

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Sledování utužení půdy na daném pozemku

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Antonín Dolan, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Jan Vondráček

České Budějovice, 2017

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Fakulta zemědělská  
Akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan VONDRÁČEK**  
Osobní číslo: **Z14122**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**  
Název tématu: **Sledování utužení půdy na daném pozemku**  
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

#### *Cíl práce:*

Cílem práce je měření a vyhodnocení utužení půdy v konkrétních podmínkách zemědělského podniku v ČR během hospodářského roku a odpověď na vědecké hypotézy:

1. Má zvolená technologie prokazatelný vliv na snížení utužení půdy?
2. Má tato technologie vliv na zvýšení výnosu pěstovaných plodin?

#### *V práci se zaměřte:*

1. Změřte penetrometrický odpor půdy v průběhu roku v místě stop kol a mimo ně na srovnatelných pozemcích.
2. Odpovězte na hypotézy z cíle této práce.
3. Výsledky zhodnoťte a uveďte závěry pro praxi.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **40 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**GERHARDS R., SÖKEFELD M., KNUF D., KÜHBAUCH W. (1996):**  
**Kartierung und geostatistische Analyse der Unkrautverteilung in**  
**Zuckerrübenschlagen als Grundlage für eine teilschlagspezifische Bekämpfung.**  
**Journal of Agronomy and Crop Science. 176, s. 259-266. ISSN 1439-037X.;**  
**KUNISCH M. (2002): Precision Farming in der Unkrautbekämpfung?**  
**Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. XVIII, s. 415-420;**  
**WANGA S., LUNAB R., ONYEJEKWE S. (2015). Postliquefaction behavior**  
**of low-plasticity silt at various degrees of reconsolidation. Soil Dynamics and**  
**Earthquake Engineering. Volume 75/2015. Pages 259-264. ISSN: 0267-7261.**  
**Firemní literatura a propagační materiály.**

Omezeně internetové zdroje:

<https://scholar.google.cz/>

[https://books.google.com/advanced\\_book\\_search](https://books.google.com/advanced_book_search)

<http://www.elsevier.com/online-tools/scopus>


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Antonín Dolan, Ph.D.**  
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **16. února 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2017**

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA**   
**V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**  
studijní oddělení  
Studentská 1868, 370 05 České Budějovice

  
doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.  
vedoucí katedry

### **Prohlášení:**

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum: .....

Podpis: .....

### **Poděkování:**

Za odbornou pomoc a vedení při zpracování této práce bych rád poděkoval Ing. Antonínu Dolanovi, Ph.D. dále také Mgr. Tomáši Zoubkovi za pomoc a asistenci při jednotlivých měřeních. Poděkování dále patří také podniku Kooprodukt Lišov a.s. na jehož pozemcích byla převážná část měření prováděna a jmenovitě agronomu Ing. Ondřeji Liškovi za poskytnutí potřebných informací. Dále také p. Lukáši Kučerovi, manageru podniku Agroslužby 3S a.s. a Ing. Václavu Šrámkovi majiteli farmy v Krátké Vsi za umožnění měření v jejich podnicích.



## **Abstrakt**

V bakalářské práci je rozebrán problém utužení půdy v zemědělství České republiky, aspekty způsobující tento jev stejně tak jako metody potlačení tohoto jevu či jeho předejití. Zároveň jsou v práci zmíněny také stroje a zařízení a možnosti jejich úprav za účelem snížení komprese půdy. Jsou zde také uvedeny výsledky polních měření, které byly prováděny v průběhu sezóny na pozemku, který byl zpracováván rozdílnou technologií v několika jeho částech a dalších měřeních prováděných příležitostně na území České republiky za účelem pozorování stavu utužení půdy.

**Klíčová slova:** utužení půdy; měrný tlak; minimalizační zpracování půdy; stroje; technologie

## **Abstract**

In the thesis is discussed problem with soil compaction in the agriculture in the Czech Republic, causing of aspects of this phenomenon as well as a method suppressing this phenomenon and prevent its. In this work are also mentioned machinery and equipment and their possibilities editing to reduce the compression of the soil. There are also the results of field measurements, which were carried out during the season on land that has been processed by different technology in several of its parts and other measurements carried out occasionally in the Czech Republic to observe the state of soil compaction.

**Keywords:** soil compaction; pressure; minimum tillage; machinery; technology

## Obsah

1. Úvod.....	7
2. Literární přehled.....	8
2.1 Terramechanika .....	8
2.2 Základní pojmy terramechaniky.....	8
2.2.1 Měrný tlak (p) .....	8
2.2.2 Dosedací plocha (SD) .....	9
2.3 Terramechanika a její poznatky .....	9
2.4 Agrotechnické metody pro snížení tlaku na půdu.....	11
2.4.1 Utužení půdy a jeho důsledky .....	11
2.4.2 Půdoochranné zpracování půdy .....	12
2.4.3 Podrývání .....	13
2.4.4 Technologie řízených přejezdů strojů po pozemcích.....	14
2.5 Technické metody snižování tlaku na půdu .....	17
2.5.1 Dotížení stroje .....	18
2.5.2 Regulace tlaku v pneumatikách .....	20
2.5.3 Překládací vozy .....	23
3. Cíl.....	28
4. Metodika .....	28
5. Vlastní práce.....	30
5.1 Měření na farmě v Krátké Vsi .....	30
5.2 Měření v podniku Kooprodukt Lišov a.s.....	33
5.2.1 Rozdílné utužení půdy v průběhu zimního období .....	33
5.2.2 Utužení půdy zpracované orbou a podrýváním .....	34
5.3 Měření v podniku služeb Agroslužby 3S s.r.o. ....	35
6. Diskuse.....	39



6.1	Hodnocení výsledků z měření v Krátké Vsi.....	39
6.2	Hodnocení výsledků měření v Kooproduktu Lišov a.s. ....	40
6.3	Hodnocení výsledků měření v podniku Agroslužby 3S .....	43
7.	Závěr .....	44
8.	Přehled použité literatury a zdrojů .....	47

## 1. Úvod

Zemědělství v České republice se stále více potýká s problémem nadměrného utužení půdy. S tímto jevem jsou však spojována také závažná ekologická rizika jako například vodní eroze, která zapříčiňuje odnos zeminy, důležitých živin a může způsobit i kontaminaci spodních vod. Dále dochází k utužení půdy, zhoršení průniku vzduchu do půdy a denitrifikaci.

Zemědělské podniky hledají cesty, jak dosáhnout co nejnižších nákladů na jednotku produkce, a tak se stále více zajímají také o utužení půdy, které často vede ke zvýšení nákladů na zpracování půdy. Samotné zhutnění je pak často vyvoláno nevhodnou pěstební technologií. Také chybná aplikace půdoochranných technologií, jindy vedoucí ke snížení utužení půdy, může působit problémy.

Podmínky, ve kterých budou plodiny pěstovány, jsou do značné míry ovlivněny právě způsobem zpracování půdy a zároveň přejezdy traktorů, dopravní techniky a sklizňových strojů (HŮLA, 2001)

Nejdůležitější zásadou je dodržovat správné vlhkostní podmínky při zpracování půd. Zpracování půdy a setí by mělo probíhat za sušších vlhkostních podmínek což je opatření, které je součástí standardů GAEC. Standardy GAEC (tzv. Podmínky dobrého zemědělského a environmentálního stavu) jsou rozděleny na části upravujících způsoby hospodaření. Například GAEC 5 je standard hovořící o ochraně struktury půdy, kdy je zakázáno provádět agrotechnické zásahy, pokud je půda zaplavena, nebo silně podmáčená s výjimkou sklizně plodiny, která je zahrnuta ve standardu GAEC 7 (regulace vybraných invazních rostlin) Standard GAEC je opatřením ochrany půdy před zhutněním (<http://www.ochrana-pudy.cz/co-se-s-tim-da-delat/otazky-a-odpovedi/zhutneni-pudy-a-co-s-tim/2014/10/06/> „staženo dne: 7. 2. 2017“).

## **2. Literární přehled**

### **2.1 Terramechanika**

Terramechanika je vědním oborem, který zkoumá jevy vzniklé kontaktem stroje s podložkou, a to především jevy, které vznikají pohybem stroje po podložce různého typu. Terramechanika je pro tuto práci důležitým oborem, protože pomáhá pochopit negativní důsledky provozu strojů na polních pozemcích i pozemních komunikacích.

Terramechaniku také využívají konstruktéři strojů ale i automobilů. Tato věda konstruktérům umožňuje usnadnit užívání vyvíjených vozidel.

Při styku vozidla s podložkou se projevují jevy, které právě terramechanika zkoumá:

- Tlak na podložku a šíření vzniklého tlaku,
- Odpor při jízdě vozidla,
- Komprese půdy,
- Záběrové vlastnosti podvozku jedoucího vozidla,
- Pohyblivost jedoucího vozidla.

Díky zkoumání těchto jevů je možné výsledky využít při vývoji vhodné konstrukce vozidla pro různé terénní podmínky (NERUDA, 2006).

### **2.2 Základní pojmy terramechaniky**

#### **2.2.1 Měrný tlak ( $p$ )**

Jedná se o tlak, který působí v dosedací ploše pneumatik nebo pásů a je tak přenášen kolmo na podložku. V případě kola se nejnižší tlak nachází na okraji dosedací plochy a nejvyšší tlak se nachází v ose kola. Při pohybu stroje se nejvyšší měrný tlak posouvá ve směru jízdy.

Při měření se však jako výsledek používá střední měrný tlak ( $p_s$ ). Tento tlak je průměrnou hodnotou měrných tlaků měřených v různých bodech dosedací plochy (NERUDA, 2006).

### 2.2.2 Dosedací plocha (SD)

Dosedací plochou rozumíme otisk kola nebo pásu na podložce. Dosedací plocha kola má variabilní tvar, který je ovlivněn:

- Plochou otisku ( $S_o$ ) což je celkový obrys pneumatiky na podložce,
- Plochou styku ( $S_d$ ) která je menší než plocha otisku, protože je definována jen plochou lišt na běhounu pneumatiky
- Plností běhounů ( $k_m$ ) což je poměr mezi plochou otisku a plochou styku (NERUDA, 2006).

### 2.3 Terramechanika a její poznatky

V zemědělství se u strojů využívá převážně pneumatik s vysokým vzorkem dezénu. Traktorová pneumatika může mít výšku dezénu až 10 cm, což představuje velké riziko pro mělce kořenící rostliny. Uvádí se, že měrný tlak pod lištami dezénu pneumatiky je měrný tlak 3krát až 4krát větší než měrný tlak na ploše otisku mezi lištami. Měrný tlak na podložku se sníží až poté, co se pneumatika zaboří do půdy a půda se tak dostane i mezi lišty dezénu. Vyšší utužení je tak po jednom přejezdu stroje na otisku lišt dezénu. Tento tlak pod lištami dezénu představuje pro kořeny rostlin možnost poškození. Pro snížení tlaku lze využít dva základní způsoby:

- Snížit hmotnost stroje,
- Zvýšit styčnou plochu stroje s podložkou.

Velikost dosedací plochy závisí především na konstrukci pneumatiky, profilu dezénu, tlaku huštění a mechanických vlastnostech podložky – zejména pak vlhkosti.

Měrný tlak se také liší, je-li měřen pro stojící kolo či kolo v pohybu, nebo zda je měřen na tvrdé či měkké podložce. Pro stojící kolo platí, že dosedací plocha má elipsovité tvar a měrný tlak je po celé ploše symetrický. U pohybujícího se kola se měrný tlak posouvá ve směru jízdy vozidla, a to především na tvrdé podložce. K větší asymetrii dochází, je-li podložka měkká. V případě stojícího vozidla hovoříme o statickém tlaku, u kola v pohybu pak hovoříme o tlaku dynamickém.

