

Česká zemědělská univerzita v Praze



Technická fakulta

Zemědělská technika

Technika a technologie v systému controlled traffic farming

diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Mašek Ph.D.

Diplomant: Bc. Tomáš Bečka

PRAHA 2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Tomáš Bečka

obor Zemědělská technika

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze čl. 17 odst. 2 určuje tuto diplomovou práci.

Název práce: **Technika a technologie v systému Controlled Traffic Farming.**

Osnova diplomové práce:

1. Úvod
2. Literární rešerše
3. Cíl práce a metodika
4. Hodnocení jednotlivých variant
5. Rozbor výsledků a diskuse
6. Závěr
7. Seznam literatury
8. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 40 - 60 stran

Doporučené zdroje:

1. Kroulik, M., a kol.: The evaluation of agricultural machines field trafficking intensity for different soil tillage technologies. Soil & Tillage Research, No. 1 Vol 105. s. 171 - 175.
2. Koletiv: Sborník příspěvků z konference Autopiloty v zemědělství. Praha: ČZU v Praze, 2009.
3. Webb, B., a kol.: Tramline Farming Systems - Technical manual. Bulletin 4607, Government of Western Australia - Department of Agriculture, 47 s. ISSN 1448-0352.

www.controlledtrafficfarming.com

www.agric.wa.gov.au

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2011

.....
Vedoucí katedry



.....
Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jiřího Maška Ph.D., a uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Dne:

Podpis:

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Jiřímu Maškovi Ph.D. za pomoc, poskytnutou během vypracování této práce.

Abstrakt: Cílem této diplomové práce je zhodnocení vlivu systému CTF na půdu, změn jejích fyzikálních vlastností a efekt tohoto zásahu. V úvodu je stručně popsána problematika, kterou se tato práce nadále zabývá. V druhé kapitole jsou podrobněji rozepsány fyzikální půdní vlastnosti, vliv zhutnění na půdu s možností jeho eliminace a technologie používané v systému CTF. Ve třetí kapitole se nachází samotný cíl práce. Ve čtvrté kapitole je popsána metodika využitá k odběru vzorků a zpracování výsledků. Pátá kapitola obsahuje stručný popis pozemku, na kterém byl prováděn pokus a mapu pozemku s odběrovými body. Následuje vyhodnocení získaných údajů s dílčími závěry, které stručně popisují zjištěné vlivy technologie CTF na půdu v porovnání s minimalizační technologií. V závěru je pak zhodnocení celé práce a získaných výsledků.

Key words: controlled traffic farming, GPS, navigace, zhutnění.

Technique and technology of Controlled Traffic Farming system

Summary: The main objective of this thesis is to appraise the impact of the CTF system on soil, changes in its physical attributes and result of such measures. Main ideas and issues are briefly outlined in the introduction of this thesis. The physical attributes of soil, influence of the compaction on soil including its mitigation and techniques being used within the CTF system are described in the second chapter of the thesis. The third chapter includes the main objective of the thesis. The fourth chapter describes the methodology that has been used for the sample extraction and outcome processing. The fifth chapter includes a brief description of the land (including a map with extraction points) where the experiment has been performed. The evaluation of the obtained data including partial conclusions, which briefly describe all impacts of the CTF technology on soil in comparison with the minimizing technology, precedes the final part of the thesis. The main outcomes are summarized in the conclusion.

Key words: controlled traffic farming, GPS, navigation, compaction

Obsah:

1. Úvod	1
2. Controlled Traffic Farming	2
2.1 Precizní zemědělství	2
2.2 Fyzikální a mechanické vlastnosti půdy	3
2.2.1 Objemová hmotnost půdy	3
2.2.2 Pórovitost	4
2.2.3 Vlhkost půdy	4
2.3 Půdní rozbor, odběry vzorků, dálkový průzkum země (DPZ)	4
2.4 Vliv zhutnění a přejezdů po poli	6
2.4.1 Opatření proti zhutňování půd	6
2.5 Minimalizační technologie	7
2.6 Mapování výnosů	8
2.7 Aplikační mapy	9
2.8 GIS (geografický informační systém)	9
2.9 Vliv eroze a protierozní ochrana	9
2.10 Modul	11
2.11 Úpravy strojů	12
2.11.1 Rozchod kol:	12
2.12 Kolejové řádky	13
2.13 Navigace	14
2.13.1 NAVSTAR – GPS	15
2.13.2 GLONASS	16
2.13.3 GALILEO	17
2.13.4 Čínský navigační systém	17
2.13.5 Přijímače navigačních signálů	18
2.13.6 Chyby přenosu signálu	18
2.14 Systémy pro korekci polohy	18
2.14.1 DGPS (diferenční GPS)	18
2.14.2 RTK (Real Time Kinematic)	19
2.15 Technologie a systémy řízení v zemědělství	19
2.15.1 Manuální navádění	19
2.15.2 Automatické navádění	20

2.15.3 Korekce navigace na svahu	20
2.16 Přínosy navigačních systémů zemědělských strojů ke snížení zátěže obsluhy	20
3. Cíl práce	26
4. Metodika práce	27
4.1 Odběr neporušených půdních vzorků a jejich rozbor	27
4.2 Zpracování dat a statistické vyhodnocení	28
5. Experimentální část práce a statistické zhodnocení výsledků.....	29
5.1 Výchozí podmínky.....	29
5.2 Vypočtené hodnoty	30
5.3 Hodnocení měření objemové hmotnosti ve stopě.....	32
5.3.1 Hodnocení změny objemové hmotnosti v jednotlivých hloubkách	32
5.3.2 Hodnocení změny objemové hmotnosti při využití různých technologií v jednotlivých hloubkách	35
5.3.3 Celkový efekt jednotlivých technologií na redukci objemové hmotnosti.....	37
5.3.4 Hodnocení celkové změny objemové hmotnosti v závislosti na hloubce.....	39
5.4 Hodnocení měření objemové hmotnosti mimo stopu	41
5.4.1 Hodnocení změny objemové hmotnosti v jednotlivých hloubkách	41
5.4.2. Hodnocení změny objemové hmotnosti při využití různých technologií v jednotlivých hloubkách	43
5.4.3 Celkový efekt jednotlivých technologií na redukci objemové hmotnosti.....	45
5.4.4 Hodnocení celkové změny objemové hmotnosti v závislosti na hloubce.....	47
5.5 Porovnání technologií ve stopě a mimo ni.....	49
5.5.1 Vyhodnocení a dílčí závěr	49
6. Závěr	53
7. Literatura	55
8. Seznam obrázků, grafů a tabulek	57

1. Úvod

Controlled traffic farming (CTF) je systém založený na souběžných přejezdech v rámci jednotlivých operací. Cílem je omezit zatěžování půdy častými přejezdy těžké techniky po poli tak, že jednotlivé přejezdy jsou situovány do konkrétních kolejí, které se dodržují při všech pracovních operacích. Tento systém byl rozšířen australskými zemědělci. Hlavním cílem bylo snížení nákladů a ochrana půdy před erozí. V minulosti se již několikrát objevila tato myšlenka, jenže byla těžce uskutečnitelná kvůli náročnosti na přesnost a opakovatelnost jednotlivých přejezdů. Až systémy navigace GPS umožnili vyřešit tento problém.

Pomocí navigace v dnešních dnech jsme schopni nejen sledovat pohyb strojů po polích, ale přímo jej řídit a to s přesností na centimetry. Možnosti využití jsou zřejmé. Omezení překrývání jednotlivých jízd, čímž snižujeme náklady jak na naftu, tak na potřebu hnojiv, postřiků a osiva není zdaleka jedinou výhodou a možností využití. S velkou efektivitou se využívá sledování přesné polohy při mapování výnosů a následné vyhodnocení pro zjištění vlastností jednotlivých částí pozemků.

Zhutnění půdy je velice sledované v důsledku zvýšení hmotnosti a výkonů zemědělských strojů. Například Chamen (2006) uvádí, že průměrná hmotnost a výkon zemědělských strojů je oproti roku 1966 trojnásobná a maximální zatížení pneumatikami narostlo až šestkrát. Zhutnění se pak odráží ve výnosech plodin a je možné je pozorovat i po dobu více let. Dochází k narušení půdní struktury a poškození půdní kapilarity. Následkem je narušení vodního koloběhu a špatné podmínky pro růst rostlin. Precizním zemědělství se snažíme těmto negativním vlivům předejít a dosáhnout nejen vyšších výnosů, ale zároveň snížení nákladů. Systém CTF může dokonce eliminovat veškeré zhutnění na ploše větší jak 60%.

Tento systém má významný vliv jako protierozní ochrana pozemků. Vynecháním orby a použitím minimalizačních technologií s vyšším podílem rostlinných zbytků na povrchu by měla být půda méně náchylná erozi. Dále díky nižšímu zhutnění větší části pozemku vznikají lepší podmínky pro infiltraci. Díky tomu může půda pojmout větší množství vody a o to méně jí zůstává na povrchový odtok.

2. Controlled Traffic Farming

2.1 Precizní zemědělství

V posledních letech se začal v rostlinné výrobě objevovat poměrně často termín precizní zemědělství. V klasickém zemědělství, tak jak ho známe dnes, se o poli přemýšlí jako o homogenní ploše se stejnými parametry, kde není brán ohled na rozdílné požadavky jednotlivých částí. Přitom v dřívějších dobách každý hospodář přistupoval k jednotlivým částem polí, právě podle toho, jak se daný kus pozemku choval a co vyžadoval. Precizní zemědělství se pouze vrací zpět k této myšlence, kdy dáváme na jednotlivé části pole to, co je potřeba a tolik, kolik je potřeba, abychom dosáhli co nejlepšího výsledku. (Kumhála 2007)

K umožnění takovéto z dnešního pohledu zvýšené péče o pozemky velice napomohl systém navigace GPS. Jiné systémy navigace, většinou mechanické, nejsou ideální z mnoha důvodů. Jeden z nejdůležitějších faktorů je opakovatelnost přejezdů a to v dlouhodobém časovém horizontu. Poměrně velká nepřesnost nastává i při ručním navádění soupravy. Díky záznamové technice a přesné navigaci s korekcí signálu je možné opakovat jednotlivé přejezdy rok co rok s velkou přesností. Přesností dosahujeme především vyššího využití stroje a snížení doby na provedení operace, čímž se výrazně zvyšuje účinnost.

GPS zároveň využíváme při zjišťování vlastností pozemků. První myšlenkou bylo sledování výnosů v závislosti na momentální poloze. Výsledkem toho jsou výnosové mapy. Ty nám mnohé napoví o stavu půdy na jednotlivých částech pozemku. Ovšem pro zjištění skutečného stavu půdy je potřeba její rozbor. Při kombinaci rozboru půdy na živiny a výnosové mapy je možné efektivní vytvoření aplikační mapy. Tímto způsobem máme možnost dodat půdě to, co potřebuje a kde to potřebuje.

Velice významný přínos užití precizního zemědělství jsou finanční úspory. Přesnou navigací nedochází k překrývání jednotlivých pracovních jízd, čímž se sníží náklady na obhospodaření plochy, kterou do té doby obhospodařujeme dvakrát. Zároveň při aplikaci hnojiv a při ochraně rostlin dáváme na jednotlivá místa tolik, kolik půda potřebuje. Tím docílíme efektivního využití jak hnojiv, tak postřiků. Zároveň je tento způsob aplikace šetrnější k životnímu prostředí. Výsledkem je snížení nákladů na naftu, čas pracovníka, kratší doba provádění jednotlivých operací, osivo, postřiky, hnojiva a v neposlední řadě opotřebení pracovních orgánů stroje.

System controlled traffic farming (dále jen CTF) je součástí precizního zemědělství. Jedná se prakticky o stav provozování precizního zemědělství na té nejvyšší úrovni. V CTF systému nejen že sledujeme půdní vlastnosti v rámci toho, jak se půda chová a jaké má nároky, ale zároveň se snažíme respektovat její přirozený stav. Snažíme se omezit zatížení půdy a nepříznivý vliv zhutňování způsobený přejezdy těžké techniky. Zemědělská technika se stále vyvíjí a trend zvyšování výkonů strojů a jejich hmotnosti se negativně projevuje na půdních vlastnostech. Tvorbou kolejových řádků, které jsou přesně dodržovány, vytváříme stav, kdy větší obdělávaná plocha zůstává nezatížená přejezdy a neprojevují se na ní negativní vlivy zhutnění. Zároveň docílíme snížení energetické náročnosti na obdělávání půdy díky tomu, že energie tažného prostředku se méně spotřebovává na degradaci půdy.

CTF je bezorebná technologie. Ze všech prováděných operací dochází právě při orbě k největšímu počtu přejezdů po poli. Zároveň se zapravují do půdy všechny rostlinné zbytky z povrchu, čímž se půda na povrchu stává náchylnější na erozi. Při minimalizačních technologiích k tomu nedochází v takové míře a tím se půda stává méně náchylnou. Díky snížení počtu přejezdů zároveň dochází ke snížení zhutnění. Díky tomu není tolik narušena půdní kapilarita a vodní režim. Tím dochází k zlepšení infiltrace. Voda se tedy lépe vsakuje a nedochází ke kumulaci povrchové vody a následné vodní erozi. (Webb 2004)

2.2 Fyzikální a mechanické vlastnosti půdy

Půda vznikala a vyvíjela se z povrchových zvětralin v půdotvorném procesu. Je samostatným přírodně historickým útvarem a součástí přírody. Jejím hlavním kvalitativním znakem je úrodnost. Úrodnost je schopnost půdy poskytnout rostlinám vhodné podmínky pro růst a vývoj. Je dána souborem mechanických, fyzikálních, chemických a biologických vlastností, které získala v průběhu svého vývoje.

Půda je heterogenní disperzní systém. Skládá se ze tří základních frakcí. Tuhé, kapalné a plynné. Tuhá frakce je v orné půdě zastoupena nejvíce. Kapalná a plynná frakce je zastoupena převážně v pórech a kapilárách. (Hůla, Procházková 2008, Valla 2006)

2.2.1 Objemová hmotnost půdy

Objemová hmotnost půdy je charakteristickým znakem, který zahrnuje strukturu, zrnitost, vlhkost a pórovitost a je tedy ukazatelem skutečného stavu půdy v přírodě. Je proto důležitým parametrem pro hodnocení zhutnění. U minerálních půd se požadovaná objemová hmotnost pohybuje a rozmezí 0,8 - 1,8 g.cm⁻³ a u organických půd obvykle mezi

0,2 – 0,3 g.cm⁻³. (Valla 2006, Sáníka a kol. 2004)

2.2.2 Pórovitost

Půda je porézní hmota. Prostorové uspořádání struktury a velikostní zastoupení pórů je důležitým ukazatelem vlastností půdy. Póry jsou volné prostory mezi pevnými půdními částicemi a jejich agregáty sloužící jako cesty, kterými vnikají do půdy voda a vzduch.

Rozlišujeme póry podle jejich velikosti na hrubé (nekapilární) a jemné (kapilární). Hrubé póry jsou většinou zaplněné vzduchem a slouží hlavně pro průchod srážkových vod půdním profilem (infiltrace). Jemné póry jsou převážně zaplněné vodou (půdním roztokem), která je zde držena kapilárními silami.

Pórovitost lze vypočítat na základě změřené objemové hmotnosti a specifické hmotnosti:

$$P = (\rho_z - \rho_d) \cdot 100 / \rho_z$$
, kde ρ_z je specifická hmotnost a ρ_d objemová hmotnost. (Valla 2006, Sáníka a kol. 2004)

2.2.3 Vlhkost půdy

Voda v půdě je jedním ze základních parametrů, kterým je ovlivněn růst rostlin. Schopnost půdy zadržovat vodu je ovlivněna její strukturou a texturou. Zdrojem vody jsou srážky a podzemní voda. Hlavní ztráty jsou pak, mimo povrchového odtoku vody, kterou již půda není schopna pojmout, odpařování a evapotranspirace.

V rámci rozborů půdy se sledují hlavně momentální vlhkost, nasákivost, maximální kapilární vodní kapacita a retenční vodní kapacita. Tyto hodnoty se stanovují z neporušených půdních vzorků. (Valla 2006, Sáníka a kol. 2004)

2.3 Půdní rozbor, odběry vzorků, dálkový průzkum země (DPZ)

Pro zjištění skutečného stavu půdy je nutné udělat její rozbor. V zemědělství se převážně zajímáme o stav živin, organické hmoty, pH, strukturu, pórovitost a zrnitost. Vyhodnocením půdních vzorků získáváme mapu, ze které vyčteme, jaký je stav půdy na jednotlivých částech zkoumaného pozemku. Cílem těchto rozborů je po sloučení s výnosovými mapami jejich vyhodnocení a získání aplikační mapy.

Odběr vzorků se řídí podle předem definovaných pravidel. Můžeme zvolit z různých metod odběru vzorků. Buď se jedná o náhodné odběry (podle předem náhodně zvolených

míst programem nebo čistě náhodným odběrem přímo na poli) nebo se postupuje podle určitých algoritmů udávajících přesnou polohu jednotlivých odběrových míst. Hlavním cílem těchto pravidel je dosáhnout pokud možno co nejpřesnějších informací o stavu pozemku. Pro vysokou přesnost je vhodné volit velký počet odběrových míst. Ovšem, čím víc vzorků, tím je metoda náročnější na čas i na finance. Na druhou stranu příliš malý počet vzorků bude sice levnější, ale nebude mít dostatečnou výpovědní hodnotu. Proto je nutné udělat takový kompromis, aby výstupem byla dostatečně přesná mapa za přijatelných finančních podmínek.

Dálkový průzkum země (DPZ) je jednou z geoinformačních technologií. Jedná se o vyhodnocování parametrů půdy vyčtených z leteckého nebo družicového snímkování pozemků. Podmínkou pro využití tohoto systému je nízké pokrytí rostlinnými zbytky snímaného povrchu. Ty by neměly přesahovat 20%. Získané informace nám nedají stoprocentně přesný rozbor vzhledem k tomu, že hodnotíme pouze povrch, ale lze je použít jako základ a doplnit je přesnými údaji z půdních rozborů a získat tak rozložení jednotlivých parametrů v rámci pozemku.

Pomocí rozboru elektromagnetické indukce jsme schopni definovat vlastnosti půdy jako pH, vlhkost a textura. Snímáním gama záření emitovaného přirozeně z půdy prvky K, U a Th zjistíme poměrně přesně míru minerálního a texturního složení půdy. Toto měření zahrnuje vrstvu 30 až 40 cm. Tato technika je také používána pro zjištění změn vlhkosti povrchu půdy, minerálního složení a přechod jednotlivých tříd zemin. Metoda měření gama záření je důležitým zdrojem dat pro DPZ. Dále se využívá měření infračerveného nebo mikrovlnného záření pro zjištění teploty povrchu.

