



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Bakalářská práce

Mapování pohybu techniky pro sklizeň píce s využitím a bez využití GPS

Autor práce: Josef Hlavnička

Vedoucí práce: Ing. Martin Filip

České Budějovice
2021

Prohlášení

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

V Českých Budějovicích dne

.....

Podpis

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá mapováním pohybu zemědělské techniky při sklizni píce. V první části jsou popsány jednotlivé navigační systémy, metody určování polohy, korekce výsledků měření, systémy navádění a základní žací stroje. V druhé části je porovnáváno sečení píce za pomoci navigace. Mezi porovnávané hodnoty patří celkový čas měření, z něž se počítá výkonnost, či spotřebovaná nafta. Dále jsou počítány úspory za ušetřenou naftu a mzdu obsluhy a návratnost investice do GPS navigace.

Klíčová slova: GPS, navigace, navádění, sklizeň

Abstract

This bachelor thesis deals with mapping the movement of agricultural machinery during forage harvesting. The first part describes the individual navigation systems, positioning methods, correction of measurement results, guidance systems and basic mowers. The second part compares mowing forage using navigation. The compared values include the total measurement time, from which the performance or consumed diesel is calculated. Furthermore, savings for saved diesel and operator's salary and return on investment in GPS navigation are calculated.

Keywords: GPS, navigation, guidance, harvesting

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat zejména Ing. Martinu Filipovi za odborné vedení bakalářské práce, za cenné rady, připomínky a čas, který mi v průběhu zpracování práce poskytl. Dále bych rád poděkoval Michalu Škvorovi, jakožto řediteli Společnosti pro zemědělskou výrobu Ostředek a.s., za ochotu a poskytnutí možnosti uskutečnění pokusu.

Obsah

| | |
|--|----|
| Úvod..... | 7 |
| 1 GNSS – globální družicový navigační systém..... | 8 |
| 1.1 Systém NAVSTAR | 8 |
| 1.2 Systém GLONASS..... | 10 |
| 1.3 Systém GALILEO | 11 |
| 2 Metody určování polohy | 12 |
| 2.1 Úhломěrná metoda | 12 |
| 2.2 Dopplerovská metoda..... | 12 |
| 2.3 Metoda fázového měření | 13 |
| 3 Korekce výsledků měření..... | 14 |
| 4 Systémy navádění po pozemku..... | 15 |
| 4.1 Manuální systémy navádění | 15 |
| 4.2 Asistovaný systém navádění..... | 16 |
| 4.3 Automatický systém navádění..... | 17 |
| 4.4 Systém CTF | 18 |
| 4.4.1 Výhody systému CTF | 18 |
| 4.4.2 Nevýhody systému CTF..... | 18 |
| 5 Žací stroje..... | 20 |
| 5.1 Žací stroje s přímovratným pohybem nožů | 20 |
| 5.2 Rotační žací stroje | 21 |
| 5.2.1 Bubnové žací stroje | 21 |
| 5.2.2 Diskové žací stroje | 21 |
| 6 Metodika | 23 |
| 6.1 Výpočty výkonnosti a spotřeb pohonných hmot..... | 24 |
| 6.2 Výpočty finančních úspor a návratnosti | 25 |
| 6.3 Souprava použitá při experimentu..... | 27 |

| | | |
|-------|--|----|
| 7 | Vlastní práce | 30 |
| 7.1 | Společnost pro zemědělskou výrobu Ostředek a.s. | 30 |
| 7.1.1 | Skližeň pícnin ve společnosti | 31 |
| 7.2 | Naměřené hodnoty | 31 |
| 7.2.1 | Výsledky s použitím navigace | 32 |
| 7.2.2 | Výsledky bez použití navigace..... | 32 |
| 7.2.3 | Výpočet úspor a návratnosti navigace při sklizni píce..... | 33 |
| 7.2.4 | Výpočet úspor a návratnosti navigace při všech operacích | 34 |
| 8 | Diskuse..... | 36 |
| | Závěr | 38 |
| | Seznam použité literatury..... | 38 |
| | Seznam obrázků | 41 |
| | Seznam tabulek | 42 |

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá mapováním pohybu zemědělské techniky s použitím a bez použití GPS technologie při sklizni píce. Vývoj navigačních systémů umožnil zemědělským strojům pohybovat se po pozemcích téměř bez zásahu obsluhy. Při používání těchto technologií předpokládáme značné úspory díky menšímu překryvu strojů při pracovních operacích, tím pádem snížení počtu přejezdů po pozemcích, a to vede k úspoře pohonných hmot, snížení časové náročnosti, ale také snížení lidské práce. Toto vše by mělo mít za následek lepší konkurenceschopnost podniků, ale i lepší ekonomický výsledek.

Cílem této práce je porovnání efektivity činnosti stroje při sklizni píce s použitím GPS technologie a bez ní, díky porovnání výsledků provedených pokusů na pozemcích Společnosti pro zemědělskou výrobu Ostředek a. s.

1 GNSS – globální družicový navigační systém

GNSS (globální družicový navigační systém) je služba, která se používá k určení pozice objektu na povrchu Země nebo v jeho těsné blízkosti s velmi vysokou přesností pomocí družic vysílajících signály (JAVAD GNSS, 2013).

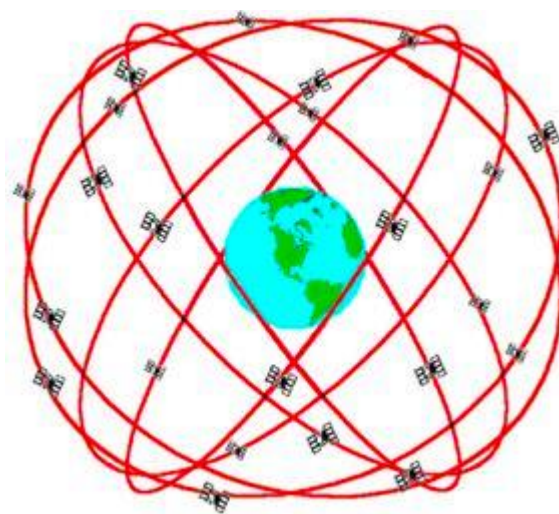
GNSS (z angl. Global Navigation Satellite Systems) jsou systémy vybudované na určování polohy a času na Zemi nezávisle na aktuálních meteorologických podmínkách. Poloha měřeného bodu se nachází v průsečíku kulových ploch, jejichž poloměr je určen vzdálenostmi mezi družicemi a určovaným bodem. Z geometrického hlediska je pro určení polohy tohoto bodu nutné znát polohu minimálně tří družic. Protože je na určení vzdálenosti mezi družicemi a určovaným bodem třeba použít přesné časové údaje, je nutné pro výpočet znát polohu čtyř družic. Pro dosažení vysoké přesnosti určení polohy je důležité, aby se využíval co největší možný počet viditelných družic, které musí být vhodně rozloženy na sféře (AUTOMA, 2011).

1.1 Systém NAVSTAR

Systém NAVSTAR GPS (Navigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System) je pasivní dálkoměrný systém pro určení polohy a času na Zemi i v přilehlém prostoru. NAVSTAR GPS je způsobilý podávat 24 hodin denně kdekoliv na zemském povrchu a přilehlém prostoru signály, které přijímače GPS zpracují a určí polohu v prostoru a přesný čas (Sideropulos, 2017).

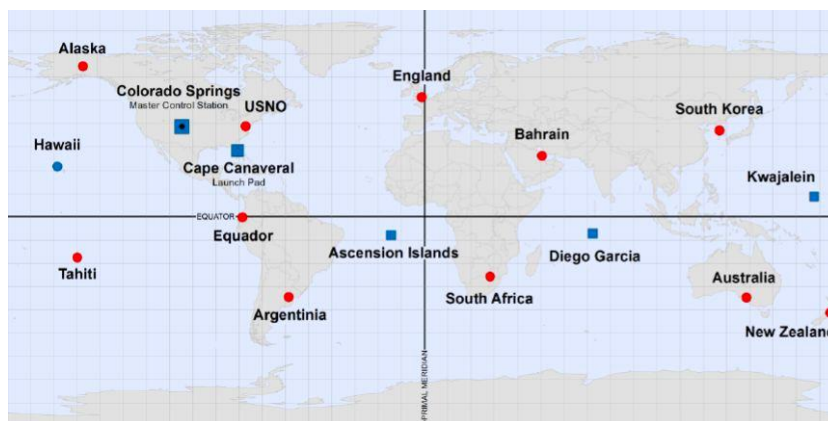
V roce 1978 byl na oběžnou dráhu vypuštěn první testovací satelit systému NAVSTAR. V roce 1994 bylo dosaženo plné operační schopnosti. Plná operační dostupnost znamená, v případě systému GPS, osazení šesti oběžných drah 24 satelity. Původně byl systém NAVSTAR vyvíjen Ministerstvem obrany USA pro vojenské účely, avšak nyní je k dispozici také pro civilní potřeby po celém světě (Bezpapec, 2015).