Při pohybu vozidla v méně únosném terénu dochází v dosedací ploše k plastické deformaci (viz tabulka č. 1).

Tabulka č. 1: Orientační hodnoty měrného tlaku na půdu

Zdroj měrného tlaku	Měrný tlak [kPa]
Lidská noha	50
Kopyto koně	140
Standardní pneu traktoru	100 – 400
Nízkotlaké pneu traktoru	70 – 300
Pásový traktor	30 - 100

Zdroj: NERUDA, SIMANOV (2006)

Hloubka koleje má vliv na jízdní vlastnosti, porušení povrchu, ale také má vliv na rozvoj kořenového systému. Deformace zeminy potřebuje určitý čas, to znamená, že při vyšší pojezdové rychlosti dochází k nižší deformaci.

Váhu stroje na podložku přenáší především stlačený vzduch v pneumatikách, samotná kostra pneumatiky přenáší jen malou část váhy stroje. Pro eliminaci nadměrného tlaku by bylo ideální, kdyby tlak vzduchu v pneumatikách byl stejný jako vznikající tlak na podložku. To nedovoluje především materiál na výrobu pneumatik, který není dostatečně pružný, a proto je konečný tlak na podložku mnohdy až 2 krát vyšší než tlak vzduchu v pneumatikách.

Stroje, které se dnes používají, nejen v zemědělství, mají z pravidla měrný tlak v pneumatikách 100 – 280 kPa, avšak ideální hodnotou tlaku na dosedací plochu by mělo být pouze 50 – 80 kPa.

Utžení půdy je závislé nejen na hmotnosti stroje a konstrukci jeho podvozku, ale také na únosnosti podložky (viz tabulka č. 2).

Tabulka č. 2: Orientační hodnoty únosnosti půd

Druh půdy	Únosnost podložky [kPa]
Rašelina, trvale zamokřená půda	20 - 50
Hlinitopísčité, štěrkovité půdy	100 mokrá, 400 suchá
Půdy s převahou kameniva	350 – 600

Zdroj: NERUDA, SIMANOV (2006)

Hranice mezi únosnou a neúnosnou podložkou je pouze 50 kPa. V podmínkách s nízkou únosností je potřeba vyčkat na zlepšení podmínek, nebo stroj vhodně upravit. Úpravou se rozumí například nízkotlaké pneumatiky, dvoumontáže, pásy apod. (NERUDA, 2006).

## 2.4 Agrotechnické metody pro snížení tlaku na půdu

Zabránit utužení půdy patří v České republice k základním otázkám moderního zemědělství. V rámci republiky je až 45% zemědělské půdy ohroženo nadměrným utužením z čehož přibližně 15% je utuženo přirozeně v důsledku vlastností těžkých půd. Utužení půdy můžeme rozdělit na utužení přirozené, které vzniká přirozenými procesy v půdě během roku. Nepřirozené utužení pak vzniká při přejezdech mechanizace po pozemcích.

Nepřirozenému utužení také napomáhá fakt, že půda je často zpracovávána i při nevhodné vlhkosti (ŠARAPATKA, 2008).

### 2.4.1 Utužení půdy a jeho důsledky

Na silně utužené půdě klesá propustnost povrchu, což má za následek vodní erozi. Důsledkem toho je v utužené půdě méně vody, živin a vzduchu, což má velký vliv pro růst rostlin a schopnost rostlin prokořenit půdní horizont. Na prokořenění má také špatný vliv podorniční vrstva, kterou kořeny mnohdy ani nemohou proniknout. Protože je v půdě nedostatek vzduchu, zaniká i půdní edafon, hlízkové bakterie a dochází také k denitrifikaci. Důsledkem všeho dochází k výraznému snížení výnosu, nárůstu spotřeby pohonných hmot při zpracování utužené půdy.

Negativnímu utužení však můžeme předejít nebo jej napravit vápněním a organickým hnojením. Nemusíme však používat pouze statková hnojiva. Mnohdy jsou dostupnější meziploidy a pícniny, které lze zaorat, případně zapravit hlubokým kypřením. Pokud provedeme hluboké kypření, je lépe do takto připravené země vyset také plodiny, které hluboko koření. Cílem by mělo být mělce půdu obracet za to však hluboce kypřit. Vhodné je také snížit počet pracovních operací a jednotlivé zásahy pokud možno spojovat. Je-li to možné, je vhodnější při vícenásobných přejezdech pozemku využít již vyjeté koleje, které se při dalším přejezdu již tolik neutuží (ŠARAPATKA, 2008).

#### **2.4.2 Půdoochranné zpracování půdy**

Půdoochranné zpracování v zemědělství zahrnuje také minimalizaci při zpracování půdy. Samotná minimalizace má velký vliv na utužení půdy. Cílem minimalizace při půdoochranném zpracování půdy je snížení počtu přejezdů po pozemku. Při tomto způsobu zpracování půdy je možné snížit počet přejezdů až o 50 % než při zpracování tradičním.

Uplatňování minimalizačních technologií v zemědělství však není motivováno jen utužením půdy, ale také s tím souvisejících nákladů na pohonné hmoty a ztrátou objemu výnosu pěstovaných plodin. Přesto však mají minimalizační technologie jistá omezení, díky kterým je nelze uplatnit ve všech oblastech a je tak často nutné minimalizační postupy doplnit i o prvky tradičního zemědělství. Jedná se o oblasti s trvale zamokřenou půdou, s půdou, která vyžaduje silné organické hnojení či úpravu pH a nebo pozemky silně zaplevelené a v neposlední řadě také pozemky nadměrně utužené.

Se zaváděním půdoochranných prvků do zemědělství souvisí také mechanizační vybavenost zemědělských podniků. Mechanizační práce je nutné provádět tak, aby nedocházelo k vytváření hlubších nerovností terénu, což by mohlo být překážkou pro kvalitní založení porostu. Je třeba zabránit tvorbě hlubokých kolejových stop při pojezdech těžkou mechanizací. Je důležité volit správné termíny vstupů mechanizace na pozemek a volit termíny těchto vstupů s ohledem na stav půdy. Dbát na snížení pojezdů mechanizace po pozemcích.

Mezi minimalizační technologie řadíme především mělké kypření půdy, setí plodin do nezpracované půdy s rostlinnými zbytky, setí plodin tzv.

do vymrzajících plodin a samozřejmě systémy sloužící k redukci pojezdů strojů po pozemku (Global Positioning System - GPS, Controlled Traffic Farming - CTF), (KUMHÁLA, 2013).

### 2.4.3 Podrývání

Přejezdy pozemků, při nichž dochází k nadměrnému utužení půdy, mohou negativně ovlivnit zpracování půdy a následné setí. K největšímu zhutnění dochází při sklizni, kde je zhutnění zapříčiněno sklizňovou technikou ale především technikou dopravní, která se po pozemku pohybuje. Díky dopravní technice se utužení mnohdy dostává do kritických hodnot. Tomuto nežádoucímu utužení lze předcházet vhodnou organizací pohybu strojů po pozemku, ale je možné nežádoucí zhutnění řešit hlubokým zpracováním půdy – podrýváním (HŮLA, 2001).

Hluboké kypření se dnes stává stále populárnějším trendem v oblasti zpracování půdy z několika důvodů. Jeden z hlavních důvodů je úspora času a financí. Jako další důvod lze považovat také ochranu před vodní erozí a udržení vláh. Zemědělci, kteří využívají minimalizační technologie, se často setkávají s problémem nadměrného utužení půdy, půdní i vodní erozí. Problém s utužením však mají i zemědělci, kteří i nadále využívají při zpracování půdy orbu, při které dochází k nadměrnému utužení v oblasti podorničí.

Pokud se již s problémem utužení zemědělec potýká, je vhodné zjistit, zda je utužení problém celého pozemku nebo jen některých jeho více zatížených částí. To lze poznat již ze stavu rostlin nebo je možné využít půdní sondy či obyčejného rýče. V současné době navíc není pěstováno mnoho plodin, které by nám tento problém pomohly řešit tím, že spouštějí kořeny i do hlubších vrstev – vojtěška.

Lze tedy zvolit dva způsoby pro řešení utužení půdy:

- Kombinované kypřiče,
- Dlátové kypřiče.

Kombinované kypřiče půdu nejdříve mělce zpracují a následně dláta prokypří půdu do požadované hloubky (nejčastěji 20 až 30 cm). Tyto stroje jsou různě konstrukčně řešené a jejich výběr by měl být ovlivněn především požadovaným způsobem využití stroje. Je nutné určit, zda bude stroj zpracovávat velké plochy nebo jen oblasti pozemků, kde dochází k největšímu utužení a zda bude možné zapravit



i větší množství hnoje či organických zbytků. Je vhodné také stroj v daných podmínkách vyzkoušet, a to za různých povětrnostních podmínek a na různých typech půdy.

Dlátové kypřiče jsou dnes na vzestupu a jejich oblíbenost stoupá. Dlátové kypřiče – podrýváky, jsou tvořeny slupicemi, na které lze umístit různé typy dlát. Tato dláta mívají také boční křídla, která slouží k eliminaci tvorby hrud při zpracování. Kombinace slupice a dláta vytváří tři úhly, které půdu zpracovávají. Ve spodní části je dlátem rozrušena tzv. plužní pánev. Půda z této vrstvy by měla být vynášena na povrch. K promíchání hnoje a organických zbytků s půdou slouží druhý úhel. Třetí úhel má za cíl koncové zaklopení. Za slupicemi s dlátý následuje obvykle další pracovní nářadí, které rozdrobí případné hroudy a urovná povrch. Většinou se jedná o válce s hroty či řadu disků. Za toto nářadí je možno zařadit také pěch, který značně omezí odpar vody z půdy. Velkou předností podrýváků je variabilita v nastavení hloubky zpracování, která může být až 60 cm a lze tak tyto stroje využít ke zpracování půdy po hnojištích či stožích. Velkou výhodou je také omezení odtoku vody ze svažitých pozemků, kde je půda tímto strojem zpracována po vrstevnici. (PULKRÁBEK, KOUKOLÍČEK, 2015)

#### **2.4.4 Technologie řízených přejezdů strojů po pozemcích**

Technologie řízených přejezdů spadá do kategorie precizního zemědělství, které krom jiného dbá také na snížení utužení půdy. Jako hlavní nástroj precizního zemědělství a řízených přejezdů lze označit GPS navigaci. Využívání těchto zařízení přináší řadu výhod, které se týkají především minimalizace chyb při práci na polích. Mimo to může zařízení GPS sloužit jako sběrnice dat o provozu strojů. Tato data mohou být následně uplatněna právě v půdoochranných technologiích a opatřeních. Mezi výhody využití GPS navigací pro zemědělskou techniku patří:

- Snížená zátěž řidiče,
- Snížení nákladů (snížení překryvů a vynechávek),
- Zvýšení provozní rychlosti,
- Možnost pracovat v noci nebo za snížené viditelnosti,
- Zkrácení nepracovního času při otáčení soupravy,
- Menší dopad na životní prostředí (snížení přejezdů stroje, utužení půdy, eroze, atd.).

Systém GPS lze propojit také s jinými nástroji precizního zemědělství, jako jsou například výnosové mapy. Na těchto mapách je možné zjistit nejen plochy, kde byl při sklizni nižší výnos, ale zároveň lze podle výnosu vytipovat místa vhodná pro intenzivnější zpracování, jako je například podryvání pomocí dlátových nebo kombinovaných kypřičů.