Další možností využití DPZ je snímkování v průběhu vegetace pomocí rozboru energetické bilanční rovnice, která se skládá z měření radiace, vyhodnocení toku půdního tepla a latentního tepelného toku. Tím lze sledovat evapotranspiraci a získat informace o vodní bilanci. Na základě multitemporální pokročilé radiometrie s vysokým rozlišením v kombinaci s regresní analýzou je možno získat dostatečně přesné údaje pro identifikaci spektrálních tříd. Vyhodnocením v GIS systémech za pomoci statistické analýzy a doplňkových informací je možné získat mapu vegetace. Pokud pak máme tyto informace k dispozici okamžitě, je možné efektivně sledovat porost a účelně zasahovat při problémech, stejně jako předpovídat případný výnos. (McBratney a kol. 2003)

2.4 Vliv zhutnění a přejezdů po poli

Zhutnění zemědělskými stroji je velký problém dnešního zemědělství. Negativní vlivy přejezdů těžké techniky, se projevují již řadu let. Zhutněním označujeme nepříznivý vliv tlaku na půdu. Tento tlak je způsobován převážně působením přejezdy těžkých kolových mechanizačních prostředků, zvláště dopravních. Při tomto procesu dochází k degradaci půdy a její objemové redukci. K degradaci přispívají i další okolnosti, zvláště pak vlastnosti půdy jako vlhkost, zrnitost, obsah humusu, klima a způsob hospodaření.

Z hlediska mechanizace jsou hlavní faktory ovlivňující zhutnění zatížení kol a s ním přímo úměrně huštění pneumatik, kontaktní plocha, kontaktní tlak, počet přejezdů, rychlost přejezdu a velikost kola. Z těchto faktorů má nevýznamnější vliv tlak huštění a zatížení kol. Za limitní hodnoty se udávají ty, které již poškozují půdní režim. Kontaktní tlak by neměl přesáhnout 50 až 100 kPa podle úrodnosti půdy, objemová hmotnost by neměla být vyšší jak 1,3 až 1,7 g.cm⁻³ podle zrnitosti, napětí v půdy v hloubce 50 cm by nemělo přesáhnout 25 až 50 kPa a vzdušnost by měla být vyšší než 12% objemu.

Při zhutnění dochází k zaplňování pórů a kapilár zeminou. Pod vrstvou ornice 30 až 40 cm, může vzniknout neprostupná bariéra. Ta má negativní vliv na prostupnost povrchové vody do podloží a vzlínání podzemní vody ke kořenům rostlin. Výsledkem je podesychnání rostlin v suchých a utápění v mokrých obdobích nebo naopak nedostatek vody i při dostatečných dešťových dotacích (většina odteče v podobě povrchového odtoku, protože půda má nedostatečnou kapacitu). Navíc voda v kapilárách je jen těžce dostupná rostlinám, protože je silně vázána kapilárními silami.

Půda je nejvíce náchylná na zhutnění v jarním období. Má sníženou únosnost vlivem vyšší vlhkosti. Vyšší tlaky pneumatik a velké hmotnosti strojních souprav pak mohou mít za následek přílišné zhutnění. Opakovanými přejezdy se následně zhutnění v půdě akumuluje a postupuje do hloubky. Aby k tomu nedocházelo je vhodné snížení kontaktních tlaků na půdu. Toho lze částečně dosáhnout použitím přídavných kol u kolových traktorů nebo pásového podvozku. (Lhotský 2000, Hůla, Procházková 2008, Grečenko 1994)

2.4.1 Opatření proti zhutňování půd

Z předešlého vyplývá, že by měl být brán ohled na přejezdy po poli a vhodnost jejich sledování. Podle pokusu (Kroulík a kol. 2009) byly naměřeny různé intenzity zatížení půdy pneumatikami zemědělských strojů. Bylo zjištěno, že největší množství přejeté plochy je při

orební technologii a to 95,3%. Dále bylo 145,6% přejeté minimálně dvakrát. Při orbě navíc dochází k přímému zhutňování podorničí jízdou v brázdě.

Při použití systému CTF se podařilo dosáhnout snížení přejeté plochy až na 31,3% při modulu 8m a 37,6% při modulu 4m. Samozřejmě se výrazně zvýší plocha, která je přejetá více než jednou. Faktem zůstává, že plocha, která není přejetá ani jednou, je podstatně větší a tím pádem by se měla zvýšit kvalita půdy. Dle uvedeného výše by proto bylo vhodné do technologie pěstování rostlin zařadit hloubkové kypření. Díky tomu, že přejíždíme konkrétními koleje, stačí kypřit právě tuhle plochu.

Další možnost CTF je nekypřit stále kolejové řádky vůbec a ponechávat je stále utužené. Tím se sníží valivý odpor a nebude se spotřebovávat energie tažného prostředku na opětovnou degradaci půdy. Podle Grečenka (1994) se odpor valení při přejezdu po poli snížil o 43% po čtvrtém průjezdu stejnou stopou. Za předpokladu, že se 30% výkonu motoru spotřebuje na degradaci půdy ve formě jejího zhutnění, se sníží pro stejnou operaci spotřeba tahové síly o čtvrtinu. (McPhee a kol. 1995, Lhotský 2000, Kroulík 2009, Hůla, Procházková 2008, Hůla a kol. 2003)

2.5 Minimalizační technologie

„Hlavními důvody rozvoje minimalizačních technologií zpracování půdy je možnost hledat v oblasti ekologické, ekonomické a technické.“ (Hůla, Procházková 2008).

Pro podmínky v České republice, lze tyto technologie rozdělit do tří obecných kategorií zpracování půdy:

- minimalizace s kypřením do zvolené hloubky s případným hloubkovým prokypřením,
- půdoochranné zpracování, kdy necháváme na povrchu po zasetí minimálně 30% rostlinných zbytků. Půda je díky tomu chráněna proti erozi,
- přímé setí do nezpracované půdy.

Cílem využívání těchto technologií je zlepšit strukturní stav půdy, redukce vodní a větrné eroze a lepší hospodaření s vodou. Samozřejmostí je výrazné snížení nákladů při zpracování půdy. Pozitivním dopadem je zároveň snížení počtu přejezdů po poli, čímž se předchází zhutnění půdy. Negativním dopadem je ovšem zvýšená potřeba herbicidů.

Obracením půdy při orbě se výrazně snižuje klíčivost semen plevelů, kdežto u kypření se jim naopak připravují výborné podmínky pro vegetaci. Vyšší potřebou herbicidů roste riziko vytváření jejich rezistence. (Hůla, Procházková 2008, Hůla a kol. 2003)

2.6 Mapování výnosů

Spojením údajů o plodinách v závislosti na poloze se dají získat důležité informace o stavu pozemku. Nejjednodušeji získáme tyto informace při sklizni plodin. Proto se začaly vyvíjet systémy na mapování výnosů. První se tato možnost objevila u sklízecích mlátiček. Postupně se vyvíjely i další způsoby, s nimiž by bylo možné mapovat výnosy i na dalších strojích určených pro sklizeň různých polních plodin. V dnešní době již existují metody pro mapování výnosů všech druhů pěstovaných polních plodin. V praxi se ovšem stále nejčastěji využívá tato možnost u sklízecích mlátiček. Další využití je u sklízecích řezaček, žacích strojů, při sklizni brambor nebo cukrové řepy.

Výstupem z měření výnosů a jejich spojením s polohou jsou výnosové mapy. Pro získání výnosové mapy je v dnešní době možno využít i dálkového průzkumu země.

Sklízecí mlátičky:

Zde je senzor zpravidla umístěné mezi čistidly a zrnovým zásobníkem.

Typy senzorů:

- Objemová: Mechanická – měření pomocí odměrného kola.
Optická – měření objemu zrna světelným paprskem.
- Hmotnostní: Radiační čidlo – zrno pohlcuje určité množství záření.

Nárazová deska – zrno po vynesení dopravníkem zrna naráží do zakřivené desky. Na té se snímá síla, kterou zrno při nárazu vyvine.

Nárazové tyčinky – podobný princip jako u nárazové desky. Ta je nahrazena soustavou tyčinek.

Nárazová deska s potenciometrem – pro snímání síly vyvinuté zrnem na desku slouží změna napětí měřená potenciometrem.

Vážení dopravníku zrna – vážení vodorovné větve dopravníku zrna.

Kapacitní čidlo – funguje na principu kondenzátoru a změně dielektrické konstanty s rostoucím množstvím materiálu mezi deskami kondenzátoru. Negativní vliv má vlhkost a rozložení materiálu mezi deskami.

V praxi jsou využívány více hmotnostní senzory pro jejich větší přesnost. Pro získání výnosu je ovšem nutné získané informace kombinovat s údaji o okamžité vlhkosti zrna. Užití některých senzorů se neujalo vzhledem k náročným pracovním podmínkám, a následném vzniku poměrně velkých chyb měření. Nejčastěji užívané jsou nárazové desky (Kumhála 2007).

2.7 Aplikační mapy

Aplikační mapa slouží jako podklad pro aplikaci různých průmyslových hnojiv. Vznikají shrnutím údajů o pozemku a jejich vyhodnocením. Jako podklady pro vytvoření aplikačních map slouží rozbory půdy a výnosové mapy. Výsledkem je dodání konkrétních živin na jednotlivé části pole podle potřeby. Cílem tedy je vytvořit ideální podmínky pro růst rostlin v závislosti na vlastnostech půdy a efektivním rozložení živin.

Díky aplikačním mapám se do prostředí dodává jen to, co je porost schopný spotřebovat a nedochází k plýtvání hnojivy a postřiky, a k zatěžování životního prostředí.

2.8 GIS (geografický informační systém)

„Je to organizovaný souhrn počítačové techniky, programového vybavení, geografických dat a zaměstnanců navržený tak, aby mohl efektivně získávat, ukládat, aktualizovat, analyzovat, přenášet a zobrazovat všechny druhy geograficky vztažených informací.“ (citace <http://www.uake.cz/frvs1269/kapitola12.html#dpz>)

Pomocí GIS jsme schopni efektivně zpracovávat data získaná mapováním pozemků. Výstupem jsou mapy sloužící jako podklady pro navigaci strojů a aplikační mapy.

2.9 Vliv eroze a protierozní ochrana

Eroze značí přírodní proces činnosti vody, větru a ledu. Ty způsobují rozrušování půdy a její odnos do míst, kde se usazuje ve formě nánosu. Hlavními faktory, ovlivňující

vodní erozi, jsou:

- Faktor erodovatelnosti půdy – závislost na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a zrnitosti.
- Faktor erozní účinnosti deště – závislost na četnosti výskytu, úhrnu, intenzitě a kinetické energii deště.
- Faktor délky svahu.
- Faktor sklonu svahu.
- Faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu – ochrana vegetačního pokryvu před působením kapek a zpomalování povrchového odtoku.

Vlivem eroze dochází k degradaci půdy. Degradace půdy má za následek snížení produkční schopnosti půd. Dochází ke změně fyzikálních vlastností, zejména textury objemové hmotnosti, vodní kapacity, pórovitosti a infiltrační schopnosti. Navíc se snižuje hloubka pro vývoj kořenů, dochází k odplavování živin a tím nastává potřeba doplňování těchto živin hnojivy. Rostlinné zbytky na povrchu napomáhají snížení degradace půdy, formou rozrušování půdních agregátů, vlivem účinku dešťových kapek (tab. 1). Rozrušením agregátů dešťovými kapkami vzniká jemný roztok půdy a vody, který se dostává snadno do pórů v půdě a způsobuje jejich zmenšování, popřípadě úplné ucpání. Tím se snižuje infiltrační schopnost půdy a zvyšuje se povrchový odtok. Navíc voda v kapilárních pórech je vázaná kapilárními silami a tím těžko dostupná pro rostliny.

Tabulka 1. Snížení ztrát půdy erozí v závislosti na množství ponechaných posklizňových zbytků na povrchu půdy

Druh agrotechnické operace:	Zbytky slámy (t.ha ⁻¹)	Snížení smyvu na (%)
Orba	0,0	0
Diskový kypřič	1,5	40
Radličkový kypřič	4,0	70
Bezorebné setí	6,0	95

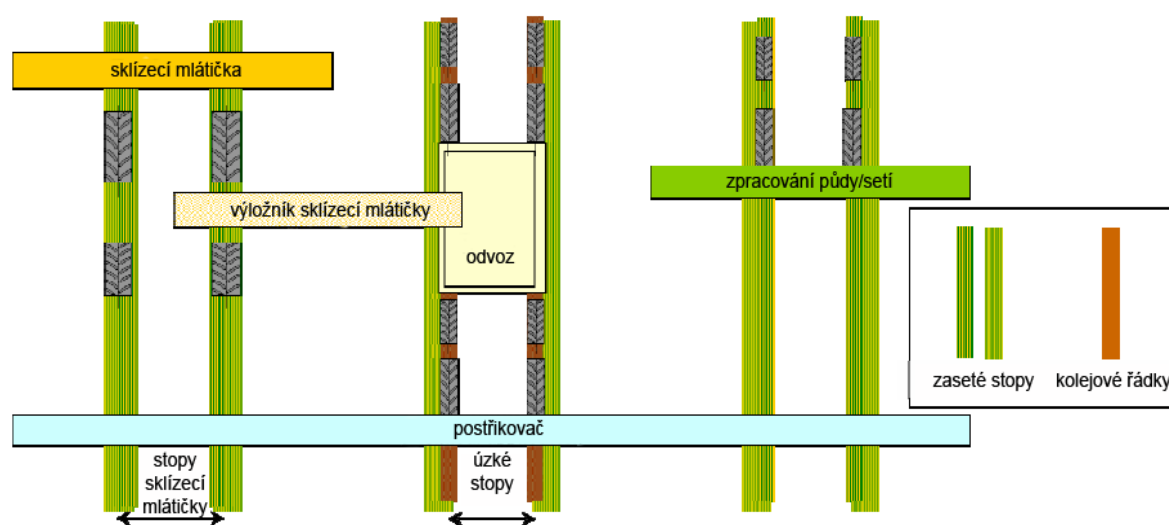
Zdroj: Janeček, Základy erodologie, 2008

System CTF byl zaveden i jako protierozní opatření. Díky vynechání orby nenastává po celý rok chvíle, kdy by půda nebyla alespoň částečně chráněná rostlinnými zbytky (tab. 1). Zároveň díky snížení zhutnění nedochází k eliminaci půdních pórů, a nedochází tak ke snížení schopnosti infiltrace. (Janeček 2008, Hůla, Procházková 2008, Hůla a kol. 2003)

2.10 Modul

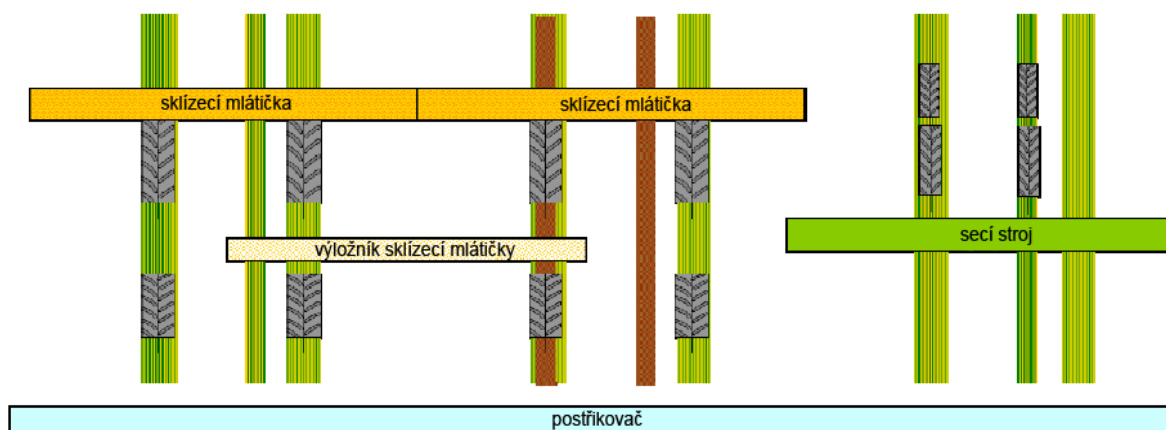
Modulem označujeme pracovní záběr strojů. Abychom mohli dodržovat stálé kolejové řádky, je nutné tomu přizpůsobit i techniku, kterou v rámci podniku používáme. Modulem se tedy rozumí minimální záběr strojů (obr. č.:1,2). Ten je možné různě modifikovat podle záběru jednotlivých strojů v závislosti na výkonech tažných prostředků (například radličkový kypřič bude mít záběr 6 m, kdežto postřikovač 24 m).

Obrázek 1. CTF se systémem OutTrac při kterém jsou stopy sklízecí mlátičky na vnějšku společných úzkých permanentních stop pro ostatní stroje. Pracovní šířka strojů a nářadí je stejná.



Zdroj: Sborník příspěvků z konference Autopiloty v zemědělství 2009

Obrázek 2. CTF se systémem AdTrac pracuje se dvěma šířkami kolejí a společnou pracovní šířkou nářadí. Toto je používáno, jestliže není možné překrytí stop jako u systému OutTrac. Většina pojezdové plochy je zasetá stejně jako na obrázku 1.



Zdroj: Sborník příspěvků z konference Autopiloty v zemědělství 2009

2.11 Úpravy strojů

Pro provozování systému CTF je nutné upravit používanou mechanizaci tak, aby vyhovovala požadavkům. Původním myšlenkou bylo, že se stopy, ve kterých se pohybuje technika, nebudou obdělávat. To obnášelo úpravu strojů pro zpracování půdy tak, aby kolejový řádek nebyl zpracováván. To se ale ve většině provozů CTF neděje. Dále je potřeba upravit výložník zrna sklízecí mlátičky, pokud má vyprazdňovat zásobník mimo souvratě, na dostatečnou délku, aby bylo možno sypat obilí do překládacího vozu, který jede ve vedlejší koleji. Při použití modulu 8 m to vyžaduje výložník o délce 6 až 7 m podle šířky sklízecí mlátičky (obr. č.:1,2). (Webb 2004)

2.11.1 Rozchod kol:

Úprava traktorů na rozchod tři metry se většinou dělá přidáním mezikusů na nápravy (obr. č.:3) Stejně tak rozchod u strojů s nápravou určenou pro nesení alespoň části váhy stroje při práci.

