

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
AKADEMICKÝ ROK: 2015/2016

Studijní program: B4131 Zemědělství  
Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby  
Katedra: Zemědělské, dopravní a manipulační techniky  
Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

# **Využití GPS u zemědělské techniky pro pěstování rostlin**

**Bakalářská práce**

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

Zpracoval:  
Jan Domša

České Budějovice 2016

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan DOMŠA**  
Osobní číslo: **Z14091**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**  
Název tématu: **Využití GPS u zemědělské techniky pro pěstování rostlin**  
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

*Cíl práce:*

Student v bakalářské práci porovná výhody užití GPS navigace v zemědělských strojích pro rostlinnou produkci oproti konvenčnímu hospodaření. Svá tvrzení student podloží realizací terénního pokusu.

Struktura hlavní části práce bude následující:


1. Stručný úvod do problematiky, souvislosti s dalšími obory, historický kontext
2. Technické principy GPS
3. Využití GPS navigace v současné zemědělské technice
4. Metodika pro realizaci terénních pokusů
5. Výsledky terénních pokusů.
6. Diskuse
7. Závěr

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


Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **minimálně 50 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**Černý, J., Steiner, I.: GPS od A do Z , Picodas Praha, 2006;**  
**Kováříček, P.: Stanovení operativní výkonnosti z prostorových dat GPS. In Zemědělská technika a energetika na prahu nového tisíciletí. JČU v Českých Budějovicích, 2001;**  
**Hrdina, Z., Pánek, P., Vejražka, F.: Rádiové určování polohy, ČVUT Praha, 1995;**  
**Kroupa, P.: Stoje po pěstování a sklizeň zrnin, vydalo ÚZPI Praha, 2001;**  
**Pastorek, Z. a kolektiv: Zemědělská technika dnes a zítra , vydalo nakladatelství Martin Sedláček, 2002;**  
**Dörflinger, M.: 1000 zemědělských strojů, přeložila Milada Burianová, Knižní klub Praha, 2009;**  
**interní zdroje;**  
**propagační materiály prodejců zemědělské techniky;**  
**internet.**

Vedoucí bakalářské práce: **doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.**  
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Martin Filip**  
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky  
Datum zadání bakalářské práce: **5. února 2015**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2016**

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

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice** ①

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

V Českých Budějovicích dne 25. března 2015

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. RNDr. Petru Bartošovi, Ph.D., a Ing. Martinovi Filipovi za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi danou práci pomohly realizovat.

## **Prohlášení**

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

V Českých Budějovicích dne.....

.....

podpis studenta

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá technologií GPS a vysvětluje funkčnost zmíněného systému. Popisuje možnosti využití technologie GPS v zemědělství hlavně při navádění soupravy při setí. První část rozebírá problematiku navigačních systémů, část druhá je zaměřena na porovnání činnosti secích strojů s navigačním systémem a bez navigačního systému v provozu zemědělské prvovýroby.

## **Klíčová slova:**

satelitní navigace, RTK, navigace, globální družicový systém GPS

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with GPS technology and explains the functionality of that system. It describes the possibilities of GPS technology in agriculture, mainly for guidance sets seeding. The first part explains the problems of navigation systems the second part of the thesis is focused on comparing the activities of drills when using a navigation system and a navigation system without running primary agricultural production.

## **Keywords:**

Satellite navigation, Real Time Kontroller (RTK), navigation, Global Positioning System (GPS)

## Obsah

Úvod.....	10
1 Přehled o současném stavu problematiky.....	11
1.1 Satelitní navigace .....	11
1.1.1 GNSS – Globální navigační satelitní systém.....	11
1.1.2 GLONASS .....	11
1.1.3 GALILEO .....	12
1.1.4 NAVSTAR GPS .....	13
1.1.5 Diferenční systém GPS .....	14
1.2 Navigační systémy .....	15
1.2.1 Historie a vývoj GPS .....	15
1.2.2 Charakteristika GPS .....	16
1.2.3 Využití a princip GPS .....	20
1.3 Využití navigací v zemědělství .....	22
1.4 Navádění stroje na pozemku .....	23
1.4.1 Setí na znamenáky .....	24
1.4.2 Manuální navádění.....	25
1.4.3 Automatické navádění .....	26
1.4.4 Asistované řízení.....	26
1.4.5 Automatické řízení autopiloty.....	26
1.4.6 CTF systém .....	30
1.4.7 Systém GreenStar.....	34
2 Cíl práce .....	38
3 Metodika práce .....	39
4 Vlastní práce .....	42
4.1 Charakteristika podniku a popis měření.....	42
4.2 Souprava použitá při experimentu.....	42
4.3 Přehled výsledků .....	43
4.3.1 Výsledky s použitím navigace .....	43
4.3.2 Výsledky bez použití navigace .....	44
4.4 Ekonomické zhodnocení .....	45
4.4.1 Celková úspora nafty a času, mzdy obsluhy .....	46

5 Vyhodnocení a diskuze.....	47
Závěr .....	49
Literatura.....	50
Seznam obrázků.....	52
Seznam tabulek.....	52
Seznam grafů .....	53





## Úvod

Doba, ve které žijeme, nám umožňuje obklopit se celou řadou moderních zařízení a technologií. Ty v současnosti významně ovlivňují celý náš život – jsou zdrojem zábavy, pohodlí, nebo nám usnadňují práci a zvyšují její produktivitu. Ve výrobních procesech umožňují výrazně zvýšit produktivitu práce a snížit náklady na materiál a energie. Nejinak je tomu v zemědělství, kde se tyto technologie staly nedílnou součástí běžné rutinní činnosti a hospodaření bez nich je dnes doslova nemyslitelné.

