

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra využití strojů

Technická fakulta



**Vliv aplikace hnoje a biologických aktivátorů na
vybrané půdní vlastnosti ve zvoleném
zemědělském podniku**

Diplomová práce

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

Vypracoval: Bc. Ondřej Kuchař

PRAHA 2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Ondřej Kuchař

Zemědělská specializace
Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Vliv aplikace hnoje a biologických aktivátorů na vybrané půdní vlastnosti ve zvoleném zemědělském podniku

Název anglicky

Effect of farmyard manure and bioactivator application on selected soil characteristics at a chosen agricultural business

Cíle práce

Vyhodnocení vlivu aplikace organických hnojiv a pomocných půdních látek 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 stran

Klíčová slova

půdní aktivita, pomocné půdní látky, fyzikální vlastnosti půdy, tahový odpor, hnůj

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.

Firemní prospekty.

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

LÁTAL, O. – BÍLOVSKÝ, J. – ŠAŘEC, P. – NOVÁK, P. – FIALA, K. – SEDLÁČKOVÁ, I.: *Využití aktivátorů biologické transformace organické hmoty jako podpůrného nástroje ke zlepšení úrodnostního potenciálu půd*. Rapotín: Výzkumný ústav pro chov skotu, 2017, 37 s. ISBN: 978-80-87592-25-0.

ŠARAPATKA, B. *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3736-1.

TITI, A E. *Soil tillage in agroecosystems*. Boca Raton: CRC, 2003. ISBN 978-0849312281.

VOLTR, V. *Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí*. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2011. ISBN 978-80-86671-86-4.

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra využití strojů

Konzultant

prof. Ing. Ondřej Šařec, CSc.

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2019

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 07. 04. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma: „Vliv aplikace hnoje a biologických aktivátorů na vybrané půdní vlastnosti ve zvoleném zemědělském podniku“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. 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 7. 4. 2020

.....

Ondřej Kuchař

Poděkování

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval panu doc. Ing. Petru Šařcovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za odborný přístup, věcné připomínky a cenné rady, které mi při psaní práce poskytl. Také bych rád poděkoval své rodině za vytvoření studijních podmínek a podporu po celou dobu mého studia.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá vlivem aplikace hnoje a biologických aktivátorů na vybrané půdní vlastnosti. V úvodní části je čtenář seznámen jednak s hlavním cílem práce, tak také s použitou metodikou, kde jsou popsány postupy a metody, které byly použity pro praktické měření. Další část byla věnována literární rešerši, kde jsou uvedeny obecné poznatky o půdě, jako jsou vznik a význam půdy. Poté jsou uvedeny fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy, které následují jednotlivé typy degradace. Dále byla věnována pozornost zastoupení půdních typů v České republice a také pomocným půdním látkám v půdě. V závěru teoretické části práce byla popsána konkrétní hnojiva a pomocné látky, které byly aplikovány na pokusném pozemku. V následující praktické části jsou uvedeny informace o ZS Sloveč a půdně-klimatických podmínkách, které na daném území panují. Čtenář je v této části seznámen s výsledky měření vybraných půdních vlastností a jejich následným zhodnocením.

Klíčová slova: půdní aktivita, pomocné půdní látky, fyzikální vlastnosti půdy, tahový odpor, hnůj

Abstract

This diploma thesis occupies in influence of application of dung and biological activators on selected attributes of soil. In introductory part reader will be acquainted with main aim of this thesis and with used methods which were used for practical measuring. The other part was dedicated to literary recherche where general findings about soil are mentioned e.g. genesis and consequence of soil. In addition to this, physical, chemical and biological characteristics of soil are mentioned in this part. Individual degradation types are followed by these consequences. Furthermore I paid attention to soil types in Czech Republic and also to auxiliary soil substances. As an outcome of theoretical part I considered as appropriate to describe all particular fertilizers and auxiliary substances which were applied on trial estate. In following practical part, information about agricultural company ZS Sloveč are mentioned. Besides that I described also the soil-climatic circumstances which are represented in this area of research. The reader is familiarized with results of measuring of chosen soil attributes and their subsequent evaluation in this part.

Key words: soil activity, auxiliary soil preparations, physical properties of soil, tensile resistance, manure

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	2
3	Metodika práce.....	2
3.1	Odběr neporušených půdních vzorků	2
3.1.1	Rozbor neporušeného půdního vzorku	4
3.2	Penetrační odpor	5
3.3	Infiltrační schopnost půdy	6
3.3.1	Metoda hydraulické vodivosti	7
3.4	Tahový odpor	8
3.5	Varianty způsobů hnojení	9
3.6	Hnojiva aplikovaná na sledovaném poli	9
3.6.1	Chlévský hnůj	9
3.6.2	NPK	10
3.6.3	Z'fix	10
3.6.4	PRP neOsol.....	10
4	Půda.....	12
4.1	Význam půdy	12
4.2	Vznik půdy.....	13
4.3	Složení půdy	13
4.4	Vlastnosti půdy	14
4.4.1	Fyzikální vlastnosti.....	14
4.4.2	Chemické vlastnosti.....	25
4.4.3	Biologické vlastnosti	26
4.5	Degradace půdy	27
4.5.1	Eroze.....	27

4.5.2	Acidifikace.....	29
4.5.3	Změny fyzikálních vlastností půdy	29
4.5.4	Ztráty organické hmoty	30
4.5.5	Zasolení	30
4.5.6	Znečištění a kontaminace půdy	31
4.5.7	Desertifikace.....	31
4.5.8	Zastavování půdy.....	31
4.6	Zastoupení půdních typů v České republice	32
4.7	Pomocné půdní látky	33
4.7.1	Dělení PPL.....	34
4.8	Biouhel.....	34
4.9	Bonitace půdního fondu a úrodnost půdy	35
4.9.1	Bonitovaná půdně ekologická jednotka (BPEJ)	35
5	Praktická část	36
5.1	Zemědělská společnost Sloveč, a.s.	36
5.2	Klimatické podmínky a charakteristika pozemku	36
5.3	Varianty pozemku.....	37
5.4	Objemová a redukovaná objemová hmotnost.....	38
5.5	Vlhkost půdy.....	41
5.6	Penetrační odpor	41
5.6.1	Varianta S1/N1	42
5.6.2	Varianta S2/N2	42
5.6.3	Varianta S3/N3	43
5.6.4	Varianta S4/N4	44
5.6.5	Varianta S5/N5	44
5.6.6	Varianta S6/N6	45

5.7	Penetrační odpory měřené v jednotlivých hloubkách.....	46
5.7.1	Měření v hloubce 4 centimetrů.....	46
5.7.2	Měření v hloubce 12 cm	46
5.7.3	Měření v hloubce 20 cm	47
5.7.4	Měření v hloubce 28 cm	48
5.7.5	Měření v hloubce 36 cm	48
5.8	Infiltrace půdy	49
5.9	Tahový odpor	50
6	Vyhodnocení měření	52
7	Závěr.....	57
8	Zdroje	58
9	Seznam obrázků	63
10	Seznam tabulek.....	64

1 Úvod

Půda, jakožto hlavní a nenahraditelný přírodní zdroj, slouží lidstvu již od nepaměti. Avšak její přínos a nenahraditelnost v životě si uvědomovali spíše naši předci než v současné době my. Dnešní lidé se k půdě chovají spíše jako k užité věci, která je všude kolem nás. Tento postoj však není vůbec správný, jelikož je nutné si uvědomit, že půda není nevyčerpatelným zdrojem. Má pro nás nezastupitelnou roli, protože právě půda nám umožňuje pěstovat různé plodiny, které potřebujeme pro vlastní obživu, ať už přímo zpracováním v různých produktech, tak také pro hospodářská zvířata, která nám přinášejí další užitek.

Velkým problémem v budoucnosti, pokud se bude situace ve světě vyvíjet podobně, může být nedostatek zemědělské půdy. Dnes je úrodná půda ničena na úkor rozšiřování měst a budování nových staveb jako jsou obchodní domy, logistická centra, výrobní haly atp. V současnosti již není bohužel pravidlem, že každý zemědělec má i určitý počet hospodářských zvířat, ale soustředí se pouze na rostlinnou výrobu. S tím souvisí menší různorodost pěstovaných plodin v osevních postupech, ale také méně organických hnojiv, které jsou velmi kvalitní a výrazně zvyšují kvalitu půdy.

Půda vzniká několik desítek a stovek let, ale její zničení může proběhnout prakticky okamžitě zásadním zásahem člověka nebo o něco pomaleji přírodními vlivy. V dnešní době obrovských těžkých strojů je velkým problémem také zhuštění půdy, které značně zhoršuje její obdělávatelnost, a s tím jsou spojené náklady. Dalším problémem jsou klimatické podmínky, především množství srážek, kterých je rok od roku méně a stále více se tak snižuje i hladina podzemní vody, která je taktéž důležitá pro růst plodin.

Omezovat degradaci až úplné zničení půdy můžeme tedy aplikací minerálních a organických hnojiv nebo pomocnými půdními přípravky, které přidáváme buďto ke statkovým hnojivům, anebo přímo do půdy. Některým půdním přípravkům a organickým hnojivům je v této diplomové práci věnována pozornost, a to v závislosti na jejich vlivu na fyzikální vlastnosti půdy. Važme si tedy půdy a berme ji jako poklad, bez kterého by byla prakticky nemožná existence lidstva, a který chceme zachovat pro naše potomky.

2 Cíl práce

Cílem této práce je vyhodnocení vlivu aplikace organických hnojiv a pomocných půdních látek především na fyzikální vlastnosti půdy. Byly hodnoceny např. tahový odpor nebo infiltrační schopnost půdy. Odebírání půdních vzorků pro potřeby měření hodnot bylo prováděno na poli, které obhospodaruje Zemědělská společnost Sloveč, a.s.

3 Metodika práce

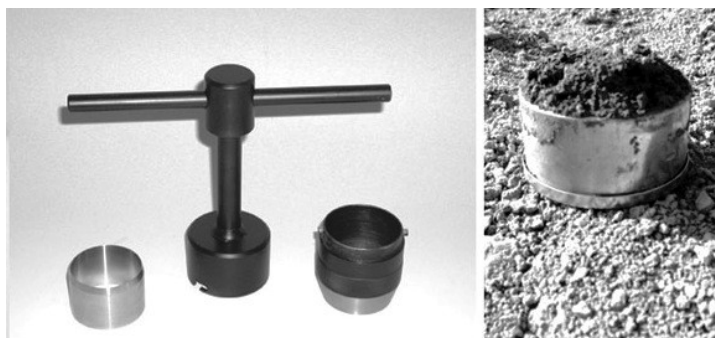
V této práci byly sledovány fyzikální vlastnosti půdy, mezi které patří: objemová hmotnost, vlhkost půdy, penetrační odpor, tahový odpor a infiltrační schopnost půdy.

3.1 Odběr neporušených půdních vzorků

K určení základních fyzikálních vlastností a charakteristiku vzdušného a vodního systému půdy, slouží neporušené půdní vzorky. Pomocí těchto vzorků je možné určit jednak hmotnostní, tak především objemový poměr fází půdy (pevné, kapalné a plynné). Aby bylo možné hovořit o neporušených půdních vzorcích, musí být půda ve svém přirozeném uložení.

Pro tento způsob odběru vzorku se používají nerezavějící ocelové válečky (tzv. Kopeckého válečky), které jsou vidět na obrázku č. 1. Tyto nerezové válečky mají známý objem, většinou 100 cm^3 a jejich maximální výška je 5 cm. Spodní konec válečku je opatřen břitem, který napomáhá k lepšímu průniku vrstvou půdy. Před samotným odběrem je potřeba zjistit jeho samotnou hmotnost. Pro zajištění objektivních hodnot výsledků vždy odebíráme minimálně 3 válečky pro jednu půdní vrstvu (doporučený počet je 3-5 vzorků).

Obrázek č. 1: Kopeckého válečky



Zdroj: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/217/14737.jpg

Při odběru půdního vzorku do tzv. Kopeckého válečku postupujeme následovně: Za pomoci lopatky nejprve odstraníme svrchní vrstvu zeminy a poté opatrně položíme váleček na odkrytou půdu, pokud možno v přirozeném stavu (měli bychom se vyvarovat zhutnění půdy vlivem ušlapání). Následně váleček vtlačujeme do země tak, aby pohyb byl co nejvíce plynulý a rovnoměrný, bez přebytku viklání. V případě, že je půda v místě odběru příliš zhutněná, je možné si pomoci pro zapravení válečku do půdy palicí, avšak je zapotřebí brát v úvahu, že dílčími nárazy může docházet k rozrušení struktury půdy, které může mít za následek zkreslenou hodnotu při dalším rozboru.

Po zatlačení válečku do země je zapotřebí vzorek opatrně vyjmout z půdy za pomoci půdní lopatky, případně nože. Půda by měla z válečku přesahovat cca o 0,5 až 1 cm nad okraj jeho horní hrany. Po vyjmutí je nutné odřezat přebytečnou část zeminy, která přesahuje přes okraj. Řezání by mělo probíhat od středu ke kraji válečku, tzn. do kužele, až do úplného zarovnání s jeho základnou.

Na takto upravenou stranu umístíme plastové víčko a otočíme váleček. Stejným způsobem zarovnáme i druhý konec a opět zavíčkujeme. Plastové zátky zajistíme gumičkou a takto „hotový“ vzorek vložíme do kufříku či jiné nádoby, kterou máme s sebou na odnos z pole. V tomto případě jsme vzorky umisťovali do připravené bedny, která je na obrázku č. 2. Tento postup opakujeme u všech odebíraných vzorků. [1] [2]

Obrázek č. 2: Odebrané půdní vzorky



Zdroj: Autor

V některých případech se však může stát, že se odběr nepodaří. V situaci, kdy z válečku vypadne větší objem zeminy, nebo se v rovině řezu nachází větší kamínek (případně uvnitř válečku), je potřeba z válečku vyrýpnout zbývající materiál a odběr opakovat. [3]

3.1.1 Rozbor neporušeného půdního vzorku

Pro určení momentální vlhkosti vzorku je zapotřebí vzorek zvážit co nejdříve po odběru, aby bylo zamezeno výparu vody, a tím ovlivněním výsledků měření. Na dolní základně musí být váleček uzavřený kruhovým filtračním papírem, který je postavený na hodinovém sklu o známé hmotnosti.

Podle metodiky V. Nováka je prostřednictvím filtračního papíru za pomoci kapilárního vztlínání váleček nasycován destilovanou vodou. Aby bylo zamezeno vypařování vody, je horní hrana válečku zakryta hodinovým sklem. Sycení vodou probíhá po dobu minimálně 12 hodin (obvykle do druhého dne). Provlhčení horní základny je indikováno jejím leskem. Po nasycení odejmeme váleček z filtračního papíru a jeho následným nakloněním necháme odtéci přebytečnou vodu, která se nevsákla do zeminy. Následně položíme váleček na hodinové sklo a zvážíme jej. Tímto získáme hodnotu nasáklivosti. [1]

Poté postavíme váleček na čtyřnásobně složený filtrační papír a zakryjeme horní základnu hodinovým sklem. Tímto okamžikem je zahájeno odsávání vody ze vzorku. Po půl hodině probíhá vážení na hodinovém skle, čímž získáme hodnotu třicetiminutové vlhkosti. Opět postavíme váleček na čtyřnásobný filtrační papír (opět zakrytý hodinovým sklem) a necháme jej po dobu dalších 90 minut. Po uplynutí této doby opět provedeme vážení a výsledná hodnota nám udává maximální kapilární vodní kapacitu. [1]

Znovu postavíme váleček na suchý čtyřnásobný filtrační papír (zakryt hodinovým sklem) na dalších 22 hodin. Výsledná naměřená hodnota po této době slouží k určení přibližné retenční vodní kapacity. [1]

Po fázi následuje sušení v peci, které probíhá při teplotě 105 °C po dobu cca 24 hodin. Po vychladnutí váleček se zeminou zvážíme, a tím stanovíme hmotnost sušiny ve vzorku. [1]

3.2 Penetrační odpor

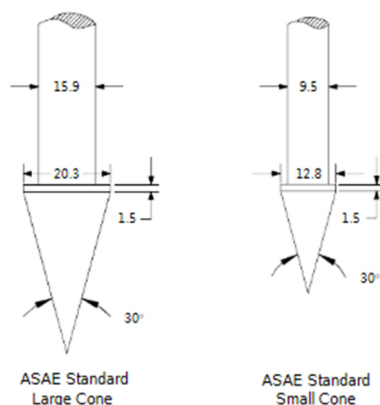
V současné době je tento odpor důležité sledovat, jelikož v České republice je ohroženo zhutněním půdy kolem 45 % a z toho 15 % představuje zhutnění genetické. Jedná se o závažné poškození půdy, jelikož při něm dochází k úbytku prostoru pro vodu a vzduch. [4] Nezhutněná půda má 4-5krát vyšší míru infiltrace než půda zhutněná. [11]

Míru utužení (pedokompakce) můžeme posuzovat různými způsoby. Nejjednodušším způsobem je pozorování. Pouhým okem tak můžeme vidět výskyt vody na povrchu pozemku, nažloutlou barvu listů, problémy s růstem a obtížným zakořenění. [5] Přesnější metodou je však hodnocení neporušených půdních vzorků se stanovením jejich objemové hmotnosti, propustnosti, pórovitosti a mírou vzdušnosti. [4]

V praxi se většinou setkáváme s metodou penetrometrie, díky které můžeme zjišťovat výskyt, hloubku a stupeň zhutnění. Provádí se prostřednictvím penetrometru, jehož principem je měření odporu půdy proti vnikání kužele penetrometrické sondy. Tento odpor je udáván v jednotkách MPa. I když existuje přímá závislost mezi velikostí odporu a stupněm zhutnění půdy, musíme vždy zohledňovat také okamžitou vlhkost půdy. [6]

Jednotlivé penetrometry se mohou od sebe odlišovat podle jejich výbavy. Všechny penetrometry však mají základní součásti stejné. Skládají se ze sondovací (měřicí) tyče, která je zakončena normovanou kuželovou hlavicí. Další základní částí je siloměr a měřidlo zahlušení. Rozměry a tvary hlavic jsou doporučovány ASAE (American society of agricultural engineers), viz obrázek č. 3. [7]

Obrázek č. 3: Typy kuželové hlavice podle ASAE



Zdroj: https://www.researchgate.net/publication/43261906_Comparison_of_the_Veris_Profiler_3000_to_an_ASAE-standard_penetrometer

Při měření v terénu byl použit penetrometr, který byl zkonstruován Ondřejem Šarčem, Petrem Šarčem a Václavem Proškem z Technické fakulty ČZU v Praze. Můžeme ho vidět na obrázku č. 4. Přístroj zaznamenává odpor tlaku 0 – 7 Mpa, přičemž je schopen měřit hloubku v rozmezí 0 – 74 cm. Doporučená rychlost vtlačování kuželovitého tělíska do půdy je 3 cm za sekundu. Přístroj je vybaven pamětí EEPROM, díky němuž lze exportovat naměřená data do textového souboru po připojení k počítači.

Obrázek č. 4: Penetrometr



Zdroj: Autor

3.3 Infiltrační schopnost půdy

Pojem infiltrace nám udává rychlost, kterou se vsakuje voda do půdy. Tato rychlost koreluje s množstvím organických látek, pórovitostí, ale také třeba s hustotou a množstvím výskytu žíhal v půdě. Správná infiltrace snižuje výskyt eroze a pomáhá udržovat živiny a hmotu v zemi. Taktéž je zamezeno tomu, že by voda na povrchu odtékala z pole, a tím znečišťovala okolí a případně blízké vodní zdroje chemikáliemi. [12]

V praxi můžeme infiltraci měřit dvěma způsoby. Jednak z výtoky povrchu nebo z deště, buďto přírodního nebo simulovaného dešťovým simulátorem. [1]

3.3.1 Metoda hydraulické vodivosti

Infiltrační schopnost půdy jsme měřili na jaře 2019 za použití metody nasycené hydraulické vodivosti Simplified Falling Head (SFH). Pro samotné měření bylo použito ocelových válců o vnitřním průměru a výšce 150 mm a tloušťce stěny 2 mm. Hodnoty byly zaznamenávány prostřednictvím spektrometru Theta probe.