Tento systém tvoří tři segmenty – kosmický, řídicí a uživatelský. Kosmický segment se ve chvíli plné operační schopnosti skládá z minimálně 24 satelitů na šesti kruhových drahách, jak lze vidět na obrázku č. 1. Tyto satelity mají sklon k rovině rovníku 55° . Družice obíhají povrch Země ve vzdálenosti 20 200 km. Během jednoho dne oběhne každá družice Zemi dvakrát, jelikož jeden oběh trvá přibližně 12 hodin. Satelity jsou na oběžných drahách rozmístěny nepravidelně v různých vzdálenostech od sebe z důvodu rezistence vůči chybám (Sideropulos, 2017; Kvapil, 2005).



Obrázek č. 1: Satelity systému GPS (Bezpalec, 2015)

Mezi úkoly řídicího segmentu GPS patří nepřetržitě monitorovat a řídit činnost družicového systému, určovat systémový čas GPS, předpovídat dráhy družic a chod hodin na družicích a pravidelně obnovovat navigační zprávu každé družice. Tento segment se skládá z 16 pozemních monitorovacích stanic. Mapa, kde se stanice nacházejí, je vyobrazena na obrázku č. 2. Pozemní monitorovací stanice přijímají signály ze všech viditelných družic. Údaje jsou posílány do Master Control Station, kde se určují dráhové elementy družic (efemeridy), korigují se atomové hodiny a tvoří se navigační zpráva. Navigační zpráva je pomocí pozemních vysílacích antén rozeslána na jednotlivé družice, které pak vysílají své efemeridy a přesný čas na Zemi. Vysílací antény jsou rozmístěny tak, aby bylo možné spojení s každou družicí minimálně třikrát za den (AUTOMA, 2011).



Obrázek č. 2: Monitorovací stanice systému GPS (Bezpalec, 2015)

Uživatelský segment se skládá z různých typů GPS přijímačů, zpracovávající informace ze satelitů, které jsou viditelné zrovna v určitou chvíli nad obzorem. Tento systém funguje principiálně stejně jako pasivní GPS přijímače. Komunikace vesmírného a uživatelského segmentu se odehrává pouze jedním směrem, a to od satelitu k GPS přijímači.

Díky získaným časovým a polohovým informacím z dílčích družic je možno spočítat zeměpisnou šířku, výšku a nadmořskou výšku přijímače GPS. Pomocí systému GPS lze stanovit nejen polohu, ale je možné pomocí něj určit i přesný čas (Bezpalec, 2015).

1.2 Systém GLONASS

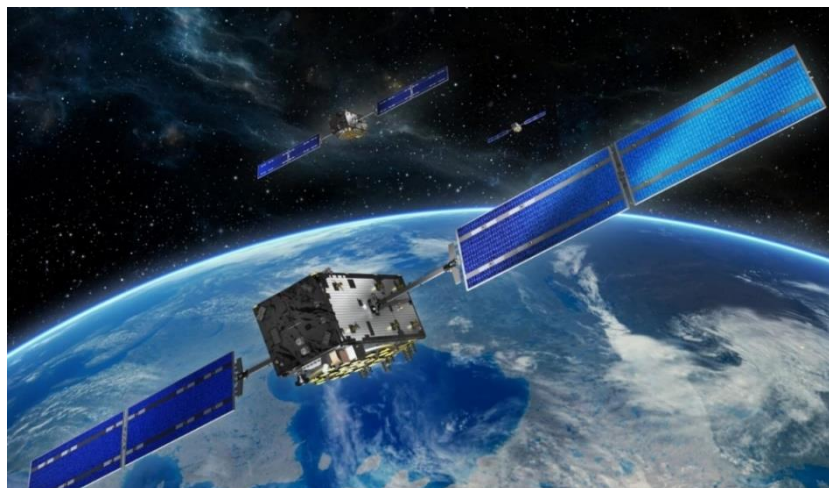
GLONASS (GLObalnaja NAvigacionnaja Sputnikovaja Sistema) je ruský globální satelitní navigační systém, jehož vývoj začal v 70. letech 20. století. V roce 1982 byla na oběžnou dráhu vypuštěna první družice systému. Již v roce 1995 bylo na krátkou dobu dosaženo plného operačního stavu, ale z důvodu krátké životnosti satelitů (od 1 do 3 let) a nedostatku financí došlo k postupnému úbytku aktivních satelitů. Minimum aktivních satelitů potřebných pro dosažení plné operační dostupnosti je u systému GLONASS 24, stejně tak jako v případě amerického systému GPS. V roce 2001 nastal stav, kdy se na oběžné dráze v operačním stavu nacházelo pouze 6 družic.

Koncem roku 2011 se znovu podařilo dosáhnout plného operačního stavu. V současné chvíli je na oběžné dráze umístěno 31 satelitů. Za celou dobu fungování systému bylo vypuštěno přes 130 satelitů systému GLONASS na oběžnou dráhu. Vývoj, údržbu a provoz, stejně jako v případě systému GPS na straně USA, zajišťuje armáda (Bezpalec, 2015; Kovář, 2016).

1.3 Systém GALILEO

Galileo je nový navigační systém, který vzniká za podpory Evropské unie a Evropské vesmírné agentury. Jedná se čistě o civilní systém, na rozdíl od systémů NAVSTAR nebo GLONASS, které byly původně vytvořeny pro vojenské účely. Systém Galileo je vyprojektovaný tak, aby byl schopen měřit polohu v rozsahu jednoho metru (AUTOMA, 2011).

Pro plnou operační dostupnost počítá systém GALILEO s 27 družicemi. Všechny družice budou rozmístěny na třech oběžných drahách ve výšce 23 222 km nad zemským povrchem. Oběžné dráhy jsou navzájem posunuty o 120 stupňů. Na všech oběžných drahách bude pravidelně rozmístěno devět družic. Tyto satelity budou mít od sebe rozstup 40 stupňů a sklon k rovníku 56 stupňů. Na všech oběžných drahách se zároveň počítá s jednou záložní družicí. Jak taková družice vypadá lze vidět na obrázku č. 3 (Bezpalec, 2015; Kovář, 2016).



Obrázek č. 3: Družice systému GALILEO (European Space Agency, 2019)

2 Metody určování polohy

Pro zjištění polohy lze používat různorodé fyzikální principy a na nich založené systémy. Mimo to lze pro tyto účely používat i rádiové vlny. Pro zjišťování poloh pomocí radiových signálů se využívá například úhломěrná metoda, dopplerovská metoda nebo metoda založená na měření fáze nosné vlny (Rapant, 2002).

2.1 Úhломěrná metoda

Metoda úhломěrným měřením je postavena na jednoduchém principu. Z místa, kterého chceme polohu zjistit, změříme za pomoci směrové antény azimuty k několika radiomajákům umístěným na zemském povrchu nebo elevační úhly k několika družicím, popřípadě elevační úhly opakovaně k jedné družici, ale s časovými intervaly. V případě pozemních radiomajáků se do mapy zanesou u každého z nich přímka s náležitým naměřeným azimutem. V místě, ve kterém se tyto přímky protnou, se nachází navigační přijímač.

U družic je nejdříve zapotřebí vypočítat polohu družice ve chvíli měření elevačního úhlu. Spojnice tohoto místa s prostředkem zeměkoule určí osu kužele s vrcholem v místě družice, jehož plášť představují všechny přímky, které vedou družicí pod naměřeným elevačním úhlem. Sestrojíme-li tyto kužely pro všechna měření a najdeme-li jejich průsečnice se zemským povrchem, popřípadě s výškovou hladinou, ve které by se mělo hledané místo nacházet, pak se všechny tyto průsečnice střetnou v námi hledaném místě (Rapant, 2002).

2.2 Dopplerovská metoda

Tato metoda je využívána nejvíce u měření radiových signálů vysílaných družicemi. Méně časté využití najdeme u pozemních radiomajáků. Ke zjištění polohy bodu se používá Dopplerova posuvu, to znamená změnu frekvence signálu, který vysílá hýbající se těleso. Družice vysílá signál o neměnné frekvenci, na kterém se přenáší v určitém časovém rozmezí časové značky a parametry oběžné dráhy družice, které umožňují přijímači určit přesnou polohu družice. Přijímač je na základě frekvence přijímaného signálu, časových značek, parametrů oběžné dráhy a referenčního signálu o frekvenci generovaného přímo v přijímači schopná, díky opětovnému měření uskutečňovaných vždy mezi dvěma časovými značkami, spočítat teoreticky až trojrozměrnou polohu měřeného místa (Rapant, 2002).

