



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra techniky a kybernetiky

Bakalářská práce

Porovnání minimalizačního způsobu zpracování
půdy s využitím GPS a bez navigačních systémů

Autor práce: Petr Melichar

Vedoucí práce: Ing. Martin Filip Ph.D.

České Budějovice
2024

Prohlášení

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

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Cílem této práce je porovnání dvou systémů navádění při minimalizačním zpracování půdy. Při pokusu byl použit kolový traktor od firmy John Deere model 6145 M v agregaci s diskovým podmítačem od firmy HORSCH model Joker 4 CT. Traktor byl vybaven GPS navigací od firmy John Deere model StarFire 6000 přijímající signál SF1 s přesností ± 15 cm. Při pokusu byly zaznamenávány veškeré parametry, které následně sloužily k vyhodnocení úspory paliva, úspory času a efektivnosti využití záběru. Při prvním měření byla jízdní souprava naváděna automatickým systémem a při druhém měření souprava byla naváděna manuálně obsluhou stroje. Výsledky ukazují, že při využití automatického systému navádění jízdní souprava dosáhne menší spotřeby paliva na hektar o 6,02 %, vyšší plošné výkonosti o 5,97 % a úspory času.

Klíčová slova: Úspora, minimalizace, půdní vláhá, utužení, efektivita

Abstract

The aim of this work is to compare two systems of guidance during minimization of tillage. In the experiment, a John Deere model 6145 M wheeled tractor was used in combination with a HORSCH Joker 4 CT disc cultivator. The tractor was equipped with GPS navigation from John Deere, model StarFire 6000, receiving the SF1 signal with an accuracy of ± 15 cm. During the experiment, all parameters were recorded, which were subsequently used to evaluate fuel savings, time savings and the effectiveness of the use of the drive. During the first measurement, the driving set was guided by an automatic system, and during the second measurement, the set was guided manually by the machine operator. The results show that when using the automatic guidance system of the vehicle set, you will achieve a lower consumption per hectare by 6.02%, a higher area performance by 5.97 % and time savings.

Keywords: Saving, minimization, soil moisture, consolidation, efficiency

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Ing. Martinu Filipovi Ph.D. za poskytnutí odborných rad a poznatků týkajících se bakalářské práce. Dále bych tímto chtěl vyjádřit poděkování panu Bc. Davidu Homolkovi, soukromému zemědělci, za ochotu a možnost uskutečnění pokusu.

Obsah

Úvod.....	7
1 GNSS-globální družicový navigační systém	8
1.1 NAVSTAR GPS.....	8
1.2 Systém GALILEO	9
1.3 GLONASS.....	10
2 Metody pro určování polohy	11
2.1 Určování polohy na základě dopplerovských měření	11
2.2 Určování poloh za pomoci měření vzdálenosti	11
2.3 Určení polohy za pomoci fázového měření.....	11
3 Systémy pro navádění stroje	12
3.1 Manuální systém navádění	12
3.2 Asistovaný systém navádění	13
3.3 Automatický systém navádění.....	13
4 Řízený pohyb strojů	14
4.1 Výhody řízeného pohybu strojů	14
4.2 Nevýhody řízeného pohybu strojů	15
5 AutoTrac	16
5.1 Zvýšení výkonnosti / snížení překryvu	16
5.2 Zvýšení přesnosti a opakovatelnosti.....	16
6 Minimalizační zpracování půdy	17
6.1 No-tillage.....	17
6.2 Strip-tillage.....	18
6.3 Kypřiče pro mělké zpracování půdy.....	19
6.3.1 Radličkové kypřiče.....	20
6.3.2 Talířové kypřiče	22

7	Metodika	24
7.1	Výpočetní vzorce pro výkonost a spotřeby pohonných hmot	26
7.2	Soukromá farma pana Homolky.....	29
7.2.1	Posklizňové zpracování půdy na farmě	30
8	Výsledky měření	31
8.1	Výsledky pokusu s využitím GPS navigace.....	31
8.2	Výsledky pokusu bez využití GPS navigace.....	32
8.3	Propočty a porovnání úspor u obou souprav	33
	Diskuse.....	35
	Závěr	37
	Seznam použité literatury.....	38
	Seznam obrázků	41
	Seznam tabulek	42

Úvod

Díky systému GPS můžeme dnes eliminovat většinu nežádoucích aspektů, se kterými se při hospodaření setkáváme na každém kroku - vysoké ceny pohonných hmot, vysoké ceny chemických přípravků, hnojiv a nedostatek pracovníků. Přesně těmito problémy se tato bakalářská práce zabývá. V zemědělství je posledních pár let velký problém s půdní vláhou a je zapotřebí se s ní naučit pracovat. S tím nám může pomoci systém minimalizace. Jedná se o systém, který v dnešní době převládá nad konvenčním způsobem hospodaření, a jeho klíčovým cílem je právě již zmíněné nakládání s půdní vláhou. Tento systém má v současnosti mezi zemědělci mnoho odpůrců i příznivců a v neposlední řadě jsou i tací, kteří se ptají, jaké to pro ně bude mít výhody, nevýhody a jak finančně náročný by přechod z konvenčního zemědělství na minimalizační byl. V této bakalářské práci jsem prováděl pokus u soukromého zemědělce pana Bc. Davida Andrewa Homolky, který hospodaří v kraji Vysočina v okrese Pelhřimov na 205 *ha* orné půdy spolu s trvale travním porostem. Cílem tohoto pokusu bylo zjistit počáteční náklady související s pořízením systému GPS, ale i to, jaké klady a zápory to přinese, a zároveň zjistit, za jakých podmínek se nám tento systém vyplatí pořídit.

1 GNSS-globální družicový navigační systém

GNSS globální družicový navigační systém je služba, která umožňuje zjištění polohy objektu, který se nachází na zemském povrchu nebo v jeho blízkosti. Toto mu umožňuje signál, který je vysíláný z družic. Tento systém se využívá nejen v zemědělství ale i v silniční, železniční, letecké a námořní dopravě a v dalších oblastech telekomunikace (JAVAD GNNS, 2013).

GNSS z angl. Global Navigation Satellite System je systém, který slouží k určování polohy a času na zemi, a to za jakýchkoliv meteorologických podmínek. Poloha hledaného bodu leží vždy na průsečíku kulových ploch, jejich průsečík je daný ze vzdálenosti mezi hledaným bodem a družicí.

Z geometrického hlediska je zapotřebí pro co nejpřesnější výsledek využít co nejvíce viditelných družic, které se nacházejí na co nejlepších pozicích ve sféře.

Výhody systému GNSS v porovnání s běžnými systémy pro určování poloh:

- Mezi hledanými body nemusí být přímá vzdálenost
- Vysoká rychlost vyhledání
- Vysoká přesnost
- Systém poskytuje trojrozměrné souřadnice (JURIŠICA, 2011).

Odborný časopis Geografické rozhledy ve svém vydání č. 27 (4) uvádí, že GNSS je služba, která umožňuje za pomoci signálů z družic určit přesnou polohu přijímače. V případě použití vhodné metody a přijímačů je možné určit polohu s přesností na milimetry.

Vznik těchto systémů je evidován v druhé polovině 20. století. Při zrodu tohoto systému hrály velikou roli armádní zájmy. Postupem času byly tyto systémy dostupné i pro obyčejné uživatele a dnes je můžeme využívat v hojném počtu odvětví (Čábelka, 2018).

1.1 NAVSTAR GPS

NAVSTAR GPS Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System
Vývoj tohoto amerického navigačního systému započal v roce 1973 a byl nástupcem doposud používaného systému Transit, který byl v provozu od roku 1964. První satelit byl vypuštěný na oběžnou dráhu v roce 1978 a plné operační dostupnosti bylo

dosaženo v roce 1994. Plnou dostupností GPS se rozumí, že bylo osazeno 6 oběžných drah 24 satelity. GPS v dnešní době umožňuje dva druhy služeb.

SPS (Standart Positioning Service), který je dostupný pro běžné uživatele s přesností do několika metrů.

PPS (Precisioning Positioning Service), který je určen pouze pro autorizované uživatele, jako je armáda Spojených států amerických a jejich spojenců. Tato varianta umožňuje přesnost na několik centimetrů. Systém NAVSTAR GPS tvoří 3 segmenty: kosmický, kontrolní a uživatelský.

Kosmický segment obsahuje minimálně 24 satelitů, které se nacházejí 20 200 km nad povrchem Země a pohybují se rychlostí $3,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ s oběžnou dobou 11 h 58 min. Satelity jsou rozmístěny asymetricky v 6 drahách se sklonem 55 stupňů a vzájemným posunem 60 stupňů. V dnešní době se v kosmickém segmentu pohybuje 30–32 satelitů, které jsou rozmístěny po 5 až 6 kusech na dráze. Minimální počet satelitů viditelných ze Země činí 4 kusy. Každý kus navíc zlepšuje kvalitu signálu, tato metoda se používá především v místech, kde je špatný výhled na oblohu, například ve městě.

Kontrolní segment se skládá z podzemních základen, které mají za úkol řízení, údržbu a kontrolování vesmírného segmentu. Hlavní základnu najdeme v Coloradu Spings ve Spojených státech amerických na Schrieverově letecké základně amerických vzdušných sil. Hlavní stanice má za úkol monitorovat a vyhodnocovat informace z dalších 16 monitorovacích stanic na planetě Zemi.