Obrázek 3. Traktor John Deer s upraveným rozchodem kol pro CTF systém



Zdroj: Tramline Farming Systems – Technical manual 2004

Je vhodné upravovat traktory a ostatní stroje na rozchod sklízecí mlátičky používané na dané farmě. Sklízecí mlátička je téměř vždy nejtěžším strojem, který jezdí po polích, zvláště když je plně naložená. Proto způsobuje značné poškození půdní struktury, zvláště

pokud se sklízí za vlhčích podmínek. V kolejových řádcích má pak sklízecí mlátička lehčí podmínky pro pohyb po poli, nezhutňuje půdu a spotřebuje méně energie na pojezd. (Webb 2004)

2.12 Kolejové řádky

Původně byly kolejové řádky ponechávány nezaseté za účelem navigace, stejně jako tomu je v kolejových řádcích pro aplikaci hnojiv a přípravků pro ochranu rostlin (obr.:4). Tyto řádky znamenají vysoké riziko pro odnos půdy při delších odtokových liniích. Nezasetá plocha je ideální místo pro množení plevelů. Hlavně tyto důvody vedly k tomu, že se začaly vymýšlet varianty ochrany kolejových řádků tak, aby co nejlépe ochránili půdu před erozí a zaplevelením.

Nezaseté stopy jsou výhodnou variantou pro přejezdy technikou. Půda na nich je utužená, čímž se snižují energetické nároky na práci. Jsou řešeny vynecháním jedné nebo dvou secích botek. Vzniklá

mezera by měla mít šířku jako šířka pneumatiky prostředku, kterým budou prováděny další práce. Nezaseté osivo se může rozdělit do krajních řádků kolem stop. Díky vynechanému místu, by měl mít větší počet rostlin dostatek prostoru i živin pro efektivní růst, stejně jako rostliny v zapojeném porostu, a nemělo by dojít ke snížení výnosu.

Nepravidelné řádky (fuzzy tramlines) (obr.:5) se používají, když je potřeba, aby stopa zůstala viditelná a zároveň byla zasetá. Nedochází zde pak k množení plevelů ve zvýšené míře a stopa je lépe chráněná proti erozi. Tyto řádky jsou špatně rozpoznatelné u některých druhů plodin jako třeba u řepky v pozdějším stádiu růstu.

Další používaná možnost je klasické osetí celé plochy, buď bez jakýchkoli prvků vizuální navigace, stroje pak jsou naváděny pouze pomocí GPS nebo přiblížením dvou řádků plodiny vytvoříme centrální

Obrázek 4. Nezaseté kolejové řádky



Zdroj: Tramline Farming Systems – Technical manual 2004

Obrázek 5. Nepravidelně zasetý kolejový řádek



Zdroj: Tramline Farming Systems – Technical manual 2004

vodící řádek. Ten pak může být používán pro vizuální kontrolu funkčnosti navigace GPS.

Zajímavou strategií je systém ukládání plev za sklízecí mlátičkou do nezasetých kolejových řádků. Tento způsob po sklizni ochraňuje půdu před rozrušováním dopadem dešťových kapek a tím způsobenou erozí. Dále se uloží semena plevelů do dvou řádků a omezí se jejich klíčivost. Zároveň po vzejití těchto plevelů je velice snadná jejich likvidace vzhledem k malé ploše, na které se nachází. Tato metoda byla zkoušena v Austrálii po roce 2002. (Webb 2004, Kovaříček a kol. 2005)

2.13 Navigace

K navigaci strojů, pro dodržení přesných kolejových stop, lze využít několika systémů. Důraz se klade především na přesnost a možnost opakování jednotlivých jízd v dlouhodobém horizontu. Technologie controlled traffic farming se bez satelitní navigace s vysokou přesností stává poměrně složitou na realizaci, ne-li nemožnou. Satelitní navigace výrazně pomohla hlavní myšlence zachování přesných kolejových řádků rok za rokem. (Webb 2004, Kumhála 2007)

- znamenáky: „znamenák se skládá z výkyvně zavěšené tyče vysunuté do strany a zakončené talířem, který tvoří rýhu, aby traktorista při další jízdě věděl kudy jet. Délka znamenáku se obvykle volí tak, aby po vyryté rýze mohl jet traktor levým nebo pravým kolem“ (Kumhála 2007). Pomocí nich lze poměrně přesně navazovat jednotlivé jízdy stejně, jako se tomu dělá při setí. Problémem ovšem je, že znamenáky musíme nainstalovat na všechny používané stroje, což se může, pokud nemáme stroje pro více operací pro jeden přejezd, výrazně prodražit. Dalším problémem je uhýbání překážkám na poli. Znamenáky jsou většinou ovládány hydraulicky nebo pneumaticky. Problémy nastávají při objíždění překážek, kdy se znamenák musí složit. Pokud je překážka v poli, na druhé straně pak řidič nemá rýhu, podle které by se řídil. Tím dochází k nepřesnostem, které se rok od roku budou lišit. Tyto operace prodlužují pracovní čas. Nejsou tak účinné jako satelitní navigace a nelze využívat technologií výnosových a aplikačních map.
- pěnové značkovače: vytváří přílnavou pěnu s životností přibližně 15 minut. Problém nastává při silnějším větru, kdy dochází k odfukování pěny a při vyšších teplotách, kdy pěna zmizí dříve, než se souprava stačí otočit a dojet zpět na původní souvrat'. Další problémy jsou podobné jako u znamenáků. (Kovaříček a kol. 2005)

- Videokamera: na kraj stroje je umístěna kamera, která má v zorném úhlu jak předchozí přejezd, tak kraj stroje tak, aby bylo jasné, kudy stroj jede. V kabině traktoru je pak umístěná obrazovka. Tento systém se používal u sklízecích mlátiček s širokým záběrem žacího adaptéru. Systém je nákladný na instalaci. V praxi se příliš nepoužívá, i když je možno dosáhnout vysoké přesnosti.
- Satelitní navigace: satelitní navigace se v České Republice během posledních let velice rozšiřuje. Tuto technologii je možné v zemědělství využívat od roku 2000, kdy byla zpřístupněna s dostatečnou přesností pro řízení strojů a vytváření aplikačních a výnosových map. Prozatím jsou využitelné satelitní sítě NAVSTAR – GPS, vyvinutý a ovládaný americkou armádou, a GLONASS vyvinutý ruskou armádou. Další sítě se snaží vytvořit Evropská unie (Galileo) a Čína. (Kumhála 2007)

2.13.1 NAVSTAR – GPS

Tento systém byl vyvinut americkou armádou v polovině minulého století. Zpočátku sloužila tato síť výhradně pro vojenské účely. Pro civilní účely byla zpřístupněna až na konci minulého století. Ovšem stále ještě nebylo možné její využití k přesným aplikacím, ale pouze k přibližnému určení polohy, a to v okruhu 100 m. I když bylo možno pracovat s daleko vyšší přesností, a to až na centimetry, byla do systému pro civilní účely vkládána záměrná chyba (selektivní dostupnost - SA). Právě ta způsobovala nepřesnost v okruhu 100 m v horizontální a asi 140 m ve vertikální poloze. Postupem času byla z politických důvodů tato chyba odstraněna. Hlavními důvody byla konkurence Ruska a Evropy, kdy se tyto mocnosti rozhodly nebýt závislé pouze na Americkém systému a vytvořit si vlastní dostatečně přesné systémy. K odstranění této chyby pak došlo 1. května 2000. V dnešní době ovšem tento systém stále zůstává jediným plně funkčním systémem. (Kumhála 2007)

2.13.1.1 Vesmírná část (SS-Space Segment)

Tvoří ji 24 satelitů a další 3 slouží jako záložní. Tyto satelity stále vysílají signál směrem k zemi. Obíhají na 6 oběžných drahách vzájemně odkloněných o 55°. Na každé dráze jsou rozmístěné družice po 60° ve výšce 20 200 km nad zemským povrchem. Doba oběhu Země je 11 hodin a 58 minut. V současné době je na těchto drahách 32 satelitů. Díky tomu dochází ke zpřesnění signálu vzhledem k možnosti zachycení signálu z více družic najednou. Zároveň slouží jako záložní pro případ poruchy některého z nich. Jsou řízené z pozemních stanic, které sledují pozici satelitů a jejich stav.

Používané frekvence:

- L1 (1 575,42 MHz) – vysílá C/A kód dostupný pro civilní uživatele, P (Y) vojenský kód a L1C kód na budoucí družice Block III.
- L2 (1 176,45 MHz) – vysílá P (Y) a L2C kód na družice Block IIR-M a novější.
- L3 (1 381,05 MHz) – používá se pro monitorování nukleárních zkoušek, startů balistických raket a ostatních pokusů, při kterých vznikne velkou energií infračervené záření.
- L4 (1 379,913 MHz) – testována na dodatečnou ionosférickou korekci.
- L5 (1 176,45 MHz) – návrh pro systém civilní bezpečnosti, první družice poskytující tento signál byla vypuštěna v roce 2008 (Block IIF).

(<http://www.czechspace.cz>, <http://new.glonass-iac.ru/en/GPS/>)

2.13.1.2 Řídící část (CS-Control segment)

Stanice jsou rozmístěné po světě tak, aby bylo možno sledování všech družic v kterémkoli místě na oběžné dráze. Hlavní řídicí stanice je na letecké základně Schriever v Colorado Springs. Odtud jsou v pravidelných intervalech aktualizována navigační data a vysílána k družicím pomocí pozemních antén v dalších stanicích.

2.13.1.3 Uživatelská část (US-User Segment)

Přijímač GPS je základní uživatelská část. Slouží k zachycení signálu vysílaného družicemi a ze získaných údajů vypočítá polohu. K výpočtu polohy jsou používány různé algoritmy. Na použitém algoritmu závisí přesnost výpočtu a výsledná zjištěná poloha. K určení polohy je nutné mít v zorném poli přijímače minimálně tři satelity. Přijímač slouží k zachycení signálu a výpočtu souřadnic z údajů, které nese signál, čili polohu satelitu a čas vyslání zprávy. Dostaneme-li signál ze čtyř družic, je již možno vypočítat i nadmořskou výšku, což sníží chybu a zvýší přesnost. Všeobecně platí pravidlo, čím více satelitů, tím větší možnost redukce odchylky. (Kumhála 2007)

2.13.2 GLONASS

GLONASS je zkratka ruského názvu, který v překladu znamená globální navigační

družicový systém. Jedná se o ruský navigační systém na stejném principu jako GPS. Stejně jako GPS se skládá ze tří částí. Vesmírné, pozemní a uživatelské. Tento systém měl být plně v provozu již v roce 2009. Celkově se vývoj opozdil, kvůli nedostatečné životnosti satelitů a financování projektu. Navíc došlo 12. 5. 2010 ke ztrátě tří satelitů poté, co se nosná raketa nedostala na patřičnou oběžnou dráhu. Jak raketa, tak satelity byly staženy zemskou gravitací a shořely v atmosféře. K datu 17. 3. 2011 je na oběžné dráze 27 satelitů, z toho 22 v provozu. Plocha pokrytí tak činí 99,5% Země.

Oficiálně byl systém uveden do operačního provozu v roce 1993. (<http://new.glonass-iac.ru/en/GLONASS/>)

2.13.2.1 Vesmírná část

Pro plný provoz je potřeba 24 satelitů. Ty jsou ve výšce 19 100 km nad zemí. Obíhají na třech orbitálních rovinách, vzájemně posunutých o 120°. Satelity jsou na oběžných drahách rozmístěny po 45°. Sklon od rovníku činí 64,8°. Doba oběhu je 11 hodin a 15 minut. Satelity vysílají signál:

- L1 (1602.5625 – 1615.5 MHz) - C/A – pro civilisty s přesností horizontálně 57 - 70 m a vertikálně 70 m.

- L2 (1240 – 1260 MHz) - P (high-precision) – původně pro užití pouze pro armádu. V roce 2004 byl zpřístupněn i civilistům

(Kumhála 2007, <http://www.russianspaceweb.com/>)

2.13.3 GALILEO

Vyvíjený evropskou unií jako civilní projekt. Hlavním cílem je dosažení nezávislosti na ostatních navigačních systémech, které jsou řízeny armádou. Přitom má být však plně kompatibilní se systémy GPS a GLONASS. V plném provedení má mít 27 hlavních a 3 záložní satelity. Satelity mají být rozmístěné na třech drahách ve výšce 23 222 km nad zemským povrchem. Sklon satelitů má být 56° od rovníku. Vzhledem k problémům s financováním zatím není jasné kdy a jestli vůbec bude projekt dokončen. (Kumhála 2007)

2.13.4 Čínský navigační systém

V současné době je na orbitu 7 satelitů z plánovaných 30. Projekt by měl být dokončen a plně v provozu v roce 2020 s 30 satelity na orbitu.

2.13.5 Přijímače navigačních signálů

Rozdělení přijímačů podle pásem:

- Jednofrekvenční.
- Dvoufrekvenční, vícefrekvenční (připravují se pro pásmo L5 a kombinaci GPS s GLONASS).

Rozdělení přijímačů podle kanálů:

- Jednokanálové (používané v raných fázích projektu GPS).
- Vícekanálové.

Rozdělení přijímačů podle principu výpočtů:

- Kódová.
- Fázová a kódová.

Přijímače v dnešní době jsou v široké nabídce umožňující různé přesnosti. Pro potřeby navigace souprav po poli, zvláště pak při setí, jsou vyžadovány přesnosti od 5 do 2,5 cm. To vyžaduje jedny z nejpřesnějších navigačních systémů.

2.13.6 Chyby přenosu signálu

Signál je satelitem neustále vysílán bez ohledu na přijímací zařízení. Zároveň v sobě nese informaci o poloze a vyslaném čase. Veškeré údaje musí být naprosto přesné, proto jsou satelity trvale sledovány a upravovány jejich polohy. Přesný čas získávají satelity z atomových hodin, které jsou jejich součástí. Vysílaný signál pak musí projít ionosférou, skrz atmosféru a všechny možné překážky jako například mraky, větve stromů nebo zástavba ve městech. Právě tyto překážky mohou mít za následek odraz signálu popřípadě jeho ztrátu. Pro eliminaci těchto chyb, se snaží každý přijímač chytat signál z co největšího počtu satelitů, aby mohl vyloučit tyto nepřesnosti. (Kumhála 2007, Jirka 2009)

2.14 Systémy pro korekci polohy

2.14.1 DGPS (diferenční GPS)

Jedná se o signál GPS doplněný korekcí ze stabilní pozemní stanice. Pokud jsou tyto dva přijímače dostatečně blízko sebe (to je do 200 km v závislosti na členitosti terénu mezi nimi) lze předpokládat, že zaměřují stejné družice. Jeden z přijímačů je stabilně umístěn na konkrétním zaměřeném bodě (referenční stanice). Tato stanice pak je schopna vypočítat

odchylku mezi přijímaným signálem a její stabilní polohou, která je přesně zeměpisně změřena. Odchylku většinou počítá v reálném čase a vysílá druhému přijímači korekci. Tímto se velice zpřesní stanovení polohy, hlavně díky redukci náhodných chyb v přenosu signálu od družice k mobilnímu přijímači. Nevýhodou zůstává nutnost real-time přenosu. Komunikace mezi družicí a pozemním vysílačem a zároveň mobilním přijímačem, je závislá na nepřímé úměrnosti mezi vzdáleností referenční stanice a mobilního přijímače. (Kumhála 2007, Jirka 2009)

2.14.2 RTK (Real Time Kinematic)

Označení metody sloužící pro určování polohy v reálném čase. „Z referenční aparatury umístěné na bodě o známých souřadnicích se pomocí radiového spojení vysílají data do pohyblivé aparatury, kde se vyhodnocují“ (Kumhála 2007). Tuto metodu lze využít při vzdálenosti referenční stanice od mobilního přijímače do 10 km. Přesnost určení polohy se pak pohybuje od 5 do 20 mm. Pro zvýšení dosahu lze použít internetu nebo GSM sítě. (Kumhála 2007, Jirka 2009)

2.15 Technologie a systémy řízení v zemědělství

Jedná se o technologie asistence nebo přímého řízení stroje po pozemcích. Jednotlivé systémy se liší podle způsobu výpočtu navigační dráhy, přesnosti, možnosti vedení pracovních jízd a zobrazovací techniky.

2.15.1 Manuální navádění

Jedná se o řízení pracovní soupravy člověkem. Ten stroj navádí ve zvolené stopě podle světelné lišty nebo monitoru. Světelná lišta je složena ze soustavy diod, které se rozsvěcují při odchýlení od požadovaného směru jízdy. Čím větší odchylka, tím víc diod s patřičným barevným rozlišením svítí od středu lišty směrem, kterým máme jet. Světelná lišta může být doplněna akustickým signálem. Navádění pomocí monitoru (většinou LCD obrazovka) je mnohem účinnější a přehlednější pro obsluhu. Na monitoru je zobrazena stopa, po které se má pracovní souprava navádět. Díky přehlednému vyobrazení, je pro obsluhu výrazně ulehčené nejen navádění stroje po pozemku, ale i otáčení po souvratích. Zde se výrazně lépe orientuje, kudy vede stopa, po které se má stroj navádět. Další součásti jsou anténa a přijímač signálu. Limitujícím prvkem tohoto systému navádění je obsluha stroje. (Kumhála 2007, Jirka 2009)

Manuální navigace není pro CTF systém vhodná. Její odchylky bývají příliš velké, čímž dochází k přejetí většího prostoru, než je žádoucí.

2.15.2 Automatické navádění

Jedná se o stejný princip jako u manuálního navádění s tím rozdílem, že navigační systém je přímo napojen na řízení soupravy. Řidiče v prostředku z větší části nahrazuje buď řídicí jednotka, nebo elektromotor připevněný k volantu. Řídicí jednotka pomocí polohových snímačů volantu, snímačů natočení kol, hydraulických prvků řízení a spínače aktivace automatického navádění řídí pracovní soupravu. Při odchylce od požadované polohy řídicí jednotka pomocí hydraulických prvků řízení směřuje a navrácí soupravu zpět do správného směru. Řidič při tomto způsobu řízení pouze napomáhá soupravu nasměrovat na souvratích do požadovaného směru. V momentě, kdy pohne volantem, deaktivuje navigátor. Poté nasměruje soupravu do přibližného směru, minimálně pod úhlem 45°, a tlačítkem aktivuje navigátor. Souprava se pak automaticky sama přesně navede do určené stopy a pokračuje v ní. (Kumhála 2007, Jirka 2009)

Pro CTF systém se používají prakticky výhradně právě systémy automatického navádění pomocí DGPS a RTK s požadovanou přesností do 5 cm.