2.3 Metoda fázového měření

Pro určení polohy pomocí fázového měření se vychází z představy: jestliže spočítáme počet vlnových délek radiové vlny nacházející se mezi přijímačem a vysílačem ve chvíli měření, je možné vynásobit vlnové délky s přijímanými radiovými vlnami, a tím určit opravdovou vzdálenost mezi vysílačem a přijímačem (Rapant, 2002).

3 Korekce výsledků měření

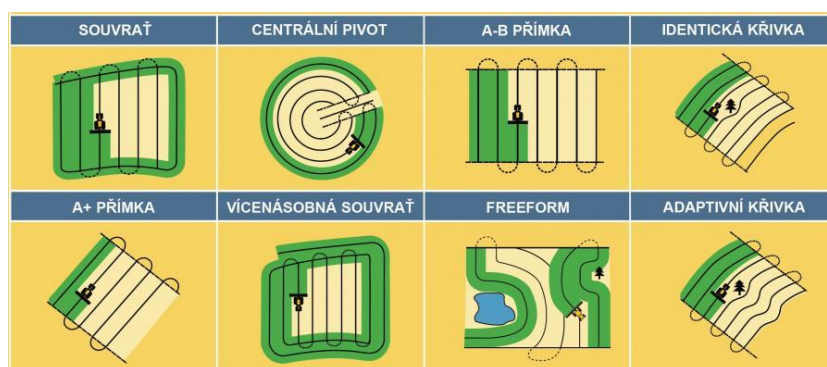
Samotný GPS signál získaný z družic nabývá přesnosti v jednotkách metrů. To může být naprosto dostačující pro automobilové navigace, které pracují s podkladem map, ale pro precizní zemědělství je toto měření nedostačující. Kvůli tomu je zapotřebí tento signál upřesňovat. To je možné uskutečnit několika možnostmi, kde hlavní úlohu zastává pozemní referenční stanice se známou, konkrétně určenou polohou. Díky využití korekčního signálu pak lze provozovat techniku s maximální odchylkou do 30 cm při využití signálu Wass/Egnos, 5 až 15 cm při využití signálu Omnistar XP/HP nebo lze docílit přesnosti až na 2,5 cm za předpokladu vybavení RTK stanicí, kterou lze vidět na obrázku č. 4, a přenosem korekčního signálu za pomoci rádiových vln nebo GSM sítě (Křepelka, 2011).



Obrázek č. 4: RTK stanice StarFire 6000 od firmy John Deere (Deere & Company, 2021)

4 Systémy navádění po pozemku

Nákup naváděcího systému mechanizace bývá prvním krokem začlenění prvků precizního zemědělství do zemědělského podniku. Poskytuje zlepšení návaznosti pracovních záběrů strojů, obzvláště při agregaci s široko záběrovými stroji, za účelem snížit přebytečné přejezdy po pozemcích. To vede ke zmenšení nákladů pohonných hmot, časové úspoře a usnadnění práce obsluhy. Dochází také ke zvýšení efektivity využití strojů. Ke snížení nákladů dochází i ze strany aplikovaných prostředků. Při seti dochází k úspoře osiva nebo například při hnojení či postřiku dochází k uspoření hnojících či postřikových látek. Díky těmto systémům lze provádět pracovní operace i za snížené viditelnosti nebo v noci. Systémy navádění se postupně zaměřují například za pěnové značkovače u postřikovačů, kotoučové znamenáky při seti či kolejové řádky. Druhy křivek, které lze v počítači navigace nastavit, jsou vyobrazeny na obrázku č. 5. Dle možnosti ovládání strojů lze naváděcí systémy rozdělit na manuální, asistované a automatické (Bauer, 2006; Aplikovaný pěstitelský software, 2020).



Obrázek č. 5: Druhy naváděcích křivek (Aplikovaný pěstitelský software, 2020)

4.1 Manuální systémy navádění

Manuální systém navádění po pozemku se až tak moc neliší od klasického manuálního navádění. Jediný rozdíl je v tom, že obsluha stroje má v kabině panel či displej se světelnou lištou. Tato lišta napovídá obsluze, v jakém směru má být stroj řízen, pomocí diod. Diody se rozsvěčují od středu buďto na jednu či druhou stranu podle toho, jak moc je stroj vychýlen z daného směru. Čím více se stroj vychýlí ze svého směru, tím se více diod rozsvítí na stranu vychýlení. Pro lepší orientaci ve vychýlení jsou diody barevně odlišeny. Systém pro manuální navádění lze celkem lehce přendávat ze

jednoho stroje do druhého. Na obrázku č. 6 je zobrazen displej s diodovou světelnou lištou od značky EZ-Guide (Bauer, 2006).



Obrázek č. 6: Displej EZ-Guide pro manuální navádění
(Leading Farmers CZ, 2021)

4.2 Asistovaný systém navádění

Na asistovaný systém řízení lze celkem jednoduše přejít z manuálního systému navádění zakoupením dalších součástek za předpokladu, že je stroj vybavený posilovačem řízení. I tento systém lze přendávat mezi různými traktory, případně ho lze přendat i do sklízecích strojů či postřikovačů.

Asistovaný systém řízení je systém, u kterého je volant ovládán elektropohonem. Může být v provedení odnímatelného volantu s elektromotorkem v jeho ose, který je možný nasadit místo stávajícího volantu, nebo je možné otáčet volantem pomocí přítlačného pastorku, jenž je znázorněn níže na obrázku č. 7. Pokud je to nutné, obsluha převezme řízení vychýlením pastorku nebo jednoduchým otočením volantu. Negativem tohoto navádění je u obou možností zmenšení prostoru pro nohy a při možnosti s přítlačným pastorkem může pastorek překážet při manuálním otáčení s volantem (Křepelka, 2011; Aplikovaný pěstitelský software, 2020).



Obrázek č. 7: Asistovaný systém navádění pomocí přítlačného pastorku Trimble EZ-Steer (SprayerBarn, 2021)

4.3 Automatický systém navádění

Automatický systém navádění se instaluje rovnou do hydraulického ovládání řízení stroje. Obsluha se vměšuje do řízení pouze při otáčení na souvratí pro najetí do další linie, kde stačí udělat jen třetinu otáčecího manévru a stisknutím tlačítka opět aktivovat naváděcí systém. Z důvodu bezpečnosti se naváděcí systém při zásahu obsluhy do řízení vypne. Vypnutí systému způsobí i překročení povolené jezdové rychlosti. Mezi další bezpečnostní prvky může být zařazeno například zatížení sedadla nebo dovoření dveří. Při vypnutí systému bývá obsluha upozorněna zvukovou signalizací. Ze všech systémů má tento systém nejvyšší náklady na pořízení, je velice obtížně přemístitelný do jiných strojů, avšak dosahuje největší preciznosti, pokud je naváděn pomocí RTK. Prvky, z kterých se automatický systém navádění skládá, můžeme vidět na obrázku č. 8 (Bauer, 2006; Aplikovaný pěstitelský software, 2020).



Obrázek č. 8: Prvky automatického systému navádění (Aplikovaný pěstitelský software, 2020)

4.4 Systém CTF

Systém CTF (Controlled Traffic Farming), neboli také řízený pohyb strojů po pozemcích, je jedním z řešení pro snížení utužení půdy vlivem častých přejezdů po polích. V důsledku jde o rozvržení plochy pozemku tak, aby se jezdilo ve stále stejných stopách. Cílem systému CTF je tedy omezit zhutňování půdy na co nejmenší možnou plochu (Kumhála, 2015).

Řízený pohyb v praxi znamená zajistit, aby se stroje vykonávající všechny technologické operace potřebné na zabezpečení polní výroby, pohybovaly vždy ve stejných stopách. Tímto vznikají koleje, jakožto jediný utužený prostor na celém pozemku, po kterém se technika pohybuje. Do těchto kolejí se na rozdíl od klasických kolejových řádků normálně zasévají plodiny. Jediné technické požadavky, které jsou pro zavedení systému CTF potřeba, je sjednocení pracovních záběrů všech strojů, rozchody kol a šířku pneumatik (popřípadě pásů) a používání vhodného systému navádění strojů po pozemcích. Dle šířek pracovních nástrojů pro zpracování půdy a setí se uchytilo označení modul – modul 12 m, modul 9 m či modul 6 m. Stroje pro aplikaci postřiků, rozmetadla hnojiv a stroje pro sklizeň plodin musí mít vždy pracovní záběr násobku používaného modulu (Rataj a spol., 2017).