Principem samotného měření bylo rozmístění tří válců vedle sebe, pouze s malými rozestupy tak, jak je patrné z obrázku č. 5. Všechny válce byly zatlačeny minimálně do hloubky 0,04 m. Po vpravení válců do půdy jsme naměřili její vlhkost uvnitř válce. Po zaznamenání hodnoty vlhkosti jsme začali aplikovat vodu o známém objemu V (obvykle 0,5 až 1 litr) a začali jsme měřit čas infiltrace, tj. čas, za který se voda plně vsáhne do půdy. Po úplném vsáknutí vody určíme čas a zároveň hodnotu infiltrace uvnitř válce. Výsledné zjištěné hodnoty byly následně vyhodnoceny podle následující rovnice na výpočet hydraulické vodivosti. [11]

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

- $\Delta\theta$ – rozdíl relativní vlhkosti půdy získaný před a po vsáknutí vody do půdy
- t_a – čas, za který se vsákla voda do půdy
- α – konstanta (dle druhu půdy)
- D – podíl plochy válce a objemu vody [10]

Obrázek č. 5: Měření hydraulické vodivosti



Zdroj: Vedoucí práce

3.4 Tahový odpor

Energetická náročnost na zpracování půdy je ovlivňována odporem mechanizačních prostředků. Měření tahového odporu provádíme z důvodu, abychom znalosti tímto získané mohli uplatnit k obecnému mapování půdy, a především ke stanovení vlivu struktury půdy na vývoj rostlin a jejich výnos. Na jeho velikost má podstatný vliv typ použitého nástroje (počet, geometrie a rozmístění pracovních nástrojů). [8] [9]

Při zpracování půdy je potřeba znát tahový odpor mechanizačního prostředku, aby bylo možné upravovat dílčí pracovní nástroje při pronikání půdou. Výslednice sil jednotlivých dílčích odporů, které procházejí těžištěm mechanizačního prostředku (kypřiče, pluh...), je v rovnováze s tahovou silou způsobenou traktorem. Změření této výslednice sil je nejvýhodnější a nejpřesnější způsob, jak stanovit velikost celkového tahového odporu. V současnosti se k tomuto měření používají tenzometrická měřidla (siloměry). [9]

Na toto měření byla použita souprava o dvou traktorech, tažného a taženého. Mezi oba traktory byl připevněn tenzometrický siloměr na tyči. Celou soustavu je možné vidět na obrázku č. 6. Měřicí systém mimo jiné obsahuje přijímač družicového navigačního signálu GPS, přijímač diferenčního signálu, tenzometrický dynamometr včetně zesilovače a převodníku U/D a jednočipový mikropočítač vybavený programem pro zpracování a přenos dat. [8]

Siloměr by měl být na každém traktoru umístěn ve stejné výšce tak, aby byl ve vodorovné poloze a byla změřena skutečná velikost tahového odporu, a nikoliv jeho složka. [9]

Obrázek č. 6: Měření tahového odporu



Zdroj: Vedoucí práce

3.5 Varianty způsobů hnojení

Veškeré hodnoty byly odebírány opět na poli, které obhospodařuje Zemědělská společnost Sloveč, a.s. Pro tuto práci bylo zvoleno celkem 6 starých (S) a 6 nových (N) variant. Staré varianty byly založeny v roce 2014 a nové v roce 2017. V rámci použitých přípravků se mezi sebou staré a nové varianty neliší. Kravský hnůj (30 tun/ha) a přípravek neOsol (150 kg/ha) byl aplikován před výsevem v podzimním období. V každé variantě byly však použité různé způsoby hnojení. V následující tabulce č. 1 je uvedeno, čím bylo na jednotlivých variantách hnojeno. Plodinou v osevním postupu byla ozimá pšenice.

Tabulka č. 1: Varianty hnojení půdy

Varianta	Použité přípravky
S1 / N1	kravský hnůj + Z'fix + NPK
S2 / N2	kravský hnůj + Z'fix + neOsol + NPK
S3 / N3	kravský hnůj + NPK
S4 / N4	kravský hnůj + neOsol + NPK
S5 / N5	neOsol + NPK
S6 / N6	NPK (kontrola)

Zdroj: Vedoucí práce

3.6 Hnojiva aplikovaná na sledovaném poli

Na pokusném poli u Sloveče byla v jednotlivých variantách použita následující hnojiva a pomocné půdní látky: kravský hnůj, kravský hnůj ošetřený přípravkem Z'fix, neOsol a NPK.

3.6.1 Chlévský hnůj

Chlévský hnůj vzniká fermentací chlévské mrvy. Jedná se tedy o zušlechtěnou směs podestýlky tuhých a tekutých výkalů hospodářských zvířat. Při výrobě je hlavním cílem zajistit uchování co největšího množství živin a organických látek. Zrání mrvy by mělo probíhat zásadně ve zpevněných hnojištích, které mají nepropustnou ložnou plochu, vodotěsnou odtokovou stružku a jímku na hnojůvku. Zrání neboli fermentace, je velice složitý biochemický proces, během kterého jednotlivé komponenty mrvy (podestýlka – sláma, moč, pevné výkaly) podléhají částečnému odbourávání činností mikroorganismů, především bakterií a aktinomycet

a plísni. Intenzita tohoto procesu je ovlivňována přístupem vzduchu, teplotou a vlhkostí prostředí. Dobře vyzrálý hnůj má obvykle hnědočernou barvu, ve spodních vrstvách může být nazelenalá. Zapáchá slabě amoniakem a v jeho struktuře jsou patrné zbytky steliva, které lze mechanicky poměrně snadno oddělit. [40]

3.6.2 NPK

Jedná se o vícesložkové minerální hnojivo, které obohacuje půdu o dusík, fosfor a draslík. Vzhledem k tomu, že je dostupný v podobě malých granulí, je také snadná jeho aplikace a manipulovatelnost. Je to hnojivo určené pro základní hnojení, obvykle před setím nebo výsadbou. Týden, až dva týdny před setím, je nutné zapravit hnojivo mělce až středně hluboko do půdy. Dusík je důležitou látkou pro správný růst rostlin, jejich stonků a listů. Draslík zajišťuje pevnost rostliny, celkově zlepšuje její odolnost a ochraňuje rostlinu před možnými infekcemi. Fosfor příznivě ovlivňuje růst kořenů, pupenů a květů. Je však zapotřebí dodržovat přesné dávkování pro konkrétní plodiny, jelikož nadměrné hnojení může urychlit jejich růst a tím případně i snižovat kvalitu plodů. [41] [42]

3.6.3 Z'fix

Tento přípravek nabízí francouzská společnost PRP Technologies a je prodáván ve formě granulí. Jedná se o pomocnou půdní látku, která slouží v půdě jako aktivátor biologické transformace statkových hnojiv. To znamená, že cíleně ovlivňuje bakteriální pochody v podestýlce zvířat. Jedná se o granulát, který je založen na bázi vápenatých a hořečnatých uhličitanů s příměsí mikro i makroelementů prvků draslíku, síry, železa, sodíku a manganu. Používá se i v ekologickém zemědělství a jeho aplikace je možná i za přítomnosti zvířat. Použitím přípravku stoupá kvalita podestýlky, což má za následek snížení emise amoniaku a pachových látek. Naopak vede k lepšímu vstřebávání živin ve statkových hnojivech, a tím je zvýšení živinového potenciálu hnojiva, tudíž i k jeho úspoře. Z'fix je možné použít na všechny druhy statkových hnojiv. [43]

3.6.4 PRP neOsol

Jde i pomocnou půdní látku (PPL), která je na bázi dolomitického vápence, vápenatých granulátů a samotného vápence. Tento přípravek je nabízen ve formě granulátu a obsahuje vápník, hořčík a stopové prvky, které mají přirozený obsah těchto látek. Přípravek je možné aplikovat na všechny typy zemědělských půd. Jeho aplikace přispívá k lepší stabilitě struktury

půdy, a také zvyšuje infiltraci a retenci vody v půdě. K jeho samotné aplikaci se používají rozmetadla minerálních hnojiv a pro každou plodinu je pevně stanovené doporučené dávkování.

[43]

4 Půda

První půdy vznikaly na sedimentech již před 400 až 350 miliony lety. Vznikají velmi pomalou postupnou přeměnou látek, které tvoří kompaktní horniny, jejich zvětraliny a sedimenty, které byly zaneseny na místo vodou při povodních či jiných přírodních událostech. K tomuto základnímu materiálu přibývají dále organické látky, které se promíchávají se zvětralinami a vzájemně se stmelují. [22]

Lidé se zajímají o půdu již od dob existence lidské společnosti. Je to základní produkční faktor krajiny, jelikož plní především funkci výživy lidstva. Na půdu bylo dříve nahlíženo dvěma směry. Ze statického pohledu byla půda chápána jako neživá směs zvětralých hornin a odumřelých organických zbytků. Toto pojetí však nebere ohled na vývoj půdy. Na druhé straně bylo dynamické pojetí půdy (před více než 100 lety), které nahlíželo na půdu jako na povrchové vrstvy hornin, které jsou přeměňovány současným působením vody, vzduchu a dalších půdotvorných činitelů. [13]

Půda je tedy dynamickým, neustále se rozvíjejícím se živým systémem. Právě na této tenké vrchní vrstvě Země závisí prosperita, ale i samotné přežití všech suchozemských biologických společenstev. Není tedy sebemenší pochyb o tom, že půda je bezesporu tím nejcennějším přírodním bohatstvím, které máme. I z tohoto pohledu je nezbytné se o půdu starat a chránit ji, aby nám mohla také v budoucnu poskytovat vše, co potřebujeme ke své existenci. [16]

4.1 Význam půdy

Půda je jedním z přírodních zdrojů, na kterých je přímo závislá existence života. Zajišťuje živiny, které jsou nezbytné pro růst rostlin, nutné pro výživu zvířat, a také člověka. Tvoří nedílnou součást agroekosystémů, lesních i travinných ekosystémů. Ovlivňuje také vodní a urbánní ekosystémy a tvoří základ přirozených i umělých ekosystémů. [20]

Jak již bylo zmíněno, půda společně s vodou poskytují podmínky pro život. Také se však významně podílejí i na regulaci klimatu. Půda a voda jsou k sobě v přirozených ekosystémech nerozlučně spojeny. Vlastnostmi, které má půda, pak ovlivňuje samotný tok vody v krajině. [17]

Půda plní funkci produkční, ekologickou, krajínovornou a sociální. Poskytuje nám také mnoho základních složek, ze kterých jsou vyráběny stavební materiály. Nabízí také prostor pro umístění staveb, rekreační činnost a další činnosti lidí. Je také důležitou zásobárnou vody, nezbytnou pro veškeré rostliny a organismy a plní filtrační funkci vody. [14] [15]

4.2 Vznik půdy

Výchozím materiálem, ze kterého vzniká půda, nazýváme matečním substrátem (mateční hornina nebo půdotvorný substrát). Patří sem zvětralé a nezvětralé horniny, ale také zeminy, organické a organominerální látky. Jelikož je právě mateční substrát základem vzniku půdy, značně ovlivňuje její vlastnosti, jako jsou například minerální složení a propustnost. [15]

Vznik půdy je ovlivňován celkem pěti faktory. Jsou jimi klima, reliéf, čas, organismy a již výše zmiňovaná matečná hornina. Mimo těchto pěti faktorů se podílejí na vzniku půd fyzikální, chemické a biologické procesy. Proces vzniku půdy je velice zdlouhavý (1 cm půdy se tvoří stovky let), přičemž ale půda může být velice rychle zničena působením člověka. [18]

4.3 Složení půdy

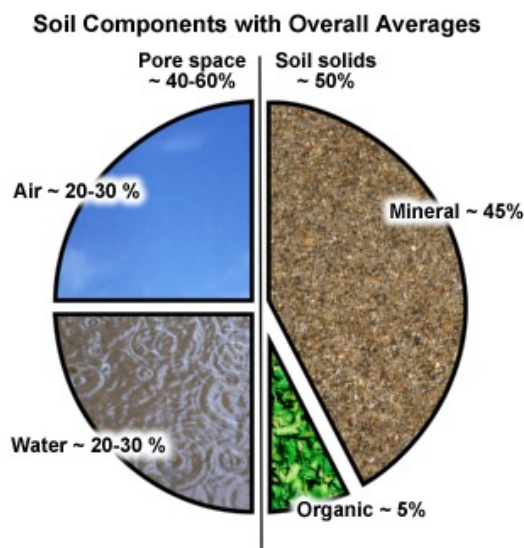
Půda je tvořena třemi fázemi: pevnou (tuhou), plynnou a kapalnou. Procentuální zastoupení fází v půdě je zřejmé z obrázku č. 7. Soubor pevných částic půdy různého složení a velikostí tvoří tuhou fázi půdy. Právě velikostí částic je pak určována textura půdy nebo její zrnitostní složení. Obsahuje minerální složku, do které patří kameny, jílové částice a písek. Na minerální podíl připadá u většiny našich půd 95-98 % hmotnosti sušiny všech tuhých částic půdy. Zbývající část tuhé fáze tvoří organická složka, která je jednak v mrtvém stavu (odumřelé zbytky rostlin), tak ve stavu živém (kořeny rostlin, edafon). Tato složka tvoří 2-5 % této fáze. [18] [19]

Plynnou fázi tvoří půdní vzduch, který vyplňuje póry bez vody. Oproti atmosférickému vzduchu obsahuje půdní vzduch zpravidla více oxidu uhličitého, méně kyslíku a vyšší množství vodních par. [19] Konkrétní hodnoty jsou ovlivňovány metabolismem půdních organismů a jsou tudíž velice proměnlivé. [18]

Za kapalnou fázi považujeme půdní vodu, která napomáhá transportu látek v půdě. Složení a koncentrace půdního roztoku se může lišit vlivem působení fyzikálních, chemických,

fyzikálně chemických a biologických procesů. Tyto procesy probíhají v těsné souvislosti s vlhkostí, teplotou a složením tuhé fáze půdy. [19] Voda je v půdě přítomna následkem dešťových srážek a přítékáním odjinud. Nezanedbatelnou částí je také podpovrchová voda, která je však v současné době, kvůli nedostatku srážek, stále na nižší úrovni než v minulosti. [18]

Obrázek č. 7: Složení půdy (vzduch, voda, pevná složka, organická část)



Zdroj: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/150/11891.jpg

4.4 Vlastnosti půdy

Vlastnosti půdy dělíme na fyzikální, chemické a biologické. Řadu těchto vlastností můžeme přímo ovlivňovat jejím mechanickým zpracováním půdy nebo použitím vhodného způsobu hnojení.

4.4.1 Fyzikální vlastnosti

Fyzikální charakteristika půdy vytváří soubor vlastností, které jsou podmínovány vzájemnými vztahy mezi pevnou složkou půdy, vodou a také vzduchem obsaženým v půdě.

Rozděluje je do dalších čtyř skupin:

- základní fyzikální vlastnosti (zrnitost půdy, objemová a měrná hmotnost, struktura a pórovitost půdy),
- hydrofyzikální a aerační vlastnosti (vodní a vzdušná kapacita, vlhkost, propustnost a vzlínavost),

- teplotní vlastnosti (tepelná a teplotní vodivost, teplota),
- fyzikálně mechanické vlastnosti (soudržnost, uléhavost, konzistence, přilnavost atd...). [4]

Měrná hmotnost půdy

Obecně by se dalo říci, že měrná hmotnost představuje poměr hmotnosti objemu pevné fáze půdy bez pórů k objemu. Na konkrétní hmotnosti pak závisí mineralogické složení a obsah organických látek v půdě. Samotný výpočet ze vzorce provádíme podle následující rovnice:

$$Z = \frac{m_Z}{V_v} = \frac{m_Z}{m_{PV} + m_Z - m_{PS}} \quad [kg \cdot m^{-3}] \quad (2)$$

kde:

- m_Z – hmotnost vysušené zeminy,
- m_{PV} – hmotnost pyktometru s vodou,
- m_{PS} – hmotnost pyktometru se suspenzí,
- V_v – objem pevné fáze. [4]

Průměrná měrná hmotnost půdy je $2,65 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. S touto hodnotou se také počítá při orientačních výpočtech. Konkrétní hmotnost zjišťujeme vážením, objem pak pomocí pyknotometru (kalibrovaná nádobka). Jak již bylo zmíněno výše, velikost této hodnoty je ovlivněna složením půdy. Pokud jsou v půdě minerály s vyšší hmotností (magnetit, zirkon, turmalín atp.), pak se zvyšuje měrná hmotnost na hodnotu vyšší než $2,75 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Na straně druhé se mohou v půdě vyskytovat organické látky, které hodnotu naopak znatelně snižují. Hmotnost organických látek v půdě je udávána $1,1-1,4 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Pokud půdy obsahují vysoký podíl těchto látek, může být měrná hmotnost ještě nižší. Kupříkladu u rašelin, kde je hmotnost pod $1,5 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. [4]

Objemová hmotnost půdy

Je to hmotnost objemové jednotky půdy v neporušeném stavu (s póry vyplněnými vodou a vzduchem). Hodnoty znázorňují poměr pevných částic půdy a pórovitost. Velikost se mění během roku v závislosti na vlhkosti v půdě. Proto také rozlišujeme redukovanou a neredukovanou objemovou hmotnost. Redukovanou hmotnost měříme z vysušeného vzorku půdy a neredukovanou naopak včetně obsahující vody. Jelikož je neredukovaná objemová hmotnost

závislá na půdní vlhkosti, nelze tedy stanovit konstantní hodnotu. U hmotnosti redukované, která je zjišťována na základě vysušeného vzorku půdy při 105 °C, se hodnoty pohybují ve svrchních půdních vrstvách mezi $1,2-1,5 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$, u níže položených horizontů pak většinou v rozmezí $1,6-1,8 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$. [13] Ve velmi utužených podpovrchových horizontech se mohou hodnoty přibližovat k $2 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ a v případě rašelin jsou naopak podstatně nižší, pouze mezi $0,2-0,4 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$. Výpočet redukované objemové hmotnosti zjistíme z následujícího vztahu:

$$\rho_d = \frac{m_s}{V_t} \text{ [kg.m}^{-3}\text{]} \quad (3)$$

kde:

- ρ_d – objemová hmotnost redukovaná [kg.m^{-3}],
- m_s – hmotnost pevné fáze půdy [kg],
- V_t – celkový objem půdy [m^3, cm^3]. [4]

Pro výpočet neredukované objemové hmotnosti vycházíme z rovnice:

$$\rho_v = \frac{m_t}{V_t} = \frac{m_s + m_w + m_a}{V_t} \text{ [kg.m}^{-3}\text{]} \quad (4)$$

kde:

- ρ_v – objemová hmotnost redukovaná [kg.m^{-3}],
- m_t – celková hmotnost půdy [kg],
- m_s – hmotnost pevné fáze půdy [kg],
- m_w – hmotnost vody v pórech [kg],
- m_a – hmotnost vzduchu v pórech [kg]. [4]

Zrnitost půdy (textura)

Minerální podíl tuhé fáze půdy se skládá z částic o různých velikostech. Řadíme sem úlomky mateční horniny, a také primární a sekundární minerály půdotvorného substrátu. Obecně platí, že se zmenšující se velikostí částic v půdě roste koheze (soudržnost) a adheze (přilnavost).

Na hodnocení textury půdy může být nahlíženo z různých úhlů a způsobů klasifikací, ale téměř všechny udávají, že částice, jejichž průměr zrna je větší než 2 mm, nazýváme skelet.