Tato bakalářská práce se zabývá využitím technologie GPS navigace u zemědělské techniky při setí obilovin. Vývoj navigačních systémů a řídicích algoritmů umožnil zemědělským strojům pohybovat se po poli téměř samostatně. Při využívání této technologie předpokládáme značné úspory pohonných hmot, osiv a zejména lidské práce, což by mělo mít zásadní vliv na ekonomický výsledek zemědělských podniků a jejich konkurenceschopnost.

Cílem této práce je porovnání efektivity činnosti secích strojů pracujících s použitím GPS technologie a bez ní, a to na základě vyhodnocení výsledků polního pokusu provedeného na pozemcích podniku DZS Struhařov a. s.

## **1 Přehled o současném stavu problematiky**

### **1.1 Satelitní navigace**

Satelitní navigace nejsou v České republice na zemědělských strojích příliš rozšířené, ale díky rychlému vývoji v tomto odvětví se dá předpokládat stále častější využívání navigací na zemědělské technice při pracovních operacích. GPS je součástí Geografického Informačního Systému (GIS), v němž jsou všechny informace přesně definované k aktuální poloze stroje. V zemědělství je GIS využit ve formě jednotlivých pozemků [1].

#### **1.1.1 GNSS – Globální navigační satelitní systém**

Globální navigační satelitní systém je standardní pojem pro všeobecné satelitní systémy, které autonomně zabezpečují geoprostorové polohy s globálním pokrytím. GNSS umožňuje pomocí malých elektronických přijímačů určit jejich polohu (zeměpisná šířka, zeměpisná výška, zeměpisná délka) s přesností na několik metrů z družic na oběžné dráze. Hlavním cílem je celosvětové pokrytí [2].

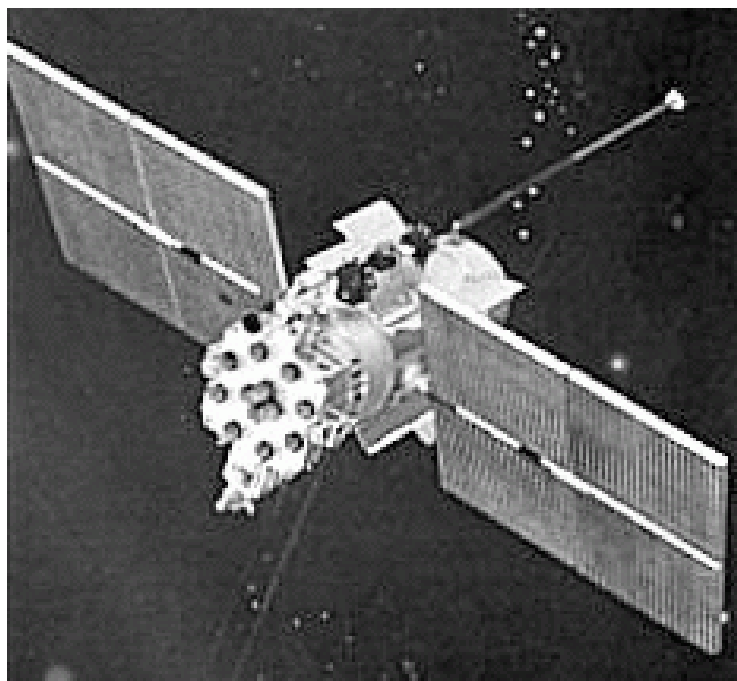
V současnosti je na světě používán Navstar GPS, který provozuje armáda Spojených států amerických. Podobné systémy zabývající se stejnou problematikou jsou ruský Glonass, na evropské půdě polohový systém Galileo nebo čínský Compas [3].

#### **1.1.2 GLONASS**

Systém GLONASS umožňuje stanovení polohy, rychlosti a času v trojrozměrném prostoru kdekoli na Zemi. Je vytvořen bývalými sovětskými kosmickými silami. Struktura systému GLONASS (Global Navigation Satellite System) je obdobná jako u následujících systémů Galileo a obsahuje:

- 1) pozemní řídicí část,
- 2) navigační vybavení uživatelů,
- 3) vesmírné uspořádání družic systému [1].

GLONASS byl uveden do operačního stavu v roce 1993. Celkem je na oběžné dráze rozmístěno 24 družic, které jsou uspořádány ve třech orbitálních rovinách, vzájemně posunutých o  $120^\circ$ . Družice jsou na každé oběžné dráze rozmístěné rovnoměrně po  $45^\circ$ . Družice obíhají po kruhových oběžných drahách se sklonem  $64,8^\circ$ , ve výšce 19 100 km s časovou oběžnou dobou 11 hodin a 15 minut. Hlavní centrum stanice se nachází blízko Moskvy. Tyto stanice nepřetržitě zaznamenávají signály všech viditelných družic, provádějí laserové měření vzdáleností mezi stanicemi a družicemi, získaná data přenášejí do hlavního centra [1].