4.4.1 Výhody systému CTF

Hlavní výhodou systému řízeného pohybu strojů po pozemcích je rozhodně snížení utužování půdy po celé šířce pozemků. Nejlepších výsledků lze docílit ve chvíli, kdy se užívá systém ComTrac neboli systém, kdy mají všechny stroje stejný rozchod kol a jezdí v jedné stopě. Zbylá plocha pozemku pak není přejezdy utužena. Největší uplatnění dochází ve chvíli, kdy se provádí hospodaření pomocí minimalizačních technologií. Systém CTF je vhodný i pro přímé setí. Neutužená půda má přirozeně kyprou strukturu a nedochází zde ke špatnému vsakování vody ani k nadměrnému vypařování vody či nedostatku půdního vzduchu (Rataj a spol., 2017; Stehno 2015).

4.4.2 Nevýhody systému CTF

Jednou z nevýhod je potřeba přesného plánování a organizování pracovních operací, a to například i při sklizni, kdy je nutné dosáhnout toho, aby se i odvozy pohybovaly stále v těch samých stopách. Největší nevýhodou je však úprava všech strojů na totožný rozchod kol. Rozchody kol bývají nejčastěji 3 m a vychází se z rozchodu kol sklízecích mlátiček, a tudíž se u traktorů a závěsné techniky musí zvyšovat. Toto však požaduje značnou investici, proto je možno pracovat v systému OutTrac, kdy se

zachování myšlenky řízeného pohybu používá více kolejových stop při zachování běžných rozchodů kol techniky. Pozemky se rozdělí na místa s intenzivním pohybem strojů, místa s nízkým pohybem strojů a na oblasti s nulovým utužením půdy. Dle dostupných informací se podíl utužené plochy sníží na 37 % (Stehno, 2015).

5 Žací stroje

Nejstarším druhem žacích strojů jsou srpy a kosy. Do 60. let 20. století byl nejpoužívanějším žacím strojem v zemědělství žací stroj s přímovratným pohybem nožů. Základním principem těchto strojů je stříh, ke kterému dojde ve chvíli, kdy ostří vykoná přímovratný pohyb a potká se s protiostrím. Od 60. let tohoto století se pak začaly mnohem více využívat žací stroje se svislou osou rotace. Základním principem těchto strojů je naopak řez, ke kterému dochází díky tomu, že se nože pohybují mnohonásobně vyšší pracovní rychlostí (Kumhála, 2007).

Rozhodnutí, jaký žací stroj pořídit, je velice důležité. Od žacího stroje se odvíjí sestavení kompletní sklizňové linky. Cílem musí být sestavení kompletní linky s odpovídající výkonností a produktivitou práce. Nejdůležitějšími faktory pro volbu žacího stroje jsou kvalita, produktivita, výkonnost, a hlavně pořizovací cena stroje. Výkonnost žacího stroje se odvíjí od pracovní rychlosti a velikosti záběru (Červinka, 2002).

5.1 Žací stroje s přímovratným pohybem nožů

Základním prvkem žacích strojů s přímovratným pohybem nožů je žací lišta, která v porovnání s rotačními žacími stroji vykonává mnohem rovnější a hladší řez, a je tak méně energeticky náročná. Žací lišty můžeme rozdělit na lišty s oporou břitovou vložkou s perem prstu, s oporou břitovou vložkou bez pera prstu a dvě protiběžné kosy. Celá žací lišta je složena z pevných a pohyblivých částí. Mezi pevné části řadíme nosník prstů, prsty, vodící destičky, přidržovače, vodítko hlavice prstů a vložky prstů. Pohyblivou částí je kosa, která se skládá z nosníku nožů, nože a hlavice kosy. Řezná rychlost žacích lišt se pohybuje kolem 1,5 až 3 m/s. Pohon kos může být řešen nejčastěji mechanicky, dále hydraulicky nebo výjimečně elektronicky. Transformace rotačního pohybu hřídele na přímovratný pohyb kosy je pomocí klikového mechanismu, prostorového mechanismu s šikmým čepem nebo skrze planetový převod. V současné době se tento typ žacích strojů využívá převážně jen u malé mechanizace, jako traktorové se již moc nepoužívají (Břečka, 2001; Červinka, 2002; Kumhála, 2007).

Žací lišty lze podle rozteče prstů a velikosti zdvihu kosa rozdělit na:

1. ŘÍDKÉ – V tomto případě se rozteč prstů a velikost kosa shoduje s normalizovanou velikostí nože a to 76,2 mm. Zdvih u těchto lišt bývá 90 mm. Tento typ lišt můžeme nalézt například u adaptérů sklízecích mlátiček. U dvojstřížných kos bývá zdvih dvojnásobný, tedy 152,4 mm.
2. POLOHUSTÉ – U těchto typů lišt je menší rozteč prstů než nožů. To znamená například, že na 3 nože přísluší 4 prsty nebo na 2 nože 3 prsty.
3. HUSTÉ – Husté žací lišty se vyznačují tím, že počet nožů je poloviční než počet prstů (Kumhála, 2007).

5.2 Rotační žací stroje

Rotační žací stroje se užívají pro sečení všech druhů píce, a to vysokých až 1,5 m. Díky vysoké řezné rychlosti žacího ústrojí a absenci nepohyblivého protiostrí se tento typ žacích strojů neucpává, a proto je možné sít i hustější a polehlé porosty a pracovat i při vyšších pojezdových rychlostech, avšak jsou rotační žací stroje energeticky náročnější. Pojezdová rychlost se pohybuje kolem 10–15 km/h. Rotační žací stroje se dají rozdělit podle umístění pohonu a způsobu provedení rotoru na bubnové žací stroje a na diskové žací stroje (Břečka, 2001).

5.2.1 Bubnové žací stroje

Bubnové žací stroje se vyrábějí jako traktorové ve třech variantách jakožto nesené vpředu na tříbodovém závěsu, nesené vzadu na tříbodovém závěsu nebo v provedení návěsném, avšak mohou být i samojízdné. Jedná se o rámovou konstrukci, kdy převodová skříň pro pohon bubnu je umístěna nad bubny a tvoří jejich horní nosník. Bubnové žací stroje mají mechanický pohon zajištěný přes klubový hřídel z vývodového hřídele traktoru. Jednotlivé převody jsou pak řešeny pomocí klínových řemenů a ozubených kol. Počet nožů umístěných na jednom bubnu bývá 2–3. Na jednom bubnu jsou nože vždy o 120° pootočené, aby nedocházelo k jejich potkávání. Ve spodní části bubnu je otočně nasazený plaz ve tvaru vrchlíku koule. Tento plaz je výškově stavitelný nebo vyměnitelný. Pomocí něj lze nastavit výšku strniště (Břečka, 2001, Kumhála 2007).

5.2.2 Diskové žací stroje

Diskové žací stroje jsou bezrámové. Pohon je zajišťován ze spodu od převodovky pomocí čelních ozubených kol, které jsou uloženy v ploché skříni, jenž tvoří nízký spodní nosník celého stroje. Převodovka je naplněna olejem z důvodu jejího mazání.

Na převodovce jsou umístěny ploché diskové nebo kuželovité rotory. Takový tvar mají z důvodu minimalizace rizika vklínění cizího předmětu, a naopak skrz ně dobře prochází sklízená hmota. Ze spodu k převodovce jsou přimontovány plazy, které se nechají výškově nastavovat podle potřebné výšky sečení. Sousedící rotory se vždy otáčejí proti sobě, a proto vzniká z posečené píce řádek. Nože diskových žacíh strojů mohou mít různé tvary, avšak většinou bývají naostřeny z obou stran. Na jednom disku bývají umístěny 2–4 nože (Červinka 2002, Kumhála, 2007).

6 Metodika

Vlastní práce vychází z měření, které bude prováděno v podniku Společnost pro zemědělskou výrobu Ostředek a.s. spadající do holdingu Rabbit Trhový Štěpánov ve Středočeském kraji. Hlavním cílem této práce bude porovnat efektivnost práce při navádění stroje při sklizni píce s použitím GPS technologie značky RAVEN a pomocí manuálního navádění obsluhou. K porovnávání bude zapotřebí nejprve naměřit reálné hodnoty, které budou základem pro výpočty porovnání úspor.