Uživatelský segment pracuje s různými typy přijímačů, které přijímají signál z družice viditelné na obzoru. Tento segment však využívá jen jednoho směru, a to směru od družice k přijímači. Tím jsme schopni stanovit přesnou zeměpisnou šířku výšku, nadmořskou výšku a čas (Hlavnička, 2021).

1.2 Systém GALILEO

Systém GALILEO je nejnovější systém, který je podporován Evropskou unií. Tento systém by měl být schopen fungovat nezávisle na systémech NAVSTAR a GLO-NASS. V případě potřeby je však s těmito systémy plně kompatibilní. Systém Galileo pracuje ve větší zeměpisné šířce i výšce oproti již zmíněným systémům. Stejně jako jeho předchůdci i tento systém bude nabízet 2 varianty přesnosti. Přesnější varianta je určena primárně pro vojenské či autorizované potřeby. Méně přesná varianta je zpřístupněna i pro běžného uživatele (JURIŠICA, 2011).

Systém Galileo pro plnou operační dostupnost pracuje s 27 satelity umístěnými na třech oběžných drahách ve výšce 23 222 *km* nad zemským povrchem. Družice budou rozmístěny po 9 satelitech na jednu dráhu. Tyto satelity budou mít od sebe rozestup 40 stupňů a sklon k rovníku 56 stupňů. Na všech oběžných drahách je zároveň počítáno s jednou záložní družicí (Kovář, 2016).

1.3 GLONASS

GLONASS je ruský družicový navigační systém vyvíjený pro ruské vojenské účely. Tento systém dnes patří mezi družicové systémy, jako jsou např. NAVSTAR, GALILEO. Systém GLONASS má za úkol zajišťovat polohové a časové informace na zemi, v námořnictví a letectví. Zjištěné údaje mohou využít jak uživatelé z Ruska, tak i ze zahraničí. Tento systém není pro použití nijak omezen a je zcela bezplatný.

Systém je postaven na využití 24 družic, které jsou potřebné na pokrytí celé zeměkoule. Tyto družice se pohybují po třech orbitálních rovinách, na kterých je rovnoměrně rozmístěno 8 družic. Družice se nacházejí ve sklonu 64,8°, ve výšce 19 400 *km*. Oběžná doba činí 11 hodin a 15 minut. Systém GLONASS má velmi dobré pokrytí jak na jižní, tak severní části zeměkoule, kde ostatní systémy mají problém s přijímáním signálu (C4ISR, 2015).

2 Metody pro určování polohy

Rapant (2002) ve své práci uvádí, že určování polohy je proces, který nám umožňuje určit polohy bodů v prostoru. Polohu určíme pomocí měření buď na mapě, nebo v terénu. Vyjádříme ji souřadnicovým systémem. Určení provádíme pomocí dvou systémů měření.

- Přímého měření
- Nepřímého měření

2.1 Určování polohy na základě dopplerovských měření

Tato metoda umožňuje zjištění polohy na principu měření rádiového signálu vysílaného družicemi. K určení polohy můžeme využít Dopplerův posuv. Ten funguje na principu pohybujícího objektu, který změní frekvenci signálu.

Družice vysílají známý signál a zanechávají značky, které jsou vysílány v pevných časových intervalech a zajistí nám informace o oběžné dráze družic. Přijímač je schopen díky těmto informacím vypočítat přesnou polohu družice (Rapant, 2002).

2.2 Určování poloh za pomoci měření vzdálenosti

Toto určení polohy spočívá v měření vzdálenosti bodu, jehož poloha je určena radiomajákem. Nedochází zde k přesnému měření vzdálenosti, nýbrž k délce času, jak dlouho signál putoval mezi bodem a radiomajákem. Z tohoto údaje si systém určí přesnou vzdálenost (Rapant, 2002).

2.3 Určení polohy za pomoci fázového měření

Počítáme zde s počtem vlnových délek rádiových vln, které jsou vysílány mezi vysílačem a přijímačem. Díky vynásobení změřených vlnových délek a rádiové vlny jsme schopni určit polohu vysílače a přijímače. Ovšem tato metoda má své nevýhody, a to takové, že nejsme schopni spočítat vlnové délky v celých číslech (Rapant, 2002).

3 Systémy pro navádění stroje

AF Mendelu (2020) ve své práci uvádí, že pořízení systému pro navádění stroje je jedním z potřebných vybavení podniku pro započítání precizního zemědělství. Při využití těchto systémů jsme schopni zamezit nežádoucím přejezdům po pozemku. To má za výsledek úsporu pohonných hmot i času, který obsluha stráví na pozemku, množství aplikovaných chemických látek a hnojiv a omezení nechtěného působení těchto látek v místech, kde to není žádoucí.

Mezi další výhody patří usnadnění práce obsluhy při snížené viditelnosti a vytvoření rastru pro veškeré operace prováděné na pozemku.

Tyto systémy dnes dovolují omezit či úplně nahradit dříve používané pěnové značkovače u postřikovačů, diskové znamenáky při zakládání plodiny a kolejové řádky používané k dalším operacím na pozemku. To má za následek zamezení prosetí osiva a nežádoucího překrytí ploch, kde byla již aplikována postřiková jícha či minerální hnojiva.

Systémy pro navádění stroje můžeme rozdělit do tří skupin.

- Manuální
- Asistovaný
- Automatický

3.1 Manuální systém navádění

Manuální systém navádění funguje na klasickém manuálním ovládní stroje. Rozdíl je zde v tom, že stroj je vybaven anténou a displejem, do kterého se nahrají hranice pozemku a následně vytvoří linii, která bude zobrazena na displeji a umožní tím obsluze snáze navigovat stroj v určitém směru. Systém pracuje na principu, kdy je na displeji znázorněna linie směru, po kterém má obsluha stroj navádět. K upozornění obsluhy při odbočení či změně směru slouží světelné diody, které v závislosti na velikosti odchylky daného směru upozorňují na vybočení mimo požadovanou linii na obě strany. Tento systém patří mezi nejméně finančně nákladné k jeho pořízení. Mezi jeho výhody patří snadné přemístění z jednoho stroje do stroje druhého. Jako nevýhoda je zde vysoká soustředěnost obsluhy stroje (AF Mendelu, 2020; Bauer, 2006).

3.2 Asistovaný systém navádění

Asistovaný naváděcí systém, někdy nazývaný jako poloautomatický, funguje na principu elektropohonu, který je spolu s odnímatelným volantem přimontován na osu volantu, nebo mezi další variantu patří odklápěcí pastorek, který otáčí volantem. Aktivaci systému v případě odnímatelného volantu má na starosti aktivací tlačítko, v druhém případě stačí přiložit elektrický pastorek k volantu. Deaktivace spočívá v jednoduchém pootočení volantu nebo odkloněním pastorku. V případě, že se rozhodneme pro tento poloautomatický systém musí být traktor vybaven posilovačem řízení. Mezi jeho výhody však patří možnost přenosu do jiného zařízení, ať už je to sklízecí mlátička nebo samochodný postřikovač. Avšak jako každý přídatný systém i tento má své minusy. Při namontování těchto systémů musíme počítat s nepraktickým úbytkem místa v kabině (AF Mendelu, 2020).

3.3 Automatický systém navádění

Tento systém navádění je součástí hydraulického systému pro natáčení náprav, tím pádem je oproti manuálnímu a poloautomatickému řízení výrazně dražší a jeho přemístění z traktoru na traktor je mnohem složitější. Funkce tohoto systému spočívá v tom, že v případě, kdy chce obsluha systém použít, musí vytvořit naváděcí linii, stroj nasměrovat či navést na linii a pomocí aktivací tlačítka aktivovat naváděcí systém. Mezi další zásahy obsluhy patří otáčení stroje na souvrati a deaktivace systému pomocí jakéhokoliv pohybu volantem. Z důvodu bezpečnosti systému je stroj opatřen bezpečnostními čidly, která jsou rozmístěna v sedadle řidiče a v některých případech i ve dveřích kabiny. V případě, kdy by jedno z čidel zaznamenalo nepřítomnost řidiče, nahlásí tuto informaci řídicí jednotce a ta okamžitě deaktivuje naváděcí systém. Další z bezpečnostních opatření je maximální rychlost. Po překročení určité rychlosti je naváděcí systém deaktivován řídicí jednotkou za doprovodu zvukové signalizace.

Automatický systém navádění patří mezi nejpreciznější naváděcí systémy. V případě, že je stroj vybaven přijímačem na RTK signál, přesnost stroje se pohybuje v několika jednotkách centimetrů (AF Mendelu, 2020).