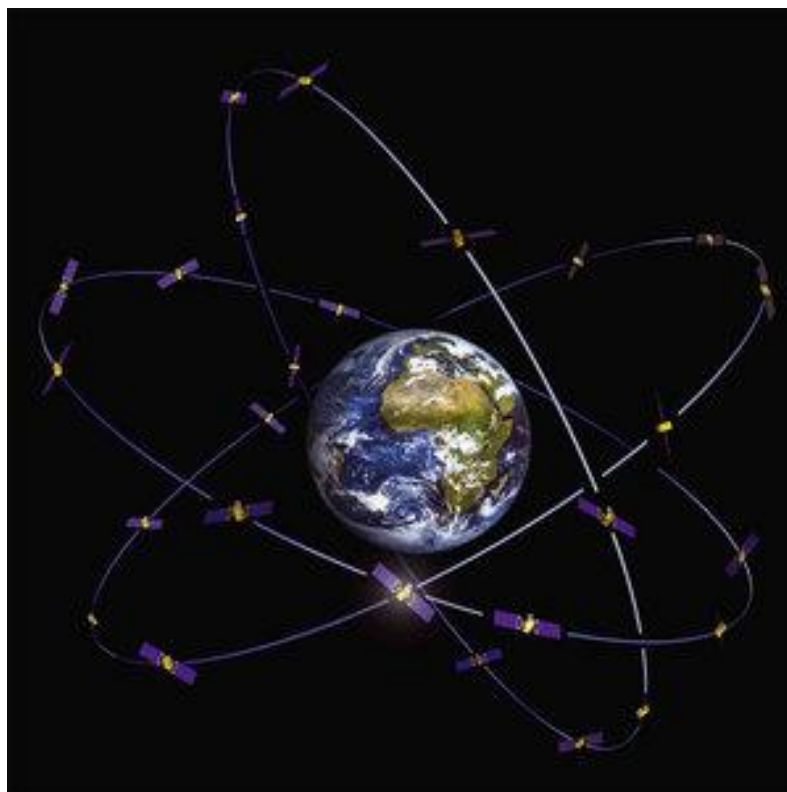
*Obrázek 1 Družice systému GLONASS [4]*

### **1.1.3 GALILEO**

Evropský navigační satelitní systém uvedl první dvě družice na oběžnou dráhu v říjnu 2011 a další dvě o rok později (na stanovení přesné polohy je zapotřebí minimálně čtyř družic). Je zcela nezávislý, ale současně také plně kompatibilní s americkým GPS a ruským systémem GLONASS. V praxi to znamená, že terminály pro zjištění polohy na základě družic Galileo budou

moci pracovat i s americkým nebo ruským signálem. Oba systémy – GPS i Galileo – jsou však financovány a řízeny armádou, což znamená, že jejich signály mohou být kdykoliv přerušeny z důvodu jakýchkoliv národních zájmů. Projekt Galileo má umožnit EU být nezávislou [1].

Galileo je na oběžné dráze složen z 30 družic. Tyto satelity obíhají ve třech rovinách, navzájem posunutých o  $60^\circ$  v nadmořské výšce 23 616 kilometrů nad povrchem Země [4].



*Obrázek 2 Družice systému GALILEO [2]*

#### **1.1.4 NAVSTAR GPS**

NAVSTAR GPS (Navigation System with Time and Ranging-Global Position System) je družicový systém pro stanovení času a polohy na povrchu zemském a v přilehlém prostoru za jakéhokoliv počasí, s dostupností 24 hodin denně. Složen z konstelace 32 družic [1].

Tyto satelity umožňují navigování a načasování informací civilních i vojenských uživatelů po celém světě. Rádio-polohovací systém se také skládá

z celosvětové satelitní sítě a přijímacích jednotek GPS, které převádí informace o poloze. Družice obíhají v šesti kruzích na oběžné dráze ve výšce 20 200 km nad povrchem Země. Doba oběhu je 11 hodin 58 minut [5].

Družice vysílají signál na dvou kmitočtech, který se skládá z několika složek. Těmito složkami jsou dva pseudonáhodné kódy a navigační zprávy [4]. Navigační zpráva je nositelem důležité informace o poloze družice, o jejím stavu apod. Frekvence signálu jsou odolné vůči počasí, naopak neprostoupí masou hmoty, jako je například skála či beton. Řídící část tvoří hlavní řídicí stanice a několik bezobslužných monitorovacích stanic rozmístěných po celém světě. Uživatelská část obsahuje přijímače signálu GPS, které vyhodnocují časový signál z několika satelitů současně, a umožňuje určit velmi přesnou pozici, v níž se zařízení nachází [1].



*Obrázek 3 NAVSTAR GPS [6]*

### **1.1.5 Diferenční systém GPS**

Diferenční systém DGPS (Differential Global Position System) je metoda, která je využívána pro výpočet polohy neznámého bodu z referenční stanice. Zvýšení přesnosti určení polohy v reálném čase dosáhneme použitím

diferenčních metod a korekcí polohových souřadnic nebo korekcí zdánlivých vzdáleností. Korekční signál je možné vysílat z komerčních družic nebo pozemních vysílačů. Pro určování polohy v reálném čase se používá metoda Real Time Kinematics (RTK). Z referenční aparatury umístěné na bodě o známých souřadnicích se pomocí rádiového spojení vysílají data do pohyblivé aparatury, kde se vyhodnocují. Prostorovou polohu získáváme při použití rádiového modemu do vzdálenosti cca 10 km. Přesnost určení polohy se pohybuje na úrovni 20 mm až 5 mm. Pro zvýšení dosahu se používá GSM sítě nebo internetu [1].

## **1.2 Navigační systémy**

### **1.2.1 Historie a vývoj GPS**

První zmínky rádiového určování polohy a navigací se objevily už mezi první a druhou světovou válkou. V roce 1940 byl uveden do provozu systém Loran. Po druhé světové válce se řešila zejména otázka určování absolutní polohy s požadovanou přesností. Od počátku šedesátých let rozvíjelo americké námořnictvo a vzdušné síly satelitovou navigaci. Americké velitelstvo jako první zprovoznilo do oběhu dopplerovský systém Transit s takzvanými šesti satelity, který byl původně určen pro ponorky a v pozdějších letech pro celou námořní navigaci.

