

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 – Zemědělství  
Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby  
Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky  
Vedoucí katedry: Ing. Luboš Smutný, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
Využití GPS systémů při ochraně rostlin

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Pavel Olšan, Ph.D.  
Autor bakalářské práce: Daniel Rývora

České Budějovice, 2020

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

## Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

### ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Daniel RÝVORA  
Osobní číslo: Z17263  
Studijní program: B4131 Zemědělství  
Studijní obor: ZDTb-16 – specializace Zemědělská technika  
Téma práce: Využití GPS systému při ochraně rostlin  
Zadávací katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

#### Zásady pro vypracování

Cíl práce:

Cílem práce je zhodnotit prostředek na ochranu rostlin s použitím GPS systému. V rámci práce bude provedeno porovnání mechanizačního prostředku s GPS systémem a bez GPS systému. V porovnání bude kladen důraz na provozní náklady, časovou úsporu, počet přejezdů a usnadnění práce GPS systémem při ochraně rostlin.

Struktura hlavní části práce může být následující:

1. Úvod do problematiky GPS systémů
2. Využití GPS systémů při ochraně rostlin
3. Zhodnocení práce mechanizačního prostředku s GPS systémem
4. Výsledky
5. Diskuse
6. Závěr

Součástí práce může být soubor fotografií či videodokumentace, který bude přiložen na datovém nosiči. Bude-li to možné, pokusí se student výsledky pozorování opublikovat.

Rozsah pracovní zprávy: 50 stran  
Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

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

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

ANDRT, Miroslav. Technika a technologie pro chov zvířat. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2011. ISBN 978-80-213-2164-9.

PASTOREK Zdeněk a kolektiv. Zemědělská technika dnes a zítra, vydalo nakladatelství Martin Sedláček, 2002.

HOUBA, Miroslav a HOSNEDL, Václav. Osivo a sadba. [Praha]: Martin Sedláček, 2002.

HORÁK, David. GPS systémy. České Budějovice, 2005.

STEINER, Ivo a Jiří ČERNÝ. GPS od A do Z. 4. aktual. vyd. Praha: eNav, 2006. ISBN 80-239-7516-1.

RAPANT Petr. Družicové polohové systémy. VŠB – TU Ostrava, 2002 Ostrava, 200 s.

RAPANT Petr. Geoinformatika a geoinformační technologie. VŠB – TU Ostrava, 2006, Ostrava, 1. vyd., 513 s.

Interní zdroje

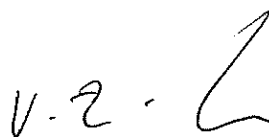
Internet

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Pavel Olšan**  
Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. února 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2020**

V Českých Budějovicích dne 11. března 2019



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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentůvská 1830, 370 06 České Budějovice

®

LS.



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

## **Prohlášení**

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

.....  
Datum

.....  
Podpis

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Mgr. Pavlu Olšanovi Ph.D. za umožnění vypracování bakalářské práce na téma Využití GPS systémů při ochraně rostlin, konzultace a cenné rady pro tuto práci. Dále bych chtěl poděkovat panu Vojtěchovi Švarcovi, majiteli zemědělské společnosti Farma Chmel, za uvedení do problematiky navigací GreenStar, informace a hodnoty pro praktickou část práce.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce popisuje problematiku a technologie GPS systémů a jejich využití v zemědělství. V teoretické části jsou objasněny globální družicové systémy, navádění stroje po pozemku, korekční signály, způsoby řízení stroje a samostatné komponenty navigace GreenStar. Praktická část porovnává hodnoty prostředku při aplikaci hnojiva s navigací a bez ní. V porovnání bude kladen důraz na provozní náklady, časovou úsporu, počet přejezdů po poli a usnadnění práce GPS systémem.

### **Klíčová slova**

Družicové systémy, GPS, Navigace, GreenStar

## **Abstract**

The bachelor thesis describes the problems and technologies of GPS systems and used in agriculture. In theory, global satellite systems, land-based machine guidance, correction signals, machine control methods and separate GreenStar navigation components are explained. The practical part compares the values of the resource when applying the fertilizer with navigation and without it. In comparison, emphasis will be placed on operating costs, time savings, number of crossings around the field and facilitating the work of the GPS system.

### **Keywords**

Satellite Systems, GPS, Navigation, GreenStar

# Obsah

|   |    |
|---|----|
| Úvod.....   | 9  |
| 1 Přehled o současných GPS systémech .....                              | 10 |
| 1.1 GPS systémy.....  | 10 |
| 1.1.1 Systém NAVSTAR.....   | 11 |
| 1.1.2 Systém GLONASS .....  | 12 |
| 1.1.3 Systém Galileo .....  | 13 |
| 1.2 Způsoby určování polohy GPS.....                                    | 14 |
| 1.2.1 Dopplerovské měření .....   | 14 |
| 1.2.2 Úhломěrné měření.....   | 15 |
| 1.2.3 Fázové měření .....   | 15 |
| 1.3 Korekce výsledného měření .....                                     | 15 |
| 1.3.1 Terénní korekce GPS přijímačů.....                                | 16 |
| 1.3.2 Další způsoby zpřesnění práce na pozemku od firmy John Deere..... | 17 |
| 1.4 Systémy GPS v zemědělství a jejich využití .....                    | 19 |
| 1.5 Způsoby navádění soupravy na pozemku.....                           | 20 |
| 1.6 Naváděcí systém podle principu řízení .....                         | 21 |
| 1.6.1 Manuální navádění stroje po pozemku s GPS.....                    | 22 |
| 1.6.2 Asistované navádění stroje po pozemku .....                       | 23 |
| 1.6.3 Automatizované navádění stroje po pozemku .....                   | 24 |
| 1.7 ISOBUS.....   | 25 |
| 1.8 Systém GreenStar od firmy John Deere .....                          | 26 |
| 1.8.1 Přijímače StarFire.....   | 26 |
| 1.8.2 Displeje systému Green Star .....                                 | 27 |
| 1.8.3 Univerzální sada ATU 200 a 300.....                               | 28 |
| 2 Cíle práce .....  | 29 |
| 3 Metodika .....  | 30 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4     | Praktická část .....                    | 33 |
| 4.1   | Popis podniku .....                     | 33 |
| 4.2   | Popis soupravy .....                    | 34 |
| 4.3   | Vlastní práce .....                     | 35 |
| 4.3.1 | Navádění s GPS a překryvem 2,5% .....   | 36 |
| 4.3.2 | Manuální navádění s překryvem 5% .....  | 37 |
| 4.3.1 | Manuální navádění s překryvem 10% ..... | 39 |
| 4.3.1 | Manuální navádění s 15% překryvem ..... | 40 |
| 4.3.2 | Úspora .....                            | 42 |
| 4.3.3 | Návratnost GPS .....                    | 43 |
| 5     | Diskuse .....                           | 44 |
|       | Závěr .....                             | 45 |



## Úvod

Dnešní zemědělství už není jako dřív. V mnoha ohledech je také spíše vnímáno jako životní styl než jako druh práce, i když už není tak namáhavé a spousta věcí se usnadnila tím, že velká část jeho podstaty se za x let změnila a mnoho věcí bylo nahrazeno novými, modernějšími prostředky.

Zde je pár takových věcí, kosy nahradily sklízecí mlátičky, nůše s obilím přesné secí stroje, koňské nebo volské povozy velké traktory s velkoobjemovými vozy a nakonec děvečky ve chlévech krmní a dojící roboti.

Dokonce už ani práce na polích či loukách je jiná než dřív. Při takové práci bylo kolikrát zapotřebí velké síly, třeba při rozkládání různých strojů a někdy naopak selský rozum při jejich správném nastavení, aby dobře odváděly svoji práci. Dnes nám, ale tuto práci usnadňují hydraulické systémy, různá čidla, snímače a vše se nám ihned promítá do počítače v kabině obsluhy a ta během chvíle dokáže z pohodlí kabiny skoro vše vyřešit, aniž by ji musela opustit.

Další věcí, kterou se bakalářská práce zabývá, jsou GPS systémy, které nám šetří čas, přejezdy a tím i úsporu paliva a nižší utužení půd. To však není vše, co dokáží. Můžeme si v nich nastavit hranice a tvar pozemku, různé překážky a směr trasy po které stroj bude jezdit podle toho, zda podmítáme, ošetřujeme plodiny nebo provádíme sklizeň. Díky tomu máme více času se zaměřit na práci stroje a jeho správné fungování a nemusíme se soustředit na určitý bod v dálce abychom jeli rovně, kdy však nestíháme sledovat pracovní stroj nebo naopak náš bod pro rovnou jízdu.

Dále GPS navigace mohou sloužit jako kontrolní bod pro operátora, například systém firmy John Deere – MyJohnDeere.com, kdy je vidět kde se stroj nachází, jakou provádí činnost, popřípadě nahlásí svoji pozici a případnou poruchu přímo servisnímu středisku.

Cílem této práce bude zhodnocení použití strojů s GPS systémem a bez něj z finančního hlediska, úspory času a díky výnosovým mapám ze sklizně také úspora hnojiv.

# 1 Přehled o současných GPS systémech

## 1.1 GPS systémy

První experimentální družice pro Globální poziční systém (anglicky Global Positioning System), dále jen GPS, byla vypuštěna na oběžnou dráhu v roce 1978. Systém GPS se stal nezbytným zdrojem pro navigaci po celém světě, ale také jako nástroj užitečný pro tvorbu přesných map a zeměměřičství (CZECHSPACEPORTAL, 2017).

GPS, který je také znám pod svým druhým jménem NAVSTAR, je pasivní dálkoměrný systém, schopný 24 hodin denně stanovit na zemském povrchu danou polohu a čas, tam kde se aktuálně nachází přijímač zpracovávající údaje GPS.

