



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH **ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Diplomová práce

Porovnání utužení půdy na zemědělském pozemku v závislosti
na použité technologii jejího zpracování

Autor práce: Bc. Václav Mach

Vedoucí práce: Mgr. Zbyněk Havelka, Ph.D.

Konzultant práce: Mgr. Tomáš Zoubek

České Budějovice
2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Diplomová práce řeší problematiku degradace půdy zhutněním, a jaký vliv na pedokompakci má odlišný způsob kultivace. Blíže popisuje problém zhutněných půd, vznik této degradace, jaké má následky a zda je možné zhutnění předcházet či jej následně odstranit. Zabývá se též popisem měřicího přístroje, díky němuž lze zjistit hodnoty penetrometrického odporu půdy a její vlhkosti. Blíže popsány jsou také jednotlivé pracovní operace, které na pozemku proběhly. Podrobněji je rozebráno především zpracování půdy, jelikož právě systém kultivace může zhutnění velmi ovlivnit. Uvedeny jsou nejčastější využívané systémy zpracování půdy s jejich výhodami a nevýhodami.

Experiment v rámci diplomové práce je zaměřen na ovlivnění zhutnění půdy rozdílnou technologií jejího zpracování. Polní pokus proběhl na pokusném pozemku, který byl rozdělen z hlediska zpracování půdy do dvou částí. Na jedné z částí se během tří let prováděla orba a na druhé byla orba nahrazena kypřením. Po nashromáždění potřebných dat proběhlo jejich vyhodnocení. Pro lepší interpretaci jsou hodnoty penetrometrického odporu a vlhkosti půdy shrnuty v tabulkách a vykresleny v grafech.

Klíčová slova: orba; kypření; zpracování půdy; zhutnění půdy; pedokompakce; penetrometrický odpor; vlhkost půdy

Abstract

The diploma thesis deals with the issue of soil degradation by compaction and with the influence of different method of cultivation on pedocompaction. It describes the problem of soil compaction, origin of this degradation, its impacts and whether it is possible to prevent the compaction or eliminate it afterwards. It also deals with description of measuring device which is able to find out the figures of penetrometric resistance of soil and its moistness. The thesis also closely describes individual work operations that have been done on the land. The tillage is analysed in detail because it is the system of cultivation that can highly influence the compaction. The most commonly used systems of soil cultivation are mentioned with their advantages and disadvantages.

The experiment in the diploma thesis deals with the influence of soil compaction using different technology in its process. The field experiment took place on a trial field that was divided into two parts in terms of tillage. The first part was used for ploughing within three years and on the other ploughing was replaced by loosening. After collecting necessary data their evaluation took place. The figures of penetrometric resistance and soil moisture are summarized in tables and plotted in graphs for better interpretation.

Keywords: ploughing; loosening; soil cultivation; soil compaction; pedocompaction; penetrometric resistance; soil moisture

Poděkování

Děkuji Mgr. Tomáši Zoubkovi za ochotu a odborné rady při zpracovávání této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Zbyňku Havelkovi, Ph.D. za vedení mé práce a v neposlední Zemědělskému družstvu Nemějice za umožnění polního pokusu na jejich pozemku.

Obsah

Úvod.....	8
1 Současný stav zkoumané problematiky	9
1.1 Informace o pokusném pozemku	9
1.2 Charakteristika Penetrologgeru	10
1.3 Zhutnění půdy.....	11
1.3.1 Příčiny pedokompakce	14
1.3.2 Půdoochranná opatření.....	17
1.4 Pracovní operace	21
1.4.1 Zpracování půdy.....	22
1.4.2 Setí	35
1.4.3 Hnojení.....	36
1.4.4 Chemická ochrana	39
1.4.5 Sklizeň zrnin.....	41
2 Cíl.....	44
3 Metodika	45
3.1 Postup měření.....	45
3.2 Zpracování dat	46
4 Výsledky a diskuse.....	48
4.1 Pracovní operace provedené na pozemku od roku 2012.....	48
4.2 Výsledky 2018.....	53
4.2.1 Červenec 2018.....	54
4.2.2 Září 2018	57
4.2.3 Listopad 2018.....	60
4.3 Výsledky 2019.....	64
4.3.1 Duben 2019	65

4.3.2	Srpen 2019	68
4.4	Výsledky 2020.....	71
4.4.1	Duben 2020	72
4.4.2	Srpen 2020	75
4.4.3	Říjen 2020	79
4.5	Zhutnění půdy na pozemku	83
	Závěr	85
	Seznam použité literatury.....	87
	Seznam obrázků	91
	Seznam tabulek	92
	Seznam grafů.....	93

Úvod

Stejně jako tomu bylo v dřívějších dobách, zemědělská půda stále je a v nejbližší době ještě bude nejvýznamnějším prostředkem pro pěstování plodin a přírodním bohatstvím každého státu na světě. Vypěstované produkty na zemědělských pozemcích slouží nejenom k obživě lidské populace či hospodářských zvířat, ale též se využívají k účelům jako je např. výroba biopaliv. Ať už jsou produkty z polí využívány ke kterémukoliv užitku, vždy je zapotřebí půdy. Ne všichni si však uvědomují, jakou roli půda hraje v životě každého člověka a na její zdraví či vůbec její potřebu se neohlíží.

Hlavním problémem, se kterým se půda v dnešní době potýká, je její úbytek zastavováním lidskou činností. Uvádí se, že za den se zastaví přibližně 15 ha zemědělské půdy, která tímto zásahem ztratí přirozené vlastnosti a není schopna plnit své přírodní funkce. Nejenom úbytek půdy ale též její degradace představuje velmi závažný problém, který je čím dál častější. Degradace může mít různou formu. Na našem území je to nejčastěji vodní a větrná eroze, acidifikace, dehumifikace a v neposlední řadě zhutnění půdy.

Zhutnění půd patří mezi hlavní formy degradace a stalo se velkým tématem nejenom v České republice, ale v zemích po celém světě. Na našem území je utužením půdy ohroženo kolem 49 %, to představuje zhruba 2 miliony hektarů a větší část je přisuzovaná vlivu pojezdu těžké mechanizace po pozemku, bez které však intenzivní zemědělství není možné. Touto degradací se mění především fyzikální vlastnosti půdy, tím pádem není schopna např. zadržovat vodu a způsobuje vodní erozi. V dnešní době již není zhutnění půd podceňováno a zemědělci si tento problém uvědomují. Důsledkem toho jsou přehodnocovány systémy pěstování polních plodin. Tyto systémy představují především změnu ve zpracování půdy, kde je často upouštěno od orby, a objevují se nové způsoby kultivace, jako je kypření. Využívány jsou též systémy s úplným vynecháním zpracování půdy a provádí se pouze zakládání porostů. V řadě zemědělských podniků se objevuje i technologie řízeného pohybu strojů po pozemku tzv. CTF, kde je eliminován nepravidelný pojezd zemědělské techniky. Všechny tyto nové způsoby pěstování plodin mají za účel půdu chránit a udržovat ji tak nadále v dobrém – zdravém stavu, aby mohla plnit svou produkční funkci i v budoucnu.

1 Současný stav zkoumané problematiky

1.1 Informace o pokusném pozemku

Pozemek (Obrázek 1.1), který byl využit pro experimentální získávání dat, leží na jihu Čech v katastrálním území Nemějice, okresu Písek nedaleko Týna nad Vltavou. Na pozemku hospodaří Zemědělské družstvo Nemějice. Půdní blok, na němž se pozemek nachází, má číslo 8801-0, přesněji pak na dílu půdního bloku 8801/5 (750–1120) s rozlohou 49,35 ha (Ministerstvo zemědělství, 2020b). Vzhledem k vydání standardu DZES 7d) (Agrární komora, 2019) s platností od 1. 1. 2020, který omezuje pěstování monokultur na rozloze více než 30 ha, musel být tento pozemek rozdělen na dvě menší části, z nichž jedna má výměru 29 ha a druhá 20,22 ha, sběr dat byl prováděn na části o rozloze 29 ha. Využíván je ke konvenčnímu hospodaření a jako kultura je zde vedena standardní orná půda. Pozemek se nachází v bramborářské výrobní oblasti a v jeho osevním postupu jsou tak zastoupeny především obiloviny, které bývají střídány s řepkou či hrachem. Pozemek má více čísel BPEJ (Bonitovaná Půdní Ekologická Jednotka), pro měření vytyčené lokality se však nacházejí na dvou těchto jednotkách, 5.47.00 s vysokou ohrožeností utužením a 5.29.01 s nízkou ohrožeností utužení. Více informací o zmiňovaných číslech BPEJ je poskytováno v eKatalogu BPEJ (2021).



Obrázek 1.1: Pokusný pozemek (Deer & Company, 2020)

1.2 Charakteristika Penetrologgeru

Získávání hodnot penetrometrického odporu na pozemku bylo provedeno za pomoci přístroje Penetrologger, který je vyráběn nizozemskou společností Eijkelkamp. Penetrometrický odpor přístroj získává na základě pronikání hrotu do půdy a je schopen tuto hodnotu, v jednotkách Mpa nebo N.m², změřit až do hloubky 80 cm. K výpočtu odporu přístroj využívá rovnici č. 1.1:

$$R_p = \frac{F}{S \cdot 100}, \quad (1.1)$$

kde:

R_p = odpor pronikání kužele [MPa]

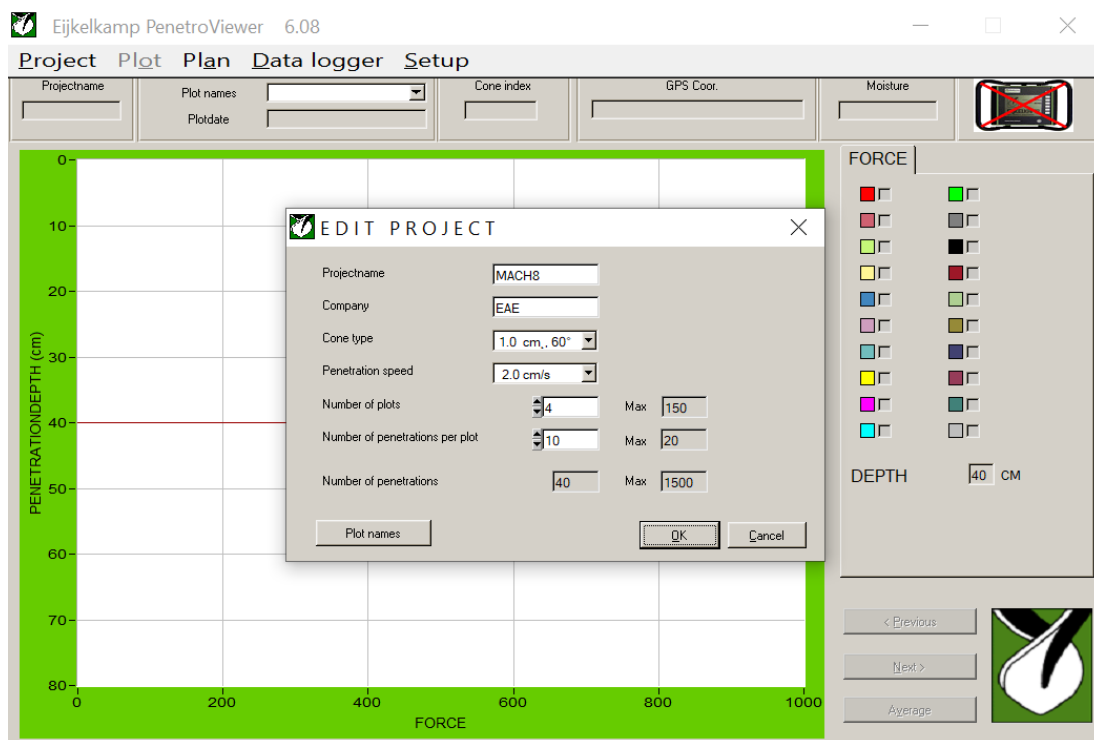
F = síla působící na hrot Penetrologgeru [N]

S = povrch hrotu [cm²]

Samotný přístroj je dodáván v hliníkovém přepravním boxu, ve kterém jsou uloženy i ostatní součásti. Nachází se zde čtyři hroty a liší se svou plochou (1–5 cm²). Hroty s menší plochou jsou využívány především na místech, kde se dá předpokládat větší utužení. Při sběru dat na pozemcích využívaných k zemědělské produkci se nejčastěji využívá a doporučuje hrot s nejmenší plochou 1 cm². Naopak hroty s větší plochou jsou vhodnější na pozemky s lehčími půdami či na pozemky s vyšší vlhkostí. Dále sondážní tyč, jež je z důvodu ušetření místa při převozu rozdělena na dvě části. Součástí je také podkladový plát s vodováhou, sada nářadí, nabíječka baterií, propojovací kabel a software PenetroViewer na kompaktním disku. K přístroji je možné dodávat i volitelné vybavení jako např. sonda k měření vlhkosti půdy (je součástí používané sady) nebo tiskárna do terénu.

K tomu, aby bylo možné provést sběr dat, je nejprve nutné sestavit plán měření. Tento plán je možné sestavit přímo na přístroji, anebo v softwaru PenetroViewer na počítači (Obrázek 1.2), ze kterého se následně nahraje pomocí propojovacího kabelu do přístroje. Plán musí obsahovat následující údaje:

- jméno projektu,
- vlastnosti použitého hrotu,
- rychlost pronikání hrotu do půdy,
- počet lokalit určených pro měření,
- počet měření na jedné lokalitě.



Obrázek 1.2: Tvorba projektu

Samotné měření pak probíhá následujícím způsobem. Podkladový plát se vodorovně položí na pozemek, kde budeme měřit. K tomu, aby plát byl usazen rovně, slouží vodováha na vrchní straně. Hrot přístroje proniká do půdy působením tlaku vyvolaným obsluhou přístroje. Zda je rychlost pronikání v souladu s nastavenou rychlostí indikuje ukazatel na pravé straně monitoru měřicího přístroje. Současně je nutné kontrolovat, jestli je samotný přístroj ve vodorovné poloze jako podkladový plát, jelikož za pomoci toho se získává hloubka měření. K tomuto slouží vodováha umístěna vedle displeje přístroje. Součástí měření je též sonda pro získání hodnoty vlhkosti půdy, ta je k Penetrologgeru připojena přes kabel, vpichuje se co nejbližší místa měření a měří vlhkost půdy v hloubce do 10 cm (Eijkelkamp, 2020).

1.3 Zhutnění půdy

Zhutnění půdy, též nazývané jako pedokompakce či pouze kompakce (utužení), je nežádoucí stav půdy, při kterém dochází k fyzikální degradaci půdní struktury. Takto poškozená půda se stává méně produkční a je více ohrožena vodní erozí. Poškození tohoto typu může na půdě zanechat i persistentní následky nebo je velmi obtížné ho odstranit (Pavlu, 2018; Ministerstvo zemědělství, 2018).

Hamza a Anderson (2005) ve své publikaci definovali zhutnění půdy jako přeskupení půdních částí do menšího prostoru, čímž se zvyšuje její objemová hmotnost. Právě objemová hmotnost je jedním z hlavních ukazatelů míry zhutnění půdy. Mezi další indikátory zhutnění patří penetrometrický odpor, který udává schopnost půdy odolávat pronikání cizích těles do ní, typicky kořenům rostlin. Zda je půda zhutněna lze zjistit i pouhým pozorováním při větších srážkách, kdy srážková voda zůstává na povrchu pozemku a nevsakuje se, jelikož je značně narušena infiltrační schopnost půdy (Hůla a Procházková, 2008).

Šimek (2019) ve své publikaci uvádějí, že z praktického hlediska je potřeba definovat zhutnění půdy těmito parametry:

- intenzita,
- hloubka,
- mocnost zasažených vrstev (vertikální dimenze),
- plošné rozšíření (horizontální dimenze).

Pedokompakci je možné prvotně rozdělit z hlediska rovnováhy strukturotvorných a destrukčních procesů na strukturální a mikrostrukturální zhutnění. Nižším stupněm degradace je zhutnění strukturální. Dochází při něm k přiblížení půdních agregátů se zachováním jejich strukturálních prvků, dále ke snížení a přerozdělení pórovitosti a zvýšení objemové hmotnosti. Půda zasažena zhutněním v tomto stupni je velmi často schopna vratných regeneračních procesů. Avšak je-li na půdu dále vyvíjen degradační tlak, dojde ke zhutnění mikrostrukturálnímu. V tomto vyšším stupni zhutnění dochází k výraznému přiblížení agregátů a též k jejich narušení, včetně mikroagregátů, a dojde k vytvoření nestrukturní půdní vrstvy. Půda postižena v tomto stupni již není téměř schopna samovolné regenerace struktury a je vyžadován zúrodňovací zásah (Šimek, 2019; McKenzie, 2010).

Jak již bylo řečeno, pedokompakce ovlivňuje vlastnosti půdy, především ty fyzikální. V Tabulce 1.1 jsou obsaženy mezní hodnoty kritických vlastností zhutnělých půd. Dle těchto údajů lze orientačně určit stupeň poškození půdy zhutněním.

Tabulka 1.1: Vlastnosti půdy (Podle Šimon a Lhotský, 1989)

Kritická vlastnost	Půdní druh					
	J	JH	H	PH	HP	P
Obj. hmotnost (g.cm ⁻³)	> 1,35	> 1,40	> 1,45	> 1,55	> 1,60	> 1,70
Pórovitost (obj. %)	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38
Pen. odpor půdy (MPa)	2,8–3,2	3,2–3,7	3,7–4,2	4,5–5,0	5,5	6,0
- při vlhkosti (hmot. %)	28–24	24–20	18–16	13–15	12	10
Min. provzdušněnost (obj. %)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

Zhutnění půdy ovlivňuje mnoho dalších vlastností a ty mají za následek např.:

- nepříznivé ovlivnění jakosti a výši produkce rostlin,
- destrukce půdních agregátů,
- zvýšení energetické náročnosti mechanizovaných zásahů,
- zhoršené využívání živin rostlinami,
- deformace kořenů a nevyrovnanost porostů apod.

Má též vliv na mimoprodukční (ekologickou) funkci půdy, negativně působí na:

- infiltraci vody, jež vede k povrchovému odtoku a následně k erozi půdy,
- nízký obsah nekapilárních pórů,
- snižuje retenční schopnost půdy,
- inhibice půdních živočichů např. žížal či chvostoskoků (Šimek, 2019; McKenzie, 2010).

Zhutnění půdy je problém v celosvětovém měřítku, v dnešní době se odhaduje, že technogenním zhutněním je postiženo asi 68 milionů hektarů půdy na celém světě a z toho je 33 milionů hektarů právě v Evropě, pak zhruba 4 miliony hektarů se vyskytuje v Austrálii (Hamza a Enderson, 2005).

V České republice je pedokompakcí ohroženo kolem 49 % zemědělských půd, to představuje zhruba 2 miliony hektarů. Z toho 30 % rozlohy se přisuzuje genetickému zhutnění a 70 % zhutnění technogennímu (Ministerstvo zemědělství, 2018).

1.3.1 Příčiny pedokompakce

Zhutnění půdy bývá často spojováno a přisuzováno negativnímu vlivu při zpracování půdy těžkou mechanizací. Toto je z velké části pravda, ovšem zhutnění půdy je ve většině případů způsobeno vlivem několika faktorů, a ne pouze orbou.

Kompakce půdy se primárně rozděluje dle jejího původu:

- genetická,
- antropogenní.

Genetické zhutnění, někdy také nazýváno jako prvotně přirozená pedokompakce, je přirozený proces, ke kterému dochází již při utváření půdy půdotvornými procesy. Zhutnění tohoto typu vzniká převážně vlastní hmotností půdních vrstev, tudíž se vyskytuje především v těžkých půdách jako jsou půdy jílovitohlinité, jílovité a jílné. Nejenom vlastní váha, ale i mineralogická skladba půdy (obsah prvků jako je vápník, hořčík apod.) se může podílet na zhutnění, které vzniklo vlastním charakterem půdy (Javůrek a Vach, 2008; Šarapatka et al., 2002; Lhotský, 2000).

Druhotnou příčinou vzniku kompakce půdy je vliv zemědělských technologií a postupů využívaných při hospodaření s půdou. Jelikož je úzce spojeno s činností člověka, tak se toto zhutnění nazývá jako antropogenní. S tímto zhutněním také často bývá spojován termín technogenní zhutnění, protože je z velké části způsobováno těžkými stroji, respektive jejich kontaktním tlakem na půdu a pouze jedním přejezdem po pozemku mohou značně ovlivnit strukturu a stav půdy. Šarapatka (2014) uvádí, že tlak vyšší než 80 kPa, lze považovat za škodlivý, tlak do 150 kPa už slabě poškozuje podorničí a hodnoty nad touto hranicí mají negativní vliv jak na podorničí, tak na samotnou ornici. V souvislosti s tímto dále poukazují na to, že dnešní stroje běžně působí na půdu kontaktním tlakem 250 až 500 kPa a takový tlak se může v půdě projevit až v hloubce 50 cm. V publikaci *Agricultural Soil Compaction: Causes and Management* (2010) se udává, že tlak na povrchu může působit až v hloubce 60 cm.

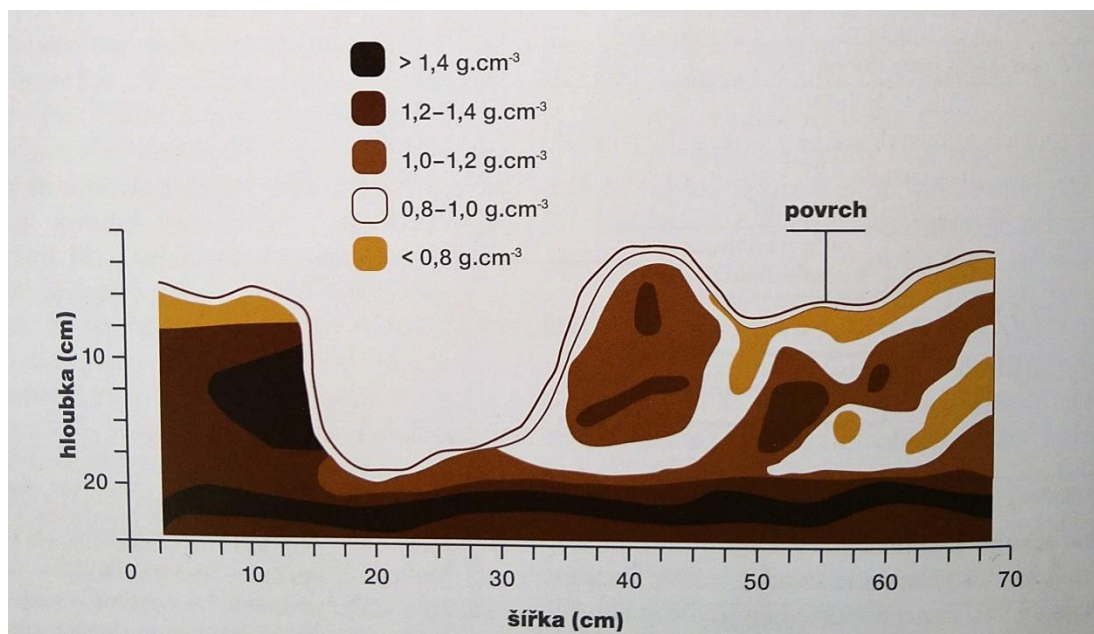
Pohyby strojů po pozemcích se uskutečňují při základních pracovních operacích jako je zpracování půdy, setí, hnojení, sklizeň či aplikace chemických prostředků a mnoho dalších jiných pracích. Tyto operace však jsou často prováděny v jednom roce opakovaně, a ne pouze jednou. Právě opakovaný pojezd techniky po pozemku, velmi často neorganizovaný, je jedním z hlavních příčin technogenního zhutnění. Opakovaný přejezd je velký problém např. při pěstování cukrovky, ovšem zde je tento problém daný spíše technologií pěstování, a hlavně sklizní této plodiny. Velkým

problémem související s opakovanými přejezdy je fakt, že při snaze o dodržení agrotechnických lhůt jsou ve velké míře polní práce uskutečňovány při nevhodných půdních podmínkách, především na půdě s vysokou vlhkostí, to má za následek vytváření hlubokých kolejí a vznik utužené vrstvy, viz Obrázek 1.3 (Hamza a Anderson, 2005; Šimek, 2004; Lhotský, 2000).



Obrázek 1.3: Pozemek s utuženou vrstvou

Nejenom tažné prostředky jako traktor apod. způsobují zhutnění půdy svým pohybem. Značnou mírou se na kompakci též podílejí stroje, které jsou právě s těmito prostředky agregovány, a ne vždy vhodně používány. Jedním takovým prostředkem je např. pluh. Při orbě dochází k přímému zhutňování podorničí při jízdě tažného prostředku v brázdě a spolu s působením plužných těles vyvolává tlaková napětí a vytváří tzv. podorniční tlaky. Na pozemcích kultivovaných touto technologií se pod zpracovávanou, kypřenou a obracenou vrstvou ornice často tvoří tzv. zhutnělá podorniční vrstva, jak je vidět na Obrázku 1.4. Vliv na vznik této vrstvy má také každoroční orba do stejné hloubky a orba za nepříznivých vlhkostních podmínek na pozemku. Zhutnění však nezpůsobuje pouze orba, ale i jiné stroje na zpracování půdy, se kterými se pracuje při nevhodných podmínkách (vysoká vlhkost půdy). Mezi stroje agregované s tažnými prostředky nepatří pouze pluh a stroje na zpracování půdy, ale značnou mírou se na zhutnění podílejí i velkoobjemové návěsy, které v dnešní době dosahují velkých rozměrů, tím pádem jejich kontaktní tlak na půdu je velmi vysoký, i přes použití flotačních pneumatik (Javůrek a Vach, 2008; Šimon a Lhotský, 1989; Šimek, 2019).



