetických procesů. Takový jev je ovlivněn obsahem soli v substrátu nebo podzemní vodě. Velikost zasolení se odvíjí od vlastností, zrnitostního složení a schopnosti kapilárního zdvihu půdy. Sekundární zasolení půd je především způsobené vlivem člověka. Hlavní příčinou je aplikace nekvalitní závlahové vody, solení komunikací, nadměrné hnojení minerálními hnojivy a změna hladiny podzemní vody. Zvýšený obsah soli v půdě se především vyskytuje v oblastech s nedostatkem srážek.

Zasolení je negativní, protože vyšší obsah soli v půdě snižuje schopnost rostlin absorbovat vodu a živiny. Především mění fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy, které mají vliv na vývoj rostlin. Pro zmírnění následků zasolení se aplikují meliorační dávky organických hnojiv nebo častější zorávání porostů vojtěšky. [3]

4.3.3. Znečištění organickými a anorganickými látkami

Kontaminaci půdy organickými a anorganickými látkami řadíme mezi závažné problémy. Takovéto znečištění negativně působí nejen na lidské zdraví, ale i na kvalitu a množství rostlinné produkce. Zdrojem kontaminace jsou zpravidla chemické látky vytvořené průmyslovými aktivitami. Mezi tyto aktivity řadíme těžbu nerostných surovin, nedbalé ukládání odpadů nebo úniky jedovatých látek. U zemědělsky využívaných půd jsou nejčastějším zdrojem znečištění špatně aplikovaná chemicky vyrobená hnojiva nebo přípravky na ochranu rostlin. Dovolené hodnoty znečištění jsou uvedeny v tab. 4. [3]

Tab. 4 Maximální hodnoty rizikových prvků v půdách ($mg \cdot kg^{-1}$)

Prvek	Výluh v 2M HNO ₃		Celkový obsah	
	Lehké půdy	Ostatní půdy	Lehké půdy	Ostatní půdy
As	4,5	4,5	30	30
Be	2,0	2,0	7,0	7,0
Cd	0,4	1	0,4	1,0
Co	10,0	25,0	25,0	50,0
Hg	-	-	0,6	0,8
Mo	5,0	5,0	5,0	5,0
Ni	15,0	25,0	60,0	80,0
Pb	50,0	100	130	200

Zdroj: [3]

4.3.4. Úbytek organické hmoty (dehumifikace)

Organická hmota (humus) se v půdě vyznačuje jako zásobník živin, který je z humusu uvolňován do půdy působením mikroorganismů. Množství těchto živin význačně ovlivňuje stabilitu půdní struktury, retenci vody, kationtovou výměnu a purfační vlastnosti.

V posledních desetiletích dochází ke ztrátám organické hmoty u půd, v souvislosti s intenzivním zemědělstvím. Snižuje se množství, ale i kvalita humusu vkládaného do půdy. Významným faktorem dehumifikace je mineralizace organické hmoty, která nastává při nepříznivém poměru obsahu uhlíku (C) a dusíku (N) v organické hmotě. [19]

Hlavní příčiny ztráty organické hmoty:

- 1) Změna využití půd po vykácení lesů
- 2) Vliv vodní a větrné eroze
- 3) Nevhodné obhospodařování
- 4) Nedostatečné zásobování půdy organickou hmotou

Opatření proti ztrátě organické hmoty:

- 1) Vhodné dávkování dusíku do půdy
- 2) Využití půdoochranných technologií
- 3) Dostatečný vstup organické hmoty do půdy [3]

4.3.5. Eroze

Jedná se o přírodní jev, při němž dochází k narušování pedosféry pohyblivou erodenní hmotou. Erozi lze také definovat jako proces, ve kterém dochází k rozrušování půdního povrchu, transportu a sedimentaci půdních částic, působením erozních činitelů. Výsledkem tohoto procesu je neustálé zarovnávaní povrchu země (planatace). Tento jev řadíme částečně mezi škodlivé z několika důvodů. Jeden z největších důvodů je ten, že eroze ochuzuje půdu o nejurodnější část ornice. Zhoršuje fyzikálně-chemické vlastnosti, způsobuje osevní a sadbové ztráty, snižuje mocnost půdního profilu, dochází ke snížení podílu živin a humusu, poškozují plodiny, zvyšuje množství štěrkových částic na povrchu a tak dále... [15]

Druhy eroze:

- 1) Vodní (viz obr. 13)
- 2) Větrná (eolická)
- 3) Ledovcová (glaciální)
- 4) Sněhová
- 5) Gravitační

Obr. 13 Vodní eroze



Zdroj: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=55050

4.4 Fyzikálně-mechanické vlastnosti

Jedná se o fyzikální charakteristiku půdy vyvolanou silami adheze a koheze. Fyzikálně-mechanické vlastnosti souvisí s vlhkostí, zrnitostí, mineralogickými a chemickými složkami obsažených v dané půdě. Pomocí těchto vlastností lze hodnotit technologickou vhodnost, která má vliv na obdělávatelnost, nebo také pro řešení problémů s erozí a pěstování rostlin. Fyzikálně mechanické vlastnosti dělíme:

1) Soudržnost (koheze)

Definujeme jako vnitřní soudržnost půdních částic za současného působení vnitřních sil. Kohezi výrazně ovlivňuje zrnitostní složení, struktura agregátů, vlhkost a obsah humusu.

2) Přílnavost (adheze)

Vnímáme jako schopnost vzájemného silového působení částic a povrchu vnikajícího tělesa do půdy. Adheze roste s vlhkostí a obsahem koloidů v půdě.

3) Konzistence zemin

Se označuje jako stav podmíněný adhezí a kohezí při dané vlhkosti. Stupeň konzistence stanovujeme pomocí konzistenčních mezí, které se přiřazují k určitým vlhkostem. Do měřených hodnot se řadí např. mez ztekucení, vláčnosti, spojitosti a lepkavosti.

4) Uléhavost, hutnost a únosnost

Půdy závisí na struktuře, vlhkosti a zrnitosti. Uléhavost a hutnost nastává při zvyšování objemové hmotnosti půdy při současném snížení pórovitosti. Půdní únosnost je definována jako množství tlaku působícího na zeminu, které jej začne vytlačovat.

5) Tření půdy

Jde o odpor mezi smýkanou plochou a třecími částicemi. Vzniká mezi pracovním náradím a půdou nebo při vzájemném působení půdních částic. V praxi je tření půdy spjato s výpočtem orebního odporu, který je nutné překonat pro odříznutí, drobení a překlápění skývy.

6) Bobtnání a smršťování půdy

Bobtnání nastává se zvyšující vlhkostí. Naopak smrštění se snižuje při ztrátě vlhkosti.

7) Kornatění, hrudkovatění a rozprašování

Kornatění půdy vzniká, pokud je půda převlhčená a náhle vyschne. Kornatění se vyznačuje tvorbou škraloupu na povrchu půdy. Náchylnost půdy se zvyšuje s podílem jílnatých částic v půdě. Hrudkovatění je způsobeno zásahy do půdy při nevhodné vlhkosti. Rozprašování je jev opačný, u kterého dochází k rozpadu strukturních agregátů v závislosti na stabilitě struktury a zrnitosti. [3]

4.5 Chemické vlastnosti

4.5.1. Půdní koloidy

Půda je tvořena různými látkami koloidního stavu. Do této skupiny řadíme především jílovité částice o velikostech menších než 2 μm a půdní organické hmoty

včetně rostlinných zbytků. Koloidy v půdě jsou základem pro dynamické vlastnosti. Ovlivňují koncentrace iontů, pH, změny vlhkosti a teploty. Vyvolávají procesy peptizace a koagulace. Dalšími významnými faktory, na které mají vliv jsou agronomické a technologické vlastnosti. [20]

4.5.2. Reakce půdy (pH)

Reakce půdních roztoků se řadí mezi nejdůležitější půdní charakteristiky. Je tomu tak, jelikož většina biologických procesů závisí na množství vodíkových kationtů H^+ a hydroxylových aniontů OH^- . Kyselé půdy se zpravidla vyskytují v místech s vysokými srážkami. V těchto oblastech dochází k vyplavování bazických kationtů (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) z povrchových vrstev a nahrazují se ionty H^+ . Okyselené půdy dominují na výměnných místech půdních koloidů vázanými ionty H^+ a Al a výměnnými ionty H^+ a Al^{3+} . Neutrální a zásadité půdy obsahují také kationty Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , jenž přímo ovlivňují koncentraci aniontů OH^- . Alkalická reakce je důsledkem hydrolyzy koloidů nasycených výměnnými bazickými kationty. Reakci pH rozdělujeme dle stupnice podle tab. 5. [12]

Tab. 5 Stupnice (pH)

pH	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	6,7	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
Kyselost	Velmi silně kyselá		Silně kyselá		Středně kyselá		Slabě kyselá		Neutrální		Slabě zásaditá	
									Zásaditá		Silně zásaditá	
											Nadměrně zásaditá	

Zdroj: <http://www.plantea.com/pH.htm>

4.5.3. Půdní sorpční komplex

Půda obsahuje mnoho organických a minerálních látek ve stavu koloidů. Zejména jde o humusové látky a minerály. Vlastnostmi koloidních částic se mohou vyznačovat i jiné půdní částice. Zejména se jedná o minerální částice větších rozměrů. Povrchy půdních částic koloidů jsou vyznačovány jako místa styku pevné a kapalné fáze půdy. Na těchto površích dochází k sorpci, desorpci, výměnám iontů a to v důsledku výměn elektrických nábojů. [20]

4.5.4. Oxidačně-redukční reakce

Tyto procesy v půdě zabezpečují jednotlivé přenosy protonů a neutronů. Oxidace je jev, při němž dochází ke ztrátě elektronů. Redukce probíhá opačným způsobem. Oxidačně-chemické reakce jsou doprovázeny oxidačními činidly, která mají funkci akceptorů elektronů a redukuje je. Zatím co dochází k redukci elektronu u oxidantu, reduktant je doplňován elektrony. Aby reakce proběhla, musí být oxidant a reduktant v přímé blízkosti. [20]

4.6 Funkce půdy

Složité funkční procesy, jimiž půdní ekosystém prochází je mnoho a nelze z nich specifikovat nejdůležitější. Půdní procesy plní mnoho nezastupitelných funkcí. Jedna z nejdůležitějších je tvorba prostředí pro mikroorganismy, která zásobuje půdu nedocenenými genetickými informacemi umožňující nejdůležitější procesy v ekosystémech. Nadále je nutné podotknout další podstatné funkce a to: tvorba substrátu, zásobování vody, infiltrace vody, filtrace vody, purfační schopnosti, asanační funkce, transformační funkce a akumulace.

4.6.1. Infiltrace vody

Infiltraci vody do půdy lze vyjádřit jako neustálý pohyb vody nenasyceným půdním prostředím. Blíže ji můžeme charakterizovat jako schopnost vsaku vody a její následné chování v půdě. Pro vnik vody do půdy je podstatná počáteční vlhkost půdy. Následný pohyb vody v půdě závisí na zrnitostním složení, výskytu půdních horizontů, fyzikálních vlastnostech, strukturním stavu půdy a na hloubce půdního profilu. V případě nasycení půdy se voda pohybuje výrazně pomaleji, než ve stavu nenasyceném. Nicméně, je-li půda nasycena, můžeme stanovit infiltrační vlastnosti snáze než v opačném případě. Provedená měření v nenasyceném stavu bývají poměrně nepřesné a problémové. Parametry a metody měření infiltrace jsou blíže zmíněny v metodice této práce. [21] [22] [23]

4.6.2. Filtrační funkce

Umožňuje vstup a prostup vody půdním prostředím. Při čemž dochází k obohacení vody o látky, které jsou v půdě obsaženy. Při vsaku vody dochází k neutralizaci kyselé srážky. Tato funkce má zásadní vliv na dotaci, složení a kvalitu podzemních vod. [35]

4.6.3. Asanační funkce

Je mnohdy spojena s funkcí transformační. Tato funkce zahrnuje procesy rozkladu a mineralizace živočišných organismů. Na asanační funkce půd jsou kladeny požadavky (zejména v minulosti, ale i v současnosti) při výběru míst pro místa, kde nastává velké množství živočišného rozkladu. [35]

4.6.4. Transformační funkce

Do transformačních funkcí půdy zařazujeme přeměny organických a anorganických látek za pomoci chemických a biologických půdních procesů. Schopnost půdní transformace probíhá dvěma způsoby-biologickým a abiotickým postupem. Oba tyto typy transformace jsou závislé na teplotě, vlhkosti, půdních reakcích, množství organické hmoty a zrnitostním složení půd. Převážnou část přeměn cizích látek obstarávají biologické procesy, které jsou ovlivněny počty a druhy půdních mikroorganismů. Nejvhodnější podmínky poskytují lehčí střední a středně těžké půdy s dostatkem uhlíku v teplých podmínkách s neutrálním prostředím. Abiotické procesy patří mezi méně významné transformační funkce. Nicméně oba typy transformace jsou na sobě závislé. Je uvedeno, že biologické přeměny zastupují dvě třetiny a abiotické zbylou jednu třetinu. [24]

4.6.5. Transportní funkce

Transportní funkce zprostředkovává migraci látek v půdním prostředí. Nadále umožňuje vzájemné posuny a transporty látek mezi pedosférou, atmosférou a hydrosférou. Pohyb látek neprobíhá jen vertikálně, ale i paralelně s povrchem půdy. Dochází k tomu, jak smyvem po povrchu, tak i vnitřními půdními pochody. Jako transportní medium slouží převážně voda. [35]

4.6.6. Pufrační schopnost

Pufrační schopnost půdy je odvozena ze slova Puffer, které v překladu znamená nárazník či tlumič. Pufrovitost je vlastnost půdy odolávat změnám půdních reakcí (pH) za působení vnějších vlivů. Mezi vnější vlivy řadíme srážky, emise, hnojiva atd... Podstatou je těmto vlivům zamezit změnám pomocí udržování stálé koncentrace vodíkových iontů v půdním roztoku. Jinak řečeno, jedná se o eliminaci procesu okyselení a zasolení půd. [25] [30]