GPS je radionavigační systém pro civilní a vojenské použití a jeho poskytovatelem jsou vzdušné síly USA. Obdobný systém však vybudovalo i Rusko pod názvem GLONASS a některé GPS přijímače jsou schopny zpracovávat data z obou těchto systémů (GPSNavigace, 2017).

Avšak pro správné fungování GPS je nutná korekce atomových hodin v družicích, a to za pomoci Einsteinovi speciální rovnice relativity a k ní spojených jevů (Halliday, 2013).

### Výhody GPS

- příjem signálu kdekoli na zemském povrchu
- relativně velká rychlost měření
- nepodléhá vlivům počasí
- u novějších přijímačů možný příjem dat od vícero poskytovatelů

### Nevýhody GPS

- nižší síla signálu v budovách nebo úplná jeho ztráta v zastíněných oblastech, např. lesy či údolí
  - u zemědělských GPS relativně vysoké pořizovací náklady a náklady spojené s placenými signály
- (GPSNavigace, 2017).

### 1.1.1 Systém NAVSTAR

Systém NAVSTAR se dělí do tří hlavních segmentů. A to do kosmického, řídicího a uživatelského segmentu.

Kosmický segment tvořil k lednu 2019 třicet dva aktivně vysílajících družic (obrázek. 1.1) rozložených v šesti oběžných rovinách o sklonu  $55^\circ$  k rovníku a vzájemném posunu  $60^\circ$  podél rovníku obíhající ve výšce přibližně 20 000 kilometrů, a každá družice uletí svoji dráhu za necelých 12 hodin, to znamená dvakrát denně (CZECHSPACEPORTAL, 2017).



Obrázek 1. 1: Družice systému GPS NAVSTAR  
(CZECHSPACEPORTAL, 2017)

Řídicí segment se skládá ze čtyř vedlejších a jednoho hlavního monitorovacího střediska (obrázek.1.2), kam se sledovací data zasílají. Hlavní středisko se nachází na letecké základně v Colorado Springs. Tyto data následně slouží k aktualizaci navigačních dat.



Global Positioning System (GPS) Master Control and Monitor Station Network

Obrázek 1. 2: Kontrolní a monitorovací střediska NAVSTAR  
(Dana, 1995)

Uživatelský segment tvoří GPS přijímače, které jsou vybaveny přijímací anténou, procesorem přijímače a vysoce stabilními hodinami. Některé přijímače signálu GPS mohou být vybaveny displejem, který uživateli zobrazuje údaje o poloze, rychlosti nebo nadmořské výšce (CZECHSPACEPORTAL, 2017; Kvapil, 2005).

### **1.1.2 Systém GLONASS**

Vývoj systému GLONASS, zkratka GLObální NAVigační Satelitní Systém, byl zahájen v prosinci 1976 a do roku 1991 bylo na oběžnou dráhu vypuštěno 44 provozních a 8 testovacích družic systému GLONASS.

Systém GLONASS byl plně provozuschopný teprve koncem roku 1995, ale kvůli špatné ekonomické situaci v Rusku bylo v roce 2002 v provozu jen osm družic, proto byl pro globální navádění nepoužitelný. V současnosti je na oběžné dráze 24 družic ve třech oběžných drahách vždy po 8 kusech. Družice obíhají zemi ve výšce nad 19 000 kilometrů s oběžnou dobou 11 hodin a 15 minut.

Nejstarší družice byla vypuštěna roku 2000 a tím i značně překračuje svoji životnost 3 let (CZECHSPACEPORTAL, 2017; Kumhála, 2009).

#### **Popis systému GLONASS**

Hlavním znakem pro systém GLONASS je opakované rozmístění družic kolem Země každých osm dní, přičemž po každém hvězdném dni dochází v orbitálních rovinách k neidentickému opakování, to znamená, že nová družice zaujme místo předchozí družice. Tímto způsobem se systém GLONASS liší od systému GPS, kde dochází za stejný cyklus jednoho hvězdného dne k identickému opakování rozmístění družic.

Jak už bylo zmíněno GLONASS má tři orbity po 8 družicích, kdy každá družice má své polohové číslo 1-8; 9-16; 17-24, což znamená, že na každé orbitě je jich 7 v provozu a 1 bude záložní.

Systém GLONASS vysílá stejně jako GPS dva druhy signálů, a to o standardní přesnosti a vysoké přesnosti (CZECHSPACEPORTAL, 2017; Kumhála, 2009).

### 1.1.3 Systém Galileo

Hlavní příčinou vývoje systému Galileo je důvod, že oba předchozí systémy jsou vojenského původu a není tak zaručeno, že při výjimečných situacích by byly tyto systémy i nadále provozovány pro civilní užití. Evropský systém Galileo je však primárně založen pro civilní užívání.

Systém Galileo zahrnuje stejně jako předchozí systémy tři orbitální roviny. Přičemž aktuálně má 22 satelitů obíhajících ve výšce více jak 23 000 kilometrů nad zemí a do roku 2020 by měl být systém Galileo kompletní a sestávat se ze 27 satelitů v provozu a 3 záložních (CZECHSPACEPORTAL, 2017).

Díky vysokému počtu družic by měl být Galileo schopný určit polohu držiteli jeho přijímače s maximální tolerancí 1 metru. Díky tomu má systém Galileo obrovský potenciál v dopravě, ale také v zemědělství, stavebnictví nebo civilní obraně (CZECHSPACEPORTAL, 2017).

#### Služby provozované systémem Galileo

Evropský civilní družicový navigační systém Galileo bude poskytovat čtyři druhy služeb a to:

- **Základní služba** – základní signál pro příjemce zdarma.
- **Komerční služba** – bude poskytovat základní službu k níž přibudou ještě dva signály, které budou chráněny komerčním kódováním a jejich přístup bude kontrolován na úrovni přijímače a díky přístupovému klíči.
- **Veřejně regulovaná služba** – dva šifrované signály určené pro státem vybrané uživatele s kontrolovaným přístupem a dlouhodobou podporou. Tato služba by měla primárně sloužit bezpečnostním složkám státu.
- **Vyhledávací a záchranná služba** – služba pro nouzovou lokalizaci v celosvětové družicové záchranné službě a obousměrné komunikaci (CZECHSPACEPORTAL, 2017).

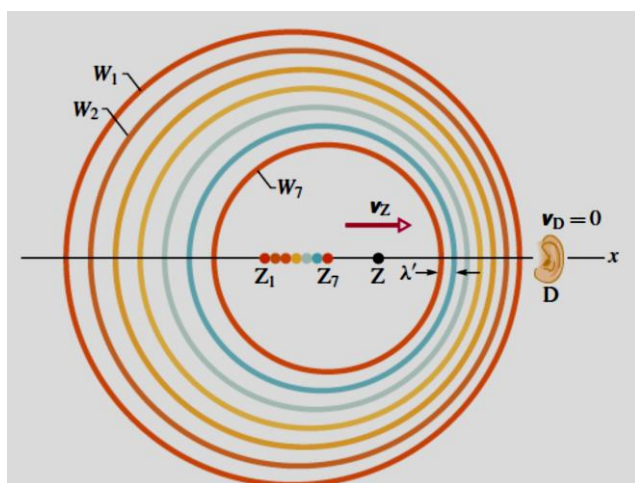
## 1.2 Způsoby určování polohy GPS

K určování polohy u GPS lze využít několik fyzikálních principů a k nim založené systémy. Jako další způsob lze využít i rádiové vlny. Pro určení polohy za pomoci rádiových signálů je možné využít dopplerovské, úhloměrné nebo fázové měření (Rapant, 2002).

### 1.2.1 Dopplerovské měření

Tato metoda je založena na základech Dopplerova jevu (obrázek 1.3), přičemž se určí relativní rychlost družice vůči GPS přijímači a tím i posun mezi jejich vysílanými frekvencemi. Po získání těchto informací následně přijímač vypočítá a vyhodnotí polohu a při pohybu přijímače dokáže vyhodnotit i jeho aktuální rychlost.

S tímto jevem se člověk může například setkat u blížícího se vozu záchranné služby se zapnutou sirénou. Pokud se k nám vůz blíží frekvence zvuku sirény se zrychluje a naopak, když se vůz oddaluje frekvence zvuku se prodlužuje. Na podobném principu jsou konstruovány i radary pro měření rychlosti (Rapant, 2002).



Obrázek 1. 3: Schéma Dopplerova jevu (Halliday, 2013)

### 1.2.2 Úhломěrné měření

Zjišťování polohy na základě úhломěrného měření se uskutečňuje za pomoci směrových antén díky azimutům k jednotlivým radiomajákům na zemském povrchu.

Dále se provádí měření pomocí elevačních úhlů k vícero družicím nebo elevačními úhly k jedné družici, zde je však nutné měření provádět s časovým odstupem, abychom změřili více úhlů než jeden pro lepší určení polohy (Rapant, 2002).

### 1.2.3 Fázové měření

Tato metoda určování polohy pracuje na základě výpočtu vlnových délek mezi vysílačem a přijímačem a jejich vynásobením délkou přijaté rádiové vlny ve chvíli měření. Výsledkem je vzdálenost mezi vysílačem a přijímačem (Rapant, 2002).