Obrázek 1.4: Zhutnění podorní (Šimek, 2019)

Antropogenní zhutnění však není vždy zapříčiněno pouze pohybem těžkých strojů po pozemku. Vliv na kompakci půdy má prokazatelně malé množství organické hmoty dodávané do půdy. Organická hmota jako je hnůj či zelené hnojení velmi pozitivně ovlivňuje fyzikální vlastnosti půdy, tím pádem je vůči utužení odolnější. Další aspekt, který ovlivňuje pedokompakci je nakládání s průmyslovými hnojivy. Nakládáním s průmyslovými hnojivy je míněna správná volba druhu hnojiva a především dávka, jelikož nadměrné používání např. draselných hnojiv, může mít významný vliv na okyselování půd a narušování půdní struktury peptizací (rozplavováním) půdních koloidů. Tento problém měl značný vliv na půdu v dřívějších dobách, avšak i dnes je to např. využívání velkého množství draselných hnojiv. Díky moderním technologiím v dnešní době je možné využít variabilní dávkování hnojiva podle dřívějšího průzkumu půdy či hnojivo rovnoměrně rozhodit po pozemku bez překrytí na nepravidelném tvaru pozemku, tím pádem dodržet správnou dávku hnojiva. Na antropogenním zhutnění půdy se dále podílí špatné tvoření osevních postupů. Velmi často vznikají monokultury plodin a v osevním postupu jsou málo zastoupeny nebo zcela vyřazeny víceleté pícniny, které pozitivně působí svým kořenovým systémem na fyzikálně-chemické vlastnosti půdy, hospodárnost s půdní vláhou a na množství půdních mikroorganismů. Nemalým problémem je též nedostatečné vápnění půd, tím pádem vzniká acidifikace, která také přispívá k utužování půd (Javůrek a Vach, 2008; Ministerstvo zemědělství, 2018; Nedělník, 2014; Brant, 2018).

Šimon a Lhotský (1989) ve své publikaci uvádějí, že zhutňování půd nikdy není způsobeno jednou příčinou, i přesto že významný podíl má těžká technika je to akumulativní proces, při němž se spolu sčítají genetické a antropogenní vlivy. Vzájemným působením těchto vlivů pak dochází k jejímu poškození fyzikálních vlastností. Dále se zmiňují o tom, že únosnost podorničí je mnohem menší než únosnost ornice. To je dáno tím, že podorničí se každoročně nezpracovává, tudíž regenerace půdní struktury je zde velmi složitá a v této části půdního profilu se účinky zhutňování v průběhu času projevují značnou mírou.

1.3.2 Půdoochranná opatření

Podle Javůrka a Vacha (2008) by měl způsob opatření vycházet z rozsahu a stupně poškození půdy touto degradací. Na ochranu před zhutněním a pro zachování vhodné struktury půdy lze aplikovat řadu opatření, nazývajících se též agrobiologická preventivní opatření, mezi které se řadí:

- využívání organických hnojiv,
- omezená aplikace minerálních hnojiv,
- optimální hodnota pH,
- správný osevní postup,
- racionalizace přejezdů techniky a správné načasování apod.

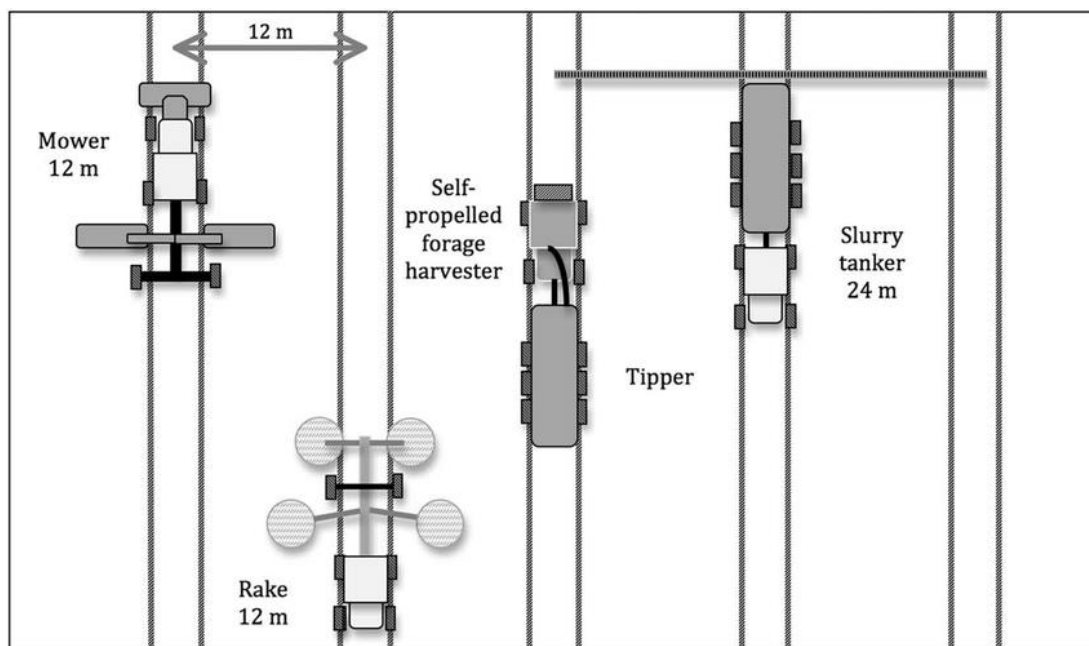
Aplikace organických hnojiv do půdy má velmi pozitivní vliv na její celkový stav a je jedním z hlavních půdoochranných opatření proti pedokompakci. Při jejím rozkladu se vytvářejí huminové kyseliny, které přispívají k agregační schopnosti půdy. Udržením adekvátního množství organické hmoty v půdě lze stabilizovat půdní strukturu a umožnit tak půdě více odolávat degradaci při níž se zvyšuje objemová hmotnost, též zlepšuje její únosnost a schopnost zadržovat vláhu. Organická hmota je také zásadní pro zabezpečení biologických procesů v půdě, jelikož slouží jako potrava pro půdní edafon, jež je nedílnou součástí zdravé půdy. Za organickou hmotu lze považovat rostlinné zbytky po pěstované plodině, které jsou častým zdrojem této hmoty, avšak ne vždy tomu tak je a rostlinné zbytky jsou dále využívány v lepším případě jako stelivo pro hospodářská zvířata, kdy se do půdy opět vrátí, v opačném případě se využívají jako palivo ve spalovnách. Jako další hojně využívaná organická hmota je chlévský hnůj, ten má velice dobrý vliv nejenom na zmírnění zhutnění půdy, ale též na půdní úrodnost. Mosaddeghi et al. (2000) uvedli, že aplikací hnoje

v dávce 50 až 100 t.ha⁻¹ se výrazně působí proti zatížení kol traktoru a také na objemovou hmotnost půdy ve vrchních částech půdního profilu. Z dalších hojně využívaných zdrojů organické hmoty je zelené hnojení, které bývá z velké části využíváno ve výrobních organizacích bez živočišné výroby kde produkce hnoje či kejdy není možná. Existují i další zdroje organické hmoty, tyto však jsou nejhojněji využívanými v našich podmínkách (Hamza a Anderson, 2005; Blanco-Canqui a Ruis, 2018; Mosaddeghi et al., 2000).

Počet přejezdů po pozemku hraje významnou roli, jelikož utuženost půdy se zvyšuje s vyšším počtem přejezdů mechanizace. Snižováním těchto přejezdů se pak dá předcházet pedokompakci. Hamza a Andersson (2005) uvedli, že se půdní vlastnosti jako objemová hmotnost, penetrometrický odpor a celková pórovitost po projetí traktoru zhoršily a větší počet přejezdů po stejné stopě lehkého traktoru může způsobit stejnou či dokonce větší degradaci půdy nežli těžší traktor s méně přejezdy. S tímto faktem vzniklo tvrzení, že do deseti přejezdů je výhodnější použít lehčí traktor, poté se stává výhodnější těžší traktor, se kterým se sníží počet přejezdů. S počtem přejezdů techniky souvisí technologie, která je využívána při základním zpracování půdy, setí až po ochranu a sklizeň zemědělských plodin. Zvolením jiné technologie, lze dosáhnout snížení přejezdů po pozemku. Mezi ně patří např. úplné vynechání zpracování půdy a provedeno je pouze setí. Hamza a Andersson (2005) dále uvádí, že na pozemku, kde bylo provedeno přímé setí, se mechanizace pohybuje asi na 30 % plochy pozemku. Jiný způsob může představovat redukční (minimalizační) zpracování půdy, kdy se počítá s dvěma až třemi přejezdy. Při tomto způsobu je většina operací spojena do jednoho přejezdu např. orba a předset'ová příprava nebo setí a předset'ová příprava. U toho způsobu se uvádí, že pojezd techniky bývá realizován asi na 60 % plochy. Při konvenčním zpracování půdy, kdy se obvykle uskutečňuje tři a více přejezdů může být přejezo až 100 % plochy pozemku. Způsobem, jak snížit přejezdy může být také zvyšování záběrů pracovních nástrojů, jak při zpracování půdy, tak i u chemické ochrany či sklizně. Zvětšování záběrů strojů s sebou však přináší i zvyšování jejich hmotnosti a potřeba těžších tažných prostředků, a ne vždy tato cesta může být řešením (Hamza a Andersson, 2005; Hůla a Procházková, 2008; Pagliai et al., 2004).

Přítomnost mechanizace na pozemku je jedním z hlavních problémů utužení půd, avšak zemědělská výroba se bez ní neobejde. Při vstupu na půdu je základem správná agregace tažného prostředku se stroji, které na poli vykonávají danou práci, ať už před založením porostu či během vegetace. Přitom vstup mechanizace na pozemek musí být realizován za vhodných půdních podmínek. I tak každý stroj působí na půdu kontaktním tlakem pneumatik a u velkých strojů, především traktorů, je tento tlak až 500 kPa. Snížení tohoto tlaku lze dosáhnout použitím dvoumontáží kol, použití nízkotlakých válcových pneumatik či zvážit pořízení strojů s pásovým podvozkem. Tímto krokem je možné docílit nejenom snížení kontaktního tlaku, ale též se sníží valivý odpor, zlepšují se tahové vlastnosti a svahová dostupnost tažných zařízení. S tím souvisí také snížení spotřeby pohonných hmot, ovšem velkým negativem tohoto řešení jsou vysoké pořizovací náklady (Soane a Ouwerkerk, 1994; Javůrek a Vach, 2008).

Důležitá technologie, která vznikla přímo jako ochrana půdy před utužením se nazývá CTF z anglického názvu Controlled Traffic Farm neboli „řízený pohyb strojů po pozemku“. Tento systém počítá s utužením od strojů pohybujících se po pozemku, ovšem utužení je směřováno – udržováno každoročně ve stejném místě, a to v kolejových řádcích ve kterých se uskutečňuje veškerý pohyb mechanizace. Pokud je tento systém využíván, vzniká na pozemcích více úrodných míst, na kterých se technika nepohybuje, tím pádem je nedegraduje a systémem CTF se tato místa udržují bez pedokompakce. CTF bývá často spojován s technologií minimalizačního zpracování půdy nebo se způsobem zpracování půdy bez orby a vykazuje snížení potřeby energie na zpracování půdy než ostatní technologické postupy. Systém řízeného pohybu strojů po pozemku přináší mnoho výhod, především velmi pozitivní vliv na utužení půdy, ovšem implementování tohoto systému do zemědělského podniku není vždy snadno realizovatelný a z finanční stránky dosažitelný. K tomu, aby CTF fungovalo je nutné mít na všech strojích GPS navigace, které stroje navádějí s velkou přesností na již zmiňované kolejové řádky. Dále je nutné při využití tohoto systému optimalizovat záběry všech strojů, pohybujících se po pozemku, např. šířka žací lišty sklízecí mlátičky, šířka secího stroje, délka ramen postřikovače apod., viz Obrázek 1.5. Tyto požadavky pro správnou funkci CTF jsou velmi nákladné, a ne v každé organizaci z ekonomické stránky dostupné (Hamza a Andersson 2005; Alvemar et al., 2017, Šarapatka et al., 2002, Bochtis et al., 2019).



Obrázek 1.5: Technologie CTF (Alvemar et al., 2017)

Udržování optimální hodnoty pH vápněním velmi dobře funguje jako půdoochranné opatření. Správná hodnota pH totiž ovlivňuje strukturu půdy, tím pádem i odolnost vůči zhutnění. Dostatečné vápnění zajišťuje v půdě dostatek dvojmocných kationtů vedoucích ke srážení – koagulaci – koloidních částic, to znamená, že velmi pozitivně ovlivňuje agregační schopnosti půdy. Správné pH ovlivňuje celkový stav půdy, to zahrnuje i půdní edafon a má výrazný vliv na výnosy pěstovaných plodin (Šarapatka, 2014; Javůrek a Vach, 2008).

Významným půdoochranným opatřením proti zhutnění je správné tvoření osevních postupů. Ve správném osevním postupu by mělo docházet k pravidelnému střídání plodin a měly by v něm být dostatečně zastoupeny plodiny, které svým kořenovým systémem působí na tvorbu drobtovité struktury půdy, takovéto plodiny mohou být např. jetel či vojtěška. Půdy, na kterých se vyskytují monokultury plodin, u nás nejčastěji řepka, kukuřice či pšenice, jsou velmi ohrožené nejenom erozí, ale právě i pedokompakcí (Šimek, 2019; McKenzie, 2010).

Pokud je na pozemku zjištěna pedokompakce, lze přistoupit i k agromelioračním opatřením. Tato opatření jsou ve většině případů mechanické zásahy do půdy, které zlepšují její vlastnosti. Mezi takové zásahy se řadí:

- podryvání – u mělkých půd se zhutnělým podorničím, počáteční fáze zhutnění,
- dlátování – zhutnělé podorničí do hloubky 0,45 m, pod kterým je propustná spodina s drenážní schopností,
- hloubkové meliorační kypření – zhutnělé podorničí do hloubky více jak 0,45 m se zhutnělou spodinou.

Po provedení agromelioračních opatření by se následně měla aplikovat tzv. stabilizující opatření, která mají za cíl zvýšení účinnosti a prodloužení životnosti těchto zásahů v podorniční vrstvě. Mezi stabilizující opatření patří všechna, která byla zmíněna výše v této kapitole. Mohou se též rozdělit na fytoefektory, mezi které patří úprava osevního postupu. Dále na chemoefektory, které obsahují úpravu pH půdy vápněním, či správné používání chemických přípravků. A na fyzikální efektory, kdy se provádí vylehčování půd např. pískováním (Šimon a Lhotský, 1989; Javůrek a Vach, 2008; Hůla a Procházková, 2008).

1.4 Pracovní operace

Jak již bylo zmíněno výše, ke zhutnění půdy dochází vlivem mnoha faktorů, avšak značnou část těchto vlivů tvoří pohyb zemědělské techniky po pozemku při vykonávání pracovních operací. Bez mechanizovaných zásahů při pěstování plodin by nebylo možné dosáhnout tak vysoké produkce jako je tomu v dnešní době. I když se způsoby pěstování jednotlivých plodin mohou lišit, vždy je potřeba mechanizace, která značně zjednodušuje práci na polích i trvalých travních porostech. Tyto pracovní operace jsou různého charakteru, avšak každá z nich má svůj podíl na získání konečného produktu. Jelikož každá pracovní operace, jako samotné téma je velmi obsáhlá, níže v této práci jsou základně popsány nejčastěji prováděné pracovní operace a technika, která se na pozemcích při těchto operacích pohybuje (Bochtis et al., 2019; Pastorek, 2002).

1.4.1 Zpracování půdy

Zpracování půdy je soubor základních operací prováděných na pozemcích a hraje významnou roli při pěstování zemědělských plodin. Soubor těchto pracovních operací představuje mechanické zásahy do půdy, které ovlivňují:

- půdní vláhu a vzdušný režim,
- rozvoj půdních organismů,
- humifikační procesy,
- rozvoj chorob a škůdců apod.

S ostatními agrotechnickými faktory ovlivňuje podmínky pro růst a vývoj plodin a reguluje změny bioenergetických pochodů v půdě. Pokud je zpracování půdy provedeno nevyhovujícím způsobem, tak může docházet k slabému využití minerálních a organických hnojiv či špatnému vzcházení rostlin (nevhodně připravené set'ového lůžko), to má poté za následek např. nevyrovnanost porostů a snížení výnosů pěstovaných plodin. Existuje mnoho způsobů, jak půdu zpracovávat a chybně zvolená technologie zpracování půdy může vést až k nevratnému snížení úrodnosti půdy, jelikož ovlivňuje především fyzikální vlastnosti půdy a dochází k degradaci zhutněním, vodní erozí aj (Šimon a Lhotský, 1989; Pagliai et al., 2004).

Zpracování půdy je pracovní operace, která se vyznačuje vysokou energetickou náročností a velkým dopadem na půdní vlastnosti. Právě z důvodu energetické náročnosti je zpracování půdy předmětem hledání možných úspor vynaložených nákladů. Tudiž snížením nákladů na tuto operaci je možné snížit celkové náklady při zemědělské produkci. Technologie zpracování půdy, které jsou dnes zemědělci využívány, se snaží právě náklady snížit, dosahovat vysokých výnosů, a přitom negativně neovlivňovat půdní vlastnosti (Pastorek, 2002; Neubauer, 1989).

Volba technologie zpracování půdy se vždy odvíjí od různých faktorů. V české republice je možné uplatnit mnoho způsobů kultivace půdy a často jsou zemědělskými podniky tyto technologie kombinovány, kdy pro různé druhy plodiny jsou využívány různé způsoby zpracování půdy. Při výběru vhodné technologie se vždy uvažují půdní vlastnosti pozemků, na kterých podnik hospodaří, dále je to podnebí, ve kterém se pole nachází a stupeň ohrožení půdy erozí, právě stupeň ohrožení erozí je významným faktorem pro volbu technologie kultivace. Rozhodujícím faktorem je i ekonomická situace podniku, která velmi často ovlivní výběr technologie zpracování půdy, a to i přesto že v dnešní době je na trhu k dispozici velké množství zemědělské

techniky pro zpracování půdy. Avšak právě vysoká úroveň využívané techniky ke kultivaci rozhoduje o kvalitě provedení této pracovní operace (Pastorek, 2002; Neubauer, 1989; Kroupa et al., 1998).

Hůla a Mayer (1999) uvádí jako základní rozdělení technologických systémů zpracování půdy podle intenzity, hloubky a způsobu kultivace na:

- konvenční,
- půdoochranné.

Konvenční zpracování půdy je založeno především na orbě radličným pluhem a zahrnuje tzv. základní pracovní operace, do kterých se řadí podmítka, orba, podryvání či dlátování. Dále do konvenčního zpracování spadá příprava půdy před setím a sázením a následná kultivace půdy během vegetace (Hůla a kol., 1997; Škoda a Cholenský, 1993).

Půdoochranné zpracování půdy je založeno především na redukci intenzity základních operací, tzn. vynechání orby a její nahrazení např. mělkým kypřením. Významná odlišnost od konvenčního zpracování je ponechání rostlinných zbytků plodin v povrchové vrstvě ornice nebo přímo na povrchu (>30 %). Díky tomuto systému kultivace lze půdu lépe ochránit před vodní a větrnou erozí, právě díky vhodnému nakládání s rostlinnými zbytky. Půdu chrání i před zhutňováním půdy, jelikož pohyb strojů po pozemku se v tomto systému výrazně snižuje (Šnobl a Pulkrábek, 2005; Hůla a Mayer, 1999; Hůla a Procházková, 2008).

Šnobl a Pulkrábek (2005) ve své publikaci zmiňují termín minimální zpracování půdy. Tento systém kultivace závisí na šesti principech:

- vylučování pracovních operací,
- nahrazování zákroků méně náročnými,
- spojování pracovních zákroků,
- zpracování půdy na menší hloubku,
- pásové zpracování půdy,
- setí do nezpracované půdy.

Z výše uvedeného lze tento systém do jisté míry řadit jak ke konvenční, tak k půdoochranné technologii, a to především proto, že v konvenčním zpracování půdy

lze také jednotlivé operace spojovat jako např. orba se současným drcením hrud či setí s předset'ovou přípravou. V půdoochranné technologii se zase některé operace zcela vynechávají, nebo jsou nahrazeny jinou, méně náročnou a nákladnou operací (orba je nahrazena kypřením – bezorebná technologie). Pásové zpracování a setí do nezpracované půdy lze také řadit do půdoochranného zpracování (Šnobl a Pulkrábek, 2005; Pastorek, 2002).

Šnobl a Pulkrábek (2005) neuvádí ve svém rozdělení zpracování půdy pouze minimální způsob, ale také základní zpracování půdy, které představuje např. orbu. Dále uvádí přípravu půdy před setím a kultivaci půdy během vegetace. Tyto operace lze však podle Hůla a Mayer (1999) řadit do konvenčního zpracování půdy.

Podmítka je jednou z činností při zpracování půdy a rozumí se jí mělké zpracování půdy většinou prováděnou po sklizni pěstované plodiny, především tedy probíhá v letním období. Význam podmítka spočívá v hospodaření s půdní vláhou. Při správně provedené podmítce dochází k přerušení kapilárních pórů, kterými se dostává půdní voda směrem k povrchu během vegetace. Přerušením těchto kapilár se tedy minimalizuje vzlínání vody k povrchu, tudíž nedochází k tak velkému půdnímu výparu a též se zlepšuje infiltrační schopnost půdy, hlavně vláhy během srážek. Hlavní roli hraje podmítka také v likvidaci plevelů a výdrolu mechanickou cestou, vliv má na jejich klíčení, vzcházení a také velmi dobře je možné regulovat vytrvalé, vegetativně se rozmnožující plevele. Díky provedené podmítce se tedy snižují požadavky na chemickou ochranu pozemku po sklizni. Podmítka by měla být po provedení také ošetřena, čímž je myšleno vláčení nebo válení, kdy dochází k urovnání povrchu a potlačení vysychání hrud. Ošetření je dnes ve většině případech prováděné ihned při podmítce, jelikož součástí strojů k podmítce jsou i pracovní části pro její následné ošetření (Pospíšil, 2020; Šnobl a Pulkrábek, 2005; Hůla a kol., 1997).

Kvalitně provedená podmítka závisí na správném termínu vykonání. Pokud není zajištěna včas, tak nemusí splnit účel, pro který byla provedena. Ideální čas na podmítka bývá hned v den sklizně, jelikož v prvních dnech po sklizni dochází k největšímu vypařování půdní vláhy. Půda bývá po sklizni ještě relativně vlhká, tím pádem je možné její lepší zpracování než při pozdní podmítce, která již neplní svůj účel, na vyschlé půdě se provádí obtížněji a zapříčiňuje větší opotřebení pracovních nástrojů (Pospíšil, 2020; Šnobl a Pulkrábek, 2005; Škoda a Cholenský, 1993).

Druhým parametrem pro kvalitní podmítka je její hloubka. Šnobl a Pulkrábek (2005) uvádí, že ideální hloubka podmítka je od 8–12 cm. Pospíšil (2020) oproti předchozímu autorovi rozděluje podmítka na:

- mělkou do 8 cm,
- střední 8–12 cm,
- hlubokou 12–15 cm.

Zároveň uvádí, že významnou roli při volbě hloubky podmítka hrají srážkové poměry v lokalitě, kde se pozemek nachází a stanoviště. V sušších oblastech, kde je hlavním úkolem zadržet co nejvíce vláhy po srážkách a co nejúčinněji zastavit odpar vody je vhodná větší hloubka zpracování. Pokud je na poli vyšší strniště nebo vzrostlý výdrol, měla by být provedena střední podmítka, aby bylo dosaženo částečného zapravení posklizňových zbytků, jako na Obrázku 1.6.



Obrázek 1.6: Podmítka

Pro dobře provedenou podmítka je také potřeba zvolit správnou zemědělskou techniku. V dnešní době jsou nejčastěji využívány talířové nebo radličkové podmítkače. Tyto stroje jsou význačné svou univerzálností, jelikož je lze využívat v technologiích zpracování půdy s orbou i bez orby a důležitým požadavkem na ně, je vysoká plošná výkonnost při dobré kvalitě práce (Pastorek, 2002; Šnobl a Pulkrábek, 2005).

Talířové kypřiče slouží především pro mělké zpracování půdy, proto se využívají pro provedení podmítky. Pracovními orgány jsou talíře o průměru až 52 cm, po obvodu hladké či se zuby, viz Obrázek 1.7. Díky velkému průměru talířů se snadno nastaví požadovaná hloubka zpracování. Nevýhodou těchto pracovních orgánů je, že po primárním zpracování půdy zanechávají hřebenité dno, z toho důvodu by se měl při opakovaném zásahu měnit směr jízdy, nejlépe šikmo na předchozí. Oproti této nevýhodě disponují talířové kypřiče mnoha výhodami, jednou z nich je především vysoká plošná výkonnost, díky které je možné lépe dodržovat agrotechnické lhůty pro provedení kvalitní podmítky. Talířově podmítače jsou totiž vyráběny ve velkém rozmezí pracovních záběrů, které mohou dosahovat až 16 m. Výkonnost, ale i kvalita podmítky jsou u dnešních strojů podmíněny pracovní rychlostí. Tyto rychlosti se pohybují kolem 14 km.h⁻¹, ale někdy i vyšší, a to až 20 km.h⁻¹. Kvalita práce s těmito stroji v nemalé míře závisí na kvalitě sklizně předplodin, pokud se na pozemku nachází velké množství polehlé nesklizené plodiny nebo špatně rozptýlené posklizňové zbytky, dochází ke komplikacím při podmítce např. zacpáváním a při následném zakládání porostů v bezorebných technologiích. Talířové podmítače jsou také ve většině případů vybaveny drobicími a utužovacími válci, díky tomu není nutné podmínku následně ošetřovat dalšími stroji. Výhody a nevýhody talířových kypřičů jsou shrnuty v Tabulce 1.2 (Pastorek, 2002; Pospíšil, 2020; Hůla a Procházková, 2008).