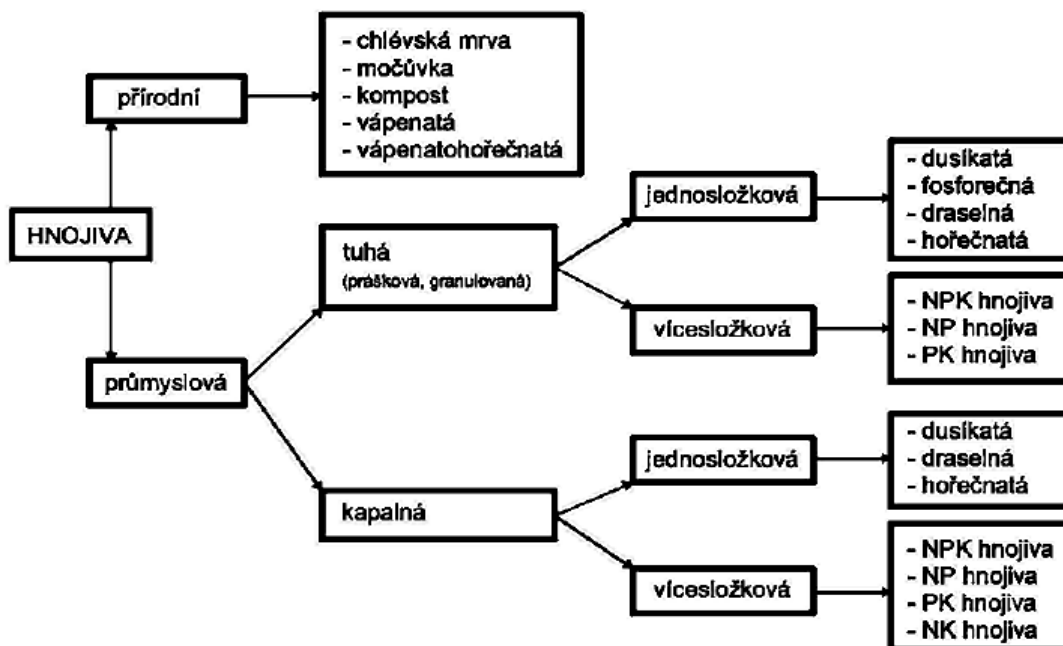
4.6.7. Akumulační funkce půdy

Akumulační funkce půdy je charakterizována jako schopnost zadržovat vodu. Význačnou kladnou akumulací vlastností je schraňování nežádoucích látek, kterým zabraňuje vnikat do spodních vod. Stejně jako ostatní mimoprodukční funkce ovlivňuje produkční schopnost půdy. Akumulační funkce je závislá na mnoha parametrech. Ty se rozdělují na: strukturu půdy, hloubka půdy, zrnitostní složení, uspořádání horizontů, skeletovitost atd. Mezi tyto parametry řadíme například svažitost, reliéf, expozice, srážky, klima a hladinu podzemní vody. Mezi hlavní a primární ukazatele akumulací funkce patří polní vodní kapacita, hloubka půdy, mezi sekundární ukazatele řadíme zrnitostní složení, obsah organické hmoty a objemovou hmotnost půd. [24]

4.7 Hnojiva a půdní přípravky v projektu Rapotín a.s.

Tato kapitola literární rešerše má za úkol blíže popsat čtenáři hnojiva a půdní přípravky firmy PRP-technologies, které jsou aplikovány na zmíněné půdní pokusy ve firmě Agrovýzkum Rapotín s.r.o. Začátek kapitoly tvoří obrázek č .14, kde je vyobrazeno základní rozdělení hnojiv využívaných v zemědělské výrobě. Dále navazující podkapitoly obsahují popis jednotlivých přípravků a hnojiv.

Obr. 14 Rozdělení hnojiv



Zdroj: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.phppage=470 &typ=html

4.7.1. Chlévský hnůj

Chlévský hnůj řadíme mezi přírodní statková hnojiva. Statková proto, že jsou nejčastěji vyráběna přímo v zemědělském podniku. Díky svému složení se vyznačují jako velmi hodnotná hnojiva. Disponují vysokým obsahem živin, kterými do půdy dodávají potřebné organické látky, mikroorganismy a stimulační látky. Působení chlévského hnoje v půdě je pozvolnější a dlouhodobé. Půdy hnojené statkovými hnojivy jsou úrodnější, jelikož lépe zadržují živiny, lépe přijímají vodu a mají lepší fyzikální vlastnosti.

Chlévský hnůj získáváme uzráváním chlévské mrvy na hnojišti. Chlévskou mrvu lze definovat, jako veškerou směs organického původu, která opouští stáj. Mezi tuto směs řadíme zejména stelivo, výkaly a zbytky krmiva. Produkce chlévské mrvy je zejména závislá na obsahu organických látek, sušiny, steliva a druhu zvířat. Zrání mrvy je doprovázeno pochody hnití, kvašení, tlení, při kterých dochází k rozkladu na jiné kvalitnější látky. [16]

Hnůj je vhodný hlavně pro plodiny s delší vegetační dobou, které potřebují plynulé a dlouhodobé dodávání živin. U lehčích půd je doporučováno hnojení v menších dávkách a v kratších cyklech. U těžších půd tomu je naopak. Preferují se větší dávky s delšími intervaly. Střední dávky kvalitního hnoje na hektar jsou závislé na náročnosti pěstovaných plodin, množství vyprodukovaného hnoje, zrnitostním složení půdy a cyklu hnojení. U obilnin běžná dávka hnoje činí 20 tun na hektar, u kukuřice 30–35 tun na hektar a u okopanin 35–45 tun na hektar. [16]

4.7.2. Z-Fix

Z-fix je speciální granulovaný přípravek vyvinutý pro aktivaci biologické transformace organické hmoty statkových hnojiv. Zakládá se na reakci stopových prvků solí a uhličitánů. Čímž umožňuje dodávat do organické hmoty prvky potřebné pro správný průběh fermentace. Hnojivo jednoznačně zlepšuje půdní strukturu, hospodaření s vodou a její biologickou aktivitu. Přípravek Z-fix nezlepšuje jen kvalitu půdy a statkových hnojiv, ale i pohodlí a užitek statkových zvířat. Významnou funkcí je zvyšování kvality podestýlky. Pokud podestýlka nesprávně fermentuje, může se stát zdrojem problémů. Nejčastější potíže, které nastávají při špatné fermentaci, jsou: mikrobiální kontaminace, respirační potíže, zhoršením ekonomiky, snížení únosnosti podestýlky a zvýšením pracnosti pro chovatele. Veškeré tyto škodlivé faktory snižuje pomocí obsahu esenciálních olejů a jílové složky. Esenciální oleje přispívají k ozdravení

prostředí ve stáji a jílová složka zlepšuje schopnost eliminace stájových plynů. Přípravek je vhodný i pro ekologické zemědělství. [27]

4.7.3. NPK

NPK spadá do vícesložkových průmyslových hnojiv. Dělí se na několik druhů podle zastoupení jednotlivých prvků. Vzájemný poměr těchto prvků určuje nejdůležitější vlastnosti hnojiva. Pro zemědělce je jejich využití ekonomicky výhodné. Je s nimi minimální pracnost při manipulaci a nemusejí se míchat. Nevýhodou tohoto hnojiva je konstantní poměr živin, který nemusí vyhovovat danému pozemku. Avšak v dnešní době tomuto nežádoucímu faktoru výrobce předchází výrobou několika variant hnojiva. Postup výroby NPK je zobrazen na obr. 15. [26]

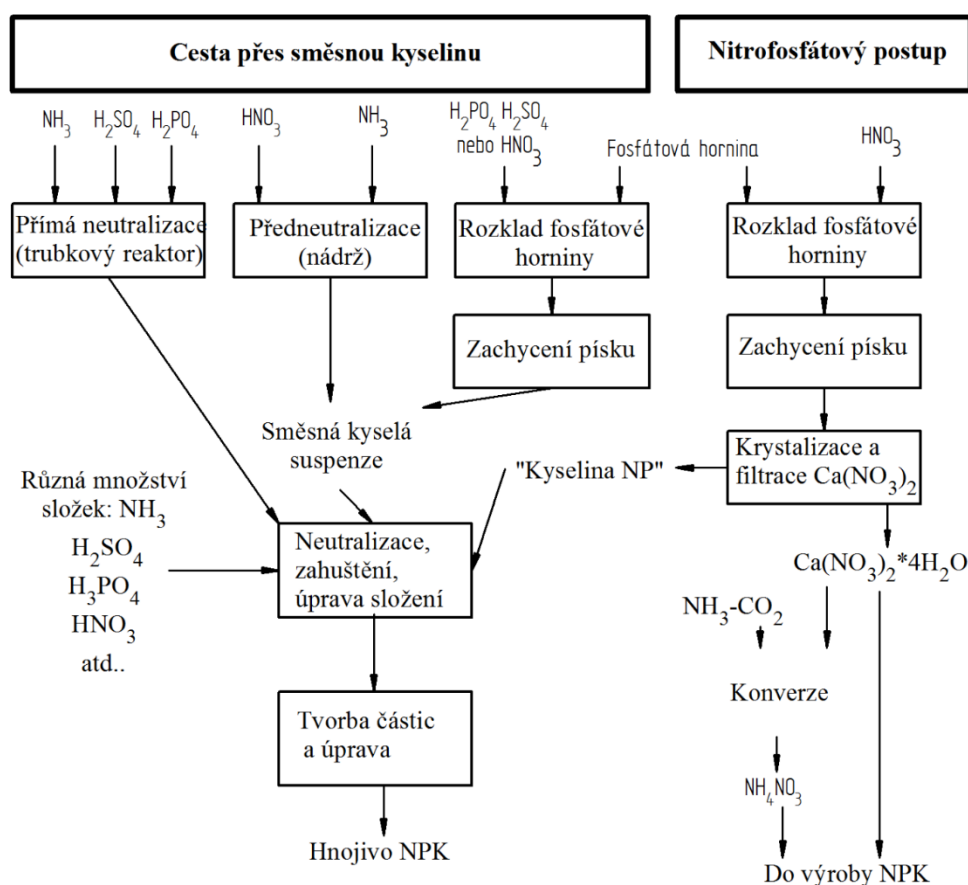
Základem hnojiva jsou tyto prvky:

Dusík (N)- patří mezi základní složky, které jsou důležité pro růst rostlin. Dusík přímo ovlivňuje produkci biomasy. Zařazuje se mezi základní složky všech aminokyselin, které se podílí na tvorbě bílkovin. Další funkci plní v chlorofilu jako spoluúčastník fotosyntézy. Z výše důvodů vyplývá, že je dusík pro rostliny nezbytný. Malé, ale i nadbytečné množství, může působit obdobně negativně. Malé množství prvku způsobuje žloutnutí listů a pozastavuje růst rostlin. Nadbytečné množství naopak zapříčiňuje nadměrný růst, při kterém dochází k zřídnutí pletiva rostlin. Což má za příčinu náchylnost rostlin k chorobám i polehávání.

Draslík (K)- kladně působí na vodní režim v rostlinách. Zadržuje v nich turgor a podporuje syntézu bílkovin a glycidů. Přítomnost draslíku zlepšuje syntézu chlorofilu, odolnost proti suchu, nízkým teplotám a chorobám. Nedostatek prvku se projevuje zavadáním nebo žloutnutím listů.

Fosfor (P)- je nepostradatelný makrobiogenní prvek, který plní důležitou roli v životních procesech rostlin. Převážně zásobuje mladá dělivá pletiva a je nedílnou složkou obsaženou v semenech a generativních orgánech. Další podstatnou vlastností fosforu je tvorba sloučenin pro přenos energie při metabolických reakcích. Nedostatek prvku zabraňuje růstu nadzemních orgánů i kořenů při současném snížení výnosnosti plodů. [1]

Obr. 15 Schéma výroby NPK



Zdroj: <http://docplayer.cz/7166308-Prumyslova-hnojiva-biogenni-prvky.html>

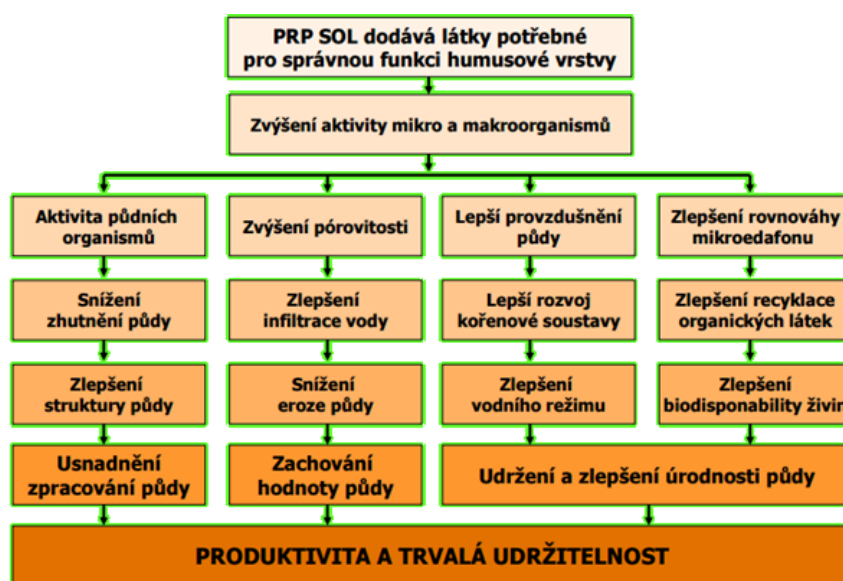
4.7.4. PRP- Sol

PRP-Sol vyvinula firma PRP technologies za účelem zlepšení vitálních funkcí půdy. Základní struktura je tvořena maticí uhličitanů vápence a hořčíku. Mezi další přísady obsažené v prp-technologie řadíme prvky sodíku, železa, zinku a boru. Veškeré složky jsou dávkovány striktními podmínkami tak, aby byl dosažen co nejvyšší stupeň oxido-redukční reakce. Správná receptura je součástí know-how společnosti PRP Technologies. Jako pojivo se využívá rostlinný lignosulfonát. [31]