## 1.3 Korekce výsledného měření

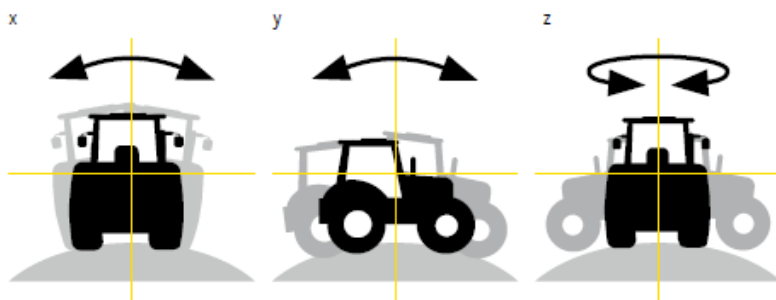
Po dokončení měření je pro co nejpřesnější určení polohy nutná korekce, kde nám základní určení polohy udává přesnost v metrech, což je dostačující pro silniční dopravu podloženou mapami, ale pro zemědělství nebo leteckou dopravu je nutné mít data co nejpřesnější. Signál se dá zpřesňovat hned několika způsoby, v nich vždy hraje klíčovou roli pozemní referenční stanice s přesně danou polohou. Poté pomocí korekčních signálů DGPS jsou data o poloze upřesněna s maximální odchylkou do 30 cm se signálem Egnos, 5 cm se signálem Omnistar XP/HP nebo do 2,5 cm, pokud je k dispozici RTK stanice (obrázek.1.4) s přenosem korekčního signálu pomocí rádiových vln nebo GSM sítě (Jun, 2012; Ptáčník, 2019).



Obrázek 1. 4: RTK stanice společnosti EUROFARMS s.r.o. (Ptáčník, 2019).

### 1.3.1 Terénní korekce GPS přijímačů

Dalším potřebným zpřesněním GPS navigací v zemědělství je terénní korekce, která minimalizuje polohové odchylky při jízdě v terénu (obrázek 1.5). Při jízdě stroje po pozemku dochází k různým náklonům v jeho ose X nebo Y, přičemž se jeho pozice vychyluje od skutečné pozice. Čím větší úhel bude mezi svislicí a přímkou vedoucí středem stroje, tím větší bude odchylka od skutečné pozice. Například pokud bude sklon terénu  $5^\circ$  a přijímač se bude nacházet ve výšce 4 metry nad úrovní pozemku bude odchylka činit 0,34 metru od skutečné pozice.



Obrázek 1. 5: Terénní korekce v podélné X, příčné Y a svislé ose Z (STROM, 2019)

Zařízení pro terénní korekci se skládá z gyroskopu (zachovává osy při rotaci) a akcelerometru (senzor měřící rozdíl mezi kinematickým a gravitačním zrychlením) nebo z elektronické vodováhy. Všechny komponenty jsou většinou zakomponovány přímo do přijímače pozičního signálu (obrázek 1.6). Odtud pak směřují data do řídicí jednotky, kde se následně vyhodnotí a dojde k určení přesné polohy (Kovaříček, 2005).



Obrázek 1. 6: Poziční přijímač StarFire 6000 (STROM, 2019)



### 1.3.2 Další způsoby zpřesnění práce na pozemku od firmy John Deere

#### Pasivní navádění nářadí AUTOTRACK

Pasivní navádění nářadí AutoTrack přináší další výhody při navádění stroje s přípojným nářadím. V nerovném terénu a na svazích může hmotnost nářadí způsobovat jeho smyk a tím i následné přesahy či vynechávky, což nám ve výsledku snižuje kvalitu práce.

Tomuto jevu můžeme zabránit přidáním druhého přijímače StarFire na tažené nářadí, který nám odesílá přesnou polohu nářadí do systému traktoru. Ten následně začne měnit svoji stopu, aby vyrovnal boční posuv nářadí pro zabezpečení optimálního výsledku (obrázek 1.7).

Tento způsob se nejvíce používá při setí, sázení nebo kultivaci půdy (STROM, 2019)

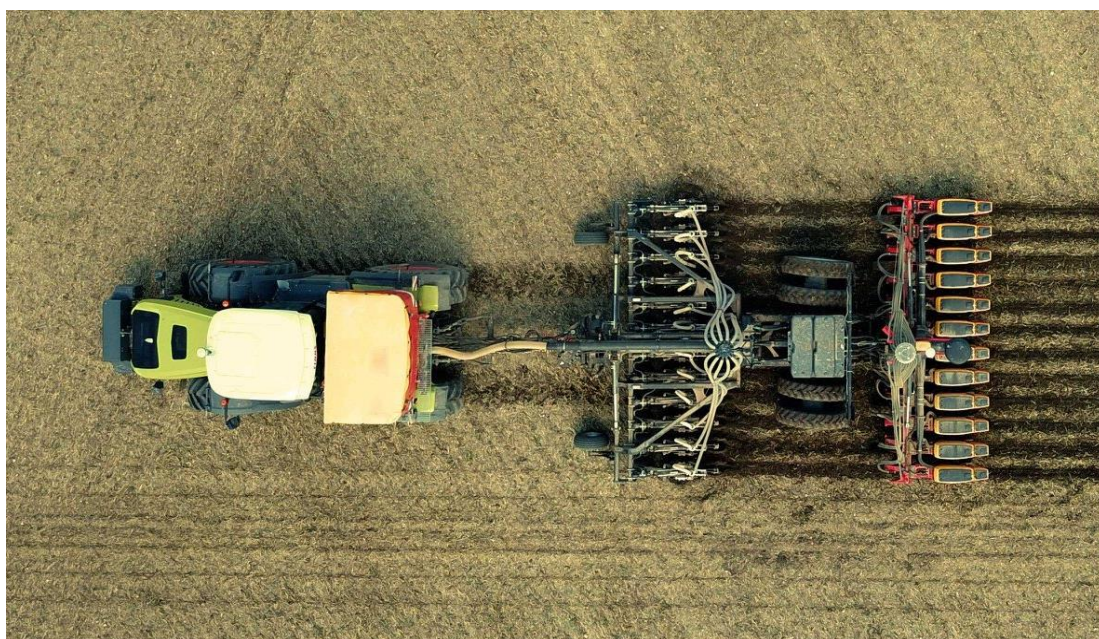


*Obrázek 1. 7: Vyrovnání bočního posuvu;  
žlutá šipka –stopa traktoru, bílá šipka –stopa nářadí  
(STROM, 2019)*

### **Aktivní navádění nářadí AUTOTRACK**

Pokud je zapotřebí docílit co největší přesnosti, lze použít aktivní navádění nářadí. Aktivní navádění znamená, že traktor a připojené nářadí udržují stejnou stopu, díky čemuž se omezuje poškozování úrody při přejezdech.

System je možné osadit na nářadí vybavené bočním posuvem (obrázek 1.8), říditelnou nápravou nebo diskovým řízením. Přijímače StarFire jsou osazeny na traktoru i nářadí, což umožňuje jejich vzájemnou komunikaci s cílem získat nulové přesahy nebo vynechávky. Při využívání signálů RTK nebo SF3 lze sledovat rovné, zakřivené i kruhové jízdy (STROM, 2019).



*Obrázek 1. 8 Aktivní navádění strip-till soupravy*

## 1.4 Systémy GPS v zemědělství a jejich využití

Jedním z nejstarších pracovních odvětví je u nás zemědělství, které zajišťuje produkci potravin a surovin pro jejich výrobu, surovin na výrobu krmiv a krmných směsí a v neposlední řadě suroviny na výrobu biosložek, které se přimíchávají do pohonných hmot. Nejen z důvodu vysoké světové populace lidí a jejich velkých nároků a potřeb, ale také změny klimatu, je důležité navyšovat zemědělskou produkci. Jedním z mnoha způsobů a technologií, které k tomuto účelu lze využít, jsou navigační systémy GPS, senzory nebo v budoucnu autonomní stroje. Tyto způsoby umožňují zemědělcům a jejich pracovníkům přesné a cílené operace pomocí informačních technologií pro sběr a zpracování dat nejen v rostlinné výrobě, ale i v živočišné produkci. Při použití těchto technologií se dá říci, že se jedná o precizní zemědělství (Stehno, 2015).

Tento pojem se začal objevovat na konci 20. století, kdy se neseťkal s velkou přízní pro nedostatečnou vyspělost technologie v tehdejší době. Nicméně postupem doby většina stávajících zemědělských podniků, ale i menších hospodářství tyto technologie plně využívá, nebo na ně postupně přechází (CZECHSPACEPORTAL, 2017).

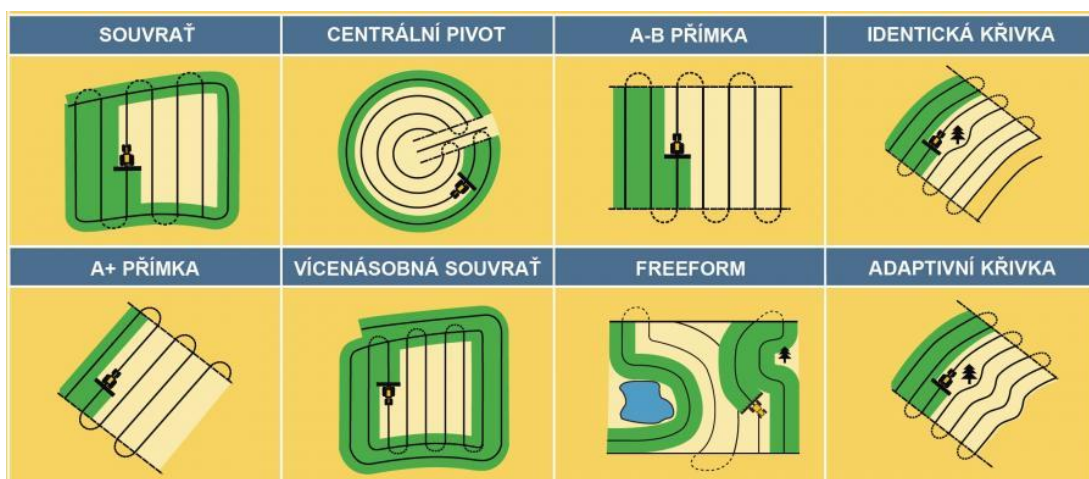
V České republice se touto problematikou zabývá hned několik firem se širokým sortimentem naváděcích technologií. Většinou si zemědělci vybírají systémy, kterými jsou stroje osazovány jejich výrobcem, ale ne vždy tomu tak bývá. Pokud i jiný výrobce GPS systému má kompatibilní sadu s danou značkou zemědělského stroje, je možné ji použít ať už jen jejím připojením nebo s drobnými úpravami. Dokonce i staré zemědělské stroje lze osadit GPS systémem, avšak jejich řízení bude stále manuální.