Tabulka 1.2: Výhody a nevýhody talířových kypřičů

Výhody	Nevýhody
Vysoká plošná výkonnost	Vytváří hřebenité dno
Kvalitní práce – drobicí a mísicí účinek	Ucpávání při práci s vyšším objemem posklizňových zbytků
Vysoká pracovní rychlost	Kamenité pozemky poškozují pracovní orgány



Obrázek 1.7: Pracovní části talířového kypřiče

Radličkové kypřiče jsou také vhodnou volbou pro provedení kvalitní podmětky. Jako pracovní nástroje se využívají radličky, uspořádané do dvou či více řad, opatřené pojistkami proti přetížení při kultivaci mělkých a kamenitých půd, viz Obrázek 1.8. Kromě radliček jsou kypřiče vybaveny talíři ke zpětnému urovnění povrchu půdy a částečné zapravení rostlinných zbytků. Stejně jako talířové kypřiče, mohou být vybaveny drobicím a utužovacím válcem. Tyto stroje bývají osazovány různými typy radliček, tudíž je lze využít jak pro mělkou, tak i hlubší kultivaci. Pro podmětku, která představuje zpracování půdy do menší hloubky se nejčastěji využívají šípovité podřezávací radličky, které umožňují rovnoměrné zpracování půdy při malé hloubce kypření. Díky konstrukčnímu řešení těchto radliček se pozitivně přispívá k urovnění povrchu půdy. Radličkové kypřiče též dosahují vysoké plošné výkonnosti díky velkým pracovním záběrům a jezdovým rychlostem, které jsou srovnatelné s talířovými kypřiči (Hůla a Procházková, 2008; Pospíšil, 2020).



Obrázek 1.8: Pracovní orgány radličkového kypříče

Orba je další ze souboru činností zpracování půdy. Je jedním z nejrozšířenějších způsobů kultivace na světě a má své zastánce i odpůrce. Orba představuje jednu ze základních pracovních operací v konvenčním zpracování půdy. Není uplatňována pouze u tradičního zpracování půdy, ale využívá se též v půdoochranných technologiích, například k okopaninám, jelikož se orbou spolehlivě zapraví organická hnojiva, která jsou při pěstování těchto plodin velmi důležitá (Šnobl a Pulkrábek, 2005; Šimon a Lhotský, 1989; Hůla a kol., 1997).

Zpracování půdy pluhem je velmi energeticky náročná pracovní operace, proto je na ni kladen požadavek, aby byla provedena v co nejvyšší kvalitě a přinášela výhody v péči o půdu. Správně provedená orba půdu drobí, kypří, mísí a obrací. Do zpracovávaného profilu ornice jsou zapravovány rostlinné zbytky, výdrol, plevel, organická a minerální hnojiva. Právě při likvidaci plevelů, chorob a škůdců má orba velmi pozitivní účinek. Pro kvalitní orbu je důležité, aby byla provedena za optimální půdní vlhkosti. Šnobl a Pulkrábek (2005) uvádí, že u těžkých půd je optimální vlhkost 14-18 %, středních 18-20 % a u lehkých vlhkost půdy není natolik rozhodující (Šnobl a Pulkrábek, 2005; Kroupa et al., 1998).

Orba je prováděna radličnými pluhu, tyto stroje prošly mnohaletým vývojem a jejich konstrukce se stále zdokonalují. Ani v dnešní době neexistuje nářadí, jež by plně nahradilo plužní těleso. Pluh je složený ze dvou částí, a to z pracovní a nepracovní. Hlavním segmentem pracovní části pluhu je orební těleso, které vykonává práci tohoto stroje a skládá se z několika částí, viz Obrázek 1.9. Může být dále doplněno o předradličku, krojidlo či podryvák. Do nepracovní části pluhu se řadí nosný rám, na kterém jsou připevněna orební tělesa s doplňky a pojezdové ústrojí, pokud jde o polonesený pluh (Šnobl a Pulkrábek, 2005; Pastorek, 2002).



Obrázek 1.9: Orební těleso

Popis Obrázku 1.9: 1 – dláto, 2 – čepel, 3 – odhrnovačka, 4 – zahrnovač rostlinných zbytků, 5 – slupice, 6 – plaz, 7 – pero, 8 – vzpěra

Jak již bylo uvedeno, orební těleso vykonává práci pluhu. Činnost orebního tělesa představuje odřezávání tzv. brázdové skývy, kterou následně zvedá a posouvá do strany. Vytvořená brázdová skýva má tvar čtyřbokého hranolu, v němž jeho výška je nazývána hloubka orby a šířka pracovním záběrem orebního tělesa. Ve vztahu k těmto veličinám vzniká termín orební poměr, který představuje podíl hodnot šířky ku hloubce a neměl by být nižší než 1,27, jinak dochází ke špatnému obracení brázdové skývy. Fyzikální princip orebního tělesa je založen na působení trojstranného klínu v půdě, který je blíže popsán v publikaci od Neubauera (1989).

Hloubka orby se většinou přizpůsobuje stavu půdy a plodině, před kterou je orba prováděna. Hlavní zásadou při orbě ve vztahu k hloubce je, že by neměla být každoročně na stejném pozemku prováděna stejně hluboká vrstva, jinak mnohem snadněji vzniká zhutnělá podorniční vrstva. Podle požadované hloubky orby je také nutná správná volba pluhu. Tato volba se odvíjí od záběru jednotlivých orebních těles. Pro mělkou a střední orbu jsou vhodné pluhy s pracovním záběrem jednoho orebního tělesa 30 cm. V současné době se však vyrábějí pluhy s variabilním záběrem orebních těles, jež velice usnadňuje přizpůsobení záběru hloubce orby. Stejně jako podmínku, lze orbu rozdělit dle hloubky zpracování, a to na:

- mělkou orbu (do 18 cm),
- střední orbu (18–24 cm),
- hlubokou orbu (24–30 cm),
- velmi hlubokou orbu (více než 30 cm),
- rigolování (nad 40 cm) (Šimon a Lhotský, 1989; Šnobl a Pulkrábek, 2005)

Termín orby je též důležitý pro její kvalitu, má vliv na vlastnosti půdy a ovlivňuje následné pracovní operace či vzházení zaseté plodiny. Šnobl a Pulkrábek (2005) dělí orbu podle termínu provedení na:

- letní,
- podzimní,
- zimní,
- jarní.

Ve výše uvedeném zdroji jsou tyto termíny popsány blíže a uváděny jsou též jejich výhody a nevýhody.

Kvalitu orby také ovlivňuje způsob jejího provedení, který se volí podle několika hledisek. Způsob orby se volí především dle tvaru, velikosti a svažitosti pozemku, termínu orby a použité mechanizace. Podle provedení lze orbu rozdělit na dva stěžejní způsoby:

- záhonová orba,
- orba do roviny.

Záhonová orba je prováděna jednostrannými pluhy a tento způsob spočívá v rozdělení pozemku na tzv. záhony. Pokud je prováděna orba do skladu, začíná se orat uprostřed záhonu a postupuje se dále k okrajům. Druhý způsob je orba do rozoru, kdy se naopak začíná od okrajů a postupuje se ke středu honu.

Orba do roviny je v dnešní době nejčastější způsob. Využíváno je k ní oboustranných otočných pluhů, kdy se začne na jedné straně pozemku a jednotlivé záběry na sebe navazují, tím je ušetřen čas a také se zmírňuje zhutnění půdy na souvratích (Hůla et al, 1997; Šimon a Lhotský, 1989; Šnobl a Pulkrábek, 2005).

Pokud je orba provedena správně má své nesporné výhody. Mezi tyto výhody patří především zapravování velkého množství posklizňových zbytků, plevelů či výdrolu do půdy, čímž se význačně podílí na snížení zaplevelenosti pozemku a vzcházení jiných nežádoucích plodin. Orba také napomáhá při mechanickém potlačování škodlivých živočichů, jako je např. hraboš polní. Do výhod také lze řadit, že pluhem lze provést dobrou kvalitu práce ve velkém rozsahu druhů půd, při různých půdních vlhkostech. Po provedení orby tak máme tzv. čistý stůl a následují další pracovní operace (Šnobl a Pulkrábek, 2005; Hůla et al., 1997).

Orba má však i své nevýhody. I přesto že pozitivně působí při regulaci plevelů, výdrolu a nežádoucích živočichů, tak naopak může vynášet k povrchu půdy semena plevelů z půdní zásoby. Také ukládání veškerého organického materiálu nebo minerálních hnojiv do stejné hloubky není zcela příznivé, jelikož nedochází k jejich rozptýlení po zpracovávaném profilu ornice a živiny jsou tak hůře přístupné. Nepříznivý vliv má orba také na půdní edafon, větší živočichové se orbou mohou eliminovat, avšak snižují se počty žížal či chvostoskoků, poněvadž orba je razantní zásah do jejich přirozených životních podmínek. Jednou z velkých nevýhod orby je, že při ní dochází k utužování podorničí a vzniká tzv. zhutnělá (utužená) podorniční vrstva vlivem orebních těles. Tato vrstva brání kořenům rostlin a půdnímu edafonu

prostupovat půdním profilem (Šnobl a Pulkrábek, 2005; Škoda a Cholenský, 1993; Hůla a Procházková, 2002).

Kypření je pracovní operace, kterou v dnešní době bývá nahrazována orba a využívá se především v půdoochranných systémech zpracování půdy. Tento způsob zpracování půdy je dnes nejčastěji využíván v USA a nachází své příznivce po celém světě. Pro tento systém zpracování půdy nacházejí své uplatnění kypřiče, kterých je na trhu se zemědělskou mechanizací mnoho a lze vybrat stroj vhodný do potřebných podmínek daného výrobního podniku. Podle hloubky zpracování lze volit talířové či radličkové kypřiče, které jsou srovnatelné s těmi využívanými k podmtice (Hůla a Mayer, 1999; Pastorek, 2002; Hůla a Procházková, 2008).

Radličkový kyprič, viz Obrázek 1.10, byl již popisován výše u zpracování půdy podmínkou a pro kypření je využíván častěji než talířový kyprič. Tento stroj je vhodný i pro intenzivní zpracování půdy do větší hloubky. Při této pracovní operaci má za úkol nahradit pluh, proto se s ním provádí kypření do hloubky 20-40 cm, kdy zároveň je možné rozrušovat ztuhlé podorniční vrstvy. Konstrukční řešení pracovních orgánů kypřiče při této operaci je nejčastěji řešeno použitím šikmých slupic opatřeným břitem a dlát s nastavitelnými křídly (Hůla a Mayer, 1999; Pastorek, 2002; Hůla a Procházková, 2008).



Obrázek 1.10: Radličkový kyprič

Stejně jako orba má kypření své výhody a nevýhody. Mezi výhody nezpochybnitelně patří příznivý ekologický vliv na strukturní stav půdy. Ovlivňuje hlavně fyzikální vlastnosti jako je objemová hmotnost a pórovitost, které se působením kypřičů zlepšují, jelikož zpracování půdy kypřením je šetrnější než orba. S tím úzce souvisí hlavní výhoda kypření, a tou je omezení zhutnění půdy, které bývá menší než po zásahu pluhu. Výhoda kypření oproti orbě je též v systému nakládání s organickou hmotou jako jsou např. posklizňové zbytky. Při použití kypřičů tato hmota není zcela zapravena do půdy, je kvalitně promísena v celém zpracovávaném profilu a část zůstává na povrchu půdy. Tím se zlepšuje stav půdní organické hmoty a také díky tomuto systému lze účinně snižovat vodní a větrnou erozi, ale i výpar půdní vláh, jelikož povrch půdy je chráněn právě rostlinnými zbytky. Kypření nepřináší však pouze ekologické výhody, ale též má výhody ekonomické, jelikož je méně energeticky náročné nežli orba. Snižuje se také potřeba času na vykonávané operace díky vysokým pojezdovým rychlostem (až 20 km.h⁻¹), velkým pracovním záběrům (až 12 m) a redukcí následných pracovních operací jako např. předset'ová příprava, tím pádem jsou ušetřeny náklady na provoz strojů a snižují se nároky na počty zaměstnanců (Šimon et al., 1999; Hůla a Procházková, 2002; Hůla a Procházková, 2008).

Mezi hlavní nevýhody kypření jako náhrady orby lze řadit nižší odplevelovací účinek, tím pádem vzniká potřeba více využívat chemických přípravků na jejich regulaci, což vede ke zvýšení nákladů. Šimon et al. (1999) popisují jako nevýhodu kypření zvýšení obsahu organické hmoty v povrchové vrstvě ornice a hromadění živin dodávaných průmyslovými hnojivy v blízkosti povrchu půdy. Toto však Hůla a Procházková (2008) uvádějí jako výhodu. Hůla et al. (1997) také poukazují na zvýšení okyselení půdy vlivem vynechání orby ve vlhčích podmínkách v důsledku migrace některých solí vápníku, ale i koloidních částic do spodních vrstev půdního profilu. Ve vlhčích podmínkách také kypřič nedokáže uspokojivě pracovat a musí se volit jiný způsob zpracování, poněvadž při práci s kypřičem by měla být půda drobivá. Pokud dojde k překročení meze plasticity, stav půdy se mnohem více zhoršuje.

Předset'ová příprava půdy je využívána především v konvenční technologii zpracování půdy, kde navazuje na orbu. Hlavním úkolem této pracovní operace je připravit půdu pro uložení osiva. Pro správně připravenou půdu platí pořekadlo: „tvrdá postýlka, měkká peřinka“, jelikož osivo by mělo ležet na utuženější části půdního profilu, kdy se k němu lépe dostává kapilární vláha a zakryto je vhodně

rozdobenou ornici. Předseťová příprava tedy představuje drobení hrud, které vznikly při předchozím zpracování půdy, kypření do požadované hloubky a urovnávání povrchu půd, jež má vliv na další pracovní úkony na pozemku. Při přípravě půdy před setím také dochází k částečnému ničení plevelů a mohou být do půdy zapravována minerální hnojiva či pesticidy.

Příprava půdy zahrnuje pracovní operace jako je smykování, kypření či válení. Tyto zásahy mohou být prováděny buď jako samostatná operace, kdy jsou používány kypřiče, viz Obrázek 1.11, kombinátory nebo kompaktory, jež se skládají z různých pracovních částí a většinou spojují smykování, kypření a válení do jednoho přejezdu. Druhou možností je provádění přípravy půdy rovnou při zpracování např. při orbě, kdy k pluhu jsou agregovány drobní válce, případně i pruty apod., které rozdrobí a urovnají povrch půdy a tím ji připravují k setí. Při nahrazení orby kypřením probíhá předseťová příprava při samotném kypření, jelikož tuto práci zastává samotný kyprič, který má více pracovních sekcí. Příprava půdy nemusí probíhat pouze zároveň při zpracování půdy, ale běžné je tuto operaci spojovat se setím, kdy secí stroje mají své ústrojí pro přípravu, často to bývají rotační brány poháněné vývodovým hřídelem tažného prostředku (Hůla a Mayer, 1999; Pastorek, 2002; Škoda a Cholenský, 1993).



Obrázek 1.11: Předseťová příprava

1.4.2 Setí

Setí je pracovní operací, na které závisí růst rostlin, a to hlavně v počátku vegetačního období. Na kvalitě setí velmi záleží, jelikož ovlivňuje dobré využití živin rostlinami z půdy, jejich rovnoměrné vzcházení, počet na jednotku plochy, tak aby si vzájemně nekonkurovali, a v neposlední řadě kvalitu a výnos semen.

Setí je možné dělit dle mnoha hledisek, jako základní rozdělení lze použít podle termínu provedení na:

- podzimní setí – setí ozimů (pšenice, řepka, ječmen),
- jarní setí – setí jařin (luskoviny, kukuřice).

K setí se využívají secí stroje, jejichž úkolem je pravidelné rozmístění osiva v povrchové vrstvě půdy jak plošně, tak i do správné hloubky, podle charakteru plodiny. Zpravidla platí, že větší semena se vysévají do větší hloubky a menší semena do hloubky menší. Na secí stroje jsou kladeny vysoké požadavky, jelikož jeho kvalita má dále vliv na následující operace a podílí se na výnosech plodin. Důležitým požadavkem při setí je dodržení agrotechnických lhůt, proto se u secích strojů vyžaduje vysoká plošná výkonnost při splnění požadované kvality práce. Plošná výkonnost se u secích strojů zvyšuje, stejně jako u strojů na zpracování půdy, zvětšováním pracovních záběrů a pojezdové rychlosti. Pracovní záběry se u dnešních strojů nejčastěji pohybují okolo 6 metrů, ale mohou být až 12 metrů. Pojezdová rychlost se též s novými technologiemi zvyšuje, díky pneumatickému výsevnímu ústrojí, které je běžné u nových i starších secích strojů, se dosahuje rychlostí i přes 15 km.h⁻¹. Se setím bývá často prováděna i předseťová příprava, spojením těchto pracovních operací je možné omezit pohyb strojů po pozemku. Příprava půdy je většinou prováděna aktivně poháněnými pracovními orgány, např. rotačními bránami, které jsou agregovány přímo na secí stroj, viz Obrázek 1.12. Na trhu se zemědělskou technikou se nachází dostatečný počet výrobců secích strojů, které odvádí kvalitní práci v rozmanitých podmínkách a je pouze na uživateli jaký typ stroje zvolí, dle svých požadavků (Hůla a Mayer, 1999; Pastorek, 2002; Šnobl a Pulkrábek, 2005).



Obrázek 1.12: Secí stroj

1.4.3 Hnojení

Hnojení půdy je činnost, při které je rostlinám dodáváno látek, jež jsou jimi z půdy odčerpávány a příznivě se podílejí na jejich výživě, tím pádem ovlivňují výnosy a kvalitu produkce pěstovaných plodin. Vhodným hnojením lze také upravit půdní fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Látky dodávané do půdy jsou hnojiva, které mohou být přímým zdrojem živin nebo nepřímo zlepšují výživu rostlin. Tyto hnojiva jsou v předem stanovené dávce rovnoměrně aplikovány po pozemku, případně i do hloubky dle požadavku rostlin, vlastnosti hnojiva a zpracování půdy. Šnobl a Pulkrábek (2005) dělí hnojiva dle původu na:

- statková (organická),
- minerální (průmyslová).

Statková hnojiva jsou výhradně produkována z činnosti živočišné výroby a patří mezi ně chlévský hnůj, močůvka či kejda. V podnicích, kde se nenachází živočišná výroba je využíváno jako zdroje organické hmoty zelené hnojení, sláma ze sklizně nebo rozmetání kompostu. Hnojiva tohoto typu představují univerzální typ hnojiv a v systému rostlinné výroby mají nezastupitelnou úlohu. Vyznačují se vysokou hnojivou hodnotou a dodávají do půdy nespočet látek (organické, stimulační apod.) Použitím statkových hnojiv se výrazně přispívá ke zlepšení úrodnosti půdy, jelikož pozitivně působí na fyzikální vlastnosti, infiltrační schopnost, zadržování živin a jejich lepší využití. Tím se pak půda stává odolnější např. proti ztuhnutí půdy

či výkyvům pH. Ministerstvo zemědělství (2020a) udává, že použitím organických hnojiv je možné dosáhnout vyšších výnosů než při použití pouze hnojiv minerálních. Aby bylo však hnojení tímto typem hnojiva účinné, je nutné dodržovat pravidelné hnojení pozemků v určitých časových intervalech (4–5 let), dále aplikovat pouze doporučené dávky (platí, že je vhodnější aplikovat menší dávku na větší plochu než opačně) a v neposlední řadě hnojiva co nejrychleji zapravit do půdy (< 48 hodin) (Šnobl a Pulkrábek, 2005; Kroupa et al., 1998).

Minerální hnojiva, nazývána též jako průmyslová či koncentrovaná, jsou většinou produktem chemického průmyslu. Tato hnojiva se vyznačují vyšším obsahem živin, jelikož obsahují dvě a více živin. Vyráběna jsou z přírodních surovin jako jsou fosfáty, draselné minerály či vápence a zdrojem dusíku je syntéza amoniaku z dusíku a vodíku. Mezi tato hnojiva se řadí např. Ledek amonný s vápencem (LAV), močovina (MO), DAM 390 (DAM), pálené vápno apod. Hnojiva jako je ledek amonný jsou na pozemky aplikovány ve formě granulí, které se rozpouští a tím pronikají do půdy. Oproti tomu DAM je aplikován ve formě roztoku, protože je v kapalném stavu (Šnobl a Pulkrábek, 2005; Kroupa et al., 1998).

Na stroje jsou kladeny nároky právě ohledně kvality rozmetání – rozprostření materiálu, a hlavně v dodržení stanovené dávky. K aplikaci organických hnojiv typu chlěvský hnůj či kompost, se využívají rozmetadla, viz Obrázek 1.13, které mohou mít mezi výrobci rozdílnou konstrukci. Všechna rozmetadla jsou však vybavena rozmetacím, případně rozdružovacím ústrojím. Rozdružovací část materiál rozruší na vhodnou velikost a rozmetací ústrojí dále materiál rovnoměrně rozprostře (rozhodí) po pozemku. Práce s organickými hnojivy jako je kejda a močůvka probíhá za pomoci fekálních cisteren, které jsou vybaveny vakuokompresorem. Samotná aplikace na pozemku probíhá rozstříkem za pomoci již zmíněného vakuokompresoru a aplikační koncovky, díky níž je kapalina vhodně rozprostřena. Pro kejdu je vhodné také využití kejdového aplikátoru (Šnobl a Pulkrábek, 2005; Kroupa et al., 1998; Neubauer, 1989).



Obrázek 1.13: Rozmetání organického hnojiva

Stroje využívané k aplikaci granulovaných minerálních hnojiv se nazývají též rozmetadla. U těchto rozmetadel je však dodržení stanovené dávky důležitější než u rozmetadel organických hnojiv, jelikož náklady na pořízení průmyslových hnojiv jsou vyšší než u organických a také vyšší obsah těchto látek v půdě nemusí být vždy příznivý. V dnešní době jsou nejvíce využívána rozmetadla nesená traktorem, viz Obrázek 1.14. Tato rozmetadla jsou vybavena mnoha prvky a technologiemi, které zajišťují optimální rozhození a dávkování hnojiva po pozemcích. Mezi technologie, jež mají největší podíl na dodržení správné dávky a spoří náklady na hnojivo, patří vypínání virtuálních sekcí na pozemcích s nepravidelným tvarem za pomoci GPS navigací a pokročilé elektroniky. Kapalná minerální hnojiva jako DAM je možné aplikovat pomocí postřikovačů, které se využívají k chemické ochraně rostlin, pouze je potřeba upravit aplikační trysky (Šnobl a Pulkrábek, 2005; Kroupa et al., 1998).



Obrázek 1.14: Rozmetání minerálních hnojiv

1.4.4 Chemická ochrana

Chemická ochrana je jednou z možností, jak rostliny chránit před plevele, škůdci a chorobami, jež napadají pěstovaný porost a způsobují tím značnou redukci výnosu a kvality. Aplikací chemických přípravků lze tuto redukci potlačit a dosáhnout vyšší produkce a kvality výroby. Tento způsob ochrany rostlin je v dnešní době hojně využívaný a v zemědělské výrobě je to nezbytná část výrobního procesu. Šnobl a Pulkrábek (2005) ve své publikaci uvádí, že k chemické ochraně rostlin by se mělo přistupovat až když není možnost použít jiné ochrany rostlin (volba odrůdy, mechanické způsoby ochrany apod.), jelikož chemické látky mohou mít nepříznivý vliv na životní prostředí. Látky z chemického průmyslu, které se využívají v zemědělství se obecně nazývají pesticidy a podle účinku na různé organismy je lze dělit na:

- fungicidy – ochrana před houbovými chorobami,
- zoocidy – hubení živočišných škůdců (insekticidy, rodenticidy),
- herbicidy – hubení plevelů (zaujímají 2/3 spotřeby pesticidů).

Kromě výše uvedených se používají také desikanty, které přerušují vegetační období rostlin a vysuší je před sklizní či regulátory růstu, ty ovlivňují růst a vývoj rostlin. Chemické přípravky všech druhů podléhají kontrole u Ústředního kontrolního ústavu zemědělského, který je zřízen Ministerstvem zemědělství a vede registr přípravků,

které se mohou používat na území České republiky (Šnobl a Pulkrábek, 2005; Kroupa et al, 1998).

Nejpoužívanějším strojem k aplikaci pesticidů je postřikovač. Tyto stroje jsou vyráběny jako nesené, tažené (Obrázek 1.15) nebo samojízdné. Postřikovače v jakémkoliv provedení však mají stejné hlavní části - nádrž na chemický prostředek, nádrž na postřikovou jichu a ramena s tryskami. V současné době jsou na trhu nabízeny postřikovače s nádržemi na postřikovou jichu o objemu i přes 6000 litrů a pracovním záběrem až 36 metrů. Takové stroje pak mohou dosahovat vysoké pracovní výkonnosti s minimálním počtem doplňování kapaliny. Na postřikovače je kladen nárok z ohledu dodržení dávky postřikové jichy na jednotku plochy i při změně pojezdové rychlosti a též na kvalitní rozptýlení kapek různých velikostí, tak aby došlo k jejich ulpění na rostlině. Velikost kapek a rozptýlení je dáno především tryskami, které jsou použity na stroji a mohou být v průběhu sezony měněny při aplikaci různých chemických prostředků. Ke snížení nákladů na chemické prostředky, a především k dodržení předepsané dávky na nepravidelných pozemcích jsou dnes postřikovače vybaveny systémem vypínání jednotlivých sekcí trysek, který spolupracuje s GPS navigací (Šnobl a Pulkrábek, 2005; Kroupa et al., 1998).



Obrázek 1.15: Tažený postřikovač

1.4.5 Sklizeň zrnin

Vrcholnou pracovní operací, která se provádí na pozemku je sklizeň pěstované plodiny. Způsob sklizně a stroj ke sklizni se odvíjí od plodiny a také klimatických podmínek stanoviště. V našich podmínkách jsou nejvíce pěstovány obilniny, olejninny či luskoviny, ty představují např. pšenici, ječmen, řepku a hrách. Vlastní sklizeň počíná dosažením technologické zralosti plodiny a můžeme ji dělit na:

- jednofázovou (přímou),
- dvoufázovou (dělenou).

Rozdíl mezi těmito způsoby sklizně je v technologickém postupu a používanými stroji. U obou způsobů jsou využívány sklízecí mlátičky. Při dělené sklizni je však nejprve plodina posekána a uložena na řádek jiným strojem, kde dozrává a následně je sklízecí mlátičkou sbírána vhodným adaptérem. Oproti tomu u přímé sklizně, je celý průběh sklizně zajišťován pouze sklízecí mlátičkou s adaptérem, který umožňuje pokos plodiny. Právě způsob přímé sklizně plodin je nejrozšířenějším způsobem v našich podmínkách. Velmi závažným problémem jak u přímé, tak dělené sklizně jsou ztráty, jež vznikají před, při a po sklizni. Před sklizňové ztráty jsou způsobeny samovolným výdolem při opožděné sklizni a velmi záleží na druhu plodiny. Ztráty při sklizni vznikají vlivem mechanizace, kdy má hlavní vliv na ztráty seřízení sklízecí mlátičky. Podle Šnobl a Pulkrábek (2005) se tyto ztráty tolerují do 1,5 % při přímé sklizni a do 2 % při dvoufázové sklizni. Posklizňové ztráty poté vznikají při dopravě, posklizňové úpravě a skladování.