Naopak ty menší, co mají velikost pod 2 mm, označujeme jako jemnozem. V půdě dělíme základní 3 zrnitostní frakce: jíl, prach a písek. Následující tabulka č. 2 obsahuje rozdělení do frakcí. [13]

Tabulka č. 2: Zrnitostní kategorie

Velikost zrn v mm	Označení frakcí	
<0,001	jíl	jemnozem
0,001 – 0,01	jemný a střední prach	
0,01 – 0,05	hrubý prach	
0,05 – 0,25	jemný písek	
0,25 – 2,00	střední písek	
2,00 – 4,00	hrubý písek	skelet
4,00 – 30,00	štěrk	
>30,00	kámen	

Zdroj: [13]

Dalším způsobem možného třídění frakcí je podle Schöneho. Tento způsob je použitelný i pro běžné technické účely a patří k nejstaršímu typu třídění. V tomto případě se užívají čtyři stupně. [4]

- jílnaté částice <0,01 mm
- prach 0,01 - 0,05 mm
- práškovitý písek 0,05 – 0,10 mm
- písek 0,10 – 2,00 mm

Nejrozšířenějším způsobem třídění půd je pomocí trojúhelníkového diagramu, který je velmi podrobný. Jeho modifikace je zavedena i u nás ČSN 72100 a vychází ze tří zrnitostních frakcí, které jsou schematicky znázorněny na obrázku č. 8. [4]

- písková zrna >0,063 mm
- prachové částice 0,005-0,063 mm
- jílovité částice <0,005 mm

Obrázek č. 8: Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd



Zdroj: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/148/11341.jpg

Klasifikace půdních druhů

Podle procentuálního zastoupení jednotlivých velikostních frakcí klasifikujeme půdy na půdní druhy. Právě zrnitost řadíme mezi základní znaky půd, ale samotná zrnitost k podrobné charakteristice nestačí. Konzistenční a technologické vlastnosti, přilnavost, soudržnost a zpracovatelnost, jsou velmi ovlivňovány zrnitostním složením. U nás se k určení půdních druhů nejvíce používá stupnice Novákova, která byla také implementována do metodiky širšího zkoumání půd. [13] Klasifikační stupnici půdních druhů podle Nováka můžeme vidět v následující tabulce č. 3.

Tabulka č. 3: Klasifikace zrnitosti půd podle Nováka

Obsah částic menších než 0,01 mm [%]	Půdní druh	Klasifikace půdy	Makroskopický účinek
0 - 10	písčítá	lehká	ani za mokra se částice nespojují
10 - 20	hlinitopísčítá	lehká	částice se za mokra spojují, nelze však vytvářet hádka
20 - 30	písčitohlinitá	středně těžká	lze vytvářet hádka, který se však snadno rozpadá, zemina skřípe mezi prsty
30 - 45	hlinitá	středně těžká	lze vytvářet hádka
45 - 60	jílovitohlinitá	těžká	po stisknutí vlhké zeminy lesk, mastnost prstů
60 - 75	jílovitá	těžká	silná mastnost, lepkavost
nad 75	jíl	těžká	vysoká mastnost, lepkavost

Zdroj: [13] [15]

Dalším důležitým členěním půdních druhů je zapotřebí zařadit dělení podle obdělávatelnosti. Rozdělení půd podle klasifikace můžeme vidět v tabulce výše.

Lehké písčité půdy mají tedy podíl jílnatých částic do 20 %, mají nižší obsah koloidů, malou soudržnost a vododržnost a jsou snadno obdělávatelné. Bývá zde intenzivní mikrobiální činnost a dochází při ní k mineralizaci organických látek. Vzhledem k málo vyvinuté sorpci je zde také větší náchylnost k vyplavování živin. [4]

Středně těžké půdy obsahují jílnaté částice v rozmezí 20 – 45 %. Veliká část těchto půd se vytvořila na spraších a sprašových hlínách. Při dobrém strukturním složení se jedná o půdy, které mají optimální fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Mají vyhovující vodní a vzdušnou kapacitu. Při vhodné vlhkosti se obdělávají bez potíží a jsou soudržné. Vyznačují se také ideálním uvolňováním živin. [15]

U těžkých jílovitých půd je obsah jílnatých částic převyšující 45 %. Čím více jílnatých částic má, tím jsou horší fyzikální vlastnosti. Tyto půdy málo propouštějí vodu i vzduch a jsou velmi soudržné. Vlivem zamokření, kterým často trpí, mývají nevyhovující tepelný režim a jejich mikrobiální činnost bývá značně omezena. V důsledku zamokření se mohou vyskytovat glejové horizonty. Mají vysokou sorpci a pomalu vysychají. Vlastnosti těchto půd jsou závislé také na mineralogickém složení frakce fyzikálního jílu. [4] [15]

V České republice je následující zastoupení těchto půdních druhů, viz tabulka č. 4:

Tabulka č. 4: Půdní druhy v ČR

Půdní druhy	ČR [%]
písčité až hlinitopísčité (půdy lehké)	19
písčitohlinité až hlinité (půdy středně těžké)	59
jílovitohlinité až jíly (půdy těžké)	17
silně štěrkovité až kamenité	5

Zdroj: [13]

Pórovitost

Je to další významná vlastnost půdy a hlavním znakem jejího prostorového uspořádání. Půda je hmotou pórovitou (porézní), nikoliv kompaktní. [27] V části objemu půdy se nacházejí volné prostory, které nazýváme půdními póry. Ty mají většinou rozdílný tvar a velikost a bývají různě propojeny. [13] Póry se dostává do půdy voda a vzduch, které dále ovlivňují zvětrávací a půdotvorné pochody. V těch půdách, kde se nacházejí půdní částice blízko u sebe, bude celková pórovitost nižší. Naopak vyšší bude u půd s větší texturou. Celková pórovitost je stanovena jako objem dutin na celou jednotku půdy. Je tedy dána vztahem:

$$P = \frac{V_p}{V_s} \quad (5)$$

kde:

- V_p – objem pórů,
- V_s – celkový objem vzorku.

Obvykle se její hodnota počítána z objemové a měrné hmotnosti půdy:

$$P = \frac{\rho_z - \rho_d}{\rho_z} * 100 [\%] \quad (6)$$

kde:

- ρ_d – objemová hmotnost,
- ρ_z – měrná hmotnost. [4]

Pórovitost nám tedy udává celkový objem pórů v neporušené půdě. V povrchovém horizontu (svrchní vrstva) se hodnota pórovitosti pohybuje v rozmezí 40 – 60 %, to znamená, že 40 – 60 % objemu půdy tvoří póry a zbývající část pevné částice. Jak již bylo zmiňováno, póry jsou vyplněny vodou nebo vzduchem. [21]

U silně humózních půd a rašelin dosahuje hodnot mezi 70 – 80 %. Ve spodních vrstvách klesá pórovitost mezi 30 – 40 % a u glejových půd až pod 30 %. [13] Pro optimální růst kulturních rostlin by měla být celková pórovitost přibližně 55 – 60 %. [4]

Pro funkci pórů je velmi významná jejich velikost. Třídění podle velikosti však není snadné, jelikož nelze jejich průměr přímo změřit. Z tohoto důvodu se tedy třídí podle druhu a velikosti sil, které uvnitř působí na vodu. [13]

Podle tohoto způsobu rozlišujeme 2 hlavní skupiny:

- **Kapilární póry (jemné)** – mají průměr menší než 0,2 mm. Působí zde kapilární síla, která zadržuje vodu a podporuje její pohyb proti gravitaci. Dochází zde ke vztlínání vody.
- **Nekapilární póry (hrubé)** – s rozměrem nad 0,2 mm. Tyto póry jsou charakteristické neomezeným působením gravitační síly na vodu, která tak stéká do spodních vrstev a zbývající místo je vyplněno vzduchem. [4] [13]

Zastoupení obou typů pórů v celkové pórovitosti se promítne do poměrů v půdě. Voda i vzduch jsou pro vývoj rostlin velice důležité, avšak optimální poměr pórů se liší v závislosti na dané plodině. Poměry je možné sledovat v následující tabulce č. 5.

Tabulka č. 5: Optimální poměr pórů

plodiny	optimální poměr pórů	
	kapilárních	nekapilárních
	celková pórovitost [%]	
pícniny, zeleniny	75 – 85	15 – 25
okopaniny	70 – 80	20 – 30
obilniny	60 – 70	30 – 40

Zdroj: [13]

Vlhkost půdy

Obecně můžeme definovat vlhkost jako množství vody obsažené v půdě. Momentální vlhkost půdy (aktuální obsah vody v půdě) uvádí základní charakteristiku vztahu vody s půdou. Rozlišujeme dále vlhkosti hmotností a objemovou. Tam, kde voda vyplňuje zčásti půdní póry, dáváme přednost objemovému vyjádření vlhkosti. V některých případech je vhodné vyjádření relativní půdní vlhkosti, tj. obsahu vody v půdě ve vztahu k celkové půdní pórovitosti. [13]

Hmotnostní vlhkost půdy zjišťujeme u porušeného vzorku. Je to poměr hmotnosti vody k hmotnosti pevné fáze půdy. Její hodnotu zjistíme ze vztahu:

$$w = \frac{m_w}{m_z} * 100 [\%] \quad (7)$$

kde:

- m_w – hmotnost vody ze vzorku – rozdíl hmotnosti vlhkého a vysušeného vzorku,
- m_z – hmotnost vysušeného vzorku. [15]

Objemová vlhkost půdy udává poměr objemu vody k objemu neporušeného půdního vzorku. Velikost vlhkosti spočítáme pomocí rovnice:

$$\theta = \frac{V_w}{V_s} * 100 [\%] \quad (8)$$

kde:

- V_w – objem vody v půdním vzorku (při hustotě vody 1 g.cm^{-3}),
- V_s – objem neporušeného vzorku (zpravidla 100 cm^3). [13]

V praxi existuje několik možných metod měření vlhkosti půdy, které rozdělujeme podle různých kritérií. Kupříkladu rozlišujeme metody laboratorní a metody terénní. Některé jsou použitelné v laboratorních podmínkách jiné zase pro polní měření. V případě, že k určení vlhkosti je zapotřebí odebrat vzorek půdy, pak se jedná o metodu destruktivní. Nedestruktivní metodu uvažujeme v případě, kdy měříme (obvykle dlouhodobě) bez odběru vzorků. Nejčastějšími a nejrozšířenějšími způsoby měření jsou metody přímé a nepřímé. [15]

U přímých metod zjišťujeme skutečné množství vody v půdě. Mezi přímé řadíme metodu gravimetrickou (vážkovou), která spočívá ve stanovení půdní vlhkosti vlhkého a vysušeného vzorku půdy a následným výpočtem podle dané rovnice. Odchytky výsledků mohou být ovlivněny nepřesností vážení a nevhodně vysušeným půdním vzorkem. [13]

Nepřímé metody používají pro stanovení vlhkosti různá čidla, která jsou implementována v půdě a jsou ve vlhkostní rovnováze s půdou. Patří sem metoda odporová, termistorová, kapacitní, neutronová a gamaskopická. [13]

Barva půdy

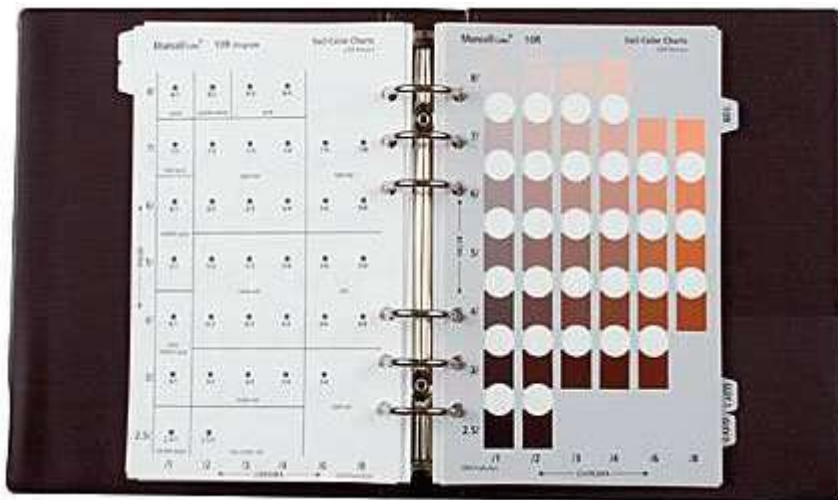
Při pouhém pohlednutí na půdu lze říci, že je právě barva její nejvýraznější vlastností. Vyjadřuje mnoho informací o složení půdy jednak fyzikálním, tak i chemickém. Barva v sobě odráží mnoho faktorů, které na půdu působí. Nemění se pouze ve svrchní části půdy, ale v celém půdním profilu. [24]

Na barvě půdy se podílejí různé faktory, které jsou v půdě obsažené. Hlavním faktorem, který ovlivňuje barvu, převážně ve spodních horizontech, je substrát, ze kterého se půda vytvořila. Naopak v povrchových horizontech je důležitým faktorem humus, který zabarvuje půdu do hnědých, šedých až šedočerných tónů. Další významnou složkou podílející se na zbarvení půdy jsou sloučeniny železa. V mnoha formách se v půdě vyskytují oxidy železa, které mívají velmi odlišné zbarvení. V našich podmínkách železo zbarvuje půdu většinou žlutě, okrově nebo červeně, hnědavě až rezivě. [24] Žluté, hnědavé a rezivé zbarvení způsobuje goethit a amorfní Fe^{3+} oxidy. Načervenalé zbarvení je důsledkem přítomnosti hematitu, především v teplejších oblastech. Dalšími prvky, které zbarvují půdu, jsou: sloučeniny manganu (hnědočerné až nafialovělé zbarvení), uhličitán vápenatý a kaolinit (při vyšším obsahu bělavá nebo šedá barva), křemen a jíl. [4]

Barva půdy se hodnotí dvěma způsoby. Dříve to bylo pouze slovním označením za použití dvou až tří slov, přičemž poslední značí základní barvu, střední odstín a první intenzitu. Dalším způsobem bylo přirovnání zbarvení k obecným hmotám (kaštanová, čokoládová, kávová atp.). S tím, jak se rozvíjel obor pedologie, tak narůstala také potřeba pojmenovávat barvu půd objektivně. Nejprve byla tvořena různá barevná schémata, která měla být ku pomoci k objektivnímu popisu. Takové schéma u nás vytvořil J. Spirhanzl. V praxi však nejvíce nalezly uplatnění tzv. Munsellovy tabulky, které jsou vidět na obrázku č. 9. Obsahují 322 standardních

barevných políček, z nichž každé políčko představuje tři vlastnosti (zbarvení, tmavost-světlost a sytost). [4] [24]

Obrázek č. 9: Munsellovy tabulky



Zdroj: <http://old.ekotechnika.cz/kniha-pudnich-barev-munsell?kat=pudni-klasifikace>

Teplota půdy

Dalším významným faktorem je teplota půdy. Ovlivňuje fyzikální, chemické a biochemické procesy v půdě, ale také aktivitu edafonu. Hlavním zdrojem tepla půdy je sluneční záření. Teplota půdy je ovlivněna sezónním a denním střídáním teplot, vlhkostí, hloubkou profilu a hloubkou profilu. Všeobecně stále platí, že tmavá půda se zahřívá více než světlá a půda bez vegetace rychleji než ta, která je pokryta porostem. Taktéž vlhká půda bývá obvykle chladnější než suchá, jelikož se při ohřevu část slunečního záření nejprve vstřebává na výpar vody. Největší kolísání teploty probíhá na povrchu půdy, naopak s rostoucí hloubkou se její výkyvy snižují. [23]

Standardně se teplota půdy měří v hloubkách 5, 10, 20, 50 a 100 cm. Hodinu po kulminaci slunce bývá teplota půdy nejteplejší. Nejnižší teploty dosahuje před východem slunce. Nejvyšší roční teplota povrchu mívá půda na přelomu července a srpna, kdy bývají nejteplejší noci. Nejchladnější je během února. [25]

Soudržnost a přilnavost

Soudržností půdy (kohezi) rozumíme schopnost půdních částic držet se pohromadě za pomoci vnitřních sil. Těžké půdy se vyznačují větší soudržností, především při minimální

vlhkosti. Naopak lehké půdy mají podstatně menší soudržnost, tudíž se také snadněji obdělávají. Přílnavost půdy (adheze) je dána jako schopnost půdy ulpívat na tělesech, které vnikají do půdy. Míra přílnavosti je velmi ovlivňována půdní vlhkostí a obsahem koloidů. Velikost koheze i adheze má vliv na energetickou náročnost zpracování půdy. Přílnavost slouží také jako ukazatel toho, kdy je vhodné zahájit zpracování půdy po deštích a na jaře. [26]

4.4.2 Chemické vlastnosti

Chemické vlastnosti jsou ovlivňovány různými pochody, které v půdě probíhají, dále pak samotným chemickým složením výchozích materiálů, ale také lidskou činností. Řadíme sem přeměnu minerálních organických látek a jejich transport odčerpáním kořeny rostlin, a také sorpci a desorpci na rozhraní pevné fáze půdy s půdním roztokem. I když tyto procesy probíhají současně, tak se v čase různě mění jejich intenzita a je třeba brát v úvahu jejich vzájemné ovlivňování. Chemické poměry v půdě jsou tak značně dynamické. [15]

Chemické složení půdy

Po chemické stránce jsou nejjednodušší složkou jednotlivé prvky, které tvoří různé jednoduché i složité sloučeniny. Toto složení nám udává míru zastoupení jednotlivých prvků v půdě. Ve srovnání se zemskou kůrou se v půdě nejvíce vyskytuje kyslík a křemík, ale také uhlík, dusík a částečně také síra. Z výše jmenovaných je nejrozšířenějším prvkem kyslík, který je zastoupen přibližně v 50 %. Druhým rozšířeným prvkem je křemík, který obsahuje křemen a je ve velkém množství také v jeho sloučeninách. [13]

Půdní reakce

K nejvýznamnějším charakteristikám půdy patří reakce půdy. Rozlišujeme tři základní typy reakcí, kterými jsou kyselá, neutrální a alkalická. To, o jaký typ reakce se jedná, rozhoduje kupříkladu rozpustnost různých sloučenin, síla vazby výměnných iontů nebo aktivita různých mikroorganismů. Udáváme ji v jednotkách pH (záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů) nebo v mmol(+) na 100 g zeminy. [1]

Hodnoty pH v půdě mohou během roku značně kolísat. Obecně platí, že na půdách, kde je $\text{pH} < 3,5$ a $\text{pH} > 9$, nemohou plodiny dobře růst, proto je na těchto půdách dosahováno podstatně nižších výnosů než na neutrálních. Slabě kyselá až neutrální reakce ($\text{pH} = 6-7$) je pro růst rostlin nejvhodnější. [13] Přímé rozdělení půd je možné vidět v tabulce č. 6 níže.