Podobný radionavigační systém vyvinuly vojenské síly v bývalém Sovětském svazu. Koncem šedesátých let minulého století uvedli na trh navigační systém Cyklon a později i civilní systém Cikáda. Všechny tyto systémy měly pouze dvourozměrné souřadnice a menší přesnost než americký Transit [7].

Od roku 1973 americké letectvo sloučilo pokusný program TIMATION a 621B do programu NAVSTAR GPS. Tento program byl rozdělen do tří fází.

- První fáze probíhala v letech 1973–1979 a byla využita pro ověření systému. Během vývoje bylo vypuštěno 11 družic Bloku I.
- Druhá fáze probíhala v letech 1979–1985 budováním řídicích středisek a vývojem družic Bloku II.
- Třetí fáze započala v roce 1985 a skončila roku 1994, došlo k výrobě a vypuštění všech družic Bloku II. Plného vojenského využití bylo dosaženo 3. 3. 1994 počtem 24 družic [7].

Družicový systém se skládá z řídicího střediska, jednotlivých terminálů a z kosmické družice.

#### **Samotná družice zahrnuje:**

- systém řízení a stabilizace družice na oběžné dráze
- vysílače a příslušenství vlastního navigačního systému
- výškoměrný řídicí systém
- zařízení stabilizace vnitřní teploty s termostatem
- systém řízení korekce parametrů oběžné dráhy
- zdroj elektrické energie se stabilizátorem [8].

### **1.2.2 Charakteristika GPS**

#### **Globální polohovací systém se skládá ze tří segmentů**

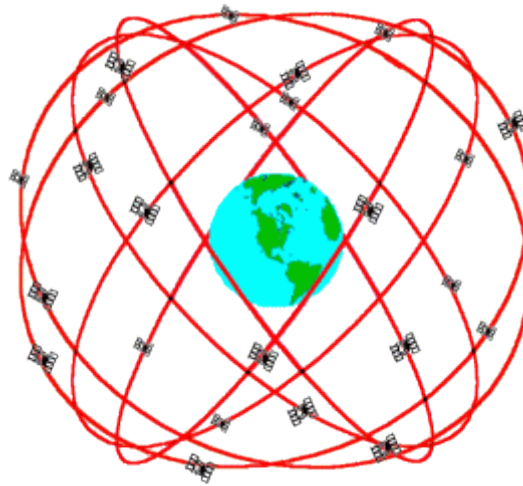
- a) kosmický segment
- b) pozemní segment
- c) řídicí (kontrolní) segment

#### **a) Kosmický segment**

Kosmický segment představuje družice vzdálené 20 190 km od povrchu Země pohybující se rychlostí 11 300 km.h<sup>-1</sup>. Tyto družice jsou umístěné na šesti oběžných kruhových drahách pod úhlem 55 ° k rovině rovníku.



Jeden přelet kolem zeměkoule trvá 11 h a 58 min. Pro úspěšné plné operační schopnosti postačuje 24 funkčních družic [6].



*Obrázek 4 Rozmístění a dráhy 24 družic systému GPS [6]*

Od roku 1978 byly družice GPS pozměněny a zmodernizovány. V současnosti je v oběhu třetí generace a další dvě jsou ve vývoji. První typ byl vyroben firmou Rockwell International. Družice Bloku II mají oproti družicím Bloku I vylepšení odstínění před kosmickým zářením. V letech 1990 až 1997 byl vyráběn typ Blok IIA, který dokáže samostatně pracovat bez zásahu z pozemní řídicí stanice po dobu 180 dní. Z 19 družic vynesných na oběžnou dráhu je v provozu již jen 16 funkčních. Nejmodernějším typem družic GPS, které jsou v současnosti na oběžné dráze, je Blok IIR [6].

	<b>Blok I</b>	<b>Blok II</b>	<b>Blok IIA</b>	<b>Blok IIR</b>
<b>Výrobce</b>	Rockwell Int.	Rockwell Int.	Rockwell Int.	Lockheed Martin
<b>Vypuštění na oběžnou dráhu</b>	II/1978 – X/1985	II/1989 – X/1990	XI/1990 – XI/1997	XI/1997 – XI/2004
<b>Vypuštěno ks</b>	11	9	19	12
<b>Hmotnost (při startu)</b>	759 kg	1 816 kg	1 816 kg	2 032 kg
<b>Plánovaná životnost</b>	4,5 roku	7,3 roku	7,3 roku	10 let
<b>V současnosti v provozu</b>	0	2	16	12
<b>Nosič na oběžnou dráhu</b>	Atlas E, F	Delta II	Delta II	Delta II
<b>Inklinace dráhy letu</b>	63 °	55 °	55 °	55 °
<b>Atomové hodiny na palubě</b>	1×Cs, 2×Rb	2×Cs, 2×Rb	2×Cs, 2×Rb	3×Rb
<b>Vysílací frekvence</b>	L1, L2	L1, L2	L1, L2	L1, L2
<b>Funkčnost bez kontaktu s OCS</b>	3–4 dny	14 dní	180 dní	>180 dní

Tabulka 1 Podrobnější údaje o jednotlivých družicích [6]

#### **b) Pozemní segment**

Pozemní segment rozdělujeme podle provedení přijímačů satelitových navigačních signálů

- jednokanálové sekvenční
- multiplexor
- vícekanálové

## Jednokanálový sekvenční přijímač

Jednokanálový sekvenční přijímač přijímá signály a zpracovává data z každé družice.