4 Řízený pohyb strojů

Řízený pohyb strojů z angl. Controlled Traffic Farming má za úkol zajistit, aby veškeré operace prováděné na pozemku byly sjednoceny do jedné koleje a tím byly vytvořeny permanentní koleje, které jsou určeny k veškerému dalšímu pohybu techniky na pozemku. Tyto koleje klasicky zpracováváme a oséváme osivem. Nesmíme si je však plést s kolejovými řádky, které zůstávají neosety a slouží k aplikaci hnojiva, chemické ochraně rostlin či k aplikaci pomocných přípravků. Abychom metodu CTF správně vykonávali, je zapotřebí sjednotit jednotlivé pracovní záběry strojů tak, aby nám to umožnilo úsporu přejezdů a sjednotili jsme přejezdy do co nejmenšího počtu kolejí. S tím souvisejí i další kritéria, jako jsou např. sjednocení rozchodu kol, stejná šířka pneumatik nebo pásů a vhodný výběr naváděcího systému, který nám usnadní monitoring kolejí a umožní nám i přenos dat z jednoho stroje do druhého. Pracovní záběr je z dalších důležitých faktorů. Podle pracovních záběrů strojů pro zakládání porostu a zpracování půdy se uchytil název modul. Dnes máme tři základní a nejpoužívanější moduly: 12 m, 9 m, 6 m. Stroje pro rozmetání hnojiv (statkových či průmyslových), postřikovače a sklízecí mlátičky volíme vždy s pracovním záběrem, který je násobkem vybraného modulu (Rataj a kol. 2017).

Kumhála ve své práci potvrzuje, že systém CTF snižuje stupeň utužení půdy. Na tomto faktu je závislé i vsakování vody do půdy. V případě, kdy je půda příliš utužená, voda se nemůže vsakovat v takovém množství, a tím pádem dochází k povrchovému odtoku vody z pozemku spolu se splachem půdy (Kumhála, 2015).

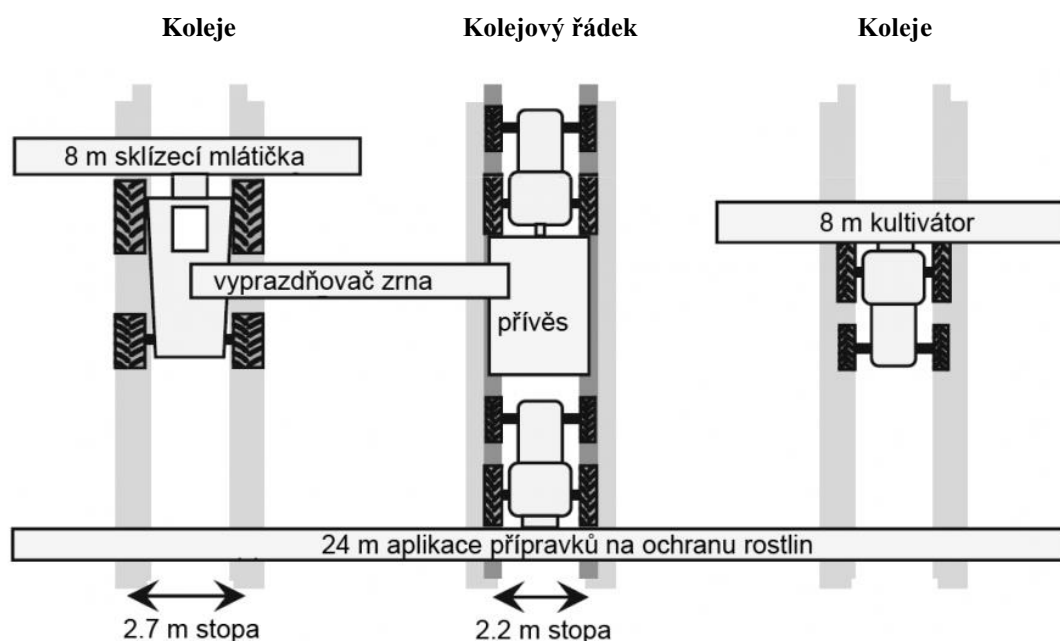
4.1 Výhody řízeného pohybu strojů

Jednoznačným plusem je již zmíněné utužení půdy. Při správné organizaci prací na poli a sjednocení přejezdů do jednoho se sníží utužení půdy. Tento výsledek může mít na starosti také systém ComTrack. Systém ComTrack se nejvíce používá při minimalizačním zemědělství, kdy díky tomuto systému a systému CFT má půda ideální vlastnosti pro zakládání porostu do meziřádků předplodiny nebo do předem nezpracované půdy. Neutužená ani nezpracovaná půda má totiž ideální strukturu, je ideálně kyprá, vzdušná, dobře přijímá vodu, tvoří se kapiláry, kterými se vypařuje voda a jeden z dnes důležitých faktorů je nízké procento denitrifikace, která má na starosti únik dusíku z půdy. Podle pokusů prováděných v zahraničí může utužená půda zhoršit výnosy až o 40 %, v průměru se ale pohybujeme někde kolem 10–15 %. Jako nejdůležitější výhodu však můžeme vidět snížení vodní a větrné eroze (Stehno, 2015; Rataj, 2017).

4.2 Nevýhody řízeného pohybu strojů

Hlavní nevýhodou řízeného pohybu je složitá organizace a plánování prací na pozemku. V průběhu žní je totiž velmi omezující, že i stroje, které zajišťují odvoz komodit, se musí pohybovat po daných kolejích. To může být náročné nejen organizačně, ale i časově. Další velmi podstatnou nevýhodou je nutnost sladění rozchodu kol u všech strojů. U malých strojů by sladit rozchod kol nebyl takový problém. Problém je však v tom, že potřebujeme rozchod kol sladit i se sklízecí mlátičkou, která má rozchod kol 3 m. Pak je velmi ekonomicky velmi náročné nastavit takto velký rozchod kol u zbytku strojů.

Řešením tohoto problému může být systém OutTrack, který nám umožňuje pracovat na pozemku s rozdílným rozchodem kol na strojích. Musíme si však o to více složitěji naplánovat pohyb techniky po pozemku. To uděláme do 3 sektorů, a to do sektoru s intenzivním přejezdem, s nízkým přejezdem a s nulovým přejezdem. Toto zorganizování nám ušetří až 37 % utužené půdy na pozemku. Musíme zde však stále využívat špičkový navigační systém a zvolit správné pracovní záběry (Stehno, 2015; Rataj, 2017).



Obrázek 4.1: CFT sjednocení pracovních záběrů (mendelu.cz, 2024)

5 AutoTrac

Tento systém je určen pro zvýšení efektivity a snížení nákladů. Díky němu jsme schopni se pohybovat jak po rovných, tak zakřivených liniích. AutoTrac nám umožňuje pracovat s jedním ze 3 signálů, které nám zajistí přesnost při širokém spektru operací (John Deere, 2024).



Obrázek 5.2: SF signály (Strom Praha.cz, 2024)

5.1 Zvýšení výkonnosti / snížení překryvu

Firma John Deere uvádí, že zahraniční studie prokazují nepřesnost obsluhy při vykonávání operací na poli. Obsluha má tendenci překrývat o 5 až 13 % během celé pracovní směny. To znamená, že při vykonávání operace s 6 m pracovním záběrem by průměrný překryv za směnu činil 60 cm na jeden přejezd. V závislosti na tomto zjištění nám systém zamezí zbytečné spotřebě ochranných přípravků, hnojiva a osiva, což se kladně podepíše na ekonomice podniku. Díky možnostem, které nám tento systém nabízí, jsme schopni zvýšit plošnou výkonnost. Systém nám umožňuje udržet směr jízdní soupravy po předem nastavených liniích, díky tomu může obsluha věnovat větší pozornost změně pracovních podmínek na pozemku či obsluze pracovního stroje (John Deere, 2024).

5.2 Zvýšení přesnosti a opakovatelnosti

RTK signál je momentálně nejpřesnějším signálem, který můžeme použít v precizním zemědělství. Tento signál nám nabízí opakovatelnost jízdní linie až po dobu 9 měsíců. To znamená, že naváděcí linie, po které se stroj pohybuje, nám zůstane na stejném místě s přesností do 3 cm i v případě, že na pozemek přijedeme s jinou jízdní soupravou či budeme vykonávat jinou operaci. Tímto zamezíme zbytečným přejezdům po poli a zamezíme tím nežádoucímu utužení půdy a změně její struktury (John Deere, 2024).

6 Minimalizační zpracování půdy

Minimalizační zpracování půdy je v současné době bráno jako pozitivní krok k dlouhodobé péči a zpracování půdy. Využití technologie vede k efektivnímu hospodaření na půdě. Je ale zapotřebí si uvědomit, že nové technologie přinášejí i určitá rizika ve spojitosti různorodými podmínkami hospodaření.

Postupy této technologie, které zahrnují zpracování půdy s různorodou pracovní hloubkou a zacházení s rostlinnými zbytky, můžeme rozřadit do 2 kategorií:

- Půdoochranné zpracování
- Přímé setí (Hůla, 2010).

6.1 No-tillage

No-tillage (přímé setí) je metoda hospodaření, která se zabývá zakládáním porostu do předem nezpracované půdy. Při zakládání porostu však nedochází ke zpracování půdy a tím pádem nedochází k narušení půdní struktury ani k narušení procesů probíhajících v půdě. U této metody dochází k založení porostu přímo do půdy, na jejímž povrchu se vyskytují posklizňové zbytky, které nebyly nijak zapraveny do půdy, popřípadě se porost zakládá do vzrostlé meziploidy, která je buďto zpracována pomocí řezných válců, nebo se využije secího stroje, který meziploidy uválí a částečně naláme. Pro kvalitní uložení osiva je zapotřebí, aby secí stroj byl vybaven přítlačnými botkami, což nám zajistí uložení osiva do požadované hloubky i přesto, že na povrchu půdy se nachází velké množství posklizňových zbytků, popřípadě mulče (Bednar, 2024).