Podle povahy rozlišujeme půdní reakce následovně:

- aktivní reakce – H^+ ionty jsou v půdním roztoku,
- potenciální reakce – H^+ ionty jsou absorbovány a do roztoku uvolněny výměnou, podle použitého roztoku je reakce výměnná nebo hydrolytická. [4]

Tabulka č. 6: Dělení půd podle reakce

Reakce	pH/H ₂ O	pH/KCl
silně kyselá	<4,9	<4,5
kyselá	4,9-5,9	4,5-5,5
slabě kyselá	5,9-6,9	5,5-6,5
neutrální	6,9-7,2	6,5-7,2
slabě alkalická	7,2-8,0	-
alkalická	8,0-9,4	-
silně alkalická	>9,4	-

Zdroj: [4]

4.4.3 Biologické vlastnosti

V půdě se vyskytuje velké množství makro i mikroorganismů, které jsou nezbytné pro vznik a existenci půdy. Organický podíl je tedy její neodmyslitelnou součástí. Půdní organismy žijící v půdě označujeme souhrnně jako půdní edafon. Ten se podílí na většině přeměn půdní organické hmoty a má přímý vliv na strukturu půdy, změny prostorového uspořádání půdy a také na odolnost půd proti degradaci. [28]

Edafon je nezbytnou součástí při tvorbě půdních agregátů, rozhoduje o rovnováze živin a plní funkci procesu samočištění půdy. Je také rozhodujícím faktorem při přeměně organických látek mineralizací, ulmifikací a humifikací. [27]

Nejdůležitější a nejpoužívanější je dělení edafonu podle jeho velikosti. Obecně rozlišujeme tři základní kategorie. Patří sem mikroedafon, mezoedafon a makroedafon. První z uvedených, mikroedafon, tvoří převážně zástupci rostlinné říše. Je to také převládající složka edafonu. Mezoedafon je tvořen zástupci z živočišné říše jako jsou: háďátka, měkkýši, členovci a žížaly. Posledním zmiňovanou složkou je makroedafon, kam patří obratlovci žijící v půdě. Ze zástupců je možné jmenovat krtky, sysly, myši, křečky, hraboše atp. Další rozdělení těchto

tří kategorií může být na půdní faunu a flóru (mikrofauna a mikroflóra), které doplňuje megafauna. [13]

4.5 Degradace půdy

Degradací rozumíme nežádoucí a negativní změny v půdě. Můžeme jí chápat jako narušení určité funkce nebo vlastnosti půdy. Pod tímto pojmem se označují veškeré procesy, které mohou vést ke znehodnocování půdy. Degradace je vlastnost a funkce půd, která je světovým problémem a dopadá na všechny země. Hlavními příčinami jsou důsledky intenzivního a extenzivního zemědělství, ale také veškeré důsledky působení lidské civilizace. Je to velmi pomalý proces, ale jeho důsledky mohou vést až k úplné likvidaci funkce půdy. Jelikož půda neslouží pouze k produkci potravin, ale také pro další zpracování surovin na paliva nebo výrobu textilu, tak by zničení funkce půdy mělo komplexní dopad. [14] [29]

V České republice ohrožují půdu degradační procesy:

- eroze půdy (vodní a větrná atd.),
- úbytky organické hmoty,
- acidifikace,
- zasolení,
- pedokompakce (utužení),
- ztráta organické hmoty,
- znečištění a kontaminace půdy. [14]

4.5.1 Eroze

Pojem eroze můžeme definovat jako komplexní proces, který v sobě zahrnuje rozrušování půdního povrchu, transport a usazování půdních částic. Základní silou, při které probíhá eroze, je gravitace. Uvolňování částic může být způsobeno vodou, větrem, ledem a jinými tzv. erozními činiteli. Eroze je přírodním procesem, který probíhá samovolně bez přítomnosti člověka, ale samotnou činností může člověk erozi značně urychlit, podobně jako klima. Můžeme jí také rozdělit na erozi přirozenou nebo zrychlenou. Přirozená probíhá velmi pomalu a přetváří reliéf území. Z hlediska lidské generace je nepozorovatelná. Zrychlená eroze značně ochuzuje zemědělskou půdu o její nejurodnější část – ornici a ta se sama půdotvorným procesem nestihne nahradit. Největším problémem je v ČR vodní a větrná eroze. [14] [30]

Vodní eroze

Intenzita vodní eroze souvisí s přívalovými dešti, délkou a sklonem svahu, pokrytím vegetace, působením člověka, a také vlastnostmi půdy. V ČR je ohroženo přibližně 54 % orných půd. Erozi jako takovou nelze zcela eliminovat, ale můžeme jí vhodnými opatřeními alespoň omezit. [20]

Vodní erozi rozumíme rozrušování zemského povrchu buďto dešťovými kapkami nebo povrchovým odtokem. Příklad poškození půdy následkem vodní eroze je patrný z obrázku č. 10. Půda je chráněna před vodní erozí hustým krytem vegetace. Podle formy jí dále dělíme na plošnou, rýhovou, výmolovou a proudovou. Při plošné erozi se půda odplavuje obvykle po celé ploše pozemku. Působením tohoto druhu eroze se postupně snižuje půdní profil pozemku. [30]

Obrázek č. 10: Poškození půdy vodní erozí



Zdroj: <https://www.agrojournal.cz/clanky/vodni-eroze-a-zpracovani-pudy-v-podminkach-cr-248>

Větrná eroze

Větrná eroze způsobuje škody rozrušováním povrchu půdy mechanickou silou větru, dále odnášením rozrušených částic a jejich ukládáním na jiné místo. Dochází tedy k odnosu ornice, hnojiva, osiva a celkovému ničení plodin. Dalším škodlivým faktorem může být zanášení komunikací, vodních toků a znečišťování ovzduší. Vzhledem k množství uvolněných půdních částic a jejich malé velikosti, mohou vznikat tzv. prašné bouře. [30]

Zrychlená větrná eroze se projevuje zejména v oblastech, kde se vyskytují lehčí půdy s minimálním nebo žádným porostem. Podle oficiálních odhadů VÚMOPu je v České republice

ohroženo tímto typem eroze 10,4 % půd. Podle intenzity eroze klesají také výnosy polních plodin. U střední intenzity cca 15-20 %, u silné 40-50 % a u velmi silné 75-100 %. [20]

Protierozní opatření

Vodní erozi je možné omezovat různými opatřeními (organizační, agrotechnické a technické). Mezi organizační opatření můžeme zařadit tvar, velikost a uspořádání pozemků, silniční a vodní síť atp. Agrotechnickým protierozním opatřením rozumíme ochranné obdělávání půdy, které zahrnuje řadu technologických postupů se zanecháním zbytků rostlin na povrchu půdy. Podstatou technického opatření je úprava terénu, výstavba záchytných a svodných příkopů, nádrží atd. Účelem těchto opatření je ochrana půdy před účinky dopadajících kapek deště, podpora vsaku vody do půdy, zlepšování soudržnosti půdy a neškodné odvádění a zachycování povrchové vody. [30]

Chránit půdu před větrnou erozí je možné zvýšením odolnosti půdy před větrem, a také snížením rychlostí větru nad zemským povrchem. Používány jsou různé typy větrolamů a zábran, zavlažování půdy, osévání pozemku plodinami s rozdílnou výškou nebo mulčování povrchu půdy. [20]

4.5.2 Acidifikace

Pod pojmem acidifikace (okyselování) rozumíme zvyšování koncentrace volných vodíkových iontů. K acidifikaci dochází buď vlivem působení přirozených půdních procesů (ve vlhčích podmínkách) anebo procesy spojené s lidskou činností, jako je používání kyselých působících průmyslových hnojiv (ale i statkových hnojiv, kejdy), účinkem imisí a kyselých dešťů a odebráním bazických prvků (především vápníku) z půdy obsaženého v plodinách. Rychlost okyselování závisí především na množství kyselých vstupů a přítomnosti CaCO_3 v půdě. [14]

4.5.3 Změny fyzikálních vlastností půdy

Půda má, jak již bylo výše uvedeno, mnoho fyzikálních vlastností, které se mohou měnit. Jedním z velkých problémů je rozpad půdní struktury, který má za následek pedokompakce (utužování půdy). Výsledkem je pak změna pórovitosti, infiltrace a propustnost půdy, objemové hmotnosti a snížení retenční vodní kapacity. [32]

Podle posledních odhadů se uvádí, že v ČR je pedokompakcí ohroženo 50 % zemědělských půd, v Evropě přibližně 30 milionů hektarů. Nesprávnými technologiemi a nesprávnou agrotechnikou na půdu vzniká tzv. technogenní kompakce. Negativně ovlivňuje výnosy pěstovaných rostlin, vodní poměry a život v půdě a může také zvyšovat náklady na následné zpracování zemědělské půdy. Omezení utužení je možné optimálním organickým hnojením a vápněním, dodržením správné struktury plodín v osevním postupu, použitím vhodné agrotechniky při optimální vlhkosti, využitím flotačních pneumatik u strojů nebo omezením zbytečných přejezdů přes pozemek. [4]

4.5.4 Ztráty organické hmoty

Organická hmota (humus) je nezbytná k optimálnímu biologickému životu půdy. Slouží k zadržování vody a půdní struktury, a také jako zásobník živin. Dále plní pufrací schopnost, což znamená schopnost vykonávat výkyvy prostředí. Množství organických látek závisí na mnoha faktorech: klimatu, půdotvorném substrátu (obsah CaCO_3), vodním režimu a vegetaci. K úbytku humusu může docházet vlivem působení eroze, zvýšenou mineralizací a aerací nebo nedostatečným přísunem kvalitní organické hmoty během intenzivní produkce. Vhodnou agrotechnikou, a zapravením organických hmot do půdy, je možné udržet množství na podobné hladině. [14]

4.5.5 Zasolení

Z celosvětového hlediska je přibližně 23 % výměry ohroženo zasolením, přičemž rozloha se soustavně mění. V ČR se zasolené půdy vyskytují ve dvou referenčních třídách (salisoly a natrisoly). Podle vodivosti a pH je možné rozdělit zasolené půdy na:

- salinické - dochází zde ke hromadění neutrálních rozpustných solí, jedná se o chloridy a sírany vápníku hořčíku, draslíku a sodíku
- salsodické – mají zvýšený obsah neutrálních solí a zároveň mají vyšší podíl iontů
- sodické – mají nižší hladinu neutrálních rozpustných solí, ale mají vysoký podíl iontů sodíku. [20]

Zasolené půdy vznikají v přírodním prostředí pedogenetickými pochody, které jsou podmíněny vysokým obsahem solí rozpustných ve vodě nebo Na^+ , zejména tak v mineralizované podzemní vodě nebo v půdotvorném substrátu. Kromě obsahu solí je intenzita ovlivněna také kapilárním zdvihem, který je ovlivňován zrnitostním složením půdy. [4]

4.5.6 Znečištění a kontaminace půdy

Kontaminaci je možné chápat jako nežádoucí obohacování půdy nejrůznějšími látkami, které se dostávají do půdy činností člověka. Jedná se především o rizikové prvky, perzistentní organické polutanty, radioaktivní prvky, kyanidy a další chemikálie. Škodlivé látky se do půdy mohou dostávat následkem těžby, pozůstatky z chemických továren, ale také vlivem dopravy a spalovacích procesů. Dalšími možnými příčinami znečištění je používání hnojiv a různých pesticidů. V České republice nelze zatím hovořit o kontaminaci v širším rozsahu, ale jedná se spíše o lokální území ve více exponovaných oblastech. [14] [31]

4.5.7 Desertifikace

Z obecného hlediska se jedná o proces, kdy se produktivní půda mění na neproduktivní. Desertifikaci neboli přeměnu krajiny v poušť, ovlivňuje zvyšování průměrných ročních teplot vzduchu a tím i teplota půdy. Tento problém může zasáhnout globálně všechny kontinenty. Aridní klima (území, kde je roční úhrn srážek menší než roční hodnota výparu) zaujímá v současnosti přibližně 40 % z celkové plochy pevniny. Hlavní příčinou desertifikace půdy je zřejmě nadměrná pastva. Zvířata nejsou rozptýlena na volné ploše, ale většinou jsou koncentrovány v jednom místě, čímž logicky dochází k nadměrnému porušování vegetace, které vede k následnému vysychání půdy. [20]

4.5.8 Zastavování půdy

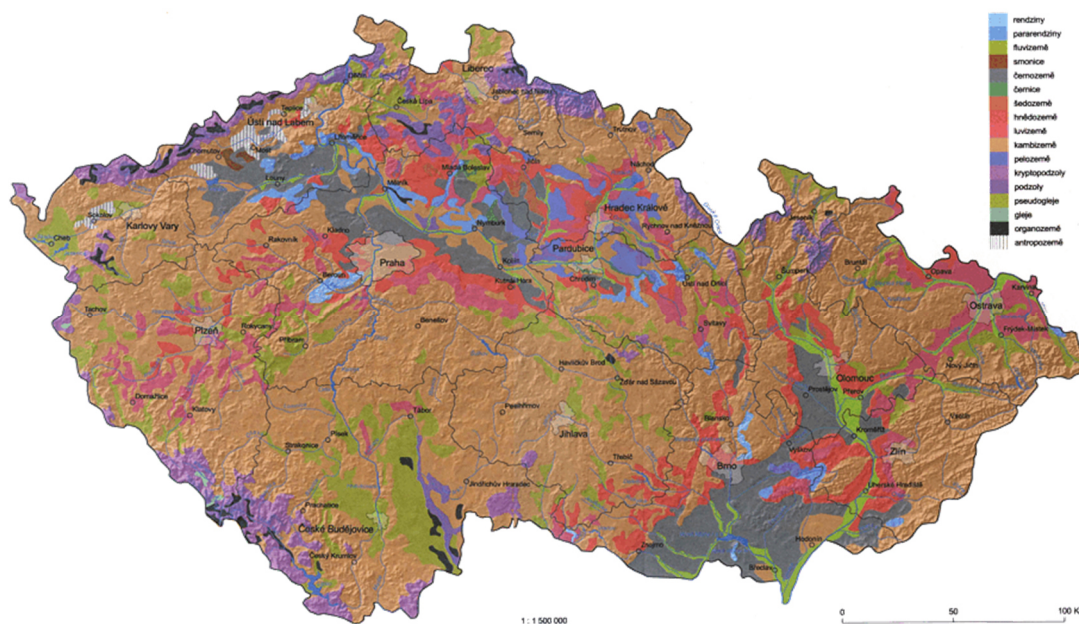
Tato problematika se netýká přímo degradace půdy, ale vzhledem k intenzitě tohoto problému je zde zahrnuta. Jedná se o znehodnocení půdy jako takové v důsledku výstavby různých budov, jako jsou kupříkladu nákupní centra, velké skladové haly a areály, ale také výstavba satelitních měst apod. Jedná se o velmi aktuální téma, kdy je trendem rozšiřování měst a budování stále nových staveb. Můžeme jako příklad uvést okraj Prahy, kde kvůli budovám firem, skladů a obchodních středisek je zabráno přes 100 hektarů velmi úrodné půdy. Vždy se v takovém případě jedná o nevratnou změnu, která představuje velký problém pro další generace. [14] [33]

4.6 Zastoupení půdních typů v České republice

Jednotlivé půdní typy jsou rozdělovány pomocí Taxonomického klasifikačního systému půd ČR. Rozmístění půdních typů v ČR můžeme vidět na obrázku č. 11. Jednotlivé kategorie systému zahrnují referenční třídy, půdní typy, subtypy a variety. Tento klasifikační systém může být využíván odborníky z různých oborů. Jednotlivé půdní typy jsou zastoupeny následovně:

- černozemě – nejúrodnější půdy, většinou v nížinách, tvoří cca 11,4 % zemědělských půd, vysoký obsah humusu,
- hnědozemě – velmi úrodné půdy, v nižších polohách (jižní Morava, východní a střední Čechy), tvoří cca 12,7 % zemědělské půdy,
- luvizemě – cca 5,1 % zemědělské půdy, světlejší půda náchylnější k erozi,
- pseudogleje – periodicky provlhčené půdy, cca 6,7 % půdního fondu, málo úrodné, většinou zatravněné,
- rendzimy – řídký výskyt, menší obsah humusu, bývají spíše zatravněny,
- kambizemě – cca 45 % zemědělské půdy, nejrozšířenější půdní typ v ČR, využití spíše pro méně náročné plodiny,
- fluvizemě – typické půdy v aluviálních polohách (okolí vodních toků),
- gleje – mají vysokou hladinu podzemní vody. [4][34]

Obrázek č. 11: Mapa půdních typů v ČR



Zdroj: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pudni_mapy/\\$FILE/OOOPK-Ceska_republika-20131128.gif](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pudni_mapy/$FILE/OOOPK-Ceska_republika-20131128.gif)

4.7 Pomocné půdní látky

Tyto látky jsou přesně definovány zákonem č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd. V České republice se smí používat pouze pomocné půdní látky (dále jen PPL), které jsou registrována podle zákona. PPL nesmí ohrožovat zdraví lidí ani zvířat, úrodnost půdy a poškozovat jinak životní prostředí. Je také nutné, aby byly splněny požadavky na jejich balení, označování a skladování. [35]

Obecně PPL slouží ke zmírnování negativního vlivu vnějšího prostředí a také jako prostředek ke zlepšení odolnosti rostlin vůči okolnímu prostředí. Využívají se v místech, kde jsou na půdu kladeny vysoké nároky z hlediska úrodnosti a také tam, kde je půda značně degradována. [36]

Za zmínku stojí kyselina fulvová, která zvyšuje odolnost rostlin vůči suchu, zlepšuje vstřebávání živin v půdě, stabilizuje hodnoty pH půdy a snižuje negativní vlivy aplikace umělých hnojiv na kvalitu půdy. [47]

4.7.1 Dělení PPL

Základní rozdělení PPL je podle jejich skupenství na přírodní, syntetické, pevné a kapalné. Dalším typem dělení je podle účinných látek. Rozlišujeme zde hydrogely, části řas a rostlinné výtažky, tepelně zpracované vulkanické horniny, drcené horniny, zuhelnatělá biomasa atp. [35]

4.8 Biouhel

Jedná se o povahově stejný materiál, jako je dřevěné uhlí. Liší se od něj však tím, že má jemnozrnnou strukturu (viz obrázek č. 12) a výsledný produkt není používán jako palivo. Vyrábí se zahříváním biomasy za velmi malého, nebo žádného, přístupu vzduchu. Tento proces se označuje jako pyrolýza. Teplota při pyrolýze se pohybuje od 300-600 °C. Základní složkou je chemicky stabilní uhlík, který je imunní vůči oxidaci a dalšímu rozkladu. Díky uhlíku, který na sebe váže živiny a jiné důležité látky (dusík, draslík, fosfor, ...), se tyto nevyplavují z půdy. Taktéž v půdě zadržuje vodu a pomáhá k odebírání CO₂ z atmosféry. Jeho ukládáním v půdě se značně zvyšuje její kvalita. [38]

Jelikož většina půd už uhel obsahuje, není biouhel v půdě ničím novým. Obvykle vzniká během požárů. Výroba biouhelu je přínosná také v dalších oblastech, jako jsou: odpadové hospodářství, energetika (využití energie tekutých paliv uvolněné při pyrolýze) a zlepšování kvality půd. [37]

Obrázek č. 12: Biouhel



Zdroj: biouhel.cz

4.9 Bonitace půdního fondu a úrodnost půdy

Základním úkolem půdy je zajištění vhodných podmínek pro růst a vývin plodin. Kvalitní půda by měla obsahovat dostatečné množství živin a vody, které jsou pro správný vývoj rostlin nezbytné. Úrodnost půdy lze tedy definovat jako schopnost zajistit plodinám optimální prostředí pro život. Kromě těchto faktorů je zapotřebí zajišťovat přítomnost mikro a makroorganismů. [39]

Cílem bonitace je zjištění produkční schopnosti půdy. Přibližně před 100 lety bylo hlavním kritériem posuzování zrnitostního složení, obsahu humusu a vrstevnatosti půdy. S postupem času se začlenila další kritéria jako hlavní pěstované plodiny, geneze půdy a substráty. Bonitace používá taxonomické jednotky HPKJ – Hlavní půdně klimatická jednotka a BPEJ – Bonitovaná půdně ekologická jednotka. Mimo tyto kategorie také existují KR – Klimatický region, HPJ – Hlavní půdní jednotka a PEJ – Půdně ekologická jednotka. [1]

4.9.1 Bonitovaná půdně ekologická jednotka (BPEJ)

Slouží k hodnocení absolutní a relativní produkční schopnosti zemědělských půd a podmínek jejich nejúčelnějšího využití. BPEJ udává informaci jednak o půdně-produkční charakteristice území, ale také i o půdně-genetických, půdně-ekologických, půdně-retenčních, geologických, morfologických, klimatických a hydrologických vlastnostech stanoviště. Hodnocení je vyjádřeno pomocí pětimístného kódu (viz. tabulka č. 7). [46]

Tabulka č. 7: BPEJ

Označení kódu BPEJ	Pořadí číslice v kódu BPEJ	Slovní popis	Rozsah hodnot
X.xx.xx	1.	kód klimatického regionu	0-9
x.XX.xx	2. a 3.	kód hlavní půdní jednotky	01-78
x.xx.Xx	4.	sdužený kód sklonitosti a expozice	0-9
x.xx.xX	5.	sdužený kód skeletovosti a hloubky půdy	0-9

Zdroj: [45]

5 Praktická část

V této části práce budou vyhodnocovány hodnoty, které byly naměřeny v květnu 2018 a v dubnu roku 2019 na pokusném poli Zemědělské společnosti Sloveč, a.s.