## Multiplexový přijímač

Multiplexový přijímač zrychluje zpracování dat tím, že je v době příjmu signálu zpracovává a dekóduje od předchozích.

## Vícekanálový přijímač

Vícekanálový přijímač má 5 až 10 samostatných kanálů, které umožňují zpracovávat data z více družic [7].



Obrázek 5 Příklady přijímačů:

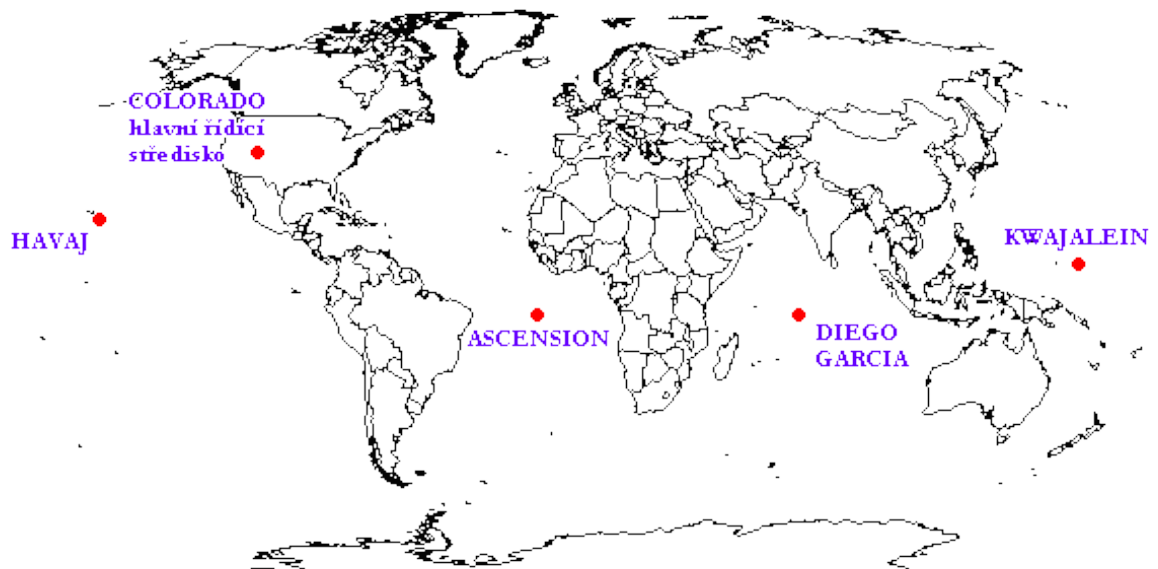
A) Casio GPS Watch 2240;

B) Garmin GPS 76;

C) Garmin Talking Street Pilot II GPS [7]

### c) Řídicí segment

Hlavním úkolem řídicího (kontrolního) segmentu je kontrola a monitoring drah a stanic umístěných kolem rovníku a kontrola stavu jejich atomových hodin. Kromě hlavního řídicího střediska se skládá z pěti monitorovacích stanic a čtyř pozemních vysílačů. Monitorovací stanice jsou umístěné rovnoměrně po obvodu Země, většinou v blízkosti rovníku. Dále je kontrolní segment zodpovědný i za nejrůznější provozní opatření, z nichž jsou nejdůležitější správa a údržba stávajících družic [6].



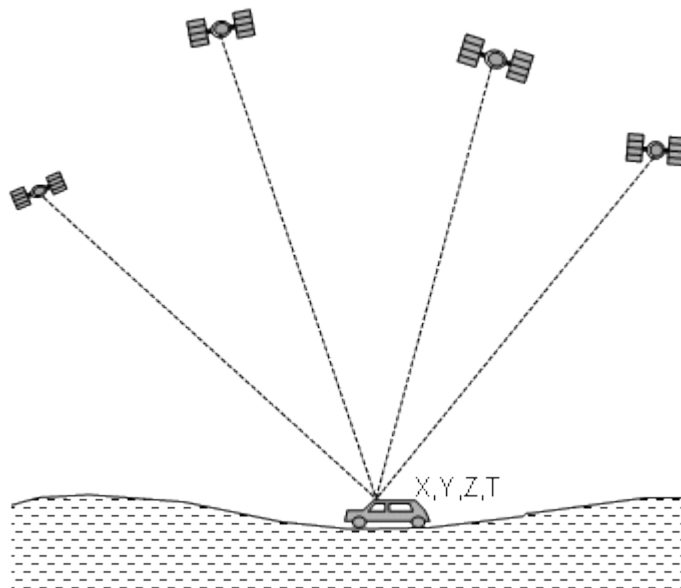
Obrázek 6 Kontrolní segment [6]

### 1.2.3 Využití a princip GPS

Globální polohovací systém je využit v širokém odvětví činností. Od prvních využití ve vojenském sektoru (např. letecká či námořní navigace) až po civilní využití v dopravě, ve stavebnictví ale i v zemědělství, kde každým rokem získává na důležitosti a významu v pracovních operacích. V neposlední řadě se využívá v rekreačních a sportovních aktivitách. GPS se uplatní i v geovědě při sběru geodat, rychlé lokalizaci, při modelování přírodních objektů [7].