2.15.3 Korekce navigace na svahu

Pro navádění stroje po svahu je nutné brát v potaz naklonění stroje. Vzhledem k umístění antény přijímače, většinou na střeše, může docházet při naklonění stroje k odchylce i přes metr oproti požadované poloze. Zároveň je nutné počítat se zkreslením šířky záběru stroje při jízdě na svahu z pohledu ze shora. Dále je potřeba eliminovat sjíždění strojů ze svahu v bočním směru.

Pro korekci se používají senzory náklonu a přepočet trajektorie. Přívěsné postřikovače, připravované pro použití v precizním zemědělství, jsou vybavovány říditelnou nápravou a druhým přijímačem signálu, který je ve spojení s přijímačem traktoru. (Kumhála 2007, Jirka 2009)

2.16 Přínosy navigačních systémů zemědělských strojů ke snížení zátěže obsluhy

Materiál a metody

Pro měření zatížení obsluhy traktorů byly zakoupeny dvě měřicí soupravy tepové frekvence Polar RSX800CX G (obr. 1). Součástí soupravy je GPS přijímač, který lokalizuje

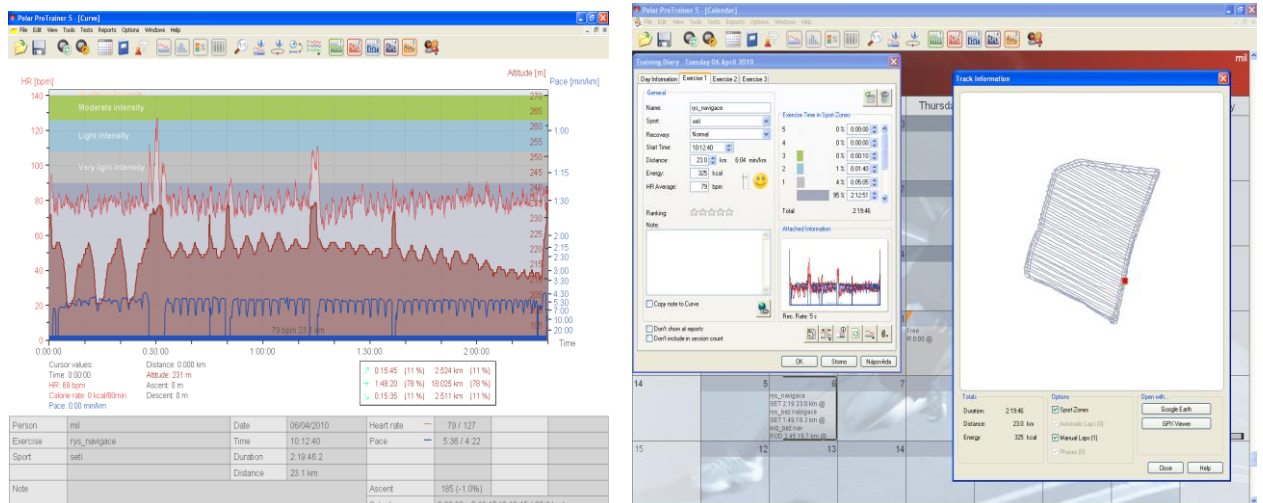
okamžitou polohu osoby v GPS souřadnicích. Data o okamžité poloze a tepová frekvence jsou ukládány do paměti přístroje, ze které se pak jednoduše převedou do PC. Pro měření v polních podmínkách byli vybráni dva řidiči identických traktorových souprav při mělkém kypření půdy a setí. Ani jeden z nich neměl předchozí zkušenost s použitím navigace a asistovaného řízení při obsluze traktoru.

Obrázek 6. Sporttester Polar RS800CX G.

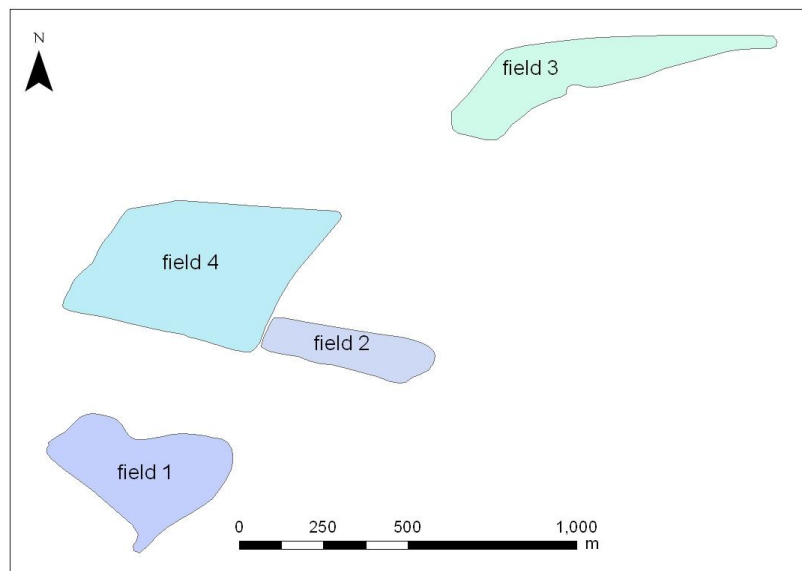


Tato skutečnost však nebyla žádnou překážkou v tomto experimentu. Používali jsme navigaci TRIMBLE s RTK korekcí přesnosti signálu. Aparatura komunikuje s PC pomocí infračerveného portu. Data jsou při práci ukládána v pracovní paměti přístroje. Prohlížení naměřených hodnot umožňuje komunikační software, jehož hlavní stranou je kalendář, ze kterého lze vyvolat jednotlivé pracovní operace zaznamenané chronologicky. Je velice jednoduché identifikovat pracovní operaci a osobu, která operaci prováděla. Je tam uložen krátký protokol pro každý zpracovaný pozemek. Velice jednoduše lze uložit data jako textový soubor. Problém bývá s převodem dat do excelu, neboť data o okamžité poloze stroje a záznam tepové frekvence jsou ukládány separátně.

Obrázek 7. Náhled hlavní stránky komunikačního programu (vlevo) a protokolu záznamu z jednotlivých pozemků (vpravo)



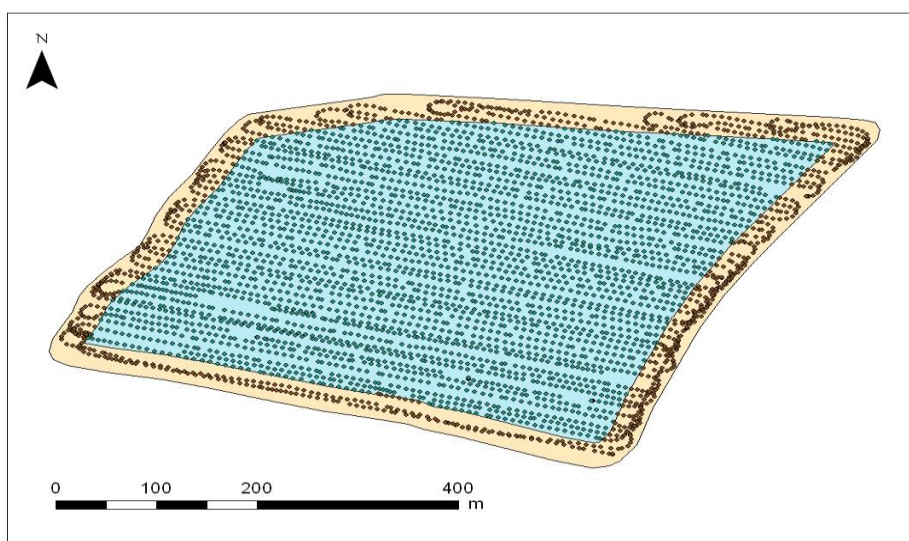
Obrázek 8. Tvar jednotlivých zkušebních pozemků.



Pro vlastní pokus byly vybrány čtyři pozemky, na kterých bylo provedeno měření podle následujícího schématu:

- Pole 1: řidič p. Kříž, mělké kypření půdy, bez navigace,
- Pole 2: řidič p. Kříž, mělké kypření, bez navigace,
- Pole 2: řidič p. Rys, setí, bez navigace,
- Pole 3: řidič p. Rys, setí, bez navigace
- Pole 4: řidič p. Kříž, mělké kypření, s navigací,
- Pole 4. řidič p. Rys, setí, s navigací.

Obrázek 9. Zobrazení měřeného pozemku pomocí GIS včetně míst záznamu a trajektorie pohybu soupravy



Pro hodnocení byl použit program ArcGis. GPS souřadnice míst uložení tepové frekvence nevyužívala vysokou přesnost lokace, nicméně jsou i tak velice důležité, neboť lze rozdělit pracovní plochu na souvratě a produkční plochu. Záznam tepové frekvence se ukládal každé 2 sekundy. Šířka souvratě byla 24 m.

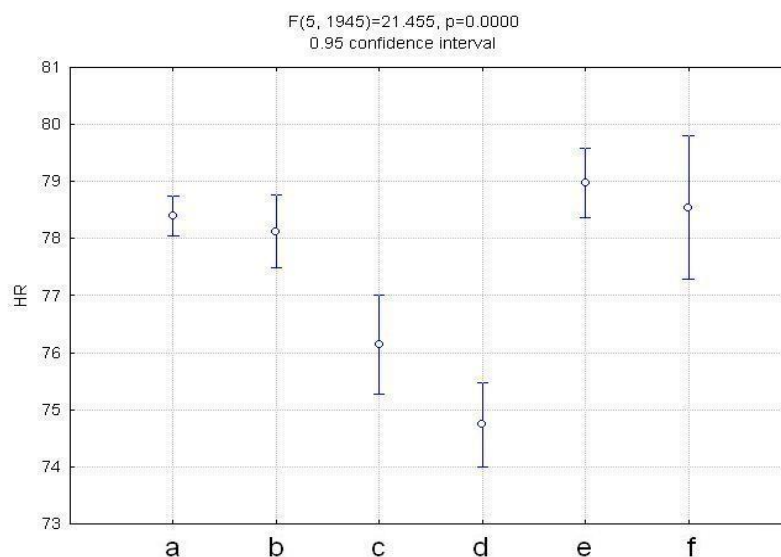
Výsledky a diskuse

Naměřené hodnoty tepové frekvence, podle které lze usuzovat na zátěž obsluhy byly podrobeny statistické analýze a bylo dosaženo následujících výsledků. Při prvním použití navigace došlo ke zvýšení zátěže obsluhy, která byla zaznamenána jako vyšší tepová frekvence. Po delším čase používání, kdy si obsluha na navigaci již zvykla a začala plně využívat výhody, které přináší a došlo ke snížení tepové frekvence obsluhy při pracovní operaci jak na produkční ploše, tak i na souvratích při otáčení soupravy a hledání nové stopy pro navázání pracovního záběru soupravy.

Na obr. 5 a 6 jsou statisticky zpracována naměřená data tepové frekvence řidiče č. 1 a 2. Jak je patrné ze statistického porovnání, jsou zde významné rozdíly mezi hodnotami tepové frekvence při použití navigace a jízd bez navigace. Lze tedy říci, že v tomto případě navigace výrazně snižuje zatížení řidiče, čímž dochází ke snížení únavy a zvýšení výkonnosti při současném zlepšení kvality prováděné pracovní operace (zejména při setí jde o přesné

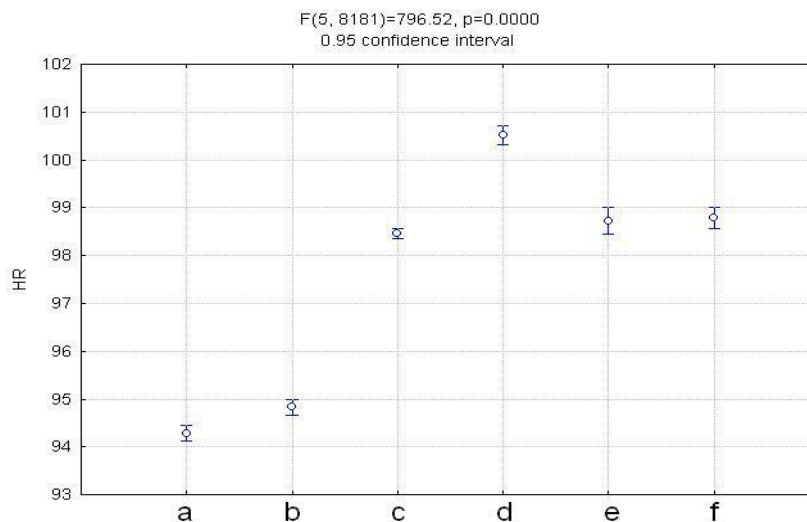
navazování následujících jízd).

Graf 1. Statistické vyhodnocení naměřených hodnot



Legenda řidič č. 1., a - pozemek 4, bez navigace, produkční plocha; b - pozemek 4, bez navigace, souvrať; c - pozemek 2, s navigací, produkční plocha; d - pozemek 2, s navigací, souvrať; e - pozemek 3, bez navigace, produkční plocha, f - pozemek 3, bez navigace, souvrať.

Graf 2. Statistické vyhodnocení naměřených hodnot



Legenda - řidič č. 2., a - pozemek 4, s navigací, produkční plocha; b - pozemek 4, s navigací, souvrať; c - pozemek 2, bez navigace, produkční plocha; d - pozemek 2, bez navigace, souvrať; e - pozemek 3, bez navigace, produkční plocha, f - pozemek 3, bez navigace, souvrať.

Závěr

Zvolené snímače tepové frekvence pracovali v daných podmínkách spolehlivě a získaná data lze zpracovat v GISovských aplikacích. Naměřené rozdíly v tepové frekvenci obsluhy strojní soupravy dané použitím navigace a při jízdách bez použití navigace vykazovaly statisticky významné rozdíly na zvolené hladině významnosti. Lze říci, že použití navigačního zařízení má příznivý vliv na snížení zátěže řidiče a zvýšení výkonnosti a kvality odvedené práce (Mašek, Pronitsyn 2010).

3. Cíl práce

Cílem této práce je zhodnotit vliv technologie CTF na půdu. Posouzení technologie CTF v porovnání s alternativním způsobem obdělávání půdy a jak se projeví nepřejíždění půdy. Hlavním sledovaným a vyhodnocovaným faktorem je objemová hmotnost. Pro objektivnost vyhodnocení byl založen pokus s různými způsoby zpracování půdy, které se následně porovnávaly.

4. Metodika práce

Při provádění experimentálních prací byly použity tyto metody:

- odběr neporušených půdních vzorků a jejich rozbor
- zpracování dat a statistické vyhodnocení.

4.1 Odběr neporušených půdních vzorků a jejich rozbor

Metoda spočívá v odběru neporušených vzorků do Kopeckého válečků. Tyto válečky mají přesně stanovený objem 100 cm^3 a výšku 5 cm. Každý váleček je předem přesně zvážen a označen. Po odebrání vzorku neporušený vzorek zvážíme. Po odečtení hmotnosti válečku jednoduše získáme objemovou hmotnost (víme, že objem zeminy je 100 cm^3).

Odběr vzorků provádíme na předem stanovených odběrových místech. Každé je označeno číslicí a pomocí GPS souřadnic vyznačené na mapě. Na každém bodě byly odebrány vzorky ve stopě a na nepřejetém povrchu (dále označováno jako mimo stopu).

Před odběrem vzorků se vyčistil povrch a vyhloubily díry do požadované hloubky. Odběr byl prováděn v hloubkách 5-10, 10-15, 15- 20 a 20-25 cm. Pro odběr každé hloubky byla vyhotovena nová díra, aby nedošlo k chybě měření utužením hlubší vrstvy předchozím odběrem. Váleček se vtlačuje pomocí násadce svisle shora dolů, plynule, bez viklání, tak dlouho, až sloupec vnikající zeminy převyšuje okraj horní základny válečku asi o 0,5 cm. Po vyjmutí vzorku ze země, bylo přebytečné množství zeminy seříznuto nožem do roviny podstavy válečku. Odloupne-li se část zeminy, nebo je-li ve válečku viditelný větší kámen, je odběr třeba provést znovu. Váleček je zavičkován, zaznamenán a uložen na přepravu do laboratoře.

V laboratoři se válečky odvíčkují, na dolní základně uzavřou kruhovým filtračním papírem a položí na hodinové sklo. Zvážením získáme hmotnost G_A . Po odečtení hmotnosti válečku od G_A a vydělení jeho objemem získáme objemovou hmotnost (Valla a kol. 2006).

4.2 Zpracování dat a statistické vyhodnocení

Naměřená data byla přenesena do tabulkového procesoru Excel. Provedlo se uspořádání dat, odečtení hmotnosti válečků od hmotnosti vzorků a vypočtení objemové hmotnosti. Dále se data připravila pro export do programu Statistica verze 9.1, ve kterém proběhlo další zpracování.

Po importu dat do programu statistika se hodnotily pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu. Pomocí ní testujeme rozdíl mezi průměry několika skupin dat z měření v různých podmínkách. Nejdříve je vyřčena nulová hypotéza, podle které se průměry skupin statisticky významně neliší. Při potvrzení této hypotézy, je analýza ukončena. Pokud ovšem dojde k jejímu zamítnutí, přistupuje se k vyhodnocení, kde se zjišťuje, které skupiny dat se od sebe statisticky významně liší. Analýza je pak doplněna o další hodnocení. Toto hodnocení vypovídá o odchylce rozptylu, zdali se jedná o náhodný jev, nebo jsou data skutečně statisticky významně odlišná. Pro toto zhodnocení je zde využita Tukeyova metoda (T-metoda)

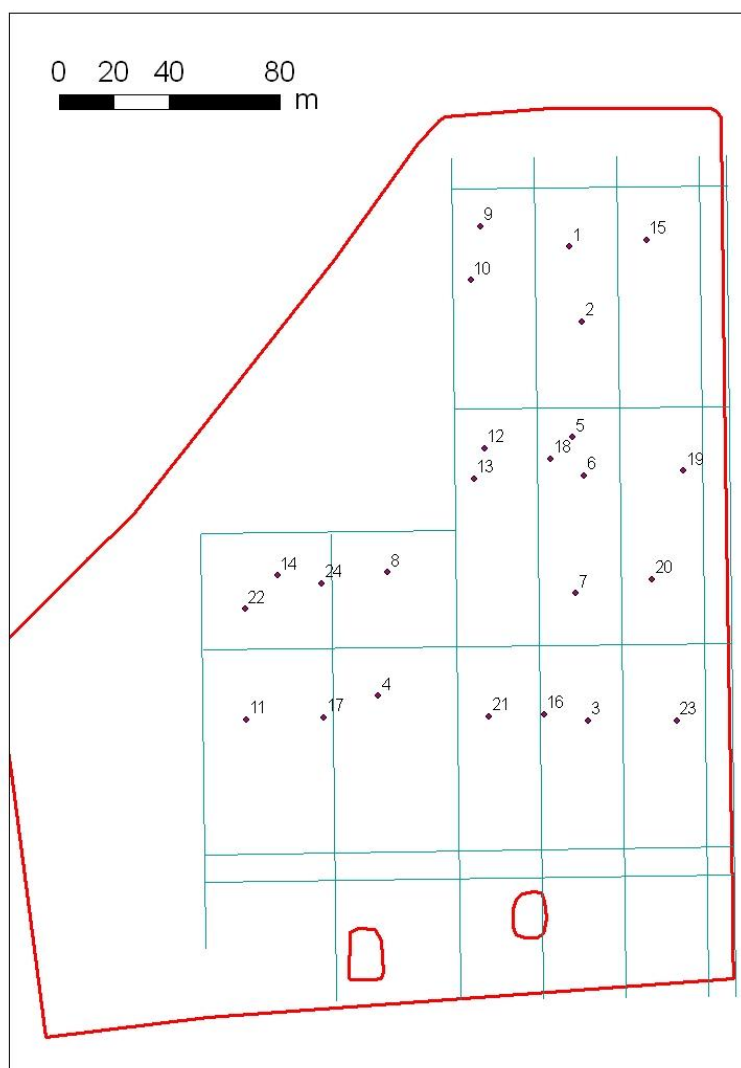
Pro použití analýzy rozptylu je nutné splnit předpoklad, že výběry dat pochází z normálního rozdělení a mají stejný rozptyl. Proto je nutné provést porovnání rozptylů neboli test homogenity.