V poslední době se začíná více využívat jako opatření proti nadměrnému utužení a erozi také hospodaření na pozemcích pomocí stálých kolejových rádků. V praxi se jedná o tzv. CTF systém (Controlled Traffic Farming). V rámci využitelnosti tohoto systému byl proveden pokus na ploše 1 ha pozemku, který měl ukázat jaké je pokrytí pozemku kolejemi strojů při různých způsobech zpracování. Konkrétně se jednalo o tradiční orebné zpracování, minimalizační zpracování a zpracování při využití CTF. Toto měření, které bylo časově velmi náročné, přineslo zajímavé výsledky (viz tabulka č. 3).

Tabulka č. 3: Výsledky pokusu porovnání způsobů zpracování půdy

Zvolená technologie	Pokrytí pozemku kolejemi [%]
Orební technologie	86,1
Minimalizační technologie	63,8
Technologie CTF	31

Zdroj: <http://zemedelec.cz/gps-navigace-a-udrzitelne-zemedelstvi/> „staženo dne: 7. 2. 2017“.

Největší přínos systém CTF dosahuje, je-li rozchod kol sklízeců stejný jako rozchod kol ostatních strojů (tzv. ComTrac). V praxi však není možné zmenšit rozchod kol sklízeců, a navýšení rozchodu kol například traktorů (viz obrázek č. 1) je technicky poměrně náročné a mnohdy nevhodné, pokud by měl být traktor využit jinak. Naštěstí je možné systém CTF uplatnit i přes tento drobný problém, protože sklízec často představují jedinou výjimku v porovnání s traktory a jinými stroji (<http://zemedelec.cz/gps-navigace-a-udrzitelne-zemedelstvi/> „staženo dne: 7. 2. 2017“).



Obrázek č. 1: Traktor s upraveným rozchodem kol pro CTF, zdroj: <http://mechanizaceweb.cz/ctf-zkusenosti-z-domova-i-zahranici/> „staženo dne: 7. 2. 2017“

Hlavním přínosem systému CTF je snížení utužení půdy, které však je nejnižší při vzájemném využití s ComTrac. I tak je CTF vhodným systémem pro využívání minimalizační technologie pěstování plodin. Plocha, která díky CTF není dotčena přejezdy je pak vhodná pro setí do nezpracované půdy nebo pro mělké kypření. Ukazuje se, že díky stále se zvyšující přesnosti navigací je možné v režimu CTF využít setí do meziřádků předplodiny. Kromě dobrých výsledků s tímto způsobem pěstování umožňuje tento způsob setí zároveň ponechání vyššího strniště předplodiny.

U nás se přímé setí příliš nevyužívá, ačkoliv právě systém CTF je pro toto setí vhodný. Neutužená půda je totiž přirozeně kyprá, má dobrou strukturu a nemá problém s příjmem vody. Zároveň se však přijatá voda neodpařuje ve velké míře a nedochází k denitrifikaci.

Ačkoliv je CTF v mnoha ohledech přínosem pro minimalizaci je nutné uvést i fakt, že pro zapravení většího množství hnoje či organických zbytků je vhodné zařadit do CTF také orbu. Orba je při minimalizaci také vhodná k potlačení plevelů a škůdců.

Mezi překážky v používání CTF patří nejen obavy z nových technologií, které čeští zemědělci většinou mají, ale především nutnost intenzivnějšího organizování práce, což se nejvíce projeví při sklizni, kdy je nutné, aby i odvozní prostředky využívaly kolejových řádků. V neposlední řadě jde také o finanční náročnost při přestavbě strojů na stejný rozchod kol. Avšak jak je již zmíněno výše je možné CTF využívat i při rozdílném rozchodu kol u sklízecí techniky (OutTrac) (<http://mechanizaceweb.cz/ctf-zkusenosti-z-domova-i-zahranici/> „staženo dne: 7. 2. 2017“).

## **2.5 Technické metody snižování tlaku na půdu**

Zda pořídit kolový či pásový traktor je otázka, se kterou se potýkají snad všechny zemědělské podniky, které se rozhodnou investovat do nové techniky. Kritérií, která vedou ke konečnému rozhodnutí je mnoho od pořizovací ceny stroje až po řešení problému utužení. Hlavní rozdíl mezi kolovým a pásovým traktorem je především rozdíl v tahových vlastnostech, které se však projevují i na utužení půdy (ČUPERA, FAJMAN, 2015)

## 2.5.1 Dotížení stroje

Nejjednodušším způsobem, jak zvýšit šetrnost traktoru k půdě je jeho správné dotížení. Základním limitem správného dotížení stroje by měla být jeho maximální povolená hmotnost, v praxi se však setkáme i s přetěžováním traktorů. Nutno však podotknout že traktory jsou mnohdy konstruovány se značnou rezervou, a tak i malé přetížení není problém. Pro každou skupinu traktorů je doporučen jiný poměr dotížení mezi nápravami.

Kolové traktory lze rozdělit podle provedení do tří základních skupin:

- Traktory s pohonem zadní nápravy (2k4)
- Traktory s asistovaným pohonem přední nápravy (4k4)
- Kloubové traktory, systémové nosiče – kola stejně velká (4k4)

V případě skupiny 2k4 je dotížení důležité nejen pro rovnoměrné rozložení hmotnosti stroje na podložku všemi čtyřmi koly, ale také z důvodu bezpečné jízdy, kdy je důležitý neustálý kontakt řídicích předních kol s podložkou. Proto se uvádí dotěžovací poměr 20:80 tedy 20 % hmotnosti na přední nápravu a 80 % hmotnosti na nápravu zadní. Pro skupinu 4k4 s asistovaným pohonem přední nápravy platí poměr 40 až 45 % hmotnosti na přední nápravu a 55 až 60 % hmotnosti na zadní nápravu. Pro poslední skupinu, tedy skupinu kloubových traktorů a systémových nosičů 4k4 platí obrácený poměr než pro skupinu 4k4 s asistovaným pohonem, tedy 55 až 60 % přední nápravu a 40 až 45 % na zadní nápravu. Při jízdě se však poměr mezi koly vyrovná na poměr 50 : 50. To proto, že při jízdě dochází v důsledku přenosu síly na podložku k odlehčování přední nápravy a toto odlehčení zároveň přenáší část zatížení na nápravu zadní.

Pro určení hmotnosti použité pro dotížení traktoru se řídíme pravidlem, že čím vyšší je výkon přenášený na podložku a čím nižší je pojezdová rychlost stroje, tím větší je potřebné dotížení traktoru (viz tabulka č. 4).

Při výpočtu dotížení traktoru podle výkonu je také důležité počítat se ztrátou výkonu o 10 až 15 % (<http://mechanizaceweb.cz/jak-ekonomicky-jezdit-s-traktory/> „staženo dne: 7. 2. 2017“).

Tabulka č. 4: Orientační hodnoty dotížení traktoru

Rychlost stroje [km.h <sup>-1</sup> ]	Dotížení stroje [kg.kW <sup>-1</sup> ]
> 9	67
Mezi 6 až 9	73
< 6	79

Zdroj: <http://mechanizaceweb.cz/jak-ekonomicky-jezdit-s-traktory/> „staženo dne: 7. 2. 2017“

Rozhodující vliv na utužení půdy má vhodná volba pojezdového ústrojí strojů pohybujících se po pozemcích. Konkrétně jde o velikost, zatížení a kontaktní plochu pojezdového ústrojí s podložkou. Teoreticky i prakticky se prokázalo, že utužování lze předejít používáním vhodných typů pneumatik a jejich správného huštění tak, aby na půdu byl vyvíjen měrný tlak nižší než 300 kPa, ideálně pak pouze 100 kPa. Tlak v pneumatikách nejvíce ovlivňuje stav půdy v orniční vrstvě, její zatížení pak stav ve vrstvě podorniční. Na utužení má také velký vliv konstrukce pneumatiky použité na stroji:

- Radiální,
- Diagonální,
- Flotační.

Z hlediska ochrany půdy je tedy vhodné rozdělovat stroje dle typu pneumatik a celé konstrukce pojezdového ústrojí na stroje sloužící pro dopravu a stroje pro práci na polích. Lze tedy doporučit vybavení sklizňové a aplikační techniky dvojmontážemi a flotačními pneumatikami. Pro techniku sloužící v dopravě jsou naopak vhodnější pneumatiky nízkoprofilové radiální. Zásadní vliv má pak samotná organizace dopravy, kdy dopravní technika nebude na pozemky, s výjimkou souvratí, vjíždět. Bude se využívat překládky materiálu na okraji pole, čímž odpadnou paralelní jízdy techniky po pozemku (<http://mechanizaceweb.cz/doprava-a-puda-v-zemedelstvi/> „staženo dne: 7. 2. 2017“).

## 2.5.2 Regulace tlaku v pneumatikách

Pro efektivnější využití strojů v zemědělském podniku lze také využít systém dohušťování pneumatik, který umožňuje změnu tlaku v pneumatikách při provozu stroje. To následně umožní nasazení stroje jak v dopravě, tak v polních podmínkách. V polních podmínkách dojde ke snížení tlaku v pneumatikách, čímž se zvýší kontaktní plocha, tahová síla a zmenší se prokluz a tím i ztráta výkonu. Na silnici naopak tento systém pneumatiky dohustí na maximální možný tlak, aby se snížil valivý odpor, čímž se sníží i opotřebení pneumatiky a také spotřeba pohonných hmot.

Systém dohušťování pneumatik lze využít u každého zemědělského stroje a je možné stroj tímto systémem dovybavit i dodatečně a dnes je možné setkat se i s výrobcí, kteří tento systém nabízejí jako součást výbavy stroje. Je také možné vybavit regulací tlaku v pneumatikách i tažené zařízení.

Náklady na dovybavení traktoru a ostatních strojů přídatnými kompresory a ostatními komponenty, které umožní regulaci tlaku v pneumatikách, mohou dosáhnout i několika stovek tisíc korun. Naproti tomu je však snižena spotřeba paliva, vyšší komfort při jízdě, více výkonu a tahové síly, větší výnos plodin díky méně utužené půdě a také delší životnost pneumatik, která průměrně stoupne z 3500 motohodin až na 5000 motohodin. Pokud by bylo dostačující regulovat tlak v klidu stroje, často by stačil kompresor vzduchotlakové soustavy traktoru. Pokud však chceme tlak měnit rychleji, je nutné stroje dovybavit přídatnými kompresory. V praxi se jedná až o objem 1500 litrů vzduchu, pokud chceme změnit tlak v přední pneumatice traktoru z tlaku 80 kPa na 140 kPa. V případě velkoobjemových pneumatik a vícenápravových podvozků je objem vzduchu daleko vyšší. Používají se systémy jedno a dvou okruhové, kdy u dvouokruhových systémů je přívod vzduchu beztlakově zapojen pomocí druhého vedení, což šetří těsnění a zabraňuje také úniku vzduchu, pokud je přívod vzduchu poškozen (<http://zemedelec.cz/prinos-zmeny-tlaku-v-pneumatikach/> „staženo dne: 7. 2. 2017“).

Systém regulace tlaku také donutil výrobce pneumatik k inovaci jejich výrobků právě v oblasti rychlosti regulace tlaku v pneumatikách. Firma Mitas, která je členem koncernu Trelleborg, představila pneumatiku s označením AirCell (viz obrázek č. 2).