Pokrytí půdy je u této metody tím nejdůležitějším. Z důvodu změny klimatických podmínek a extrémním vlnám horka především ke konci vegetačního období hlavní ploidy je zapotřebí udržet půdu co nejdéle pokrytou, aby nedocházelo k nechtěnému odparu vláh a přehřátí půdy. Zpracovaná půda kvůli svému zbarvení není schopna odrážet sluneční záření, které se absorbuje do půdy a tím se půda zahřívá. Tomu však můžeme zamezit tím, že pole necháme pokryta již zmíněnou meziploidy či posklizňovými zbytky, které jsou schopny sluneční záření dopadající na povrch půdy zastínit. To má za dopad zamezení odparu vláh z půdy. Naopak pokrytá půda je schopna zadržovat vodu a chránit půdy před vodní či větrnou erozí (Michael Horsch, 2024).



Obrázek 6.3: Secí ústrojí No-tillage (Horsch.cz, 2024)

6.2 Strip-tillage

Strip-tillage (páskové zpracování půdy) je metoda hospodaření, u které nedochází ke zpracování půdy pomocí orby. Půda se zde zpracovává pouze pásově. Dochází ke zpracování pásů, které jsou 150-300 mm široké a hluboké maximálně 300 mm. Zbytek pozemku zůstává nezpracovaný po celou dobu vegetace nově založené plodiny. Pásky zpracováváme zejména radličkovým ústrojím, kdy dojde k zapravení rostlinných zbytků, prokypření a provzdušnění půdy. Při tomto kroku dochází k rychlejšímu prohřátí půdy oproti nezpracovaným meziřádkům. Při kultivaci pásů pomocí této metody se do zpracované drážky uloží hnojivo, které bude připraveno pro následnou podporu růstu dále založené plodiny. Můžeme aplikovat hnojiva minerální ve formě granulí, nebo organická jako jsou kejda či digestát. Následné setí probíhá ve stejné linii, jako proběhlo prokypření pásů. Pro založení porostu je využito přesných secích strojů, které jsou schopny uložit osivo přesně do zpracovaných pásů.

Mezi výhody této metody patří vytváření příznivých podmínek pro nově založený porost a s tím spojenou vodní erozi. Jako další výhodu můžeme zmínit přesnou aplikaci hnojiva pro výživu hlavní rostliny, teplejší set'ové lůžko, prokypřenou půdu kolem semene, což nám zajistí lepší zakořenění a zapojení semene.

Každá metoda má klady, ale i zápory. Mezi nevýhody u této metody patří složitý management celkového hospodaření. Této metodě musíme upravit osevní plán jak hlavních plodin, tak zvolit správný druh meziplodin, které nám zajišťují pokrytí půdy a pomáhají nám s bojem proti vodní a větrné erozi (Cime, 2024).



Obrázek 6.4: Strip-tillage (Bednar.cz, 2024)

6.3 Kypřiče pro mělké zpracování půdy

V případě minimalizačního či půdoochranného zpracování půdy máme k dispozici univerzální kypřiče, které využíváme v systémech zpracování půdy za pomoci orby, kde tyto kypřiče jsou využívány primárně na mělkou či střední podmítku. Dále jejich univerzálnost můžeme využít u systému bez orby, kde je využíváme pro mělké zpracování půdy. V této skupině nalezneme stroje, které nám jsou schopny zajistit optimální podmínky pro následné zakládání porostu. Hlavním benefitem kypřičů pro mělké zpracování půdy je plošná výkonnost, která nám umožňuje včasné vykonání pracovních operací v požadovaných agrotechnických termínech v závislosti na stavu půdy a průběhu počasí.

Podmítka, která je provedena kvalitně a včas, je hlavním opatřením pro správné hospodaření s půdní vláhou. Jejím hlavním úkolem je přerušení kapilarity půdy tak, aby nedocházelo k nežádoucímu odparu vláhy. Díky narušení půdního škraloupu nám zajišťuje lepší vsakování dešťových srážek do půdy. Při víceletém využívání minima-

lizačního zpracování půdy a správném využití strojů můžeme dosáhnout urovnání povrchu pozemku, které nám zajistí lepší kvalitu setí a následnou sklizeň (Hůla a Procházková, 2008).

6.3.1 Radličkové kypřiče

Radličkové kypřiče jsou vybaveny velikou škálou nástrojů. Vhodný výběr nástrojů nám může zajistit vysokou intenzitu zapravení posklizňových zbytků a jejich promísení se zeminou. Pracovní nástroje těchto kypřičů jsou uspořádány ve dvou a více řadách. Kypřiče jsou taktéž vybaveny jištěním, které zabraňuje zničení nástroje při naražení na pevnou překážku. Mezi další nástroje, kterými můžeme kypřič vybavit, patří talíře, které zapravují posklizňové zbytky a urovnávají povrch půdy drobicím válcem, utužovacím válcem a řadou prutových bran (Hůla a Procházková, 2008).



Obrázek 6.5: Radličkový kypřič Horsch (Horsch.cz, 2024)

Radličky kypřičů dělíme podle jejich tvaru na šípové a dlátové. Dále je můžeme rozdělovat podle jejich působení na půdu na plecí, kypřící a univerzální. Šípové a dlátové radličky můžeme nalézt také u pleček, kde se setkáváme s jednostrannými či oborávacími radličkami. U speciálně využitelných kypřičů nalezneme radličky přihnojovací a nožové.

Intenzita kypření u šípových radliček je dána velikostí drobicího úhlu. Čím větší tento úhel je, tím lepší je drobení a kypření půdy.

Drobící úhel:

- Plecí radličky: 8–20°
- Univerzální radličky: 20–30°
- Kypřící radličky: 30° <

U plecích radliček je nejdůležitější radličný úhel, který nám zajišťuje správné podříznutí plevle. Tento úhel musí mít takovou velikost, aby docházelo ke správnému sklouznutí rostlinných částí po břitu radličky a nedocházelo k jejich ucpávání.

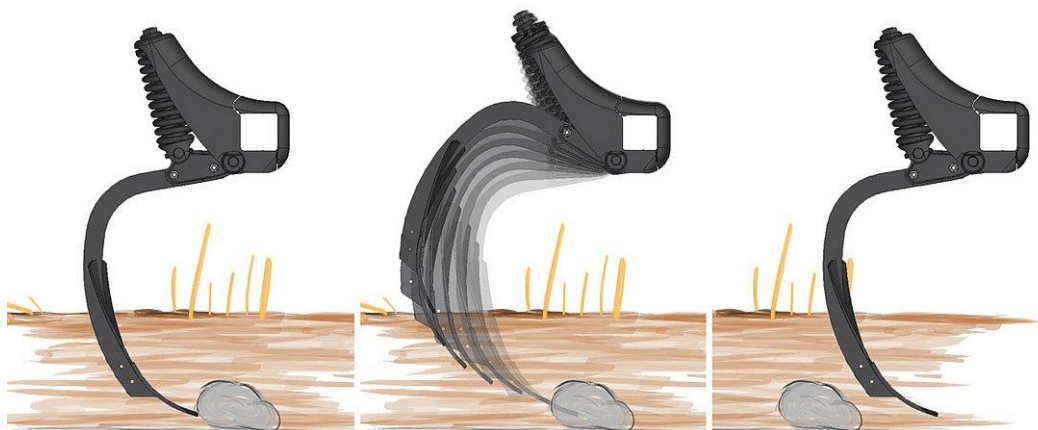
Radličný úhel:

- Plecí radličky: 60–90°
- Univerzální radličky: 60–75°
- Kypřící radličky: 55–70°

Pracovní hloubka plecích radliček se pohybuje od 2–6 *cm*, v této hloubce dojde k žádoucímu odříznutí plevle. Univerzální radličky jsou konstruovány pro práci v hloubce od 6 do 12 *cm*. Tato radlička potřebuje dostatečné množství půdy pro ideální promísení půdy s posklizňovými zbytky. Kypřící radlička je schopna pracovat od 12 do 18 *cm* při ideálních podmínkách pozemku. K hloubkovému zpracování půdy se používají radličky dlátové. Jejich konstrukce spočívá v malé šířce 20–30 *mm*, tím je menší odpor a umožňují práci až ve 30 *cm*.

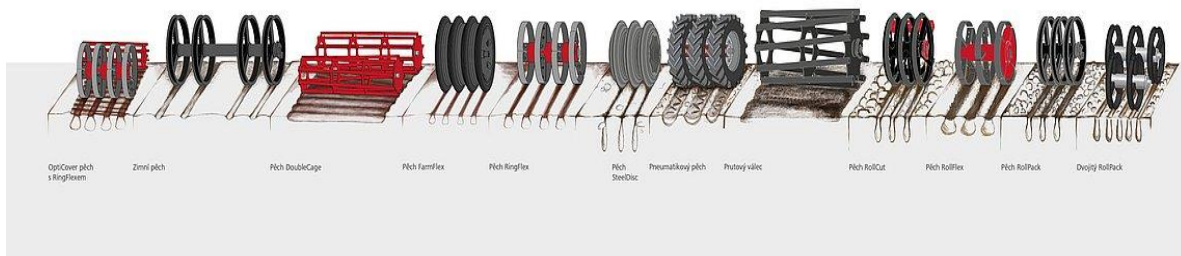
Slupice radliček kypřičů slouží k uchycení radliček a jejich následné propojení s rámem kypřiče. Tyto slupice rozdělujeme na tuhé, odpružené a pružné.