5. Experimentální část práce a statistické zhodnocení výsledků

5.1 Výchozí podmínky

Experiment se uskutečnil na pozemku v Červeném Újezdu. Byl založen prvním rokem. Na obrázku č.:10 je znázorněn experimentální pozemek.

Obrázek 10. Mapa pozemku s body pro odběr vzorků



V rámci experimentu byly části pozemku zpracovávány různými technologiemi obdělávání půdy. Systém controlled traffic farming byl provozován ve dvou variantách a to s hlubokým (odběrové body č.: 5, 6, 7, 8 a 18) a mělkým kypřením (odběrové body č.: 1, 2, 3,

4 a 16). Pro porovnání byla na pozemku dále klasická minimalizační technologie, kde se sice sledovaly jednotlivé přejezdy, ale nebyly situovány do stejných stop jako u CTF. I v této technologii bylo provedeno zvlášť hluboké (odběrové body č.:12, 13, 14, 22, 24) a mělké kypření (odběrové body č.: 9, 10, 11, 17 a 21). Odběr byl prováděn v hloubkách 5-10, 10-15, 15- 20 a 20-25 cm.

Jednotlivé technologie byly označeny zkráceně římskými číslicemi od I do IV (viz. tab.:2).

Tabulka 2. Zkratky technologií

Technologie:	Zkratka:
CTF mělké kypření	I
Mělké kypření	II
CTF hluboké kypření	III
Hluboké kypření	IV

5.2 Vypočtené hodnoty

Tabulka 3. Vypočtené hodnoty objemové hmotnosti mimo stopu

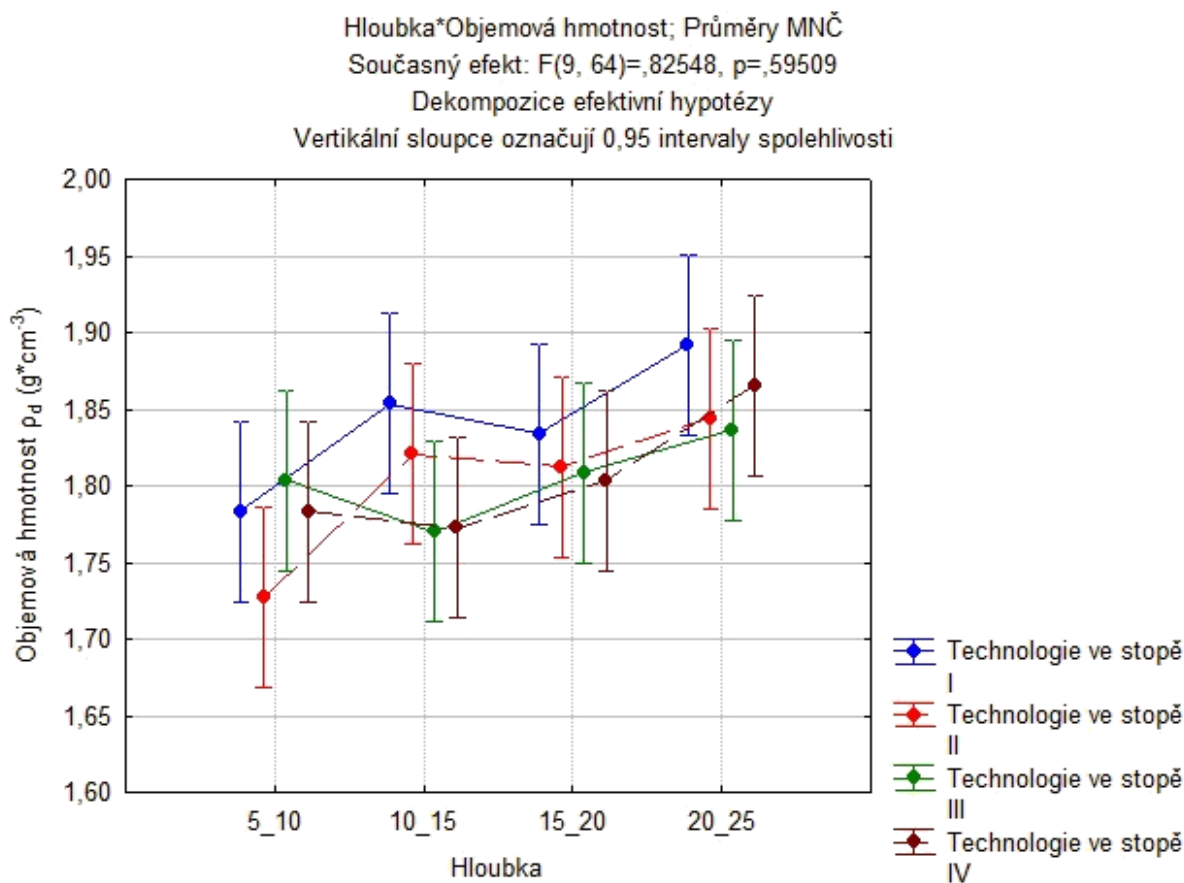
Hloubka (cm)	Objemová hmotnost ρ_d (g.cm ⁻³)			
	I	II	III	IV
5_10	1,446	1,425	1,362	1,473
5_10	1,443	1,481	1,361	1,401
5_10	1,411	1,307	1,352	1,305
5_10	1,317	1,383	1,481	1,305
10_15	1,427	1,365	1,424	1,483
10_15	1,490	1,486	1,437	1,394
10_15	1,406	1,451	1,431	1,407
10_15	1,394	1,412	1,458	1,379
15_20	1,475	1,422	1,495	1,454
15_20	1,457	1,518	1,409	1,447
15_20	1,446	1,431	1,449	1,452
15_20	1,358	1,493	1,441	1,451
20_25	1,574	1,511	1,494	1,468
20_25	1,582	1,553	1,425	1,456
20_25	1,466	1,433	1,476	1,465
20_25	1,491	1,462	1,421	1,517

Tabulka 4. Vypočtené hodnoty objemové hmotnosti ve stopě

Hlobka (cm)	Objemová hmotnost ρ_d (g.cm ⁻³)			
	I	II	III	IV
5_10	1,813	1,827	1,907	1,813
5_10	1,789	1,864	1,884	1,789
5_10	1,796	1,703	1,761	1,796
5_10	1,728	1,512	1,678	1,728
5_10	1,791	1,727	1,789	1,791
10_15	1,908	1,957	1,831	1,778
10_15	1,837	1,850	1,775	1,802
10_15	1,840	1,728	1,838	1,761
10_15	1,804	1,749	1,635	1,783
10_15	1,878	1,821	1,773	1,738
15_20	1,878	1,879	1,854	1,772
15_20	1,756	1,855	1,774	1,842
15_20	1,774	1,721	1,713	1,823
15_20	1,822	1,795	1,818	1,789
15_20	1,939	1,812	1,882	1,792
20_25	1,958	1,896	1,839	1,882
20_25	1,860	1,940	1,846	1,897
20_25	1,870	1,767	1,840	1,861
20_25	1,871	1,773	1,827	1,835
20_25	1,902	1,844	1,829	1,855

5.3 Hodnocení měření objemové hmotnosti ve stopě

Graf 3. Závislost změny objemové hmotnosti na hloubce u jednotlivých technologií ve stopě



5.3.1 Hodnocení změny objemové hmotnosti v jednotlivých hloubkách

V grafu č.:3 je vyhodnocena změna objemové hmotnosti u jednotlivých technologií v závislosti na hloubce. Na první pohled je patrné, že se s rostoucí hloubkou mírně zvyšuje objemová hmotnost. Statistická významnost je dále zhodnocena v následujících tabulkách.

5.3.1.1 Technologie CTF s mělkým kypřením (I)

Při hodnocení analýzy rozptylu, byl zjištěn parametr F o hodnotě 4,10. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,024$. Hodnota p je nižší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž nemůžeme potvrdit nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α nejméně jedna z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší.

Podrobnějším vyšetřením pomocí Tukeyova HDS testu (T-metoda) (tab. č.:5) je potvrzena alternativní hypotéza. Mezi hloubkami 5-10 a 20- 25 cm je statisticky významný rozdíl. Mezi ostatními dvojicemi statisticky významný rozdíl není.

Tabulka 5. Tukeyův HSD test; technologie I ve stopě

Tukeyův HSD test; technologie I Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00250, sv = 16,000				
Č. buňky	Hloubka	Objemová hmotnost _d (g.cm ⁻³) Průměr	1	2
1	5_10	1,78332	****	
3	15_20	1,83374	****	****
2	10_15	1,85334	****	****
4	20_25	1,89218		****

5.3.1.2 Technologie náhodných přejezdů s mělkým kypřením (II)

Velikost parametru F je v tomto případě rovna 1,43. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,271$. Hodnota p je výrazně vyšší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α žádná z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší.

To dokazuje i provedený Tukeyův test (tab. č.:6)

Tabulka 6. Tukeyův HSD test; technologie II ve stopě

Tukeyův HSD test technologie II Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00917, sv = 16,000				
Č. buňky	Hloubka	Objemová hmotnost _d (g.cm ⁻³) Průměr	1	
1	5_10	1,72675	****	
3	15_20	1,81230	****	
2	10_15	1,82085	****	
4	20_25	1,84387	****	

5.3.1.3 Technologie CTF s hlubokým kypřením (III)

Velikost parametru F je v tomto případě rovna 0,73. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,547$. Hodnota p je výrazně vyšší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α žádná z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší.

To dokazuje i provedený Tukeyův test (tab. č.:7)

Tabulka 7. Tukeyův HSD test; technologie III ve stopě

Tukeyův HSD test; technologie III Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00498, sv = 16,000			
Č. buňky	Hloubka	Objemová hmotnost _d (g.cm ⁻³) Průměr	1
2	10_15	1,77020	****
1	5_10	1,80370	****
3	15_20	1,80842	****
4	20_25	1,83616	****

5.3.1.4 Technologie náhodných přejezdů s hlubokým kypřením (IV)

Parametr F = 11,51. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti p = 0,000. Hodnota p je výrazně nižší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme alternativní hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α alespoň jedna z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně liší.

Podrobnějším vyšetřením pomocí Tukeyova HSD testu (T-metoda) (tab. č.:8) je alternativní hypotéza potvrzena. Mezi hloubkami 5-10, 10-15, 15-20 a 20- 25 cm je statisticky významný rozdíl. Statisticky významný rozdíl není mezi hloubkami 5-10, 10-15 a 15-20 cm.

Tabulka 8. Tukeyův HSD test; technologie IV ve stopě

Tukeyův HSD test; technologie IV Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00075, sv = 16,000				
Č. buňky	Hloubka	Objemová hmotnost _d (g.cm ⁻³) Průměr	1	2
2	10_15	1,77260	****	
1	5_10	1,78332	****	
3	15_20	1,80352	****	
4	20_25	1,86576		****

Z hodnocení vlivu jednotlivých technologií na změnu objemové hmotnosti v závislosti na hloubce vyplývá původní předpoklad, že s rostoucí hloubkou se zvyšuje objemová hmotnost. Hodnota objemové hmotnosti se zvýší v průměru o 0,1 g.cm⁻³. Nejvyšší průměrná hodnota objemové hmotnosti byla naměřena u technologie CTF s mělkým kypřením a to 1,89 g.cm⁻³ v hloubce 20- 25 cm. Nejnižší průměrná hodnota byla vypočtena u technologie náhodných přejezdů s mělkým kypřením a to 1,72 g.cm⁻³ v hloubce 5-10 cm.

5.3.2 Hodnocení změny objemové hmotnosti při využití různých technologií v jednotlivých hloubkách

Z grafu č.:3 lze dále vyčíst, jaký vliv mají jednotlivé technologie na objemovou hmotnost v jednotlivých hloubkách.

5.3.2.1 Hloubka 5 až 10 cm

Velikost parametru F je v tomto případě rovna 0,74. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,545$. Hodnota p je výrazně vyšší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α žádná z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší.

To dokazuje i provedený Tukeyův test (tab. č.:9)

Tabulka 9. Tukeyův HSD test; hloubka 5 až 10 cm ve stopě

Tukeyův HSD test; 5_10 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00744, sv = 16,000			
Č. buňky	Technologie ve stopě	Objemová hmotnost _d (g.cm ⁻³) Průměr	1
2	II	1,72675	****
4	IV	1,78332	****
1	I	1,78332	****
3	II	1,80370	****

5.3.2.2 Hloubka 10 až 15 cm

Tabulka 10. Tukeyův HSD test; hloubka 10 až 15 cm

Tukeyův HSD test; 10_15 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00430, sv = 16,000			
Č. buňky	Technologie ve stopě	Objemová hmotnost _d (g.cm ⁻³) Průměr	1
3	II	1,77020	****
4	IV	1,77260	****
2	II	1,82085	****
1	I	1,85334	****

Velikost parametru F je v tomto případě rovna 1,88. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,174$. Hodnota p je výrazně vyšší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α žádná z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší. To dokazuje i provedený Tukeyův test (tab. č.:10)

5.3.2.3 Hloubka 15 až 20 cm

Velikost parametru F je v tomto případě rovna 0,24. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,865$. Hodnota p je výrazně vyšší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α žádná z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší.

To dokazuje i provedený Tukeyův test (tab. č.:11)

Tabulka 11. Tukeyův HSD test; hloubka 15 až 20 cm

Tukeyův HSD test; 15_20 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00366, sv = 16,000			
Č. buňky	Technologie ve stopě	Objemová hmotnost _d (g.cm ⁻³) Průměr	1
4	IV	1,80352	****
3	II	1,80842	****
2	II	1,81230	****
1	I	1,83374	****

5.3.2.4 Hloubka 20 až 25 cm

Velikost parametru F je v tomto případě rovna 1,58. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,234$. Hodnota p je výrazně vyšší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α žádná z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší.

To dokazuje i provedený Tukeyův test (tab. č.:12)

Tabulka 12. Tukeyův HSD test; hloubka 20 až 25 cm

Tukeyův HSD test; 20_25 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00201, sv = 16,000			
Č. buňky	Technologie ve stopě	Objemová hmotnost _d (g.cm ⁻³) Průměr	1
3	II	1,83616	****
2	II	1,84387	****
4	IV	1,86576	****
1	I	1,89218	****

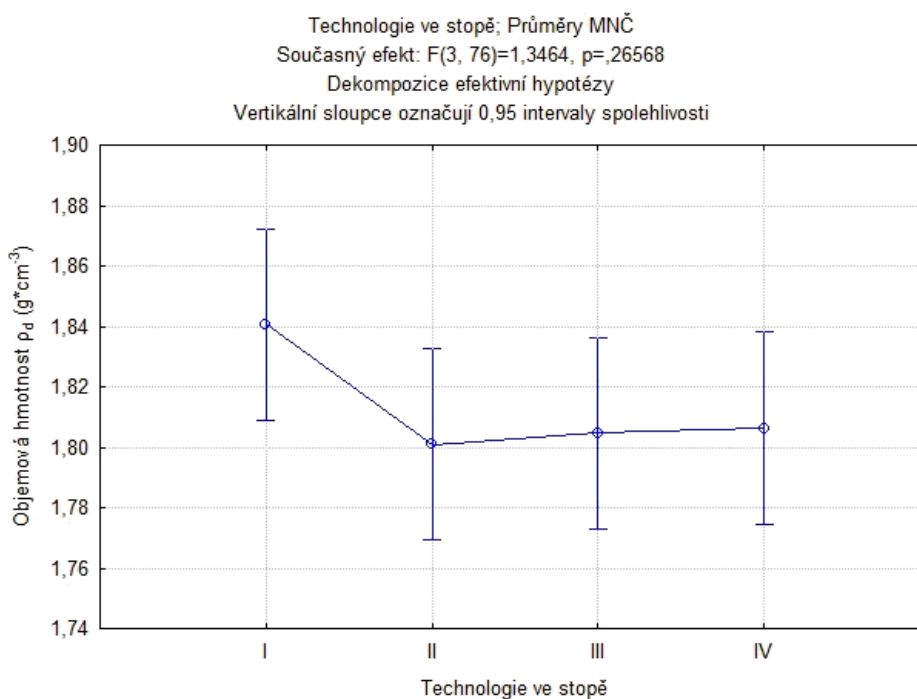
Z hodnocení vlivu jednotlivých technologií na objemovou hmotnost v jednotlivých hloubkách vyplývá, že se statisticky významně neliší. Měření bylo provedeno v prostoru opakovaně zhutňovaným přejezdy mechanizace. To ukazuje, že víckrát přejetá plocha při jednotlivých technologiích má stejnou reakci bez významného ovlivnění zpracováním půdy.

Výsledky jsou navíc ovlivněny tím, že experiment probíhá prvním rokem. Vzhledem k biologické podstatě experimentu se mohou výraznější změny projevit až po delší době.