Obrázek č. 2: Pneumatika s vnitřní duší Mitas AirCell, zdroj:

<http://mechanizaceweb.cz/proud-inovaci-v-oblasti-pneumatik/> „staženo dne:

7. 2. 2017“

Tuto pneumatiku tvoří klasická pneumatika a vnitřní duše. Vnitřní duše však slouží pro zmenšení vnitřního prostoru pneumatiky a je huštěna na hodnotu 800 kPa. Tím je docíleno tlaku ve zbylém prostoru pneumatiky v rozmezí od 80 do 180 kPa, což zrychlilo regulaci tlaku. Tato pneumatika byla vyvíjena pro systém regulace tlaku VarioGrip (viz obrázek č. 3) firmy Fendt (<http://mechanizaceweb.cz/proud-inovaci-v-oblasti-pneumatik/> „staženo dne: 7. 2. 2017“).





Obrázek č. 3: Systém regulace tlaku Fendt VarioGrip, zdroj:

<http://www.agromex.cz/clanky/system-variogrip-zajisti-spravny-tlak-v-pneumatikach-33> „staženo dne: 7. 2. 2017“

Další novinkou české firmy Mitas je také pneumatika s označením PneuTrac (viz obrázek č. 4).



Obrázek č. 4: Koncept pneumatiky Mitas PneuTrac, zdroj: <http://www.auto.cz/mitas-pneutracs-dvou-let-vyrobe-video-90488/foto?foto=0> „staženo dne: 7. 2. 2017“

Jedná se o koncept pneumatiky, který má spojovat kladné charakteristiky tradičních pneumatik a pásů. Cílem je vytvořit pneumatiku s větším otiskem a nižším hutnicím tlakem. Podle vývojových pokusů je otisk pneumatiky PneuTrac až o 53 % větší než otisk standardní pneumatiky. Dochází tak zároveň k navýšení tahového výkonu stroje.

### **2.5.3 Překládací vozy**

Překládací vozy se využívají v modelu dělené dopravy, kde sklízecí mlátičky za jízdy vyprazdňují zásobník do ložného prostoru překládacího vozu. Následně je materiál překládacím vozem přeložen do přepravního prostředku stojícího na souvrati nebo poblíž pozemku na cestě. Překládací vozy jsou vybaveny flotačními pneumatikami s vhodným hutnicím tlakem, čímž je sníženo riziko negativního utužení půdy. Odvozní prostředky oproti překládacím vozům jsou uzpůsobeny k použití na pozemních komunikacích – vyšší tlak v pneumatikách. Další výhodou je také to, že překládací vozy umožní v zemědělském podniku nadále využívat nákladní automobily, které mohou mít s pohybem na polích problém, a navíc působí nadměrné utužení. Zároveň se však nákladní automobily pohybují po pozemních komunikacích rychleji než některé traktorové soupravy, a i na množství odvezeného materiálu dosahují nižší spotřeby paliva. Dochází tak k zefektivnění dopravy zemědělských komodit. Na polních pozemcích je při použití taženého překládacího vozu možno také využít pásového traktoru. Někteří výrobci také nabízejí překládací vozy s pásovými podvozky, nebo podvozky kolovými s možností regulace tlaku. Překládací vozy mohou být řešeny třemi základními konstrukčními způsoby:

- Nastavby pro samojízdné systémové nosiče nebo výměnný systém,
- Úprava návěsu použitím překládacího šneku do zadního čela,
- Klasický překládací vůz.

Nastavby pro systémové nosiče se v České republice nepoužívají, a i jinde je jejich použití minimální vzhledem ke zbytečně velkému výkonu samotného nosiče. Ten je lépe v období žni využit pro aplikaci například kejdy se současným zapravením. K většímu využití dochází při použití nastavby na výměnném systému, kde je tato překládací nastavba zaměňována například s cisternou nebo rozmetadlem statkových hnojiv. Úprava zadního čela návěsu je finančně nejdostupnějším řešením, avšak je obtížné kontrolovat prostor vysypání z místa řidiče, protože se toto místo nachází až

na konci soupravy. Úprava se však často používá pro doplňování secích strojů a rozmetadel průmyslových hnojiv. Další nevýhodou této úpravy je skutečnost, že je nutné upravený návěs sklápět, pokud není vybaven výtlačným čelem. To může na nerovném pozemku vést k převrácení návěsu.

Jednouúčelové překládací vozy jsou prakticky bezproblémové. Nehrozí převrácení v důsledku sklápění, mají nízko položené těžiště, dosahují velkého výkonu překládání, ale jsou nákladnější na zařízení. Jednouúčelové překládací vozy však nemusí být využívány pouze při sklizni obilovin, je možné je také využít při zásobování secích strojů a rozmetadel průmyslových hnojiv. Mohou sloužit k překládání skladovaného obilí do vagónů nebo do kamionů. V případě potřeby mohou některé typy překládacích vozů sloužit jako dopravní technika při přepravě zrnin do výkupu a podobně.

Jednouúčelové překládací vozy se skvěle uplatňují při metodě CTF, kde často bývají dovybaveny bočním dopravníkem (viz obrázek č. 5), který slouží jako mezičlánek mezi mlátičkou a ložnou plochou překládacího vozu. Tento mezičlánek kompenzuje malý dosah výložníku sklízecí mlátičky (<http://zemedelec.cz/moderni-reseni-dopravy-zrnin-ve-znich/> „staženo dne: 7. 2. 2017“).



Obrázek č. 5: Speciální překládací vůz s bočním dopravníkem, zdroj:

<http://www.siemenssays.com/wp-content/uploads/2016/07/Elmers-welding-Czech-Cart-.jpg> „staženo dne: 7. 2. 2017“

Překládací vůz tak v praxi zajišťuje dvě funkce:

- Funguje jako článek systému diferenciované dopravy, která je součástí opatření na minimalizaci utužení půdy,
- Stává se článkem sklizně, který zefektivňuje práci sklízecích mlátiček.

V České republice funguje stále více překládacích vozů různých provedení a značek. Převážná část těchto vozů funguje v rámci podniků nabízejících zemědělské služby (<http://mechanizaceweb.cz/prekladaci-vozy-pri-sklizni-obili/> „staženo dne: 7. 2. 2017“).

S možností překládání materiálu se začíná experimentovat i při sklizni siláže či senáže. Zvláště pak při sklizni silážní kukuřice by se překládání mohlo vyplatit vzhledem k často zhoršeným vlhkostním podmínkám při sklizni. Překládání je možné realizovat speciálními překládacími vozy (viz obrázek č. 6), které se vyprazdňují pomocí posuvného dna a výložníku buď zadní částí, nebo do strany podobně jako překládací vozy na cukrovou řepu. Dalším řešením mohou být také překládací stanice (viz obrázek č. 7), které neplní funkci dopravní, ale pouze překládací.





Obrázek č. 6: Překládací vůz pro siláž a senáž, zdroj: <http://www.crs-marketing.cz/novinky/1603-prekladaci-vuz-na-senaze-annaburger-fieldliner-hts-29.06-pracuje-take-v-dansku> „staženo dne: 7. 2. 2017“



Obrázek č. 7: Překládací stanice, zdroj: <http://www.eurobagging.com/cs/prekladaci-vozy/reloader-h5> „staženo dne: 7. 2. 2017“

Oba výše zmíněné stroje také napomáhají snížení utužení půdy. V případě speciálního překládacího vozu je princip stejný jako u běžného překládacího vozu. V případě překládací stanice je realizováno pouze překládání nikoliv doprava od sklízecí. K dopravě od sklízecí k překládací stanici slouží běžný traktorový návěs, který však může být vybaven pásovým podvozkem či regulací tlaku v pneumatikách,

a navíc může být agregován s pásovým traktorem (<http://www.eurobagging.com/cs/prekladaci-vozy/reloader-h5> „staženo dne: 7. 2. 2017“).

Ve fázi testování je také řešení, které umožňuje využití traktorového návěsu i za zhoršených vlhkostních podmínek při sklizni jak kukuřice, tak i obilovin a zároveň i jiného taženého nářadí jako jsou například rozmetadla statkových hnojiv nebo cisterny. Jedná se o speciální pásový podvozek (viz obrázek č. 8), který slouží jako podval pro návěs.



Obrázek č. 8: Speciální pásový podvozek Annaburger UniCrawler, zdroj: <https://www.topagrar.pl/articles/top-technika/annaburger-sypnal-nowosciami/> „staženo dne: 7. 2. 2017“

Při přepravě je tento podvozek tažen traktorem až na pole, kde je rozložen do pracovní polohy. Šíře podvozku se tedy změní z přepravní šíře 3 metry na pracovní šíři 5,6 metru. Problémem podvozku je malá světlá výška, která by však nemusela činit velkou překážku vzhledem ke styčné ploše pásů podvozku. Výrobce udává, že styčná plocha pásů činí přibližně 4,46 m<sup>2</sup>, zatímco průměrná styčná plocha traktorového návěsu s tandemovým podvozkem činí pouze 0,76 m<sup>2</sup>. Traktor s návěsem tento podvozek přejede, a aniž by byl návěs odpojen, pokračuje celá souprava i s pásovým podvozkem dále na pozemek. Návěs je na podvozkou pouze hydraulicky zabrzděn nebo zabezpečen pomocí bezpečnostních pásů (<http://www.agroportal24h.cz/novinky/209> „staženo dne: 7. 2. 2017“).

### 3. Cíl

Cílem práce je měření a vyhodnocení utužení půdy v konkrétních podmínkách zemědělského podniku v ČR během hospodářského roku a odpovědět na vědecké hypotézy:

1. Má zvolená technologie prokazatelný vliv na snížení utužení půdy?
2. Má tato technologie vliv na zvýšení výnosu pěstovaných plodin?

### 4. Metodika

Předmětem bakalářské práce bude sledování utužení půdy na daném pozemku. Konkrétně se jedná o pozemek společnosti Kooproduct, a.s. Lišov. Tato společnost se zabývá pěstováním zrnin, chovem skotu s tržní produkcí mléka a produkcí masa. Společnost je členem koncernu Zemědělské služby Dynín, a.s.

Pozemek, kde bude sledováno průběžné utužení půdy během roku, se nachází v katastrálním území Lišov. Celková výměra pozemku je 160,64 ha a bude rozdělena do dvou částí. První část pozemku bude zpracována orbou, druhá část pak zpracována podryvákem. Toto rozdělení zde proběhne poprvé, a tak bude pozemek vhodný pro sledování rozdílu utužení právě mezi orbou a podrytím. Samotný výnos plodin se tak vzhledem k nové technologii bude sledovat pouze porovnáním výnosu po sobě pěstovaných plodin. Tento rozdíl se dále porovná s rozdíly mezi těmito plodinami v jiných letech. Konkrétně se bude jednat o ozimý ječmen a triticales. Přehled strojů použitých pro zpracování půdy na výše zmíněném pozemku je uveden v tabulce č. 5.

Tabulka č. 5: Přehled strojů pro zpracování půdy v Kooprojektu Lišov a.s.

<b>Operace</b>	<b>Typ nářadí</b>	<b>Tažný prostředek</b>
<b>Orba</b>	Bednar Terraland TO 6000	Challenger MT865
<b>Podrývání</b>	Kverneland	Deutz Fahr X710
<b>Předset'ová příprava</b>	Bednar Swifter SE 12000	Challenger MT865

Pro měření penetrometrického odporu půdy (zhutnění půdy) bude využit přístroj Eijkelkamp Penetrologger. Hloubka, do které může být přístroj využit, je až 80 cm. Z dřívějších zkušeností je však do této hloubky často problém proniknout, a tak bude pro účely práce využita hloubka pouze 40 cm. Tato nižší hloubka by měla zajistit

vyšší počet využitelných sond. Mimo hlavního měření v Kooproduktu Lišov a.s. bude provedeno také měření na soukromé zemědělské farmě v Krátké Vsi a v podniku zemědělských služeb.