## Princip GPS

Princip systému je založen na určení vzdálenosti mezi vysílačem na satelitu a přijímačem, který měří časový interval mezi vysláním a přijetím signálu. Přijímané informace jsou zaznamenány v paměti mikropočítače. Data o dráze a pohybu všech družic jsou každých dvanáct hodin upřesňována pomocí korekcí [7].



*Obrázek 7 Princip stanovení polohy [7]*

## Výhody GPS

- celosvětová působnost a dostupnost;
- zvyšující rychlost měření;
- neovlivnitelnost vlivů počasí.

## Nevýhody GPS

- zhoršené měření v lesích, údolích, v budovách;
- vysoká pořizovací cena;
- nutnost přímé viditelnosti;
- potřebný dosah více družic.

### 1.3 Využití navigací v zemědělství

Zemědělství je jedním z našich nejvýznamnějších odvětví, které poskytuje potraviny, suroviny pro výrobu krmiv i pohonných hmot. Kvůli rostoucí světové populaci, omezené výměře orné půdy, ale také vlivem změn klimatu bude nezbytné výrazně zvýšit produkci i produktivitu zemědělské prvovýroby. Vývoj a dostupnost nových technologií (Globální navigační systém GPS, Geografické informační systémy GIS, senzory, automatizace zemědělských strojů a další), umožňuje přesné a cílené řízení vstupů v rostlinné výrobě. Precizní zemědělství je novodobým trendem v oblasti hospodaření. Pojem precizní zemědělství se vyvinul jako strategie řízení, která využívá informační technologie pro sběr a zpracování dat s cílem usnadnit rozhodovací procesy v rostlinné výrobě [9].

Precizní zemědělství se začalo objevovat v 90. letech minulého století. Z počátku vývoje byly zjištěny záporné názory na způsoby inovace v hospodaření. Nicméně aplikace precizního zemědělství stále patří k jednoznačným trendům vývoje zemědělské výroby [1].

Existuje několik definic precizního zemědělství. Jedna z definic říká „že má za cíl usměrňovat vstupy a technologie v závislosti na lokálních podmínkách v rámci pole tak, aby bylo možné vykonat správný zásah na správném místě ve správném čase a správným způsobem“ [11].

Dále je precizní zemědělství označované jako lokálně cílené hospodaření, o němž lze říci, že se jedná o aplikaci moderní informační technologie v zemědělství [1].

V české republice je široký sortiment značek navigačních systémů, které mají při používání v praxi své klady i zápory. Většina farmářů se rozhoduje pro koupi daného výrobku podle své oblíbené značky anebo barvy. Na výběr mají z cca 7 firem, které zprostředkovávají navigace na českém trhu.

Na prvních příčkách bojují dvě velké firmy. John Deere se svojí navigací AutoTrac, která se skládá z přijímače StarFire 3000 a displeje GreenStar 2630 s připojením pro práci s ISO-Bus nářadím. Druhá firma – CASE IH – zprostředkovává značku Trimble s několika typy displejů pro manuální i

automatické řízení a systémem AFS (Advanced Farming System), který má plně integrovaný systém AccuGuide. Dále je na trhu firma Fons, která produkuje systém Topcon 350 s připojeným zařízením AES-25. Další firma Agleader boduje se zcela novým systémem hydraulického řízení STEERCOMMAND, který je schopen řídit s přesností až na 2,5 cm. Firma Agleader má v nabídce až 700 sad pro konkrétní stroje. Sada se skládá ze tří velikostí displejů od firmy AgLeader a asistenta řízení OnTrac3. Firma Claas nabízí svoje systémy Claas i v kombinaci s volantem GPS Pilot Flex, v nabídce mají několik ovládacích terminálů pro pohodlné ovládání. V neposlední řadě uvádí na trh systém od Kvernelandu s kompatibilním terminálem Iso Match Tellus [9].

Výhled do budoucnosti naznačuje, že rozhodující roli budou v zemědělství sehrávat informace. Strategický význam budou mít hlavně informace o odbytových možnostech zemědělských produktů, výhodných nákupech vstupů a nabízených službách. Rozhodujícím zdrojem bude internetové připojení, které bude běžným zahájením pracovního dne zemědělských manažerů a mnohé bude provázet i po většinu jejich pracovní doby. Vývoj hardwarového vybavení a bezdrátové komunikace umožní, aby byly informace oboustranně přístupné pro kancelářské i polní podmínky. To je důležité zejména pro zajištění primárních dat o stavu plodin, provozu zemědělské techniky a stavu i vývoji povětrnostních podmínek apod. [11]

#### **1.4 Navádění stroje na pozemku**

Navádění stroje na pozemku rozdělujeme na manuální navádění, automatické navádění, asistované řízení a řízení s autopiloty.

V posledních letech se začaly GPS navigace využívat pro navazování pracovních operací při setí, hnojení, ochraně rostlin i při dalších operacích. To umožňuje pracovat se stroji i v noci či při špatných viditelných podmínkách. Družicové navádění nahrazuje použití pěnových značkovačů, znamének nebo kolejových meziřádků. Základem každého systému navigace pro manuální řízení je anténa, integrovaný GPS/DGPS přijímač, světelná lišta, popřípadě

grafický LCD monitor. Automatizované navádění strojů navíc obsahuje snímače polohy, řídicí jednotku a další prvky [1].