Jak vyplývá z předchozího odstavce, sklízecí mlátička je stěžejní stroj při sklizni různých druhů zrnin. Jejich hlavním úkolem je získat porost různých plodin z pozemku sečením (přímá sklizeň) nebo sběrem (dělená sklizeň), následně zrno oddělit od zbytku rostlinné hmoty, vyčistit od nežádoucích částí rostlin a následně uložit v zásobníku. Posklizňové zbytky, především sláma, mohou být sklízecí mlátičkou uloženy do řádků pro další zpracování nebo rozdrčeny a rozprostřeny po pozemku, kde jsou při zpracování půdy zapraveny do země.

Dnešní sklízecí mlátičky jsou vybavovány motory s dostatečnou rezervou výkonu pro překonání kritických zatížení mláticího a pojezdového ústrojí. Díky vysokým výkonům pohonných jednotek (až 520 kW), propracované technologie výmlatu a toku materiálu strojem, lze sklízecí mlátičky vybavovat adaptéry s velkým pracovním záběrem (> 15 m) a též zvyšovat pojezdovou rychlost, to má vliv na jejich plošnou

výkonnost ($> 6 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$). I při těchto vysokých výkonech současné sklízecí mlátičky dodržují povolené ztráty při sklizni a zároveň požadovanou čistotu a kvalitu získávaného zrna.

Nabídka a provedení sklízecích mlátiček je velmi rozmanitá. Všechny mají však společné základní části, mezi které se řadí např. žací adapter, mláticí ústrojí, systém čištění či pohonná jednotka. Hlavní rozdíl mezi sklízecími mlátičkami je v konstrukci mláticího ústrojí, které zajišťuje oddělení zrna a podle něj se dělí na:

- tangenciální – tok hmoty kolmo na osu mláticího bubnu,
- axiální – tok hmoty v ose mláticího bubnu,

Jako třetí typ se v poslední době objevují tzv. hybridní mláticí ústrojí, které je založené na tangenciálním způsobu, avšak klávesová vytrásadla jsou nahrazena axiálními rotory, tím pádem kombinuje výše zmíněné konstrukce. Základní konstrukce sklízecích mlátiček mají mezi uživateli své zastánce i odpůrce. Mezi výhody tangenciálního, nazývané též konvenčního, mláticího ústrojí patří především stálá výkonnost po celý den oproti axiálnímu, kdy nejvyšší výkonnosti je dosahováno při optimální vlhkosti zpracovávané hmoty. Axiální mláticí ústrojí má zase oproti konvenčnímu výhodu v menší destrukci zrna, jelikož výmlat a separace probíhá šetrnějším způsobem. Na Obrázku 1.16 je sklízecí mlátička s axiálním mláticím ústrojím (Břečka et al., 2001; Kroupa et al., 1998; Pastorek, 2002; Jedlička, 2020; Šnobl a Pulkrábek, 2005).



Obrázek 1.16: Sklízecí mlátička

2 Cíl

Cílem této práce je rozšířit autorovu předešlou bakalářskou práci zabývající se porovnáním orebné a bezorebné technologie zpracování půdy z hlediska jejího zhutnění na vybraném pozemku o nová experimentální data a hlubší rozbor a interpretaci získaných dat.

V teoretické části je cílem diplomové práce shrnout dosavadní poznatky ve zkoumané problematice. V praktické části měření získat data o zhutnění půdy na pokusném pozemku, data dále zpracovat, vyhodnotit a vhodným způsobem interpretovat. Součástí této části práce je i sestavení seznamu pracovních operací provedených na pokusném pozemku, včetně techniky, která je prováděla.

3 Metodika

Zkušební pozemek, půdní blok 8801-0 (750-1120), byl rozdělen na dvě části. Rozdělení proběhlo podél sloupů elektrického vedení, viz Obrázek 3.1. Před zahájením pokusu byla na obou částech provedena podmítka do hloubky 7 cm talířovým podmítačem Horsch Joker 6 RT (HORSCH Maschinen GmbH, Německo). Poté byla na jedné části pozemku provedena orba soupravou John Deere 8220 (Deere & Company, USA) se sedmiradličným pluhem Kuhn Vari-Leader 7 (Kuhn, Francie) do hloubky 22 cm. Na druhé části pozemku bylo provedeno kypření do hloubky 23 cm radličkovým kypřičem Horsch Joker 4FX (HORSCH Maschinen GmbH, Německo) v agregaci s traktorem John Deere 8220 (Deere & Company, USA).



Obrázek 3.1: Rozdělení pozemku

3.1 Postup měření

Jak již bylo zmíněno, aby bylo možné získat data je nutné sestavit plán měření a nahrát ho do přístroje. Pro účely této práce bylo použito toto nastavení:

- hrot s vrcholovým úhlem 60° a plochou 1 cm^2 ,
- rychlost pronikání kužele $2 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$,
- 4 lokality,
- 10 měření na jedné lokalitě.

Po sestavení plánu, jeho nahrání do přístroje, připevnění sondážní tyče s hrotem a připojení sondy na měření vlhkosti je přístroj připraven k použití.

Sběr dat se uskutečnil v letech 2018, 2019 a 2020 v jarním, letním a podzimním období. Při měření odporu půdy byl využíván přístroj Penetrologger od nizozemského výrobce Eijkelkamp. Názvy lokalit byly zvoleny podle stroje, kterým se v této lokalitě zpracovávala půda. Postup měření na jednotlivých lokalitách, které byly zaznamenány pomocí GPS souřadnic, byl vždy stejný. První měření bylo provedeno v kolejevém řádku a kolmo k němu se postupovalo dále s rozestupem 1 metr, aby bylo možné data spolehlivě porovnat.

3.2 Zpracování dat

Naměřená data byla naimportována z paměti Penetrologgeru do počítače Lenovo C740, který pracuje s operačním systémem Windows 10 od společnosti Microsoft. Import dat proběhl za pomoci softwaru PenetroViewer ve verzi 6.08 od výrobce Eijkelkamp, dodávaného jako součást sady přístroje. Data z tohoto programu byla následně pouze exportována do textového souboru pro další zpracování.

Data z textového souboru byla naimportována do tabulkového procesoru Excel ze sady nástrojů Office 365 od výrobce Microsoft. Z důvodu velkého množství dat se zde tato data upravila za pomoci funkce KDYŽ a PRŮMĚR. Použitím funkce KDYŽ se odstranily nežádoucí hodnoty. Tyto hodnoty vznikly již při jejich získávání na pozemku, poněvadž pokud nebylo dosaženo maximální hloubky 80 cm, pak software PenetroViewer při exportu vykazuje zbylé hodnoty do této hloubky jako záporné. Z toho důvodu musely být odstraněny, jelikož by negativně ovlivňovaly konečné výsledky. Funkcí PRŮMĚR byl proveden aritmetický průměr všech hodnot v konkrétní hloubce, tím pádem také došlo k redukci zpracovávaných dat a jejich objem se snížil na desetinu. MEDIAN, touto funkcí byla získána hodnota medián, jež je prostřední hodnotou řady vzestupně seřazených výsledků, tzn. dělí soubor hodnot na dvě stejné části a zároveň platí, že 50 % hodnot je menších než medián a 50 % větší než medián. Výhodou mediánu oproti aritmetického průměru je, že není ovlivněn extrémními hodnotami v souboru. Hodnoty aritmetického průměru a mediánu byly následně shrnuty v tabulkách, které obsahují hodnoty až do maximální hloubky, které bylo dosaženo. Do prvních 20 cm je zobrazena hodnota každé 2 cm, jelikož tato část půdního profilu je rostlinami nejvíce využívána a zhutnění půdy je v této části nejzřetelnější. V horizontu 20 až 40 cm jsou zobrazeny hodnoty po 4 cm a ve zbytku půdním profilu po 5 cm. Pokud nebylo dosaženo maximální hloubky 80 cm, je v tabulce zobrazena hodnota hloubky dosažené při měření.

Kromě výše zmíněných nástrojů, byl při zpracování dat také použit softwarový balík Matlab, který vyvinula společnost The MathWorks ze spojených států. Tento soubor nástrojů je zaměřen na podporu v oblasti matematiky, grafiky apod., proto byly v prostředí Matlabu vytvořeny grafy, znázorňující průběh hodnot penetrometrického odporu v této práci. Tvorba grafů a 2D grafiky v Matlabu se provádí zadáváním příkazů do Command Window, neboli příkazového okna. Zadané příkazy se následně provedou a otevře se grafické okno, kde je graf vykreslen. Základní příkaz pro vytvoření 2D grafu je **plot**. K tomu, aby mohl být graf vytvořen se musí nejprve vytvořit dva řádkové vektory, kdy jeden z nich je pro osu nezávisle a druhý pro závisle proměnnou. Tyto vektory představují proměnné, v nichž jsou uloženy konkrétní hodnoty, které jsou poté pomocí příkazu **plot** vyobrazeny v grafickém okně. Konkrétně v této práci to byl příkaz **plot(kuh1, yKuh1)**, kde **kuh1** představovala proměnnou s hodnotami osy **x** a **yKuh1** s hodnotami osy **y**. Po tomto základním příkazu se vytvořil graf průběhu hodnot z jednoho ze stanovišť, k tomu, aby byly křivky ze všech stanovišť v jednom grafu slouží příkaz **hold**, který je zadáván po vytvoření první křivky grafu. Dalším z důležitých příkazů byl **set**, jež byl využit pro změnu směru hodnot na ose **y**, přesné zadání příkazu vypadalo takto **set(gca,'YDir','reverse')**. Použito bylo dále ještě několik příkazů pro úpravu vzhledu grafu. Pro vytvoření popisů osy **x** a **y** slouží **xlabel** či **ylabel**, zobrazení titulku pomocí **title**, zobrazení legendy příkazem **legend** a vykreslení mřížky příkazem **grid on**. Matlab též umožňuje úpravu vzhledu grafu bez použití zadávání příkazů, a to díky nástrojovému pásu, kterým poněkud interaktivnějším způsobem lze upravit jednotlivé prvky figury.

4 Výsledky a diskuse

V této části diplomové práce je sestaven seznam pracovních operací spolu s technikou, která se na pozemku pohybovala od roku 2012 do konce experimentu a výsledky měření penetrometrického odporu a vlhkosti půdy na jednotlivých stanovištích.

4.1 Pracovní operace provedené na pozemku od roku 2012

K zajištění komplexního pohledu na zkušební pozemek byla z geografického informačního systému LPIS, provozovaného Ministerstvem zemědělství dostupného na webu <https://eagri.cz/ssl/web/mze/farmer/LPIS/>, získána data o provedených pracovních operacích souvisejících s hnojením organickou hmotou a vápněním od roku 2012. Informace o ostatních pracích na pozemku byly postupně shromažďovány během let, kdy probíhal pokus. Jelikož v zemědělském družstvu nejsou vedeny podrobnější záznamy o pracovních operacích z let 2012 až 2016, nebylo možné je dohledat.

Hamza a Andersson (2005) a Javůrek a Vach (2008) se ve svých publikacích shodují, že utužení půdy vzniká především pohybem těžké mechanizace po pozemku. Proto v Tabulkách 4.1–4.5 níže, jsou obsaženy informace o pracovních operacích, které byly na pokusném pozemku provedeny v letech 2012 až 2020, spolu s popisem strojů, jež pracovní operace vykonávaly.

Tabulka 4.1 obsahuje záznamy s pracovními operacemi, které byly uskutečněné v letech 2012-2016. V tomto období došlo pouze k vápnění v roce 2012 a k hnojení v roce 2016. Záznam, jaká souprava byla použita v roce 2012 k vápnění nebyl dohledán. Jak již bylo zmíněno výše, zemědělské družstvo nevede záznamy o pracovních operacích prováděných na pozemcích. Z tohoto důvodu nebylo možné dohledat podrobné informace o zásazích v těchto letech. K dispozici byly pouze informace o hnojení a vápnění, jež se uvádějí v informačním systému LPIS.

Tabulka 4.1: Pracovní operace 2012–2016

Termín prac. operace	Pracovní operace	Stroj	Váha soupravy	Poznámka
2012	Vápnění	-	-	Dávka 2 t.ha ⁻¹
2016	Hnojení	John Deere 7530 Premium + Annaburger HTS 20,79	6,6 t + 21 t	Dávka 35 t.ha ⁻¹

V Tabulce 4.2 jsou shrnuty pracovní operace provedené v roce 2017. První pohyb techniky po pozemku v tomto roce byl v březnu a dubnu, kdy probíhalo jarní přihnojování plodiny průmyslovými hnojivy. Po hnojení v jarních měsících následovala až sklizeň 3.–5. srpna a ihned po sklizni pšenice sběr slámy sběracím vozem. Jakmile byla z pozemku sklizena veškerá biomasa, provedla se 8.–11. 8. orba. Po orbě, ještě tentýž měsíc, byl pozemek zpracován před setím a následně zaset. Po setí se zde ve dvou termínech v září aplikoval postřik. Kromě aplikace postřiku bylo v tomto měsíci navíc provedeno přihnojování průmyslovými hnojivy.

Tabulka 4.2: Pracovní operace 2017

Termín prac. operace	Pracovní operace	Stroj	Váha soupravy	Poznámka
3.–5. 8.	Sklizeň	Case IH 8010	18,6 t	Pšenice ozimá
				Výnos 4,7 t. ha ⁻¹
Srpen	Sběr slámy	JD 8220 + Krone ZX 450/60	8,6 t + 15 t	-
8.–11. 8.	Orba	JD 8220 + pluh Kverneland	8,6 t + 3,2 t	Hloubka 20 cm
15.–16. 8.	Předset'ová příprava	JD 6210R + Horsch Joker 6RT	7,4 t + 5,1 t	-
15.–17. 8.	Setí	JD 8200 + Lemken Solitair 9	8,1 t + 2,4 t	Výsevek 2,5 kg.ha ⁻¹
Září	Aplikace postřiku	JD 7530 Premium + MGM Holešov	6,6 t	Regulace výdrolu
				Dávka 0,5 l.ha ⁻¹
Září	Aplikace postřiku	JD 7530 Premium + MGM Holešov	6,6 t	Regulace porostu
				Dávka 1 l.ha ⁻¹
Září	Hnojení	JD 6320 + Amazone	4,5 t + 0,2 t	Proti slimákům
				Dávka 5 kg.ha ⁻¹
Září	Hnojení	JD 7530 Premium + Bogballe M2 Plus	6,6 t + 0,5 t	NPK
				300 kg.ha ⁻¹

Operace provedené na pokusném pozemku v roce 2018 jsou shrnuty v Tabulce 4.3 níže. Stejně jako v roce předchozím, byla první operace přihnojení průmyslovými hnojivy. V druhé dekádě června se provedla aplikace postřiku a měsíc na to byl porost řepky sklizen. Po sklizni plodiny se půda zpracovala podmítkou. V tomto roce již byl pozemek rozdělen na dvě části z důvodu sběru dat. Proto orba prováděna 4. 9. se uskutečnila pouze na části pozemku. Ještě před zpracováním druhé části bylo na celé rozloze pole aplikováno průmyslové hnojivo. Poté z důvodu mechanického zničení výdrolu, se provedla druhá podmítka (pouze části pozemku) a následně kypření mezi daty 17. a 18. 9. V tomto termínu byla současně provedena i předseťová příprava zorané části. Po zpracování půdy na obou částech pozemku se 18.–19. 9. zasela pšenice.

Tabulka 4.3: Pracovní operace 2018

Termín prac. operace	Pracovní operace	Stroj	Váha soupravy	Poznámka
Jaro	Hnojení	JD 7530 Premium + Bogballe M2 Plus	6,6 t + 0,5 t	LAD
				200 kg.ha ⁻¹
Jaro	Hnojení	JD 7530 Premium + Bogballe M2 Plus	6,6 t + 0,5 t	LAD
				200 kg.ha ⁻¹
Jaro	Aplikace postřiku	Alpha evo	-	Houbové choroby 1,4 l.ha ⁻¹
				Hlízenka 1 l.ha ⁻¹
15. 6.	Aplikace postřiku	Alpha evo	-	Lepení lusků
				Dávka 0,7 l.ha ⁻¹
17.–18. 7.	Sklizeň	Case IH 8010	18,6 t	Řepka
				Výnos 4,21 t.ha ⁻¹
21. 7.	Podmítka	JD 8220 + Horsch Joker 6RT	8,6 t + 5,1 t	Hloubka 7 cm
4. 9.	Orba	JD 8220 + Kuhn Vari-Leader	8,6 t + 3,3 t	Hloubka 22 cm
				Pouze část pozemku
5. 9.	Podmítka	JD 6210R + Horsch Joker 6RT	7,4 t + 5,1 t	Hloubka 8 cm
				Pouze část pozemku

Pokračování Tabulky 4.3

Termín prac. operace	Pracovní operace	Stroj	Váha soupravy	Poznámka
10. 9.	Hnojení	JD 7530 Premium + Bogballe M2 Plus	6,6 t + 0,5 t	Amofos
				80 kg.ha ⁻¹
16. 9.	Podmítka	JD 6210R + Horsch Joker 6RT	7,4 t + 5,1 t	Hloubka 8 cm
				Pouze část pozemku
17.–18. 9.	Kypření	JD 8220 + Horsch Terrano 4FX	8,6 t + 4,8 t	Hloubka 23 cm
				Pouze část pozemku
17. 9.	Předseťová příprava	JD 6210R + Horsch Joker 6RT	7,4 t + 5,1 t	-
18.–19.	Setí	JD 8200 + Lemken Solitair 9	8,1 t + 2,4 t	Hloubka 2,5 cm
				Výsevek 160 kg.ha ⁻¹

V březnu 2019 bylo na pozemku rozmetáno průmyslové hnojivo ve dvou termínech. Následující měsíc se rovněž ve dvou termínech aplikoval na porost chemický postřik, tento zásah byl znovu zopakován 4. 5. a 5. 6. Sklizeň plodiny se provedla v první dekádě srpna dvěma sklízecími mlátičkami. Měsíc po sklizni byl na pozemek aplikován mletý vápenec. Až po vápnění byla teprve provedena podmítka a 5. 10. následovalo kypření části pozemku. Orbou se druhá část pozemku zpracovala v termínech 10.–11. 10. Všechny pracovní operace za tento rok jsou obsaženy v Tabulce 4.4.

Tabulka 4.4: Pracovní operace 2019

Termín prac. operace	Pracovní operace	Stroj	Váha soupravy	Poznámka
7. 3. 29. 3. 20. 4.	Hnojení	JD 7530 Premium + Bogballe M2 Plus	6,6 t + 0,5 t	LAD
				200 kg.ha ⁻¹
17.4. 29. 4. 4. 5. 5. 6.	Aplikace postřiku	JD 7530 Premium + MGM Holešov	6,6 t	Regulace plevelu
				Regulace růstu
				Houbové choroby

Pokračování Tabulky 4.4

Termín prac. operace	Pracovní operace	Stroj	Váha soupravy	Poznámka
4.–5. 8.	Sklizeň	Case IH 8010	18,6 t	Pšenice
		JD T660i	13,6 t	Výnos 6,3 t.ha ⁻¹
Srpen	Sběr slámy	JD 8220 + Krone ZX 450/60	8,6 t + 15 t	
6. 9.	Vápnění	-	-	Dávka 1,9 t.ha ⁻¹
16. 9.	Podmítka	JD 6210R + Horsch Joker 6RT	7,4 t + 5,1 t	Hloubka 8 cm
				Pouze část pozemku
5. 10.	Kypření	JD 8220 + Horsch Terrano 4FX	8,6 t + 4,8 t	Hloubka 22 cm
				Pouze část pozemku
10.–11. 10.	Orba	JD 8220 + Kuhn Vari – Leader	8,6 t + 3,3 t	Hloubka 22 cm
				Pouze část pozemku

Pracovní operace za rok 2020 jsou shrnuty v Tabulce 4.5. Jarní hnojení průmyslovým hnojivem proběhlo 28. 3. Poté začátkem dubna byl vyset hrách a následovalo druhé přihnojení 20. dubna. Po této operaci se po pozemku žádná technika nepohybovala až do sklizně, která proběhla 10. 8. Sklizeň v tomto roce byla obtížnější z důvodu polehlého porostu, tudíž přejezdy sklízecí mlátičky byly na některých místech i vícenásobné a neorganizované. Podmítka se provedla ve třetí dekádě srpna. Po podmítce následovalo začátkem září hnojení průmyslovým hnojivem, následně orba části pozemku. Na druhé části bylo nutno provést opětovnou podmítku, z důvodu mechanické regulace plevelu a následně se uskutečnilo kypření. Setí celého pozemku představovalo poslední pracovní operaci provedenou v tomto roce a proběhlo 3. října.

Tabulka 4.5: Pracovní operace 2020

Termín prac. operace	Pracovní operace	Stroj	Váha soupravy	Poznámka
28. 3.	Hnojení	JD 7530 Premium + Bogballe M2 Pluls	6,6 t + 0,5 t	NPK 6-18-34
				200 kg.ha ⁻¹
6. 4.	Setí	JD 8200 + Lemken Solitair 9	8,1 t + 2,4 t	Hloubka setí 5 cm
				Výsevek 260 kg.ha ⁻¹
20. 4.	Hnojení	JD 7530 Premium + Bogballe M2 Pluls	6,6 t + 0,5 t	Lovofert LAD 27
				100 kg.ha ⁻¹
10. 8.	Sklizeň	JD T660i	13,6 t	Hrách
				Výnos 3,48 t.ha ⁻¹
24. 8.	Podmítka	JD 6210R + Horsch Joker 6RT	7,4 t + 5,1 t	Hloubka 5 cm
2. 9.	Hnojení	JD 7530 Premium + Bogballe M2 Pluls	6,6 t + 0,5 t	DAP NP 18-46
				90 kg.ha ⁻¹
9. 9.	Orba	JD 8345R + Kuhn Vari – Leader	12,5 t + 3,3 t	Hloubka 23 cm
				Část pozemku
3. 10.	Podmítka	JD 6210R + Horsch Joker 6RT	7,4 t + 5,1 t	Hloubka 5 cm
				Část pozemku
3. 10.	Kypření	JD 8345R + Horsch Terrano 4FX	12,5 t + 4,8 t	Hloubka 25 cm
				Část pozemku
3. 10.	Setí	JD 8200 + Lemken Solitair 9	8,1 t + 2,4 t	Hloubka 2,5 cm
				Výsevek 150 kg.ha ⁻¹

4.2 Výsledky 2018

Na pokusném pozemku v roce 2018 byla pěstována řepka olejná a následně zasetá pšenice ozimá. Po sklizni řepky byl pozemek poprvé rozdělen na dvě části, které se lišily v technologii zpracování půdy, do této doby bylo na pozemku využíváno pouze konvenčního způsobu zpracování půdy s orbou. V uvedený rok proběhl sběr dat

ve třech termínech a celkem bylo provedeno 110 měření, z nichž 55 na zorané části a 55 na části zkyplené.

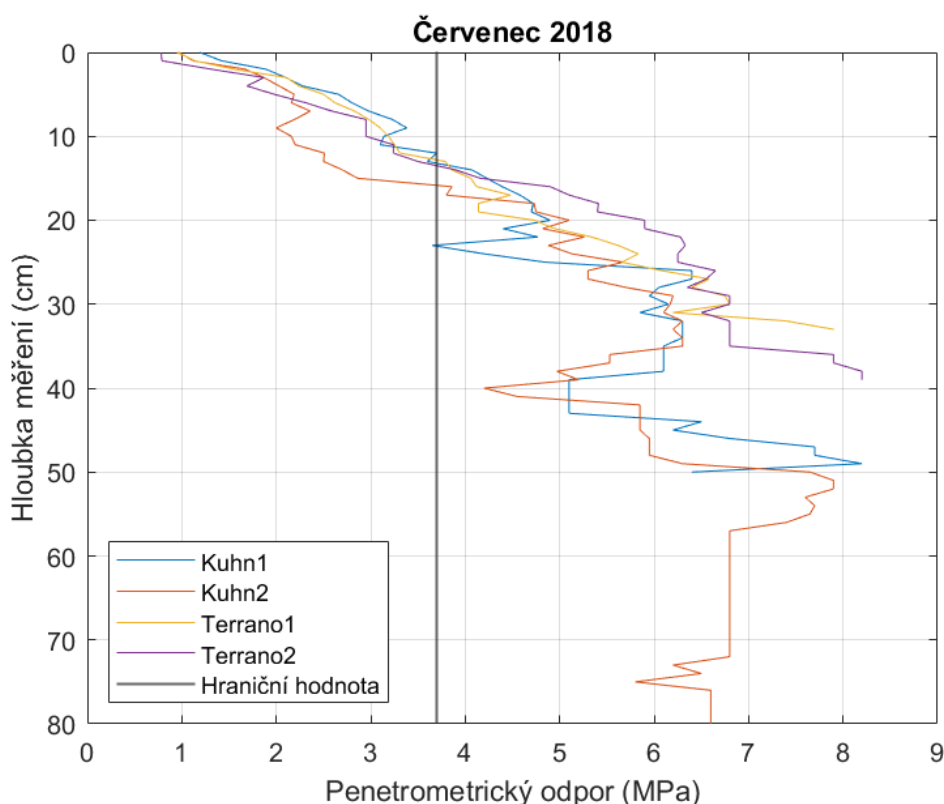
Během roku 2018 byly srážky velmi nevyrovnané a celkově velmi podprůměrné. V lokalitě měření bylo zaznamenáno za celý rok pouhých 541 mm srážek. Podle dat ČHMÚ (2021a) to je o 75 mm méně než celkem za jihočeský kraj a o 146 mm méně, než je dlouhodobý průměr určený z let 1981–2010. Srážkový deficit spolu s vysokými teplotami, které už v květnu dosahovaly hodnot kolem 28 °C se projeví na vysušení půdy a zvýšení penetrometrického odporu.