Dobře rozpustné minerální složky obsažené v PRP- soli se vážou na půdní roztok a upravují prostředí, ve kterém se vyvíjejí půdní mikroorganismy. Stimulace mikrobiální flóry působí na všechny životadárné funkce půdy, zvyšuje její úrodnost a kladně ovlivňuje růst rostlin. Díky bohatší síti kořenů má rostlina přístup k většímu množství půdy, která je zároveň i biologicky aktivnější. Plodinné systémy s použitím aktivátoru

vitálních funkcí půdy PRP SOL lze realizovat na všech polích, ve všech plodinách bez ohledu na způsob zpracování půdy. Nejrychlejší a nejvýraznější projevy účinku jsou registrovány po aplikacích na strniště po sklizni plodin s následnou podmínkou. Na polích bývá dostatek vláhy a optimální teploty zabezpečují rychlé probuzení a populační explozi půdních bakterií a dalších mikro i makro organismů. Působení PRP-soli výrazně zlepšuje chování půdy. Obnovuje v celém půdním profilu mikrofloru, kulturní plísně a veškerou faunu zabezpečující biologickou úrodnost půdy a podporující pohyb vody, minerálů a plynů, jak je možno vidět na obr. 16. [28]

Obr. 16 Zlepšující účinky PRP Soli v půdě



Zdroj: <http://elita.testujeme.cz/file/107/prezentace-prp.pdf>

5 Praktická část

5.1 Zemědělský podnik Rapotín s.r.o.

Zemědělský podnik Rapotín s.r.o. byl založen v roce 2004 za účelem výzkumu a vývoje zejména v oblasti chovu skotu, možností využití a zkvalitnění produktů chovu, využití píce z trvalých travních porostů a následném analytickém hodnocení kvality těchto produktů. Podnik se nachází v Olomouckém kraji v obci Rapotín. Výzkumný podnik založila společnost Výzkumného ústavu pro chov skotu, s.r.o.

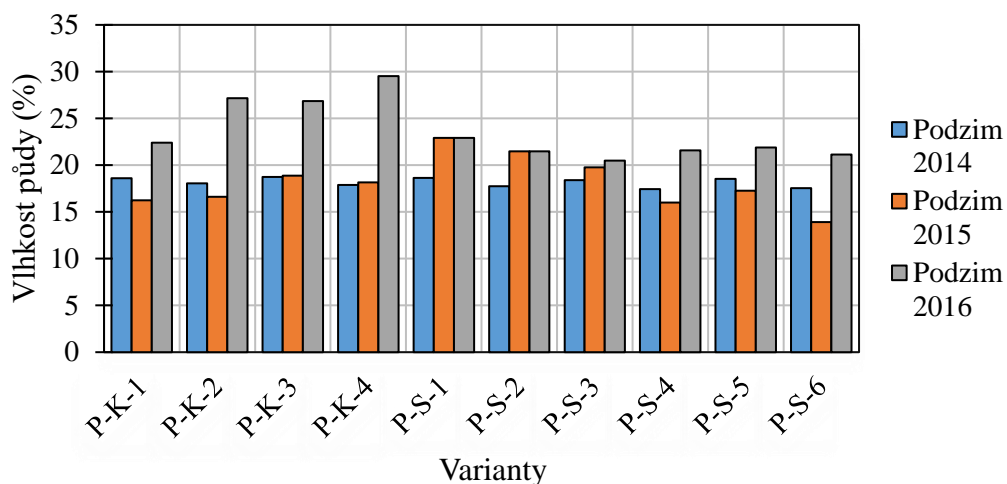
Společnost tvoří skupiny pracovníků na pozicích výzkumných pracovníků, vědecko-výzkumných pracovníků, technických a laboratorních pracovníků, kteří spolupracují s mnoha institucemi, jak České republice, tak i v zahraničí. Jejich tvorba je především zaměřena na publikace v časopise „Výzkum v chovu skotu“, vývoj inovativních softwarů pro zemědělskou činnost, tvorbu seminářů a odborné knihovny. Nadále podnik poskytuje zákazníkům služby v oblastech laboratorních rozborů, odborných konzultací, pokusné akreditované stáje a služeb pro zemědělce. [34]

5.2 Vlhkost půdy

Vlhkost půdy nám slouží k vyjádření procentuálního zastoupení vody v půdě. Vedle okamžitého stavu obsahu vody můžeme také stanovit jejich charakteristické vlastnosti jako jsou: půdní hydrolimity, vodní potenciál půdy, retenční křivky půdy. Okamžitá vlhkost je samozřejmě závislá nejen na půdních vlastnostech, ale i na meteorologických podmínkách dané lokality.

V roce 2014 byla vlhkost stanovena gravimetrickou metodou pomocí Kopeckého válečků, která je popsána v metodice této práce. Následující roky 2015 a 2016 se daná veličina měřila v terénu na vytyčených polních parcelách pomocí ručního přenosného vlhkoměru. Takto naměřené hodnoty za jednotlivá období byly následně zpracovány a zobrazeny v grafu 1. Z tohoto grafu je patrné, že v roce 2014 se vlhkosti lišily jen mírně. Nevyšší rozdíl ke kontrolní variantě P-S-6 měla varianta P-S-4 a to pouze 1,3 %. Následujícího roku 2015 měření ukázalo vyšší vlhkostní rozdíly parcel. Na parcele s označením P-S-1 byl naměřen 9 % rozdíl ke kontrolní variantě, oproti tomu se nejméně lišila varianta P-K-1. V roce 2016 se výrazně odlišily parcely P-K-2 až 4 s porovnávaným úsekem. Avšak nejvíce se lišil úsek půdy P-K-2 a to o 8,4 %.

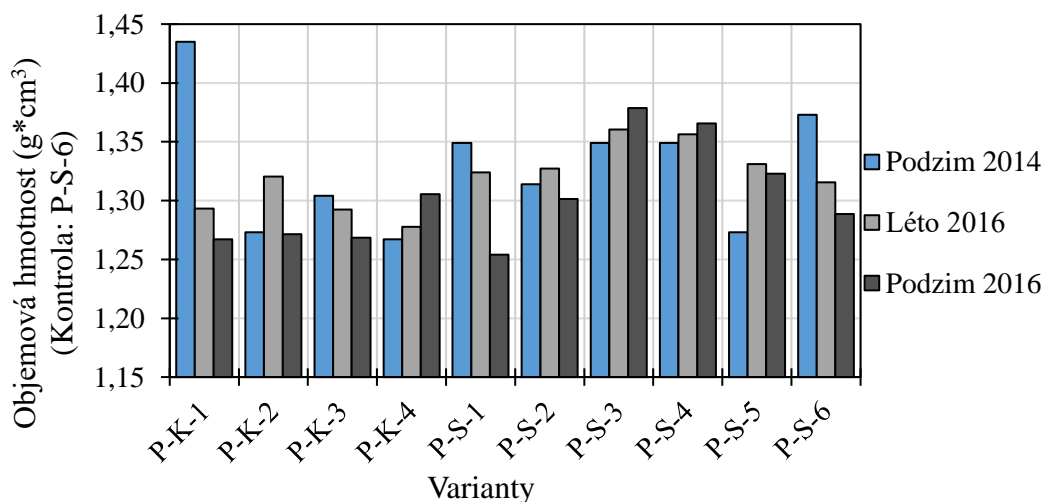
Graf 1 Vlhkost půdy



5.3 Objemová hmotnost suché půdy

Měření objemové hmotnosti suché půdy probíhalo na podzim roku 2014, v létě a na podzim roku 2016. Stanovení váhy jednoho cm^3 vysušené půdy bylo zhotoveno laboratorně Kopeckého půdními válečky a vyobrazeno v grafu 2. První měření poukázalo na značné rozdíly hodnot mezi jednotlivými variantami. Nejhůře dopadl úsek P-K-1, který se svými hodnotami řadí mezi půdy s nevyhovujícím půdním horizontem. Oproti této variantě byly téhož roku naměřeny nejideálnější hodnoty u variant P-K-2, P-K-4 a P-S-5. Měření v následujících letech prokázalo zlepšení P-K-1 až o $0,17 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Kladný vývoj objemové hmotnosti také zaznamenaly parcely s označením P-K-3, P-S-1. Zhoršení hodnot nastalo u variant P-S-3, P-S-4, P-K-4 a P-S-5.

Graf 2 Měření objemové hmotnosti suché půdy



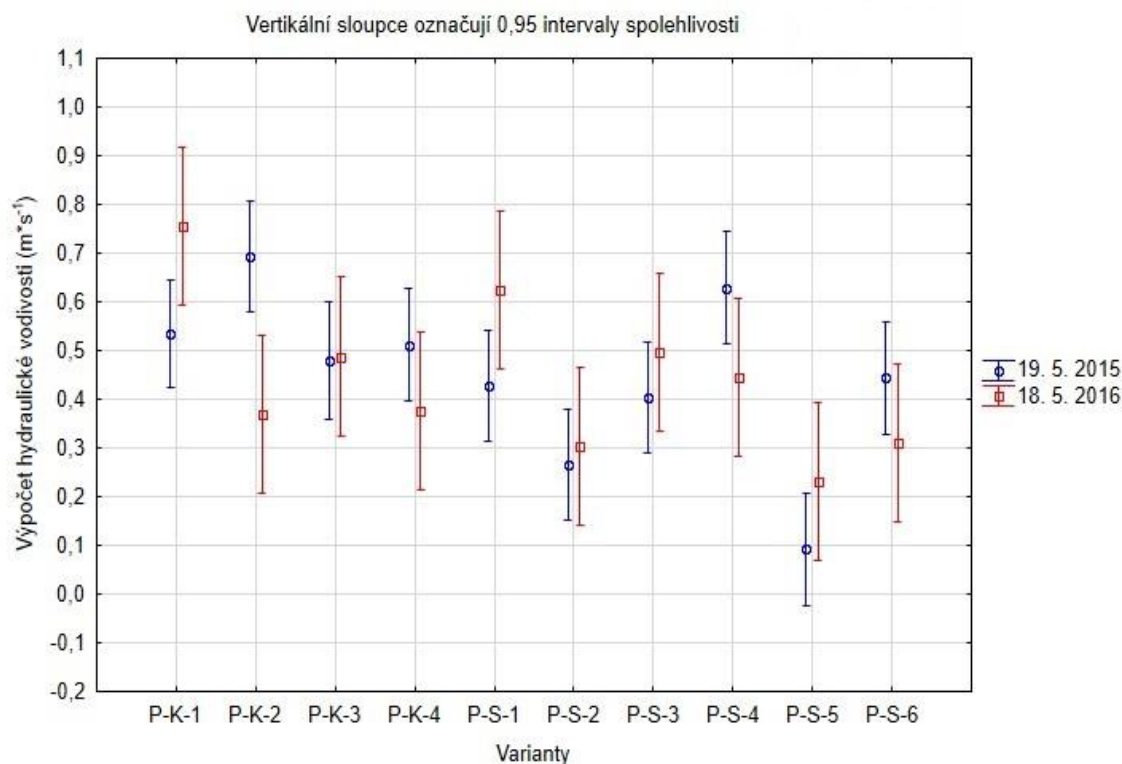
5.4 Hydraulická vodivost půdy

Hydraulická vodivost byla stanovena pomocí metody Simplified Falling Head. Měření probíhala ve dnech 19.5.2015 a 18.5.2016. Naměřené hodnoty byly následně zpracovány a vyhodnoceny v programu Statistica. Výsledky zpracovávaných dat jsou zobrazeny v grafu 3.

Z grafu lze vyčíst, že naměřené hodnoty v roce 2015 jsou velmi rozdílné. Nejvyšší hydraulickou vodivostí disponovala varianta P-K-2, na které byl předešlý rok aplikován kravský hnůj s Fixem. Nejhůře dopadl půdní úsek P-S-5, kde se pouze aplikovala PRP-Sol.

Při porovnání hodnot během let 2015 a 2016 došlo u některých vzorků k výrazným změnám v hydraulické vodivosti. Kladné změny nastaly v úseku P-K-1 s aplikovaným kravským hnojem, Fixem a PRP-Solí. Druhou nejvýrazněji kladně ovlivněnou variantou byl úsek P-S-1, u kterého proběhlo hnojení půdy kravským hnojem s PRP-Solí pouze v roce 2014. Nejvyšší zhoršení nastalo u varianty P-K-2, kde se každý rok aplikuje kravský hnůj s Fixem. Rozdíl činil $-0.32 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Zbylé úseky se lišily v intervalu $\pm 0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Graf 3 Hydraulická vodivost půdy



5.5 Penetrační odpory půdy

Kapitola 5.5 popisuje průběh penetračních odporů za uplynulá měření. Počáteční měření penetračních odporů proběhlo dne 20.10.2014. U každého z půdních vzorků byly zhotoveny tři měření. Následného roku 2015 proběhla měření ve dnech 19.5. a 12.10. Na jaře bylo provedeno deset měření ke každé variantě, ale na podzim byly zhotoveny pouze čtyři u každé zkušební parcely. Posledního roku 2016 probíhalo měření ve dvou etapách z důvodu rozdílnosti plodin. Jarní měření proběhlo ve dnech 24.4. a 18.5, kde bylo zhotoveno ke každému vzorku deset měření. Měření na podzim se uskutečnilo ve dnech 14.10. a 29.8., kde byl stejný počet měření jako na jaře téhož roku.