Odpružené slupice mají ve většině případů obloukovitý tvar a jsou připevněny k rámu za pomoci ploché pružiny nebo čepu. Při uchycení k rámu za pomoci čepu se k odpružení využívá ocelová válcová pružina viz obrázek 6 (Hůla a Procházková, 2008).



Obrázek 6.6: Jistící systém radliček značky Horsch (Horsch.cz, 2024)

Poslední částí radličkového kypříče jsou pěchy. Zvolení pěchu závisí na typu půdy. Pěch má za úkol utužení a zhuštění nadměrně překypřené půdy, rozdrobení velkých hrud a zajištění optimální struktury půdy pro hospodaření s půdní vláhou a zajištění půdního vzduchu (HORSCH, 2024).



Obrázek 6.7: Druhy válců (Horsch.cz, 2024)

6.3.2 Talířové kypříče

Talířové kypříče disponují vysokou výkonností, která je dána konstrukcí podmiťáče a možností dosažení rychlosti soupravy, která se pohybuje kolem $14 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Díky tomu jsme schopni provést včasnou a efektivní podmiťku. Tyto stroje skvěle pracují v lehkých či středně těžkých půdách, avšak v těžkých půdách pracují pouze při optimální vlhkosti půdy. Při vykonávání operace s diskovým kypříčem dochází k zanechání hřebenového dna pod vrstvou již zpracované půdy, proto se doporučuje při opakovaném zpracování půdy změnit směr, aby došlo k zamezení tohoto nedostatku. Pracovní hloubka je u těchto strojů velmi pestrá, můžeme pracovat od 3 do 10 cm, avšak v tom nás může omezovat například špatně sebraná sláma na pozemku, velké množství posklizňových zbytků a vyschlá půda. To nám může zkomplikovat následující zaklá-

dání porostu bez orby. Při vykonávání půdoochranné technologie je naopak nevýhodou při zpracovávání lehkých půd ohrožených vodní či větrnou erozí velký míšící efekt, kde může dojít již k zmíněným erozím. Proto se v případě mělké podmítky a zachování většiny posklizňových zbytků na povrchu půdy doporučuje provádět radličkovými kypřiči vybavenými podřezávajícími radličkami. Všechny tyto příklady omezují tento druh stroje v rovnoměrné pracovní hloubce. Díky malému efektu podříznutí nejsme schopni zlikvidovat druhotné a vytrvalé plevele, jako například s radličkovým kypřičem. Další velkou nevýhodou je množení pýru plazivého, který kotoučový kypřič nařeže, rozvrství a pýr má ideální podmínky se rozmnožit. Tyto kypřiče jsou vybaveny 4 sekcemi připomínající písmeno X, umožňují však snadné přenastavení úhlu, který svírá rotace pracovních kotoučů se směrem pohybu soupravy. Pracovní hloubka se u těchto kypřičů nastavuje buď změnou pracovního úhlu, nebo přenastavením opěrných kol. Velikost pracovního záběru je velmi pestrá. V minimalizačních a půdoochranných technologiích je možné použití strojů, které jsou schopny docílit jak kvalitního zapravení a promísení posklizňových zbytků s půdou, tak zajistit, aby půda byla připravena k následujícímu setí nové plodiny (Hůla a Procházková, 2008).



Obrázek 6.8: Talířový kypřič Horsch Joker 3 CT (Horsch.cz, 2024)

7 Metodika

Měření bude prováděno u soukromého zemědělce pana Davida Adrewa Homolky, který hospodaří v obci Březina na Pacovsku v okrese Pelhřimov, v kraji Vysočina. Cílem tohoto měření bude monitorovat a porovnávat efektivitu a ekonomiku naváděného stroje při mělkém zpracování půdy za pomoci GPS technologie od firmy John Deere a manuálního navádění obsluhou stroje.

Měření bude prováděno na předem vytyčených zemědělských parcelách obdélníkového tvaru. Délka parcel bude 564 m. Vyznačené parcely se nachází vedle sebe, aby byly zajištěny co nejsrovnatelnější podmínky. Parcely budou zaměřeny za pomoci půdního registru LPIS a následně vytyčeny ruční GPS technologií. Parcely se nachází na půdním bloku nazývaném Boroví, které je v katastru obce Hořepník. Šířka parcel bude vyměřena na 40 m. Tuto vzdálenost zvolíme záměrně z důvodu použití stroje o konstrukční šířce 4 m. V případě provádění měření s využitím GPS technologie budeme po zkušenostech obsluhy stroje v počítači nastavovat 3,9 m pracovního záběru. Obsluha nám doporučila zvolit právě tento pracovní záběr, který nám zajistí nulové plochy nezpracované půdy a zároveň minimální překryv přejezdů. Po ukončení pokusu budou šíře zpracovávaných ploch změřeny dálkoměrem. Obě vytyčené parcely se nacházejí na půdním bloku o svažitosti do 2°. Kvůli meteorologickým podmínkám, panujícím v době před uskutečněním měření, bude práce prováděna za sucha a stroj bude provádět mělkou podmítku řepkového strniště v pracovní hloubce 5 cm.

U obou pokusů bude zaznamenáván počet jízd (n). Otáčení na souvratích bude prováděno v obou případech stejně, a to tak, že stroj po dojetí na druhý konec vytyčené plochy bude po otočení stroje ihned navazovat na vedlejší pracovní linii. Aktivace GPS navádění bude prováděno vždy po otočení stroje a částečném najetí do následující pracovní linie. Aktivace bude potvrzena zvukovým signálem pro upozornění obsluhy. Celkový čas (t) bude měřen pro každou parcelu zvlášť pomocí ručních stopek. Začátek měření bude zahájen uvedením stroje do pohybu a konec měření ukončí uvedení stroje do klidu po zpracování požadované plochy. Pracovní rychlost stroje (v) bude zvolena na $12,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ při otáčkách motoru $1780 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$. Spotřeba pohonných hmot bude měřena doléváním nafty do nádrže přímo na pozemku pomocí mobilní cisterny opatřené digitálním počítadlem. Zjištěné hodnoty budou použity k vypočítání teoretické i skutečné výkonnosti stroje a spotřeby pohonných hmot v závislosti na výměře či

času, a to pro měření s pomocí GPS signálu a zvláště pro měření s manuálním naváděním. Dále budou spočítány jednotlivé úspory na hodinové mzdě obsluhy a návratnosti investice do GPS včetně příslušenství, a to pouze při započítání plochy zpracovávané mělkou či středně hlubokou podmínkou, tj. 190 *ha*. Úspory pohonných hmot se budou odvíjet od průměrné ceny nafty za rok 2023, která dosahuje 31,70 Kč · l⁻¹. Hodinové mzdy budou počítány s částkou 140 Kč. Pro výpočet návratnosti bude počítáno s pořizovací cenou GPS včetně zařízení a aktivace 325 000 Kč. Roční odpisová cena činí 65 000 Kč z důvodu 5leté odpisové doby. Částku 65 000 Kč vydělíme počtem hektarů 1 938, na kterých je ročně využita GPS navigace. V případě minimalizačního zpracování půdy se tedy jedná o 190 *ha* za rok. Z toho vyplývá fixní roční náklad 6 372,5 Kč, se kterým bude počítáno při výpočtu návratnosti GPS navigace.

Při pokusu byl využit kolový traktor John Deere 6 145 M, který je vybaven navigačním systémem StarFire 6000 od značky John Deere. Systém přijímá signál, s kterým je schopen pracovat s maximální odchylkou ±15 *cm*. Pan Homolka tento traktor zakoupil na podzim roku 2018. Od té doby má traktor odpracováno cca 3 300 moto hodin. Tento traktor svojí flexibilitou je nejvyužívanějším traktorem u pana Homolky. Během celého roku je traktor využíván k rozmetání statkových hnojiv, válení obilovin, hlavní náplní je aplikace postřiku za pomoci taženého postřikovače NAPA od firmy AGRIO Křemže o kapacitě nádrže 3 500 *l* a záběru 24 *m*, doprava komodit na 20 *km* daleko vzdálenou posklizňovou linku, posklizňové zpracování půdy, rozmetání průmyslových hnojiv, sečení píce, setí řepky, máku, ječmene jarního a jílku mnohokvětého. K traktoru bylo přikoupeno závaží do přední hydrauliky o hmotnosti 750 *kg* k zajištění lepšího zatížení traktoru při těžkých pracích. Při pokusu bylo na traktor zavěšeno již zmiňované závaží a nesený kotoučový podmítač od firmy HORSCH model Joker 4 CT o konstrukčním záběru 4 *m*.