Pro zajištění co nejpřesnějších výsledků bude obojí měření prováděno na stejném pozemku hned vedle sebe v jeden den. Oba pokusy budou provedeny na pozemku zvaném Vrše nacházející se na katastrálním území obce Ostředek, který je tvořen několika parcelami o celkové výměře 48,68 ha. Pomocí ruční GPS navigace bude zapotřebí vyměřit a následně vytyčit dvě obdélníkové plochy, každou o rozloze 1 ha. Zbytek pozemku bude posečen tak, aby zůstaly neposečené jen vytyčené plochy. Délka obdélníkových ploch bude 208,33 m a šířka 48 m. Tato šířka bude zvolena záměrně. Konstrukční záběr žacího stroje B_k , který bude použit, je 8,3 m. V případě provedení experimentu za pomoci navigace bude v počítači nastaven pracovní záběr na 8 m. Tento záběr bude zvolen po konzultaci s obsluhou vycházející z jeho zkušeností, a to z důvodu efektivity a nezanechávání neposečených míst v krajích záběru. V místě obou vytyčených ploch je pozemek mírně svažité se stoupáním do 2°. Měření bude prováděno za sucha, z důvodu co nejideálnějších podmínek. U obou měření bude zaznamenán počet jízd n . Otáčení na souvratích bude řešeno v případě jízdy s navigací způsobem vynechání jednoho záběru stroje. Zapnutí navigace bude realizováno vždy těsně před najetím do linie. Při měření s manuálním naváděním bude otáčení na souvratí provedeno najížděním do vedlejší stopy. Celkový čas T_c bude měřen pro každou plochu zvlášť pomocí ručních stopek, kdy začátek měření bude zahájen prvním vjetím stroje do porostu a konec měření nastane po posečení celé výměry. Pracovní rychlost stroje V_p bude zvolena na základě zkušeností obsluhy dle výšky porostu. Stanovení spotřebované nafty Q_t bude realizováno doléváním nafty do nádrže přímo na pozemku pomocí odměrného válce, vždy po dokončení jednotlivých měření. Určené místo, kde bude k dolévání nafty docházet, musí být, pokud možno, bez jakýchkoliv nerovností za účelem co nejpřesnějšího zjištění.

Zvolené hodnoty a výsledky měření budou následně použity k vypočítání teoretické a skutečné výkonnosti stroje, spotřeby pohonných hmot v závislosti na

výměře či času, a to zvláště pro měření s pomocí navigace a zvláště pro měření s manuálním naváděním obsluhou. Dále budou počítány jednotlivé úspory spotřebovaných pohonných hmot, úspory na mzdě obsluhy a návratnost investice do GPS, a to pouze při roční sklizni píce na výměře 900 ha. Nakonec se výpočty na úspory a návratnost provedou znovu, ale s celkovou výměrou všech operací prováděných s tímto strojem, která činí 2 890 ha. Úspory pohonných hmot se budou odvíjet od průměrné ceny nafty za rok 2020, která dosahuje 27,99 Kč/l. Úspory na mzdě budou počítány s hodinovou mzdou obsluhy 150 Kč. Pro výpočty návratnosti bude kalkulováno s pořizovací cenou navigace 357 246 Kč a ročním poplatkem za RTK signál 20 000 Kč.

6.1 Výpočty výkonnosti a spotřeb pohonných hmot

Čas operativní T_1 , kdy stroj aktivně pracoval, bude vypočítán podle vzorce (1).

$$T_1 = \frac{n \cdot s}{V_p} \quad (1)$$

T_1 – operativní čas [h]

n – počet jednotlivých jízd

s – délka zpracovaného pozemku [km]

V_p – průměrná pracovní rychlost [km.h⁻¹]

Pomocí časů T_c a T_1 bude podle vzorce (2) vypočten koeficient využití operativního času k_{02} .

$$k_{02} = \frac{T_1}{T_c} \quad (2)$$

k_{02} – koeficient využití operativního času

T_c – celkový čas měření [h]

T_1 – operativní čas [h]

Z naměřených hodnot se spočítá teoretická výkonnost dle vzorce (3) a skutečná výkonnost stroje podle vzorce (4):

$$W_t = 0,36 \cdot B_k \cdot V_p \cdot k_{02} \quad (3)$$

W_t – teoretická výkonnost stroje [ha.h⁻¹]

B_k – teoretický záběr stroje [m]

V_p – průměrná pracovní rychlost [m.s⁻¹]

k_{02} – koeficient využití operativního času

$$W_s = \frac{1}{T_c} \cdot S \quad (4)$$

W_s – skutečná výkonnost stroje [ha.h⁻¹]

T_c – celkový čas měření [h]

S – celková zpracovaná plocha [ha]

Z naměřených dat bude vypočtena také spotřeba nafty v závislosti na výměře a čase dle vzorců (5) a (6):

$$Q_{ha} = Q_T \cdot \frac{1}{S} \quad (5)$$

Q_{ha} – spotřeba nafty v závislosti na výměře [l.ha⁻¹]

Q_T – naměřená spotřeba nafty [l]

S – celková zpracovaná plocha [ha]

$$Q_h = Q_T \cdot \frac{1}{T_c} \quad (6)$$

Q_h – spotřeba nafty v závislosti na čase [l.h⁻¹]

Q_T – naměřená spotřeba nafty [l]

T_c – celková zpracovaná plocha [h]

6.2 Výpočty finančních úspor a návratnosti

Množství spotřebované nafty při experimentu bez použití navigace (7) a s použitím navigace (8) bude vypočítáno jako součin množství spotřebované nafty na 1 ha a celkové roční výměry sklizně píce.

$$Q_{nb} = Q_{hab} \cdot m \quad (7)$$

Q_{nb} – množství spotřebované nafty bez navigace [l]

Q_{hab} – spotřeba nafty v závislosti na výměře bez navigace [l.ha⁻¹]

m – celková roční výměra [ha]

$$Q_{ns} = Q_{has} \cdot m \quad (8)$$

Q_{ns} – množství spotřebované nafty s navigací [l]

Q_{has} – spotřeba nafty v závislosti na výměře s navigací [l.ha⁻¹]

m – celková roční výměra [ha]

Roční náklady za naftu při pokusu bez použití navigace (9) a s použitím navigace (10) budou spočítány vynásobením množstvím spotřebované nafty s průměrnou roční cenou nafty za 1 l v roce 2020.

$$R_{nmb} = Q_{nb} \cdot C_n \quad (9)$$

R_{nmb} – roční náklady za naftu bez navigace [Kč]
 Q_{nb} – množství spotřebované nafty bez navigace [l]
 C_n – cena nafty [Kč.l⁻¹]

$$R_{nns} = Q_{ns} \cdot C_n \quad (10)$$

R_{nns} – roční náklady za naftu s navigací [Kč]
 Q_{ns} – množství spotřebované nafty s navigací [l]
 C_n – cena nafty [Kč.l⁻¹]

Celková cena uspořené nafty za rok (11) bude spočtena odečtením ročních nákladů za naftu s navigací od ročních nákladů za naftu bez navigace.

$$C_{cun} = R_{nmb} - R_{nns} \quad (11)$$

C_{cun} – celková cena uspořené nafty za rok [Kč]
 R_{nmb} – cena uspořené nafty bez navigace [Kč]
 R_{nns} – cena uspořené nafty s navigací [Kč]

Uspořený čas na 1 ha díky navigaci (12) bude vypočítán jako rozdíl časů potřebných na posečení jednoho hektaru bez navigace a pomocí navigace.

$$T_u = T_{cb} - T_{cs} \quad (12)$$

T_u – uspořený čas na 1 ha [h]
 T_{cb} – celkový čas měření bez navigace [h]
 T_{cs} – celkový čas měření s navigací [h]

Celkově uspořený čas díky navigaci (13) bude vypočten vynásobením uspořené času na 1 ha s celkovou roční výměrou.

$$T_{uc} = T_u \cdot m \quad (13)$$

T_{uc} – celkově uspořený čas [h]
 T_u – uspořený čas na 1 ha [h]
 m – celková roční výměra [ha]

Úspora za mzdu obsluhy stroje (14) byla spočítána jako násobek celkově uspořenému času díky navigaci a hodinové mzdy obsluhy, která činí 150 Kč/h.

$$M_{\dot{u}} = T_{uc} \cdot M \quad (14)$$

$M_{\dot{u}}$ – úspora za mzdu obsluhy [Kč]

T_{uc} – celkově uspořený čas [h]

M – hodinová mzda obsluhy [Kč]

Cena celkové úspory při použití navigace (15) bude vypočtena sečtením celkové ceny uspořené nafty za rok a úsporou za mzdu obsluhy stroje.

$$C_{c\dot{u}} = C_{cun} + M_{\dot{u}} \quad (15)$$

$C_{c\dot{u}}$ – cena celkové úspory [Kč]

C_{cun} – celková cena uspořené nafty za rok [Kč]

$M_{\dot{u}}$ – úspora za mzdu obsluhy [Kč]

Návratnost investice do GPS (16) bude vypočítána jako podíl pořizovací ceny navigace a rozdílu celkové ceny úspory díky navigaci a poplatku za RTK signál. Pořizovací cena GPS navigace činila 357 246 Kč a roční poplatek za RTK signál činí 20 000 Kč.

$$N = \frac{P_{GPS}}{C_{c\dot{u}} - P_{sig}} \quad (16)$$

N – návratnost investice do GPS [rok]

P_{GPS} – pořizovací cena GPS navigace [Kč]

$C_{c\dot{u}}$ – cena celkové úspory [Kč]