Na českém trhu v oblasti GPS se drží dvě celosvětově známe firmy. A to John Deere s navigací GreenStar a firma CASE IH zprostředkována značkou navigací Trimble. Dále na českém trhu figurují například navigace od firem Aleader s velkým počtem sad pro různé stroje nebo Fons se systémem Topcon (Stehno, 2015).

## 1.5 Způsoby navádění soupravy na pozemku

Pro navádění stroje po pozemku je zapotřebí vytvořit správné křivky, podle kterých se následně stroj, respektive navigace bude řídit. Pro nastavení křivek je důležité zadat pracovní záběr nářadí a pokud je nářadí mimo středovou osu tažného stroje, je důležité zadat i posun do určené strany. Nejběžnější pracovní křivkou je A+B (počáteční a koncový bod) a její obdoba s přidanou souvratí.

Další možné způsoby navádění jsou identická, adaptivní křivka, pivot a freeform (Volné jízdy). Identická křivka je stejná jako adaptivní, dokud stroj nepřijede k překážce na pozemku, kterou musí objet. Po objetí překážky se identická křivka v následující jízdě vrátí do původních jízd, kdežto adaptivní další jízdy opisuje podle překážky (obrázek. 1.9) (Aplikovaný pěstitelský software, 2020).



Obrázek 1. 9: Druhy křivek pro navádění na pozemku od firmy Trimble (Aplikovaný pěstitelský software, 2020).

## 1.6 Naváděcí systém podle principu řízení

Princip řízení zemědělských strojů pomocí GPS navigací lze rozlišovat podle jejich možnosti řízení. Nejzákladnějším a nejjednodušším systémem je manuální navádění, které udává pouze odchylku od linie jízdy na diodové liště, podle které se následně obsluha orientuje. Další systémy už jsou automatizované, což znamená, že je obsluha stroje nahrazena při pracovní jízdě po pozemku. Starší provedení se drží pouze v ideální linii pomocí asistovaného řízení, ale otáčení soupravy na krajích či vyhýbání se překážkám musí stále obstarávat obsluha stejně jako práce s připojeným příslušenstvím. Novější systémy již umí i práce donedávna zastávané obsluhou stroje. Ta již slouží pouze jako přepravce stroje po komunikacích nebo jako kontrolní bod na pozemku, pokud by nastala nějaká nenadálá situace. Touto situací je myšlen například přesun soupravy po pozemku z důvodu doplnění komodit potřebných pro danou práci jako je například osivo, postřik či různé druhy hnojiv nebo pro opravu či výměnu opotřebovaných součástí na připojeném příslušenství.

Základním kamenem každého systému GPS navigací u zemědělských strojů je anténa nebo GPS přijímač, která se většinou umísťuje na střechu stroje. U manuálního navádění je přijímač propojen se světelnou diodovou lištou nebo LCD displejem. U automatizovaného navádění je dále systém rozšířen o terénní korekci přijímače, snímače natočení volantu či pojezdových kol, řídicí jednotku, vybrané hydraulické prvky a o ISOBUS propojení s pracovním nářadím (Beneš, 2011; Ptáčník, 2019; Křepelka, 2011).

### 1.6.1 Manuální navádění stroje po pozemku s GPS

Manuální navádění stroje po pozemku s GPS se až tak dalece neliší od běžného manuálního navádění, pouze světelná lišta pomáhá obsluze udržet danou stopu. Tato lišta je vybavena LED diodami v celém rozsahu panelu, které se rozsvítí od středu na levou či pravou stranu podle toho kam se obsluha vychýlí ze zadané stopy. Čím větší je vychýlení ze zadané stopy, tím více diod se rozsvítí a pro přesnější znázornění výchyly jsou také barevně odlišeny.

Novější modely jsou již opatřeny LCD monitorem (obrázek 1.10), který slouží zejména pro lepší navigaci stroje při otáčení na krajích polí, navedení do dalších rovnoběžných jízd a při navádění po křivkách. Kromě světelných signálů mohou obsluhu stroje také upozornit akustické signály. Způsob manuálního navádění s GPS je rozšířen nejvíce u menších podniků nebo hospodářů z důvodu jednoduchosti, nižší pořizovací ceny, ale hlavně pro možnost přenosu ze stroje na stroj, avšak jeho přesnost záleží především na obsluze (Aplikovaný pěstitelský software, 2020; Křepelka, 2011)



Obrázek 1. 10: Světelná lišta s LCD displejem FM–750 Trimble  
(<https://www.agrics.cz/fm-750,,20191205>)



### 1.6.2 Asistované navádění stroje po pozemku

System asistovaného navádění je rozšířením manuálního navádění a mohou jím být vybaveny jak starší, tak i novější stroje, pokud disponují posilovačem řízení. Zde se o možnost řízení stroje stará přímo Krokův elektromotorek nebo je k němu ještě připevněn třecí pastorek (obrázek 1.11). Elektromotorek s pastorkem je nejčastěji upevněný k věnci volantu, kdežto samotný elektromotorek je spojen přímo s ovládací hřídelí volantu a tím dochází k jeho otáčení. Další součásti asistovaného řízení jsou anténa či přijímač (s terénní korekcí) GPS signálu, řídicí jednotka, která dává impulzy elektromotorku pro udržení stroje v zadané trajektorii a jako poslední část je světelná lišta nebo LCD monitor.



Obrázek 1. 11: Asistované řízení s třecím pastorkem  
(<https://www.bvtechnika.cz/systemy-asistovaneho-rizeni,,20191205>)

System asistovaného řízení pracuje na zásadě příjmu GPS signálu anténou nebo přijímačem, který je zabudován přímo ve světelné liště nebo může být připevněn na jiném místě, například na střeše stroje, ale může se upevnit i na přední část kapotáže traktoru a zpracovává data signálu GPS o poloze stroje či soupravy a pracuje jak s neplacenými signály DGPS například Egnos, tak i se signálem RTK. Vyhodnocená data jsou následně předána do řídicí jednotky neboli kolektoru a ta následně, jak již bylo zmíněno, odesílá impulzy do elektromotorku u volantu.

Zde již obsluha obstarává pouze otáčení na souvratích nebo vyhýbání se překážkám na pozemcích (Aplikovaný pěstitelský software, 2020; Křepelka, 2011; VUZT, 2009).

### 1.6.3 Automatizované navádění stroje po pozemku

Automatizovaný systém navádění je nejdražší provedení GPS navigací v zemědělství pro jeho přesnost, která je například u firmy John Deere s bezplatným signálem SF1 15 cm, u placeného signálu SF3 pak 2,5 cm a u způsobu RTK je pak přesnost do 1,5 cm.

Řízení provádí řídicí jednotka, která snímá polohu natočení volantu a řídicích kol a následně po spuštění autopilota dostává impulzy od přijímače GPS a od kontroleru, díky čemuž ovládá hydraulické ventily řízení. Tímto se nahrazuje obsluha stroje, která zde více méně slouží pouze jako kontrolní segment. Pokud ovšem obsluha zasáhne do řízení, systém se vypne a je nutné ho opět zapnout pro pokračování v činnosti.

U tohoto způsobu je možné nastavení linií pro jízdu s pracovním nářadím jako u předchozích systémů. Mezi další rozšíření patří i otáčení stroje na krajích pole, vyhýbání se překážkám s návratem na přímku nebo se může vytvořit adaptabilní křivka a mnohé další způsoby jízd po pozemku (obrázek 1.12).



Obrázek 1. 12: Automatizované návádění Case IH  
(<https://www.agrics.cz/autopilot,,20191216>)

Pracuje-li pak stroj s připojeným nářadím, jako je například přesný secí stroj, otočný pluh či příslušenství pro podmítka, je schopen stroj ovládat hydraulické okruhy a komunikovat díky propojení ISOBUS (viz. kapitola 1.6) s pracovním nářadím, aniž by obsluha musela zasahovat do prováděné činnosti (Ptáčník, 2019; Beneš, 2011; Křepelka 2011)

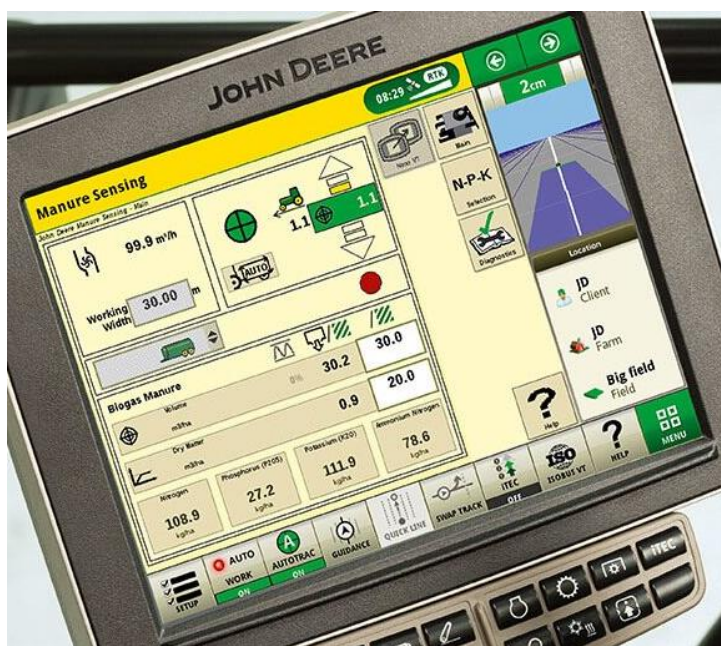


## 1.7 ISOBUS

ISOBUS (International Organization for Standardization Binary Unit Systém) byl vyvinut pro snadnou komunikaci mezi všemi stroji a přípojným nářadím jim vybaveným. Je to jako u lidí, pokud někdo mluví jinou řečí než posluchač, nemusí mu rozumět. Stejně je to i u počítačů řídicích stroj a nářadí. Pokud každý komunikuje jinak, nemohou si stroj ani nářadí vyměňovat svá data, načež nelze vykonávat zadaný úkon nebo je prováděn nekvalitně.