Tabulka 7.1: Roční vytíženost využití soupravy

Práce vykonávaná za pomoci GPS navigace	Množství [<i>ha</i> · rok ⁻¹]
Aplikace postřiků	1000
Rozmetání průmyslových hnojiv	600
Setí	120
Minimalizační zpracování půdy	190
Sečení píce	14
Shrnování píce	14

7.1 Výpočetní vzorce pro výkonost a spotřeby pohonných hmot

Zpracovanou plochu vypočítáme podle délky a šířky pozemku a vydělíme 10 000 kvůli výslednému vyjádření v hektarech (ha). Vzorec 7.1.

$$S = \frac{l \cdot d}{10000} \quad (7.1)$$

S = celkově zpracovaná plocha [ha]

l = délka [m]

d = šířka [m]

Výkonost stroje bude vypočítána pomocí celkové zpracované plochy a celkového času zpracování. Vzorec 7.2

$$P = \frac{S}{t} \quad (7.2)$$

P = výkonost soupravy [ha · h⁻¹]

t = naměřený čas [s]

S = celková zpracovaná plocha [ha]

Náklady na zaměstnance vypočítáme pomocí hodinové mzdy zaměstnance a reálné plošné výkonosti. Vzorec 7.3

$$Nz = \frac{M}{P} \quad (7.3)$$

Nz = náklady na zaměstnance [Kč · ha⁻¹]

M = hodinová mzda zaměstnance [Kč · h⁻¹]

P = výkonost soupravy [ha · h⁻¹]

Skutečný záběr stroje vypočítáme pomocí celkové šířky zpracovávaného pozemku a počtem jízd soupravy po pozemku. Vzorec 7.4

$$Z = \frac{d}{n} \quad (7.4)$$

Z = skutečný průměrný záběr stroje [m]

d = šířka pole [m]

n = celkový počet přejezdů [-]

Spotřebu paliva na hektar vypočítáme pomocí naměřené spotřeby pohonných hmot a celkově zpracované plochy. Vzorec 7.5

$$Q_{ha} = \frac{Sp}{S} \quad (7.5)$$

Q_{ha} = spotřeba paliva na hektar [l · ha⁻¹]

Sp = spotřebované palivo [l]

S = celková zpracovaná plocha [ha]

Náklady na palivo spotřebované na 1 ha (hektar) vypočítáme pomocí ceny pohonných hmot a spotřeby paliva na hektar. Vzorec 7.6

$$Np = Sp_{ha} \cdot Cp \quad (7.6)$$

Np = náklady na palivo spotřebované na 1 ha [Kč · ha⁻¹]

Sp_{ha} = spotřeba paliva na hektar [l · ha⁻¹]

Cp = cena paliva [Kč · l⁻¹]

Aktuální kupní cena pohonných hmot je 31,70 Kč · l⁻¹

Celkové náklady na hektar vypočítáme pomocí nákladů soupravy, jako jsou pohonné hmoty a mzda zaměstnance. Vzorec 7.7

$$Cn = Np + Nz \quad (7.7)$$

Cn = celkové náklady [Kč · ha⁻¹],

Np = náklady na palivo [Kč · ha⁻¹],

Nz = náklady na zaměstnance [Kč · ha⁻¹],

Celkové roční náklady vypočítáme pomocí celkových nákladů soupravy a ročního využití soupravy. Vzorec 7.8

$$crN = Cnh \cdot 190 \quad (7.8)$$

crN = celkové roční náklady [Kč · rok⁻¹]

Cnh = celkové náklady na hektar [Kč · ha⁻¹]

190 = roční využití soupravy [ha]

Roční úsporu času vypočítáme pomocí celkových hektarů a reálné plošné výkonnosti, poté pomocí následného rozdílu hodnot. Vzorec 7.9

$$rUc = \left| \frac{190}{P2} - \frac{190}{P1} \right| \quad (7.9)$$

rUc = roční úspora času	[h]
190 = celkový počet hektarů	[ha]
$P1$ = výkonnost soupravy (pokus 1)	[ha · h ⁻¹]
$P2$ = výkonnost soupravy (pokus 2)	[ha · h ⁻¹]

Rozdíl ve spotřebě paliva vypočítáme pomocí spotřeby paliva na hektar a plánovaného ročního využití. Vzorec 7.10

$$Rp = |Spha 2 \cdot Srok 2 - Spha 1 \cdot Srok 1| \quad (7.10)$$

Rp = rozdíl ve spotřebě paliva	[l · rok ⁻¹]
$Spha 1$ = spotřeba paliva na jeden hektar s GPS	[l · rok ⁻¹]
$Spha 2$ = spotřeba paliva na jeden hektar bez GPS	[l · rok ⁻¹]
$Srok 1$ = roční využití soupravy (s GPS)	[ha]
$Srok 2$ = roční využití soupravy (bez GPS)	[ha]

Rozdíl ve spotřebě paliva vypočítáme pomocí ceny pohonných hmot a spotřeby. Vzorec 7.11

$$rNp = Rp \cdot Cp \quad (7.11)$$

rNp = rozdíl v nákladech na palivo	[Kč]
Rp = rozdíl ve spotřebě paliva	[l]
Cp = cena paliva	[Kč · l ⁻¹]

Rozdíl v nákladech na zaměstnance vypočítáme pomocí roční úspory času a hodinové mzdy zaměstnance. Vzorec 7.12

$$rNz = rUc \cdot M \quad (7.12)$$

rNz = rozdíl v nákladech na zaměstnance	[Kč]
rUc = roční úspora času	[h]
M = náklady na zaměstnance	[Kč · h ⁻¹]

Roční rozdíl provozních nákladů vypočítáme pomocí rozdílů v nákladech na pohonné hmoty a zaměstnance. Vzorec 7.13

$$rrpN = rNp + rNz \quad (7.13)$$

$rrpN$ = roční rozdíl provozních nákladů [Kč]

rNp = rozdíl v nákladech na palivo [Kč]

rNz = rozdíl v nákladech na zaměstnance [Kč]

Návratnost GPS navigace spočítáme pomocí pořizovací ceny, rozdílu nákladů na pohonné hmoty a rozdílů nákladů na zaměstnance. Tento vzorec pojmenujeme 7.14

$$nGPS = \frac{6\,372,5}{rNz + rNp} \quad (7.14)$$

$nGPS$ = návratnost GPS navigace [let]

rNz = rozdíl v nákladech na zaměstnance [Kč]

rNp = rozdíl v nákladech na palivo [Kč]

6 372,5 = pořizovací cena GPS navigace [Kč]

7.2 Soukromá farma pana Homolky

Farma leží nedaleko Pacova v okrese Pelhřimov. Nachází se v areálu zámku Březina, jehož majitelem je právě již zmíněný pan Bc. David Andrew Homolka. Pan Homolka se nezabývá jen zemědělstvím, ale také vlastní několik ha lesa. Hospodaří na cca 195 ha orné půdy a 14 ha TTP (trvale travních porostů) na 6 katastrálních území. Na těchto pozemcích se zabývá pěstováním zejména řepky ozimé, pšenice ozimé, jílku mnoho-květého ozimého, jarního ječmene, jílku jarního, máku setého a hořčice bílé. Okrajově dále pěstuje koriandr, kmín, nachový jetel, řebříček a svazenku. Tyto komodity se snaží pěstovat v potravinářské kvalitě, popřípadě u některých plodin i jako osiva. Tyto komodity jsou odváženy na vlastní, 20 km vzdálenou posklizňovou linku. Farma je velmi dobře vybavena. Práci na polích zajišťuje 6 traktorů o výkonu 56-220 koňských sil. Jedná se o starší stroje Zetor až po zánovní traktory od firmy JohnDeere. Zakládání porostů na farmě má na starosti zánovní secí pneumatický stroj Horch Pronto DC s diskovým secím ústrojím o pracovním záběru 4 m. Chemickou ochranu zajišťuje tažený postřikovač NAPA od firmy Agrio Křemže o pracovním záběru 24 m s řízeným vypínáním sekcí. Sklizeň komodit se na farmě provádí pomocí v letošním roce zakoupené sklízecí mlátičky od firmy CLASS model Tucano 450 s vytrásadlovým mláticím ústrojím.

7.2.1 Posklizňové zpracování půdy na farmě

Postup pro zpracování půdy je založen na osevním postupu farmy. Jelikož se řepky sejí brzy na podzim, bylo by pro farmu neekonomické mělce zpracovávat strniště předplodiny. Proto se pro zpracování půdy před zasetím řepky zvolí orba. Orbu na farmě provádí kolový traktor John Deere 7530 Premium s poloneseným otočným 6 radličným pluhem Overume.

Ostatní plochy se zpracovávají pomocí mělké až střední podmítky. Podmítka zde zajišťuje kolový traktor John Deere 6145 M s neseným diskovým podmítačem HORSCH Joker 4 ct o záběru 4 metry. K tomuto podmítači se při potřebě úspory času namontuje multifunkční rozmetací zařízení od firmy APV, které zajistí založení porostu meziplodiny. Převážně se jedná o směs hořčice bílé a svazenky vratičolisté.

Díky specifickému osevnímu plánu je zde na farmě podmítka s využitím diskového podmítače velmi důležitá. Zajišťuje rozřezání a rozdružení drnů, které vznikají při pěstování trav zahrnutých v osevním plánu. Při zhoršených podmínkách je zapotřebí podmítka provádět 2krát s časovým rozestupem, jiným směrem a rozdílnou pracovní hloubkou.