## 5. Vlastní práce

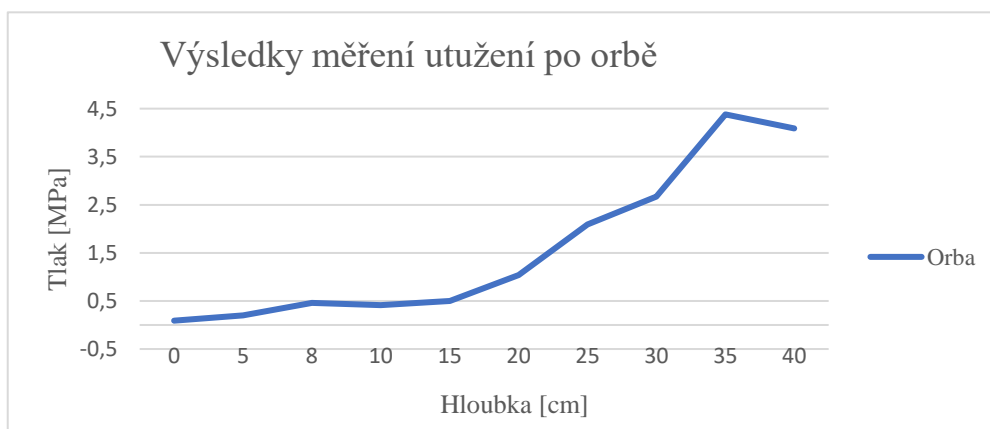
### 5.1 Měření na farmě v Krátké Vsi

Na soukromé zemědělské farmě Ing. Václava Šrámka v Krátké Vsi na Havlíčkobrodsku jsem provedl měření na svažitém pozemku, a to ve chvíli, kdy zde byla provedena jarní orba, a právě probíhala předseťová příprava pomocí neseného smyku. Toto měření jsem prováděl za účelem seznámení se s měřicím přístrojem.

Pozemky na této farmě jsou již více jak dvacet let zpracovávány tradiční metodou bez ohledu na druh pěstované plodiny. V posledních letech tak stále častěji dochází k erozi půdy i na pozemcích, kde dříve pozorována nebyla, nebo na pozemcích, které nejsou na svazích. Výsledky měření utužení po orbě jsou uvedeny v tabulce č. 6 a grafu č. 1.

Tabulka č. 6: Výsledky měření utužení po orbě

Orba – Krátká Ves			
Hloubka [cm]	Počet sond	Tlak [MPa]	Vlhkost [%]
0	10	0,09	10,2
5	10	0,2	
8	10	0,46	
10	10	0,41	
15	10	0,5	
20	10	1,04	
25	10	2,09	
30	8	2,67	
35	8	4,38	
40	8	4,09	

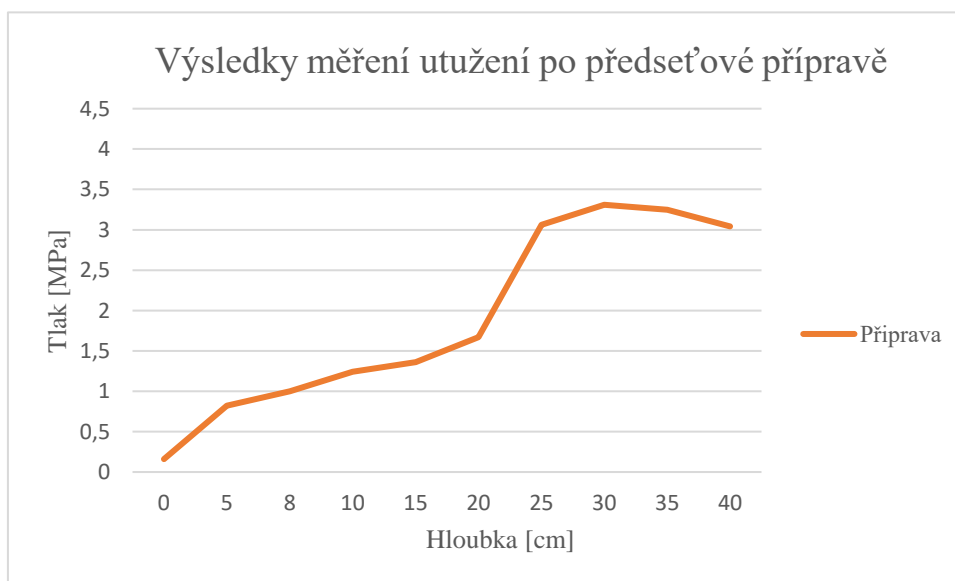


Graf č. 1: Výsledky měření utužení po orbě

Po orbě následovala příprava půdy před setím, ta byla prováděna neseným smykem s hřbovými branami. Takto prováděné přípravě předchází také přihnojení minerálními hnojivy. Vlastní setí pak je prováděno secím strojem s rotačními branami. Výsledky z měření po přípravě půdy jsou uvedeny v tabulce č. 7 a grafu č. 2.

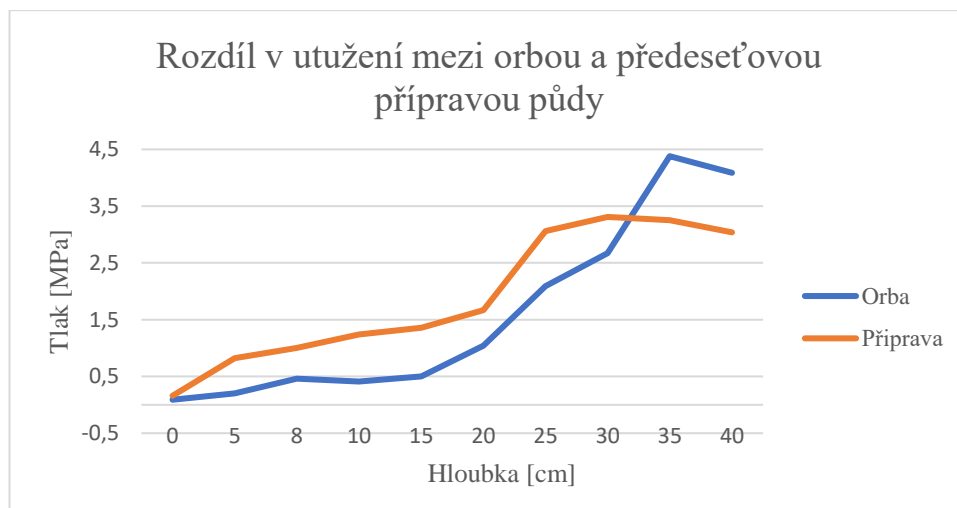
Tabulka č. 7: Výsledky měření utužení po předset'ové přípravě

Příprava – Krátká Ves			
Hloubka [cm]	Počet sond	Tlak [MPa]	Vlhkost [%]
0	10	0,16	13
5	10	0,82	
8	10	1	
10	10	1,24	
15	9	1,36	
20	8	1,67	
25	8	3,06	
30	7	3,31	
35	6	3,25	
40	6	3,04	



Graf č. 2: Výsledky měření utužení po předset'ové přípravě

V grafu č. 3 je porovnání obou pracovních operací.



Graf č. 3: Rozdíl v utužení mezi orbou a předseťovou přípravou půdy

V tabulce č. 8 je průměrná cena služeb zpracování půdy kypřením a podrýváním a také celkový náklad na službu pro výměru farmy v Krátké Vsi. V tabulce č. 9 je pak orientační cena strojů pro zpracování půdy.

Tabulka č. 8: Náklady na služby

Operace	Cena [Kč.ha <sup>-1</sup> ]	Cena na 105 ha [Kč]
<b>Střední orba</b>	1470	154 350
<b>Kypření půdy (hloubkové kypření)</b>	695	72 975
<b>Podrývání</b>	1850	194 250

Zdroj: <http://www.agronormativy.cz>, „staženo dne: 9. 4. 2017“

Tabulka č. 9: Orientační cena strojů na zpracování půdy

Stroj	Orientační cena [Kč]
<b>Pluh oboustranný 6 radlic</b>	570 000 Kč
<b>Radličkový kypřič 3-6 m</b>	480 000 Kč
<b>Dlátový pluh (podrývák) 3 m</b>	280 000 Kč

Zdroj: <http://www.agronormativy.cz>, „staženo dne: 9. 4. 2017“

## 5.2 Měření v podniku Kooprodukt Lišov a.s.

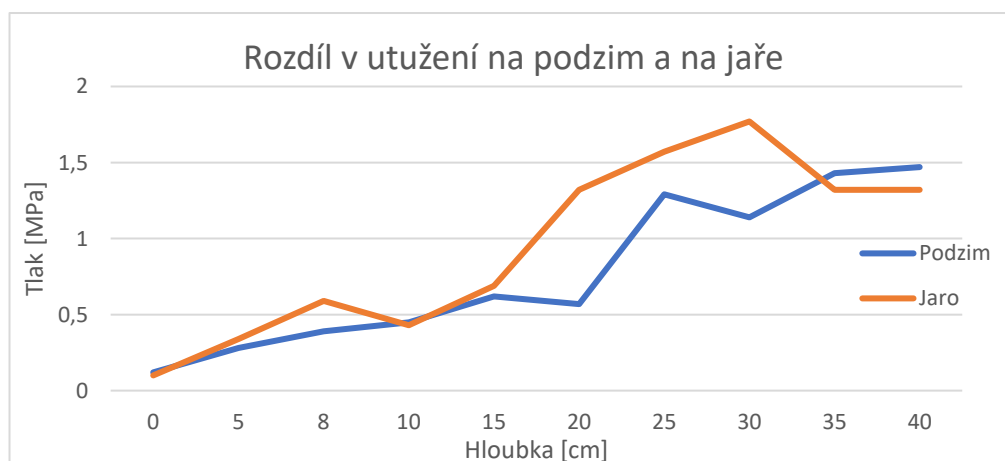
Na pozemku podniku Kooprodukt Lišov a.s. probíhaly dva typy měření. První měření sleduje samovolné utužení půdy. Druhé měření pak sleduje rozdíl v utužení půdy zpracované orbou a podrýváním.

### 5.2.1 Rozdílné utužení půdy v průběhu zimního období

Pro první měření sloužila zoraná část pozemku, kde zůstal nevyužitý pruh ornice o šířce přibližně 1 m a délce 3 m, jednalo se o část místa určeného pro polní hnojiště. Samovolné utužení půdy pak bylo měřeno s odstupem 5 měsíců. Výsledky tohoto měření jsou uvedeny níže v tabulce č. 10.