ISOBUS na přípojném nářadí se skládá z řídicího počítače, příslušných specifických čidel a z výkonných elementů, které tvoří specializovanou řídicí jednotku. To samé se vztahuje i na traktory a jiné zemědělské stroje.

Pracovním počítačům je dále nadřazen terminál, který představuje hlavní řídicí jednotku a komunikace mezi nimi probíhá přes speciální datové vedení. Terminál je pro komunikaci s obsluhou vybaven displejem, na kterém se zobrazují veškerá data potřebná pro zadanou činnost. Tyto data je možné mezi sebou přepínat pro jejich lepší přehlednost nebo je pomocí menu upravovat pro správnou činnost (obrázek 1.13).



Obrázek 1. 13: Údaje o hnojení přenášené pomocí ISOBUS  
(<https://www.deere.cz/cs/precizni-rizeni-zemedelskych-praci/displeje-prijimace/displeje-generace-4/,,20191220>)

Do této chvíle se jednalo pouze o komunikaci mezi vybranými výrobci. Pojem ISOBUS byl zaveden až po ustanovení na mezinárodní úrovni, kdy došlo ke sjednocení protokolu pro komunikaci a též byla přijata i norma pro zapojení jednotného konektoru (Pastorek, 2002).

## 1.8 Systém GreenStar od firmy John Deere

### 1.8.1 Přijímače StarFire

Firma John Deere disponuje několika druhy přijímačů a to například StarFire iTC, 3000 a 6000 (obrázek 1.6 strana: 16)

Všechny přijímače jsou založeny na stejném principu, avšak jsou oproti předchozímu modelu modernizovány. Modernizace spočívá ve zpřesnění terénní korekce, přesnosti signálů pro navazující jízdy, ale také v příjmu signálu od dalších poskytovatelů nejen od NAVSTARU, jako je GLONASS nebo Galileo. Dále se vylepšuje příjem signálu a rychlejší vyhledávání satelitů, což zvyšuje i odolnost vůči jeho ztrátě (STROM, 2019).

*Tabulka 1. 1: Přesnost signálů SF u jednotlivých přijímačů StarFire*

|         | Signál SF1  | Signál SF2   | Signál SF3   | Signál RTK |
|---------|-------------|--------------|--------------|------------|
| Licence | Bez licence | Od 15.200 Kč | Od 21.500 Kč |            |

*Tabulka 1. 2: Přesnost signálů u jednotlivých přijímačů (+/-)*

|               | Signál SF1 | Signál SF2 | Signál SF3 | Signál RTK |
|---------------|------------|------------|------------|------------|
| StarFire iTC  | 30 cm      | 10 cm      |            | 3,5 cm     |
| StarFire 3000 | 23 cm      | 5 cm       |            | 2,5 cm     |
| StarFire 6000 | 15 cm      |            | 3 cm       | 2,5 cm     |

## 1.8.2 Displeje systému Green Star

Další částí systému Green Star jsou dotykové či polodotykové displeje s úhlopříčkou 18 nebo 26 cm.

Například obrazovky s označením GreenStar 1800 (obrázek 1.14) a GreenStar 2630 jsou přenosné a u novějších modelů strojů firmy John Deere je možné mít i zabudovaný displej CommandCenter 4. generace přímo do panelu obsluhy (obrázek 1.14).



*Obrázek 1. 14 Obrazovky navigací  
GreenStar 1800 a CommandCenter  
4. generace (STROM, 2019)*

Obrazovky nabízí aktualizace softwaru, video vstup, USB port pro přenos dat a vstup pro ISOBUS. Další velkou výhodou je monitorování prací a jim přidružené úkony. Jednou z těchto prací může být například sklizeň plodin a snímání jejich výnosu díky čemuž se nám vytvoří výnosová mapa.

Výnosové mapy si následně obsluha může upravit podle dalších specifikací sklizené plodiny a vytvořit si hnojnou mapu pro určitý druh hnojiva (STROM, 2019).

### **1.8.3 Univerzální sada ATU 200 a 300**

AUTOTRAC UNIVERSAL (ATU) 200 a 300 je univerzální sada asistovaného řízení s GPS pro starší stroje bez přípravy pro navigace nebo pro stroje jiných značek než John Deere, který se umísťuje přímo na hřídel volantu. Dále je zapotřebí pro správnou funkci systém ATU mít některý z přijímačů StarFire a displejů GreenStar.

Jednotku ATU je možné využívat například na jaře v traktorech při kultivaci, setí nebo sadbě. Díky snadné a rychlé demontáži může být v létě přemístěna do sklizňových mlátiček či řezaček a na podzim vrácena zpět do traktoru, aby byly zajištěny další polní práce.

Velkou výhodou tohoto systému je kompatibilita s více jak 600 modely zemědělských strojů, práce se všemi signály SF a RTK, funkce při couvání a práce při minimální rychlosti  $0,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  (STROM, 2019).

## **2 Cíle práce**

Cílem bakalářské práce je posoudit a porovnat využití GPS navigací v současném zemědělství.

Díky těmto systémům vedoucí pracovníci zemědělských podniků nebo majitelé zemědělského hospodářství ví, kde se daný stroj či souprava nachází a jakou provádí činnost na daném pozemku. Dále se tato práce bude zabývat rozdíly ve využití pohonných hmot, prostředků k hnojení rostlin v závislosti na výnosových mapách vytvořených při předešlých sklizních, využití času a celkových financí u běžného manuálního řízení stroje a také při použití GPS navigací GreenStar od firmy John Deere.

### 3 Metodika

Uskutečnění vlastní práce bylo realizováno z vybraných dat pro rok 2019, která byla nasbírána majitelem zemědělského podniku Farma Chmel s.r.o Vojtěchem Švarcem na pozemku v jeho vlastnictví s místním názvem Lešany v katastrálním území Mělník. Podnik se nachází ve Středočeském kraji v okrese Kladno v malé obci Třebusice.

Vybraná data jsou získána z jednoho pozemku pro zajištění optimálního výsledku v měření úspory prostředků aplikovaných při hnojení minerálními a průmyslovými hnojivy pomocí výnosových map z předešlé sklizně. Další měření bylo provedeno pro výpočty spotřeby pohonných hmot, časových úspor, počty přejezdů po pozemku a na celkové provozní náklady.

Díky údajům získaným při práci s GPS systémem budou počítány hodnoty bez jeho použití. Následně budou porovnány výsledné hodnoty bez použití systému GPS se vstupními hodnotami pořízených GPS systémem.

Pro výpočet byly použity rozměry pozemku získané ze stránky iKatastr. Překryv se systémem GPS, od kterého se budou výpočty odvíjet je 2,5%. Následné překryvy nastávající při manuálním řízení stroje budou 5%, 10% a 15%.

#### Vzorce pro vlastní výpočet:

Výpočet počtu jízd  $n$  s určeným překryvem je vypočítán jako poměr nejdelší části pozemku  $L$  [m] a konstrukčního záběru  $B_k$  [m]. U výpočtů s překryvem jsem celý vzorec ještě vynásobil překryvem  $p$  [%].

$$n = \frac{L}{B_k \cdot p} \quad (1)$$

Celkový čas  $T_{\text{celkový}}$  práce na pozemku je vypočítán jako poměr délky  $D$  [m], počtu pracovních jízd  $n$  a průměrnou pracovní rychlost  $v_p$ . Dále je tento vzorec vynásoben koeficientem  $k = 1,3$  (čas plnění a otáčení na okrajích pole).

$$T_{\text{celkový}} = \frac{D \cdot n}{v_p} + k [h] \quad (2)$$

Spotřebu  $Q$  motorové nafty jsem vypočítal pomocí průměrné hodinové spotřeby  $m_{pe}$  a celkového času práce  $T_{celkový}$ .

$$Q = m_{pe} \cdot T_{celkový} [l] \quad (3)$$

Náklady za spotřebovanou motorovou naftu  $C_Q$  se spočítají ze spotřeby  $Q$  a ceny za litr motorové nafty, která je 27,7 Kč.

$$C_Q = Q \cdot 27,7 [Kč] \quad (4)$$

Spotřebu hnojiva  $F$  při použití GPS vypočítám z průměrné aplikační dávky  $AD_{var}$  (rozmetadlo má variabilní dávkování) na plochu pole  $S$  a bez použití GPS (u překryvu) z pevné aplikační dávky  $AD_{pev}$  na zpracovanou plochu  $Sp$ .