5.1 Zemědělská společnost Sloveč, a.s.

Zemědělská společnost Sloveč, a.s. (dále jen ZS Sloveč) byla založena 11. března 1996 na základě zakladatelské smlouvy a sídlí nedaleko Městce Králové v okrese Nymburk. Zakladateli bylo 5 bývalých členů Zemědělského družstva Sloveč. ZS Sloveč obhospodařuje polnosti o rozloze 3000 hektarů v oblasti Městce Králové. V rámci rostlinné výroby se zaměřuje na pěstování tradičních plodin, jako jsou: pšenice ozimá, ječmen ozimý, ječmen jarní, řepka ozimá, vojtěška, kukuřice a cukrovka. Z ostatních plodin, i s ohledem na situaci na trhu, pěstuje sóju, hořčici, slunečnice, mák, kmín atd. Kromě rostlinné výroby se ZS Sloveč věnuje také živočišné výrobě, přičemž v současné době chová cca 500 krav černostrakatého plemene pro mléčnou produkci. Jelikož si společnost uvědomuje problematiku zhutňování půdy, disponuje také pásovými traktory John Deere, které mají nižší měrný tlak na půdu než klasické kolové traktory. [44]

5.2 Klimatické podmínky a charakteristika pozemku

Na základě BPEJ má pozemek označení 3.06.02. a spadá tak do 3. klimatického regionu, který je mírně vlhký a teplý. Podle dostupných údajů o charakteristice regionu je možné sledovat, jaké jsou zde klimatické podmínky. Celková suma teplot nad 10 °C dosahuje hodnot 2500-2800. Co se týče průměrné roční teploty, ta se pohybuje mezi 8-9 °C. Průměrný úhrn srážek je v hodnotách 550-650 mm/rok. Pravděpodobnost suchých vegetačních období uvádí 10-20 %. Skupina půdních typů jsou černozemě, přičemž půdotvorný substrát tvoří slíny a jílovité břidlice. Z hlediska hydrologické charakteristiky je třeba zmínit infiltraci, která má velmi nízkou rychlost i při úplném nasycení vzhledem k velkému obsahu jílu a jílovitých částic. Naopak velkou výhodou tohoto typu půdy je její vysoká retenční kapacita. Podle hloubky půdy lze označit půdu za hlubokou, jelikož její hloubka se pohybuje od hranice 60 centimetrů. Celkový obsah skeletu se pohybuje mezi 10 – 25 %, což jsou hodnoty pro slabě skeletovitou půdu.

Vzhledem k těmto parametrům můžeme půdu vyhodnotit jako velmi kvalitní a vhodnou pro zemědělskou produkci. [45]

5.3 Varianty pozemku

Toto pokusné pole, které obhospodařuje ZS Sloveč, je celkem rozděleno na 18 dílčích pokusných parcel, přičemž každá z nich byla hnojena různými prostředky. V této práci je věnována pozornost označeným parcelám, tj. dohromady 12 variant. Černě označeny jsou starší varianty S1 až S6, které byly založené v roce 2014. Červeně jsou označeny varianty N1 až N6, které byly založené v roce 2017. Jejich označení je patrné z obrázku č. 13. Zbylé varianty v této práci posuzovány nebudou. Na parcelách byl v různých kombinacích aplikován kravský hnůj (30 tun/ha), neOsol (150 kg/ha), NPK a kravský hnůj obohacený přípravkem Z'fix.

Obrázek č. 13: Plánek variant pokusného pozemku



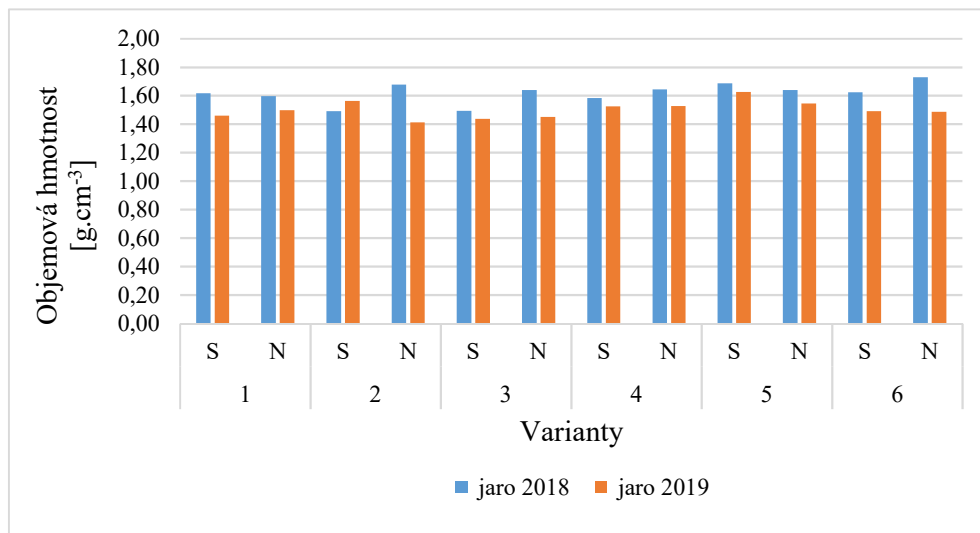
Zdroj: Autor

5.4 Objemová a redukovaná objemová hmotnost

Odběrem neporušených půdních vzorků do tzv. Kopeckého válečku byla následně měřena objemová hmotnost půdy, tj. přirozeně vlhká půda po odběru a redukovaná objemová hmotnost půdy, která je již vysušená. V následujících grafech na obrázcích č. 14-17, je možné vidět naměřené hodnoty u starých (S1-S6) a nových (N1-N6) variant. Vzorky byly odebírány ve dnech 15.5.2018 (jaro 2018) a 2.4.2019 (jaro 2019).

Z hlediska naměřených hodnot objemové hmotnosti lze konstatovat, že prakticky ve všech variantách, kromě varianty S2, došlo od května 2018 do dubna 2019 k poklesu hodnoty objemové hmotnosti přibližně o $0,1 \text{ g.cm}^{-3}$. Porovnáme-li hodnoty u starých a nových variant po aplikaci hnojiv v květnu 2018, tak u nových variant byly zaznamenány vyšší poklesy objemové hmotnosti než u starých v dubnu 2019. Největší rozdíly staré/nové se týkají variant S2/N2, kde je rozdílná hodnota dosahuje $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$. Z hlediska poklesu od května 2018 do dubna 2019 prošly největší změnou varianty N2 a N6, kde byly úbytky objemové hmotnosti nejvýraznější.

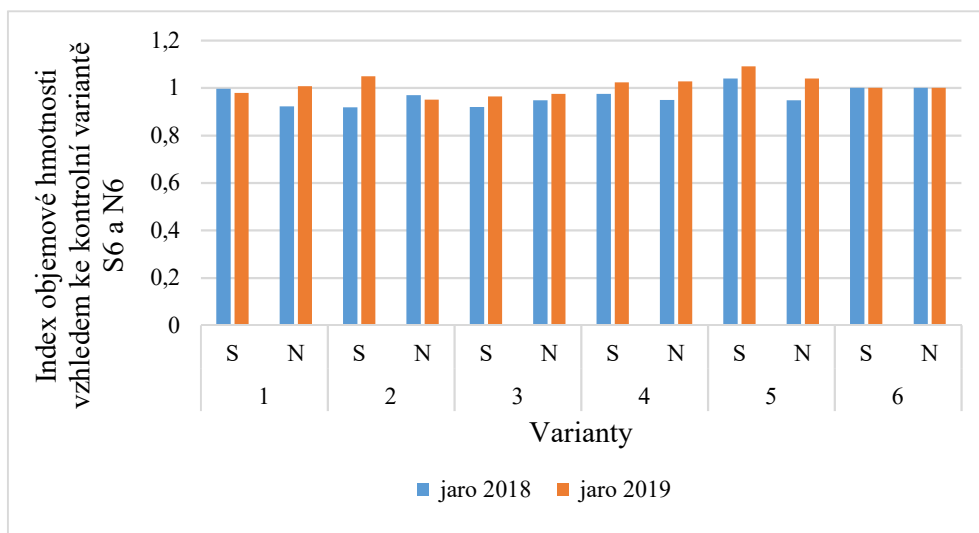
Obrázek č. 14: Graf průměrné objemové hmotnosti jednotlivých variant na jaře 2018 a 2019



Zdroj: Autor

Na následujícím obrázku č. 15, můžeme pozorovat objemovou hmotnost vztaženou k průměru kontrolních variant S6 a N6. Hodnotě indexu 1 se nejvíce přiblížila varianta S1, a to v obou letech. Varianta S5 se naopak dostala nad hranici a vykazovala vyšší hodnoty.

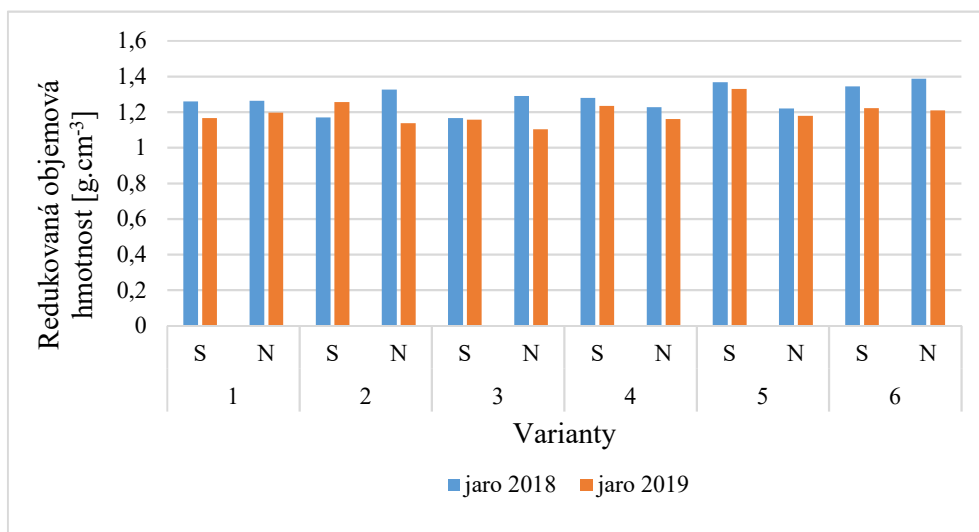
Obrázek č. 15: Graf indexu objemové hmotnosti vzhledem ke kontrolním variantám S6 a N6



Zdroj: Autor

U redukované objemové hmotnosti byly naměřené hodnoty v porovnání s objemovou hmotností nižší v průměru o $0,3 \text{ g.cm}^{-3}$. Od května 2018 do dubna 2019 došlo k poklesu u všech nových variant, nejvíce u varianty N2 (kravský hnůj + Z'fix + neOsol), kde je rozdíl $0,24 \text{ g.cm}^{-3}$. Paradoxně však u staré varianty S2, kde byla použita stejná kombinace hnojiv, byl zaznamenán nárůst redukované objemové hmotnosti téměř o $0,1 \text{ g.cm}^{-3}$. Velkým poklesem prošla varianta N6 (kontrola NPK), konkrétně o $0,18 \text{ g.cm}^{-3}$.

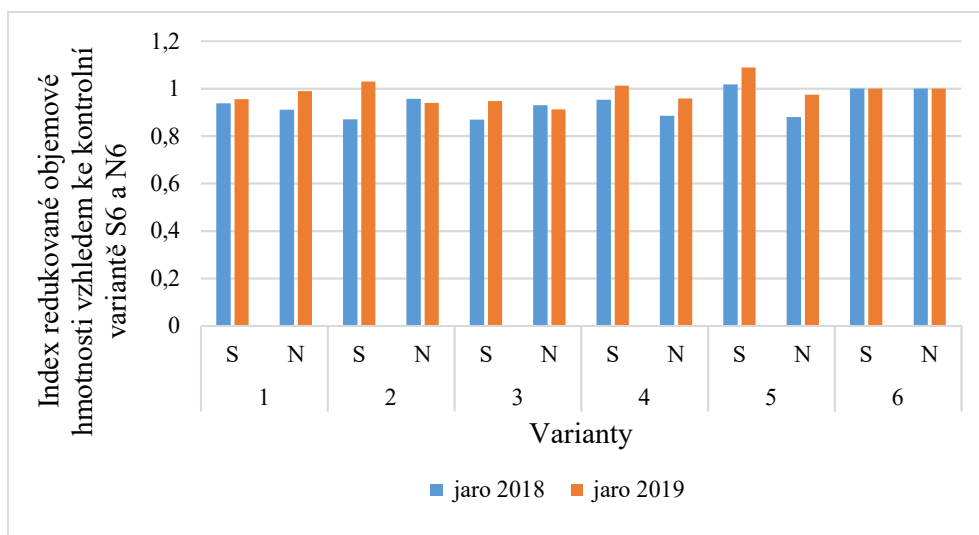
Obrázek č. 16: Graf průměrné redukované objemové hmotnosti jednotlivých variant na jaře 2018 a 2019



Zdroj: Autor

V následujícím grafu je znázorněná hodnota indexu redukované objemové hmotnosti vztážená k průměru kontrolních variantám S6 a N6. Kontrolní N6 se nejvíce přiblížily nové varianty N1 (kravský hnůj + Z' fix) a N5 (neOsol). U starých pak varianty S1 (kravský hnůj + Z' fix) a S5 (neOsol), přičemž v tomto případě byl index nad hodnotou 1.

Obrázek č. 17: Graf indexu redukované objemové hmotnosti vzhledem ke kontrolním variantám S6 a N6



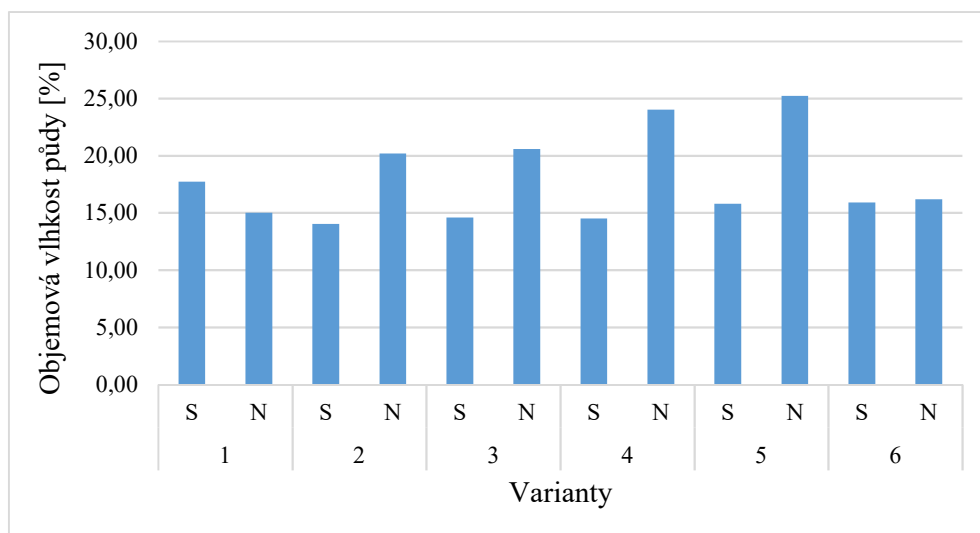
Zdroj: Autor

5.5 Vlhkost půdy

Vlhkost půdy nám udává procentuální zastoupení vody v půdě. Vlhkost půdy je ovlivňována dalšími vlastnostmi půdy a zejména klimatickými podmínkami. Vlhkost byla zjišťována v rámci terénního měření pomocí ručního přenosného vlhkoměru v dubnu v roce 2019.

Z následujícího obrázku č. 18, grafu vlhkosti půdy, je patrné, že staré varianty se vzhledem ke kontrolní variantě S6 prakticky nelišily. Naměřené hodnoty představují vlhkosti na povrchu půdy, s větší hloubkou se vlhkost může měnit, jelikož zde zasahují další faktory, především množství srážek a tím úroveň hladiny podzemní vody. Obecně největších vlhkostí dosahovaly nové varianty, kde se vlhkost pohybovala kolem 20 %.

Obrázek č. 18: Graf vlhkosti půdy na jaře 2019



Zdroj: Autor

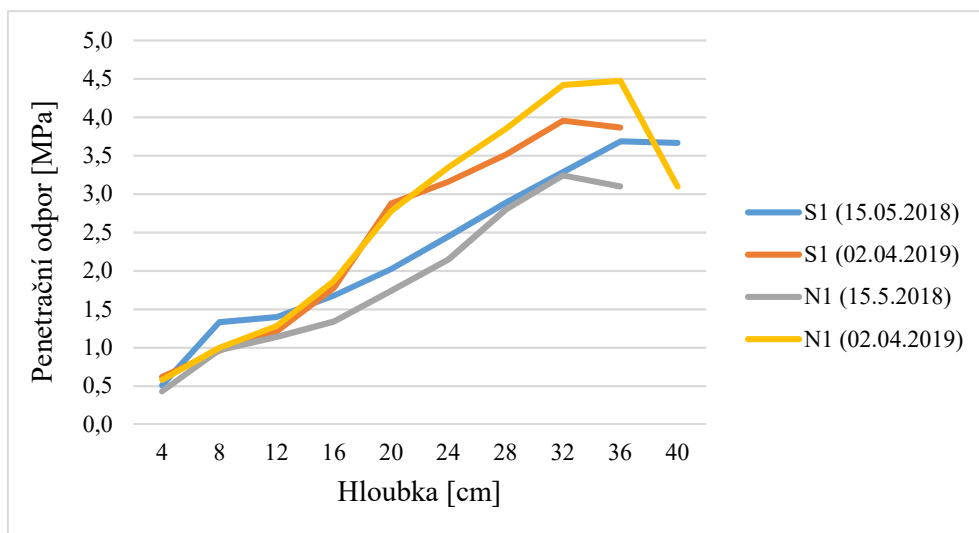
5.6 Penetrační odpor

Jednotlivé hodnoty penetračního odporu byly měřeny pomocí penetrometru. Odporu byly měřeny ve hloubkách 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36 a 40 centimetrů, přičemž pro každou hloubku bylo měření prováděno 10x, aby byla výsledná hodnota co nejpřesnější. V následujících grafech, které znázorňují jednotlivé varianty (stará + nová), je vždy použitý průměr těchto deseti hodnot. Měření probíhalo ve dvou termínech, první v květnu 2018 a druhé v dubnu roku 2019.

5.6.1 Varianta S1/N1

Následující graf (obrázek č. 19) zobrazuje průměrné hodnoty, které byly naměřeny ve dvou termínech, a to 15. 5. 2018 a 2. 4. 2019. Graf obsahuje hodnoty ze dvou variant (stará S1 a nová N1), jelikož na obou variantách byl použit stejný typ hnojení. V těchto variantách byl aplikován kravský hnůj, který byl ošetřený přípravkem Z'fix. Obecně platí, že velikost penetračního odporu se zvyšuje vzhledem ke zvyšující se hloubce. V porovnání nové a staré varianty lze také konstatovat, že naměřené hodnoty se od sebe příliš nelišily a dosahovaly podobných hodnot. Rozdíl je však patrný při měření v květnu 2018 a dubnu 2019. Dubnové hodnoty, oproti květnovým, vzrostly o 1 MPa a tento rozdíl již byl zachován až po největší hloubku, kde měření probíhalo.