P_{sig} – poplatek za RTK signál [Kč.rok⁻¹]

6.3 Souprava použitá při experimentu

Kolový traktor střední třídy John Deere 6130R, jehož technické parametry jsou shrnuty v tabulce č. 1, pořídila Společnost pro zemědělskou výrobu Ostředek a.s. začátkem roku 2020 jako zcela nový stroj. Traktor byl následně osazen kompletním navigačním vybavením značky Raven od firmy Agri Precision. Navigace přijímá RTK signál s přesností na 2 cm. Pořizovací cena tohoto stroje i se zabudováním navigace byla 3 115 500 Kč. Tento stroj nahradil již dosluhující traktor John Deere 7530 Premium. Během kalendářního roku traktor zastává nejen úlohu sečení píce, ale také se používá při aplikování průmyslových hnojiv neseným rozmetadlem RAUCH AXIS, dále při

rozmetaní statkových hnojiv rozmetadlem RA-100 a značnou část využití činí využití v dopravě různorodých komodit ve spojení s návěsem UMEGA. V agregaci s tímto traktorem byl použit čelní žací stroj Poettinger novacat 306 alpha motion a žací kombinace Poettinger novacat 8600. Tyto stroje jsou ve společnosti od roku 2009, kdy byly zakoupeny jako nové. Technické parametry těchto strojů jsou zaznamenány v tabulce č. 2.

Tabulka č. 1: Technické parametry John Deere 6130R

| John Deere | | 6130R |
|---|-----------------------------|--------------------------|
| Rok výroby | | 2019 |
| Motor | | |
| Výrobce motoru | | John Deere Power Systems |
| Typ motoru | | PowerTech PSS |
| Maximální výkon motoru, při otáčkách | [kW, ot.min ⁻¹] | 114, 2100 |
| Točivý moment | [Nm] | 609 |
| Zdvihový objem válců | [cm ³] | 4 500 |
| Počet válců | | 4 |
| Maximální rychlost | [km.h ⁻¹] | 40 |
| Nádrž paliva | [l] | 225 |
| Převodovka | | |
| Typ | | AUTOQUAD PLUS |
| Počet převodových stupňů vpřed | | 24 |
| Počet převodových stupňů vzad | | 24 |
| Rozměry | | |
| Délka | [m] | 4,54 |
| Šířka | [m] | 2,43 |
| Výška | [m] | 2,89 |
| Rozvor | [m] | 2,58 |
| Maximální přípustná hmotnost | [kg] | 9 950 |

Tabulka č. 2: Technické parametry Poettinger novacat 8600 a 306 alpha motion

| Poettinger novacat | | 8600 ed collector | 306 alpha motion |
|---------------------------|------|--------------------------|-------------------------|
| Pracovní záběr | [m] | 8,3 | 3,04 |
| Přepravní šířka | [m] | 3 | 2,98 |
| Přepravní výška | [m] | 3,96 | - |
| Hmotnost | [kg] | 1 800 | 855 |

| | | | |
|--|----------|-------|-------|
| Počet žacích disků | | 2 x 7 | 7 |
| Počet nožů na disku | | 2 | 2 |
| Potřebný výkon | [KW] | 81 | 44 |
| Maximální otáčky vývodového hřídele | [ot.min] | 1 000 | 1 000 |
| Výkonnost | [ha/h] | 10 | 3 |

7 Vlastní práce

7.1 Společnost pro zemědělskou výrobu Ostředek a.s.



Obrázek č. 9: Logo Společnosti pro zemědělskou výrobu Ostředek a.s. (SPZV Ostředek, 1992)

Vznik zemědělského podniku, tehdy nesoucí název JZD Ostředek, se datuje k 15. srpnu 1952. V té době obdělávalo cca 300 ha zemědělské půdy.

V současnosti SPZV Ostředek, jehož logo můžeme vidět na obrázku č. 9, disponuje výměrou 1340 ha. Orná půda činí 950 ha, zbytek půdy jsou louky a pastviny. V současné době zaměstnává 15 zaměstnanců. Rostlinná výroba se zabývá pěstováním tržních plodin, jako je pšenice ozimá, řepka ozimá, ječmen ozimý, kukuřice setá, žito ozimé, mák setý, hrách setý a jetel inkarnát. Osevní plán společnosti SPZV Ostředek je znázorněn v tabulce č. 3. Nedílnou součástí podniku je živočišná výroba, která se zaměřuje na chov krav bez tržní produkce mléka s uzavřeným obratem stáda. V současnosti mají celkem 650 ks skotu. Dalším odvětvím je výkrm prasat o celkovém ročním počtu 1800 ks.

Dnes společnost dosahuje výnosu u pšenice ozimé kolem 75 q/ha, řepky ozimé, 40 q/ha ječmene ozimého 80 q/ha, žita ozimého 75 q/ha, máku setého 10 q/ha.

Tabulka č. 3: Osevní plán společnosti SPZV Ostředek

| Plodina | Výměra [ha] |
|---------------|-------------|
| Pšenice ozimá | 237 |
| Řepka ozimá | 192 |
| Ječmen ozimý | 170 |
| Kukuřice setá | 115 |
| Žito ozimé | 47 |

| | |
|-----------------------|-----|
| Mák setý | 112 |
| Hrách setý | 52 |
| Jetel inkarnát | 25 |

7.1.1 Sklizeň pícein ve společnosti

SPZV Ostředek provádí během hospodářského roku tři sklizně pícein. První seč, která probíhá v půlce měsíce května, je sklizena formou senáže. Druhá seč, která většinou uskutečňována začátkem července, je sklizena na sena. Třetí seč, většinou konající se začátkem září, je opět sklizena formou senáže.

Na sečení travních porostů společnost využívá traktor John Deere 6130R společně s kombinací strojů s diskovým žacím ústrojím Poettinger novacat 8600 a Poettinger novacat 306 alpha motion. Souprava je naváděna pomocí navigace značky RAVEN od firmy Agri-precision. Pro shrnování zavadlé píce tato společnost využívá rotorový shrnovač Poettinger EUROTOP 851A multitast. Píce je sklizena pomocí sklízecí řezačky New Holland FR 500. Řezanka je dále odvážena velkoobjemovými návěsy do silážního žlabu.

Při sklizni píce na seno SPZV Ostředek využívá rotorový obraceč Poettinger HIT 810N. Seno je lisování do válcových balíků pomocí lisu s variabilní komorou John Deere 854.

Společnost plánuje v roce 2021 pořídit nový pásový shrnovač ROC RT730 jako náhradu stávajícího shrnovače za účelem zlepšení kvality nahrnuté píce.

7.2 Naměřené hodnoty

Výzkumné měření proběhlo během třetí seče dne 2. září 2020 na pozemku nazývaném Vrše. Pokus byl prováděn za sucha. Porost na pozemku byl středně vzrostlý. Hodnoty získané během jednotlivých měření jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4: Naměřené hodnoty

| | S použitím navigace | Bez použití navigace |
|---------------------------------------|---------------------|----------------------|
| Počet jízd n | 6 | 7 |
| Délka zpracovaného pozemku [m] | 208,33 | 208,33 |
| Šířka zpracovaného pozemku [m] | 48 | 48 |

| | | |
|---------------------------------|-------|-------|
| Pracovní záběr [m] | 8,3 | 8,3 |
| Celkový čas měření [h] | 0,171 | 0,206 |
| Pracovní rychlost [km/h] | 10 | 10 |
| Spotřebovaná nafta [l] | 4,2 | 5,05 |

7.2.1 Výsledky s použitím navigace

Celkový čas T_c k posečení byl měřen od chvíle vjetí do porostu a byl ukončen v momentu dosečení celé vyměřené plochy.