$$F = AD_{var} \cdot Sp \cdot p [kg] \quad (5)$$

$$F = AD_{pev} \cdot Sp \cdot p [kg] \quad (6)$$

Počet vaků  $F_v$  se vypočítá ze spotřebovaného hnojiva a hmotnosti jednoho vaku, která činí 600 kg.

$$F_v = \frac{F}{600} \quad (7)$$

Náklady za spotřebované hnojivo  $C_F$  se spočítají ze spotřebovaných vaků hnojiva  $F_v$  a ceny za vak, která je 5820 Kč.

$$C_F = \frac{F_v}{5820} \quad (8)$$

Výkonnost  $W$  je spočtena jako plocha pole  $S$  za celkový čas  $T_{celkový}$ .

$$W = \frac{1}{T_{celkový}} \cdot S [ha \cdot h^{-1}] \quad (9)$$

Mzda obsluhy stroje se vypočítá vynásobením hodinové mzdy  $M_{hod}$  za celkový čas  $T_{celkový}$ .

$$Mzda = M_{hod} \cdot T_{celkový} [Kč] \quad (10)$$

Náklady z navádění pomocí GPS  $C_{GPS}$  a manuálního řízení  $C_{man}$  se vypočítají jako součet nákladů za motorovou naftu  $C_Q$ , nákladů za hnojivo  $C_F$  a mzdu zaměstnance.

$$C_{GPS} = C_Q + C_F + Mzda \quad (11)$$

$$C_{man} = C_Q + C_F + Mzda \quad (12)$$

Celkovou úsporu lze vypočítat odečtením nákladů při použití GPS  $C_{GPS}$  z nákladů z manuálního řízení  $C_{man}$ .

$$Úspora = C_{man} - C_{GPS} \text{ [Kč]} \quad (13)$$

Návratnost investic  $N$  z GPS vypočítáme jako součet pořizovací ceny  $P_{GPS}$  a ceny za signál  $P_{SIG}$  a jejich rozdíl s úsporou.

$$N = \frac{P_{GPS}}{Úspora - P_{SIG}} \text{ [rok]} \quad (14)$$



## 4 Praktická část

### 4.1 Popis podniku

Farma Chmel se nachází ve Středočeském kraji v okrese Kladno v malé obci Třebusice a je průkopníkem precizního zemědělství v ČR.

Farma se věnuje hlavně rostlinné výrobě a obhospodařuje okolo 750 ha orné půdy a cca 50 ha TTP a vojtěškového porostu. Základními pěstovanými plodinami jsou pšenice, ječmen, řepka, cukrová řepa, hrách a další bílkovinné rostliny.

Hlavní značkou vozového parku jsou stroje od firmy John Deere (obrázek 4. 1), dále vyorávač cukrové řepy Ropa, stroje na pícniny od firmy Claas a Krone a další v menším zastoupení.



*Obrázek 4. 1: Část vozového parku při sklizni pšenice*

## 4.2 Popis soupravy

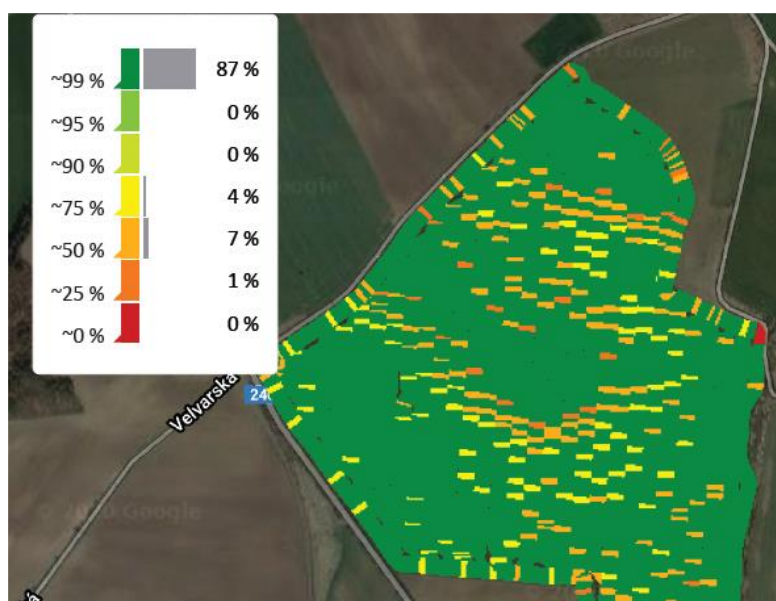
Pro měření byla použita souprava složená z traktoru John Deere 6530 Premium a rozmetadla průmyslových hnojiv Bogballe M2 Base (obrázek 4. 2).



Obrázek 4. 2: Souprava použitá při hnojení

Traktor John Deere 6530 Premium má motor o zdvihovém objemu 6,8 litru a síle 99 kW/ 128 PS, manuální převodovku 24/24 a jeho hmotnost činí 5,4 tuny bez dotížení.

Rozmetadlo průmyslových hnojiv Bogballe M2 Base je rozmetadlo o střední kapacitě s nosností do 2,5 tuny a s nastavitelným záběrem od 12 až do 42 metrů. Dále je vybaveno kalibrátorem řízení dávky podle pojezdové rychlosti a předpisových map, což ukazuje i přesnost rozhozu hnojiva mezi předpisovou mapou a skutečností (obrázek 4. 3).



Obrázek 4. 3: Mapa rozdílu v aplikování hnojiva mezi předpisovou mapou a skutečným hnojením

### 4.3 Vlastní práce

Zde jsou uvedeny hodnoty určené pro výpočty k vlastní práci.

#### Z GPS

Pojezdová rychlost  $v_p$  – 10 km·h<sup>-1</sup>

Průměrné hodinová spotřeba motorové nafty  $M_{pe}$  – 17,62 l·h<sup>-1</sup>

Průměrná aplikační dávka hnojiva NPK variabilní  $AD_{var}$  – 102 kg·ha<sup>-1</sup>

#### Interní vstupní data

Konstrukční záběr stroje  $B_k$  – 30 m

Průměrná délka pole  $D$  – 655 m

Nejširší část pole  $L$  – 905 m

Rozloha pole  $S$  – 60,5 ha

Aplikační dávka hnojiva NPK pevná  $AD_{pev}$  – 130 kg·ha<sup>-1</sup>

Cena za vak s hnojivem NPK (600 kg) – 5820 Kč

Hodinová mzda zaměstnance  $M_{hod}$  – 150 Kč·h<sup>-1</sup>

Pořizovací cena GPS navigace  $P_{GPS}$  – 190 326 Kč bez DPH

Cena za signál  $P_{SIG}$  – 15 200 Kč

Cena motorové nafty za rok 2019 – 27,7 Kč bez DPH

### 4.3.1 Navádění s GPS a překryvem 2,5%

Výpočet pro počet přejezdů po pozemku

$$n = \frac{905}{30 \cdot 0,975}$$

$$n = 31$$

Výpočet pro celkový čas práce

$$T_{\text{celkový}} = \frac{0,655 \cdot 31}{10} \cdot 1,3 \text{ h}$$

$$T_{\text{celkový}} = 2,43 \text{ h}$$

Výpočet spotřeby paliva

$$Q = 17,62 \cdot 2,43$$

$$Q = 42,8 \text{ l}$$

Cena spotřebované motorové nafty

$$CenaQ = 42,8 \cdot 27,7$$

$$CenaQ = 1186 \text{ Kč}$$

Výpočet spotřeby hnojiva

$$F = 102 \cdot 60,5 \cdot 1,025$$

$$F = 6325,2 \text{ kg}$$

Počet vaků a cena za hnojivo

$$Fv = \frac{6325,2}{600} = 11 \text{ ks}$$

$$Fc = 11 \cdot 5820 = 64020 \text{ Kč}$$

Výkonnost soupravy

$$W = \frac{1}{2,43} \cdot 60,5$$

$$W = 24,9 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$$

Výpočet mzdy za práci na pozemku

$$Mzda = 150 \cdot 2,43$$

$$Mzda = 365 \text{ Kč}$$

Tabulka 4. 1: Vypočtené hodnoty při použití GPS

|                                  | Vypočtené hodnoty | Jednotky           |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|
| Počet přejezdů po poli           | 31                | –                  |
| Celkový čas                      | 2,43              | h                  |
| Spotřeba motorové nafty          | 42,8              | l                  |
| Cena spotřebované motorové nafty | 1186              | Kč                 |
| Spotřeba hnojiva                 | 6325,2            | kg                 |
| Počet vaků                       | 11                | ks                 |
| Cena za hnojivo                  | 64020             | Kč                 |
| Výkonnost soupravy               | 24,9              | ha·h <sup>-1</sup> |
| Mzda zaměstnance                 | 365               | Kč                 |