Níže v podkapitolách jsou hodnoty zpracovány a graficky zobrazeny. Z důvodu závislosti penetračního odporu na vlhkosti, jsou jednotlivé varianty vždy porovnávány ke kontrolnímu vzorku P-S-6, který je naměřen téhož roku. Průběhy jednotlivých odporů variant v závislosti na hloubce jsou uvedeny v příloze číslo jedna.

5.5.1. Penetrační odpor v hloubce 4 cm

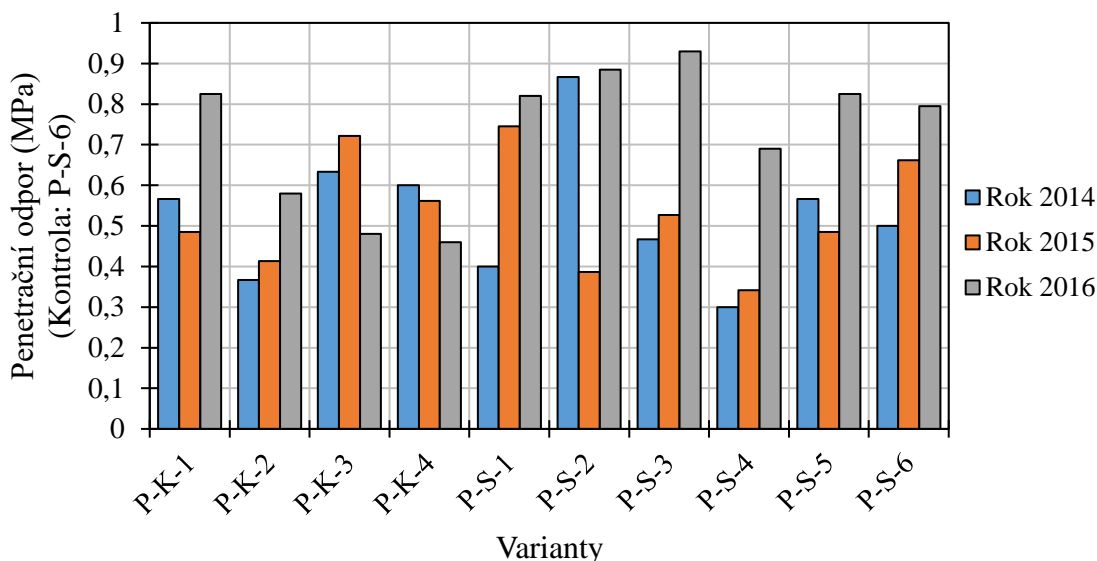
V následujícím grafu 4 lze vyzorovat velký rozptyl hodnot počátečních odporů naměřených v roce 2014. Nejhůře dopadla varianta P-S-2, která měla odpor o 73 % vyšší vůči kontrolní variantě P-S-6. Nejlepší výsledek nastal u varianty P-S-4, kde byl odpor nižší o 40 %.

Následného roku 2015 nastalo u převážné většiny půdních úseků snížení tahového odporu. Nejzásadnější snížení zaznamenala varianta P-S-4, na které byl aplikován kravský hnůj s Fixem, a to o 48 %. Nejhorší vývoj nastal u vzorku P-K-3, kde odpor vzrostl o 10 %.

Posledního roku 2016 se nejvýrazněji odpor snížil vůči kontrolní variantě u vzorků P-K-3 a P-K-4, kde se hodnoty snížily o 40 % a 42 %. Nejhůře se vyvinula varianta P-S-3, na které byl odpor vyšší o 17 %.

V celkovém porovnání počátečního a konečného měření vztažené ke kontrolní variantě se šest vzorků pohybovalo ve snížených, tedy zlepšených hodnotách. Nejviditelnější zlepšení zaznamenaly varianty P-K-3, P-K-4 a P-S-2. Opačným způsobem se vyvíjel vzorek P-S-4. Jeho hodnota odporu byla první rok o 40 % nižší a v roce 2016 došlo ke zhoršení na pouhých 13 % sníženého odporu ve vztahu ke kontrole.

Graf 4 Penetrační odpor v hloubce 4 cm



5.5.2. Penetrační odpor v hloubce 8 cm

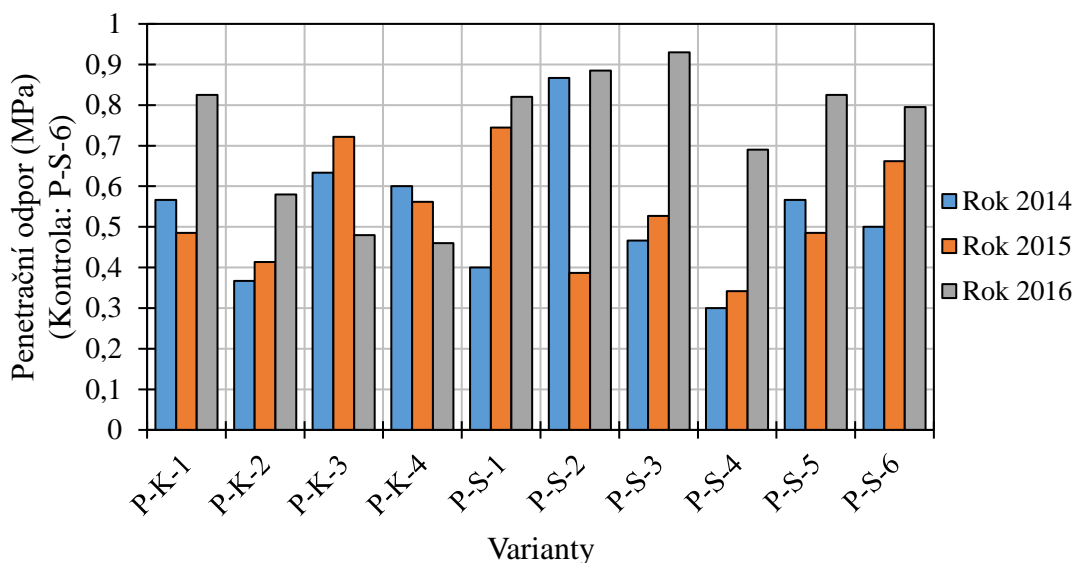
V hloubce osmi centimetrů nastal prvního roku nejmarkantnější rozdíl u varianty P-S-2, na které byl aplikován pouze kravský hnůj. Odpor byl zvýšen o 95,8 % vůči kontrolní variantě. Kladný vývoj, tedy snížení, nastalo u vzorku P-S-1 s aplikací kravského hnoje a PRP-Soli. Snížení odporu činilo 20,8 %, které lze vidět na grafu 5.

Navazujícího roku dopadl nejhůře úsek P-K-1, kde byl použit kravský hnůj s produkty firmy PRP Technologies, v porovnání s kontrolní variantou. Nárůst činil 47,5 %. Nejvyšší snížení bylo zaznamenáno u úseku P-S-2 s aplikovaným kravským hnojem v roce 2014. Snížení odporu činilo 40,5 %.

Měření v roce 2016 poukázalo u variant P-K-1, P-K-3 a P-K-4 průměrné snížení penetračních odporů o 47 %. Nejvyšší nárůst byl pouhých 6,5 %, a to u varianty P-S-1, kde byl aplikován kravský hnůj s PRP-Solí.

Výsledné porovnávání měření mezi roky 2014 a 2016 v porovnání s kontrolní variantou ukázalo, že u šesti půdních úseků došlo ke snížení penetračních odporů. Nejznatelnější snížení penetračního odporu nastalo u P-S-2, kde hodnota klesla z o 95 % vyšší hodnoty odporu na 5 % vztažené ke kontrolnímu vzorku. Záporně se vyvinuly úseky P-S-1, P-S-3 a P-S-4.

Graf 5 Penetrační odpor v hloubce 8 cm



5.5.3. Penetrační odpor v hloubce 12 cm

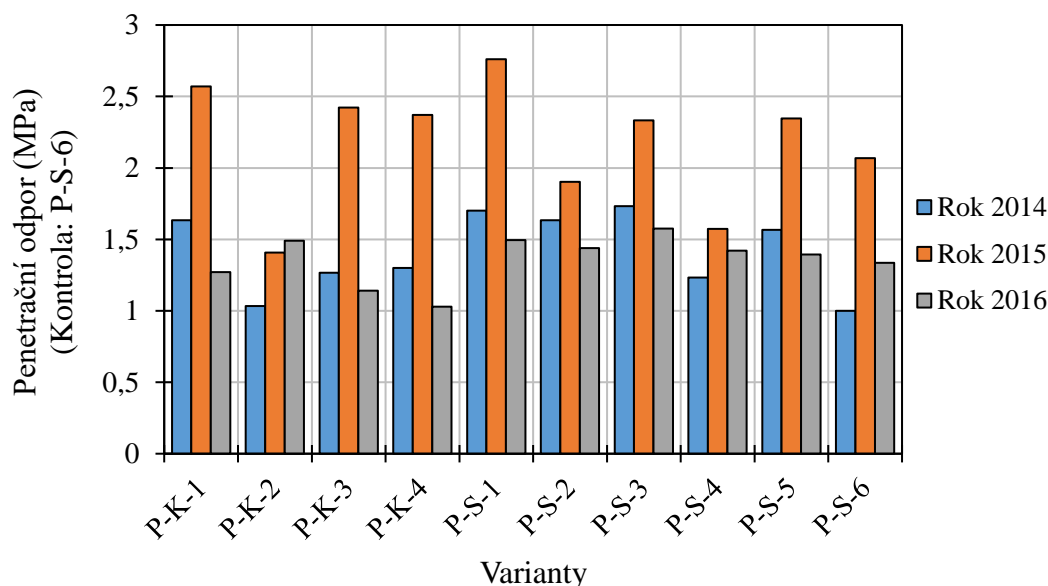
Na grafu 5 jsou zpracovány penetrační odpory v hloubce dvanácti centimetrů. Počáteční zpracování dat v roce 2014 nám odhalilo, že žádná varianta v hloubce dvanácti centimetrů nedosahuje nižších hodnot odporů než v kontrolním vzorku. Odpory nabývaly vyšších hodnot až o 70 %.

V roce 2015 nastal příznivější průběh naměřených hodnot penetračních odporů, než v roce předešlém. Nejvyšší nárůst činil 33,4 %. Toto zvýšení oproti kontrolnímu vzorku proběhlo u varianty P-S-1, kde byl použit kravský hnůj a PRP-Sol. K rapidnímu snížení došlo u P-K-2, kde proběhl pokles o 32 %.

Poslední měření, které bylo uskutečněno v roce 2016, poukázalo na snížený rozptyl naměřených hodnot. Nejvyšší zvýšení odporu bylo u vzorku P-S-3, na kterém byl aplikován kravský hnůj s produkty PRP technologies. Nejvíce viditelné snížení odporu bylo u vzorku P-K-4, na němž nastalo snížení o 22 %.

Celková sumarizace dat z proběhlých měření nám odhalila, že došlo ke snížení odporů u osmi variant. Jediný úsek P-K-2, na kterém byl aplikován kravský hnůj disponoval nárůstem hodnoty odporu.

Graf 6 Penetrační odpor v hloubce 12 cm



5.5.4. Penetrační odpor v hloubce 16 cm

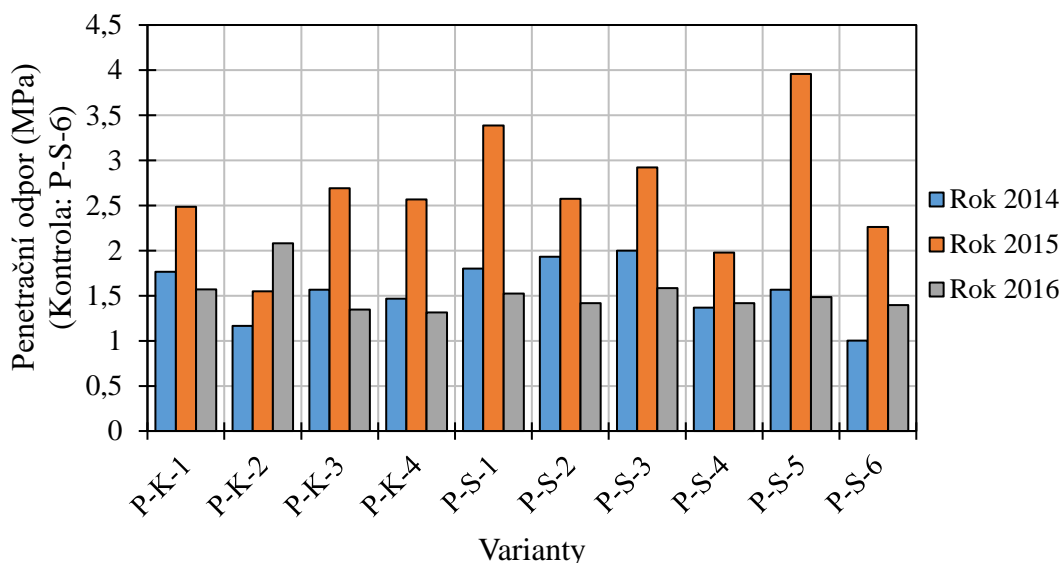
Na následném grafu číslo šest se nachází grafické vyhodnocení odporů v hloubce šestnácti centimetrů. V této hloubce byly v prvním roku půdních pokusů naměřeny u všech vzorků poměrně vysoké odpory oproti kontrolní variantě. Nejvíce se projeví u varianty P-S-2, kde nárůst dosahoval necelých 100 %.

Nadcházející rok půdních pokusů byl zjištěn u vzorku P-K-2, kde byl aplikován kravský hnůj s Fixem, pokles odporu o 31,5 %. Nejhuře se v této hloubce projeví varianta P-S-5, u které nastalo zvýšení hodnoty o 74 %.