Obrázek č. 19: Graf penetračního odporu u variant S1/N1

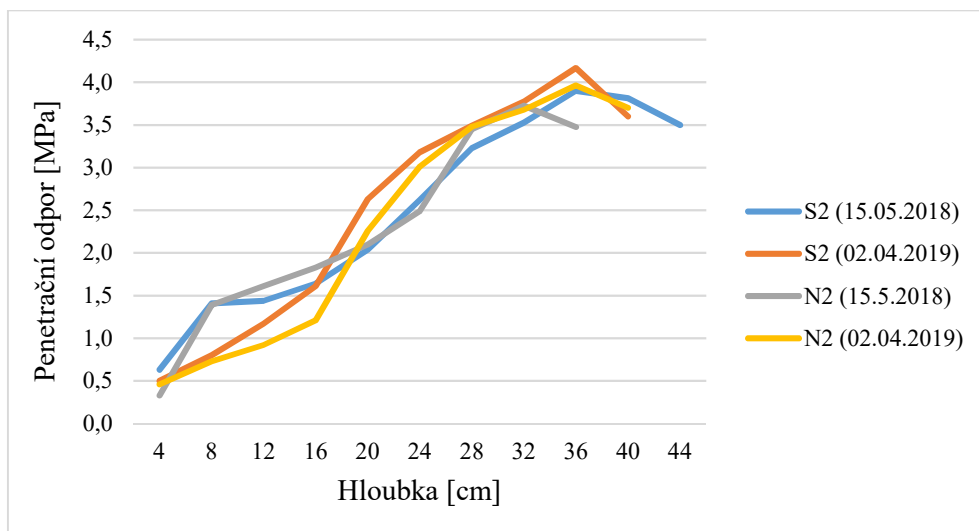


Zdroj: Autor

5.6.2 Varianta S2/N2

U této varianty S2/N2 byl použit kravský hnůj ošetřený Z'fix a neOsol. Také je možné z tohoto grafu na obrázku č. 20 pozorovat jistou podobnost nových i starých variant. Hodnoty penetračního odporu, které byly měřeny v květnu 2018, byly větší do hloubky 16 cm. V této hloubce byly všechny naměřené odpory prakticky totožné a následně s přibývajícím hloubkou dosahovaly většího odporu hodnoty změřené v dubnu 2019. Tyto hodnoty zaznamenaly největší nárůst mezi 16 až 28 centimetry, kde rozdíl odporu byl téměř 2 MPa.

Obrázek č. 20: Graf penetračního odporu u variant S2/N2

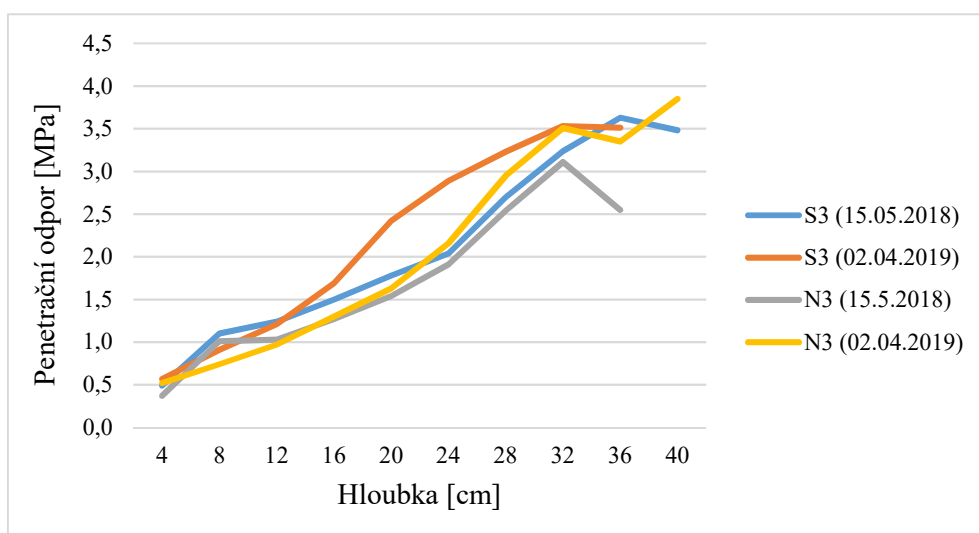


Zdroj: Autor

5.6.3 Varianta S3/N3

V této variantě byl aplikován pouze kravský hnůj. Jak je vidno z grafu na obrázku č. 21, zde se nejvíce lišila varianta S3 (měřeno 2019), kde probíhalo měření v dubnu 2019. Oproti N3 (měřeno 2019) se odlišovala prakticky od hloubky 4 cm až po hloubku 32 cm, kde byl odpor totožný 3,5 MPa.

Obrázek č. 21: Graf penetračního odporu u variant S3/N3

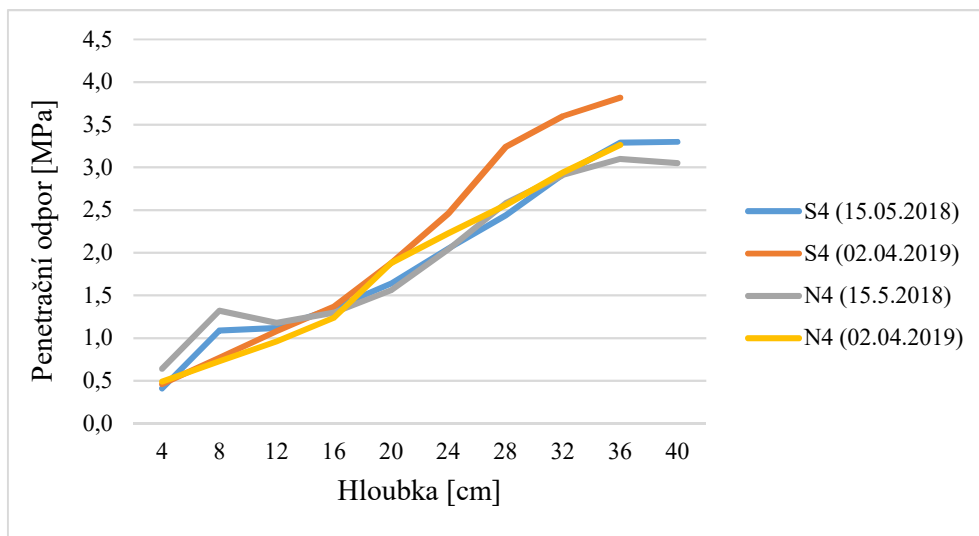


Zdroj: Autor

5.6.4 Varianta S4/N4

Na těchto variantách byl aplikován kravský hnůj a neOsol. Z grafu na obrázku č. 22 je patrné, že naměřené hodnoty v květnu 2018 vykazovaly v menší hloubce větší penetrační odpor, zatímco v hloubce 16 cm se tyto hodnoty vyrovnaly. Ve větších hloubkách byly největší hodnoty naměřeny u varianty S4 (měření 2.4.2019), a to zhruba o 0,5 MPa nad ostatními.

Obrázek č. 22: Graf penetračního odporu u variant S4/N4

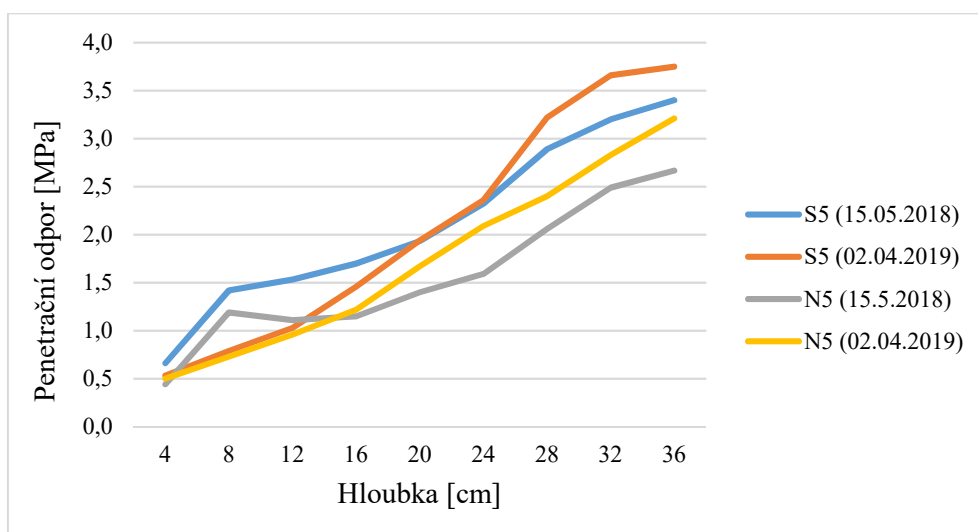


Zdroj: Autor

5.6.5 Varianta S5/N5

V této variantě byl použit přípravek neOsol. V tomto případě lze na obrázku č. 23 pozorovat, že bez ohledu na termín měření byly více ztuhlé staré varianty. Nejmenší naměřené hodnoty od hloubky 16 cm byly u varianty N5 (měřeno 2018). Největší rozdíl byl mezi S5 (měřeno 2019) a N5 (měřeno 2018) v hloubce 32 cm, kde výsledný rozdíl byl 1,2 MPa.

Obrázek č. 23: Graf penetračního odporu u variant S5/N5

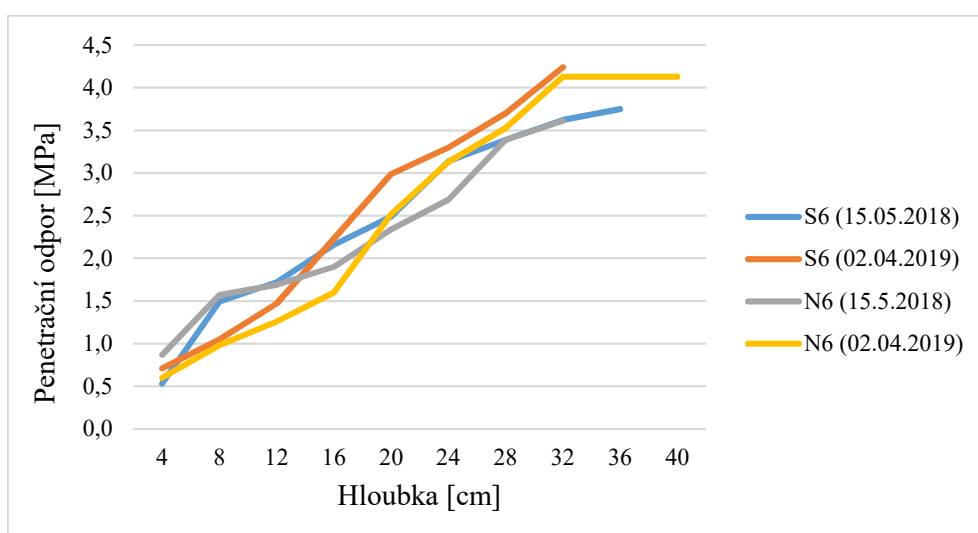


Zdroj: Autor

5.6.6 Varianta S6/N6

Na těchto variantách bylo použito pouze NPK. Jedná se o kontrolní variantu, se kterou jsou srovnávány ostatní varianty. Naměřené hodnoty lze pozorovat na následujícím obrázku č. 24. Nejrazantnější růst byl zaznamenán u obou variant, na kterých byly hodnoty měřeny v květnu 2019. Konkrétně se jednalo o hloubky 12 až 20 cm a 16 až 24 cm, přičemž u obou variant, nové i staré (měřeno 2019), byl nárůst penetračního odporu 1,5 MPa.

Obrázek č. 24: Graf penetračního odporu u variant S6/N6



Zdroj: Autor

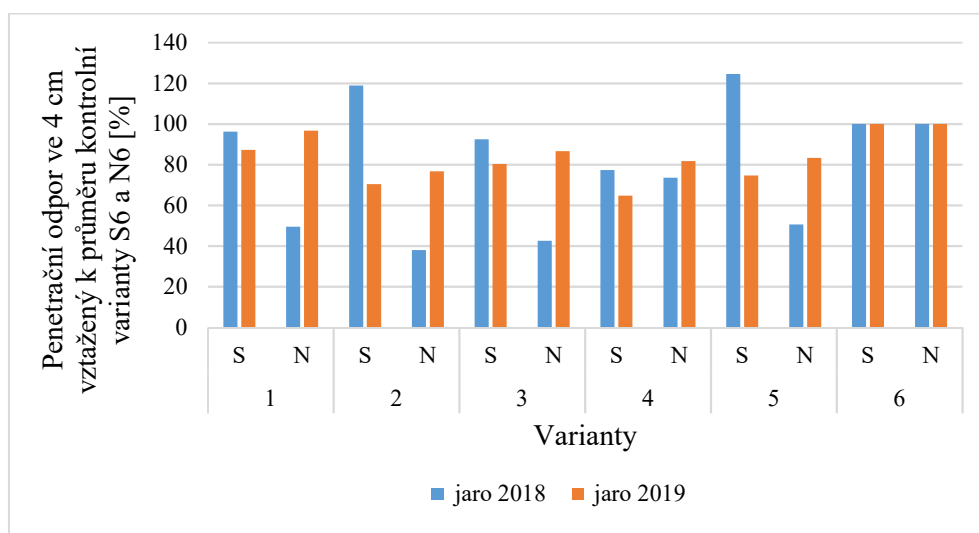
5.7 Penetrační odpory měřené v jednotlivých hloubkách

V této kapitole jsou porovnány naměřené odpory jednotlivých variant z 15.5.2018 (jaro 2018) a 2.4.2019 (jaro 2019) vzhledem ke kontrolním variantám S6 a N6.

5.7.1 Měření v hloubce 4 centimetrů

V následujícím grafu na obrázku č. 25 je možné sledovat penetrační odpor v hloubce 4 cm vztažený k průměru kontrolní varianty. Nejlepší hodnoty odporu, více než 50 % menší, měly nové varianty, a to konkrétně varianta N1, N2 a N3. Oproti tomu se zhoršila hodnota odporu u starých variant S2 a S5, které vykazovaly nárůst přibližně o 20 %, ale o rok později ve 2019 se tyto hodnoty zlepšily o 50 %, čímž se dostaly na nižší hodnoty, než byly u kontrolních variant.

Obrázek č. 25: Graf odchylek penetračního odporu v hloubce 4 cm

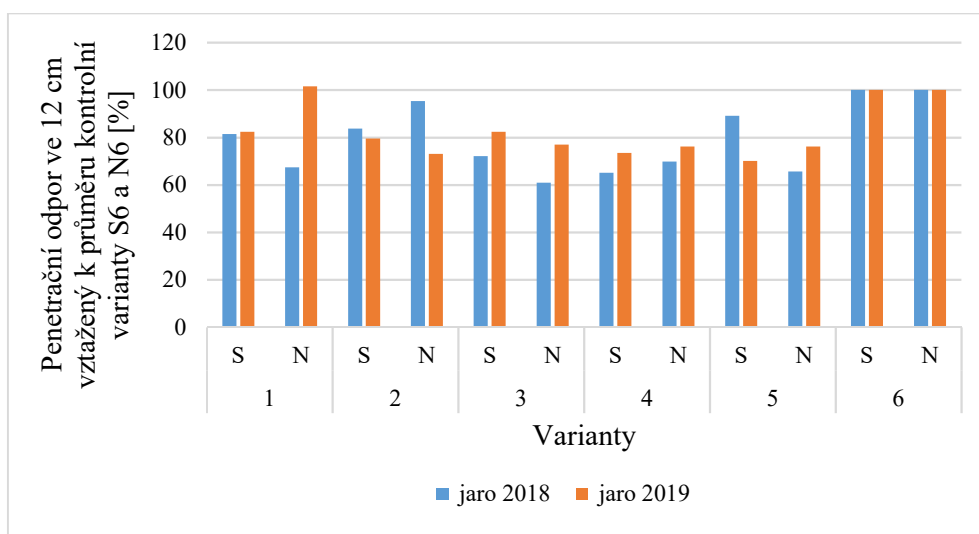


Zdroj: Autor

5.7.2 Měření v hloubce 12 cm

Jak je patrné z obrázku č. 26, v této hloubce vykazovaly všechny varianty lepší hodnoty než kontrolní varianty S6 a N6. Pouze v jednom případě u varianty N1 (jaro 2019) byl zaznamenán větší nárůst mezi lety 2018 a 2019, a to o 34 %. Mezi ostatními variantami jinak nedošlo k nějakým zásadním změnám mezi dvěma obdobími.

Obrázek č. 26: Graf odchylek penetračního odporu v hloubce 12 cm

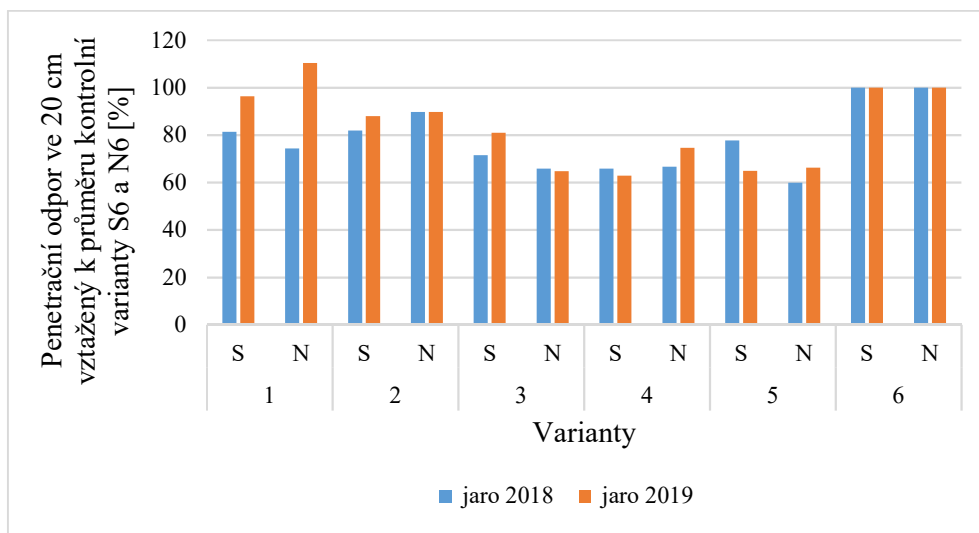


Zdroj: Autor

5.7.3 Měření v hloubce 20 cm

Z následujícího grafu na obrázku č. 27 je patrné, že také v této hloubce varianty dosahovaly lepších hodnot než kontrolní varianty S6 a N6. Pouze u varianty N1 v roce 2019 došlo k překročení o 10 % nad kontrolní varianty. V ostatních variantách byly oba roky poměrně vyrovnané.

Obrázek č. 27: Graf odchylek penetračního odporu v hloubce 20 cm

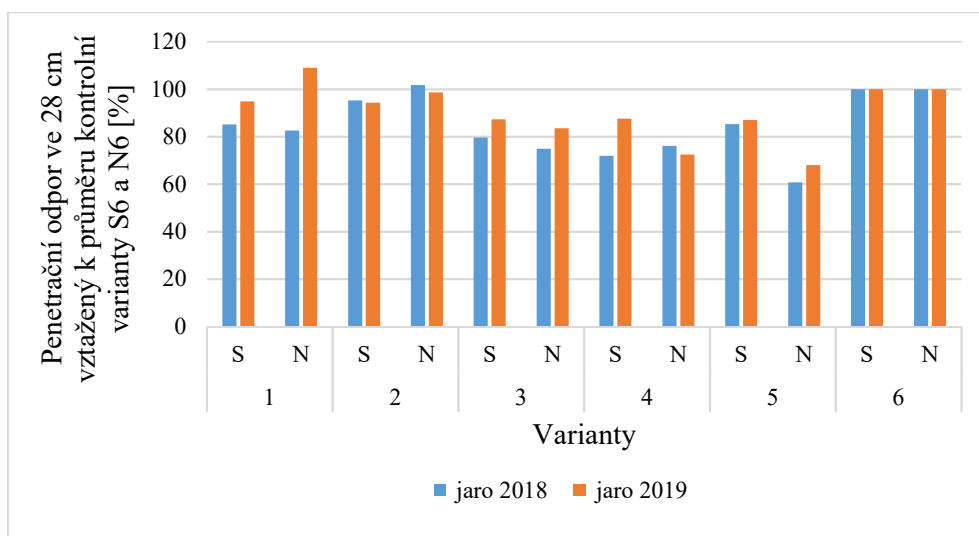


Zdroj: Autor

5.7.4 Měření v hloubce 28 cm

Na tomto grafu z obrázku č. 28 lze pozorovat mírný nárůst hodnot v roce 2019. Opět, jako v přechozí hloubce 20 cm, došlo u varianty N1 ke zjištění horší hodnoty penetračního odporu v porovnání s kontrolní variantou. Rozdíl byl podobný kolem 10 %. Velmi dobré hodnoty dosahovala varianta N5, kde při prvním měření ve 2018 byla hodnota odporu o 40 % a v roce 2019 o 32 % nižší. Od roku 2018 do 2019 došlo, až na výjimky, k mírnému nárůstu hodnot.