Tabulka č. 10: Rozdílné utužení půdy v průběhu zimního období

Hloubka [cm]	Podzim			Jaro		
	Počet sond	Tlak [Mpa]	Vlhkost [%]	Počet sond	Tlak [Mpa]	Vlhkost [%]
0	10	0,12	28,1	10	0,1	29
5	10	0,28		10	0,34	
8	10	0,39		10	0,59	
10	10	0,45		10	0,43	
15	10	0,62		10	0,69	
20	9	0,57		10	1,32	
25	9	1,29		7	1,57	
30	8	1,14		5	1,77	
35	7	1,43		4	1,32	
40	6	1,47		4	1,32	
<b>Průměrný rozdíl v utužení [MPa]</b>						
<b>Průměrný rozdíl v utužení do hloubky 0-15 cm [MPa]</b>						<b>0,06</b>
<b>Průměrný rozdíl v utužení do hloubky 20-40 cm [MPa]</b>						<b>0,28</b>



Graf č. 4: Rozdílné utužení půdy v průběhu zimního období

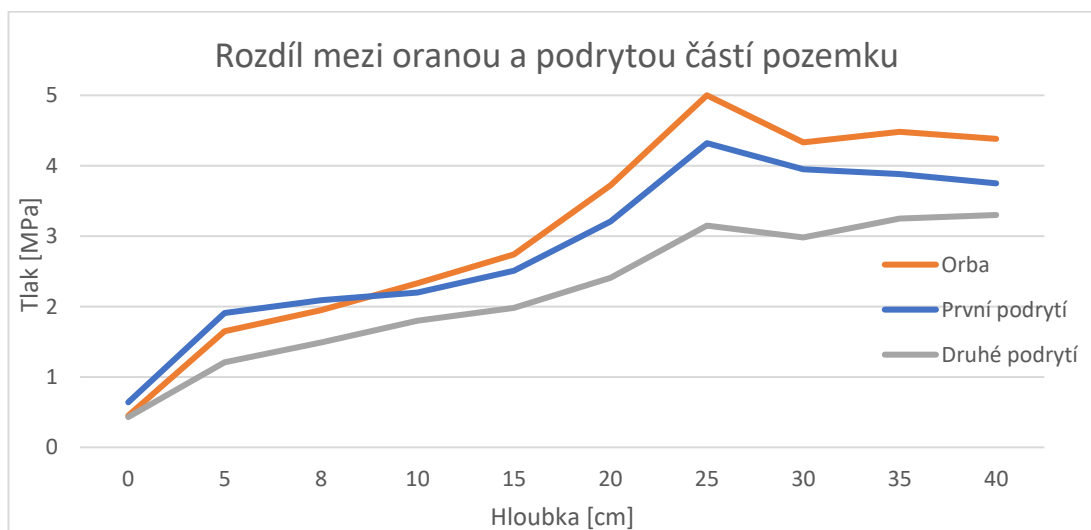
## 5.2.2 Utužení půdy zpracované orbou a podryváním

Druhé měření probíhalo na témže pozemku jako měření první. Tento pozemek byl poprvé podryván, a to pouze na jeho polovině, kdy polovina druhá byla zorána, jako tomu bylo dříve.

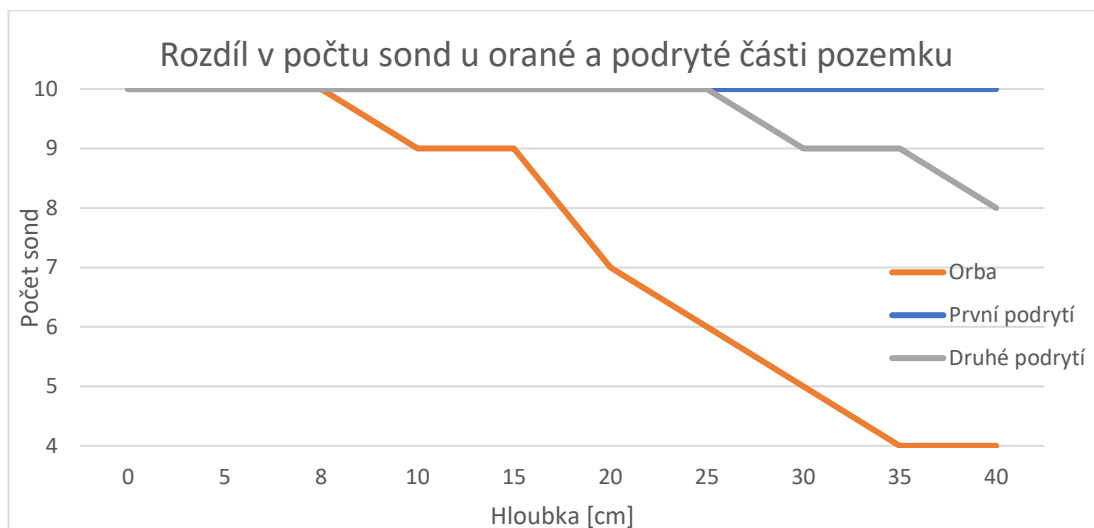
Tabulka č. 11: Rozdíl mezi oranou a podrytou částí

Hloubka [cm]	Orba			První podrytí			Druhé podrytí		
	Počet sond	Tlak [MPa]	Vlhkost [%]	Počet sond	Tlak [MPa]	Vlhkost [%]	Počet sond	Tlak [MPa]	Vlhkost [%]
0	10	0,45	31,6	10	0,64	31,2	10	0,43	29,3
5	10	1,65		10	1,91		10	1,21	
8	10	1,95		10	2,09		10	1,49	
10	9	2,33		10	2,2		10	1,8	
15	9	2,74		10	2,51		10	1,98	
20	7	3,72		10	3,21		10	2,41	
25	6	5		10	4,32		10	3,15	
30	5	4,33		10	3,95		9	2,98	
35	4	4,48		10	3,88		9	3,25	
40	4	4,38		10	3,75		8	3,3	

Výsledky z tabulky č. 11 jsou dále zpracovány v grafu č. 5, díky kterému je možné lépe rozpoznat postupné narušení podorniční vrstvy a rovnoměrnější utužení půdy v půdním profilu



Graf č. 5: Rozdíl mezi oranou a podrytou částí



Graf č. 6: Rozdíl v počtu úspěšných sond

Sledování utužení půdy na výše zmíněném pozemku probíhalo v oblasti o rozloze přibližně 2 ha tohoto pozemku.

Výnos plodin je sledován porovnáním výnosů rozdílných plodin (viz tabulka č. 12). Jedná se o průměrné hodnoty výnosu v rámci celé produkce podniku Kooprodukt Lišov a.s.

Tabulka č. 12: Rozdíl ve výnosu pěstovaných plodin

Rok	Ozimý ječmen [t.ha <sup>-1</sup> ]	Tritikale [t.ha <sup>-1</sup> ]
2014	7,75	6,6
2015	7,9	6,7
2016	8,4	6,6

### 5.3 Měření v podniku služeb Agroslužby 3S s.r.o.

Hlavní činností tohoto podniku služeb je aplikace digestátu, kejdy či močůvky pomocí samohodného aplikátoru Challenger Terragator 3244, součástí linky jsou také soupravy traktorů a přívozních cisteren různých typů. Přibližná hmotnost naplněného aplikátoru a naplněných jednotlivých měřených souprav uvádím v tabulce č. 12.

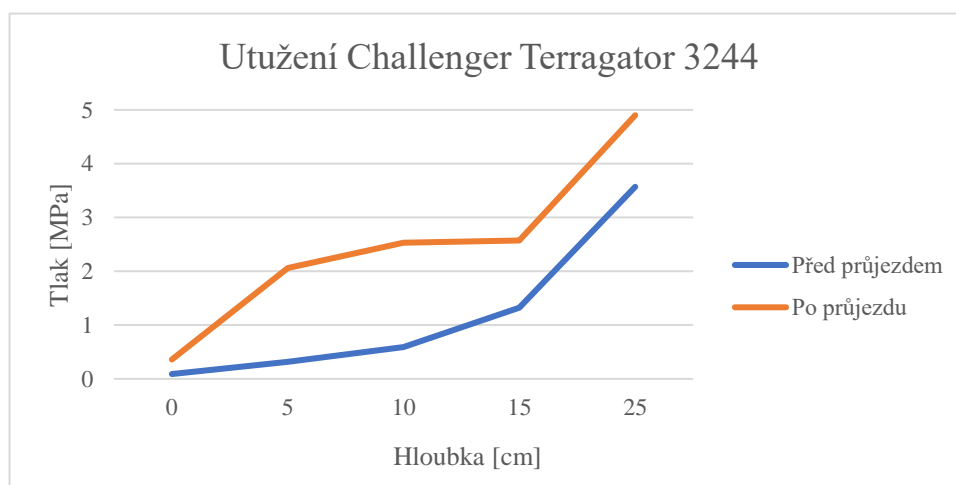
Tabulka č. 13: Orientační hmotnosti strojů v aplikační lince

Stroj/souprava	Hmotnost naplněné soupravy [kg]
Challenger Terragator 3244	42 000
Claas Axion 810, Annaburger HT 24.27 (zemědělské pneumatiky)	37 500
Claas Axion 820, Annaburger HT 24.27 (silniční pneumatiky)	37 500

Tabulka č. 13 je výchozí tabulkou pro graf č. 7 a zahrnuje hodnoty z měření před a po průjezdu plně naloženého samochodného aplikátoru Challenger sledovanou oblastí.

Tabulka č. 14: Utužení půdy samochodným aplikátorem Challenger Terragator

Hloubka [cm]	Tlak před průjezdem [MPa]	Tlak po průjezdu [MPa]
0	0,09	0,36
5	0,32	2,06
10	0,59	2,53
15	1,32	2,57
25	3,57	4,9



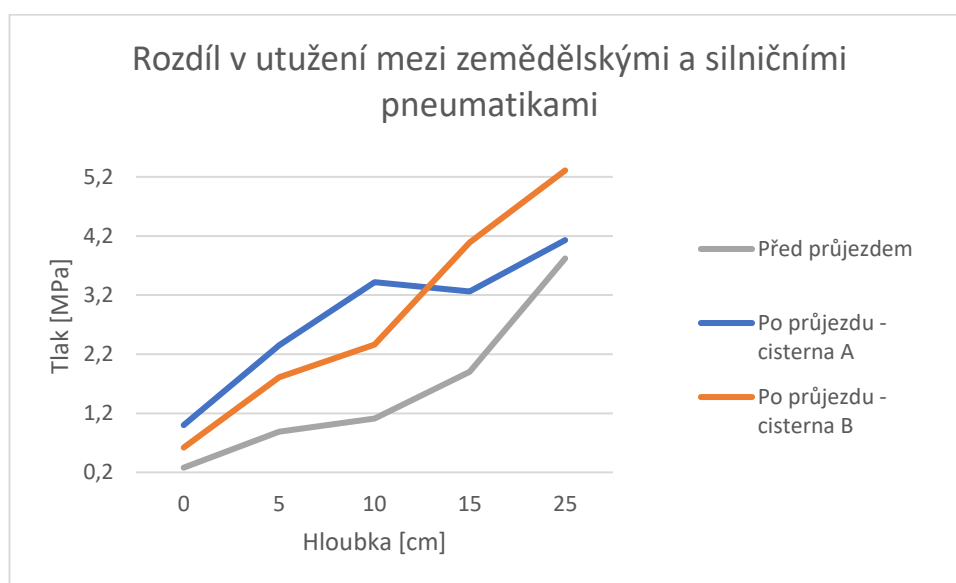
Graf č. 7: Utužení půdy samochodným aplikátorem Challenger Terragator

Další měření sledovalo utužení půdy před a po průjezdu dovozních souprav. Traktory a typ dovozních cisteren byly shodné, avšak jedna z cisteren je vybavena silničními pneumatikami, jaké se využívají na nákladních automobilech. Hodnoty měření jsou v tabulce č. 14 a následně znázorněny v grafu č. 8.

Tabulka č. 15: Rozdíl v utužení mezi zemědělskými a silničními pneumatikami

Hloubka [cm]	Tlak před průjezdem [MPa]	Tlak po průjezdu [MPa]	
		A	B
0	0,28	1	0,62
5	0,89	2,35	1,81
10	1,11	3,42	2,36
15	1,9	3,26	4,09
25	3,82	4,13	5,31

Cisterna A – zemědělské pneumatiky  
Cisterna B – silniční pneumatiky



Graf č. 8: Rozdíl v utužení mezi zemědělskými a silničními pneumatikami



Rozdílnost v typu pneumatik je patrná z obrázku č. 9, kde zadní dvojitá náprava první cisterny zleva (cisterna B) je vybavena silničními pneumatikami o rozměru 445/65 R 22,5 zatímco druhá cisterna (cisterna A) na obrázku má flotační pneumatiky o rozměru 560/65 R 22,5.