#### 1.4.1 Setí na znamenáky

Znamenák slouží k označení rýhy na pozemku, které se má obsluha traktoru při zpětné jízdě držet v dané rovině. Skládá se z výkyvně zavěšené tyče, která je vysunuta do strany a zakončena talířovým znamenákem tak, aby vytvářel viditelnou rýhu. Vzdálenost znamenáku nastavuje obsluha. Jízda traktoru kopíruje vyrytou dráhu levým nebo pravým předním kolem. Při velkém záběru secího stroje se používají ukazatele stopy. Tento ukazatel je umístěn na středu traktoru a tímto viditelným způsobem obsluha traktoru jede nad vyrytou rýhou [1].

Vztah pro výpočet vzdáleností znamenáku:

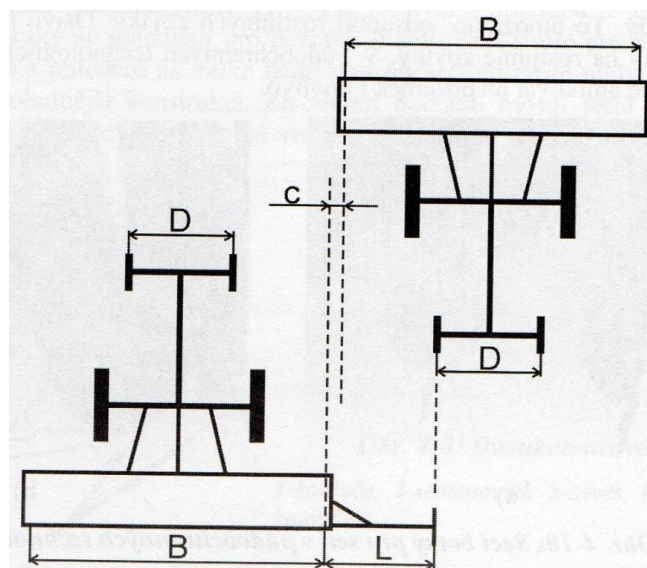
$$L = \frac{1}{2} * (B - D) + c \text{ [m].}$$

Kde: L – délka znamenáku [m]

B – vzdálenost krajních botek secího stroje [m]

D – rozchod kol přední nápravy traktoru [m]

c – rozteč botek (meziřádková vzdálenost) [m]



Obrázek 8 – Schéma pro výpočet délky vyložení znamenáku [1]



### 1.4.2 Manuální navádění

Manuálním naváděním se rozumí řízení pracovní soupravy člověkem. Stroj se navádí ve zvolené stopě pomocí monitoru nebo světelné lišty. Světelná lišta je panel, ve kterém jsou umístěny po celé jeho délce LED diody. Diody se při vychýlení ze zadané stopy rozsvítí na pravé či levé straně panelu, což upozorní řidiče na změnu směru jízdy v daném směru. Čím větší je odchylka, tím více diod se rozsvítí. Novější typy již používají grafickou LCD obrazovku, která ulehčuje navigaci při otáčení na souvratích, při najíždění do další paralelní jízdy a při vedení jízdy po křivkách. Na monitoru je znázorněna stopa, po které se má souprava navádět. Tento způsob vyobrazení je přehlednější a snadnější pro včasné zareagování na možnou odchylku od správného směru jízdy. Kromě světelného upozornění je možné řidiče informovat také zvukovými signály [1].



Obrázek 9 LCD monitor se světelnou lištou, EZ – Guide 500 [12]

### 1.4.3 Automatické navádění

Automatické naváděcí systémy nahrazují řidiče během polních prací. Automatizace umožňuje řízení stroje pomocí řídicí jednotky ve snímači volantu, natáčení kol, hydraulických prvků řízení a spínače aktivace automatického navádění. Pro úspěšné navádění je také k soupravě připojena anténa, která snímá signály pro přijímač DGPS. Úloha řidiče je omezena akorát na otočení stroje a následně navedení do zpětné jízdy. Navigátor je možné vypnout při každém pohybu volantem [1].

### 1.4.4 Asistované řízení

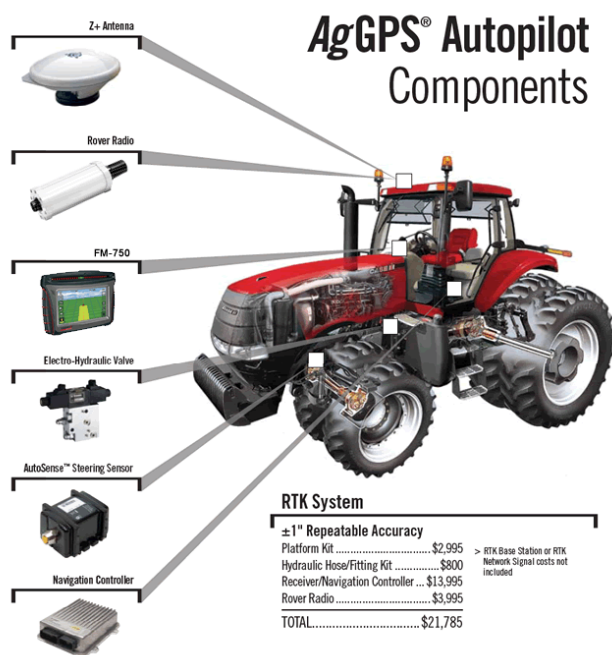
Jedná se o jednoduchý systém, který ovládá napřímo volant pomocí servomotoru a třecího pastorku. V případě otáčení soupravy musí obsluha zasahovat do řízení a manuálně otočit soupravu do zpětné paralelní jízdy. Nevýhodou jsou pomalé reakce zařízení, a proto se doporučuje signál s přesností  $\pm 15$  cm. Výhodou je nižší pořizovací cena [12].