Poslední proběhlý rok půdních pokusů, stejně jako u předešlé kapitoly, poukázal na snížení markantního rozdílu u jednotlivých variant ke kontrolnímu vzorku. Rozptýl se pohyboval v intervalu +/- 13 %. Jediný a nejvíce odlišný vzorek P-K-2 měl zvýšený odpor o 49,2 %. Nejlépe dopadl vzorek P-K-4, kde se každoročně aplikuje kravský hnůj. Snížení penetračního odporu činilo 5,7 %.

V celkovém porovnání počátečního měření s posledním nastalo snížení penetračních odporů u stejných osmi vzorků jako v hloubce dvanácti centimetrů. Nejzřetelnější zlepšení penetračního odporu zaznamenala varianta P-S-2. Zápornými hodnotami disponovala pouze varianta P-K-2.

Graf 7 Penetrační odpor v hloubce 16 cm



5.5.5. Penetrační odpor v hloubce 20 cm

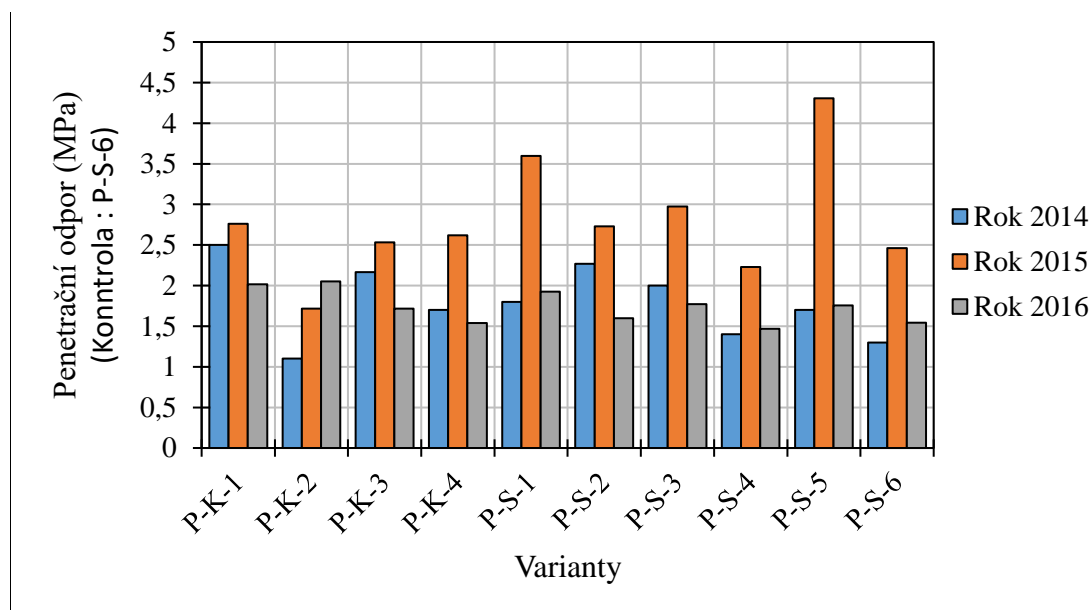
V této hloubce docházelo především ke zhoršení penetračních odporů vůči kontrolní variantě. Roku 2014 dosahovala varianta P-K-1 až o 92,3 % vyšších hodnot. Jediné snížení nastalo u vzorku P-K-2, kde byl aplikován kravský hnůj s Fixem, o 15,4 %.

Navazujícího roku 2015 hodnoty poukázaly na snížené odpory u kontrolních vzorků P-K-2 a P-S-4. Varianta P-K-2 dosáhla snížení o 30,4 % a P-S-4 o 9,5 %. Nejhůře dopadl úsek s názvem P-S-5, na kterém byla použita PRP-Sol. Zhoršení penetračního odporu dosáhlo 74,9 %.

Roku 2016 byl naměřen zhoršený odpor u všech variant mimo dvou. Mezi tyto dva půdní vzorky patří P-K-4 a P-S-4, u kterých nastalo zlepšení pouze 0,3 % a 8,3 %. Nejzápornějších hodnot nabyla varianta P-K-2, kde byl aplikován kravský hnůj s Fixem.

Celkovém procentuální porovnání ukázalo zhoršení pouze u úseku P-K-2, kde se výsledný odpor zvýšil poslední rok o 32 %. Zbylé varianty měly kladný vývoj penetračního odporu.

Graf 8 Penetrační odpor v hloubce 20 cm



5.5.6. Penetrační odpor v hloubce 24 cm

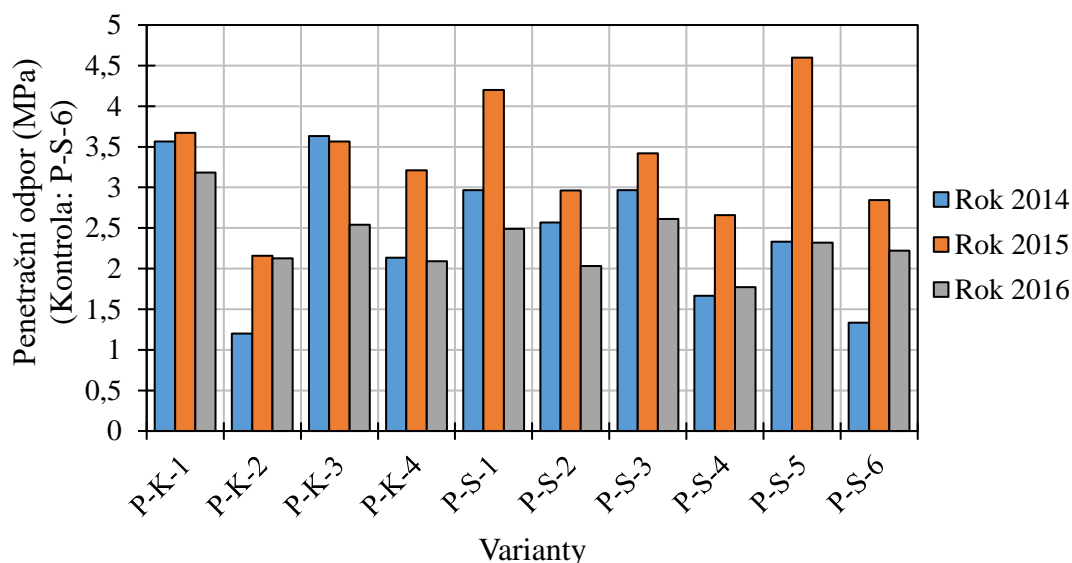
Kapitola 5.5.6 názorně popisuje průběh penetračních odporů v hloubce 24 centimetrů probíhajících půdních pokusů. V grafu 9 jsou tyto hodnoty následně zpracovány. Z výsledků počátečních měření je patrné, že u čtyř variant došlo k překročení o více než 120 % vůči kontrolní variantě. Nejvíce se překročení projevilo u vzorku P-K-3, kde dosahovalo 172,5 %. Jediný kladný vývoj byl u varianty P-K-2, na kterém klesl odpor o 10 %.

Následného roku 2015, se rozdíly jednotlivých variant od kontrolní, lišily maximálně jen o 61 %. Nejlepšího výsledku bylo dosaženo u vzorku P-K-2, na kterém klesl odpor o 24,1 %. Nejvíce graficky viditelné zhoršení hodnot nastalo u varianty P-S-5, kde je každý rok aplikována pouze PRP-Sol.

Grafické zpracování půdních pokusů v roce 2016 znázornilo snížené odpory u čtyř variant. Nejvyšší snížení nastalo u variant P-S-4 o 20,2 %. U vzorku P-K-1, na kterém je aplikován kravský hnůj a Fix, naopak nastal nejvyšší nárůst.

V celkovém porovnání proběhlých půdních pokusů ve vztahu ke kontrolní variantě nastalo převážně zlepšení, jako v předešlé hloubce. Zhoršení nastalo opětovně u varianty P-K-2, kde odpor v roce 2014 byl nižší o 10 % a posledního roku pouze o 4 % nižší ve vztahu ke kontrole.

Graf 9 Penetrační odpor v hloubce 24 cm



5.5.7. Penetrační odpor v hloubce 28 cm

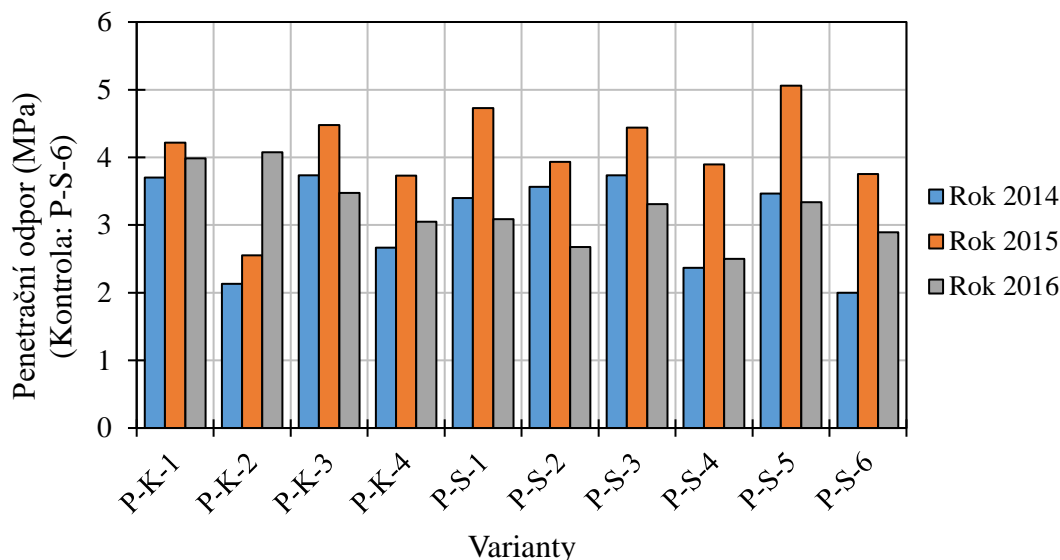
V hloubce 28 centimetrů se v prvním roce měření projevily nejvyšší rozdíly u vzorků P-S-3 a P-K-3. Oba vzorky měly o 86,7 % vyšší hodnotu odporu vůči kontrolní variantě. Na zbylých parcelách byl také zaznamenán pouze nárůst, který lze vidět na grafu deset.

Druhý rok půdních pokusů nastal příznivý vývoj penetračního odporu u varianty s označením P-K-2, kde hodnota klesla o 32 % vůči kontrolnímu úseku. Nejhorší vývoj zaznamenala varianta P-S-5, na které byl odpor zvýšen o 34,9 %.

Následný, tedy poslední, rok nastal kladný vývoj odporu jen u půdních úseků P-S-2 a P-S-4, na kterých byl aplikován kravský hnůj. Odpory se snížily o 7,6 % a 13,6 %. Nejvíce znatelnou zápornou hodnotu nabyl vzorek P-K-2, který vzrostl o 40 %.

Celkové porovnání za uběhlou dobu půdních pokusů ukázalo, že v této hloubce dosáhla nejvyššího zlepšení varianta P-S-2. Na této variantě byl odpor první rok o 73 % vyšší než na kontrolní variantě. Při posledním měření však nastalo snížení odporu o 7 % vůči kontrole. Nejhůře se znovu vyvinul vzorek P-K-2.

Graf 10 Penetrační odpor v hloubce 28 cm



5.5.8. Penetrační odpor v hloubce 32 cm

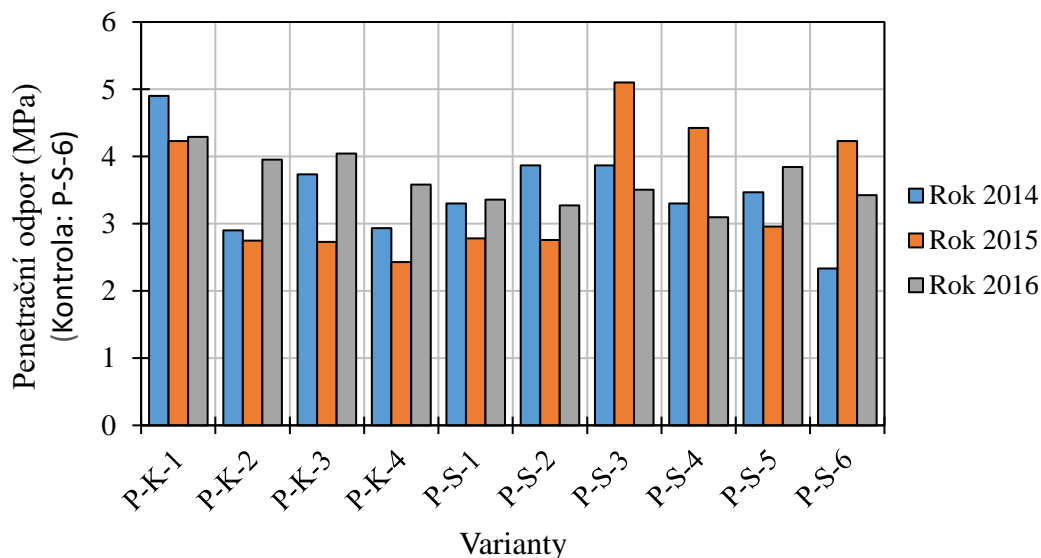
Na následném grafu jednáct se nachází hodnoty penetračního odporu v hloubce 32 cm. V roce 2014 lze z grafu vyčíst, že nejvyšší odpor měla varianta P-K-1. Její hodnota převyšovala o 110 % kontrolní úsek. Nejmírnější navýšení zaznamenal vzorek P-K-4, kde hodnota nabývala 25,7 %.

V roce 2015 nastal výrazně zlepšený vývoj penetračních odporů. Takřka u všech vzorků došlo ke snížení, které se nejvíce projevilo u varianty P-K-4 o 42,6 %. Jediný záporně vyvíjející vzorek byl P-S-3, který vzrostl o 20,6 %.