Čas operativní T_l , kdy stroj aktivně pracoval, byl vypočten podle vzorce (1).

$$T_1 = \frac{6 \cdot 0,20833}{10} = 0,125 [h] \quad (1)$$

Pomocí časů T_c a T_l byl podle vzorce (2) vypočítán koeficient využití operativního času k_{02} .

$$k_{02} = \frac{0,125}{0,171} = 0,73 \quad (2)$$

Z naměřených hodnot byla vypočítána teoretická výkonnost stroje dle vzorce (3) a skutečná výkonnost stroje podle vzorce (4):

$$W_t = 0,36 \cdot 8,3 \cdot 2,77 \cdot 0,73 = 6,04 [ha \cdot h^{-1}] \quad (3)$$

$$W_s = \frac{1}{0,171} \cdot 1 = 5,84 [ha \cdot h^{-1}] \quad (4)$$

Z naměřených dat byla vypočtena také spotřeba nafty v závislosti na výměře a čase pomocí vzorců (5) a (6):

$$Q_{ha} = 4,2 \cdot \frac{1}{1} = 4,2 [l \cdot ha^{-1}] \quad (5)$$

$$Q_h = 4,2 \cdot \frac{1}{0,171} = 24,56 [l \cdot h^{-1}] \quad (6)$$

7.2.2 Výsledky bez použití navigace

Čas operativní T_l , kdy stroj aktivně pracoval, byl vypočten podle vzorce (1).

$$T_1 = \frac{7 \cdot 0,20833}{10} = 0,146 [h] \quad (1)$$

Pomocí časů T_c a T_l byl podle vzorce (2) vypočítán koeficient využití operativního času k_{02} .

$$k_{02} = \frac{0,146}{0,206} = 0,71 \quad (2)$$

Z naměřených hodnot byla vypočítána teoretická výkonnost stroje dle vzorce (3) a skutečná výkonnost stroje podle vzorce (4):

$$W_t = 0,36 \cdot 8,3 \cdot 2,77 \cdot 0,71 = 5,87 [ha \cdot h^{-1}] \quad (3)$$

$$W_s = \frac{1}{0,206} \cdot 1 = 4,85 [ha \cdot h^{-1}] \quad (4)$$

Z naměřených dat byla vypočtena také spotřeba nafty v závislosti na výměře a čase pomocí vzorců (5) a (6):

$$Q_{ha} = 5,05 \cdot \frac{1}{1} = 5,05 [l \cdot ha^{-1}] \quad (5)$$

$$Q_h = 5,05 \cdot \frac{1}{0,206} = 24,51 [l \cdot h^{-1}] \quad (6)$$

7.2.3 Výpočet úspor a návratnosti navigace při sklizni píce

Sklizeň pícnin probíhá ve SPZV Ostředek třikrát do roka. Během jedné sklizně je posečeno 300 ha luk. Ročně sečená výměra v podniku tedy dosahuje 900 ha.

Množství spotřebované nafty při experimentu bez použití navigace (7) a s použitím navigace (8) bylo vypočítáno jako součin množství spotřebované nafty na 1 ha a celkové roční výměry sklizně píce.

$$Q_{nb} = 5,05 \cdot 900 = 4\,545 [l] \quad (7)$$

$$Q_{ns} = 4,2 \cdot 900 = 3\,780 [l] \quad (8)$$

Roční náklady za naftu při pokusu bez použití navigace (9) a s použitím navigace (10) byly vypočítány vynásobením množstvím spotřebované nafty s průměrnou roční cenou nafty za 1 l v roce 2020. Průměrná cena nafty v roce 2020 byla 27,99 Kč/l.

$$R_{nb} = 4\,545 \cdot 27,99 = 127\,214,55 [\text{Kč}] \quad (9)$$

$$R_{ns} = 3\,780 \cdot 27,99 = 105\,802,20 [\text{Kč}] \quad (10)$$

Celková cena uspořené nafty za rok (11) byla spočtena odečtením ročních nákladů za naftu s navigací od ročních nákladů za naftu bez navigace.

$$C_{cun} = 127\,214,55 - 105\,802,20 = 21\,412,35 [\text{Kč}] \quad (11)$$

Uspořený čas na 1 ha díky navigaci (12) byl vypočítán jako rozdíl časů potřebných na posečení 1 ha bez navigace a pomocí navigace.

$$T_u = 0,206 - 0,171 = 0,035 \text{ [h]} \quad (12)$$

Celkově uspořený čas díky navigaci (13) byl vypočten vynásobením uspořené času na 1 ha s celkovou roční výměrou sklizně píce.

$$T_{uc} = 0,035 \cdot 900 = 31,5 \text{ [h]} \quad (13)$$

Úspora za mzdu obsluhy stroje (14) byla spočítána jako násobek celkově uspořené času díky navigaci a hodinové mzdy obsluhy, která činí 150 Kč/h.

$$M_{\dot{u}} = 31,5 \cdot 150 = 4\,725 \text{ [Kč]} \quad (14)$$

Cena celkové úspory při použití navigace (15) byla vypočtena sečtením celkové ceny uspořené nafty za rok a úsporou za mzdu obsluhy stroje.

$$C_{c\dot{u}} = 21\,412,35 + 4\,725 = 26\,137,35 \text{ [Kč]} \quad (15)$$

Návratnost investice do GPS (16) byla vypočítána jako podíl pořizovací ceny navigace a rozdílu celkové ceny úspory díky navigaci a poplatku za RTK signál. Pořizovací cena GPS navigace činila 357 246 Kč a roční poplatek za RTK signál činí 20 000 Kč.

$$N = \frac{357\,246}{26\,137,35 - 20\,000} = 58,2 \text{ [let]} \quad (16)$$

7.2.4 Výpočet úspor a návratnosti navigace při všech operacích

Během roku traktor s navigací zastává více prací. Jedná se o sečení luk, jejichž výměra činí 300 ha, se provádí třikrát do roka. Dále jde o přihnojování luk a pastvin o výměře 390 ha. V poslední řadě je to přihnojování rostlin o výměře 800 ha, což probíhá dvakrát ročně. Celková výměra pozemků obhospodařovaných tímto traktorem za pomoci navigace činí 2 890 ha.

Množství spotřebované nafty při experimentu bez použití navigace (7) a s použitím navigace (8) bylo vypočítáno jako součin množství spotřebované nafty na 1 ha a celkové roční výměry všech operací.

$$Q_{nb} = 5,05 \cdot 2\,890 = 14\,594,5 \text{ [l]} \quad (7)$$

$$Q_{ns} = 4,2 \cdot 2\,890 = 12\,138 \text{ [l]} \quad (8)$$

Roční náklady za naftu při pokusu bez použití navigace (9) a s použitím navigace (10) byly vypočítány vynásobením množstvím spotřebované nafty s průměrnou roční cenou nafty za 1 l v roce 2020. Průměrná cena nafty v roce 2020 byla 27,99 Kč/l.

$$R_{nbb} = 14\,594,5 \cdot 27,99 = 408\,500,05 \text{ [Kč]} \quad (9)$$

$$R_{nms} = 12\,138 \cdot 27,99 = 339\,742,62 \text{ [Kč]} \quad (10)$$

Celková cena uspořené nafty za rok (11) byla vypočtena odečtením ročních nákladů za naftu s navigací od ročních nákladů za naftu bez navigace.

$$C_{cun} = 408\,500,05 - 339\,742,62 = 68\,757,43 \text{ [Kč]} \quad (11)$$

Uspořený čas na 1 ha díky navigaci (12) byl vypočítán jako rozdíl časů potřebných na posečení 1 ha bez navigace a pomocí navigace.

$$T_u = 0,206 - 0,171 = 0,035 \text{ [h]} \quad (12)$$

Celkově uspořený čas díky navigaci (13) byl vypočten vynásobením uspořené času na 1 ha s celkovou roční výměrou všech operací.

$$T_{uc} = 0,035 \cdot 2\,890 = 101,15 \text{ [h]} \quad (13)$$

Úspora za mzdu obsluhy stroje (14) byla spočítána násobkem celkově uspořené času díky navigaci a hodinové mzdy obsluhy, která činí 150 Kč/h.

$$M_{\dot{u}} = 101,15 \cdot 150 = 15\,172,50 \text{ [Kč]} \quad (14)$$

Cena celkové úspory při použití navigace (15) byla vypočtena sečtením celkové ceny uspořené nafty za rok a úsporou za mzdu obsluhy stroje.

$$C_{c\dot{u}} = 68\,757,43 + 15\,172,50 = 83\,929,93 \text{ [Kč]} \quad (15)$$

Návratnost investice do GPS (16) byla vypočítána jako podíl pořizovací ceny navigace a rozdílu celkové ceny úspory, díky navigaci a poplatku za RTK signál. Pořizovací cena GPS navigace činila 357 246 Kč a roční poplatek za RTK signál činí 20 000 Kč.

$$N = \frac{357\,246}{83\,929,93 - 20\,000} = 5,6 \text{ [let]} \quad (16)$$

8 Diskuse

Výsledky vlastního měření ukazují, že práce, která byla vykonána za pomoci GPS navigace, vykazuje značnou úsporu celkového času. Výsledky dále zjistily velkou úsporu spotřeby pohonných hmot. Oba tyto faktory se následně odrazí v kladném finančním hospodaření Společnosti pro zemědělskou výrobu Ostředek a.s. Oproti tomu práce bez použití GPS navigace ukázala horší výsledky ve všech měřených oblastech.