Obrázek č. 28: Graf odchylek penetračního odporu v hloubce 28 cm

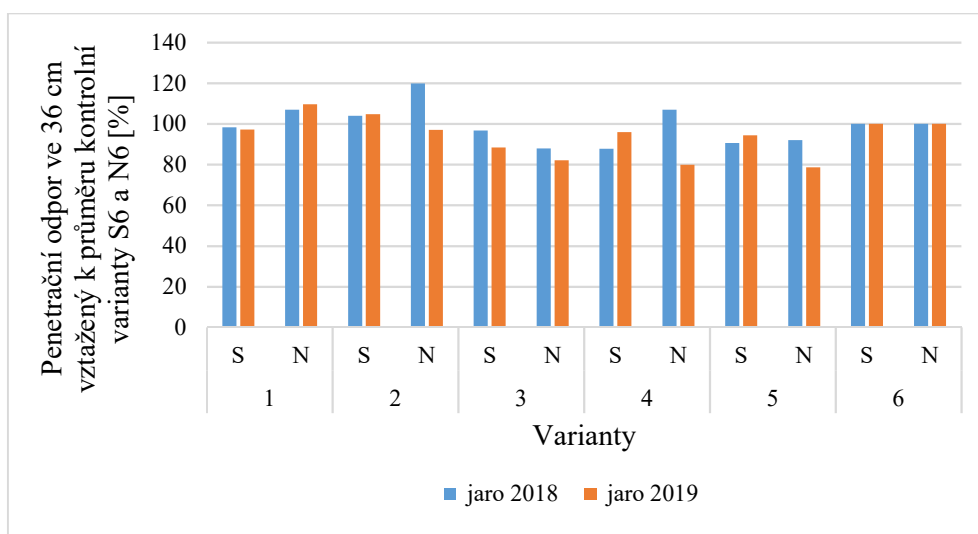


Zdroj: Autor

5.7.5 Měření v hloubce 36 cm

V této hloubce došlo prakticky ke sjednocení hodnot penetračního odporu. Jsou sice patrné drobné rozdíly od kontrolních variant, ale v porovnání s menšími hloubkami jsou podstatně menší. U variant měřených na jaře 2018 (N1, N2, N3 a N6) a na jaře 2019 (S6 a N1) bylo uskutečněno méně než 5 úspěšných měření, tudíž berme výsledné hodnoty spíše orientačně. Hodnoty promítnuté v grafu je možné vidět na obrázku č. 29. Toto je také maximální hloubka, pro kterou bylo možné graf s objektivními hodnotami vytvořit, jelikož v dalších hloubkách bylo provedeno pouze minimum úspěšných měření a zpracování dat by nemělo vypovídající hodnotu.

Obrázek č. 29: Graf odchylek penetračního odporu v hloubce 36 cm



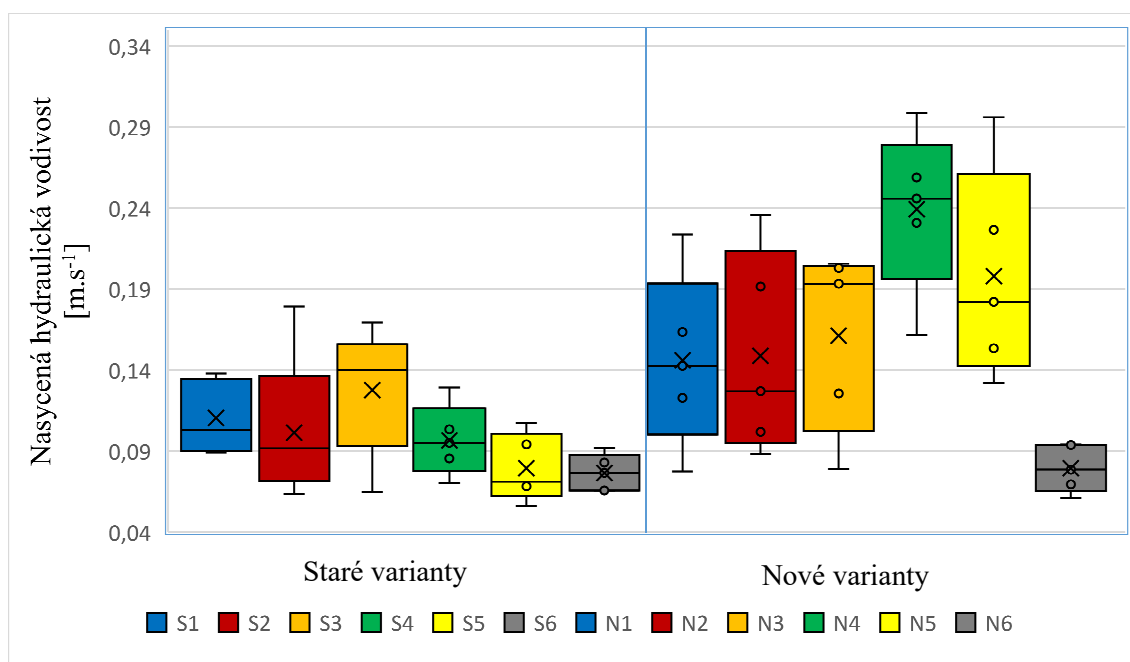
Zdroj: Autor

5.8 Infiltrace půdy

Následující graf ukazuje závislost hydraulické vodivosti na jednotlivých variantách, starých i nových. Nasycená hydraulická vodivost byla stanovena metodou „simplified falling-head“. Podle této metody je infiltrace převedena na nasycenou hydraulickou vodivost, která byla spočítána podle vzorce uvedeného v kapitole 3.3.1. Pro výpočet byla potřeba znát počáteční vlhkost, konečná vlhkost půdy a čas, za který se voda vsákla do půdy. Samotné měření probíhalo 2.4.2019.

Samotný graf nasycené hydraulické vodivosti na obrázku č. 30 je rozdělen na staré (S1-S6) a nové (N1-N6) varianty. Na první pohled je patrné, že všechny nové varianty (N1-N5) měly podstatně větší rozptyl než staré varianty. V porovnání průměrných hodnot nasycené hydraulické vodivosti lze pozorovat, že nové varianty mají vodivost vyšší. U starých variant se kontrolní variantě S6 (NPK) nejvíce přibližuje varianta S5 (neOsol), kde S5 má sice větší rozptyl hodnot, ale medián je na téměř stejné úrovni. U nových variant se mediánem přiblížila ke kontrolní variantě N6 varianta N2 (kravský hnůj + Z'fix + neOsol), ale její rozdíl $0,48 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Absolutně největší střední hodnota byla zjištěna u varianty N4 (kravský hnůj + neOsol).

Obrázek č. 30: Graf nasycené hydraulické vodivosti v roce 2019



Zdroj: Autor

Vysvětlivky ke grafu: křížek – aritmetický průměr, krabice – 2. až 3. kvartil, svorka – horní a dolní mez, čára uvnitř krabice – medián

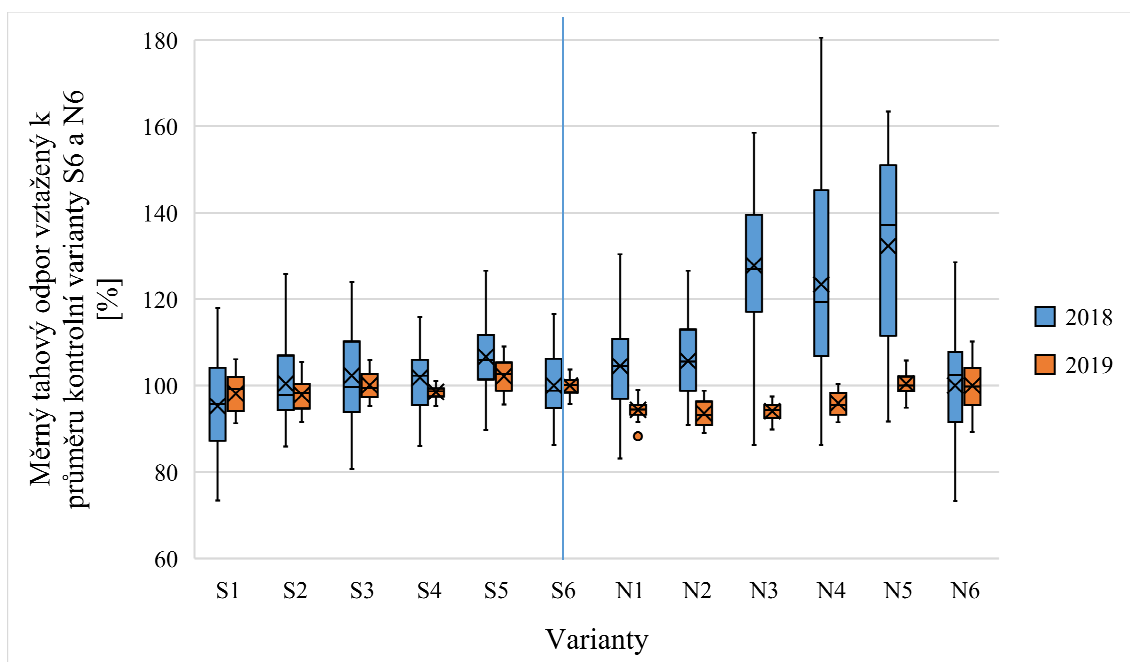
5.9 Tahový odpor

První měření tahového odporu se uskutečnilo v srpnu 2018 a druhé pak v červenci 2019, oboje tedy v letních měsících. V rámci prvního měření byl jako tažný traktor použitý John Deere 9560 RT s maximálním výkonem 560 koní. Za druhým taženým traktorem byl připojený hloubkový kypřič Horsch Tiger 5 AS s maximálním pracovním záběrem 5 metrů. Při druhém měření sloužil jako tažný traktor John Deere 9570 RT s maximálním výkonem 570 koní. V tomto případě byl za taženým traktorem připojen kypřič Köckerling Vario 48 s pracovním záběrem 4,8 metru. Během měření však nebyl plně rozložený a měření probíhalo při šířce stroje 3 metry.

V následujícím grafu tahového odporu na obrázku č. 31 můžeme sledovat změny tahového odporu v letech 2018 a 2019. Průměrné hodnoty kontrolních variant S6 a N6 mají hodnotu tahového odporu 100 % a vůči nim jsou ostatní varianty porovnávány. Obecně lze říci, že podstatně větší rozptýly hodnot byly zjištěny při zkoušce v roce 2018. V porovnání starých a nových variant je patrné, že staré varianty S1-S5 se pohybovaly na hranici kolem 100 %

a lišily pouze pár procenty, což nelze ze statistického pohledu považovat za vypovídající hodnotu. Velmi významný pokles tahového odporu nastal u variant N3 (kravský hnůj), N4 (kravský hnůj + neOsol) a N5 (neOsol). U těchto variant byl zjištěn meziroční pokles tahového odporu kolem 30 %.

Obrázek č. 31: Graf tahového odporu v letech 2018 a 2019



Zdroj: Autor

Vysvětlivky ke grafu: křížek – aritmetický průměr, krabice – 2. až 3. kvartil, svorka – horní a dolní mez, čára uvnitř krabice – medián, kroužek – odlehlý extrém

6 Vyhodnocení měření

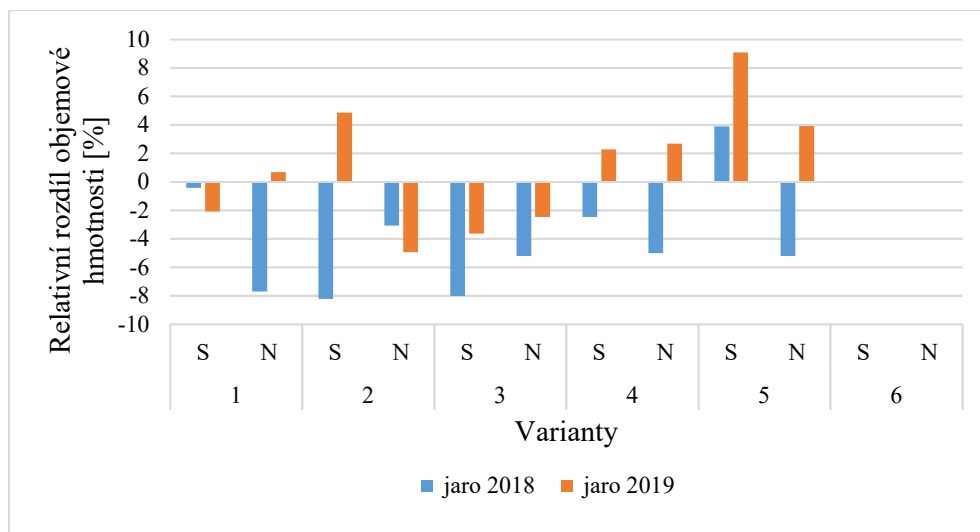
V této kapitole jsou shrnuty naměřené hodnoty u objemové a redukované objemové hmotnosti, vlhkosti, penetračního odporu, infiltrace a tahového odporu, a také jejich porovnání s kontrolními variantami.

Vyhodnocení objemové hmotnosti

Objemová hmotnost půdy je bezesporu velmi důležitou vlastností půdy, jelikož na základě její hodnot lze částečně zjistit úrodnost půdy.

Následující obrázek č. 32 představuje procentuální rozdíly vůči kontrolním variantám. Je vidět, že se ostatní varianty od kontrolních lišily do 10 %. Nejvíce S5 (neOsol + NPK) o 9 % v roce 2019. Obecně se však od kontrolních variant lišily hodnoty z roku 2018, především u variant N1 (kravský hnůj + Z'fix + NPK), S2 (kravský hnůj + Z'fix + neOsol + NPK) a S3 (kravský hnůj + NPK). Je potřeba zmínit, že hodnoty ostatních variant se většinou meziročně vzhledem ke kontrolním variantám zvýšily, avšak žádoucí trend je opačný. Z těchto naměřených hodnot nelze tedy konstatovat, že by některé hnojivo, nebo jejich kombinace, mělo výrazně pozitivní vliv na snížení objemové hmotnosti.

Obrázek č. 32: Graf relativního rozdílu objemové hmotnosti vzhledem ke kontrolním variantám S6 a N6

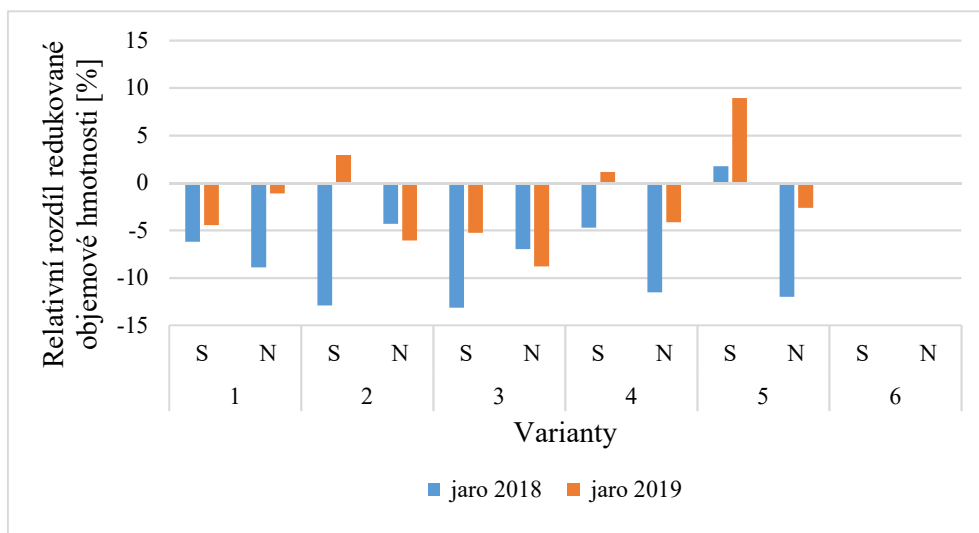


Zdroj: Autor

V procentuálním porovnání vzhledem ke kontrolním S6 a N6 (NPK) jsou nejmarkantnější varianty S2 (kravský hnůj + Z'fix + neOsol + NPK), S3 (kravský hnůj + NPK), N4 (kravský hnůj + neOsol + NPK) a N5 (neOsol + NPK), které měly lepší hodnoty o více než 10 %

(viz obrázek č. 33). Po aplikaci uvedených hnojiv došlo meziročně k jejich nárůstu. Opačný posun lze sledovat u variant N2 (kravský hnůj + Z'fix + neOsol + NPK) a N3 (kravský hnůj + NPK), kde se hodnoty nepatrně zlepšily.

Obrázek č. 33: Graf relativního rozdílu redukované objemové hmotnosti vzhledem ke kontrolním variantám S6 a N6



Zdroj: Autor

Vyhodnocení vlhkosti půdy

Další problematikou bylo měření vlhkosti půdy. Vlhkost půdy byla měřena v terénu přenosným vlhkoměrem na jaře v roce 2019. Všechny varianty měly relativně podobnou hodnotu vlhkosti, avšak tyto hodnoty popisují vlhkost pouze ve svrchní vrstvě půdy. Vzhledem k podobné míře vlhkosti lze usuzovat, že jednotlivé způsoby hnojení zásadně neovlivňují obsah vody v půdě. Od kontrolních variant se nejvíce odlišovaly varianty N4 (kravský hnůj + neOsol + NPK) a N5 (neOsol + NPK), které dosahovaly vlhkosti vyšší o 10 %.

Vyhodnocení penetračního odporu

Velikost penetračního odporu je velmi závislá na vlhkosti v půdě. Je zřejmé, že s rostoucí hloubkou se zvyšuje také hodnota odporu. Z naměřených hodnot pomocí penetrometru lze jen těžko definovat přesné závěry z měření. Avšak z měření usuzují, že v hloubce 4 cm, nebyly hodnoty příliš vyrovnané a nelze říci, zdali měly některé přípravky a způsoby hnojení zásadní vliv na velikost penetračního odporu.

Patrně do hloubky 20 cm je ale možné sledovat meziroční pokles penetračního odporu u většiny variant. Největší poklesy hodnot byly zaznamenány ve variantách S2 a N2, kde byl aplikován kravský hnůj ošetřený přípravkem Z'fix a neOsol + NPK. Podobný pokles hodnot nastal také u variant S5 a N5 po aplikaci neOsol a NPK. Z tohoto je možné usoudit, že právě přípravek neOsol by mohl mít příznivý vliv na snížení penetračního odporu.

Ve velkých hloubkách jsou hodnoty odporu téměř vyrovnané, ale u varianty S5 a N5 převládají dlouhodobě nižší hodnoty penetračního odporu vzhledem ke kontrolním variantám S6 a N6 (NPK).

Vyhodnocení infiltrace půdy

Obecně byly zjištěny vyšší hodnoty hydraulické vodivosti u nových variant. Nejnížší hydraulickou vodivost měly patrně obě kontrolní varianty S6 a N6 (NPK). Naopak nejvyšší střední hodnotu vykazovala varianta N4 (kravský hnůj + neOsol + NPK). Staré varianty měly také menší rozptyl naměřených hodnot.

Vyhodnocení tahového odporu

V následující tabulce č. 8 jsou uvedeny jednotlivé varianty, které jsou procentuálně porovnávány s kontrolními variantami S6 a N6. Z uvedené tabulky je patrné, že hodnoty tahového odporu meziročně poklesly. Velmi znatelný pokles tahového odporu nastal prakticky u všech nových variant. U starých variant došlo také k mírnému poklesu, vyjma varianty S1, kde došlo k nárůstu o 2,88 %.