#### 4.3.2 Manuální navádění s překryvem 5%

Výpočet pro počet přejezdů po pozemku

$$n = \frac{905}{30 \cdot 0,95}$$

$$n = 32$$

Výpočet pro celkový čas práce

$$T_{\text{celkový}} = \frac{0,655 \cdot 32}{10} \cdot 1,3 \text{ h}$$

$$T_{\text{celkový}} = 2,72 \text{ h}$$

Výpočet spotřeby paliva

$$Q = 17,62 \cdot 2,72$$

$$Q = 48 \text{ l}$$

Cena spotřebované motorové nafty

$$CenaQ = 48 \cdot 27,7$$

$$CenaQ = 1330 \text{ Kč}$$

Výpočet spotřeby hnojiva

$$F = 130 \cdot 60,5 \cdot 1,05$$

$$F = 8258 \text{ kg}$$

Počet vaků a cena za hnojivo

$$Fv = \frac{8258}{600} = 14 \text{ ks}$$

$$Fc = 14 \cdot 5820 = 81480 \text{ Kč}$$

Výkonnost soupravy

$$W = \frac{1}{2,72} \cdot 60,5$$

$$W = 22,2 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$$

Výpočet mzdy za práci na pozemku

$$Mzda = 150 \cdot 2,72$$

$$Mzda = 408 \text{ Kč}$$

Tabulka 4. 2: Vypočtené hodnoty pro 5% překryv

|                                  | Vypočtené hodnoty | Jednotky           |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|
| Počet přejezdů po poli           | 32                | –                  |
| Celkový čas                      | 2,72              | h                  |
| Spotřeba motorové nafty          | 48                | l                  |
| Cena spotřebované motorové nafty | 1330              | Kč                 |
| Spotřeba hnojiva                 | 8258              | kg                 |
| Počet vaků                       | 14                | ks                 |
| Cena za hnojivo                  | 81480             | Kč                 |
| Výkonnost soupravy               | 22,2              | ha·h <sup>-1</sup> |
| Mzda zaměstnance                 | 408               | Kč                 |

### 4.3.1 Manuální navádění s překryvem 10%

Výpočet pro počet přejezdů po pozemku

$$n = \frac{905}{30 \cdot 0,90}$$

$$n = 34$$

Výpočet pro celkový čas práce

$$T_{\text{celkový}} = \frac{0,655 \cdot 34}{10} \cdot 1,3 \text{ h}$$

$$T_{\text{celkový}} = 2,9 \text{ h}$$

Výpočet spotřeby paliva

$$Q = 17,62 \cdot 2,9$$

$$Q = 51 \text{ l}$$

Cena spotřebované motorové nafty

$$CenaQ = 51 \cdot 27,7$$

$$CenaQ = 1413 \text{ Kč}$$

Výpočet spotřeby hnojiva

$$F = 130 \cdot 60,5 \cdot 1,1$$

$$F = 8651 \text{ kg}$$

Počet vaků a cena za hnojivo

$$Fv = \frac{8651}{600} = 15 \text{ ks}$$

$$Fc = 15 \cdot 5820 = 81480 \text{ Kč}$$

Výkonnost soupravy

$$W = \frac{1}{2,9} \cdot 60,5$$

$$W = 20,8 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$$

Výpočet mzdy za práci na pozemku

$$Mzda = 150 \cdot 2,9$$

$$Mzda = 435 \text{ Kč}$$

Tabulka 4. 3: Vypočtené hodnoty pro 10% překryv

|                                  | Vypočtené hodnoty | Jednotky           |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|
| Počet přejezdů po poli           | 34                | –                  |
| Celkový čas                      | 2,9               | h                  |
| Spotřeba motorové nafty          | 51                | l                  |
| Cena spotřebované motorové nafty | 1413              | Kč                 |
| Spotřeba hnojiva                 | 8651              | kg                 |
| Počet vaků                       | 15                | ks                 |
| Cena za hnojivo                  | 87300             | Kč                 |
| Výkonnost soupravy               | 20,8              | ha·h <sup>-1</sup> |
| Mzda zaměstnance                 | 435               | Kč                 |

#### 4.3.1 Manuální navádění s 15% překryvem

Výpočet pro počet přejezdů po pozemku

$$n = \frac{905}{30 \cdot 0,85}$$

$$n = 36$$

Výpočet pro celkový čas práce

$$T_{\text{celkový}} = \frac{0,655 \cdot 36}{10} \cdot 1,3 \text{ h}$$

$$T_{\text{celkový}} = 3,06 \text{ h}$$

Výpočet spotřeby paliva

$$Q = 17,62 \cdot 3,06$$

$$Q = 54[l]$$

Cena spotřebované motorové nafty

$$CenaQ = 54 \cdot 27,7$$

$$CenaQ = 1496 \text{ Kč}$$

Výpočet spotřeby hnojiva

$$F = 130 \cdot 60,5 \cdot 1,15$$

$$F = 9045 \text{ kg}$$



Počet vaků a cena za hnojivo

$$Fv = \frac{9045}{600} = 16 \text{ ks}$$

$$Fc = 16 \cdot 5820 = 93120 \text{ Kč}$$

Výkonnost soupravy

$$W = \frac{1}{3,06} \cdot 60,5$$

$$W = 19,7 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$$

Výpočet mzdy za práci na pozemku

$$Mzda = 150 \cdot 3,06$$

$$Mzda = 459 \text{ Kč}$$

Tabulka 4. 4: Vypočtené hodnoty pro 15% překryv

|                                  | Vypočtené hodnoty | Jednotky           |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|
| Počet přejezdů po poli           | 36                | –                  |
| Celkový čas                      | 3,06              | h                  |
| Spotřeba motorové nafty          | 54                | l                  |
| Cena spotřebované motorové nafty | 1496              | Kč                 |
| Spotřeba hnojiva                 | 9045              | kg                 |
| Počet vaků                       | 16                | ks                 |
| Cena za hnojivo                  | 93120             | Kč                 |
| Výkonnost soupravy               | 19,7              | ha·h <sup>-1</sup> |
| Mzda zaměstnance                 | 459               | Kč                 |

### 4.3.2 Úspora

Úspora je počítána z nákladů spojených s provozem odlišných způsobů navádění. V tomto případě s náklady spojenými s manuálním způsobem navádění a s naváděním s GPS.

Úspora GPS oproti manuálnímu navádění s 5% překryvem

$$Úspora_1 = 83218 - 65571$$

$$Úspora_1 = 17647 \text{ Kč}$$

Úspora GPS oproti manuálnímu navádění s 10% překryvem

$$Úspora_2 = 89148 - 65571$$

$$Úspora_2 = 23577 \text{ Kč}$$

Úspora GPS oproti manuálnímu navádění s 15% překryvem

$$Úspora_3 = 95075 - 65571$$

$$Úspora_3 = 29504 \text{ Kč}$$

Průměrná úspora GPS oproti manuálním naváděním

$$Úspora = \frac{17647 + 24577 + 30504}{3}$$

$$Úspora = 24243 \text{ Kč}$$

Průměrná hodnota úspory na poli při hnojení činí 24 243 Kč na jeden cyklus. Úspora na 1 ha tedy činí 400 Kč. Pokud tedy má hospodářství celkem 800 ha činí úspora v průměru 320 000 Kč při používání GPS.

### 4.3.3 Návratnost GPS

Návratnost je údaj, který nám udává za jak dlouhou dobu se nám vrátí investice vložené do určité věci. Zde je to GPS systém a jeho návratnost, která se vypočítá z rozdílu mezi investicí a úsporou, která nám díky jeho používání vzniká. U obou návratností budeme počítat s jedním cyklem hnojení za rok.

Návratnost investic při využití GPS na 100 ha.

$$N = \frac{190326}{40000 - 15200}$$

$$N = 7,6 \text{ let}$$

Návratnost GPS se signálem při jejím používání na 100 ha je za necelých osm let.

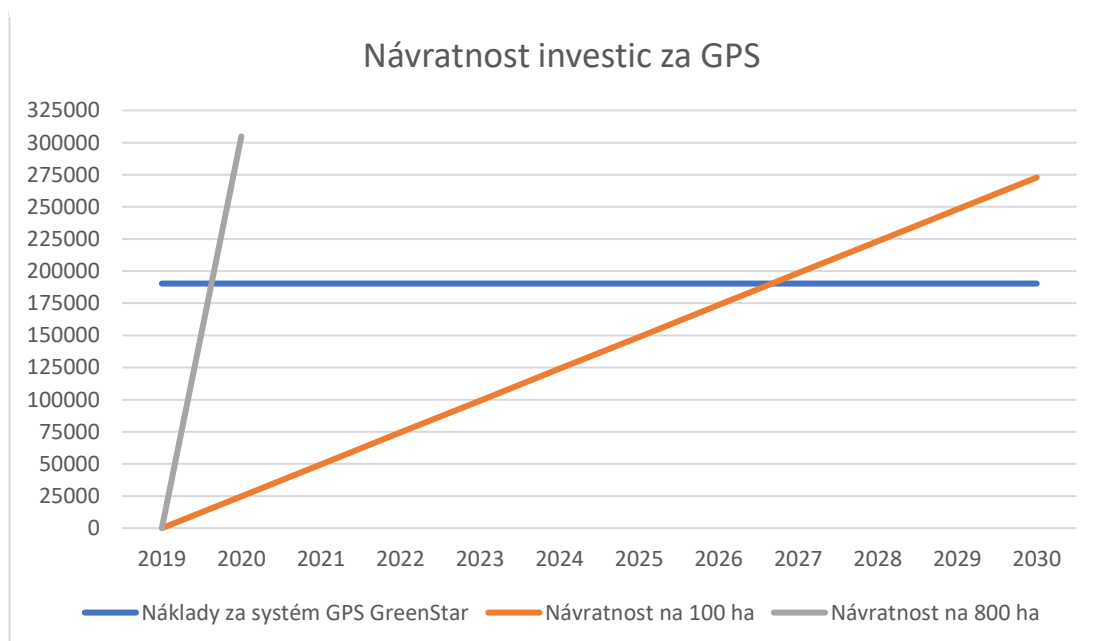
Návratnost investic při využití GPS na 800 ha

$$N = \frac{190326}{320000 - 15200}$$

$$N = 0,62 \text{ roku}$$

Návratnost investice za pořízení GPS se zpoplatněným signálem je za necelý rok.

Graf 4. 1: Návratnost investic za pořízení GPS GreenStar



## 5 Diskuse

Výsledky získané z vlastní práce poukazují na výraznou úsporu nejen pohonných hmot, ale i celkového času práce nebo aplikačních prostředků při využití GPS, zde konkrétně se systémem GreenStar oproti manuálnímu navádění.