Díky měření bylo zjištěno, že použití navigace ovlivní počet jízd potřebných k posečení pozemku o stejné šíři oproti stroji, který navigaci nepoužívá. V případě bez použití navigace bylo z důvodu nepřesností manuální obsluhy traktoru při překrývání jednotlivých záběrů zapotřebí o jednu jízdu více. Konkrétně bylo v případě s použitím GPS navigace potřeba šest jednotlivých jízd, ale v případě bez použití navigace bylo nutných jízd sedm. To se promítlo i do celkového času potřebného k posečení celé výměry, kdy se díky navigaci tato výměra posekala o 2 minuty a 6 sekund dříve. Další rozdíl nastal v množství spotřebovaných pohonných hmot. Na posečení jednohektarové výměry bylo díky GPS navigaci ušetřeno 0,85 l nafty.

Při porovnávání výkonnosti stroje bylo zjištěno, že díky navádění pomocí GPS navigace stroj dosahuje lepších výsledků. Skutečná výkonnost stroje byla vypočtena pomocí naměřených hodnot tak, že při použití navádění GPS navigací stroj dosahuje výkonnosti 5,84 ha.h⁻¹. Při manuálním navádění byla zjištěna skutečná výkonnost pouze 4,85 ha.h⁻¹. Z výsledků vyplývá, že díky GPS navigaci stroj dosahuje o 0,99 ha.h⁻¹ vyšší výkonnost oproti manuálnímu navádění.

Za předpokladů použití stroje s navigací pouze na sečení píce během třech sečí po 300 ha, tudíž na celkové roční výměře 900 ha, bylo na spotřebě pohonných hmot ušetřeno 765 l nafty. Při průměrné ceně nafty za rok 2020, která činila 27,99 Kč/l, vychází roční úspora pouze na pohonných hmotách na 21 412,35 Kč. Další finanční úspora, a to v podobě mzdy, vychází z ušetřeného času, který strávila obsluha při vykonávání dané práce. Konkrétně bylo díky použití GPS navigaci ušetřeno 31,5 h, což při mzdě obsluhy 150 Kč/h, vychází na roční úsporu 4 725 Kč. Celková suma za spořenou naftu a mzdu obsluhy tedy vyšla na 26 137,35 Kč. Návratnost GPS navigace, při pořizovací ceně 357 246 Kč a těchto úsporách, činí 58,2 let.

Ve chvíli využití stroje s navigací nejen pro sečení píce, ale také pro jiné práce o celkové roční výměře 2 890 ha, bylo na spotřebě pohonných hmot ušetřeno

2 456 l nafty. Při průměrné ceně nafty za rok 2020, která činila 27,99 Kč/l, vychází roční úspora na pohonných hmotách na 68 757,43 Kč. Díky navigaci bylo na celkové výměře ušetřeno 101,15 h, což v přepočtu na mzdu obsluhy činí 15 172,50 Kč. Celková roční úspora za naftu a mzdu byla 83 929,93 Kč. Návratnost navigace v tomto případě vychází na 5,6 let.

Z výsledků lze tedy říct, že při využití stroje s navigací na více operací, a tím pádem celkové vyšší roční výměře, vznikají větší úspory na pohonných hmotách i na mzdě obsluhy, čímž se zkracuje doba návratnosti za pořizovací cenu GPS navigace.

Veškeré naměřené hodnoty by byly přesnější ve chvíli, kdyby se experimenty prováděly na větší ploše než pouze na 1 ha. Jelikož je velmi obtížné najít dvě totožné louky o stejných podmínkách jako je výměra, tvar pozemku či sklon, byla zvolena varianta s vyměřením dvou hektarových ploch na jednom pozemku ležících hned vedle sebe.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo porovnat sklizeň píce s použitím GPS navigace a bez použití GPS navigace díky porovnání výsledků provedených pokusů na pozemcích Společnosti pro zemědělskou výrobu Ostředek a. s. – a to z hlediska efektivity využití strojů, úspory pohonných hmot, časové úspory, úspory financí za mzdu obsluhy a návratnosti ceny GPS navigace.

Z výsledků je patrné, že používání GPS navigací při sečení a hnojení skýtá řadu výhod. Přínosem využívání navigačních technologií při těchto zemědělských pracích se jeví zmenšení počtu přejezdů po polích, uspoření pohonných hmot a času, ušetření nákladů na hnojiva díky přesnější aplikaci, ulehčení práce za snížených viditelnostních podmínek či v noci a celkovém usnadnění lidské práce.

Dle mého názoru mají GPS technologie v zemědělství velkou budoucnost. V dnešní době jsou již navigace v zemědělských strojích poměrně rozšířené. Stále více podniků i soukromých zemědělců přechází do tzv. precizního zemědělství, kdy je satelitní navigace nedílnou součástí při používání strojů.

Díky neustálému zdokonalování a vývoji těchto technologií, lze v blízké budoucnosti předpokládat autonomní stroje, které budou schopny vykonávat všechny pracovní operace na polích samy, bez potřeby obsluhy stroje.

Seznam použité literatury

Aplikovaný pěstitelský software: systémy navádění mechanizace. *Inovace studijních programů AF MENDELU směrem k internacionalizaci studia: portál e-learningových prezentací* [online]. Brno: AF MENDELU [cit. 2021-04-21]. 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.

BŘEČKA, Josef. *Stroje pro sklizeň píce a obilnin*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2001, 147 s. ISBN 80-213-0738-2.

ČERVINKA, Jan. *Stroje pro sklizeň píce na seno*. 2. upr. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2002, 64 s. ISBN 80-7105-054-7.

GNSS systémy. *Měřím.cz* [online]. GEOPEN, ©2014-2020 [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: <https://www.merim.cz/mereni-polohy/gnss-systemy>

GNSS systémy ve světě. *JAVAD GNSS* [online]. 2013 [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: <https://www.javad-gnss.cz/reference/hlavni-gnss-systemy>

KOBIÁN, František a Libuše DROŽOVÁ. *Ostředek 1356-2006*. Ostředek: Obec Ostředek, 2006, 122 s. ISBN 80-239-7294-4.

KOVÁŘ, Pavel. *Družicová 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.

KŘEPELKA, Jiří. GPS navigace – správná cesta k úsporám. *Zemědělec: odborný a stavovský týdeník* [online]. 2011 [cit. 2021-01-18]. ISSN 1211-3816. Dostupné z: <https://www.zemedelec.cz/gps-navigace-spravna-cesta-k-usporam>

KUMHÁLA, František. O CTF.... *Česká zemědělská univerzita v Praze: katedra zemědělských strojů* [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://katedry.czu.cz/kzs/o-ctf>

KUMHÁLA, František. *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007, 438 s. ISBN 978-80-213-1701-7.

KVAPIL, Jiří. Kosmický segment GPS a jeho budoucnost. *Aldebaran bulletin: Týdeník věnovaný aktualitám a novinkám z fyziky a astronomie*. [online]. AGA (Aldebaran Group for Astrophysics), 2005, 3(2) [cit. 2021-04-21]. ISSN 1214-1674. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/bulletin/2005_02_gps.php

RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2002, 200 s. [cit. 2021-04-21]. ISBN 80-248-0124-8. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/310378256_Druzicove_polohove_systemy

RATAJ, Vladimír a spol. Riadený pohyb strojov po poli (CTF). *AGROjournal: stroje, mechanizace a nářadí pro zemědělství* [online]. 2017 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/riadeny-pohyb-strojov-po-poli-ctf-302>

SIDEROPULOS, Igor. *Navigační systémy GPS. GPSNavigace* [online]. 2017 [cit. 2021-01-16]. Dostupné z: http://www.gpsnavigace.cz/prispevky/co_je_gps.htm

STEHNO, Luboš. CTF – zkušenosti z domova i zahraničí. *Mechanizace zemědělství: odborný měsíčník zaměřený na problematiku zemědělské, lesnické a komunální techniky*. [online]. 2015 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/ctf-zkusenosti-z-domova-i-zahranici/>

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek č. 1: Satelity systému GPS..... | 9 |
| Obrázek č. 2: Monitorovací stanice systému GPS..... | 10 |
| Obrázek č. 3: Družice systému GALILEO | 11 |
| Obrázek č. 4: RTK stanice StarFire 6000 od firmy John Deere | 14 |
| Obrázek č. 5: Druhy naváděcích křivek..... | 15 |
| Obrázek č. 6: Displej EZ-Guide pro manuální navádění | 16 |
| Obrázek č. 7: Asistovaný systém navádění pomocí přítlačného pastorku Trimble EZ-Steer..... | 17 |
| Obrázek č. 8: Prvky automatického systému navádění..... | 17 |
| Obrázek č. 9: Logo Společnosti pro zemědělskou výrobu Ostředek a.s..... | 30 |

Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tabulka č. 1: Technické parametry John Deere 6130R | 28 |
| Tabulka č. 2: Technické parametry Poettinger novacat 8600 a 306 alpha motion | 28 |
| Tabulka č. 3: Osevní plán společnosti SPZV Ostředek | 30 |
| Tabulka č. 4: Naměřené hodnoty | 31 |