Následného roku 2016 se penetrační odpory převážně vyvíjely opačným způsobem než roku předešlého. Jediný, a to mírný, pokles nastal jen u variant P-S-1, P-S-2 a P-S-4. Nejvyšší pokles měla třetí jmenovaná varianta a to 9,6 %. Nejhůře se vyvinul vzorek P-K-1, který vzrostl o 25,2 %.

V celkovém tříletém porovnání v hloubce 32 cm nastalo u všech variant snížení penetračního odporu. Nejrazantnější snížení hodnoty odporu nastalo u vzorku P-K-1, na kterým je aplikován pouze kravský hnůj.

Graf 11 Penetrační odpor v hloubce 32 cm



5.5.9. Penetrační odpor v hloubce 36 cm

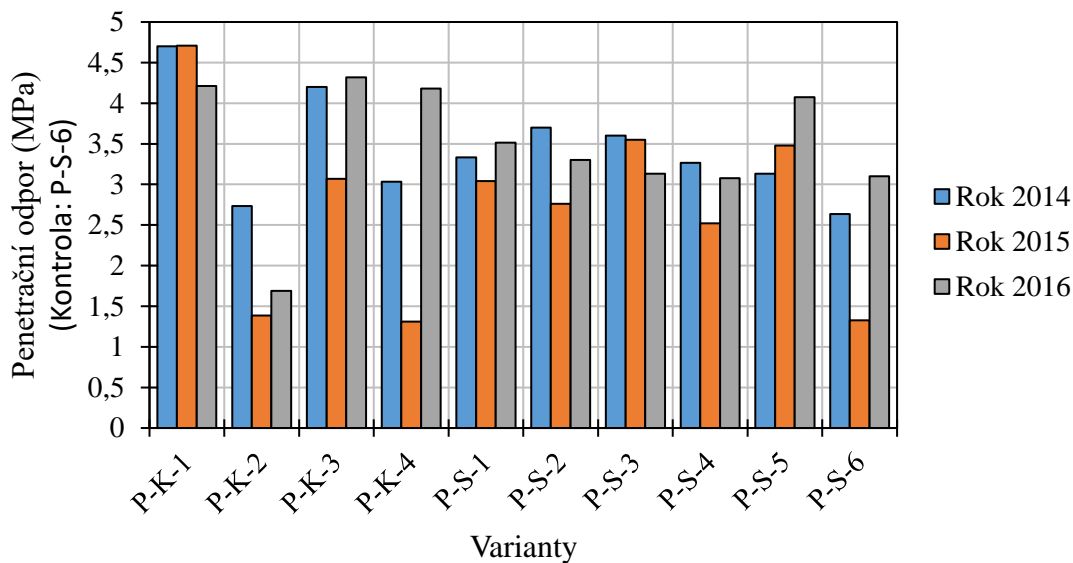
Při měření penetračního odporu v hloubce 36 centimetrů byla v průběhu půdních pokusů naměřena nejvyšší hodnota 4,7 MPa u prvního vzorku, jak můžeme vidět v grafu dvanáct. Tato hodnota nastala v roce 2014, kdy byl na vzorek aplikován kravský hnůj s Fixem. Nejlépe dopadl vzorek P-K-2, který měl navýšen odpor o 3,8 % vzhledem ke kontrolní variantě.

Následný rok 2015 dopadl nejpříznivěji půdní úsek P-K-4, na kterém byla hodnota odporu nevýrazně snížena o 1,1 %. Výrazně opačným způsobem dopadla varianta P-K-1, která měla takřka totožnou hodnotu jako rok předešlý. V porovnání s kontrolním úsekem hodnota odporu převyšovala 2,5 krát.

Posledního roku 2016 dosavadních pokusů, se projevila varianta P-K-2 snížením o 45,6 %. Úsek P-K-3, hnojený kravským hnojem s PRP-Solí, zaznamenal zhoršení o 39,3 %.

Celkovým zhodnocením půdních úseků vzhledem ke kontrolní variantě bylo zjištěno, že pouze dva vzorky disponovaly zvýšeným penetračním odporem. Zvýšení nastalo u půdních úseků P-K-4 a P-S-5.

Graf 12 Penetrační odpor v hloubce 36 cm



5.5.10. Penetrační odpor v hloubce 40 cm

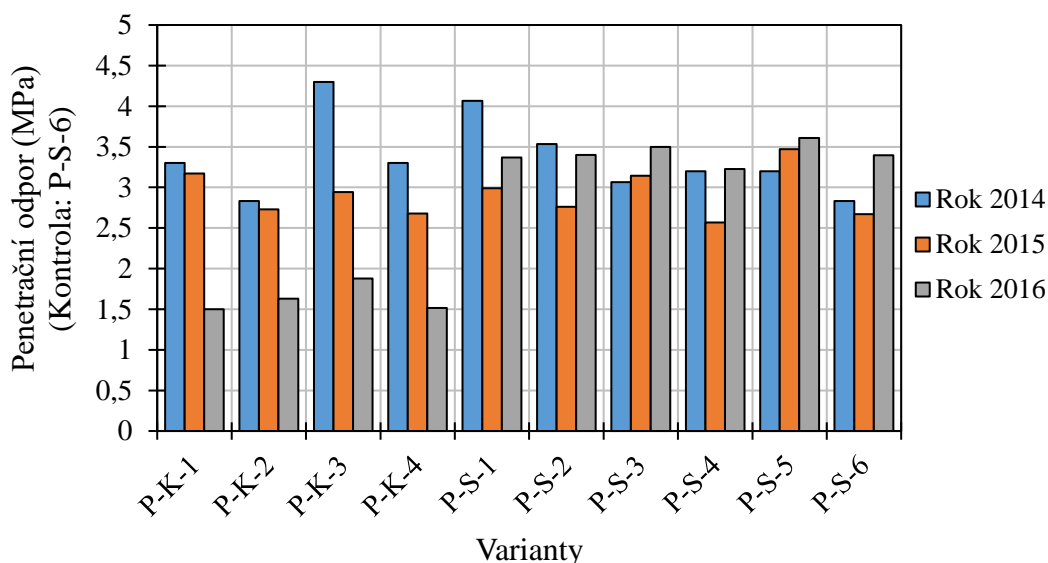
Hodnoty odporů v hloubce 40ti centimetrů disponují méně rozptýlenými hodnotami, než v předešlé hloubce, které jsou zobrazeny na grafu třináct. První rok pokusů nabyt nejhorších hodnot půdní úsek P-K-3, který měl o 51,8 % vyšší hodnotu vůči kontrolní variantě. U zbylých variant také nastalo navýšení.

V roce 2015 se nejvíce odlišila varianta P-S-5, a to zhoršením 30 %. Zlepšená hodnota penetračního odporu byla u varianty P-S-4, kde byl aplikován kravský hnůj a PRP-Sol, a to pouze jen o 3,7 %.

Následného roku 2016 se penetrační odpory vyvíjely především kladným směrem. Nejznamenatelnější snížení nastalo u variant P-K-1, P-K-2 a P-K-4, u kterých se snížení pohybovalo kolem 50 %. Mezi jediné záporně vyvíjející vzorky se zařadily P-S-3 a P-S-5, kde hodnota nárůstu činila 2,9 % a 6,3 %.

Celkové zhodnocení půdních vzorků ukázalo, že v porovnání ke kontrolní variantě nastal u všech půdních úseků pokles odporů v této hloubce. Nejvyšší zaznamenané snížení nastalo u vzorků P-K-3 a P-K-4 v porovnání vůči kontrolním variantám.

Graf 13 Penetrační odpor v hloubce 40 cm



5.6 Tahové odpory

V roce 2016 proběhly dvě měření ve dvou etapách z důvodu rozdílnosti plodin. Dne 24.4.2016 proběhlo první měření variant P-S-1, P-S-3, P-S-5, kde byl zaset ječmen jarní. Varianty s kukuřicí P-K-1, P-K-3, P-K-2, P-K-4 byly změřeny v pozdějším termínu 18.5.2016. Druhé měření opětovně proběhlo s časovým odstupem kvůli pozdější sklizni kukuřice. Dne 29.8.2016 došlo k měření variant P-S-1, P-S-3, P-S-5, P-S-2, P-S-4, P-S-6. Varianty P-K-1, P-K-3, P-K-2 a P-K-4 byly doměřeny dne 14.10.2016. Soupravu pro zjištění tahových odporů tvořily traktory John Deere 6170M o výkonu 170 kW, John Deera 6534 a podmítače Lemken Rubin 9/300 se záběrem 2,5 m.

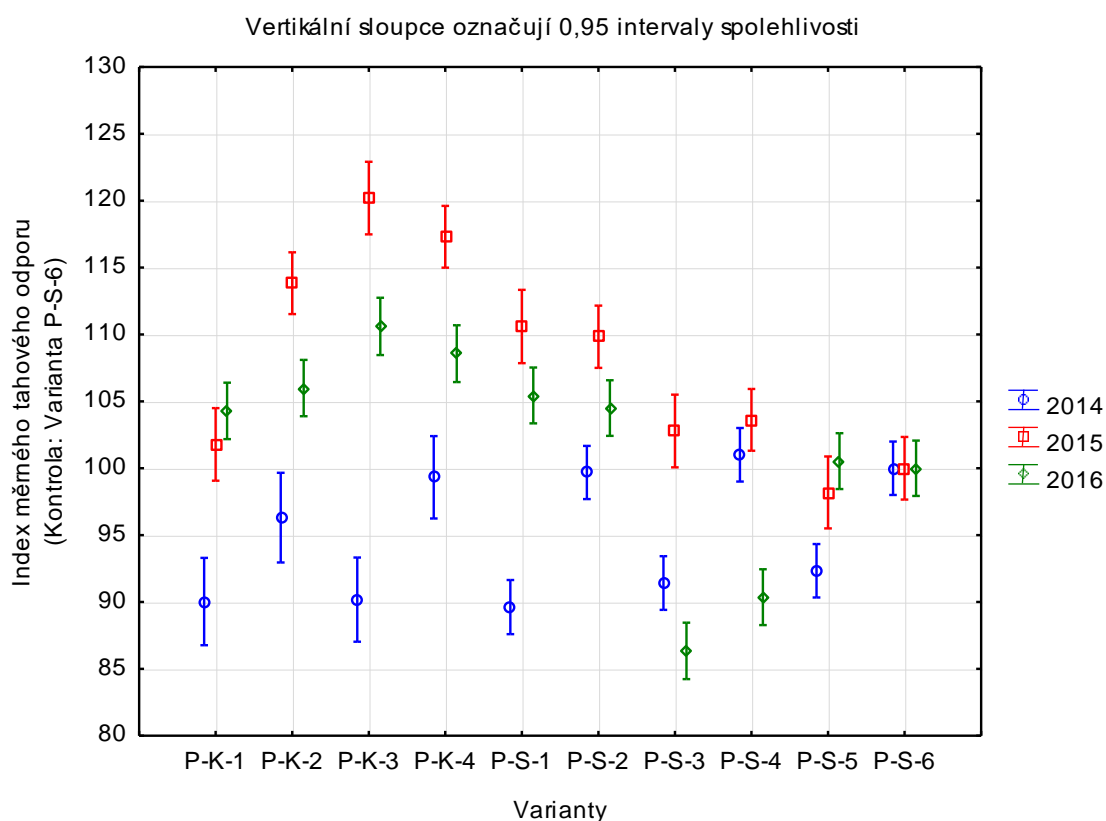
Na následném grafu čtrnáct jsou vyobrazeny tahové odpory provedených měření, od počátku půdních pokusů, až po současnost. Ze získaných hodnot byl vypočítán tahový odpor vztažen k šířce pracovního stroje a hloubce zpracovávané půdy. Hodnoty tahových odporů se porovnávají, jako v předešlé kapitole penetračních odporů, s kontrolním úsekem P-S-6.

Z grafického zpracování lze vyčíst, že prvního roku se tahové odpory zkoušených variant pohyboval níže, než hodnota kontrolního úseku. Nejnižší tahové odpory byly zaznamenány v úsecích s výsevní monokulturou silážované kukuřice P-K-1, P-K-3 a u střídavého výsevu parcely P-S-1. U těchto tří byla hodnota snížena přibližně o 10 %.

Měření tahových odporů v nadcházejícím roce 2015, nám odhalilo nárůst hodnot tahových odporů u všech půdních vzorků. Nejvíce byl nárůstem hodnoty zasažen vzorek P-K-3, kde byl aplikován kravský hnůj s PRP-Solí. Hodnota nárůstu činila 20 %. Nejméně se zvýšení odporu projevilo u varianty P-K-1, kde se jako hnojivo využil kravský hnůj s Fixem, oproti minulému roku o 2 %.

Po ukončených půdních pokusech v roce 2016 lze říct, že snížený tahový odpor nastal pouze u úseků P-S-3 a P-S-4 vzhledem ke kontrolnímu vzorku. Nejvyšší hodnotu tahového odporu zaznamenala varianta P-K-3, na které je aplikován kravský hnůj, Fix a PRP-Sol.

Graf 14 Tahové odpory



6 Závěr

Úvodní část práce tvoří krátké seznámení s daným tématem a vytyčeným cílem. Nadále práce pokračuje ve formě literární rešerše, která obsahuje metodiku a problematiku půd. Metodika seznamuje čtenáře s metodami a pracovními postupy, jež jsou využity k praktickému zpracování práce. Na metodiku následně navazuje obsáhlejší problematika půd. V této kapitole jsou úvodem zpracovány nejběžnější půdní druhy a typy s obeznámením jejich výskytu na území ČR. Nadále kapitola obsahuje popisy půdních vlastností, funkcí a degradačních systémů. Závěr půdní problematiky obsahuje rozdělení a popis využitých hnojiv a aplikačních přípravků firmy PRP technologies. Poslední kapitola obsahuje praktickou část, která popisuje a graficky zobrazuje výsledky probíhajících půdních pokusů.