4.2.1 Červenec 2018

První měření bylo provedeno 19. 7. 2018, následující den po sklizni řepky olejné, a ještě před zpracováním půdy rozdílnou technologií. Povrch pozemku byl po sklizni pokryt rozdrčenými posklizňovými zbytky, které chránily svrchní část půdy proti ještě většímu výparu půdní vláh. Následně se posklizňové zbytky při zpracování půdy orbou zcela zapravily a při kypření došlo pouze k částečnému zapravení.

V daný den bylo provedeno celkem 40 měření, z nichž 20 na části, kde byla následně provedena orba a 20, kde se provedlo kypření radličkovým kypřičem. Měření bylo penetrometrický odpor spolu s vlhkostí půdy.

Graf 4.1: Průměrný penetrometrický odpor – Červenec 2018



Průběh hodnot penetrometrického odporu je znázorněn v Grafu 4.1. Již od počátku měření odpor strmě stoupal a na povrchu půdy se pohyboval kolem 1 MPa. Na třech ze čtyř stanovišť hodnoty rostly téměř stejným tempem, pouze na jednom ze stanovišť byl přírůstek menší, a to na části pozemku, kde byla následně provedena orba. Hraniční hodnota 3,70 MPa byla překročena již do hloubky 20 cm půdního profilu. Dle Šimona a Lhotského (1989) je hodnota odporu 3,70 MPa spodní hranicí a značí zhutnění půdy v hlinitém půdním druhu. Překročení této hodnoty na sledovaném pozemku v takto malé hloubce značí velký problém se zhutněním. Od 20 cm hloubky se hodnoty v jednotlivých lokalitách lišily a docházelo k jejich propadu a následně opět ke strmému růstu. Nejvíce těchto výkyvů bylo zaznamenáno na části vytyčené pro orbu. Pouze na této části se dosáhlo maximální hloubky 80 cm s hodnotou penetrometrického odporu blížící se k 7 MPa. Při měření na části určené ke kypření se dosáhlo hloubky téměř 40 cm, zde hodnota odporu překročila hranici 8 MPa. Konkrétní hodnoty penetrometrického odporu jsou obsaženy v Tabulce 4.6 níže.

Tabulka 4.6: Medián a průměr – Červenec 2018

Hloubka (cm)	Medián a průměr penetrometrického odporu (MPa)							
	Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.
0	0,90	1,19	0,80	0,97	0,65	0,95	0,70	0,78
2	1,90	1,89	1,10	1,67	1,15	1,55	1,10	1,31
4	2,30	2,28	1,90	2,03	2,30	2,24	1,55	1,69
6	3,00	2,80	2,15	2,16	2,80	2,62	2,15	2,31
8	3,10	3,23	2,35	2,19	2,90	2,98	3,00	2,95
10	3,25	3,14	2,30	2,16	3,00	3,19	3,05	2,95
12	3,90	3,70	2,40	2,51	3,40	3,31	3,30	3,24
14	4,40	4,07	2,40	2,70	3,45	3,86	3,75	3,90
16	5,00	4,39	4,10	3,86	3,70	4,12	4,70	4,90
18	5,00	4,72	5,25	4,73	3,70	4,14	5,60	5,41
20	5,45	4,90	4,85	5,10	4,90	4,73	5,90	5,90
24	4,20	4,20	4,60	5,13	6,30	5,83	6,25	6,25
28	6,05	6,05	6,10	5,70	6,50	6,40	6,35	6,35
32	6,30	6,30	7,70	6,30	7,40	7,40	6,80	6,80
33	6,30	6,30	7,40	6,20	7,90	7,90	6,80	6,80
36	6,10	6,10	6,20	5,53			7,90	7,90
39	5,10	5,10	5,20	5,20			8,20	8,20
40	5,10	5,10	4,20	4,20				
45	6,20	6,20	5,85	5,85				
50	6,40	6,40	7,65	7,65				

Pokračování Tabulky 4.6

Hloubka (cm)	Medián a průměr penetrometrického odporu (MPa)							
	Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.
55			7,65	7,65				
60			6,80	6,80				
65			6,80	6,80				
70			6,80	6,80				
75			5,80	5,80				
80			6,60	6,60				

V Tabulce 4.6 jsou prostřednictvím mediánu a aritmetického průměru interpretovány hodnoty penetrometrického odporu. Z hodnot je patrné, že už na povrchu pozemku půda vykazovala odpor proti pronikání kužele. V lokalitách Kuhn1 a Kuhn2, kde byla následně provedena orba, představovala hodnota odporu vypočteného pomocí mediánu 0,90 a 0,80 MPa. Oproti tomu na lokalitách Terrano1 a Terrano2 vytyčených pro kypření byly tyto hodnoty nižší, a to 0,65 a 0,70 MPa. Průměr penetrometrického odporu na povrchu byl vždy vyšší než medián v důsledku toho, že první měření v lokalitě začínalo v kolejovém řádku, kde je odpor půdy vysoký a aritmetický průměr, na rozdíl od mediánu, pracuje i s extrémními hodnotami. Tuto hodnotu blízko povrchu půdy uvádějí ve své práci i Blanco-Canqui a Ruis (2018), kdy na stejném půdním druhu a dosud nezpracované půdě naměřili do 3 cm maximálně 1,50 MPa. Na pokusném pozemku odpor půdy velmi prudce narůstal a v 10 cm už dosahoval hodnot kolem 3 MPa na třech ze čtyř lokalit, pouze na jedné z nich se odpor přibližoval hodnotě 2 MPa. Právě 2 MPa je podle Hamza a Andersson (2005) hodnota penetrometrického odporu, který omezuje růst kořenového systému rostlin. Při měření v tomto termínu byla hodnota 2 MPa překročena již ve 4 cm hloubky a dále se zvyšovala. Ve 20 cm se odpor půdy na všech stanovištích pohyboval okolo hodnoty 5 MPa. Takto velký odpor půdy již značí, že půda je v této hloubce velmi zhutněna, což může vést k nákladnějšímu zpracování a ke špatnému růstu rostlin. Hluběji než 30 cm v půdním profilu nebyla půda nikdy zpracovávána a hodnota odporu se zde pohybovala již kolem 7 MPa. Nejvyššího odporu však bylo dosaženo v hloubce 40 cm na stanovišti Terrano2, kde medián a průměr představovaly 8,20 MPa. V hloubce 80 cm, které bylo dosaženo pouze na stanovišti Kuhn2, byl penetrometrický odpor 6,60 MPa, a to jak medián, tak aritmetický průměr.







V rámci bazálního monitoringu půd prováděl Kubík (2010) měření penetrometrického odporu v jarním a podzimním období ve stejné oblasti. Jím zjištěné hodnoty a hodnoty z této práce jsou porovnávány vždy ve shodných termínech, tak aby měla komparace dat co nejvyšší vypovídací hodnotu.

Tabulka 4.7: Vlhkost půdy – Červenec 2018

Vlhkost půdy (%)							
Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr
13,00	12,10	12,50	12,70	12,00	12,80	12,00	13,30

Vysoké hodnoty penetrometrického odporu úzce souvisí s vlhkostí půdy. Půdní vlhkost v den tohoto měření byla velmi nízká, viz Tabulka 4.7. Nejvyšší průměrná vlhkost 13,30 % se naměřila na stanovišti Terrano2, oproti tomu nejnižší na stanovišti Kuhn1, a to 12,10 %. ČHMÚ (2021b) rozděluje vlhkost půdy na šest kategorií podle procentního obsahu vody v půdě (Tabulka 4.8). Dle tohoto členění spadají zjištěné hodnoty na pokusném pozemku do kategorie 5 – nízká vlhkost (low), do které se řadí půdy s vlhkostí od 10 do 30 %.

Tabulka 4.8: Kategorie vlhkosti půdy (podle ČHMÚ, 2021b)

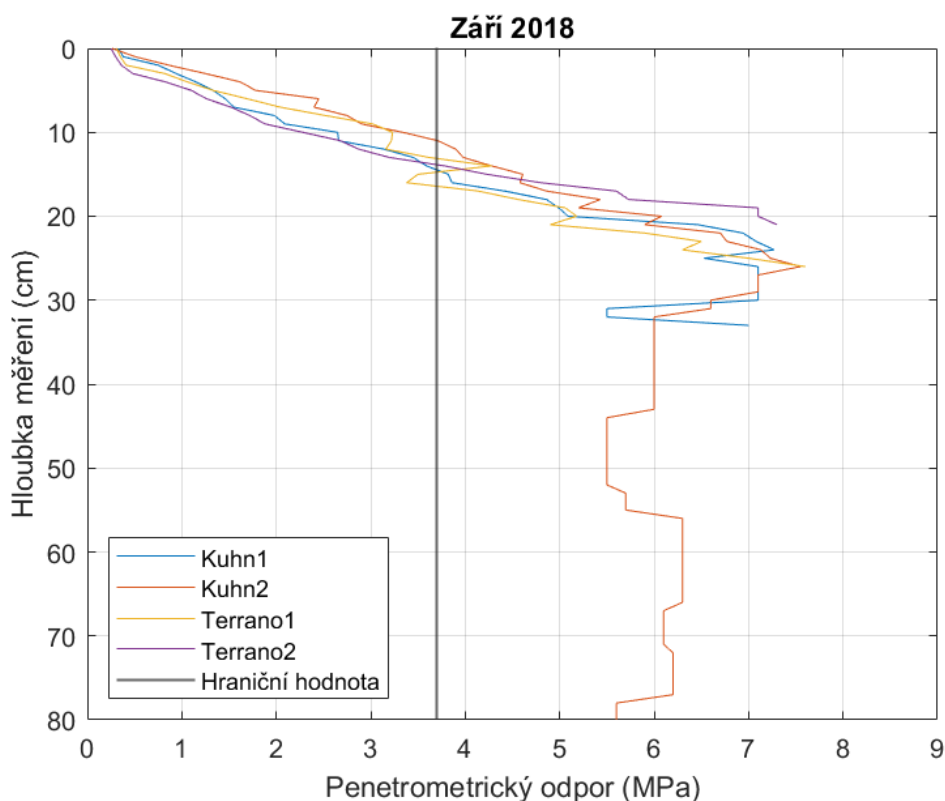
	1	Velmi vysoká – very high	> 90 %
	2	Vysoká – high	70–90 %
	3	Dobrá – good	50–70 %
	4	Slabá – weak	30–50 %
	5	Nízká – low	10–30 %
	6	Velmi nízká – very low	0–10 %

4.2.2 Září 2018

Druhé měření se uskutečnilo 28. 9. 2018, deset dní po zasetí pšenice ozimé. Pozemek již byl rozdělen a zpracování půdy na jednotlivých částech bylo provedeno odlišnou technologií. Skutečnost, že se prováděla odlišná kultivace půdy byla velmi patrná, jelikož na zkyplené části se nacházelo více posklizňových zbytků.

Počet měření v tomto termínu byl shodný s červencovým měřením. Celkem se provedlo 40 měření, 20 na zkyplené části a 20 na části zorané.

Graf 4.2: Průměrný penetrometrický odpor – Zář 2018



Z Grafu 4.2 je patrné, že při druhém měření odpor půdy také strmě stoupal již od povrchu, ovšem ne tolik, jako tomu bylo při předchozím měření. Vzrůst penetrometrického odporu byl na všech stanovištích velice podobný a do hloubky kolem 15 cm se nelišil o více jak 1 MPa. Hodnoty 2 MPa bylo dosaženo v hloubce do 10 cm a k překročení hraniční hodnoty odporu došlo v hloubce 15 cm. Na stanovišti Kuhn1 byla tato hranice překročena ještě v nižší hloubce než na ostatních stanovištích. V lokalitě Terrano1, kde se provedlo kypření, nastal náhlý pokles odporu, krátce po překročení hraniční hodnoty, zatímco na ostatních lokalitách odpor stále stoupal. Zde už však rozdíl mezi hodnotami byl více než 1 MPa, v hloubce 20 cm se nejvíce lišily stanoviště Kuhn1 a Terrano2, kde byl rozdíl mezi odpory větší než 2 MPa. V hloubce 21 cm také bylo zakončené měření na stanovišti Terrano2 s penetrometrickým odporem více jak 7 MPa. Hranice 7 MPa byla překročena i na ostatních třech lokalitách v hloubce od 20 do 30 cm. Maximální hloubky měření bylo opět dosaženo pouze na stanovišti Kuhn2, avšak oproti předchozímu měření se hodnota odporu snížila.

Tabulka 4.9: Medián a průměr – Zář 2018

Hloubka (cm)	Medián a průměr penetrometrického odporu (MPa)							
	Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.
0	0,30	0,33	0,20	0,26	0,30	0,31	0,25	0,25
2	0,40	0,75	0,45	0,86	0,30	0,41	0,30	0,36
4	0,70	1,15	1,05	1,62	0,85	1,06	0,60	0,83
6	0,95	1,46	1,80	2,45	1,65	1,69	0,80	1,26
8	1,55	1,98	2,95	2,75	2,85	2,52	1,45	1,72
10	2,40	2,65	4,05	3,34	3,50	3,23	2,50	2,28
12	3,55	3,14	4,35	3,90	3,30	3,16	2,60	2,87
14	4,50	3,59	5,10	4,28	4,90	4,28	3,95	3,78
16	4,80	3,86	5,05	4,58	3,60	3,38	4,90	4,80
18	5,55	4,86	6,50	5,43	4,70	4,56	5,80	5,73
20	5,80	5,09	6,50	6,08	5,35	5,18	7,10	7,10
21	6,50	6,46	5,50	5,90	4,70	4,90	7,30	7,30
24	7,10	7,27	7,30	7,13	6,30	6,30		
26	7,10	7,10	7,55	7,55	7,60	7,60		
28	7,10	7,10	7,10	7,10				
32	5,50	5,50	6,00	6,00				
33	7,00	7,00	6,00	6,00				
36			6,00	6,00				
40			6,00	6,00				
45			5,50	5,50				
50			5,50	5,50				
55			5,70	5,70				
60			6,30	6,30				
65			6,30	6,30				
70			6,10	6,10				
75			6,20	6,20				
80			5,60	5,60				

Tabulka 4.9 shrnuje přesná data získaná při druhém měření. Na povrchu se penetrometrický odpor oproti předchozímu měření snížil, a to na hodnoty, které se pohybovaly okolo 0,30 MPa. V hloubce 10 cm se hodnoty mediánu a aritmetického průměru lišily jen velmi málo, pouze na stanovišti Kuhn2 byl zaznamenán nárůst mediánu až na 4,05 MPa. V této lokalitě a hloubce zřejmě došlo k naměření několika malých hodnot, proto byl rozdíl mezi mediánem a průměrem takto markantní. Nejvyšší hodnota odporu v tomto termínu byla naměřena 7,60 MPa na stanovišti Terrano1 v hloubce 26 cm.

Kubíkem (2010) naměřené hodnoty v podzimním období byly menší než, jaké byly zjištěny při sběru dat pro tuto práci. Ve 4 cm hloubky udává, že medián odporu činil 0,90 MPa. Z výsledků této práce vyplývá, že ve stejné hloubce byl medián odporu téměř na všech stanovištích srovnatelný s touto hodnotou. Nejvyšší rozdíl se zaznamenal na stanovišti Terrano2, kde byl naměřen odpor nižší o 0,30 MPa. Ve 12 cm se už výsledky lišily, a to o více než 1 MPa, v lokalitě Kuhn2 dokonce o 2 MPa. Hodnoty Kubíka (2010) byly nižší a v této hloubce se pohybovaly kolem 2,30 MPa, pouze na stanovišti Terrano2 se hodnoty téměř shodovaly. V hloubce 20 cm se výsledky lišily o mnohem více než předtím. Mezi hodnotami Kubíka (2010) a této práce v této části půdního profilu byl rozdíl v mediánu i téměř 5 MPa, jelikož nejvyšší hodnota mediánu na stanovišti Terrano2 činila 7,10 MPa. Dále v půdním profilu rozdíly byly také vysoké, avšak ne tolik jako v hloubce 20 cm.

Tabulka 4.10: Vlhkost půdy – Září 2018

Vlhkost půdy (%)							
Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr
10,00	9,90	10,50	10,60	9,00	8,70	9,00	9,30

V září byla měřená vlhkost půdy na každém ze stanovišť vždy menší, než tomu bylo v červenci. Na každé z lokalit vlhkost klesla přibližně o 3 %, to mohlo být způsobeno vysokými teplotami a také, že povrch pozemku nebyl chráněn posklizňovými zbytky, jako tomu bylo v červenci po sklizni nebo vzrostlou plodinou, která dosud nedosahovala výšky, aby povrch půdy chránila před slunečním zářením. Hodnoty na zorané části se pohybovaly kolem 10 %, viz Tabulka 4.10, tato hodnota je podle ČHMÚ (2021b) na hranici kategorie 5 a 6, tedy mezi nízkou a velmi nízkou vlhkostí půdy. Oproti tomu na zkyplené části byla vlhkost ještě nižší, a to 9,00 %, tím pádem spadá do kategorie 6, velmi nízká vlhkost.

4.2.3 Listopad 2018

Začátkem listopadu, 1. 11. 2018, bylo po více jak měsíci od předchozího sběru dat provedeno závěrečné měření roku 2018. Od prvního měření v červenci se na pozemku uskutečnily různé pracovní operace, pohybovala se zde těžká technika a v půdě se odehrály různé procesy jako např. rozkládání posklizňových zbytků. To vše má vliv na zhutnění půdy a její vlhkost.

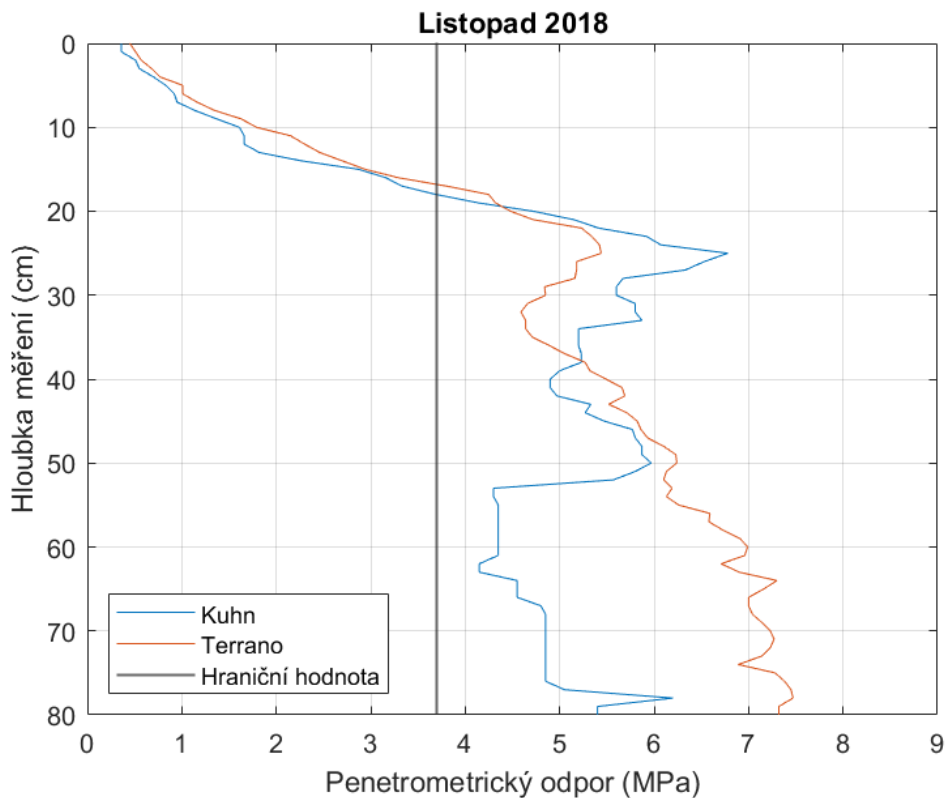
Rozdíl v odlišném zpracování půdy byl znatelný na první pohled, jelikož na zorané části pšenice vzcházela mnohem lépe než na části zkypřené, jak je možné vidět na Obrázku 4.1. Růst rostlin mohly zpomalovat rostlinné zbytky, které nebyly kypřením zcela zapraveny.



Obrázek 4.1: Rozdíl zorané a zkypřené části

Postup měření v tomto termínu byl nepatrně odlišný, místo 4 lokalit byly vytyčeny pouze 2, ovšem na obou lokalitách se provedlo patnáct měření, oproti předchozím 10. Tzn. že celkem bylo provedeno 30 měření ve dvou lokalitách.

Graf 4.3: Průměrný penetrometrický odpor – Listopad 2018



Průběh hodnot získaných při posledním sběru dat je znázorněn výše v Grafu 4.3. Penetrometrický odpor od počátku nevzrůstal tak rapidně jako tomu bylo u předešlých měřeních, zde byl nárůst spíše pozvolný. Hodnoty 2 MPa bylo dosaženo až pod hranicí hloubky 10 cm, na rozdíl od předchozích, kde se tato hodnota překročila již v hloubce do 10 cm. Důležité hraniční hodnoty odporu 3,7 MPa se dosáhlo také ve větší hloubce, a to až za hranicí 15 cm, ovšem i to je velmi malá hloubka a značí zhutněnou půdu. Odpor půdy na obou stanovištích měl téměř identický průběh až do hloubky kolem 23 cm, zde došlo na zkyplené části k velkému poklesu z téměř 5,5 MPa na 4,5 MPa během deseti centimetrů. Oproti tomu na zorané části odpor ve 23 cm strmě stoupl a po dvou centimetrech se již pohyboval blízko hodnoty 7 MPa. V této hloubce tedy činil rozdíl mezi orbou a kypřením více než 1 MPa. Tyto zjištěné hodnoty naznačují výskyt zhutněné podorniční vrstvy, která vznikla působením pluhu při zpracování půdy. Hlouběji v půdním profilu na stanovišti Kuhn měl odpor velmi kolísavý průběh, kdy docházelo k častému zvyšování a snižování hodnot až do maximální hloubky. Oproti tomu v lokalitě Terrano odpor stále rostl a v hloubce 80 cm překročil hodnotu 7 MPa.

Tabulka 4.11: Medián a průměr – Listopad 2018

Hloubka (cm)	Medián a průměr penetrometrického odporu (MPa)			
	Kuhn		Terrano	
	Medián	Průměr	Medián	Průměr
0	0,30	0,36	0,30	0,45
2	0,40	0,51	0,40	0,57
4	0,60	0,70	0,50	0,77
6	1,10	0,92	0,80	1,01
7	1,20	0,95	1,00	1,16
8	1,20	1,14	1,10	1,35
10	1,30	1,61	1,60	1,79
12	1,40	1,66	2,10	2,30
14	1,90	2,27	2,30	2,70
16	2,80	3,16	3,30	3,29
18	3,80	3,69	3,90	4,25
20	5,10	4,72	4,60	4,48
24	6,00	6,07	5,95	5,42
25	6,65	6,78	5,95	5,44
28	6,10	5,67	5,70	5,16
32	5,90	5,80	4,90	4,59
36	5,30	5,20	5,00	4,89
40	5,40	4,90	5,70	5,49
45	5,70	5,47	5,30	5,82
50	5,70	5,97	6,10	6,24
55	4,35	4,35	6,20	6,26
60	4,35	4,35	7,20	6,99
65	4,55	4,55	7,50	7,16
70	4,85	4,85	7,50	7,23
75	4,85	4,85	7,50	7,28
80	5,40	5,40	7,50	7,32

Jak je vidět z Tabulky 4.11, penetrometrický odpor na povrchu pozemku měl velmi totožné hodnoty s předchozím měřením. Hluběji v půdním profilu však byly hodnoty z předchozího měření vždy vyšší. Jak již bylo zmíněno, rozdíl v odporu mezi částmi Kuhn a Terrano nebyl tak vysoký až do hloubky 25 cm, kde nastal náhlý nárůst na zorané části o 1,34 MPa, poté už měly hodnoty velmi různorodý charakter.

Ve srovnání s Kubíkem (2010), který v hloubce 4 cm zjistil hodnotu mediánu 0,9 MPa a průměrného odporu 1,04 MPa. Při listopadovém sběru dat byl naměřen odpor vyjádřený hodnotou mediánu 0,60 MPa po orbě a 0,50 MPa po kypření. Aritmetický průměr byl vypočten 0,70 MPa po orbě a 0,77 MPa po kypření. V této hloubce tedy byl penetrometrický odpor menší v roce 2018 než v roce 2009. Jinak

tomu bylo ve 12 cm, kde se na stanovišti Terrano hodnoty odporu s Kubíkem (2010) shodují, avšak v lokalitě Kuhn byl průměrný odpor nižší o téměř 0,60 MPa. Ve 20 cm se již data této práce s daty Kubíka (2010) neshodují a nastal nárůst hodnot mediánu i průměru na obou stanovištích, kde docházelo k odchýlkám i 2 MPa. Hluběji se data Kubíka (2010) shodují spíše s částí Kuhn, jelikož prováděl měření také na pozemku, kde bylo prováděno konvenční zpracování půdy s orbou.

Hodnoty do 10 cm se též téměř shodují s Blanco-Canqui a Ruis (2018), jež uvádějí v té samé hloubce, na stejném půdním druhu a také při pěstování pšenice hodnotu 0,51 MPa.

Tabulka 4.12: Vlhkost půdy – Listopad 2018

Vlhkost půdy (%)			
Kuhn		Terrano	
Medián	Průměr	Medián	Průměr
20,00	20,27	21,00	22,00

Vlhkost půdy byla v listopadu oproti předchozím měsícům mnohem vyšší, jak je možné vidět v Tabulce 4.12. Průměrná vlhkost ani hodnota mediánu v den tohoto měření neklesla pod hranici 20 %, tzn. od minulého měření nárůst více jak 10 %. Ve srovnání se zjištěnou vlhkostí Kubíka (2010), která se na podzim v roce 2009 pohybovala v rozmezí mezi 15 a 20 %, byla v tomto roce vyšší. I přesto, že se vlhkost půdy zvýšila, stále tato vlhkost podle ČHMÚ (2021b) spadá do kategorie 5, nízká.