Obrázek č. 9: Rozdílné pneumatiky cisteren Annaburger HT 24.27

## 6. Diskuse

Má zvolená technologie prokazatelný vliv na snížení utužení půdy?

**Ano.**

Má tato technologie vliv na zvýšení výnosu pěstovaných plodin?

**Ano.**

Do úvodu diskuse odpovídám na stanovené otázky cíle práce. Z uvedených poznatků, odborných literárních zdrojů a provedených měření mohu konstatovat, že zvolená technologie určitě má pozitivní vliv na utužení půdy.

Na druhou otázku, zda: „Má tato technologie vliv na zvýšení výnosu pěstovaných plodin?“ uvádím, že tato určitě má vliv na výnos pěstovaných plodin. Souhlasné vyjádření je však reálné více v teoretické než praktické rovině. Proto se problematikou více zabývám v diskusi a závěru práce

Tato diskuse navazuje na veškerá provedená měření z 3 různých lokalit a jejich výsledky v různých časových úsecích hospodářského roku. Veškerá hodnocení předkládaná do diskuse jsou zaměřena na utužení půdy vlivem hospodářské činnosti a jejími degradačními faktory jako jsou například využívaná zemědělská technika a využívané technologie zpracování půdy.

### 6.1 Hodnocení výsledků z měření v Krátké Vsi

Z výsledků v tabulce č. 6 je patrné, že orba půdu dostatečně kypří v oblasti, kde je půda radlicí pluhu zpracovávána. Toto kypření dostačuje i pro zasakování většího množství vody, ale zároveň také umožňuje rychlejší odpařování vzlínající vody v suchém období. Stoupající tlak je patrný z uvedené tabulky i grafu č. 1 v hloubce od 15-20 cm. Tento nárůst utužení je zapříčiněn s největší pravděpodobností plazem radlice pluhu, který svým posuvem v brázdě vytváří podorniční desku. Jak však uvádí autor ŠARAPATKA (2008) 15 % zemědělské půdy je zhutněno přirozenými parametry půdy. Zasakující voda není schopná podorniční desku desku proniknout v dostatečné míře, a tak se přebytečná voda rozlévá nad deskou a způsobuje pohyb vrchní vrstvy půdy – erozi. Problémem je také vzlínání vody, a proto se na takto zpracovávaných pozemcích mohou zemědělci setkat s rychlejším vysycháním, nebo nižší vlhkostí v suchém období. Silně utužená podorniční vrstva je problém pro kořenový systém pěstovaných plodin. Rostliny nemohou čerpat živiny z nižších vrstev

a své kořeny rozvíjí do stran po podorniční desce, tím si rostliny více konkurují, což může způsobit nižší výnos v důsledku nedostatečné výživy a nedostatku vody.

Předseťová příprava, jejíž výsledky jsou v tabulce č. 7 a grafu č. 2 půdu značně utužila, a to i ve vrchní vrstvě. Pokud by bylo provedeno přímé setí, mohlo by dojít k tomu, že by rostliny špatně vzcházely. Dá se však předpokládat, že konkrétně na této farmě toto utužení vykompenzovaly rotační brány na secím stroji. Na utužení podorničí samotná příprava zlepšující vliv nemá, a tak problém s nadměrným utužením a tím ztíženým prokořeňováním půdního profilu přetrvává.

Dle porovnání hodnot z tabulek č. 6 a 7 v grafu č. 3 by bylo s ohledem na utužení vhodnější přípravu smykem neprovádět. Přestože podle autora BRANT (2016) nastávají po neprováděné předseťové přípravě problémy s výdolem předplodiny. Následná technologie setí pomocí diskového secího stroje s rotačními branami půdu dostatečně rozdrobí, dostatečně připraví seťové lůžko a zároveň zapraví také minerální hnojivo, je-li před setím aplikováno. Po přípravě půdy smykem se navíc bude rotačními branami snižovat vyšší utužení půdy po smykování. Pokud by bylo setí provedeno do hrubé brázdy, kompenzovaly by rotační brány nižší utužení vzniklé orbou.

Na farmě v Krátké Vsi je pro hnojení používán chlévský hnůj a poslední rok také kompost. Organická hmota v půdě tedy nechybí, a tak jsou minerální hnojiva používána jen pro doplnění stopových prvků. Dále jsou dodržovány agrotechnické termíny a zásady střídání plodin. Jsou pěstovány brambory a kukuřice na siláž, a to na děleném honu s jinou plodinou. To vše jsou prvky, které do značné míry mohou kompenzovat náchylnost k erozi v důsledku utužení podorničí. Pokud by na podobně utuženém pozemku byly pěstovány širokořádkové plodiny, byla by eroze půdy rozsáhlejší a mnohem pravděpodobnější. Vzhledem k celkové výměře orné půdy, která činí 105 ha a výkonu energetických prostředků neuvažuje majitel farmy o pořízení podrývaku nebo radličkového kypřiče, ale zvažuje realizaci těchto operací pomocí služeb. Podle jeho představ by podrývání službou probíhalo každé čtyři roky, a to vždy rok po zaorání hnoje.

## **6.2 Hodnocení výsledků měření v Kooproduktu Lišov a.s.**

Z výsledků měření v tabulce č. 10, které jsou znázorněny v grafu č. 4, jsem usoudil, že vrchní vrstva není díky vyšší přítomné vlhkosti a nižší objemové

hmotnosti tolik náchylná k pohybu a to proto, že obsažená vlhkost (voda) v zimě zamrzá a tím omezuje utužení vrchní vrstvy půdy. Spodní vrstva oproti tomu již tolik vlhkosti neobsahuje. Snížený obsah vody je zapříčiněn podorniční deskou. Vrstva půdy v podorniči je tedy méně náchylná k zamrznání, a i díky většímu počátečnímu utužení a tím vyšší objemové hmotnosti je tak náchylnější k utužení.

Prudký nárůst utužení jak při prvním, tak i při druhém měření je patrný právě v oblasti dna brázdy. V této oblasti se také začíná zvyšovat rozdíl v utužení půdy, jak je patrné z výše uvedeného grafu.

Zemědělci se již stále častěji ztotožňují s názorem, že proti nadměrnému utužení je lépe používat hloubkové kypřiče, nebo dlátové pluhy, a to s ohledem na fakt, že méně utužená půda přijme více vody v kratším čase, než je tomu u půdy utužené.

Podrývání či hloubkové kypření má tak dva hlavní efekty:

- Snižuje utužení půdy a tím zlepšuje příjem vody
- Zlepšuje podmínky pro zakořeňování rostlin a umožňuje tak příjem živin z nižších vrstev

Dle těchto efektů by se dalo říci, že toto zpracování půdy je cestou k vyšším výnosům plodin.

Z měření provedených na pozemcích Kooproduktu Lišov (viz tabulka č. 11) je patrné, že oproti orebné technologii je utužení půdy po podrytí znatelně nižší, a navíc také rovnoměrnější ve větší části sledovaného půdního profilu.

První podrytí v tomto případě mělo okamžitý zlepšující efekt, ale podorniční deska je porušena jen částečně, a i na dále její většina přetrvává. Druhé podrytí stav opět znatelně zlepšilo, a ještě více rovnoměrně rozkládá utužení do půdního profilu.

Z výsledků měření jsem přesvědčen, že i následné podrývání bude stav půdy zlepšovat, a především nadále rozrušovat podorniční desku. Bude tak docházet ke stále lepšímu prokořeňování pěstovaných plodin, nárůstu využití živin také z nižších vrstev půdního profilu, lepšího zásobení rostlin vláhou. To vše by dle mého úsudku mělo vést k drobnému snížení nákladů na hnojení a zároveň k vyšším výnosům při sklizni pěstovaných plodin. V podniku Kooprodukt Lišov a.s. je metoda podrývání využívána druhou sezónu, proto nebylo možné sledovat výnos jedné konkrétní plodiny. Pro potvrzení navýšení výnosu jsem využil rozdíl ve výnosu plodin, které byly na

pozemku pěstovány po sobě. Konkrétně se jednalo o ozimý ječmen a triticales u nichž rozdíl ve výnosu činil 24 %, což ve zmíněném podniku nikdy dříve zaznamenáno nebylo. Dříve rozdíl ve výnosu zmíněných plodin dosahoval hodnot v rozmezí 8 – 11 %. Domnívám se také, že nebude nutné provádět podryvání pozemků každou sezónu a že bude zcela dostačovat připravovat půdu dle agrotechnických požadavků jednotlivých plodin, to by mohlo snížit náklady na plodinu a zrychlit polní práce.

Na měření mě také zaujalo, že i přes ne příliš velký rozdíl v hodnotách utužení je vyšší rozdíl v počtu sond, které pronikly do hloubky 40 cm (viz tabulka č. 12).

### 6.3 Hodnocení výsledků měření v podniku Agroslužby 3S

V tabulce č. 13 a grafu č. 7 jsou hodnoty z měření před a po průjezdu samohodného aplikátoru Challenger Terragator 3244. Je patrné, že utužení je znatelné především ve vrchní vrstvě. Toto vyšší utužení je výhodou především při přihnojování za vegetace, nebo těsně po vzejití plodin (např.: ozimé pšenice), kdy přimáčknutím horní vrstvy dochází k omezení odpařování spodní vody. Zároveň je důležité, že pneumatiky utužují půdu v místě styku, protože se stroj neboří a ani nevytváří hluboké koleje. Stroj tak může bez obtíží pracovat za zvýšené vlhkosti, a to i na svažitých pozemcích.

Další měření bylo zaměřeno na rozdíl v pneumatikách u přívozních cisteren Annaburge HT 24.27, kde jedna z cisteren měla zadní nápravu osazenou silničními pneumatikami, které mají tvrdší konstrukci než pneumatiky zemědělské, a proto utužovaly až spodní vrstvu půdy, jak je patrné z porovnání měření v tabulce č. 14 a grafu č. 8. Rozdíl je především v konstrukci pneumatiky, kdy konstrukce pneumatiky silniční je o poznání tvrdší. Patrné je to především při jízdě po nerovnostech, kde silniční pneumatika nedostatečně pruží, a prázdné cisterně pak poskakují zadní nápravy. Stejná cisterna se zemědělskými pneumatikami pak lépe tlumí rázy. Tlumení rázů je dobré právě u tohoto typu cisterny, kdy zadní náprava je pouze kyvná a nikoliv odpružená.

U cisterny B tak tyto silniční pneumatiky tvrdší konstrukce zapříčiňují boření a náchylnost ke smýkání například při pohybu na vlhkých lučních porostech. Další problém nastal u technického stavu zadní nápravy, kde tvrdá konstrukce silničních pneumatik zapříčinila nedostatečné tlumení rázů, čímž došlo k prasknutí středového čepu nápravy a musela být provedena poměrně nákladná oprava. Naopak výhodou je schopnost vyššího kilometrového nájezdu díky menší styčné ploše s podložkou.

## 7. Závěr

Cílem zadání bakalářské práce, který jsem si stanovil, bylo odpovědět na hypotézy, zda zvolená technologie má prokazatelný vliv na snížení utužení půdy a zda tato technologie současně ovlivňuje zvyšování výnosu pěstovaných plodin. Jak je z práce patrné, měření byla prováděna na pozemcích třech zemědělských podniků, s tím že tato měření sledovala různé faktory, které v praxi mají vliv na utužení půdy.