Objemovou hmotnost půdy řadíme mezi jednu z nejdůležitějších vlastností, jelikož charakterizuje fyzikální podmínky, a lze s touto veličinou vyjádřit faktor úrodnosti půdy. Nejideálnější hodnoty objemové hmotnosti se pohybují v intervalu 1,1-1,5 g*cm⁻³ dle zvolené plodiny pro pěstování. Jak je viditelné z tab. 6 žádné měření neprokázalo nevhodnost půdy pro pěstování. Tabulka uvádí procentuální porovnání změny objemové hmotnosti ke kontrolní variantě roku 2014 a posledního měření roku 2016. Nejvíce viditelné zlepšení nastalo u varianty P-K-1, kde byla objemová hmotnost v počátečním měření o 4,5 % vyšší a následného roku o 1,7 % nižší. Opačný vývoj hodnoty proběhl u vzorku P-S-3, na kterém byla počáteční hodnota o 1,7 % nižší a následného roku došlo k navýšení na 7 %.

Tab. 6 Výsledné porovnání hodnot objemové hmotnosti suché půdy

Varianta	Naměřené hodnoty (g*cm ³)			
	Podzim 2014	Porovnání ke kontrole P-S-6 (%)	Podzim 2016	Porovnání ke kontrole P-S-6 (%)
P-K-1	1,44	4,5 %	1,27	-1,7 %
P-K-2	1,27	-7,3 %	1,27	-1,3 %
P-K-3	1,30	-5,0 %	1,27	-1,6 %
P-K-4	1,27	-7,7 %	1,31	1,3 %
P-S-1	1,35	-1,7 %	1,25	-2,7 %
P-S-2	1,31	-4,3 %	1,30	1,0 %
P-S-3	1,35	-1,7 %	1,38	7,0 %
P-S-4	1,35	-1,7 %	1,37	6,0 %
P-S-5	1,27	-7,3 %	1,32	2,7 %
P-S-6	1,37	0,0 %	1,29	0,0 %

Porovnání hodnot hydraulické vodivosti půdy jsou zpracovány v tab. 7. Z tabulky je patrné, že nejvyšší nárůst hydraulické vodivosti byl u varianty P-S-5, kde se hodnota zvýšila 4,6krát. Nejhůře dopadl úsek P-K-2, kde se hydraulická vodivost snížila o 48,11 %.

Tab. 7 Výsledné porovnání hodnot hydraulické vodivosti

Varianta	Porovnání jednotlivých variant (%)
P-K-1	+ 32,7 %
P-K-2	- 48,11 %
P-K-3	+ 7,87 %
P-K-4	-26,8 %
P-S-1	+56,7 %
P-S-2	+125,4 %
P-S-3	+13,8 %
P-S-4	-24,15 %
P-S-5	+469,1 %
P-S-6	+28,3%

Penetračními odpory se zabývá velmi rozsáhlá kapitola 5.5 této práce, ve které jsou výsledky měření zhodnoceny, jak za jednotlivé roky, tak i v celkovém porovnání proběhlých měření pro jednotlivé hloubky.

Zhodnocení penetračních odporů od počátečního měření (roku 2014) ke konečnému měření (roku 2016) poukázalo, že převážná většina variant se vyvíjela kladným směrem. V hloubce čtyři až osm centimetrů se pouze zápornými hodnotami vyvíjely varianty P-S-1, P-S-3 a P-S-4. V navazující hloubce 12 až 28 centimetrů disponoval záporným odporem jen vzorek P-K-2. Hloubka 32 a 40 centimetrů měla jen kladný vývoj odporů. Odpor v hloubce 36 centimetrů nastal pouze na půdních úsecích P-K-3 a P-S-5.

Srovnání tahových odporů vzhledem ke kontrolní variantě P-S-6 jsou procentuálně zhodnoceny v následné tab. 8. Z tabulky je patrné, že odpory roku 2014 dosahovali nižších hodnot vůči kontrolní variantě. Roku 2015 se odpory výrazně zvýšily. Nejvyšší hodnoty odporu nastaly u variant P-K-3 a P-K-4, na které měl i zásadní vliv neřízených přejezdů pracovní mechanizace při sklizni kukuřice. Jediný vzorek, který zaznamenal v roce 2015 snížení tahového odporu byl P-S-5. Poslední rok měření nastalo mírné zlepšení

vzhledem k roku předešlému. Pouze varianty s označením P-S-3 a P-S-4 měly nižší hodnoty vzhledem ke kontrolnímu vzorku.

Tab. 8 Výsledné porovnání hodnot indexu tahového odporu

Varianta	Rok měření		
	2014	2015	2016
P-K-1	-12,2 %	4,1 %	5,1 %
P-K-2	-3,7 %	8,9 %	6,0 %
P-K-3	-12,4 %	13,4 %	9,6 %
P-K-4	-3,5 %	12,2 %	8,6 %
P-S-1	-12,3 %	5,4 %	5,0 %
P-S-2	-0,1 %	5,1 %	4,5 %
P-S-3	-12,6 %	0,2 %	-11,6 %
P-S-4	-3,5 %	0,2 %	-9,6 %
P-S-5	-2,2 %	-5,1 %	0,3 %
P-S-6	--	--	--

Závěrem je nutné podotknout, že za tak krátkou dobu měření nelze přesně stanovit vliv aktivačních přípravků na vitální funkci půdy. Pro objektivní zhodnocení je potřebný dlouholetý výzkum. Nicméně je nutné se zamyslet a prozkoumat dlouhodobé vlivy přípravků na půdní prostředí a okolí. Jestli-že dodáváme do půdy uměle vyrobené podpůrné přírodní elementy, za účelem dosažení zmenšení nákladovosti na obdělávání půdy. Měly bychom podrobně prozkoumat veškerá úskalí této technologie.

7 Použitá literatura

- [1] RICHTER, Rostislav a Jaroslav HLUŠEK. *Průmyslová hnojiva, jejich vlastnosti a použití*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1996. Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR). ISBN 80-7105-121-7.
- [2] FULAJTÁR, E. *Fyzikální vlastnosti půdy*. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznalstva a ochrany pôdy, Bratislava, 2006. 142 p. ISBN 80-89128-20-3.
- [3] ŠARAPATKA, Bořivoj. *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. Odborná publikace. ISBN 978-80-244-3736-1
- [4] BLÁHA, J. *Vliv aplikace přípravků pro zlepšení vitální funkce půdy na vybrané půdní vlastnosti*. Praha, 2016. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce O.Šařec.
- [5] ZOUBKOVÁ, Lenka. *Návody k laboratorním cvičením z pedologie*. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-800-2.
- [6] ASABE Standard S313.3: *Soil Cone Penetrometer*. ASABE, 2950 Niles Road, St Joseph, Michigan 49085-9659, USA, 2013,
- [7] BENGOUGH, A. – MULLINS, C. Penetrometer resistance, root penetration and root elongation rate in two sandy loam soils. 1991, *Plant and Soil*. 131.
- [8] WHALLEY, W – TO, J. – KAY, B. Prediction of the penetrometer resistance of soils with models with few parameters. 2007, *Geoderma* 137
- [9] HAMMEROVÁ, Anna. *Odběr půdních vzorků* [online] dostupné z: http://www.web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/19/19poster_odber_pudnich_vzorku.pdf
- [10] ŠAŘEC, P., V. PROŠEK a O. ŠAŘEC. Přístroj pro měření utužení půdy s laserovým snímáním hloubky – laserový penetrometr [patent]. Česká republika. Užité vzor, CZ 20252 U1. Uděleno 6.10.2009
- [11] VALLA, Miloš. *Pedologické praktikum*. 2. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2002. ISBN 80-213-0914-8.
- [12] J, Hůla. Některé možnosti penetrometrie při hodnocení půdních vlastností. *Mechanizace zemědělství*. 1996, 46(2), 7.
- [13] PRAX, Alois, Jiří JANDÁK a Eduard POKORNÝ. *Půdoznalství*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995. ISBN 80-7157-145-8.

- [15] JANEČEK, Miloslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: ISV, 2002. Přírodní vědy (ISV). ISBN 80-85866-86-2.
- [16] VANĚK, Václav. *Výživa polních a zahradních plodin*. Praha: Profi Press, 2007.
- [17] Šarapatka, B. *Pedologie*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 1996. 235 s. ISBN 80-7067-590
- [18] TOMÁŠEK, Milan. *Půdy České republiky*. 2. dopl. vyd. Praha: Český geologický ústav, 2000. ISBN 80-7075-403-6.
- [19] VOLTR, Václav. *Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí*. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, c2011. ISBN 978-80-86671-86-4.
- [20] ŠIMEK, Miloslav. *Základy nauky o půdě*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2003. ISBN 80-7040-629-1.
- [21] RIJTEMA, R. S. *Physical condition of water in Soil*. In: BRADY, N. C., WEIL, R. R.: *The nature and properties of soil*. Upper Saddle River Publ., New Jersey, 1969. ISBN 0-13-016763-0.
- [22] FEDDES, R. A. *Physics of soil moisture*. ILRI Wageningen, 1980. 25 pgs, 15 tbl.
- [23] KURAŽ, V. *Retenční vodní kapacita a infiltrační rychlost půd pro HPJ bonitační soustavy*. Rukopis – tabulka. Praha: ČVUT, 2008. 4 s.
- [24] BUJNOVSKY, R., JURANI, B. *Kvalita pody – jej vymezdzenie a hodnotenie*. 1. vyd. Bratislava: VUPOP, 1999. 42 s. ISBN 80-85361-49-3.
- [25] JANDÁK, Jiří, Eduard POKORNÝ a Alois PRAX. *Půdoznalství*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 80-7157-559-3.
- [26] BAIER, Jan. *Úloha organických hnojiv v současném zemědělství: sborník z konference konané [na ČZU v Praze dne] 29.1.1997 [u příležitosti 100. výročí narození Prof.Ing.Dr. Františka Duchoně*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 1997. ISBN 80-213-0342-5.
- [27] Firemní prospekt firmy ALM Vizovice
- [28] VÁCLAVÍK, F. *Biostimulace v praxi II.. Změdělský týdeník*, 2014, p. 9–11.
- [29] J, MUSIL a ČERVNINKA J. *Tension resistance measuring device for means of mechanization* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2004/obsahy/enviro/musil_j.pdf
- [30] PAVEL, Lubomír. 1984. *Geologie a půdoznalství: Určeno pro stud. fyto techn. oboru*. Praha: Videopress MON.

[31] Firemní prospekt firmy PRP technologies

[32] HŮLA, Josef a Blanka PROCHÁZKOVÁ. *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726-28-1.

[33] M, Tomášek. *Atlas půd České republiky* [online]. 1. Český geologický ústav Praha: Label, s.r.o. Kutná Hora, 1995 [cit. 2017-03-19]. ISBN 80-7075-198-3. Dostupné z: www.geology.cz/1919/historie/publikace/1995-atlas-komplet-web.pdf

[34] *Zemědělská společnost Slovec* [online]. 2017 [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.zsslovec.cz/>

[35] MACKOVČIN, P. *Pedografie* [online]. 2015 [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: http://geography.upol.cz/soubory/lide/mackovcin/ZF2/ZF2_Pedogeografie.pdf

Seznam obrázků

- Obr. 1 Sada pro měření půdních vzorků*
- Obr. 2 Ukázka měření infiltrace vody*
- Obr. 3 Standartní hlavice pro penetrometry*
- Obr. 4 Souprava pro měření tahového odporu 14.10.2016*
- Obr. 5 Schéma rozmístění maloparcelových pokusů*
- Obr. 6 Uspořádání půdních horizontů černozemě*
- Obr. 7 Uspořádání půdních horizontů hnědozemě*
- Obr. 8 Uspořádání půdních horizontů ilimerizované půdy*
- Obr. 9 Uspořádání půdních horizontů rezivých půd*
- Obr. 10 Uspořádání půdních horizontů rezivých půd*
- Obr. 11 Uspořádání půdních horizontů glejových půd*
- Obr. 12 Uspořádání půdních horizontů surových půd*
- Obr. 13 Vodní eroze*
- Obr. 14 Rozdělení hnojiv*
- Obr. 15 Schéma výroby NPK*
- Obr. 16 Zlepšující účinky PRP Soli v půdě*

Seznam tabulek

- Tab. 1 Aplikace hnojiv a přípravků na jednotlivé parcely*
- Tab. 2 Mezní hodnoty vlastností zhutněných půd*
- Tab. 3 Podíl zasolených půd ve světě*
- Tab. 4 Maximální hodnoty rizikových prvků v půdách ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)*
- Tab. 5 Stupnice (pH)*
- Tab. 6 Výsledné porovnání hodnot objemové hmotnosti suché půdy*
- Tab. 7 Výsledné porovnání hodnot hydraulické vodivosti*
- Tab. 8 Výsledné porovnání hodnot indexu tahového odporu*

Seznam vzorců

Vzorec 1 Výpočet hydraulické vodivosti

Seznam grafů

- Graf 1 Vlhkost půdy*
- Graf 2 Měření objemové hmotnosti suché půdy*
- Graf 3 Hydraulická vodivost půdy*
- Graf 4 Penetrační odpor v hloubce 4 cm*
- Graf 5 Penetrační odpor v hloubce 8 cm*
- Graf 6 Penetrační odpor v hloubce 12 cm*
- Graf 7 Penetrační odpor v hloubce 16 cm*

- Graf 8 Penetrační odpor v hloubce 20 cm*
- Graf 9 Penetrační odpor v hloubce 24 cm*
- Graf 10 Penetrační odpor v hloubce 28 cm*
- Graf 11 Penetrační odpor v hloubce 32 cm*
- Graf 12 Penetrační odpor v hloubce 36 cm*
- Graf 13 Penetrační odpor v hloubce 40 cm*
- Graf 14 Tahové odpory*