4.3 Výsledky 2019

V roce 2019 byl již pozemek rozdělen na dvě části a na obou byla z roku 2018 zaseta pšenice ozimá. Po červencové sklizni se zde provedlo pouze vápnění a zpracování půdy, jelikož následnou plodinou byl hrách. Sběr dat se oproti předchozímu roku uskutečnil pouze ve dvou termínech, a to na jaře a v létě. Celkem bylo provedeno 80 měření ve stejných čtyřech lokalitách jako v roce 2018 při prvních dvou termínech.

Rok 2019 byl z pohledu srážek, stejně jako rok předchozí, velmi podprůměrný. Celkové roční srážky v místě pokusného pozemku byly 551 mm, to bylo pouze o 10 mm více než v roce 2018. V porovnání se srážkami na celém území Jihočeského kraje, zde spadlo o 61 mm méně a oproti dlouhodobému normálu na stejném území je tento rozdíl 136 mm. Nejsušším měsícem v tomto roce byl duben, kdy spadlo pouhých 16 mm. Srážky, kterých bylo nejvíce v červnu a červenci měly formu spíše prudkých dešťů, tím pádem byly jen málo užitečné. Spolu s nedostatkem vláhy

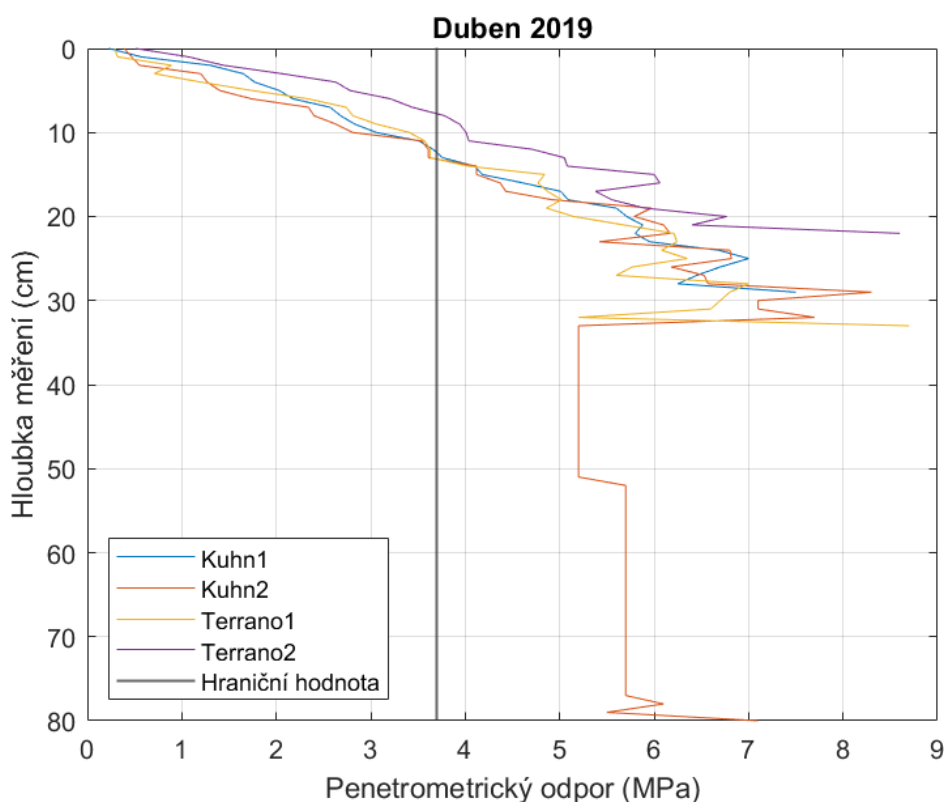
působily na půdu také vysoké teploty, které byly též v tomto roce nadprůměrné, již v červnu se teploty pohybovaly okolo hodnoty 30 °C. Takové klimatické podmínky se opět projevily při měření penetrometrického odporu a vlhkosti půdy.

4.3.1 Duben 2019

Sběr dat v roce 2019 byl poprvé proveden 25. dubna, kdy by půda měla mít optimální vlhkost pro měření, ovšem duben byl v tomto roce měsícem s nejméně srážkami. Oproti poslednímu měření, které bylo provedeno v listopadu 2018, kdy vzrůst pšenice na obou částech byl velmi rozdílný, se porost na každé z částí zcela vyrovnal. V tuto dobu již dosahoval výšky kolem 20 cm.

Měření proběhlo na obou částech pozemku ve dvou lokalitách a na každé lokalitě bylo provedeno 10 měření, stejně jako v červenci a září 2019, tudíž celkově 40 měření.

Graf 4.4: Průměrný penetrometrický odpor – Duben 2019



Hodnoty penetrometrického odporu naměřené v dubnu 2019 zobrazuje Graf 4.4. Jak je možné vidět, odpor velmi strmě stoupal již od povrchu půdy. Nárůst v tomto termínu byl nejvyšší ze všech dosud provedených měření. Nejvyšší tempo růstu bylo zaznamenáno na části po kypření v lokalitě Terrano2, kde se 2 MPa dosáhly již ve 3 cm a hraniční hodnota odporu se překročila v méně než v 10 cm. Na tomto stanovišti byl odpor oproti ostatním vyšší v celém měřeném půdním profilu

až do dosažení konečné hloubky 22 cm. V ostatních třech lokalitách se penetrometrický odpor téměř nelišil a měl velmi podobný průběh. Hraniční hodnoty odpor dosáhl též ve stejné hloubce, a to ve 12 cm. Identický průběh pokračoval až téměř do 20 cm, od této hloubky až do 35 cm se hodnoty velmi měnily na všech stanovištích a jejich průběh byl značně kolísavý, kdy docházelo k prudkým poklesům a zase rapidnímu růstu odporu. Hodnoty v těchto výkyvech dosahovaly i přes 8,50 MPa, to znamená velmi zhutnělé podorniči. Stejně jako tomu bylo při minulých měřeních, i v tomto termínu bylo maximální hloubky dosaženo pouze na stanovišti po orbě, a to na Kuhn2 s odporem přesahující 7 MPa.

Tabulka 4.13: Medián a průměr – Duben 2019

Hloubka (cm)	Medián a průměr penetrometrického odporu (MPa)							
	Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.
0	0,20	0,23	0,20	0,39	0,25	0,29	0,20	0,51
2	0,45	1,30	0,25	0,55	0,30	0,89	0,75	1,44
4	1,80	1,77	1,40	1,27	1,00	1,20	3,10	2,63
6	2,70	2,18	1,40	1,74	2,10	2,34	3,40	3,21
8	2,70	2,68	2,10	2,40	2,80	2,81	3,70	3,78
10	2,95	3,06	2,50	2,81	3,30	3,41	3,95	4,01
12	3,15	3,66	3,30	3,61	3,30	3,63	4,30	4,71
14	3,85	4,10	3,30	4,12	3,50	4,03	5,35	5,08
16	5,25	4,61	3,80	4,37	5,10	4,77	6,80	6,06
18	5,50	5,09	4,60	4,92	5,50	5,02	5,40	5,55
20	6,40	5,71	6,00	5,79	5,20	5,15	6,40	6,77
22	6,25	5,80	6,70	6,17	6,55	6,21	8,60	8,60
24	6,65	6,68	7,05	6,80	6,25	6,08		
28	6,25	6,25	7,00	6,57	6,30	7,00		
29	7,50	7,50	8,30	8,30	6,80	6,80		
32			7,70	7,70	5,20	5,20		
33			5,20	5,20	8,70	8,70		
36			5,20	5,20				
40			5,20	5,20				
45			5,20	5,20				
50			5,20	5,20				
55			5,70	5,70				
60			5,70	5,70				
65			5,70	5,70				
70			5,70	5,70				
75			5,70	5,70				
80			7,10	7,10				

Hodnoty odporu půdy vyjádřené mediánem a aritmetickým průměrem zjištěné v dubnu 2019 jsou shrnuty v Tabulce 4.13. Penetrometrický odpor na povrchu byl naměřen nejnižší ze všech předchozích měření a medián se zde pohyboval kolem hodnoty 0,20 MPa na všech stanovištích. Průměr zde byl také téměř stejný, nejvyšší zjištěný 0,51 MPa se zjistil na stanovišti Terrano2. V hloubce 10 cm byly znatelné rozdíly mezi zkyplenou a zoranou částí pozemku. Po orbě byl zjištěn průměr penetrometrického odporu 3,06 MPa a 2,81 MPa, oproti tomu po kypření 3,41 MPa a 4,01 MPa. Tzn. že v této hloubce byla půda více zhutněna po kypření, a to rozdílem i více než 1 MPa. Ve 20 cm měl na části po orbě průměrný odpor téměř stejnou hodnotu, a to 5,71 MPa. Na části po kypření ve stejné hloubce však byl odpor zcela odlišný, v lokalitě Terrano1 5,15 MPa a Terrano2 6,77 MPa, to představuje rozdíl 1,62 MPa. Nejvyšší hodnoty odporu 8,70 MPa a 8,60 MPa byly naměřeny na částech po kypření. Na části po orbě bylo také překročeno 8 MPa, ale pouze jen v hloubce 29 cm, poté již odpor této hodnoty nedosáhl a představoval nejvýše 7,50 MPa a 7,10 MPa.

Zjištěné hodnoty z roku 2009 Kubíkem (2010), který prováděl měření též v jarním období, se od hodnot této práce velmi lišily tím, že byly mnohem vyšší. Ve 4 cm uvádí hodnotu mediánu 0,40 MPa a průměru 0,39 MPa. V dubnu 2019 ve stejné hloubce odpor neklesl pod 1 MPa a nejvíce se hodnoty lišily se stanovištěm Terrano 2, kde byl rozdíl v mediánu 2,70 MPa a v průměru 2,24 MPa. V hloubce 12 cm rozdíly byly ještě markantnější než ve 4 cm. Kubík (2010) v této hloubce uvádí medián 0,60 MPa. Zjištěný odpor byl však vždy vyšší než 3 MPa a opět na stanovišti Terrano2 se hodnoty lišily nejvíce. Ve 20 cm Kubíkovi (2010) hodnoty stále ještě nepřekročily hranici ani 1 MPa, oproti tomu odpor zjištěný v tento termín se pohyboval na všech stanovištích v hodnotách od 5,15 MPa do 6,77 MPa. Hlouběji v půdním profilu i nadále přetrvával velký rozdíl hodnot. Takto vysoké rozdíly byly nejpravděpodobněji způsobeny půdní vlhkostí, která se též velmi lišila a je popsána níže.

Tabulka 4.14: Vlhkost půdy – Duben 2019

Vlhkost půdy (%)							
Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr
7,50	7,20	5,50	6,20	6,50	6,70	6,00	6,20

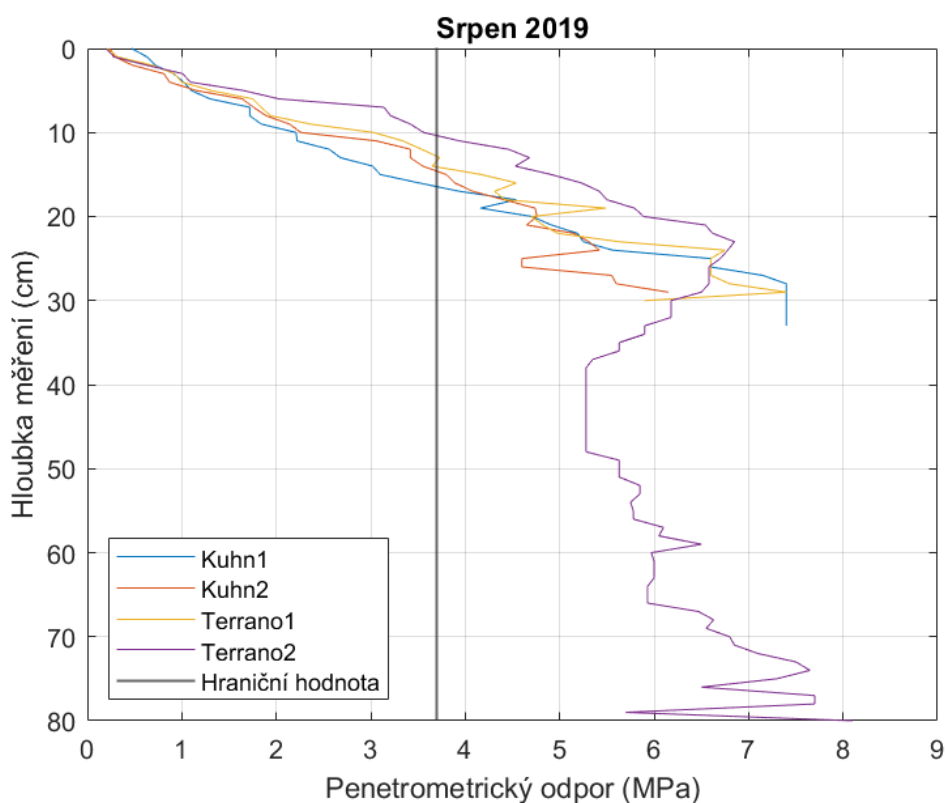
Jak je možné vidět z Tabulky 4.14, hodnoty vlhkosti byly velmi nízké, a to dokonce nejnižší ze všech provedených měření pro účely této diplomové práce. Nejvyšší průměrná vlhkost byla naměřena na stanovišti Kuhn1, a to 7,20 %, oproti tomu nejnižší 6,20 % se zjistila též na části po orbě, ale také na stanovišti Terrano2, jež se zpracovávala kypřením. Nízké hodnoty půdní vlhkosti se velmi podílely na vysokém penetrometrickém odporu, který byl v tomto termínu zjištěn. Hodnoty vlhkosti jsou opět podle ČHMÚ (2021b) zařazeny do kategorie 6, velmi nízká. Takto nízká vlhkost byla výsledkem vysokých teplot, a především nedostatečných srážek, kterých v dubnu spadlo pouze 16 mm a jak se již výše zmiňovalo, byl to nejsušší měsíc v roce.

4.3.2 Srpen 2019

Druhé měření proběhlo 11. 8., týden po sklizni pšenice. V den měření se na pozemku stále nacházely řádky se slámou, připravené ke sběru a odvozu, tudíž nemohla být provedena ani podmítka.

Stejně jako v dubnu a minulém roce bylo provedeno celkem 40 měření na čtyřech stanovištích.

Graf 4.5: Průměrný penetrometrický odpor – Srpen 2019



Nárůst penetrometrického odporu je znázorněn v Grafu 4.5. Podobně jako tomu bylo při předchozím měření a loňskému roku, odpor strmě vzrůstal již od povrchu půdy. Na stanovišti Kuhn1 byl odpor na povrchu nejvyšší, hlouběji se však držel na nižších hodnotách, než tomu bylo na ostatních stanovištích. Lokality Kuhn2 a Terrano1 měly velice identický průběh a nebylo možné měřit do hloubky více jak 30 cm. Na stanovišti Terrano2 odpor rostl nejrychleji ze všech lokalit, 2 MPa dosáhl již v 5 cm a hraniční hodnotu překročil v 10 cm. I hlouběji v půdním profilu byl na tomto stanovišti odpor nejvyšší a rozdíly od ostatních činily i více než 1 MPa. Navzdory tomu, že zde byl takto vysoký penetrometrický odpor, tak pouze v této lokalitě bylo dosaženo maximální hloubky 80 cm, avšak s odporem přes 8 MPa. Na ostatních lokalitách se hraniční hodnota též překročila v malé hloubce, a to v části mezi 10 a 20 cm. Rozdíly mezi orbou a kypřením byly znatelné pouze na stanovišti Kuhn1 a Terrano2, kde byla velká odlišnost. Po orbě se penetrometrický odpor pohyboval v nižších hodnotách než po kypření.

Přesné hodnoty odporu získané při srpnovém měření jsou v Tabulce 4.15. V porovnání s měřením z předchozího roku, které proběhlo též v letním období, byla na povrchu hodnota penetrometrického odporu vyjádřeného mediánem i průměrem, vždy nižší na všech stanovištích. Medián představoval na každé z lokalit 0,20 MPa a průměr se též pohyboval kolem této hodnoty, pouze na stanovišti Kuhn1 dosahoval průměrný odpor 0,47 MPa. Odpor do 3 cm byl zjištěn nižší, než udává Blanco-Canqui a Ruis (2018), ty udávají hodnotu 1,50 MPa, zde se v drtivé většině případů naměřilo vždy pod 1 MPa. V hloubce 10 cm byl též odpor nižší nebo velice podobný tomu z července 2019, pouze na stanovišti Terrano2 byl medián odporu vyšší o 0,85 MPa a průměr o 0,61 MPa. Ve 20 cm se průměry odporu nejvíce shodovaly s těmi z předchozího roku na stanovištích Kuhn1, Terrano1 a Terrano2, kde se hodnoty lišily nejvíce o 0,19 MPa. V lokalitě Kuhn2 byl průměrný odpor nižší o 0,36 MPa. Hlouběji v půdě už se hodnoty odporu také velmi podobaly a pohybovaly kolem 6 a 7 MPa. Nejvyšší penetrometrický odpor 8,10 MPa byl zjištěn v hloubce 80 cm na stanovišti po kypření, Terrano2.

Porovnání s hodnotami od Kubíka (2010) nebylo v tomto termínu provedeno, jelikož jím získané hodnoty nejsou z letního období, jako tomu je v případě tohoto měření.

Tabulka 4.15: Medián a průměr – Srpen 2019

Hloubka (cm)	Medián a průměr penetrometrického odporu (MPa)							
	Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.
0	0,20	0,47	0,20	0,24	0,20	0,21	0,20	0,20
2	0,40	0,72	0,30	0,48	0,45	0,69	0,40	0,63
4	0,75	1,02	0,80	0,87	0,95	1,00	1,35	1,09
6	0,85	1,30	1,40	1,64	1,80	1,75	1,55	2,03
8	1,15	1,72	1,50	1,89	2,10	1,94	3,20	3,21
10	2,25	2,21	1,75	2,26	2,85	3,03	3,90	3,56
12	2,85	2,56	3,00	3,42	3,20	3,54	5,25	4,46
14	3,05	3,02	3,00	3,55	3,55	3,65	5,20	4,53
16	3,45	3,51	3,90	3,89	4,05	4,54	5,20	5,23
18	5,20	4,54	5,00	4,41	4,00	4,42	5,95	5,50
20	5,80	4,71	5,55	4,76	4,05	4,70	6,05	5,89
24	5,20	5,56	6,90	5,42	6,75	6,75	7,00	6,78
28	7,40	7,40	5,60	5,60	6,80	6,80	6,75	6,58
29	7,40	7,40	6,15	6,15	7,40	7,40	6,60	6,50
30	7,40	7,40			5,90	5,90	6,25	6,18
32	7,40	7,40					6,25	6,18
33	7,40	7,40					5,75	5,90
36							5,65	5,63
40							5,50	5,28
45							5,50	5,28
50							5,75	5,63
55							5,75	5,78
60							5,70	5,97
65							5,60	5,93
70							6,80	6,80
75							7,30	7,30
80							8,10	8,10

Vlhkost půdy z letního období v roce 2019 je shrnuta v Tabulce 4.16. Hodnoty vlhkosti se oproti dubnovému měření velmi zvýšily, nejspíše díky srážkám z června, který byl z celého roku na srážky nejbohatší. Oproti loňskému měření ve stejném období je vlhkost půdy v roce 2019 též vyšší, a to i o více než 10 %. V předchozím roce se průměr vlhkosti pohyboval okolo 13 %, v tomto roce to bylo kolem 20 %. Nejvyšší průměrná vlhkost 23,20 % byla zjištěna v lokalitě po orbě, oproti tomu nejnižší 17,00 % na stanovišti po kypření. Vlhkost v tomto termínu je na obou stanovištích vyšší než po kypření a hodnoty jsou srovnatelné s vlhkostí zjištěné při měření v listopadu roku 2018 a též jsou velmi podobné těm, které zaznamenal Kubík (2010) v jarním období.

Tabulka 4.16: Vlhkost půdy – Srpen 2019

Vlhkost půdy (%)							
Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr
21,50	22,20	22,50	23,20	16,50	17,00	19,50	19,20

4.4 Výsledky 2020

Uvedený rok byl třetím a zároveň posledním, kdy se prováděl sběr dat na pokusném pozemku pro účely této diplomové práce. Z loňského podzimu byla půda na oddělených částech zorána a zkypřena. V jarním období roku 2020 zde byl vyset hrách pro krmné účely, který díky vydatným srážkám v květnu a červnu velmi dobře vzcházel a dosahoval výšky i přes 1 m. Vlivem toho, že srážky byly vždy spíše prudké a intenzivní, porost hrachu polehl a tím došlo ke komplikacím při sklizni, při níž bylo po pozemku pojížděno sklízecí mlátičkou velmi neorganizovaně a často docházelo i k vícenásobnému přejetí stejného místa.

Oproti rokům 2018 a 2019, byl tento rok srážkově vydatnější a v porovnání s dlouhodobým normálem (687 mm) je téměř na stejné hodnotě. Za celý rok spadlo v místě měření 676 mm srážek, to je o 125 mm více než předchozí rok a o 11 mm méně, než je dlouhodobý normál. Ve srovnání s celým jihočeským krajem, kde byl podle ČHMÚ (2021a) průměrný úhrn srážek za rok 787 mm, je místo kde se nachází pokusný pozemek velmi pod průměrem. Jak bylo zmíněno výše, nejvíce srážek spadlo v měsících květnu, červnu a poté také v srpnu, což prodlužovalo dobu sklizně. Avšak díky vláze, kterou porosty dostaly v jarních měsících, se dosáhlo velmi vysokých výnosů. Spolu s vydatnými srážkami byl také tento rok teplotně nadprůměrný, již v dubnu teploty dosahovaly vysokých hodnot.

Postup měření se i v tomto roce podobal těm z předchozích let. Byly stanoveny tři termíny pro měření, a to v jarním, letním a podzimním období. Celkem za rok bylo provedeno 120 měření, 60 na části po orbě a 60 po kypření. Příznivé podmínky pro měření z hlediska půdní vlhkosti se velmi projeví na hodnotách penetrometrického odporu, jež jsou interpretovány níže.

4.4.1 Duben 2020

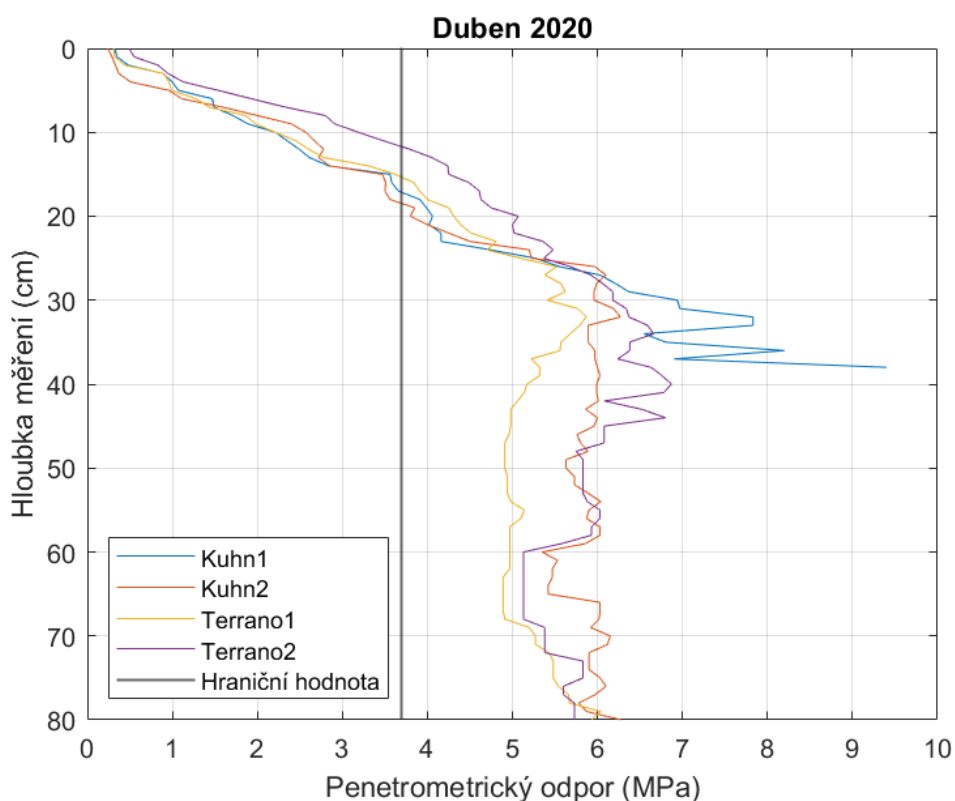
První měření tohoto roku se provedlo 26. 4. Stejně jako rok předchozí se zvolil téměř stejný termín v měsíci dubnu, tak aby vlhkostní podmínky byly co nejvíce ideální. Tyto podmínky však ideální zcela nebyly, jelikož duben byl opět na srážky velmi podprůměrný a teploty se pohybovaly vysoko. Půda tak byla velmi vysušená, jak je možné vidět z Obrázku 4.2. Začátkem měsíce se zasel hrách a pozemek byl jednou pohnojen minerálními hnojivy, tudíž měření proběhlo až po těchto operacích.



Obrázek 4.2: Pozemek při měření

Sběr dat byl uskutečněn též ve čtyřech stejných lokalitách jako tomu bylo v předchozích dvou letech. Dvě stanoviště se nacházely na části po orbě, dvě po kypření a celkem bylo v tento den provedeno 40 měření.

Graf 4.6: Průměrný penetrometrický odpor – Duben 2020



Růst průměrného penetrometrického odporu je možné sledovat v Grafu 4.6. Průběh hodnot z uvedeného termínu se podobal těm, které byly naměřené v srpnu 2019 a září 2018. Odpor na stanovišti Terrano2 se, stejně jako předchozí rok, pohyboval ve vyšších hodnotách, než na stanovištích ostatních, a to až do hloubky okolo 25 cm, poté se hodnoty podobaly těm získaným z Kuhn2 a hlouběji v půdním profilu i z Terrano1. V lokalitě Terrano2 byl také nárůst odporu nejvyšší, 2 MPa překročil již v kolem 5 cm a hraniční hodnotu 3,7 MPa těsně pod 10 cm. Na ostatních třech lokalitách byl penetrometrický odpor téměř identický. 2 MPa však dosáhl též ještě v hloubce do 10 cm a hraniční hodnotu také v části půdy od 10 do 20 cm. Důležitá hraniční hodnota byla překročena nejhlouběji v částech Kuhn1 a Kuhn2, tedy na částech, které byly zorány. V hloubce od 30 cm hodnoty odporu spíše klesaly a na obou stanovištích po kypření a na jednom po orbě (Kuhn2) se pohybovaly v rozmezí 4,80 a 7 MPa až do maximální hloubky 80 cm. Nejvyšší odpor byl dosažen v lokalitě Kuhn1, kde se nedosáhlo ani 40 cm a odpor se přibližoval hodnotě téměř 9,50 MPa, tato hodnota je už velmi vysoká a může v podorničí představovat velký problém.