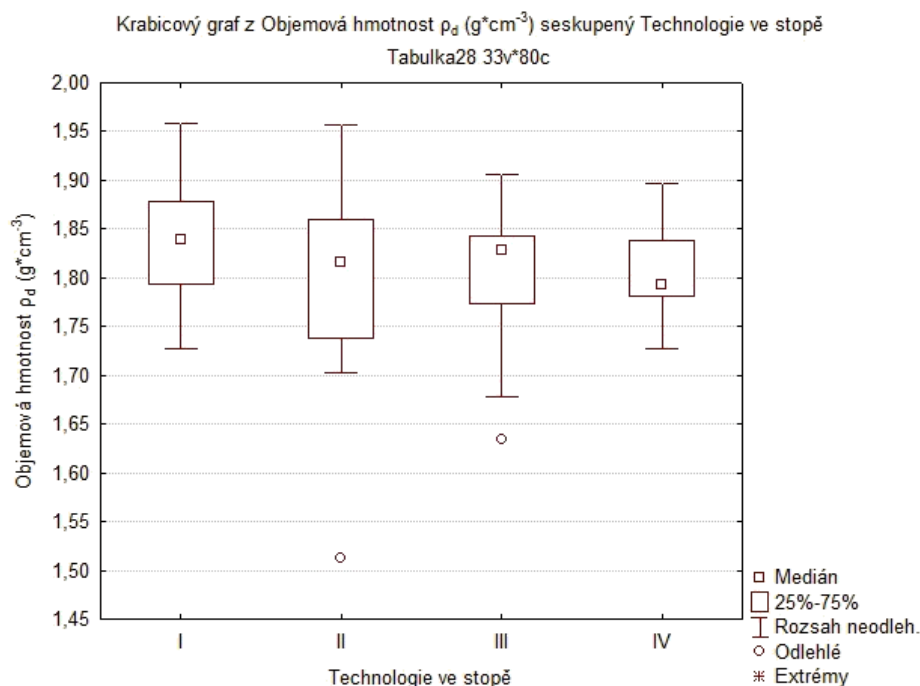
5.3.3 Celkový efekt jednotlivých technologií na redukci objemové hmotnosti

V grafu č.:4 je zobrazen celkový efekt jednotlivých technologií na redukci objemové hmotnosti. Na první pohled je zřejmé, že se jednotlivé technologie liší velmi málo. Byly hodnoceny 4 varianty použitých technologií, každá varianta byla hodnocena u pěti odebraných vzorků ve čtyřech hloubkách.

Graf 4. Závislost objemové hmotnosti na jednotlivých technologiích (ve stopě)



Graf 5. Krabicový graf (objemová hmotnost v závislosti na technologii) ve stopě



Z krabicového diagramu (graf č.:5) je patrné, že průběh mediánů je bez výraznější odchylky.

Hodnota F-testu je 1,35. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,27$. Hodnota p je výrazně vyšší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α ani jedna z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší.

To dokazuje i Tukeyův HSD test v tabulce č.:13.

Tabulka 13. Tukeyův HSD test; Závislost objemové hmotnosti na jednotlivých technologiích (ve stopě)

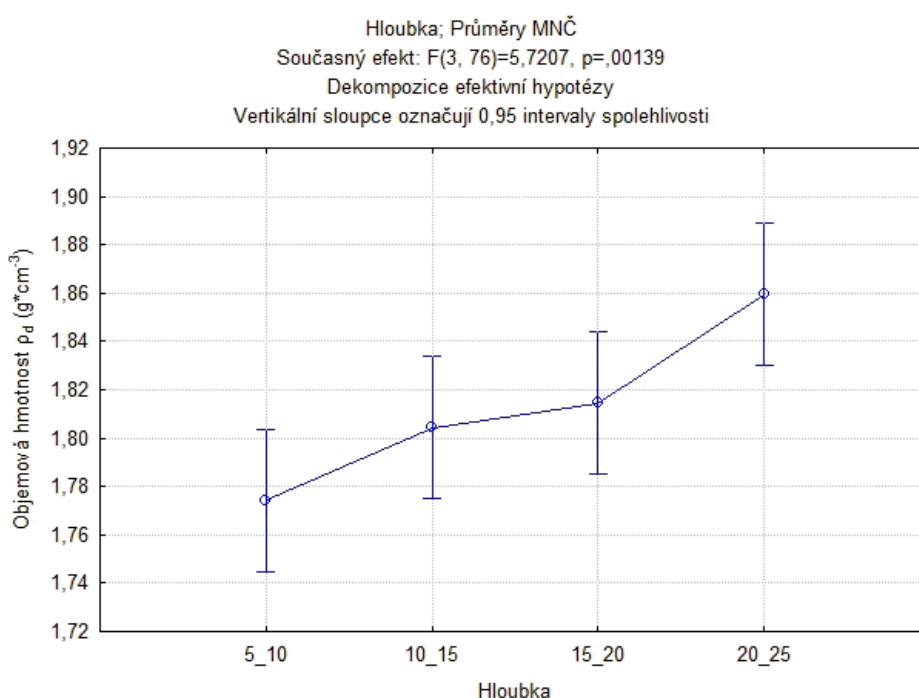
Tukeyův HSD test Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. FČ = ,00507, sv = 76,000			
Č. buňky	Technologie ve stopě	Objemová hmotnost ρ_d ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) Průměr	1
2	II	1,80094	****
3	II	1,80462	****
4	IV	1,80630	****
1	II	1,84064	****

Původní očekávání bylo, že se jednotlivé varianty zpracování půdy budou lišit a to poměrně významně. Je ale nutno brát v potaz, že experiment trval zatím pouze jeden rok. Je tedy pravděpodobné, že se tyto změny zatím nemohly projevit.

5.3.4 Hodnocení celkové změny objemové hmotnosti v závislosti na hloubce

Dále byla hodnocena celková (pro všechny technologie zároveň) změna objemové hmotnosti v rámci horizontu (graf č.:6). Již na první pohled je patrný výrazný rozdíl mezi jednotlivými horizonty, zvláště mezi hloubkou 5- 10 a 20- 25 cm.

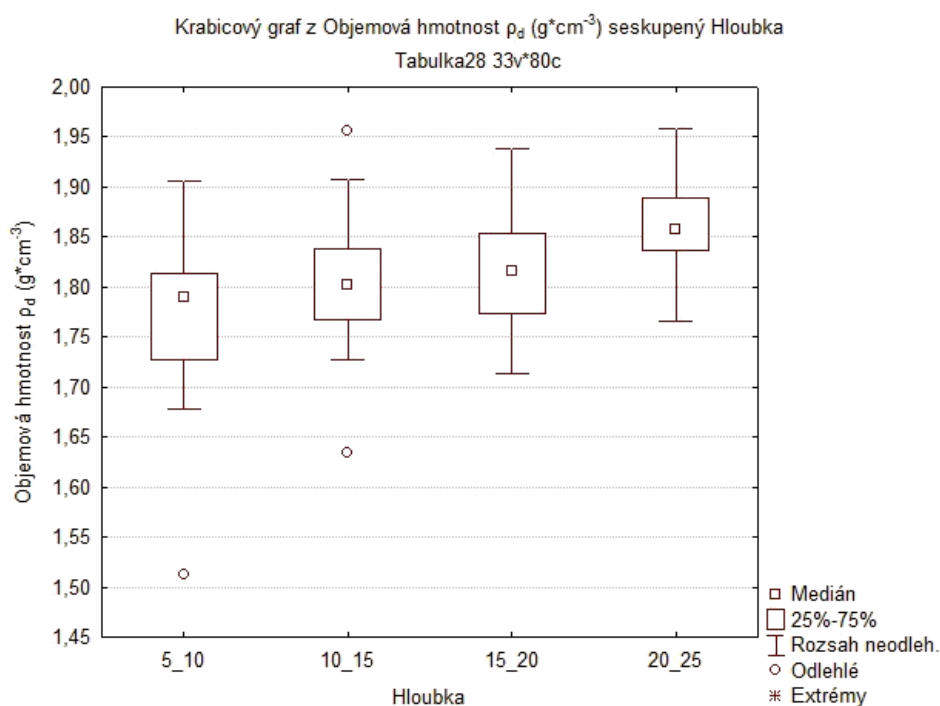
Graf 6. Závislost objemové hmotnosti na hloubce (ve stopě)



Z krabicového diagramu (graf č.:7) je patrné, že průběh mediánů má rostoucí charakter a soubor hodnot se příliš neoddaluje od průměru a rostoucího trendu.

Z výsledků analýzy rozptylu vychází F hodnota o velikosti 5,72. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,001$. Hodnota p je výrazně nižší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme alternativní hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α nejméně jedna z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně liší.

Graf 7. Krabicový graf (objemová hmotnost v závislosti na hloubce) ve stopě



Podle Tukeyova HSD testu (tab. č.:14), je statisticky významný rozdíl mezi hloubkou 10- 15 a 20-25 stejně jako mezi hloubkami 5- 10 a 20- 25. Mezi hloubkami 15- 20 a 20-25 statisticky významný rozdíl není stejně jako mezi hloubkami 5-10, 10-15 a 15- 20.

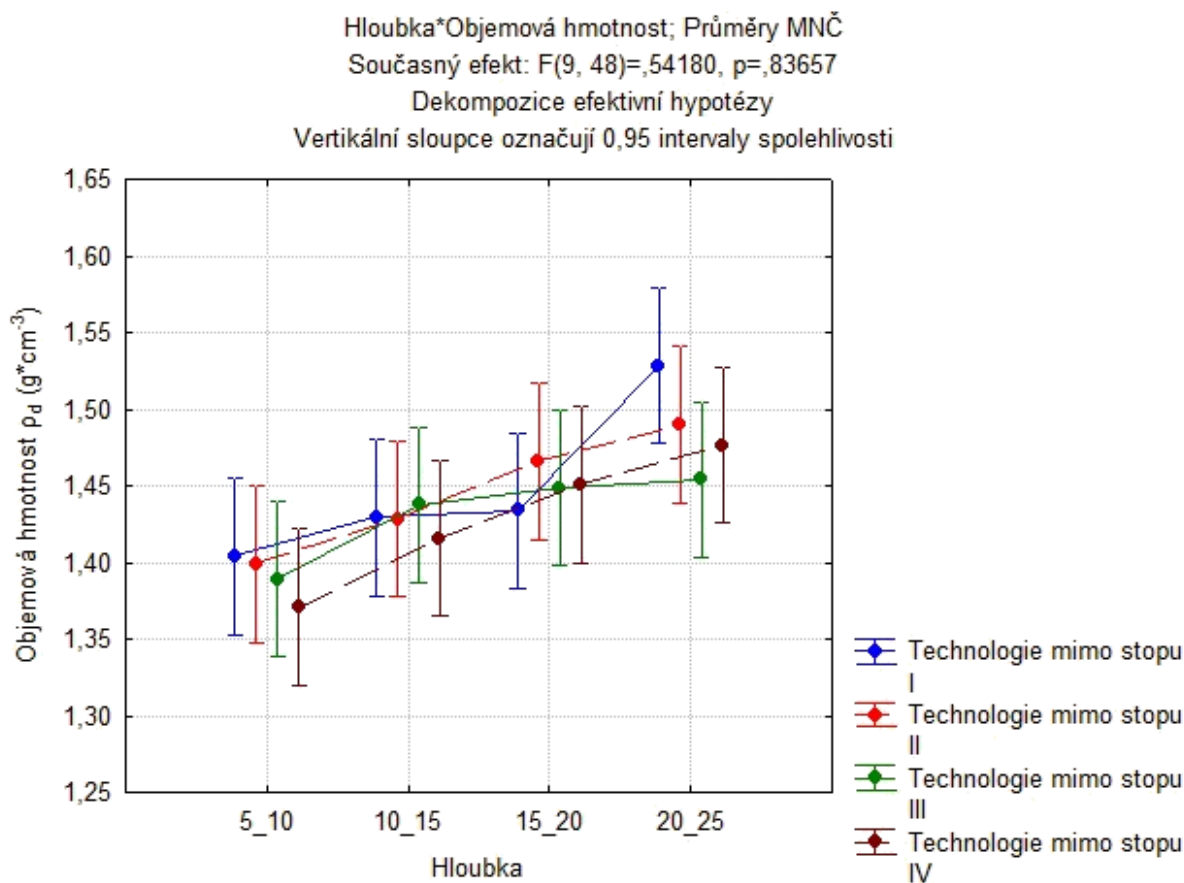
Tabulka 14. Tukeyův HSD test; Závislost objemové hmotnosti na hloubce (ve stopě)

Tukeyův HSD test				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. FČ = ,00436, sv = 76,000				
Č. buňky	Hloubka	Objemová hmotnost ρ_d ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	1	2
		Průměr		
1	5_10	1,77427	****	
2	10_15	1,80424	****	
3	15_20	1,81449	****	****
4	20_25	1,85949		****

Z hodnocení vlivu jednotlivých technologií na změnu celkové objemové hmotnosti v závislosti na hloubce vyplývá původní předpoklad, že s rostoucí hloubkou se zvyšuje objemová hmotnost. Hodnota objemové hmotnosti se zvýší v průměru o $0,1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

5.4 Hodnocení měření objemové hmotnosti mimo stopu

Graf 8. Závislost objemové hmotnosti na hloubce u jednotlivých technologií mimo stopu



5.4.1 Hodnocení změny objemové hmotnosti v jednotlivých hloubkách

V grafu č.:8 je vyhodnocena změna objemové hmotnosti u jednotlivých technologií mimo stopu v závislosti na hloubce. Na první pohled je patrné, že se s rostoucí hloubkou zvyšuje objemová hmotnost. Statistická významnost je zhodnocena v následujících tabulkách.

5.4.1.1 Technologie CTF s mělkým kypřením (I)

Při hodnocení analýzy rozptylu byl zjištěn parametr F o hodnotě 4,087. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,033$. Hodnota p není výrazně nižší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž nevylučujeme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α nejméně jedna z dvojic porovnávaných dvojic průměrů statisticky významně neliší. Je nutno provést podrobnější vyhodnocení.

Podrobnějším vyšetřením pomocí Tukeyova HDS testu (T-metoda) (tab. č.:15) je alternativní hypotéza potvrzena. Mezi hloubkami 5- 10 a 20- 25 cm je statisticky významný

rozdíl. Mezi ostatními dvojicemi statisticky významný rozdíl není.

Tabulka 15. Tukeyův HSD test; technologie I mimo stopu

Tukeyův HSD test; technologie I Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. \overline{FC} = ,00291, sv = 12,000				
Č. buňky	Hloubka mimo stopu	Objemová hmotnost ρ_d (g.cm ⁻³) Průměr	1	2
1	5_10	1,40400	****	
2	10_15	1,42917	****	****
3	15_20	1,43382	****	****
4	20_25	1,52810		****

5.4.1.2 Technologie náhodných přejezdů s mělkým kypřením (II)

Velikost parametru F je v tomto případě rovna 1,97. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,172$. Hodnota p je výrazně vyšší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α žádná z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší.

To dokazuje i provedený Tukeyův test (tab. č.:16)

Tabulka 16. Tukeyův HSD test; technologie II mimo stopu

Tukeyův HSD test; technologie II Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. \overline{FC} = ,00328, sv = 12,000			
Č. buňky	Hloubka mimo stopu	Objemová hmotnost ρ_d (g.cm ⁻³) Průměr	1
1	5_10	1,39880	****
2	10_15	1,42845	****
3	15_20	1,46592	****
4	20_25	1,48977	****

5.4.1.3 Technologie CTF s hlubokým kypřením (III)

Velikost parametru F je v tomto případě rovna 2,14. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,148$. Hodnota p je výrazně vyšší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α žádná z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší.

To dokazuje i provedený Tukeyův test (tab. č.:17)

Tabulka 17. Tukeyův HSD test; technologie III mimo stopu

Tukeyův HSD test; technologie III Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. \overline{FC} = ,00164, sv = 12,000			
Č. buňky	Hloubka mimo stopu	Objemová hmotnost _d (g.cm ⁻³) Průměr	1
1	5_10	1,38895	****
2	10_15	1,43770	****
3	15_20	1,44857	****
4	20_25	1,45392	****

5.4.1.4 Technologie náhodných přejezdů s hlubokým kypřením (IV)

Parametr $F = 3,49$. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,050$. Hodnota p má v stejnou stanovená hodnota $\alpha = 0,05$, takže nevylučujeme ani nepotvrzujeme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α nejméně jedna z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší. Je nutno provést podrobnější vyhodnocení.

Podrobnějším vyšetřením pomocí Tukeyova HSD testu (T-metoda) (tab. č.:18) je alternativní hypotéza potvrzena. Mezi hloubkami 5- 10 a 20- 25 cm je statisticky významný rozdíl. Mezi ostatními dvojicemi statisticky významný rozdíl není.

Tabulka 18. Tukeyův HSD test; technologie IV mimo stopu

Tukeyův HSD test; technologie IV Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. \overline{FC} = ,00240, sv = 12,000				
Č. buňky	Hloubka mimo stopu	Objemová hmotnost _d (g.cm ⁻³) Průměr	1	2
1	5_10	1,37087	****	
2	10_15	1,41575	****	****
3	15_20	1,45082	****	****
4	20_25	1,47645		****

5.4.2. Hodnocení změny objemové hmotnosti při využití různých technologií v jednotlivých hloubkách

Z grafu č.:8 lze dále vyčíst, stejně jako u varianty ve stopě, jaký vliv mají jednotlivé technologie na objemovou hmotnost v jednotlivých hloubkách.

5.4.2.1 Hloubka 5 až 10 cm

Velikost parametru F je v tomto případě rovna 0,17. Této hodnotě odpovídá vypočtená

hladina významnosti $p = 0,911$. Hodnota p je výrazně vyšší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α žádná z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší.

To dokazuje i provedený Tukeyův test (tab. č.:19)

Tabulka 19. Tukeyův HSD test; hloubka 5 až 10 cm mimo stopu

Tukeyův HSD test; 5_10 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00487, sv = 12,000			
Č. buňky	Technologie mimo stopu	Objemová hmotnost ρ_d (g.cm ⁻³) Průměr	1
4	IV	1,37087	****
3	II	1,38895	****
2	II	1,39880	****
1	I	1,40400	****

5.4.2.2 Hloubka 10 až 15 cm

Velikost parametru F je v tomto případě rovna 0,19. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,901$. Hodnota p je výrazně vyšší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α žádná z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší.

To dokazuje i provedený Tukeyův test (tab. č.:20)

Tabulka 20. Tukeyův HSD test; hloubka 10 až 15 cm mimo stopu

Tukeyův HSD test; 10_15 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00172, sv = 12,000			
Č. buňky	Technologie mimo stopu	Objemová hmotnost ρ_d (g.cm ⁻³) Průměr	1
4	IV	1,41575	****
2	II	1,42845	****
1	I	1,42917	****
3	II	1,43770	****

5.4.2.3 Hloubka 15 až 20 cm

Velikost parametru F je v tomto případě rovna 0,446. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,725$. Hodnota p je výrazně vyšší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α žádná z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší.