8 Výsledky měření

Pokus byl proveden 24. července 2023 mezi obcemi Březina a Lesná na pozemku nazývaném Boroví. Pokus byl proveden v období, kdy převládalo velké sucho. Srážky za posledních 14 dnů byly nulové. Teplota byla 29 °C a vanul mírný vítr. Na pozemku se nacházelo řepkové strniště o výšce 30–35 cm spolu s posklizňovými zbytky. U jízdní soupravy, která pokus vykonávala, není možné využít automatické otáčení na souvrati. Otáčení bylo vykonáváno manuálně, při obou měřeních stejným postupem.

Tabulka 8.2: Naměřené hodnoty

	S použitím GPS	Bez použití GPS
Počet jízd n	10	10
Délka zpracovaného pozemku [m]	564	564
Šířka zpracovaného pozemku [m]	39	37
Skutečný pracovní záběr [m]	3,9	3,7
Konstrukční záběr [m]	4	4
Celkový čas měření [h]	0,5041	0,5093
Pracovní rychlost [km·h]	12,5	12,5
Spotřebovaná nafta [l]	10,3	10,3

8.1 Výsledky pokusu s využitím GPS navigace

Celkově zpracovaná plocha (7.1)

$$S = \frac{564 \cdot 39}{10000} = 2,2 \text{ ha}$$

Výkonnost jízdní soupravy (7.2)

$$P = \frac{2,2}{0,5041} = 4,3642 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$$

Náklady na zaměstnance (7.3)

$$N_z = \frac{140}{4,3642} = 32,08 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Skutečný záběr stroje (7.4)

$$Z = \frac{39}{10} = 3,9 \text{ m}$$

Spotřeba paliva na jeden hektar (7.5)

$$S_{pha} = \frac{10,3}{2,2} = 4,68 \text{ l}$$

Náklady na palivo (7.6)

$$N_p = 4,68 \cdot 31,70 = 148,36 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Celkové náklady (7.7)

$$C_n = 148,36 + 32,08 = 180,44 \text{ Kč}$$

Celkové roční náklady (7.8)

$$crN = 180,44 \cdot 190 = 34\,283,60 \text{ Kč}$$

8.2 Výsledky pokusu bez využití GPS navigace

Celkově Zpracovaná plocha (7.1)

$$S = \frac{564 \cdot 37}{10000} = 2,09 \text{ ha}$$

Výkonnost jízdní soupravy (7.2)

$$P = \frac{2,09}{0,5093} = 4,1037 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$$

Náklady na zaměstnance (7.3)

$$N_z = \frac{140}{4,1037} = 34,12 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Skutečný záběr stroje (7.4)

$$Z = \frac{37}{10} = 3,7 \text{ m}$$

Spotřeba paliva na jeden hektar (7.5)

$$S_{pha} = \frac{10,4}{2,09} = 4,98 \text{ l}$$

Náklady na palivo (7.6)

$$Np = 4,98 \cdot 31,70 = 157,87 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Celkové náklady (7.7)

$$Cn = 157,87 + 34,12 = 191,99 \text{ Kč}$$

Celkové roční náklady (7.8)

$$crN = 191,99 \cdot 190 = 36\,478,10 \text{ Kč}$$

8.3 Propočty a porovnání úspor u obou souprav

Roční úspora času (7.9)

$$rUc = \left| \frac{190}{4,3642} - \frac{190}{4,1037} \right| = -2,76 \text{ h}$$

Rozdíl ve spotřebě paliva (7.10)

$$Rp = |4,98 \cdot 190 - 4,68 \cdot 190| = 57 \text{ l}$$

Rozdíl v nákladech na palivo (7.11)

$$rNp = 57 \cdot 31,70 = 1806,90 \text{ Kč}$$

Rozdíl v nákladech na zaměstnance (7.12)

$$rNz = 2,76 \cdot 140 = 386,40 \text{ Kč}$$

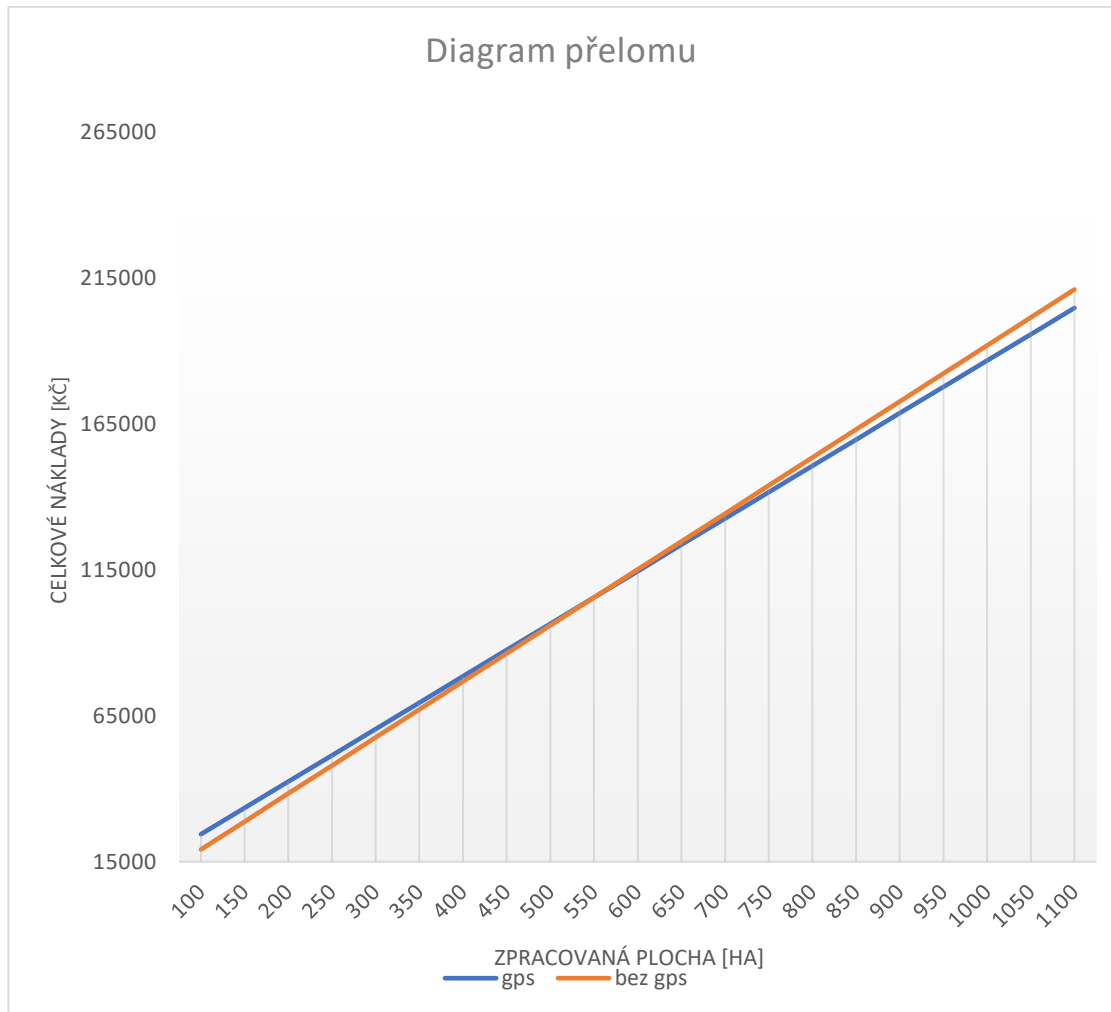
Roční rozdíl provozních nákladů (7.13)

$$rrpN = 1806,90 + 386,40 = 2193,30 \text{ Kč}$$

Návratnost GPS navigace (7.14)

$$nGPS = \frac{6372,5}{2193,3 + 1806,9} = 1,6 \text{ let}$$

Tabulka 8.3: Diagram přelomu



Diskuse

Minimalizační zpracování půdy prováděné za pomoci GPS navigace má lepší výsledky ve všech zkoumaných ohledech oproti jízdní soupravě, která tento systém nevyužívala.

Plošná výkonnost u stroje s GPS navigací činila 4,3642 hektarů za hodinu, kdežto u soupravy bez GPS navigace výkonnost činila 4,1037 hektarů za hodinu. To má za následek lepší efektivnost využití záběru při využití GPS navigace o 0,2605 hektarů za hodinu tj. 5,97 %. Mezi další kladné výsledky patří spotřeba pohonných hmot, která u soupravy s GPS činila 4,68 litrů na hektar, zatímco u druhé soupravy činila 4,98 litrů na hektar. To znamená úspora 0,3 litru na hektar tj. 6,02 %. Ročně při využití soupravy na 190 hektarů by tento rozdíl znamenal 57 litrů na hektar, což činí rozdíl 1 806 Kč. V neposlední řadě je potřeba zmínit úsporu času, která za rok dosáhla hodnoty 2,76 hodiny, což činí rozdíl 386,4 Kč za rok. Tato hodnota je pro soukromého zemědělce zanedbatelná. Zatímco u velkých podniků, které hospodaří na 2000 ha a více hektarech, by tento faktor byl velmi důležitý.