V ostatních případech došlo k poklesu hodnot, z čehož lze usuzovat, že použité přípravky a hnojiva měly určitý vliv na snížení tahového odporu. Se snížením tahového odporu souvisí také snížení nákladů na obdělávatelnost pole, kupříkladu i možnou menší spotřebou nafty ve strojích. V průměru došlo k poklesu o téměř 16 %, což už není zanedbatelný rozdíl.

Největší zlepšení tahového odporu dosáhla varianta N3, kde byl aplikován pouze kravský hnůj a NPK. Zatímco v roce 2018 byl naměřen tahový odpor horší, než u kontrolní varianty o 27,8 %, tak v roce 2019 byly hodnoty lepší téměř o 6 %.

Tabulka č. 8: Výsledné porovnání tahového odporu vůči kontrolní variantě

Varianta	Roky		Meziroční rozdíl	Odchylka od kontrolní varianty	
	2018	2019		2018	2019
S1	95,28 %	98,16 %	+ 2,88 %	-4,72 %	-1,84 %
S2	100,44 %	97,86 %	-2,58 %	+ 0,44 %	-2,14 %
S3	102,33 %	100,05 %	-2,28 %	+ 2,33 %	+ 0,05 %
S4	101,85 %	98,50 %	-3,35 %	+ 1,85 %	-1,50 %
S5	106,63 %	102,17 %	-4,46 %	+ 6,63 %	+ 2,17 %
S6	100,00 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
N1	104,50 %	94,34 %	-10,16 %	+ 4,50 %	-5,66 %
N2	105,67 %	93,57 %	-12,10 %	+ 5,67 %	-6,43 %
N3	127,80 %	94,07 %	-33,73 %	+ 27,80 %	-5,93 %
N4	123,42 %	95,92 %	-27,50 %	+ 23,42 %	-4,08 %
N5	132,33 %	100,44 %	-31,89 %	+ 32,33 %	+ 0,44 %
N6	100,00 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %

Zdroj: Autor

Výnosy a zhodnocení

V následující tabulce č. 9 jsou uvedeny výnosy, které byly dosaženy na jednotlivých variantách. Průměrný výnos u starých variant dosahoval hodnoty 7,92 t/ha. U nových variant je průměrný výnos 7,47 t/ha. Absolutně nejvyšší výnos byl u varianty S2, kde byl aplikován kravský hnůj ošetřený přípravkem Z'fix, neOsol a NPK. Druhý největší výnos, nad 8,5 t/ha, vykazovala varianta S1, kde byl aplikován kravský hnůj + Z'fix a hnojivo NPK. Na ostatních variantách byl výnos již pod 8 t/ha.

Tabulka č. 9: Výsledky hodnocení výnosu pšenice ozimé

Varianta	Výnos (t/ha)
S1 (kravský hnůj + Z'fix + NPK)	8,56
S2 (kravský hnůj + Z'fix + neOsol + NPK)	8,69
S3 (kravský hnůj + NPK)	7,69
S4 (kravský hnůj + neOsol + NPK)	7,92
S5 (neOsol + NPK)	7,65
S6 (NPK - kontrola)	7,02
N1 (kravský hnůj + Z'fix + NPK)	7,42
N2 (kravský hnůj + Z'fix + neOsol + NPK)	7,85
N3 (kravský hnůj + NPK)	7,32
N4 (kravský hnůj + neOsol + NPK)	7,59
N5 (neOsol + NPK)	7,50
N6 (NPK - kontrola)	7,15

Zdroj: [48]

Z výše uvedených výnosů lze usoudit, že na výši výnosů se nejlépe projevilo hnojení kravským hnojem, který byl ošetřený přípravkem Z'fix. Ještě vyšší výnos byl dosažen přidáním přípravku neOsol. Pokud bychom však chtěli určit čistý zisk na základě těchto výnosů a získat tak jeho výši, museli bychom vynásobit množství produkce s výkupní cenou pšenice a od této částky odečíst veškeré vynaložené náklady s tím spojené, především náklady na osivo, hnojivo a použitou mechanizaci. Po vypočtení konečné cifry bychom mohli říci, zdali je tento způsob hnojení výhodný či nikoliv. Přesné hodnocení z hlediska cen však není již v této práci obsaženo.

7 Závěr

Cílem této práce bylo vyhodnocení vlivu aplikace organických hnojiv a pomocných půdních látek především na fyzikální vlastnosti půdy. Všechny hodnoty, které byly v této práci vyhodnocovány, byly naměřeny v letech 2018 a 2019 na pokusném poli ZS Sloveč. Na základě těchto hodnot autor posuzoval vliv jednotlivých způsobů hnojení na půdu.

Tyto pokusy různých způsobů hnojení jsou prováděny na pozemcích ZS Sloveč od sezóny 2014/2015. Z dříve uváděných hodnot a jejich porovnání lze usuzovat, že některé kombinace hnojení přispívají ke zlepšení fyzikálních vlastností půdy, s čímž je také spojena náročnost na její obdělávání. Od této náročnosti se také samozřejmě odvíjí i samotné náklady na zpracování půdy, které mohou být s lepšími vlastnostmi půdy znatelně nižší.

Jak je patrné z tabulky č. 9, hnojení a používání přípravků má vliv na příznivý vývoj výnosů. Je totiž zřejmé, že staré varianty, oproti novým, vykazovaly vyšší výnos v průměru o 0,45 t/ha. To může být způsobeno také tím, že je aplikace hnojiv prováděna déle než u nových variant. Také přínos hnoje a dalších přípravků v kombinaci s ním můžeme usuzovat podle toho, že u obou kontrolních variant byly nejnižší výnosy, které oproti nejvýnosnější variantě byly nižší až o 1,5 t/ha, což nelze považovat za zanedbatelné množství. Používané přípravky lze tedy chápat jako prospěšné z hlediska samotného výnosu. Z hlediska čistého zisku by však byly výpočty podstatně náročnější, protože by musely být analyzovány veškeré náklady na obdělávání půdy. Tudíž kromě nákladů na osivo a hnojivo by bylo nezbytné započítat také náklady na použitou mechanizaci.

Důkladnější a přesnější zhodnocení vlivu hnojení na půdu však vyžaduje dlouhodobější horizont než zde sledované dva roky. Je proto důležité sledovat tyto faktory i v následujících letech, aby bylo patrné, jakým směrem se budou výsledky dále vyvíjet. Za těchto předpokladů bude vývoj do dalších let opět záviset na přírodních podmínkách, které nastanou. Zřejmě největším problémem, který může znatelně ohrozit úrodnost půdy, a to i po aplikaci různých přípravků, je množství srážek. Pokud bude nedostatek vody v půdě, bude působení a vliv hnojení velmi sníženo. Je tudíž zapotřebí každý rok sledovat a vyhodnocovat data i nadále, aby bylo možné přesněji určit vliv jednotlivých přípravků na vlastnosti půdy. Závěrem je třeba podotknout, že půda je nenahraditelný zdroj pro život, a proto bychom si ji měli chránit a nedopustit její likvidaci.

8 Zdroje

- [1] VALLA, Miloš. Pedologické praktikum. 2. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2004. ISBN 80-213-0914-8.
- [2] HAMMEROVÁ, A. Odběr půdních vzorků [online] [citace 13. 2. 2020]. Dostupné z: <http://www.web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/19/19poster_odber_pudnich_vzorku.pdf>.
- [3] Anonym: Odběr neporušeného půdního vzorku [online] [citace 13. 2. 2020]. Dostupné z: <<http://hydropedologie.agrobiologie.cz/neporuseny.html>>.
- [4] ŠARAPATKA, Bořivoj. Pedologie a ochrana půdy. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3736-1.
- [5] LHOTSKÝ, Jiří. Zhutňování půd a opatření proti němu: (studijní zpráva). Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000. Studijní informace. ISBN 80-7271-067-2.
- [6] Lukas, V. a kol.: Mapování variability půdy a porostů v precizním zemědělství. [online] [citace 14. 2. 2020]. Dostupné z: <http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/metodiky_pro_praxi/3_sber_dat.pdf>.
- [7] K. A. Sudduth, J. W. Hummel, S. T. Drummond: COMPARISON OF THE VERIS PROFILER 3000 TO AN ASAE-STANDARD PENETROMETER, 2004, ISSN 0883-8542
- [8] Mechanizace zemědělství | Odborný měsíčník zaměřený na problematiku zemědělské, lesnické a komunální techniky [online] 2002 [citace 16. 2. 2020]. Dostupné z: <<https://www.mechanizaceweb.cz/specialni-zarizeni-pro-mereni-variability-pudnich-vlastnosti/>>.
- [9] Musil, J., Červinka J., Zařízení pro měření tahového odporu mechanizačních prostředků [online] [citace 16. 2. 2020]. Dostupné z: <https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2004/obsahy/enviro/musil_j.pdf>.
- [10] BAGARELLO, V., ELRICK, D. E., IOVINO, M. AND SGROI, A., 2006. A laboratory analysis of falling head infiltration procedures for estimating the hydraulic conductivity of soils. Geoderma, Volume 135, pp. 322-334. [online]. Science Direct. [citace 17. 2. 2020] Dostupné z: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706106000267>>.

- [11] CHYBA, J., KROUHLÍK, M., KUMHÁLA, F., NOVÁK, P., LEV, J. Podtyp: Příspěvek ve sborníku (mimo kategorie RIV); Vliv technogenního zhutnění půdy na pórovitost a infiltrační vlastnosti půdy. 2014, Název: Nové trendy v návrhu a využití strojů a agropotravinářském komplexu a odpadovém hospodářství. ISSN 1802-2391.
- [12] EL TITI, Adel. Soil tillage in agroecosystems. Boca Raton, FL: CRC Press, c2003. ISBN 0-8493-1228-0.
- [13] PRAX, Alois, Jiří JANDÁK a Eduard POKORNÝ. Půdoznalství. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995. ISBN 80-7157-145-8.
- [14] VOLTR, Václav. Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, c2011. ISBN 978-80-86671-86-4.
- [15] KUTÍLEK, Miroslav, Václav KURÁŽ a Milena CÍSLEROVÁ. Hydropedologie 10. Vyd. 2. přeprac. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-01-02237-4.
- [16] Ministerstvo životního prostředí [online]. 2019 [citace 20. 2. 2020]. Dostupné z: <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/\\$FILE/OOHPP-Definice_pudy20080820.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/$FILE/OOHPP-Definice_pudy20080820.pdf)>.
- [17] Význam půdy a vody pro společnost – SoWa | Research Infrastructure. SoWa | Research Infrastructure [online] [citace 20. 2. 2020]. Dostupné z: <<https://soilwater.eu/outputs/vyznam-pudy-a-vody-pro-spolecnost/>>.
- [18] TUF, Ivan H. Praktika z půdní zoologie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3479-7.
- [19] University information system MENDELU. Složení půdy [online]. [citace 21. 2. 2020]. Dostupné z: <https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=71346>.
- [20] ŠARAPATKA, Bořivoj a Zoltán BEDRNA. Kvalita a degradace půdy. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002. ISBN 80-244-0584-9.
- [21] University information system MENDELU. Mikroorganismy jako indikátory stavu půdního prostředí. [online]. [citace 23. 2. 2020]. Dostupné z: <http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3416&typ=html>.

- [22] KUTÍLEK, Miroslav. Půda planety Země. Praha: Dokořán, 2012. Bod (Dokořán). ISBN 978-80-7363-212-0.
- [23] ŠANTRŮČKOVÁ, Hana. Základy ekologie půdy. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2014. ISBN 978-80-7394-480-3.
- [24] BIČÍK, Ivan a Jiří CIBULKA. Půda v České republice. Editor Ivo HAUPTMAN, editor Zdeněk KUKAL, editor Karel POŠMOURNÝ. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2009. ISBN 80-903482-4-6.
- [25] Teplota půdy - PŘÍRODA.cz. PŘÍRODA.cz - příroda, ekologie, životní prostředí [online]. Copyright © 2004 [citace 26. 2. 2020]. Dostupné z: <<https://www.priroda.cz/clanky.php?detail=877>>.
- [26] HŮLA, Josef, Zdeněk ABRHAM a František BAUER. Zpracování půdy. Praha: Brázda, 1997. ISBN 80-209-0265-1.
- [27] HŮLA, Josef a Blanka PROCHÁZKOVÁ. Minimalizace zpracování půdy. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726-28-1.
- [28] Mikroorganismy jako indikátory stavu půdního prostředí. Půdní edafonu – živá část půdy. [online]. [citace 27. 2. 2020]. Dostupné z: <http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3407&typ=html>.
- [29] MORGAN, R. P. C. Soil erosion and conservation. 3rd ed. Malden, MA: Blackwell Pub., 2005. ISBN 1-4051-1781-8.
- [30] JANEČEK, Miloslav. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha: ISV, 2002. Přírodní vědy (ISV). ISBN 80-85866-86-2.
- [31] Kontaminace půdy (Půda, eAGRI). [online]. Copyright © 2009 [citace 2. 3. 2020]. Dostupné z: <<http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/kontaminace-pudy/>>.
- [32] BALL, B. C., PARKER, J. P., SCOTT, A.: Soil and residue management effects on cropping conditions a nitrous oxide fluxes under controlled tradic in Scotland. Soil&Tillage Research, 1999, 3-4 (52). – pp. 191-201.

- [33] SPILKOVÁ, J., ŠEFRNA, L.: Uncoordinated new retail development and its impact on land use and soils: A pilot study on the urban fringe of Prague, Czech Republic. 2010. *Landscape and Urban Planning* 94 (2010), 141 – 148 s.
- [34] Taxonomický klasifikační systém půd ČR. Taxonomický klasifikační systém půd ČR [online]. [citace 3. 3. 2020] Dostupné z: <<https://klasifikace.pedologie.czu.cz/>>.
- [35] Vyhledávání ASPI | epravo.cz. EPRAVO.CZ – Váš průvodce právem - Sbírnka zákonů, judikatura, právo [online]. Copyright © EPRAVO.CZ, a.s. 1999 [citace 5. 3. 2020]. Dostupné z: <<https://www.epravo.cz/vyhledavani-aspi/?Id=58290&Section=1&IdPara=1&ParaC=2>>.
- [36] Hnojiva a pomocné půdní látky. Oslavan, a.s. [online]. Copyright © 2020, Oslavan, a.s. [citace 5. 3. 2020]. Dostupné z: <<https://www.oslavan.cz/hnojiva-a-pomocne-pudni-latky>>.
- [37] Svědectví Dr. Johannese Lehmana z Cornellovy univerzity, Ithaca, NY, USA. [online] [citace 5. 3. 2020]. Dostupné z: <http://amper.ped.muni.cz/gw/uhel/Lehmann_cz.pdf>.
- [38] BIOUHEL.CZ | . BIOUHEL.CZ | [online]. Copyright © BIOUHEL.CZ [citace 5. 3. 2020]. Dostupné z: <<https://biouhel.cz/>>.
- [39] BRADY, Nyle C a Ray R WEIL. The nature and properties of Soils. 13th ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2002. ISBN 0-13-016763-0.
- [40] University information system MENDELU [online] [citace 6. 3. 2020]. Dostupné z: <https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=71352>.
- [41] NPK - co to je? - Higarden.cz. Higarden.cz - Vše pro Indoor a Outdoor pěstování [online]. Copyright © [citace 7. 3. 2020]. Dostupné z: <https://www.higarden.cz/blog/npk-co-to-je-/?gclid=Cj0KCQiAqY3zBRDQARIsAJeCVxN9zFwWj1JrD3RSeHTX5jFO-ToatMXH-DaiSZY2FGfQsUzGc--StdxkaAgGDEALw_wcB>.
- [42] HOKR.cz - NPK. HOKR.cz - Plastová okna, hliníková okna, hnojiva, chemie [online]. Copyright © 2009 [citace 7. 3. 2020]. Dostupné z: <<https://www.hokr.cz/hobby/pestitelska-hnojiva/npk>>.
- [43] Firemní prospekty společnosti PRP Technologies.
- [44] Zemědělská společnost Sloveč, a.s. Zemědělská společnost Sloveč, a.s. [online] [citace 8. 3. 2020]. Dostupné z: <<http://www.zsslovec.cz/>>.

[45] eKatalog BPEJ. eKatalog BPEJ [online]. Copyright © VÚMOP v.v.i. [citace 8. 3. 2020]. Dostupné z: <<https://bpej.vumop.cz/>>.

[46] Definice a význam BPEJ / Bonitované půdně-ekologické jednotky | Státní pozemkový úřad. Státní pozemkový úřad [online]. Copyright © 2020 [citace 8. 3. 2020]. Dostupné z: <<https://www.spucr.cz/bpej/definice-a-vyznam-bpej>>.

[47] WANG, X., WANG, J., SONG, S.: Preparation and properties of soil conditioner microspheres based on self-assembled potassium alginate and chitosan, 2020, svazek 147 – pp. 877-889, ISSN 01418130.

[48] LÁTAL, O. Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2019. Praha: Technologická agentura České republiky, 2019.

9 Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Kopeckého válečky	2
Obrázek č. 2: Odebrané půdní vzorky	3
Obrázek č. 3: Typy kuželové hlavice podle ASAE	5
Obrázek č. 4: Penetrometr	6
Obrázek č. 5: Měření hydraulické vodivosti	7
Obrázek č. 6: Měření tahového odporu	8
Obrázek č. 7: Složení půdy (vzduch, voda, pevná složka, organická část)	14
Obrázek č. 8: Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd	18
Obrázek č. 9: Munsellovy tabulky	24
Obrázek č. 10: Poškození půdy vodní erozí	28
Obrázek č. 11: Mapa půdních typů v ČR	33
Obrázek č. 12: Biouhel	34
Obrázek č. 13: Plánek variant pokusného pozemku	37
Obrázek č. 14: Graf průměrné objemové hmotnosti jednotlivých variant na jaře 2018 a 2019	38
Obrázek č. 15: Graf indexu objemové hmotnosti vzhledem ke kontrolním variantám S6 a N6	39
Obrázek č. 16: Graf průměrné redukované objemové hmotnosti jednotlivých variant na jaře 2018 a 2019	40
Obrázek č. 17: Graf indexu redukované objemové hmotnosti vzhledem ke kontrolním variantám S6 a N6	40
Obrázek č. 18: Graf vlhkosti půdy na jaře 2019	41
Obrázek č. 19: Graf penetračního odporu u variant S1/N1	42
Obrázek č. 20: Graf penetračního odporu u variant S2/N2	43
Obrázek č. 21: Graf penetračního odporu u variant S3/N3	43
Obrázek č. 22: Graf penetračního odporu u variant S4/N4	44
Obrázek č. 23: Graf penetračního odporu u variant S5/N5	45
Obrázek č. 24: Graf penetračního odporu u variant S6/N6	45
Obrázek č. 25: Graf odchylek penetračního odporu v hloubce 4 cm	46
Obrázek č. 26: Graf odchylek penetračního odporu v hloubce 12 cm	47

Obrázek č. 27: Graf odchylek penetračního odporu v hloubce 20 cm	47
Obrázek č. 28: Graf odchylek penetračního odporu v hloubce 28 cm	48
Obrázek č. 29: Graf odchylek penetračního odporu v hloubce 36 cm	49
Obrázek č. 30: Graf nasycené hydraulické vodivosti v roce 2019	50
Obrázek č. 31: Graf tahového odporu v letech 2018 a 2019	51
Obrázek č. 32: Graf relativního rozdílu objemové hmotnosti vzhledem ke kontrolním variantám S6 a N6	52
Obrázek č. 33: Graf relativního rozdílu redukované objemové hmotnosti vzhledem ke kontrolním variantám S6 a N6	53

10 Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Varianty hnojení půdy	9
Tabulka č. 2: Zrnitostní kategorie.....	17
Tabulka č. 3: Klasifikace zrnitosti půd podle Nováka.....	19
Tabulka č. 4: Půdní druhy v ČR.....	20
Tabulka č. 5: Optimální poměr pórů	21
Tabulka č. 6: Dělení půd podle reakce	26
Tabulka č. 7: BPEJ	35
Tabulka č. 8: Výsledné porovnání tahového odporu vůči kontrolní variantě	55
Tabulka č. 9: Výsledky hodnocení výnosu pšenice ozimé.....	56