První hypotézu prokazující vliv na snížení utužení půdy nejvíce dokládá měření penetrometrického odporu půdy v podniku Kooproduct Lišov a. s. Současná technologie zpracování půdy v tomto podniku se díky přístupu nového agronoma, absolventa Jihočeské univerzity, zaměřila právě na problematiku utužení půdy vzniklé zemědělskou činností. Mnou zpracovávaná měření a jejich výsledky, které jsou v práci uvedeny, byly provedeny na pozemku s rozděleným přístupem ke zpracování půdy. Výsledky je proto možné považovat za objektivní, což mě opravňuje k tomu činit z nich také ověřené závěry. Lze tedy konstatovat, že zvolená technologie má vliv na snížení utužení půdy, jak je patrné z grafu č. 5 a to konkrétně v oblastní podorniční vrstvy, která je zvolenou technologií podrývání rozrušována. Současně s tím je také vyrovnáván tlak v sledovaném půdním profilu. Tato změna technologie má pozitivní vliv na schopnost půdy přijímat větší množství vody ze srážek a tím je také omezena eroze půdy. Uvedené závěry lze podpořit také tím, že vývoj techniky a technologií, které poměrně podrobně uvádím v literárním přehledu práce, se stále více orientují na řešení problému utužení půdy a eroze. Uvedení autoři: ŠARAPATKA (2008), KUMHÁLA (2013) od těchto nově zaváděných technologií očekávají zlepšení situace utužení s přínosem v oblasti výnosů pěstovaných plodin.

Další měření prováděné na zemědělské farmě v Krátké Vsi se opět zabývalo utužením půdy, tentokrát však o utužení při předseťové přípravě, kdy pozemek je každoročně zpracováván tradičními metodami. Tato spočívá v každoročním provádění podzimní, nebo jarní orby, po které nejčastěji následuje předseťová příprava půdy a setí. Z naměřených hodnot a výsledku (viz graf č. 3) vyplývá, že předseťová příprava, k níž bylo využito smyku s hřbovými branami, nemá pozitivní dopad na utužení půdy po orbě, ale právě naopak utužení zvyšuje. Majitel farmy si je tohoto negativního efektu vědom, a však smykování neprovádí za účelem snížení utužení, ale pro omezení odparu vzlínající spodní vody a udržení vláhly v půdě. Obavy ze

zvyšující se eroze částečně eliminuje sice tradiční, ale pečlivý přístup k dodržování agrotechnických zásad a postupů, které udržují alespoň horní vrstvu půdního profilu v nepříliš utuženém stavu dostačujícím pro pěstování plodin.

V uvedené souvislosti je třeba zmínit změny v přístupu větších zemědělských podniků, které od tradičních metod ustoupily a vzniklé problémy s utužením půdy řeší například podrýváním nebo hloubkovým kypřením.

Cílem posledního měření bylo zjištění rozdílu v utužení půdy mezi zemědělskými a silničními pneumatikami na přívozních cisternách podniku zemědělských služeb Agroslužby 3S s.r.o. Výsledky znázorněné v grafu č. 8 potvrdily vliv volby pneumatik na utužení půdy. V praxi to znamená učinit správnou volbu pneumatik s ohledem na účel využití techniky. V podniku služeb jako je tento, mají silniční pneumatiky opodstatnění vzhledem k častému pohybu techniky po veřejných komunikacích, avšak jak je patrné z výše uvedeného grafu, jsou zcela nevhodné pro polní podmínky. Oproti zemědělským pneumatikám silniční pneumatiky působí vyšší utužení půdy ve spodní vrstvě půdního profilu, čímž vznikají hluboké koleje, a navíc často zapříčiní zapadnutí techniky.

K otázce vlivu technologie na zvýšení výnosu pěstovaných plodin dle jednotlivých zjištění v podnicích nelze učinit jednoznačný závěr. Jako důvod uvádím potřebu sledování a měření ve víceletém období s ohledem na množství faktorů ovlivňujících výnosy plodin. Patří mezi ně například roční úhrn srážek, typ půdy, hnojení a každoroční rozdíl v těchto faktorech. Nic méně v některých částech práce předpokládám možnost pozitivního dopadu technologie na výnos plodin. Je to proto, že nově volené technologie reagují na problém eroze půdy zapříčiněné nejčastěji podorniční deskou. Rozrušováním podorniční desky je také zlepšována prostupnost půdního profilu pro kořenový systém pěstovaných plodin což by mohlo mít pozitivní dopad na ovlivnění výnosu.

Přes veškeré snahy vývojářů v oblasti techniky a technologií je možno pozitivního cíle dosáhnout pouze v součinnosti s lidským faktorem, který půdoochranné technologie v zemědělské prvovýrobě každého podniku provádí. K zlepšení stavu lze přispět důsledným zaškolením obsluhy strojů k efektivnímu využívání provozních možností stroje, ale i pracovníky zodpovědnými za plánování jednotlivých operací dle aktuálních klimatických podmínek.



Problém utužení půdy a její vliv na rostlinnou výrobu související s používanou technologií zpracování půdy v oblasti eroze půdy a výnosu plodin je závažným současným tématem pro zemědělce a současně je jedním z globálních problémů zapříčiněných změnami v životním prostředí.

## 8. Přehled použité literatury a zdrojů

### Knižní publikace

KUMHÁLA F. (2013): *Technologie řízených přejezdů po pozemcích*, 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2013., 40 s., ISBN 978-80-213-2425-1

NERUDA J. (2006): *Technika a technologie v lesnictví*, 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006., 324 s., ISBN 80-7157-988-2

ŠARAPATKA B. (2008): *Zemědělství a krajina – cesty k vzájemnému souladu*, 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2008., 271 s., ISBN 978-80-244-1885-8

### Odborné články

HŮLA J. (2001): Technogenní zhutňování půdy – nežádoucí jev, *Úroda*, roč. 64, č. 1, s. 10 - 11., ISSN 0139-6013

ČUPERA J. (2015): Kolový, či pásový?, *Farmář*, roč. 22, č. 5, s. 76 - 77.

ISSN 1210-9789

### Internetové zdroje

<https://agromanual.cz/cz/clanky/technologie/practicke-zkusenosti-s-hlubokym-kyprenim-pudy>, „staženo dne: 7. 2. 2017“

<http://www.ochrana-pudy.cz/co-se-s-tim-da-delat/otazky-a-odpovedi/zhutneni-pudy-a-co-s-tim/2014/10/06/> „staženo dne: 7. 2. 2017“

<http://zemedelec.cz/gps-navigace-a-udrzitelne-zemedelstvi/> „staženo dne: 7. 2. 2017“  
2017“

<http://mechanizaceweb.cz/ctf-zkusenosti-z-domova-i-zahranici/> „staženo dne: 7. 2. 2017“

<http://mechanizaceweb.cz/jak-ekonomicky-jezdit-s-traktory/> „staženo dne: 7. 2. 2017“

<http://mechanizaceweb.cz/doprava-a-puda-v-zemedelstvi/> „staženo dne: 7. 2. 2017“

<http://zemedelec.cz/prinos-zmeny-tlaku-v-pneumatikach/> „staženo dne: 7. 2. 2017“

<http://mechanizaceweb.cz/proud-inovaci-v-oblasti-pneumatik/> „staženo dne: 7. 2. 2017“

<http://www.agromex.cz/clanky/system-variogrip-zajisti-spravny-tlak-v-pneumatikach-33> „staženo dne: 7. 2. 2017

<http://www.auto.cz/mitas-pneutrac-dvou-let-vyrobe-video-90488/foto?foto=0>  
„staženo dne: 7. 2. 2017

<http://zemedelec.cz/moderni-reseni-dopravy-zrnin-ve-znich/> „staženo dne: 7. 2. 2017“

<http://www.siemenssays.com/wp-content/uploads/2016/07/Elmers-welding-Czech-Cart-.jpg> „staženo dne: 7. 2. 2017

<http://mechanizaceweb.cz/prekladaci-vozy-pri-sklizni-obili/> „staženo dne: 7. 2. 2017“

<http://www.crs-marketing.cz/novinky/1603-prekladaci-vuz-na-senaze-annaburger-fieldliner-hts-29.06-pracuje-take-v-dansku> „staženo dne: 7. 2. 2017

<http://www.eurobagging.com/cs/prekladaci-vozy/reloader-h5> „staženo dne: 7. 2. 2017

<https://www.topagrar.pl/articles/top-technika/annaburger-sypnal-nowosciami/>  
„staženo dne: 7. 2. 2017

<http://www.agroportal24h.cz/novinky/209> „staženo dne: 7. 2. 2017“

[http://aa.ecn.cz/img\\_upload/7331e1faea7fac726e0197358f83ecdd/bio0901\\_zpravoda\\_j.pdf](http://aa.ecn.cz/img_upload/7331e1faea7fac726e0197358f83ecdd/bio0901_zpravoda_j.pdf) „staženo dne: 10. 4. 2017“

<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/utuzeni-pudy-pri-predsetove-priprave-a-seti-kukurice> „staženo dne: 10. 4. 2017“

## **Příloha č. 1**

### **Seznam tabulek**

Tabulka č. 1: Orientační hodnoty měrného tlaku na půdu .....	10
Tabulka č. 2: Orientační hodnoty únosnosti půd .....	11
Tabulka č. 3: Výsledky pokusu porovnání způsobů zpracování půdy.....	15
Tabulka č. 4: Orientační hodnoty dotížení traktoru .....	19
Tabulka č. 5: Přehled strojů pro zpracování půdy v Kooproduktu Lišov a.s.....	28
Tabulka č. 6: Výsledky měření utužení po orbě .....	30
Tabulka č. 7: Výsledky měření utužení po předset'ové přípravě .....	31
Tabulka č. 8: Náklady na služby .....	32
Tabulka č. 9: Orientační cena strojů na zpracování půdy .....	32
Tabulka č. 10: Rozdílné utužení půdy v průběhu zimního období .....	33
Tabulka č. 11: Rozdíl mezi oranou a podrytou částí.....	34
Tabulka č. 12: Rozdíl ve výnosu pěstovaných plodin .....	35
Tabulka č. 13: Orientační hmotnosti strojů v aplikační lince .....	36
Tabulka č. 14: Utužení půdy samochodným aplikátorem Challenger Terragator .....	36
Tabulka č. 15: Rozdíl v utužení mezi zemědělskými a silničními pneumatikami.....	37

### **Seznam grafů**

Graf č. 1: Výsledky měření utužení po orbě .....	30
Graf č. 2: Výsledky měření utužení po předset'ové přípravě .....	31
Graf č. 3: Rozdíl v utužení mezi orbou a předset'ovou přípravou půdy.....	32
Graf č. 4: Rozdílné utužení půdy v průběhu zimního období .....	33
Graf č. 5: Rozdíl mezi oranou a podrytou částí .....	34
Graf č. 6: Rozdíl v počtu úspěšných sond.....	35
Graf č. 7: Utužení půdy samochodným aplikátorem Challenger Terragator .....	36

Graf č. 8: Rozdíl v utužení mezi zemědělskými a silničními pneumatikami.....	37
--	----

### **Seznam obrázků**

Obrázek č. 1: Traktor s upraveným rozchodem kol pro CTF .....	16
Obrázek č. 2: Pneumatika s vnitřní duší Mitas AirCell .....	21
Obrázek č. 3: Systém regulace tlaku Fendt VarioGrip .....	22
Obrázek č. 4: Koncept pneumatiky Mitas PneuTrac .....	22
Obrázek č. 5: Speciální překládací vůz s bočním dopravníkem .....	25
Obrázek č. 6: Překládací vůz pro siláž a senáž .....	26
Obrázek č. 7: Překládací stanice .....	26
Obrázek č. 8: Speciální pásový podvozek Annaburger UniCrawler.....	27
Obrázek č. 9: Rozdílné pneumatiky cisteren Annaburger HT 24.27 .....	38