Při porovnání práce s použitím GPS a manuálního řízení s překryvem 5 % zjistíme, že rozdíl v počtu pracovních jízd po pozemku činí 1 jízdu, u 10% překryvu je rozdíl ve 3 pracovních jízdách a u 15% překryvu je rozdíl 5 jízd oproti navádění s GPS.

Rozdíl je hlavně způsoben nepřesností obsluhy stroje oproti GPS, ovšem při záběru 30 m je nepřesnost u manuálního řízení pochopitelná, zvláště když obsluha nemá záchytnou dráhu a musí jet takřkajíc od oka.

Čas práce s navigací byl 2,43 h a s manuálním řízením byl v rozsahu 2,72–3,06 h. Zde však záleží také na způsobu plnění stroje a dalších aspektech, jako je například doprava hnojiva na pozemek.

Spotřeba motorové nafty se také hodně liší. S navigací bylo spotřebováno 42,8 l a bez navigace v průměru 51 l. Tento rozdíl je opět způsoben nepřesností obsluhy a jiným způsobem jízdy při otáčení na krajích, ale také při pracovních jízdách.

Dále je potřeba zmínit také spotřebu hnojiva u které ovšem záleží, jestli je nastavená pevná dávka nebo se hnojí podle předpisových map a tedy dávka se mění dle předpisu.

V této práci byla pro navigaci použita předpisová mapa a spotřeba hnojiva na pozemek činila necelých 6,5 t. Při manuálním navádění byla nastavena pevná dávka a spotřeba byla pro manuální navádění s překryvem 5% – 8,2 t; 10% – 8,6 t a pro navádění s 15% překryvem dokonce 9 t. Průměrný rozdíl ve spotřebě hnojiva tedy je 2,1 t což jsou 4 vaky hnojiva v hodnotě 23 280 Kč.

Při zprůměrování všech peněžních hodnot z manuálních řízení a použití soupravy pro hnojení s navigací na celkovou výměru podniku by úspora tvořila 320 000 Kč (viz. stránka 42), což je odvozeno z úspory na daném pozemku použitým při výpočtech. Návratnost investic do GPS navádění je přibližně 6 měsíců.

Návratnost by se dala ještě zkrátit použitím navigace při dalších zemědělských operacích jako je například setí, kde se značně ušetří na osivu, ale také při sklizni obilovin, pícein nebo při zpracování půdy (podmítka; orba), kde se šetří přejezdy a tím i palivo a čas.

## Závěr

Cílem bakalářské práce byl popis využití systému GPS v zemědělství a jím spojených operacích.

V teoretické části je uvedena historie a principy fungování GPS systému. Dále jsou stručně nastíněny další systémy GLONASS a GALILEO. Další část práce je věnována problematice a korekcím s ním spojených a možnému využití v zemědělství, kde systém GPS sehrává důležitou roli. V části práce o korekcích signálu je hlavně kladen důraz na korekce zaměřené na zemědělství, jako je terénní korekce a také korekce pro přesné navádění pracovních jízdy stroje či připojeného nářadí a celkové způsoby navádění souprav po pozemku. Na závěr teoretické části byly popsány druhy řízení stroje s GPS po pozemku a stručný popis navigace od firmy John Deere GreenStar.

V praktické části byl proveden pokus porovnat práci stroje pro hnojení s GPS a bez ní. Po porovnání práce s navigací a práce bez ní o různých překryvech je patrné, že využívání navigací je výhodné ke zlepšení a usnadnění pracovních operací.

Samozřejmě je důležité ujasnit si jaké využití pro GPS daný hospodář bude mít, na jakou výměru bude použita a jaká bude její pořizovací hodnota, aby se její pořízení vyplatilo.

## Seznam použité literatury

Aplikovaný pěstitelský software: Systémy [online], [cit. 2020-01-08]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=3328&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3328&typ=html)

Beneš, Petr. GPS navigace – správná cesta k úsporám. Zemědělec [online]. [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: <https://www.zemedelec.cz/gps-navigace-spravna-cesta-k-usporam/>

CZECHSPACEPORTAL [online], [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: <https://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/gnss-mimo-evropu/americky-navstar-gps/>

CZECHSPACEPORTAL [online], [cit. 2019-11-09]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/gnss-mimo-evropu/rusky-qlonass/>

CZECHSPACEPORTAL [online], [cit. 2019-11-09]. Dostupné z: <https://www.gsa.europa.eu/galileo/programme>

CZECHSPACEPORTAL [online], [cit. 2019-11-09]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/galileo/>

Dana, P.H., Kontrolní střediska GPS.

<http://uregina.ca/~sauchyn/geog411/gpscont.gif> [cit. 2019-11-09]

GPSNavigace [online], [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: [http://www.gpsnavigace.cz/prispevky/co\\_je\\_gps.htm](http://www.gpsnavigace.cz/prispevky/co_je_gps.htm)

Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J., c2013. Fyzika 2., přeprac. vyd. P. Dub, ed., Brno: VUTIUM.

Jun, Jiří: Navigační systémy 21. století v praxi. Zemědělec [online]. 31.8.2012 [cit. 2019-11-10]. Dostupné z: <https://www.zemedelec.cz/navigacni-systemy-21-stoleti-v-praxi/>

Kovaříček, Pavel. Strojní linky pro hnojení. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2005. ISBN 80-868-8410-4.

Křepelka, Jiří, GPS navigace – správná cesta k úsporám. Zemědělec [online]. 2.9.2011 [cit. 2020-01-08]. Dostupné z: <https://www.zemedelec.cz/gps-navigace-spravna-cesta-k-usporam/>

Kumhála František a kol: Zemědělská technika, stroje a technologie pro rostlinnou výrobu, vydala Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, 2009, 439 s.

Kvapil, J., 2005. Kosmický segment GPS a jeho budoucnost. Aldebaran.cz: [https://www.aldebaran.cz/bulletin/2005\\_02\\_gps.php](https://www.aldebaran.cz/bulletin/2005_02_gps.php) [cit. 2019-11-08]

Pastorek, Zdeněk. Zemědělská technika dnes a zítra: rádce při výběru a efektivním využívání zemědělských strojů a technologií. Praha: Martin Sedláček, 2002. ISBN 80-902-4134-4.

Ptáčník, Jiří. AMS RTK síť v jižních Čechách [online]. [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: <http://test.strompraha.cz/uvds225.active24.cz/o-nas/novinky/ams-rtk-site-v-jiznich-cechach>

Rapant, P., 2002. Družicové polohové systémy, Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita.

Stehno, Luboš šéfredaktor, časopis Mechanizace zemědělství, vydalo Profi Press s.r.o. v Praze 2, 5-2015

STROM, Řešení managementu zemědělství (AMS) [pdf] [cit. 2019-12-20].  
Dostupné z: <https://www.deere.cz/assets/publications/index.html?id=fc2bc9f9#1>

VUZT, Pracovní postupy pro omezení zhutnění půdy a erozního ohrožení [pdf] [cit. 2019-12-20]. Dostupné z: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2009/016.PDF>

## Seznam obrázků

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1. 1: Družice systému GPS NAVSTAR .....   | 11 |
| Obrázek 1. 2: Kontrolní a monitorovací střediska NAVSTAR .....                                    | 11 |
| Obrázek 1. 3: Schéma Dopplerova jevu.....   | 14 |
| Obrázek 1. 4: RTK stanice společnosti EUROFARMS s.r.o.....  | 15 |
| Obrázek 1. 5: Terenní korekce v podélné X, příčné Y a svislé ose Z.....                           | 16 |
| Obrázek 1. 6: Poziční přijímač StarFire 6000 .....  | 16 |
| Obrázek 1. 7: Vyrovnání bočního posuvu; .....   | 17 |
| Obrázek 1. 8 Aktivní navádění strip–till soupravy .....   | 18 |
| Obrázek 1. 9: Druhy křivek pro navádění na pozemku od firmy Trimble.....                          | 20 |
| Obrázek 1. 10: Světelná lišta s LCD displejem FM–750 Trimble.....                                 | 22 |
| Obrázek 1. 11: Asistované řízení s třecím pastorkem.....  | 23 |
| Obrázek 1. 12: Automatizované návádění Case IH .....  | 24 |
| Obrázek 1. 13: Údaje o hnojení přenášené pomocí ISOBUS .....                                      | 25 |
| Obrázek 1. 14 Obrazovky navigací GreenStar 1800 a CommandCenter 4.generace                        | 27 |
| Obrázek 4. 1:Část vozového parku při sklizni pšenice .....  | 33 |
| Obrázek 4. 2: Souprava použita při hnojení.....   | 34 |
| Obrázek 4. 3: Mapa rozdílu v aplikování hnojiva mezi předpisovou mapou a skutečným hnojením ..... | 34 |



## **Seznam tabulek**

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1. 1: Přesnost signálů SF u jednotlivých přijímačů StarFire..... | 26 |
| Tabulka 1. 2: Přesnost signálů u jednotlivých přijímačů (+/-).....       | 26 |
| Tabulka 4. 1: Vypočtené hodnoty při použití GPS .....                    | 37 |
| Tabulka 4. 2: Vypočtené hodnoty pro 5% překryv .....                     | 38 |
| Tabulka 4. 3: Vypočtené hodnoty pro 10% překryv .....                    | 40 |
| Tabulka 4. 4: Vypočtené hodnoty pro 15% překryv .....                    | 41 |

## **Seznam grafů**

|  |    |
|--|----|
| Graf 4. 1: Návratnost investic za pořízení GPS GreenStar ..... | 43 |
|--|----|