To dokazuje i provedený Tukeyův test (tab. č.:21)

Tabulka 21. Tukeyův HSD test; hloubka 15 až 20 cm mimo stopu

Tukeyův HSD test; 15_20 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00155, sv = 12,000			
Č. buňky	Technologie mimo stopu	Objemová hmotnost _d (g.cm ⁻³) Průměr	1
1	II	1,43382	****
3	II	1,44857	****
4	IV	1,45082	****
2	II	1,46592	****

5.4.2.4 Hloubka 20 až 25 cm

Velikost parametru F je v tomto případě rovna 1,86. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,191$. Hodnota p je výrazně vyšší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α žádná z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší.

To dokazuje i provedený Tukeyův test (tab. č.:22)

Tabulka 22. Tukeyův HSD test; hloubka 20 až 25 cm mimo stopu

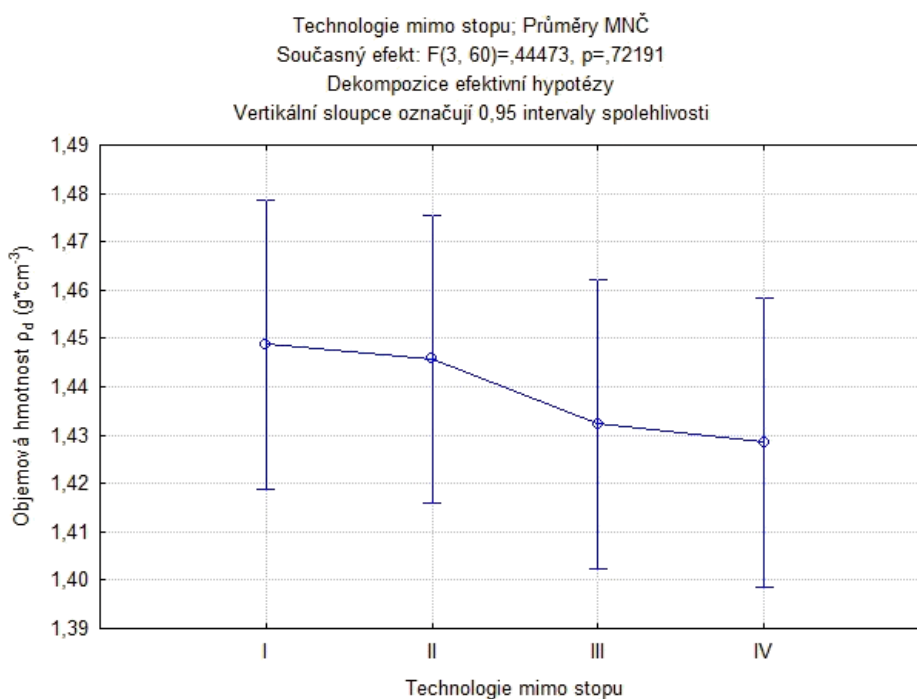
Tukeyův HSD test; 20_25 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00209, sv = 12,000			
Č. buňky	Technologie mimo stopu	Objemová hmotnost _d (g.cm ⁻³) Průměr	1
3	II	1,45392	****
4	IV	1,47645	****
2	II	1,48977	****
1	I	1,52810	****

Z hodnocení vlivu technologií na objemovou hmotnost v jednotlivých hloubkách vyplývá, že se statisticky významně neliší. Jedná se o měření v prostoru nezátíženém přejezdy mechanizace. Vzhledem k biologické podstatě experimentu se mohou výraznější změny projevit až po delší době.

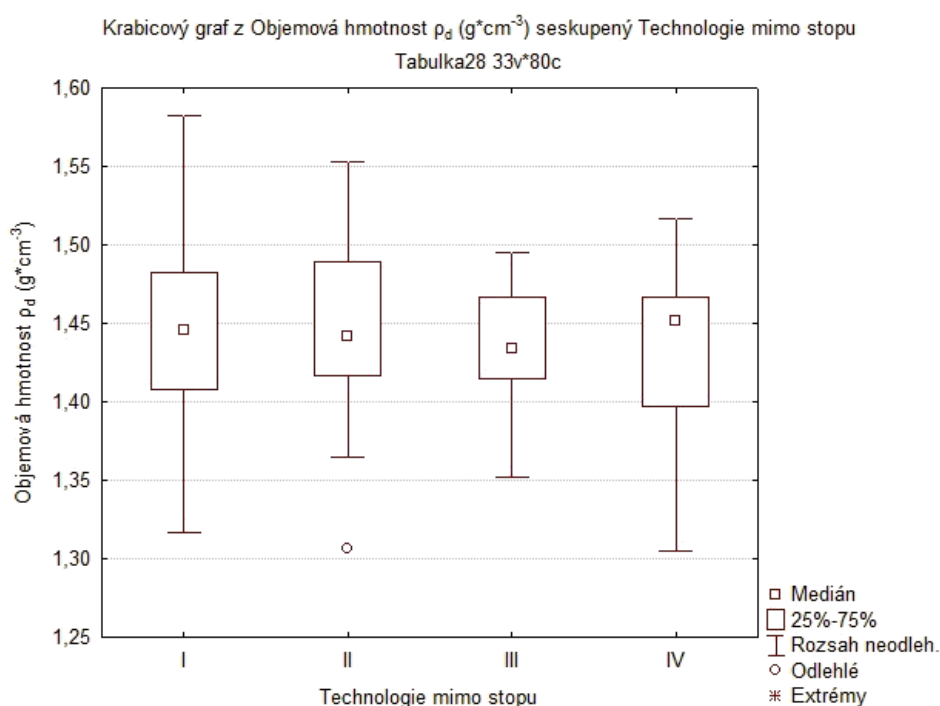
5.4.3 Celkový efekt jednotlivých technologií na redukci objemové hmotnosti

V grafu č.:9 je statisticky vyhodnocen efekt jednotlivých technologií na redukci objemové hmotnosti. Na první pohled je zřejmé, že se jednotlivé technologie liší velmi málo. Byly hodnoceny čtyři varianty použitých technologií, každá varianta hodnocena u čtyř odebraných vzorků.

Graf 9. Závislost objemové hmotnosti na jednotlivých technologiích (mimo stopu)



Graf 10. Krabicový graf (objemová hmotnost v závislosti na technologii) mimo stopu



Z krabicového diagramu (graf č.:10) je patrné, že průběh mediánů je bez výraznější odchylky.

Hodnota F-testu je 0,44. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti

$p = 0,722$. Hodnota p je výrazně vyšší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme nulovou hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α ani jedna z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně neliší. To potvrzuje i Tukeyův HSD test v tabulce č.:23.

Tabulka 23. Tukeyův HSD test; Závislost objemové hmotnosti na jednotlivých technologiích (mimo stopu)

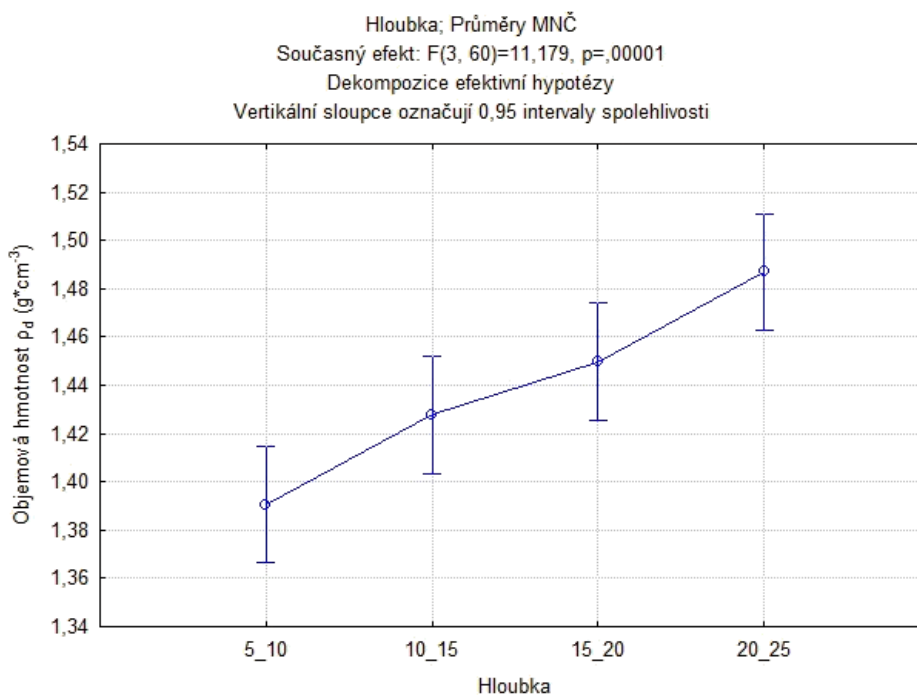
Tukeyův HSD test Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. $\overline{FC} = ,00356$, $sv = 60,000$			
Č. buňky	Technologie mimo stopu	Objemová hmotnost ρ_d (g.cm ⁻³) Průměr	1
4	IV	1,42847	****
3	II	1,43228	****
2	II	1,44573	****
1	I	1,44877	****

Stejně jako u výsledků z měření ve stopě, se jednotlivé varianty zpracování půdy pravděpodobně nestihly za jeden rok výrazně projevit.

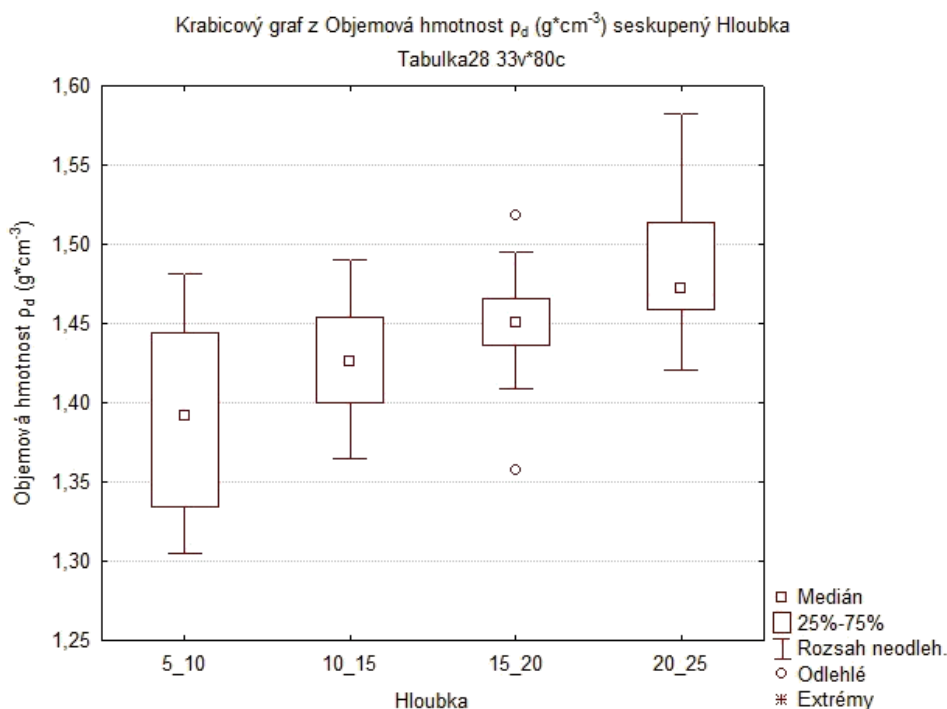
5.4.4 Hodnocení celkové změny objemové hmotnosti v závislosti na hloubce

Dále byla hodnocena změna objemové hmotnosti v rámci horizontu (graf č.:11). Již na první pohled je patrný výrazný rozdíl mezi jednotlivými horizonty, zvláště mezi hloubkou 5-10 a 20- 25 cm.

Graf 11. Závislost objemové hmotnosti na hloubce (mimo stopu)



Graf 12. Krabicový graf (objemová hmotnost v závislosti na hloubce) mimo stopu



Z krabicového diagramu (graf č.:12) je zřejmé, že průběh mediánů má rostoucí charakter a soubor hodnot se příliš neoddaluje od průměru a rostoucího trendu.

Hodnota F-testu má hodnotu 11,18. Této hodnotě odpovídá vypočtená hladina významnosti $p = 0,000$. Hodnota p je výrazně nižší než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ čímž přijímáme alternativní hypotézu, podle které se na zmíněné hladině α nejméně jedna z dvojic porovnávaných průměrů statisticky významně liší.

Podle Tukeyova HSD testu (tab. č.:24), je statisticky významný rozdíl mezi hloubkami 5-10 a 15-20, 10-15 a 20-25, 5-10 a 20-25. Mezi hloubkami 10-15 a 15-20 statisticky významný rozdíl není stejně jako mezi hloubkami 15-20 a 20-25.

Tabulka 24. Tukeyův HSD test; Závislost objemové hmotnosti na hloubce (mimo stopu)

Tukeyův HSD test					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. FČ = ,00233, sv = 60,000					
Č. buňky	Hloubka	Objemová hmotnost ρ_d ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) Průměr	1	2	3
1	5_10	1,39065	****		
2	10_15	1,42776	****	****	
3	15_20	1,44978		****	****
4	20_25	1,48706			****

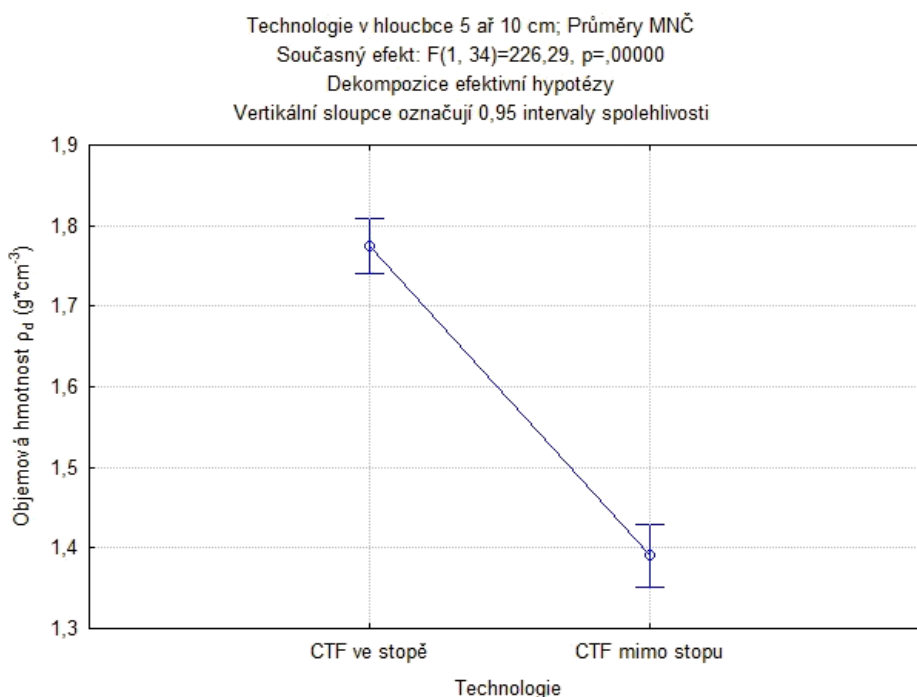
Z hodnocení vlivu jednotlivých technologií mimo stopu na změnu celkové objemové hmotnosti v závislosti na hloubce vyplývá původní předpoklad, že s rostoucí hloubkou se zvyšuje objemová hmotnost. Hodnota objemové hmotnosti se zvýší v průměru o $0,1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

5.5 Porovnání technologií ve stopě a mimo ni

5.5.1 Vyhodnocení a dílčí závěr

5.5.1.1 Porovnání v hloubce 5 až 10 cm

Graf 13. Stopa a mimo stopu ve hloubce 5 až 10 cm

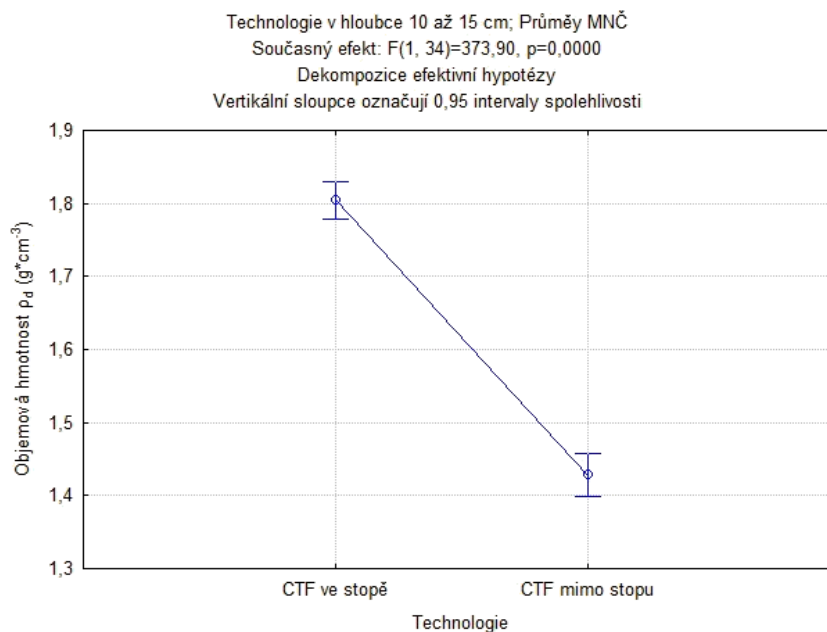


Tabulka 25. Tukeyův HSD test; Stopa a mimo stopu ve hloubce 5 až 10 cm

Tukeyův HSD test				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. $\bar{R}\bar{C} = ,00578$, $sv = 34,000$				
Č. buňky	Technologie	Objemová hmotnost ρ_d ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) Průměr	1	2
2	CTF mimo stopu	1,39065	****	
1	CTF ve stopě	1,77427		****