Tabulka 4.17: Medián a průměr – Duben 2020

Hloubka (cm)	Medián a průměr penetrometrického odporu (MPa)							
	Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.
0	0,35	0,32	0,20	0,24	0,25	0,31	0,45	0,49
2	0,45	0,48	0,30	0,33	0,45	0,44	0,70	0,83
4	0,70	1,00	0,50	0,51	0,60	0,96	0,75	1,13
6	1,00	1,47	0,80	1,11	1,10	1,28	1,60	1,93
8	1,65	1,71	1,80	2,00	1,65	1,86	2,80	2,80
10	2,45	2,21	2,30	2,57	2,10	2,21	3,05	3,19
12	2,45	2,49	2,65	2,78	2,80	2,60	3,75	3,79
14	3,15	2,84	2,70	2,85	2,90	3,31	4,15	4,24
16	3,85	3,58	3,05	3,51	3,50	3,84	4,50	4,49
18	4,10	3,91	3,25	3,56	3,60	4,00	4,85	4,63
20	4,10	4,06	3,70	3,80	3,90	4,31	5,20	5,07
24	4,75	4,74	4,40	5,20	4,50	4,70	5,25	5,48
28	6,00	6,21	5,40	5,99	5,70	5,57	5,90	6,06
32	8,10	7,83	5,60	6,27	5,80	5,87	6,50	6,37
36	8,20	8,20	5,60	5,97	5,10	5,56	6,45	6,38
38	9,40	9,40	5,60	6,00	5,10	5,32	6,50	6,63
40			5,80	5,99	4,90	5,17	6,50	6,87
45			5,70	5,96	4,90	4,98	6,00	6,08
50			5,70	5,63	4,90	4,91	5,65	5,83
55			6,00	5,90	5,10	5,14	5,65	6,03
60			5,40	5,35	5,10	4,97	5,10	5,13
65			5,50	5,42	5,10	4,89	5,10	5,13
70			6,15	6,15	5,50	5,27	5,30	5,38
75			5,95	6,03	5,90	5,48	5,40	5,83
80			6,25	6,28	5,90	5,93	5,80	5,73

Hodnoty penetrometrického odporu vyjádřené mediánem a aritmetickým průměrem z Tabulky 4.17 se podobají těm z roku 2019. Na povrchu pozemku byl nejnižší odpor zjištěn na stanovišti po orbě Kuhn2, kde medián představoval 0,20 MPa a průměr 0,24 MPa. Oproti tomu nejvyšší hodnoty odporu byly zjištěny v lokalitě po kypření Terrano2, medián 0,45 MPa a průměr 0,49 MPa. Hodnoty odporu v hloubce 10 cm se pohybovaly v rozmezí 2,10 až 2,57 MPa na stanovištích Kuhn1, Kuhn2 a Terrano1. Nikterak zvlášť se mezi sebou nelišily, rozdíl byl však znatelný ve srovnání s posledním stanovištěm Terrano2, kde hodnota mediánu představovala 3,05 MPa a průměru 3,19 MPa. Nejvyšší rozdíl mezi stanovišti v této hloubce tak činil téměř 1 MPa. Ve 20 cm byly zjištěny nejnižší hodnoty jak mediánu, tak průměru opět na stanovišti Kuhn2, které bylo zpracováno orbou, medián odporu zde představoval

3,70 MPa. Hodnoty nejvyšší se naměřily také v lokalitě Terrano2, zpracovanou kypřičem. V této části pozemku medián představoval 5,20 MPa. Nejvyšších hodnot a nejnižší hloubky 38 cm, poté bylo dosaženo na stanovišti Kuhn. V této hloubce byl zjištěn nejvyšší odpor z celého období, kdy probíhal experiment, a to 9,40 MPa. Na ostatních třech stanovištích bylo dosaženo 80 cm a odpor se v této hloubce pohyboval okolo hodnoty 6 MPa.

V komparaci s daty z jarního období od Kubíka (2010) byly hodnoty této práce ve 4 cm vždy vyšší. Jemu naměřeným hodnotám mediánu 0,40 MPa a průměru 0,39 MPa se přibližovaly pouze ty ze stanoviště Kuhn2, které byly 0,50 a 0,51 MPa. V porovnání s ostatními stanovišti v této hloubce rozdíl v mediánu činil 0,20 až 0,35 MPa, to však není tak markantní rozdíl. Odlišnost však byla v průměru, kde se hodnoty této práce pohybovaly i nad hranicí 1 MPa. V 10 cm hloubky se data také lišila, ovšem zde už byla vždy mnohem vyšší. Největší difference mezi Kubíkem (2010) a touto prací byla v lokalitě Terrano2, a to i více než 2,50 MPa. Hodnoty ve 20 cm byly už zcela jiné. Kubík (2010) udává hodnoty mediánu 0,75 MPa a průměru 0,87 MPa, oproti tomu námi zjištěný odpor se pohyboval okolo hranice 4 MPa, na stanovišti Terrano2 dokonce i nad hranicí 5 MPa, to představuje téměř vždy rozdíl více než 3 MPa.

Tabulka 4.18: Vlhkost půdy – Duben 2020

Vlhkost půdy (%)							
Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr
10,00	10,20	12,50	12,50	11,00	11,30	12,50	13,00

Jak je možné sledovat v Tabulce 4.18, i přesto že v roce 2020 spadlo mnoho srážek, tak vlhkost půdy byla velmi nízká, a to hlavně z důvodu, že nejvyšší srážky přišly až v následujících měsících. Duben se tak stal, stejně jako v roce 2019, nejsušším měsícem za celý rok. Nejvyšší průměrná vlhkost 13,00 % byla naměřena na stanovišti Terrano2, která byla zkyprěna. Oproti tomu nejnižší 10,20 % v lokalitě Kuhn1 po orbě. Na zbylých dvou stanovištích se vlhkost vyjádřena jak mediánem, tak průměrem pohybovala v rozmezí 11,00 až 12,50 %. Tyto hodnoty vlhkosti podle ČHMÚ (2021b) opět spadají do kategorie 5, nízká.

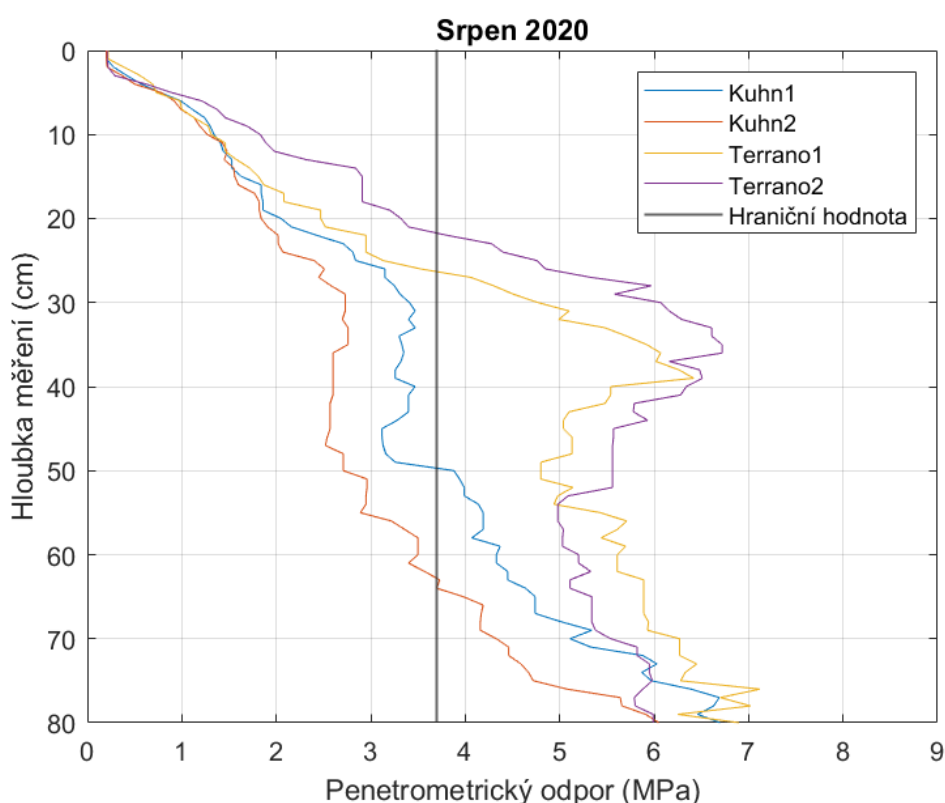
4.4.2 Srpen 2020

Druhé měření v roce 2020 se uskutečnilo 26. 8. V tento den bylo již na pozemku více jak dva týdny po sklizni a též se zde dva dny před měřením provedla podmítka

talířovým kypříčem, posklizňové zbytky tak nebyly zcela zaklopeny, byla pouze přerušena kapilarita v půdě. Do data tohoto měření spadlo velmi mnoho srážek, srpen byl jedním z nejvydatnějších v roce, to ovlivnilo nejenom vlhkost půdy, ale také hodnoty penetrometrického odporu.

Provedeno bylo opět celkem 40 měření odporu včetně vlhkosti půdy, kde polovina dat se naměřila na části zpracované pluhem a druhá polovina na části po kultivaci radličkovým kypříčem.

Graf 4.7: Průměrný penetrometrický odpor – Srpen 2020



Průběh průměrného penetrometrického odporu v půdním profilu v srpnu 2020 je ilustrován v Grafu 4.7. Nárůst odporu byl v tomto termínu nejmírnější ze všech předchozích provedených měření a je zde možné pozorovat rozdíl mezi technologií zpracování půdy z hlediska jejího zhutnění. Na povrchu pozemku se odpor mezi jednotlivými stanovišti vůbec nelišil a jeho hodnota byla velmi nízká. Stejných hodnot bylo dosahováno do hloubky kolem 5 cm. Od této hloubky se na stanovišti Terrano2 začal odpor zvyšovat a byl nejvyšší ze všech lokalit až do hloubky zhruba 55 cm. Velice podobný průběh hodnot byl pozorován na stanovišti Terrano1, které také bylo zpracované kypřením. V této lokalitě se však odpor pohyboval v nižších hodnotách než na druhém stanovišti z kypřené části. Od hloubky 55 cm, kde se protínaly hodnoty

těchto dvou stanovišť se poté odpor pohyboval ve vyšších číslech, než doposud a překročil i hranici 7 MPa. V porovnání s částí po orbě zde byl viditelný rozdíl v penetrometrickém odporu téměř v každé hloubce. Na této části se odpor nejprve shodoval s jedním stanovištěm z kypřené části, ovšem od hloubky okolo 12 cm nastal pokles a část po orbě Kuhn2 vykazovala nejmenší odpor v celém měřeném půdním profilu. Téměř stejný průběh hodnot se ukázal také na druhém stanovišti po orbě, Kuhn1. Zde byly hodnoty o něco vyšší než na Kuhn2, ovšem stále byly nižší než v lokalitách po kypření. Na stanovišti Kuhn1 odpor překročil hodnoty z kypřené části pouze v hloubce kolem 72 cm, kde se podobal části Terrano1. Odpor 2 MPa, který je omezující pro růst rostlin byl zjištěn na třech stanovištích v hloubce od 15 do 25 cm, pouze v lokalitě Terrano2 to bylo v menší hloubce. I přesto že na zkypřené části byl penetrometrický odpor vyšší, tak hraniční hodnoty dosáhl až v hloubce mezi 20 a 30 cm. Na části po orbě však byla hraniční hodnota překročena v mnohem větší hloubce, v lokalitě Kuhn1 to bylo v hloubce 50 cm a na stanovišti Kuhn2 dokonce kolem 65 cm.

Tabulka 4.19 shrnuje hodnoty odporu ze srpna 2020. Na povrchu byl odpor ve všech lokalitách téměř identický, lišil se maximálně o 0,02 MPa, ovšem tento rozdíl je zcela zanedbatelný. Ve 4 cm se hodnoty také mnoho nelišily. V této hloubce představoval medián odporu na stanovištích Kuhn1 a Kuhn2 0,40 MPa a 0,20 MPa. Na zbylých dvou lokalitách byl zcela stejný, a to 0,30 MPa. Průměry se na jednotlivých stanovištích v této hloubce též příliš nerozcházely. V 10 cm na třech stanovištích byl odpor vyjádřený jak mediánem, tak průměrem téměř stejný, pouze na stanovišti Terrano2 byl průměr vyšší o více jak 0,50 MPa. Hluběji v půdní profilu byly hodnoty po orbě vždy nižší, jenom v hloubce 80 cm se nejnižší hodnota odporu zjistila na části po kypření (Terrano2).

Porovnání s hodnotami uváděnými Kubíkem (2010), nebylo v tento termín provedeno tak detailně, jelikož měření neprováděl v letním období. Pouze orientačně se však hodnoty do 5 cm získané při tomto experimentu přibližují Kubíkovým (2010) hodnotám z jarního období. Ve 12 cm se odpor pohybuje již mezi jarními a podzimními hodnotami zjištěné Kubíkem (2010). V hloubce 20 cm už odpor ze stanoviště Terrano2 překračuje podzimní hodnoty a hlouběji se potom odpor podobá hodnotám od Kubíka (2010) pouze na části po orbě, odpor na ostatních stanovištích je vyšší, a to i o více než 2 MPa.

Tabulka 4.19: Medián a průměr – Srpen 2020

Hloubka (cm)	Medián a průměr penetrometrického odporu (MPa)							
	Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.
0	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,22	0,20	0,21
2	0,20	0,28	0,20	0,21	0,30	0,39	0,20	0,22
4	0,40	0,57	0,20	0,50	0,30	0,69	0,30	0,62
6	0,75	0,99	0,50	0,92	0,70	0,98	1,10	1,21
8	1,15	1,24	1,05	1,13	1,05	1,13	1,45	1,46
10	1,45	1,34	1,25	1,27	1,20	1,31	1,90	1,83
12	1,45	1,44	1,55	1,48	1,35	1,46	2,10	1,98
14	1,50	1,53	1,50	1,55	1,65	1,72	2,80	2,84
16	1,60	1,84	1,50	1,60	1,80	1,87	2,80	2,91
18	1,60	1,86	1,50	1,82	1,80	2,08	2,80	2,91
20	1,60	2,05	1,50	1,84	2,10	2,47	3,20	3,32
24	2,50	2,81	1,75	2,07	2,30	2,95	4,20	4,40
28	3,70	3,25	2,20	2,58	3,35	4,30	6,00	5,97
32	3,55	3,40	2,20	2,70	4,95	4,99	6,90	6,29
36	3,05	3,35	2,20	2,60	6,10	6,07	7,20	6,72
40	3,05	3,47	2,20	2,60	5,45	5,54	7,00	6,34
45	2,90	3,12	2,20	2,57	5,30	5,04	5,60	5,57
50	3,40	3,88	2,10	2,71	4,75	4,80	5,60	5,56
55	3,65	4,19	2,45	2,89	5,50	5,43	5,20	4,98
60	4,35	4,33	3,20	3,50	5,70	5,61	5,20	5,20
65	4,65	4,74	3,85	3,98	6,10	5,89	5,20	5,34
70	4,80	5,11	4,70	4,33	6,20	6,27	5,60	5,54
75	6,30	5,97	4,90	4,72	6,40	6,28	5,75	5,98
80	6,30	6,70	5,90	6,05	7,30	6,90	5,80	5,99

Vlhkost půdy se oproti předchozímu měření v dubnu zvýšila, avšak i přesto, že do doby druhého měření spadlo mnoho srážek, tak vlhkost nebyla o tolik vyšší. Tento fakt může vycházet především z toho, že měření bylo provedeno až po podmítce, která přerušila kapilární póry, tudíž se půdní vláhla nedostávala do hloubky, ve které sonda měří vlhkost. V Tabulce 4.20, která shrnuje vlhkosti na jednotlivých stanovištích je možné vyčíst, že nejnižší průměrná vlhkost 10 % byla v lokalitě Terrano2, kde právě v dubnu 2020 byla průměrná vlhkost nejvyšší. Tato hodnota je opět podle ČHMÚ (2021b) na hranici mezi kategoriemi 5 a 6, tedy nízkou a velmi nízkou vlhkostí půdy. Na zbylých třech stanovištích se vlhkost pohybovala ve vyšších hodnotách, a to až 18,40 %, která byla naměřena v lokalitě po orbě. Takovouto vlhkost pak ČHMÚ (2021b) řadí do kategorie 5, nízká.

Tabulka 4.20: Vlhkost půdy – Srpen 2020

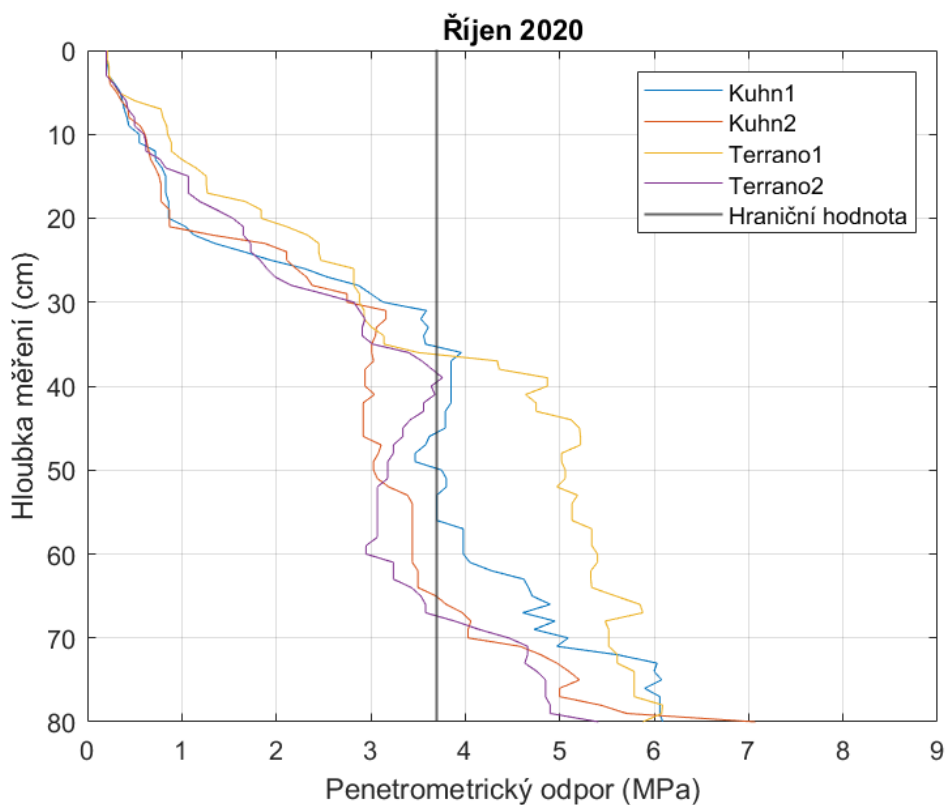
Vlhkost půdy (%)							
Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr
16,00	18,40	15,50	14,50	17,50	17,40	11,00	10,00

4.4.3 Říjen 2020

22. října roku 2020 bylo provedeno poslední měření v rámci experimentu. Na pozemku proběhlo zpracování půdy a zasetá byla pšenice ozimá. Předchozí měsíce byly vydatné na srážky, které zcela jistě ovlivnily naměřené hodnoty, stejně jako při předchozím měření v srpnu. To že je půda dostatečně nasycena bylo znát již při pohledu na pozemek, který byl i na povrchu vlhký.

Měření proběhlo opět stejným způsobem jako v předešlých termínech a celkem bylo provedeno 40 měření.

Graf 4.8: Průměr penetrometrického odporu – Říjen 2020



Graf 4.8 zobrazuje vývoj průměrného penetrometrického odporu na jednotlivých stanovištích v říjnu 2020. Jak je možné vidět, odpor byl již od povrchu pozemku nízký, stejně jako při měření v srpnu výše uvedeného roku. Do hloubky okolo 4 cm ani nestoupal téměř na žádné z lokalit. Odpor se začal zvyšovat až v hloubce 5 cm, tento nárůst však nebyl tak razantní a znamenal nejnižší ze všech provedených měření, která se prováděla v rámci experimentu. Nejvyšší nárůst odporu byl zaznamenán na stanovišti po kypření, Terrano1. V této lokalitě se hodnoty odporu držely ve vyšších hodnotách než na ostatních stanovištích až do hloubky téměř 30 cm. Na ostatních třech stanovištích byl odpor stejný do hloubky kolem 15 cm, zde se hodnoty začaly zvyšovat na druhé lokalitě zpracované kypřením, Terrano1 a přiblížily se hodnotám těm z Terrano2. Oproti tomu na stanovištích po orbě odpor téměř nenarůstal a hodnoty se z obou lokalit téměř nelišily. Změna nastala kolem hloubky 21 cm, kde v obou lokalitách průměrný odpor začal strmě stoupat a v hloubce 32 cm dokonce překročil hodnoty z částí Terrano1 a Terrano2. Jelikož v hloubce, kde hodnoty odporu začaly takto strmě stoupat, byla prováděna orba, tak je velmi pravděpodobné, že se zde vytvořila utužená podorniční vrstva jako tomu bylo na podzim 2018. Oproti tomu na zkypřené části odpor stále narůstal ve stejném tempu a nedošlo k takové změně. Hodnoty 2 MPa bylo dosaženo na všech stanovištích v hloubce od 20 do 30 cm, a to nejprve v lokalitě Terrano1, poté na obou lokalitách po orbě a nakonec Terrano2. Oproti tomu důležitou hraniční hodnotu zhutnění překročil odpor jako první na stanovišti Kuhn1 v hloubce asi 35 cm, kde se kolem této hodnoty pohyboval až do hloubka zhruba 65 cm, zde opět narůstal až do konce měření. Téměř ve stejné hloubce byla hraniční hodnota překročena na stanovišti Terrano1, kde po překročení odpor stále narůstal též až do maximální hloubky 80 cm. V nedosažených 40 cm hraniční hodnotu překročil odpor na druhém stanovišti po kypření – Terrano2. Zmíněnou hodnotu zde přesáhl, ale v okamžiku, kdy došlo k překročení nastal pokles odporu, který trval až do hloubky 60 cm na 3 MPa, zde se opět hodnoty zvyšovaly až do konce měření. Hraniční hodnoty bylo dosaženo v největší hloubce 65 cm na stanovišti Kuhn2, od té doby odpor také stále narůstal až do hloubky 80 cm, kde se edostal na nejvyšší hodnoty tohoto měření a přesáhl 7 MPa. Průběh odporu na tomto stanovišti byl velmi zajímavý, jelikož po prudkém nárůstu, který nastal v hloubce zpracování půdy, hodnoty stagnovaly u 3 MPa zhruba 20 cm, až poté se opět zvýšily a zase snížily, po tomto snížení teprve odpor překročil hraniční hodnotu. Při měření

v říjnu 2020 bylo hraniční hodnoty dosaženo nejhluběji na každém stanovišti ze všech prováděných měření během experimentu.

Tabulka 4.21: Medián a průměr – Říjen 2020

Hloubka (cm)	Medián a průměr penetrometrického odporu (MPa)							
	Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.	Med.	Prům.
0	0,20	0,20	0,20	0,21	0,20	0,21	0,20	0,20
2	0,20	0,22	0,20	0,23	0,20	0,23	0,20	0,20
4	0,30	0,29	0,20	0,24	0,25	0,28	0,20	0,28
6	0,30	0,37	0,30	0,36	0,45	0,50	0,30	0,41
8	0,35	0,42	0,30	0,44	0,50	0,80	0,40	0,50
10	0,50	0,55	0,50	0,61	0,55	0,85	0,55	0,60
12	0,65	0,72	0,60	0,65	0,60	0,89	0,55	0,62
14	0,80	0,79	0,65	0,72	0,85	1,15	0,65	0,83
16	0,85	0,83	0,80	0,78	1,25	1,26	1,15	1,07
18	0,85	0,86	0,80	0,78	1,45	1,67	1,20	1,19
20	0,85	0,86	0,80	0,87	1,60	1,84	1,25	1,54
24	1,50	1,66	2,20	2,11	2,05	2,45	1,70	1,73
28	2,70	2,87	2,50	2,38	2,80	2,82	2,20	2,16
32	3,85	3,53	3,10	3,16	2,80	2,93	2,95	2,94
36	4,30	3,96	3,20	3,01	3,25	3,50	3,25	3,40
40	4,10	3,85	3,20	2,94	4,60	4,87	3,30	3,64
45	4,10	3,79	2,85	2,92	5,05	5,21	3,35	3,34
50	3,45	3,75	3,00	3,03	4,70	5,06	2,95	3,18
55	3,30	3,70	3,40	3,44	4,75	5,13	2,50	3,07
60	3,50	3,98	3,40	3,44	5,40	5,40	2,50	2,95
65	3,65	4,71	3,40	3,69	5,40	5,59	2,55	3,53
70	3,90	5,09	4,20	4,03	5,00	5,52	4,70	4,46
75	5,80	6,08	5,70	5,21	5,80	5,79	5,15	4,85
80	6,00	6,09	7,20	7,07	5,80	5,88	5,80	5,41

Hodnoty v Tabulce 4.21 ukazují, že na povrchu byl penetrometrický odpor srovnatelný s odporem zjištěným v srpnu stejného roku, hodnota vyjádřena jak mediánem, tak průměrem se rovnala 0,20 MPa, pouze na stanovištích Kuhn2 a Terrano1 byla 0,21 MPa. Ve 4 cm hloubky se hodnoty pohybovaly nejnižší ze všech měření, nejvyšší hodnota mediánu i průměru byla zjištěna na stanovišti Kuhn1, a to 0,30 a 0,29 MPa. Odpor na ostatních stanovištích ve stejné hloubce se nikterak nelišil, rozdíl nebyl vyšší než 0,10 MPa. V hloubce 12 cm půdního profilu byl odpor stále nízký, ani na jedné lokalitě nebyl stále překročen 1 MPa. Medián se zde pohyboval okolo hodnoty 0,60 MPa, hodnoty průměru už tak stejné nebyly, ovšem rozdíl nebyl vyšší než

0,30 MPa. Ve 20 cm se již zaznamenal rozdíl v hodnotách mezi kypřením a orbou. Medián i průměrný odpor po orbě se zde pohyboval v rozmezí 0,80 až 0,87 MPa. Oproti tomu na zkypržené části byl medián 1,60 a 1,25 MPa, průměr pak 1,84 a 1,54 MPa. Tyto hodnoty však stále byly nejnižší ze všech dosud provedených měření. Ve 32 cm se v lokalitě Kuhn1 hodnoty přibližovaly těm z přechozího měření, medián byl 3,85 MPa a průměrný odpor 3,53 MPa. Na ostatních stanovištích byl odpor stále nejnižší a pohyboval se okolo hodnoty 3 MPa. Hluběji v půdním profilu se odpor měnil, ale nebyl v tak vysokých hodnotách jako kdykoliv předtím, pouze v posledních 20 cm se přibližoval hodnotám předchozích měření.