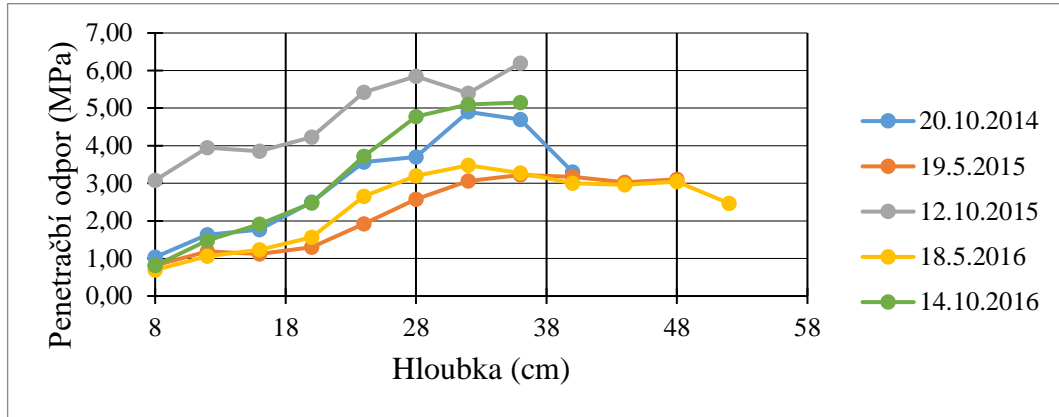
Seznam příloh

Příloha 1

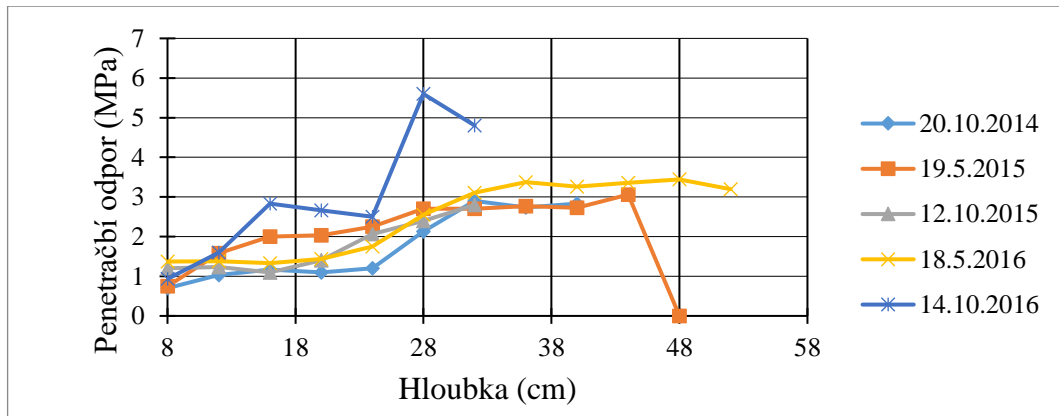
- Graf 15 Průběh penetračních odporů varianty P-K-1*
- Graf 16 Průběh penetračních odporů varianty P-K-2*
- Graf 17 Průběh penetračních odporů varianty P-K-3*
- Graf 18 Průběh penetračních odporů varianty P-K-4*
- Graf 19 Průběh penetračních odporů varianty P-S-1*
- Graf 20 Průběh penetračních odporů varianty P-S-2*
- Graf 21 Průběh penetračních odporů varianty P-S-3*
- Graf 22 Průběh penetračních odporů varianty P-S-4*
- Graf 23 Průběh penetračních odporů varianty P-S-5*
- Graf 24 Průběh penetračních odporů varianty P-S-6*

Příloha 1

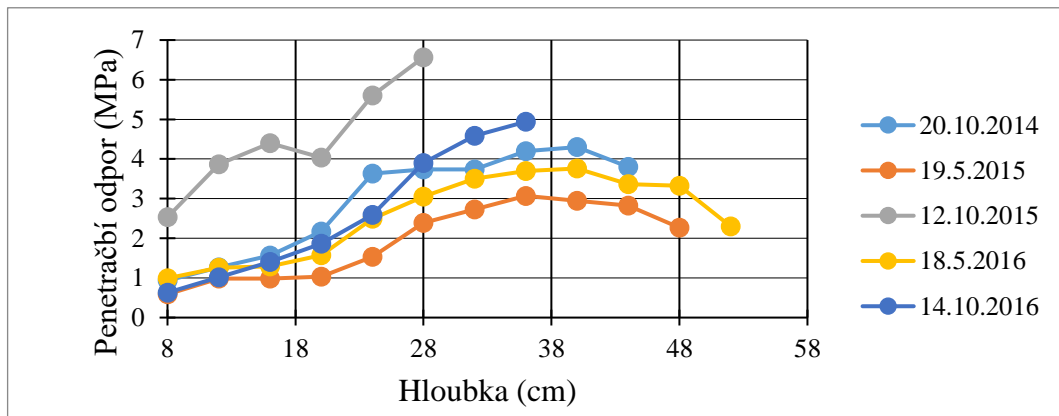
Graf 15 Průběh penetračních odporů varianty P-K-1



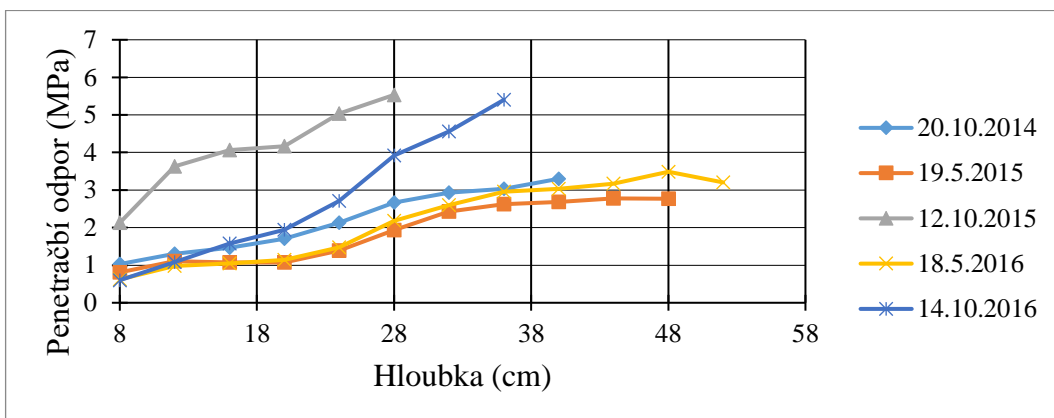
Graf 16 Průběh penetračních odporů varianty P-K-2



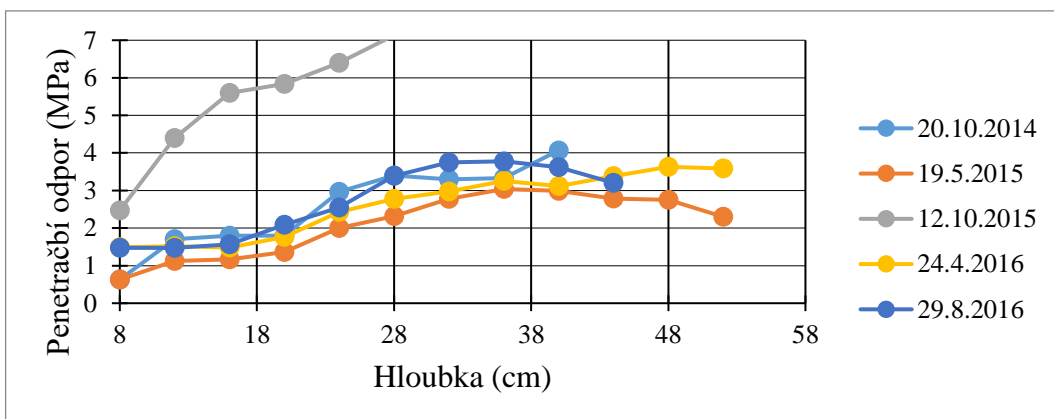
Graf 17 Průběh penetračních odporů varianty P-K-3



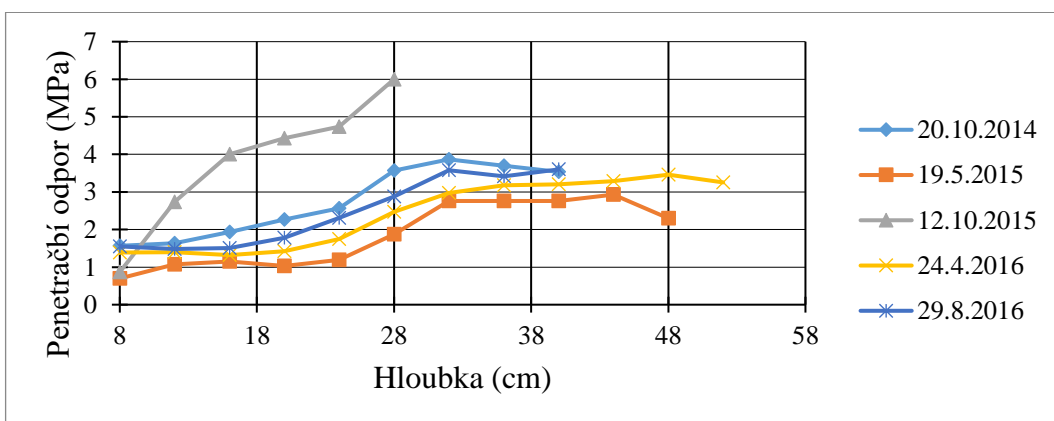
Graf 18 Průběh penetračních odporů varianty P-K-4



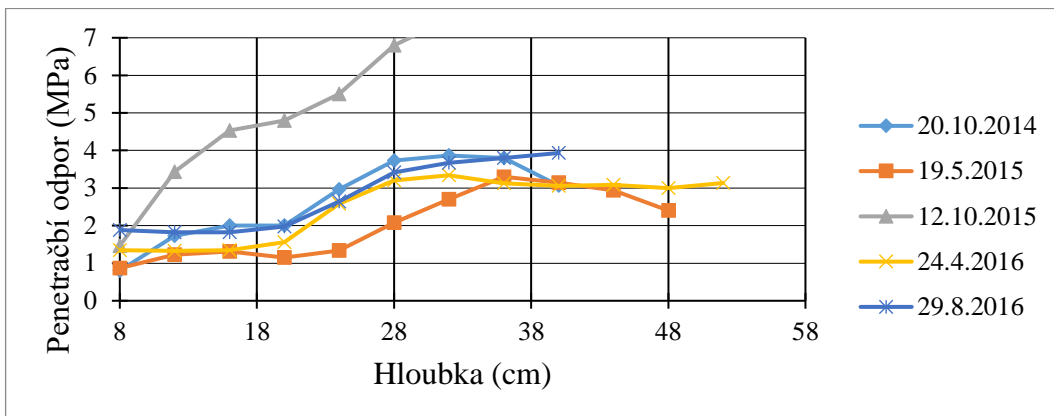
Graf 19 Průběh penetračních odporů varianty P-S-1



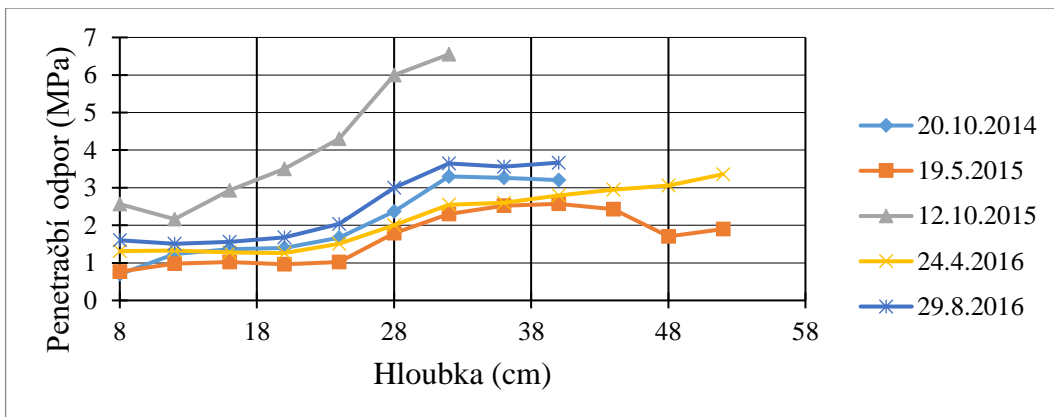
Graf 20 Průběh penetračních odporů varianty P-S-2



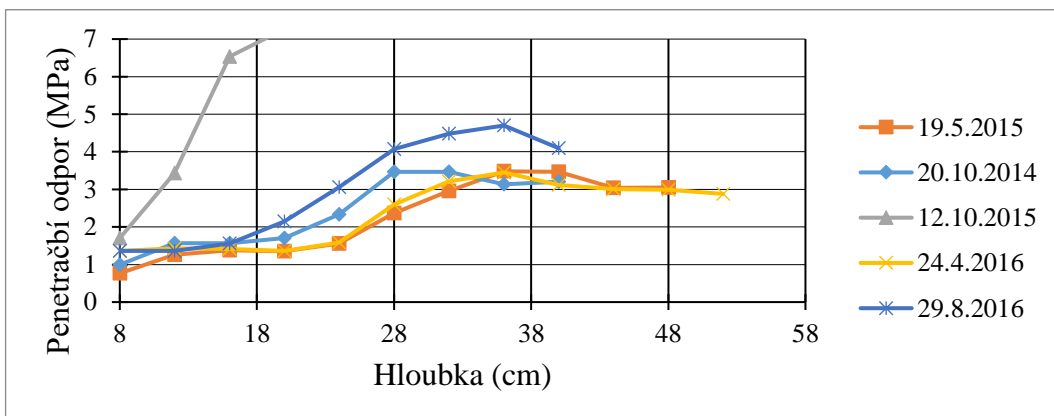
Graf 20 Průběh penetračních odporů varianty P-S-3



Graf 20 Průběh penetračních odporů varianty P-S-4



Graf 20 Průběh penetračních odporů varianty P-S-5



Graf 20 Průběh penetračních odporů varianty P-S-6