5.5.1.2 Porovnání v hloubce 10 až 15 cm

Graf 14. Stopa a mimo stopu ve hloubce 10 až 15 cm



Tabulka 26. Tukeyův HSD test; Stopa a mimo stopu ve hloubce 10 až 15 cm

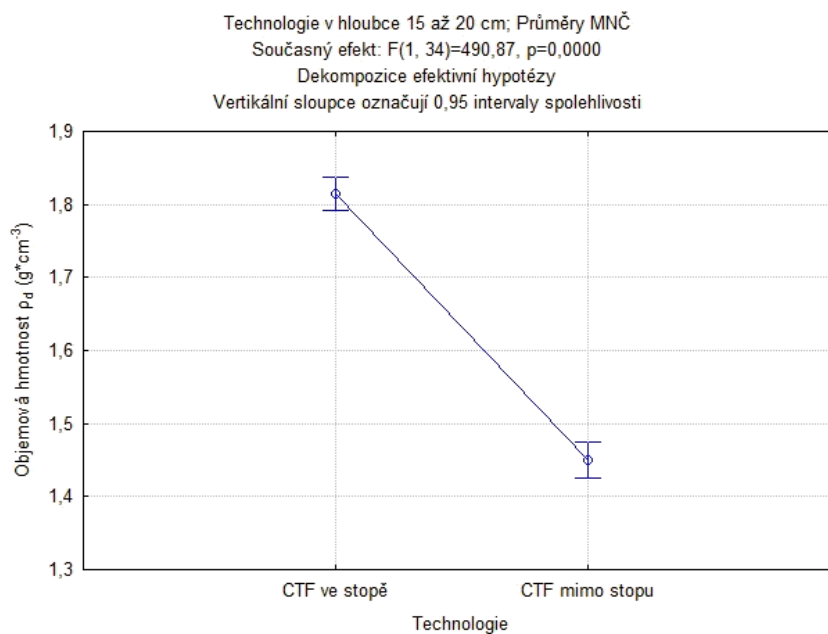
Tukeyův HSD test				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. FČ = ,00337, sv = 34,000				
Č. buňky	Technologie	Objemová hmotnost ρ_d (g·cm ⁻³)	1	2
		Průměr		
2	CTF mimo stopu	1,42776	****	
1	CTF ve stopě	1,80424		****

5.5.1.3 Porovnání v hloubce 15 až 20 cm

Tabulka 27. Tukeyův HSD test; Stopa a mimo stopu ve hloubce 15 až 20 cm

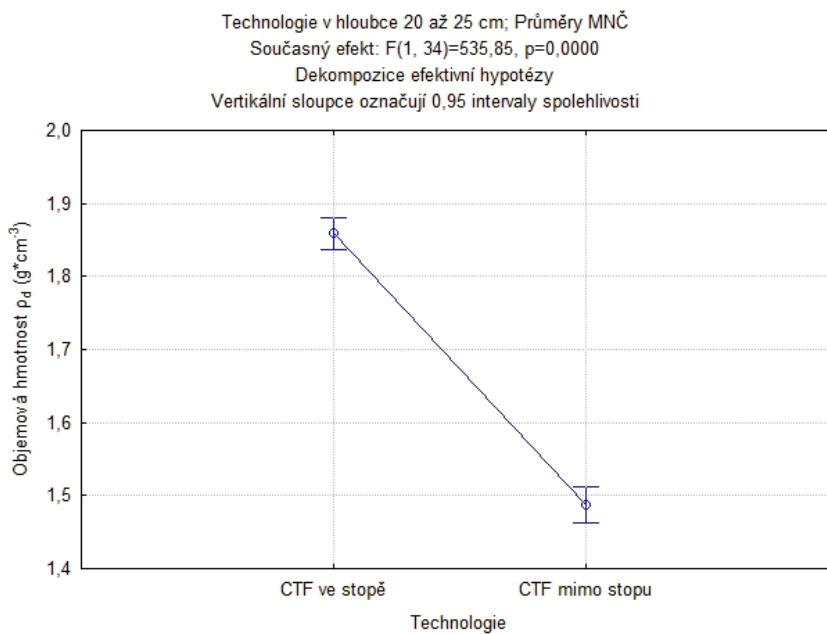
Tukeyův HSD test				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. FČ = ,00241, sv = 34,000				
Č. buňky	Technologie	Objemová hmotnost ρ_d (g·cm ⁻³)	1	2
		Průměr		
2	CTF mimo stopu	1,44978	****	
1	CTF ve stopě	1,81449		****

Graf 15. Stopa a mimo stopu ve hloubce 15 až 20 cm



5.5.1.4 Porovnání v hloubce 20 až 25 cm

Graf 16. Stopa a mimo stopu ve hloubce 20 až 25 cm



Tabulka 28. Tukeyův HSD test; Stopa a mimo stopu ve hloubce 20 až 25 cm

Tukeyův HSD test Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. FČ = ,00230, sv = 34,000				
Č. buňky	Technologie	Objemová hmotnost _d (g.cm ⁻³)	1	2
		Průměr		
2	CTF mimo stopu	1,48706	****	
1	CTF ve stopu	1,85949		****

V grafech 13, 14, 15, 16 jsou statisticky zhodnoceny rozdíly objemové hmotnosti systému CTF ve stopě a mimo ni v různých hloubkách. Na první pohled je patrný výrazný rozdíl mezi přejetou a nepřejetou plochou. Hodnota F testu se zde pohybuje v rozmezí 226 u hloubky 5-10 cm po 535 u hloubky 20- 25 cm. Těmto hodnotám testového kritéria F odpovídá vypočtená hladina významnosti p. Ta je u všech rovna 0. Vzhledem k hodnotám p výrazně nižším než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ jsou přijaty alternativní hypotézy, že se všechny jednotlivé dvojice porovnávaných průměrů od sebe statisticky významně liší. To dokazují i provedené Tukeyho testy tab. č.: 25, 25, 27, 28.

Z uvedeného vyplývá, že nepřejetá plocha má významně nižší objemovou hmotnost než plocha přejetá. Průměrná hodnota objemové hmotnosti u přejeté plochy je 1,81 g.cm⁻³ a u nepřejeté plochy 1,43 g.cm⁻³. Přejetím půdy tedy objemovou hmotnost redukuje průměrně o 0,38 g.cm⁻³. Vezmeme-li v úvahu hodnoty stanovené pro přijatelné utužení (Lhotský 2000) 1,3 až 1,7 g.cm⁻³ podle zrnitosti půdy, je zcela zřejmé, že přejezdy těžké techniky způsobily přílišné zhutnění.

6. Závěr

V této diplomové práci je hodnocena technologie CTF a její vliv na půdu. Zhutnění půdy je velký problém dnešního zemědělství a proto je mu potřeba věnovat zvýšenou pozornost. Pomocí systému CTF máme možnost toto zhutnění na částech pozemků úplně eliminovat.

Pro potřeby pokusu byly na části pozemku provozovány různé technologie zpracování půdy. Systém controlled traffic farming byl provozován ve dvou variantách a to s hlubokým a mělkým kypřením. Pro porovnání byla na pozemku dále minimalizační technologie, kde se sice sledovaly jednotlivé přejezdy, ale nebyly situovány do stejných stop jako u CTF. I v této technologii bylo provedeno zvlášť hluboké a mělké kypření.

Výzkum byl prováděn pomocí odběru a rozboru neporušených půdních vzorků. Ty byly odebírány u všech technologií v místech bez zatížení přejezdy mechanizace a v místech zatížených přejezdy mechanizace v hloubkách 5-10, 10-15, 15- 20 a 20-25 cm. Neporušené půdní vzorky byly následně zkoumány v laboratoři. Získaná data se následně zpracovávala pomocí programu Statistica. Hlavním sledovaným faktorem byla objemová hmotnost, která nejlépe vypovídá o skutečném stavu půdy.

Jednotlivé technologie se po rozboru mezi sebou statisticky významně nelišily. Je ovšem nutno dodat, že pokus byl založen prvním rokem. Vzhledem k biologické podstatě pokusu, může být tento čas nedostatečný pro projev zásadních rozdílů.

Z výsledků ovšem jednoznačně vyplývá významný rozdíl mezi plochou, která byla přejetá mechanizací a mezi tou, která nebyla. Průměrná hodnota objemové hmotnosti u přejeté plochy je $1,81 \text{ g.cm}^{-3}$ a u nepřejeté plochy $1,43 \text{ g.cm}^{-3}$. Přejetím půdy tedy objemovou hmotnost redukuje průměrně o $0,38 \text{ g.cm}^{-3}$. Vezmeme-li v úvahu hodnoty stanované pro přijatelné utužení (Lhotský 2000) $1,3$ až $1,7 \text{ g.cm}^{-3}$ podle zrnitosti půdy, je zcela zřejmé, že přejezdy těžké techniky způsobily přílišné zhutnění.

Vzhledem k zjištěným výsledkům je technologie CTF výhodná. Stálými kolejovými řádky jednak šetříme půdu, čímž se zvyšuje její úrodnost, a navíc šetříme náklady na její obdělávání. Otázkou ovšem zůstává, zda-li je vhodné stálé kolejové řádky zpracovávat. Při jejich opětovném zpracování se připravujeme o část úspor zvýšenou energetickou náročností na rozrušení utužené půdy a následně na její degradaci při dalších přejezdech. V případě

zpracovávání kolejových řádků by bylo vhodné, provádět hloubkové kypření. Zlepšil by se tak stav podorničí a byla by nižší pravděpodobnost, že důsledky zhutnění v kolejových řádcích budou trvalé.

Do budoucna bych doporučoval další zkoumání jednotlivých technologií, jak se v delším čase bude vyvíjet jejich vliv na zhutnění. Dále bych doporučil zaměřit se na zhodnocení této technologie z hlediska eroze. Holé nezaseté zhutněné řádky mohou mít negativní vliv na erozi tím, že budou sloužit jako odtoková linie a byly by velkým rizikem pro odnos půdy.

7. Literatura

1. GREČENKO, ALEXANDR. *Vlastnosti terénních vozidel*. 1. vydání. Praha: Vysoká škola zemědělská v Praze, 1994. 118 s. ISBN 80-213-0190-2.
2. HŮLA a kol. *Agrotechnická protierozní opatření*. 1. vydání. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 2003. 48 s. ISSN 1211-3972
3. HŮLA, J. - PROCHÁZKOVÁ, B., a kol. *Minimalizace zpracování půdy*. 1. vydání. Praha: Profi Press, 2008. 248 s. ISBN 978-80-86726-28-1
4. JANEČEK, MIROSLAV. *Základy erodologie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. 180 s. ISBN 978-80-213-1842-7
5. CHAMEN, W.C.T. *Controlled traffic farming on a field scale in the UK*. In: Horn, R., Fleige, H., Peth, S., Peng, X.H., (Eds.), *Soil Management for Sustainability, Advances in Geocology* 38, 251-260.
6. Kolektiv: *Sborník příspěvků z konference Autopiloty v zemědělství*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2009. 50 s. ISBN 978-80-213-1993-6
7. KOVAŘÍČEK, P., a kol. *Stroní linky pro hnojení*. 4. vydání. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2005. 86 s. ISBN 80-86884-10-4
8. KROULIK, M., a kol. *The evaluation of agricultural machines field trafficking intensity for different soil tillage technologies*. *Soil & Tillage Research*, No 1 Vol 105. s. 171 – 175.
9. KUMHÁLA, F., a kol. *Zemědělská technika*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. 438 s. ISBN 978-80-213-1701-7. Kapitola 14: *Precizní zemědělství*, s. 385-412.
10. KUTÍLEK, M., a kol. *Hydropedologie 10* Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2004. 176 s. ISBN 80-01-12237-4
11. LHOTSKÝ, J. *Zhutňování půd a opatření proti němu (Studijní zpráva)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000. 63 s. ISBN 80-7271-067-2

12. LOUDA, Z. *Řešené příklady v systému Statistica*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2004. 102 s. ISBN 80-213-1238-4
13. MAŠEK, J., KROULÍK, M., KVÍZ, Z., PRONITSYN, D. Přínosy navigačních systémů zemědělských strojů ke snížení zátěže obsluhy. *Mechanizace zemědělství*, Profi Press: Praha, 2010. in press
14. MCBRATNEY, A.B. On digital soil mapping. *Geoderma*, listopad 2003, vol. 117, 3-52 s.
15. SÁŇKA, M. – MATERNA, J. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. *PLANETA*, 2004, vol. 11, s. 5-58
16. VALLA, M., a kol. *Pedologické praktikum*. 1. dotisk 2. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006. 151 s. ISBN 80-213-0914-8
17. WEBB, B., a kol. *Tramline Farming Systems – Technical manual*. Bulletin 4607, Government of Western Australia – Department of Agriculture. 2004, 47 s. ISSN 1448-0352

Internet:

1. <http://www.czechspace.cz>, dostupná k datu 13. 3. 2011
2. <http://www.new.glonass-iac.ru>, dostupná k datu 11. 3. 2011
3. <http://www.insidegnss.com>, dostupná k datu 12. 3. 2011
4. <http://www.russianspaceweb.com>, dostupná k datu 13. 3. 2011
5. <http://www.uake.cz/frvs1269>, dostupná k datu 12. 3. 2011

8. Seznam obrázků, grafů a tabulek

<i>Obrázek 1. CTF se systémem OutTrac při kterém jsou stopy sklízecí mlátičky na vnějšku společných úzkých permanentních stop pro ostatní stroje. Pracovní šířka strojů a nářadí je stejná.</i>	<i>11</i>
<i>Obrázek 2. CTF se systémem AdTrac pracuje se dvěma šířkami kolejí a společnou pracovní šířkou nářadí. Toto je používáno, jestliže není možné překrytí stop jako u systému OutTrac. Většina pojezdové plochy je zaseta stejně jako na obrázku 1.</i>	<i>11</i>
<i>Obrázek 3. Traktor John Deer s uravaným rozchodem kol pro CTF systém</i>	<i>12</i>
<i>Obrázek 6. Sporttester Polar RS800CX G.</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 8. Tvar jednotlivých zkušebních pozemků.</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 9. Zobrazení měřeného pozemku pomocí GIS včetně míst záznamu a trajektorie pohybu soupravy.....</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 10. Mapa pozemku s body pro odběr vzorků</i>	<i>29</i>
<i>Graf 1. Statistické vyhodnocení naměřených hodnot</i>	<i>24</i>
<i>Graf 2. Statistické vyhodnocení naměřených hodnot</i>	<i>24</i>
<i>Graf 3. Závislost změny objemové hmotnosti na hloubce u jednotlivých technologií ve stopě</i>	<i>32</i>
<i>Graf 4. Závislost objemové hmotnosti na jednotlivých technologiích (ve stopě)</i>	<i>37</i>
<i>Graf 5. Krabicový graf (objemová hmotnost v závislosti na technologii) ve stopě.....</i>	<i>38</i>
<i>Graf 6. Závislost objemové hmotnosti na hloubce (ve stopě).....</i>	<i>39</i>
<i>Graf 7. Krabicový graf (objemová hmotnost v závislosti na hloubce) ve stopě.....</i>	<i>40</i>
<i>Graf 8. Závislost objemové hmotnosti na hloubce u jednotlivých technologií mimo stopu</i>	<i>41</i>
<i>Graf 9. Závislost objemové hmotnosti na jednotlivých technologiích (mimo stopu)</i>	<i>46</i>
<i>Graf 10. Krabicový graf (objemová hmotnost v závislosti na technologii) mimo stopu</i>	<i>46</i>
<i>Graf 11. Závislost objemové hmotnosti na hloubce (mimo stopu)</i>	<i>47</i>
<i>Graf 12. Krabicový graf (objemová hmotnost v závislosti na hloubce) mimo stopu.....</i>	<i>48</i>
<i>Graf 13. Stopa a mimo stopu ve hloubce 5 až 10 cm</i>	<i>49</i>
<i>Graf 14. Stopa a mimo stopu ve hloubce 10 až 15 cm</i>	<i>50</i>
<i>Graf 15. Stopa a mimo stopu ve hloubce 15 až 20 cm</i>	<i>51</i>
<i>Graf 16. Stopa a mimo stopu ve hloubce 20 až 25 cm</i>	<i>51</i>
<i>Tabulka 1. Snížení ztrát půdy erozí v závislosti na množství ponechaných posklizňových zbytků na povrchu půdy.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabulka 2. Zkratky technologií.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabulka 3. Vypočtené hodnoty objemové hmotnosti mimo stopu.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabulka 4. Vypočtené hodnoty objemové hmotnosti ve stopě</i>	<i>31</i>
<i>Tabulka 5. Tukeyův HSD test; technologie I ve stopě</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 6. Tukeyův HSD test; technologie II ve stopě.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 7. Tukeyův HSD test; technologie III ve stopě</i>	<i>34</i>
<i>Tabulka 8. Tukeyův HSD test; technologie IV ve stopě.....</i>	<i>34</i>

<i>Tabulka 9. Tukeyův HSD test; hloubka 5 až 10 cm ve stopě</i>	35
<i>Tabulka 10. Tukeyův HSD test; hloubka 10 až 15 cm</i>	35
<i>Tabulka 11. Tukeyův HSD test; hloubka 15 až 20 cm</i>	36
<i>Tabulka 12. Tukeyův HSD test; hloubka 20 až 25 cm</i>	36
<i>Tabulka 13. Tukeyův HSD test; Závislost objemové hmotnosti na jednotlivých technologiích (ve stopě)</i>	38
<i>Tabulka 14. Tukeyův HSD test; Závislost objemové hmotnosti na hloubce (ve stopě)</i>	40
<i>Tabulka 15. Tukeyův HSD test; technologie I mimo stopu</i>	42
<i>Tabulka 16. Tukeyův HSD test; technologie II mimo stopu</i>	42
<i>Tabulka 17. Tukeyův HSD test; technologie III mimo stopu</i>	43
<i>Tabulka 18. Tukeyův HSD test; technologie IV mimo stopu</i>	43
<i>Tabulka 19. Tukeyův HSD test; hloubka 5 až 10 cm mimo stopu</i>	44
<i>Tabulka 20. Tukeyův HSD test; hloubka 10 až 15 cm mimo stopu</i>	44
<i>Tabulka 21. Tukeyův HSD test; hloubka 15 až 20 cm mimo stopu</i>	45
<i>Tabulka 22. Tukeyův HSD test; hloubka 20 až 25 cm mimo stopu</i>	45
<i>Tabulka 23. Tukeyův HSD test; Závislost objemové hmotnosti na jednotlivých technologiích (mimo stopu)</i>	47
<i>Tabulka 24. Tukeyův HSD test; Závislost objemové hmotnosti na hloubce (mimo stopu)</i>	48
<i>Tabulka 25. Tukeyův HSD test; Stopa a mimo stopu ve hloubce 5 až 10 cm</i>	49
<i>Tabulka 26. Tukeyův HSD test; Stopa a mimo stopu ve hloubce 10 až 15 cm</i>	50
<i>Tabulka 27. Tukeyův HSD test; Stopa a mimo stopu ve hloubce 15 až 20 cm</i>	50
<i>Tabulka 28. Tukeyův HSD test; Stopa a mimo stopu ve hloubce 20 až 25 cm</i>	52