V porovnání s hodnotami zjištěnými na podzim Kubíkem (2010), byly hodnoty zjištěné při tomto experimentu v hloubce 4 cm znatelně nižší a podobaly se spíše těm z jarního období. Rozdíl v mediánu činil 0,70 MPa a v průměru 0,84–0,85 MPa. Ve 12 cm Kubík (2010) uvádí odpor vyjádřený mediánem 2,30 MPa a průměrem 2,24 MPa. Ve srovnání s odporem této práce, který byl výrazně nižší, se zjistil největší rozdíl v mediánu na stanovišti Kuhn1, a to 1,65 MPa, v průměru pak v lokalitě Terrano1 0,89 MPa. Hodnoty v této hloubce se opět podobaly spíše těm zjištěným Kubíkem (2010) na jaře. Ve 20 cm nastala obdobná situace jako v hloubce 12 cm, odpor byl stále nižší nežli hodnoty Kubíka (2010). V hloubce 32 cm se již odpor podobal tomu zjištěnému Kubíkem (2010) v podzimním období, a to nejvíce na stanovištích po orbě. Jím zjištěná hodnota mediánu představovala 3,50 MPa a průměru 3,59 MPa. Zatímco po orbě nebyl rozdíl více jak 0,35 MPa a odpor mediánu ani průměru neklesly pod 3 MPa, tak po kypření hodnoty hranici 3 MPa nepřekročily. V 60 cm již byl odpor ve srovnání s Kubíkem (2010) na jednotlivých stanovištích odlišný. Nejvyšší rozdíl v mediánu i průměru se zaznamenal na stanovišti Terrano1, kde byly tyto hodnoty vyšší o 1,10 MPa a 1,36 MPa. Oproti tomu na stanovišti Terrano2 byly hodnoty mediánu a průměru nižší, a to o 1,80 MPa a 1,09 MPa.

Tabulka 4.22: Vlhkost půdy – Říjen 2020

Vlhkost půdy (%)							
Kuhn1		Kuhn2		Terrano1		Terrano2	
Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr
34,00	32,70	28,50	27,70	26,00	25,40	34,00	33,70

Vlhkost půdy v říjnu 2020 pozitivně ovlivnily srážky z předešlých měsíců. Jak je vidět z Tabulky 4.22 vlhkost půdy se oproti všem dříve provedeným měřením zvýšila na každém ze stanovišť. Nejvyšší hodnota mediánu byla zaznamenána na stanovištích Kuhn1 a Terrano2, kde na obou z lokalit představovala vlhkost 34,00 %. Průměrná nejvyšší vlhkost 33,70 % pak byla naměřena na části Terrano2, která byla zkyprěna. Oproti tomu nejnižší vlhkost se naměřila v lokalitě Terrano1, průměrná 25,40 % a medián 26,00 %, i tak to byly stále nejvyšší zjištěné hodnoty ze všech provedených měření. Podle ČHMÚ (2021b) již hodnoty na stanovištích Kuhn1 a Terrano2 spadají do kategorie 4, slabá. Na zbylých dvou lokalitách jsou pak hodnoty vlhkosti zařazeny opět do kategorie 5, nízká, ovšem blíží se k hranici 30 % na obou stanovištích.

4.5 Zhutnění půdy na pozemku

V Tabulce 4.23 níže jsou obsaženy hloubky, ve kterých byla dosažena kritická hodnota 3,70 MPa, která je podle Šimona a Lhotského (1989) hranice penetrometrického odporu zhutněné půdy hlinitého půdního druhu.

Tabulka 4.23: Hloubka dosažení hraniční hodnoty

	Hloubka dosažení hraniční hodnoty (cm)							
	2018			2019		2020		
	Červenec	Září	Listopad	Duben	Srpen	Duben	Srpen	Říjen
Kuhn1	12	15	19	13	17	18	50	36
Kuhn2	16	11		14	15	19	63	66
Terrano1	13	14	17	14	13	16	27	37
Terrano2	14	14		8	11	12	22	68 (39)

Z Tabulky 4.23 je možné vidět, že zhutnění půdy bylo v roce 2018 zjištěno v každém měsíci ve velmi nízké hloubce. V červenci 2018 se hloubka zhutnění pohybovala v rozmezí 12 až 16 cm. Nejnižší i nejvyšší hloubka, kde se zjistilo zhutnění, byla na části po orbě. V září stejného roku, tomu bylo shodně jako v předešlém měsíci. Hloubka zhutnění se pohybovala mezi 11 a 15 cm, kde opět nejnižší a nejvyšší hloubky zhutnění byly zjištěny na zorané části. Na zkyprěné části bylo indikováno zhutnění ve stejné hloubce, a to ve 14 cm. Listopad 2018 ukázal, že po orbě se zjistilo zhutnění půdy ve větší hloubce nežli po kypření. Na zorané části bylo zhutnění naměřeno v 19 cm a na části zkyprěné 17 cm. Rozdíl 2 cm není však tolik markantní.

V dubnu 2019 se hloubka zhutnění půdy na pozemku pohybovala v horizontu 8 až 14 cm. Nejnižší hloubka 8 cm se zjistila na části po kypření a nejvyšší naopak na části po orbě. V srpnu stejného roku, byl rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hloubkou opět 6 cm. Na obou stanovištích po kypření byla půda zhutněna od menší hloubky nežli po orbě, a to v 11 a 13 cm. Oproti tomu po orbě to byla hloubka 15 a 17 cm. V roce 2019 se tedy zjistilo, že po kypření byla půda zhutněna v menší hloubce, a to až o 6 cm než po kypření.

Hodnoty hloubky zhutnění z dubna 2020 opět potvrzovaly to, že zhutnění bylo indikováno v nižší hloubce po kypření nežli po orbě. Po orbě se zhutnění zjistilo v hloubkách 18 a 19 cm, oproti tomu po kypření 12 a 16 cm. V srpnu 2020 bylo zhutnění znovu zjištěno v menší hloubce po kypření, tento měsíc byl však rozdíl mezi kypřením a orbou velmi značný. Zatímco po orbě se zhutnění naměřilo v hloubkách 50 a 63 cm, tak po kypření to bylo 22 a 27 cm. Svou roli v tomto měsíci mohl hrát fakt, že pozemek se mírně svažuje na část, kde se nacházejí obě stanoviště po orbě. Tudíž srážky, které doposud spadly a měly charakter spíše srážek prudkých, které se nestačily infiltrovat, tak otekly na tuto část, kde se později vsákly a vlhkost ovlivnila hloubku zhutnění půdy. V posledním měsíci měření byla hloubka zhutnění rozdílná vždy mezi dvěma stanovišti, ovšem ne po stejném způsobu kultivace. Zhutnění na lokalitě po orbě se zjistilo v hloubce 36 cm a téměř v té samé hloubce, pouze o 1 cm hlouběji, i na lokalitě po kypření. Oproti tomu hloubka zhutnění na zbylých dvou stanovištích byla 66 a 68 cm, kdy zhutnění v nižší hloubce se zjistilo opět po orbě. V Tabulce 4.23 je v lokalitě Terrano2 udávána ještě hodnota 39 cm, v této hodnotě sice byla překročena hranice 3,70 MPa, ovšem pouze o 0,06 MPa a o 1 cm hlouběji již byla hodnota odporu nižší až do hloubky právě 68 cm. V říjnu 2020 tedy rozdíl mezi technologií zpracování nebyl značný, rozdíl byl pouze mezi lokalitami měření.

Závěr

Během experimentu, který probíhal na pokusném pozemku v letech 2018 až 2020, bylo provedeno celkem 310 měření penetrometrického odporu půdy spolu s půdní vlhkostí. Polovina uskutečněných měření proběhla na části, kde se pozemek zpracoval orbou a druhá na části zpracované kypřením. Pozorován byl především vliv rozdílných technologií zpracování půdy na její stav z hlediska zhutnění. Vedlejší sledovanou vlastností byla půdní vlhkost, která úzce souvisí s penetrometrickým odporem půdy a jak výsledky této práce ukazují, velmi jeho hodnoty ovlivňuje.

Z pohledu srážek byly roky, kdy se shromažďovala data vždy pod dlouhodobým normálem 687 mm srážek za rok. V roce 2018 byly srážky nevyrovnané a spadlo jich nejméně ze tří sledovaných let, a to 541 mm. Spolu s nedostatkem srážek působily i vysoké teploty, to se projevilo na vlhkosti půdy. Rok 2019 na tom byl se srážkami podobně jako rok 2018, naakumulováno bylo 551 mm, tedy pouze o 10 mm více a měly charakter spíše prudkých dešťů. V tomto roce spadlo nejméně srážek v měsíci dubnu, a to pouze 16 mm. Rok 2020 byl oproti dvěma předchozím letům na srážky vydatnější. Tento rok spadlo celkem 676 mm, což činilo pouze o 11 mm méně, než je dlouhodobý normál. V porovnání s celým Jihočeským krajem byly srážky v místě pozemku velmi malé, jelikož ČHMÚ (2021a) za celý rok 2020 udává průměr srážek 787 mm. Opět i v tomto roce působily vysoké teploty.

Vlhkost půdy se během sledovaných tří let pohybovala ve velmi nízkých hodnotách. Nejčastěji se půdní vlhkost pohybovala, podle tabulky ČHMÚ (2021b), v kategorii 5 – nízká vlhkost, která představuje vlhkost 10 až 30 %. Nejnižší naměřená vlhkost půdy za dobu experimentu byla v dubnu 2019, kdy vlhkost spadala do kategorie 6 – velmi nízká a pohybovala se v rozmezí 6,2 až 7,2 %. Oproti tomu nejvyšší vlhkost se naměřila v říjnu 2020, kdy na dvou ze stanovišť spadala do kategorie 4 – slabá, nejvyšší hodnota 33,7 % v tomto termínu byla naměřena na části po kypření.

Penetrometrický odpor se během prvních dvou let (2018, 2019) pokusu pohyboval ve vysokých hodnotách, které překračovaly i 8 MPa a již od povrchu strmě stoupaly. Hraniční hodnoty zhutnění 3,70 MPa bylo během zmíněných let spolu s dubnem 2020 vždy dosaženo ve velmi malé hloubce, a to do 20 cm. V dubnu 2020 také byla zjištěna nejvyšší hodnota odporu ze všech provedených měření 9,40 MPa v hloubce 38 cm na části po orbě. Svůj podíl na vysokých hodnotách a zhutněné půdě v takto malé

hloubce měly zcela jistě nedostatečné srážky a vysoké teploty. Právě srážky, které byly v roce 2020 od května vydatné, se projeví na hodnotách posledních dvou měření. V srpnu a říjnu již byla hraniční hodnota překročena mnohem hlouběji, v lokalitě Kuhn2 to bylo dokonce v hloubce 63 a 66 cm. Na ostatních stanovištích se také hraniční hodnoty dosáhlo hlouběji. Vyjma srpnu 2020 nebyla tato hodnota překročena v menší hloubce než 36 cm. Právě v srpnu 2020 se v lokalitě po kypření hraniční hodnota překročila už ve 22 a 27 cm, i tak to ovšem bylo hlouběji než při předchozích provedených měření.

Rozdíl mezi odlišnou kultivací půdy byl poprvé zaznamenán v listopadu 2018, kdy v hloubce zpracování půdy orbou nastal prudký nárůst hodnot odporu, zatímco po kypření začal klesat. Rozdíl v odporu se pohyboval kolem 1 MPa, tudíž lze předpokládat, že se zde vlivem zpracování půdy pluhem vytvořila utužená podorniční vrstva. Skutečnost, že po práci pluhu vzniká utužená podorniční vrstva byla zjištěna i v dubnu a říjnu 2020, kdy v hloubce okolo 22 cm nastal na části po orbě prudký nárůst odporu, který se v průběhu 10 cm zvýšil i o více než 2 MPa. V roce 2019 nebyla zhutněná podorniční vrstva zjištěna, jelikož nebylo měřeno po zpracování půdy a ze zjištěných hodnot vyplývá, že vytvořená utužená vrstva je nejvíce patrná až po zpracování půdy. S tímto dále souvisí a potvrzuje se, že kypření nevytváří utuženou podorniční vrstvu a je na tuto část půdy šetrnější. Navzdory tomu však na kypřené části byl ve většině případů penetrometrický odpor vždy vyšší než po orbě, pouze v hloubce utužené vrstvy, kdy odpor po orbě strmě vzrostl, byly hodnoty po orbě vyšší nežli po kypření.

Z hodnot zjištěných při experimentu v rámci této diplomové práce vyplývá, že zhutnění půdy závisí na různých okolnostech, a ne pouze na technologii zpracování půdy. Důležitým faktorem, který ovlivňuje penetrometrický odpor je vlhkost půdy. Jak bylo možné sledovat ze zjištěných hodnot, odpor půdy se snižuje při zvýšení půdní vlhkosti. Dále bylo možné pozorovat vliv rozdílné technologie zpracování půdy na podorničí. V letech 2018 a 2020 bylo potvrzeno, že na zorané části se nachází utužená podorniční vrstva, jež vznikla působením pluhu a má nepochybně negativní vliv nejenom na růst plodin, ale i na energetickou náročnost zpracování půdy.

Seznam použité literatury

Agrární komora, 2019. *Podrobné informace k omezení pěstování monokultur na max. 30 ha souvislé plochy prostřednictvím standardu tzv. DZES 7d* [online]. 12. 8. [cit. 29. 11. 2020.]. Dostupné z: <http://www.akcr.cz/txt/podrobne-informace-k-omezeni-pestovani-monokultur-na-max-30-ha-souvisle-plochy-prostrednictvim-standardu-tzv-dzes-7d>

ALVEMAR, Hans, Hans ANDERSSON a Hans H. PEDERSEN, 2017. Profitability of controlled traffic in grass silage production – economic modelling and machinery systems. *Cambridge University Press* [online]. 8(2), 749-753 [cit. 20. 10. 2020]. ISSN 2040-4719. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1017/S2040470017001388>

BLANCO-CANQUI, Humberto a Sabrina J. RUIS, 2018. No-tillage and soil physical environment. *Geoderma* [online]. Amsterdam: Elsevier science. 326, 164-200 [cit. 28. 11. 2020]. ISSN: 00167061. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011>

BOCHTIS, Dionysis, Claus Aage Grøn SØRENSEN a Dimitrios KATERIS, 2019. *Operations management in agriculture*. London: Academic Press. ISBN 9780128097861.

BRANT, Václav, 2018. *Půdní blok a jeho parametry ve vztahu k obhospodařování* [online]. 2. 7. [cit. 27. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pudni-blok-a-jeho-parametry-ve-vztahu-k-obhospodarovani-1-obecne-principy>

BŘEČKA, Josef, Ivo HONZÍK a Karel NEUBAUER, 2001. *Stroje pro sklizeň pícnin a obilnin*. Praha: ČZU (Praha) - TF. ISBN 80-213-0738-2.

ČHMÚ, 2021a. *Historická data* [online]. ČHMÚ [cit. 20. 2. 2021]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/>

ČHMÚ, 2021b. *Půdní sucho* [online]. ČHMÚ [cit. 20. 2. 2021]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/Vlhkost_pudy2.html

Deer & Company, 2021. *MyJohnDeere* [online]. Deer & Company [cit. 27. 10. 2020]. Dostupné z: <https://myjohndeere.deere.com/mjd/my/login?TARGET=https:%2F%2Fmyjohndeere.deere.com%2Fmjd%2Fmyauth%2Fmy-dashboard>

Eijkelkamp, 2020. *Manual penetrometer* [online]. Eijkelkamp [cit. 20. 9. 2020]. Dostupné z: <https://en.eijkelkamp.com/products/field-measurement-equipment/penetrometer-set-a.html>

HAMZA, M. A. a Walter K. ANDERSSON, 2005. Soil compaction in cropping systems – A review of the nature causes and possible Solutions. *Soil & tillage research*. Amsterdam: Elsevier science. 82(2), 121-145. ISSN 0168-1987. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.08.009>

HŮLA, Josef a Blanka PROCHÁZKOVÁ, 2002. *Vliv minimalizačních a půdoochranných technologií na plodiny, půdní prostředí a ekonomiku*. Praha: ÚZPI. Zemědělské informace. ISBN 80-7271-106-7.

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

HŮLA, Josef a Václav MAYER, 1999. *Technologické systémy a stroje pro zpracování půdy*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR. ISBN 80-7105-187-X.

HŮLA, Josef, Zdeněk ABRHAM a František BAUER, 1997. *Zpracování půdy*. Praha: Nakladatelství Brázda. ISBN 80-209-0265-1.

JAVŮREK, Miloslav a Milan VACH, 2008. *Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby [cit. 20. 12. 2020]. ISBN 978-80-87011-57-7.

JEDLIČKA, Milan, 2020. *Vysoká výkonnost, automatizace a konektivita, John Deere odhaluje nové sklízecí mlátičky X9* [online]. 29. 6. [cit. 12. 1. 2021]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/vysoka-vykonnost-automatizace-a-konektivita-john-deere-odhaluje-nove-sklizeci-mlaticky-x9>

KROUPA, Pavel, Josef HŮLA a Pavel KOVAŘÍČEK, 1998. *Stroje pro pěstování a sklizeň zrnin*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR. ISBN 80-7105-161-6.

KUBÍK, Ladislav, 2010. *Sledování vývoje zhutňování půdy pomocí penetrometru na vybraných plochách bazálního monitoringu půd* [online]. Ministerstvo zemědělství [cit. 22. 2. 2021]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/240156/ZZ_final_penetr_ometrie_v3.pdf

LHOTSKÝ, Jiří, 2000. *Zhutňování půd a opatření proti němu: (studijní zpráva)*. Praha: ÚZPI. ISBN 80-7271-067-2.

MCKENZIE, Ross H., 2010. *Agricultural Soil Compaction: Causes and Management* [online]. Edmonton: Agriculture and Rural Development [cit. 13. 11. 2020]. Dostupné z: <https://open.alberta.ca/publications/5333887>

Ministerstvo zemědělství, 2018. *Situační a výhledová zpráva*. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-476-3.

Ministerstvo zemědělství, 2020a. *Organické hnojení může přinášet i vyšší výnosy než hnojení pouze minerálním dusíkem* [online]. 7. 5. [cit. 3. 1. 2021]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/hnojiva-a-puda/organicke-hnojeni-muze-vyssi-vynos.html>

Ministerstvo zemědělství, 2020b. *Portál farmáře – registr půdy* [online]. [cit. 26. 10. 2020]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/>

MOSADDEGHI, M.R., M.A. HAJABBASI, A. HEMMAT a M. AFYUNI, 2000. Soil compactibility as affected by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. *Soil and Tillage Research*. Amsterdam: Elsevier science 55(1-2), 87-97. ISSN 01671987. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(00\)00102-1](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(00)00102-1)

NEDĚLNÍK, Jan, 2014. *Využití pícnin a mezipločin ke zlepšení úrodnosti půd* [online]. Ministerstvo zemědělství [cit. 20. 11. 2020]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/319032/Priloha_c._3_Vyuziti_picnin_a_mezplodin_ke_zlepseni_urodnosti_pud_Nedelnik.pdf

NEUBAUER, Karel, 1989. *Stroje pro rostlinnou výrobu*. Praha: SZN. Mechanizace, výstavba a meliorace. ISBN 80-209-0075-6.

PAGLIAI, M., N. VIGNOZZI a S. PELLEGRINI, 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil & tillage research*. Amsterdam: Elsevier science. 79, 131-143. ISSN 01671987. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.07.002>

PASTOREK, Zdeněk, 2002. *Zemědělská technika dnes a zítra: rádce při výběru a efektivním využívání zemědělských strojů a technologií*. Praha: Ing. Martin Sedláček. ISBN 80-902413-4-4.

PAVLŮ, Lenka, 2018. *Základy pedologie a ochrany půdy*. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2876-1.

POSPÍŠIL, Jiří, 2020. *Podmítka a podmítače* [online]. 14. 9. [cit. 5. 1. 2021]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/podmitka-a-podmitace>

SOANE, B. D. a C. van OUWERKERK, 1994. *Soil compaction in crop production*. Amsterdam: Elsevier science. ISBN 9780444882868.

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

ŠARAPATKA, Bořivoj, Pavel DLAPA a Zoltán BEDRNA, 2002. *Kvalita a degradace půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 80-244-0584-9.

ŠIMEK, Miloslav, 2004. *Základy nauky o půdě*. České Budějovice: Biologická fakulta Jihočeské univerzity. ISBN 80-7040-667-4.

ŠIMEK, Miloslav, 2019. *Živá půda*. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-2976-8.

ŠIMON, Josef a Jiří LHOTSKÝ, 1989. *Zpracování a zúrodnování půd*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. ISBN 80-209-0048-9.

ŠIMON, Josef, Vítězslav ŠKODA a Josef HŮLA, 1999. *Zakládání porostů hlavních polních plodin novými technologiemi*. [1. vyd.]. Praha: Agrospoj.

ŠKODA, Vítězslav a Jan CHOLENSKÝ, 1993. *Konvenční a perspektivní způsoby zpracování a kultivace půdy*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR. ISBN 80-7105-048-2.

ŠNOBL, Josef a Josef PULKRÁBEK, 2005. *Základy rostlinné produkce*. 2. Praha: ČZU (Praha). ISBN 80-213-1340-4.

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Pokusný pozemek (Deer & Company, 2020).....	9
Obrázek 1.2: Tvorba projektu	11
Obrázek 1.3: Pozemek s utuženou vrstvou	15
Obrázek 1.4: Zhutněné podorničí (Šimek, 2019).....	16
Obrázek 1.5: Technologie CTF (Alvemar et al., 2017)	20
Obrázek 1.6: Podmítka.....	25
Obrázek 1.7: Pracovní části talířového kypřiče	27
Obrázek 1.8: Pracovní orgány radličkového kypřiče	28
Obrázek 1.9: Orební těleso.....	29
Obrázek 1.10: Radličkový kypřič	32
Obrázek 1.11: Předset'ová příprava.....	34
Obrázek 1.12: Secí stroj	36
Obrázek 1.13: Rozmetání organického hnojiva	38
Obrázek 1.14: Rozmetání minerálních hnojiv	39
Obrázek 1.15: Tažený postřikovač.....	40
Obrázek 1.16: Sklízecí mlátička	43
Obrázek 3.1: Rozdělení pozemku	45
Obrázek 4.1: Rozdíl zorané a zkyplené části	61
Obrázek 4.2: Pozemek při měření	72

Seznam tabulek

Tabulka 1.1: Vlastnosti půdy (Podle Šimon a Lhotský, 1989)	13
Tabulka 1.2: Výhody a nevýhody talířových kypřičů.....	26
Tabulka 4.1: Pracovní operace 2012–2016.....	48
Tabulka 4.2: Pracovní operace 2017	49
Tabulka 4.3: Pracovní operace 2018.....	50
Tabulka 4.4: Pracovní operace 2019	51
Tabulka 4.5: Pracovní operace 2020.....	53
Tabulka 4.6: Medián a průměr – Červenec 2018.....	55
Tabulka 4.7: Vlhkost půdy – Červenec 2018.....	57
Tabulka 4.8: Kategorie vlhkosti půdy (podle ČHMÚ, 2021b)	57
Tabulka 4.9: Medián a průměr – Září 2018	59
Tabulka 4.10: Vlhkost půdy – Září 2018	60
Tabulka 4.11: Medián a průměr – Listopad 2018.....	63
Tabulka 4.12: Vlhkost půdy – Listopad 2018.....	64
Tabulka 4.13: Medián a průměr – Duben 2019	66
Tabulka 4.14: Vlhkost půdy – Duben 2019	67
Tabulka 4.15: Medián a průměr – Srpen 2019.....	70
Tabulka 4.16: Vlhkost půdy – Srpen 2019.....	71
Tabulka 4.17: Medián a průměr – Duben 2020	74
Tabulka 4.18: Vlhkost půdy – Duben 2020	75
Tabulka 4.19: Medián a průměr – Srpen 2020.....	78
Tabulka 4.20: Vlhkost půdy – Srpen 2020.....	79
Tabulka 4.21: Medián a průměr – Říjen 2020	81
Tabulka 4.22: Vlhkost půdy – Říjen 2020	82
Tabulka 4.23: Hloubka dosažení hraniční hodnoty.....	83

Seznam grafů

Graf 4.1: Průměrný penetrometrický odpor – Červenec 2018.....	54
Graf 4.2: Průměrný penetrometrický odpor – Září 2018	58
Graf 4.3: Průměrný penetrometrický odpor – Listopad 2018	62
Graf 4.4: Průměrný penetrometrický odpor – Duben 2019	65
Graf 4.5: Průměrný penetrometrický odpor – Srpen 2019.....	68
Graf 4.6: Průměrný penetrometrický odpor – Duben 2020	73
Graf 4.7: Průměrný penetrometrický odpor – Srpen 2020.....	76
Graf 4.8: Průměr penetrometrického odporu – Říjen 2020.....	79