Naměřené výsledky, které jsou zmíněny v této práci, na první pohled nemusí zobrazovat markantní rozdíl. To má však za důsledek malá velikost zpracovávaných parcel. Při pokusu záměrně nedošlo ke zpracování celých parcel, ale zvolili jsme stejný počet přejezdů, aby nedošlo ke zkreslení výsledků při výpočtu úspory času. Díky těmto opatřením je z výsledků jasně dané, že pokud by parcely, na kterých bylo prováděno měření, měly větší rozlohu, výsledky by byly jednoznačnější. Je dobré zmínit, že na finálních výsledcích se může podepsat a ovlivnit je i řidičská zdatnost obsluhy soupravy bez GPS navigace. Po provedení měření jsme se zeptali samotné obsluhy jízdní soupravy, jaké klady a zápory pocítují při využití GPS navigace. Odpovědi potvrdily naměřené hodnoty. Obsluha stroje dále uvedla, že v případě využití GPS navigace nepocítuje na konci směny takovou únavu jako při nevyužití GPS.

Výsledky nám ukázaly, že při mělkém zpracování půdy na 190 ha ročně, by byla finanční návratnost cca 1,6 let. Diagram zlomu ukazuje, že zpracovaná plocha minimalizačním způsobem by musela dosahovat nejméně 550 hektarů ročně. Po zpracování tohoto množství půdy začíná být GPS navigace výhodnější oproti manuálnímu navádění. Tato hodnota se však týká jen tohoto typu využití jízdní soupravy. Jak je již zmíněno v práci, traktor osazený GPS navigací je využíván při chemické ochraně rostlin, při které je schopen aplikovat až na 1000 hektarů ročně. Při aplikaci průmyslových

hnojiv se velikost výměry pohybuje okolo 600 hektarů ročně. Dále je systém využíván při zakládání porostu na výměře 120 hektarů ročně. V případě, že bychom započítali úsporu chemických přípravků, úsporu průmyslových hnojiv a úsporu osiva včetně kvality aplikace a kvality založení porostu, která se nám kladně podepíše na velikosti výnosu, můžeme počítat s mnohem výraznější finanční návratností tohoto systému, nežli vychází z matematických výsledků této práce.

Závěr

Cílem této Bakalářské práce bylo porovnat práci stroje opatřeného GPS naváděním a stroje s manuálním naváděním. Díky možnosti provádět měření na pozemcích soukromého zemědělce pana Davida Adrewa Homolky byla zjištěna efektivita stroje osazeného GPS, úspory pohonných hmot, časové úspory, úspory nákladů za mzdu obsluhy a návratnosti ceny GPS navigace.

Z výsledků měření je jasně patrné, že stroj osazený GPS naváděním, který provádí dále vyjmenované práce jako je již zmiňovaná podmínka, setí obilovin, hnojení průmyslovými hnojivy, chemická ochrana rostlin, sečení píce a obracení píce, přináší řadu výhod, které se dříve či později pozitivně projeví v nákladech na provoz tohoto stroje. Jistým přínosem při využití GPS navádění je zmenšení počtu přejezdů po pozemku, na to navazuje zmenšení spotřeby pohonných hmot na hektar. Jako další přínos musíme zmínit časovou efektivitu, na niž navazuje úspora při vyplácení mezd pro obsluhu stroje. Jelikož využívaný stroj pro provádění měření je používán při setí obilovin, chemické ochraně a výživě rostlin, nesmíme zapomenout na úsporu osiv, chemických přípravků a hnojiv. Avšak z vlastní zkušenosti mohu potvrdit, že tento systém automatického navádění zajistí psychickou i fyzickou pohodu obsluhy při stráveném času na poli.

Podle mého názoru mají GPS technologie v zemědělství jasnou budoucnost. V dnešní době je GPS v zemědělských strojích téměř samozřejmostí. Stále více podniků, ale i soukromých zemědělců, pořizuje stroje s automatickým naváděním.

V jiném případě, kde zemědělci již tento systém využívají, se začínají zajímat o minimalizační způsob hospodaření a půdoochranné technologie, které mají velmi kladný vliv na strukturu půdy a její vlastnosti potřebné k co největšímu zadržení vláhy, která je pro zemědělce nepostradatelná.

Seznam použité literatury

AF MENDELU. (2020). *Systémy navádění mechanizace. Inovace studijních programů AF MENDELU směrem k internacionalizaci studia: portál e-learningových prezentací*. [online]. [cit. 2024-02-04]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3328&typ=html

BAUER, František, Pavel SEDLÁK a Tomáš ŠMERDA. *Traktory*. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006, 192 s. ISBN 80-867-2615-0.

BEDNAR. *přímé setí*. [online]. [2024-02-04]. Dostupné z: <https://www.bednar.com/>

C4ISR. *vojenství*. [online]. [2024-02-04]. Dostupné z: https://c4-isr.blogspot.com/2015/08/rusky-druzicovy-system-glonass.html?fbclid=IwAR351au-FYg7T2ZHVngApKo8QGcjz-kmRptBN0-uoSylqJ_sI_ZycytVCUpw_aem_AZyO-Enmzot_ZZPcS7Yue2CrRgb4IRDINGpOWGedPRqZdL8va0xfsW7djG393wEjmb-cWe3nDPGF16_3VH4tLK8SkQ

CIME. *Udržitelné zemědělství-co je to strip-till*. [online]. [2024-02-04]. Dostupné z: https://www.cime.cz/o-nas/udrzitelne_zemedelstvi/co_je_to_strip_till/

ČÁBELKA, Miroslav. *Geografické rozhledy – Globální systémy 27 vydání číslo 4* [online]. 2018 [cit.2024-02-04]. Dostupné z: https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/aktuality/gr2704_cabelka-final.pdf

Hlavnička, J. (2021). *Mapování pohybu techniky pro sklizeň píce s využitím a bez využití GPS*. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta.

HORSCH, Michael. *No-till*. [online]. 2024 [cit. 2024-02-04]. Dostupné z: <https://www.horsch.com/cs/bezorebne>

HORSCH. *Zpracování půdy* [online]. 2024 [cit. 2024-02-04]. Dostupné z: [Terrano FX - Kypřiče a předset'ová příprava - Zpracování půdy | HORSCH](#)

HŮLA, Josef. *Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí: uplatněná certifikovaná metodika*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2010. ISBN 978-80-86884-53-0.

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

JAVAD GNSS GNSS. *Systémy ve světě*. [online]. 2013 [cit. 2024-02-04]. Dostupné z: <http://www.javad-gnss.cz/reference/hlavni-gnss-systemy>

JOHNDEERE. *AutoTrac*. [online]. 2024 [cit. 2024-02-04]. Dostupné z: <https://www.deere.cz/cs/reseni-inteligentniho-zemedelstvi/reseni-navadeni/autotrac/>

JOHNDEERE. *RTK signál*. [online]. 2024 [cit. 2024-02-04]. Dostupné z: [Precizní zemědělství | John Deere CZ](#)

JURIŠICA, Ladislav. VITKO, Anton. DUCHOŇ, František a KAŠTAN, Dušan. *Systémy GPS-princip, přednosti a nedostatky*. [online]. 2011 [cit. 2024-02-04]. Dostupné z: https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/42738.pdf

KOVÁŘ, Pavel. *Družicové navigace: od teorie k aplikaci v softwarovém přijímači*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Česká technika-nakladatelství ČVUT, 2016, 172 s. ISBN 978-80-01-05989-0.

KUMHÁLA, František. *O CTF...*. *Česká zemědělská univerzita v Praze: katedra zemědělských strojů* [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015 [cit. 2024-02-04]. Dostupné z: <https://katedry.czu.cz/kzs/o-ctf>

RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2002, 200 s. [cit. 2024-02-04]. ISBN 80-248-0124-8. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/310378256_Druzicove_pohove_systemy

RATAJ, Vladimír a spol. Riadený pohyb strojov po poli (CTF). *AGROjournal: stroje, mechanizace a nářadí pro zemědělství* [online]. 2017 [cit. 2024-02-04]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/riadeny-pohyb-strojov-po-poli-ctf-302>

STEHNO, Luboš. CTF – zkušenosti z domova i zahraničí. *Mechanizace zemědělství: odborný měsíčník zaměřený na problematiku zemědělské, lesnické a komunální techniky*. [online]. 2015 [cit. 2024-02-04]. Dostupné z: <https://www.mechanizace-web.cz/ctf-zkusenosti-z-domova-i-zahranici/>

Seznam obrázků

Obrázek 4.1: CFT sjednocení pracovních záběrů (mendelu.cz, 2024)	15
Obrázek 5.2: SF signály (Strom Praha.cz, 2024).....	16
Obrázek 6.3: secí ústrojí No-tillage (Horsch.cz, 2024).....	18
Obrázek 6.4: Strip-tillage (Bednar.cz, 2024)	19
Obrázek 6.5:Radličkový kypřič Horsch (Horsch.cz, 2024)	20
Obrázek 6.6: Jistící systém radliček značky Horsch (Horsch.cz, 2024)	22
Obrázek 6.7: Druhy válců (Horsch.cz, 2024)	22
Obrázek 6.8: Talířový kypřič Horsch Joker 3 CT (Horsch.cz, 2024)	23

Seznam tabulek

Tabulka 7.1: Roční vytíženost využití soupravy	25
Tabulka 8.2: Naměřené hodnoty	31
Tabulka 8.3: Diagram přelomu	34