*Obrázek 10 Systém asistovaného řízení [12]*

### 1.4.5 Automatické řízení autopiloty

Automatické řízení je napojeno na řídicí nápravu, která je schopná vést soupravu ve směru linie, která byla zadaná na začátku pracovní operace včetně obracení soupravy na souvrati pozemku. Navádění je možno vypnout při manipulaci s volantem, nezátížení sedadla a dalších bezpečnostních opatřeních systému. Kontrolní čidla na řízení stroje přesně vyhodnotí, do jakého směru jsou kola natočena. Autopilot rychleji reaguje na reakce a rychlost pojezdu. Po přesnější využití se využívá signál RTK s přesností  $\pm 2$  cm [12].

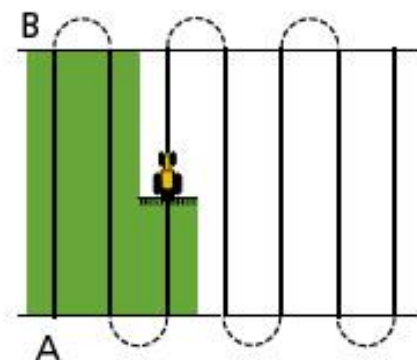


Obrázek 11 Systém napojený na hydraulický okruh řízení traktoru [13]

Dané systémy nebývají tak časté, ale je u nich možnost vybrat z nastavení navádění stroje na poli z několika modulů uložených v paměti navigace, které usnadní naši práci. Pozemky mají málokdy pravidelný tvar (čtverec, obdélník), naopak jsou plné překážek. Při jízdě po různě tvarovaných polích nám tedy dopomůžou různé moduly.

### AB přímka

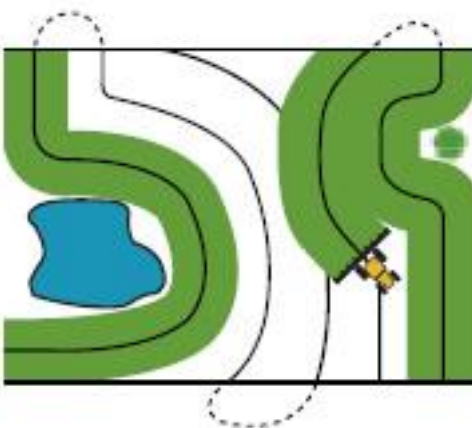
Pro tento model AB si na začátku pozemku označíme bod A a na konci první jízdy bod B. Poté stačí jen držet směr pomocí laserové lišty nebo autopilota [12].



Obrázek 12 AB přímka [12]

### Freeform (volná linie)

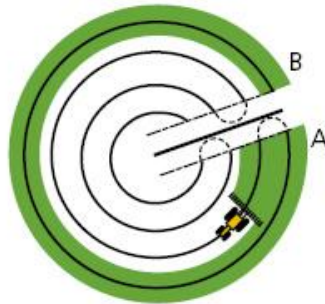
Vytváří různé křivky a přímé linie pro pozemky různých tvarů. Freeform zaznamená přesně trasu, kudy jsme jeli, a podle ní vytváří další záběr.



Obrázek 13 Freeform [12]

## Pivot

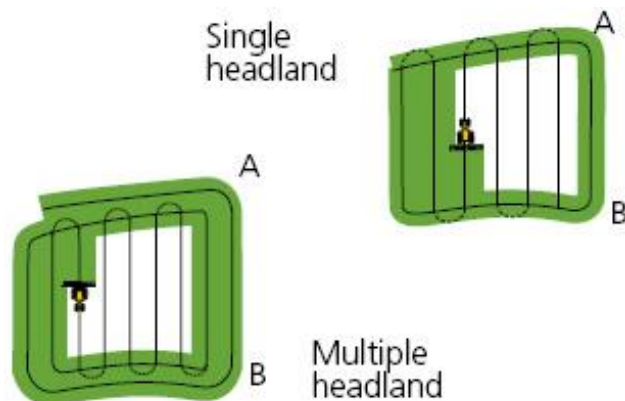
Označení bodu A na začátku záběru a na konci paralelně bod B.



Obrázek 14 Pivot [12]

## Souvrat' + AB přímka

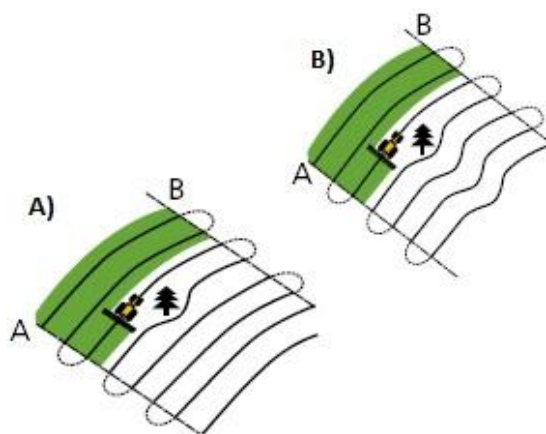
Objedeme souvrat', zadáme bod A a na konci linie zadáme bod B. Navigace nám vyplní střed v námi požadovaném směru. Souvrat' můžeme objet jednou, ale i víckrát.



Obrázek 15 Souvrat' + AB přímka [12]

## Identická křivka a adaptibilní křivka

Navádění probíhá dle tvaru pozemku. Při překážce se musíme vyhnout ze směru jízdy a při dalším zpětném směru se identická křivka nasměruje zpátky do původní stopy pozemku. Adaptibilní křivka si zapamatuje vyosení ze směru a při další jízdě navádí podle vyosení soupravy [14].



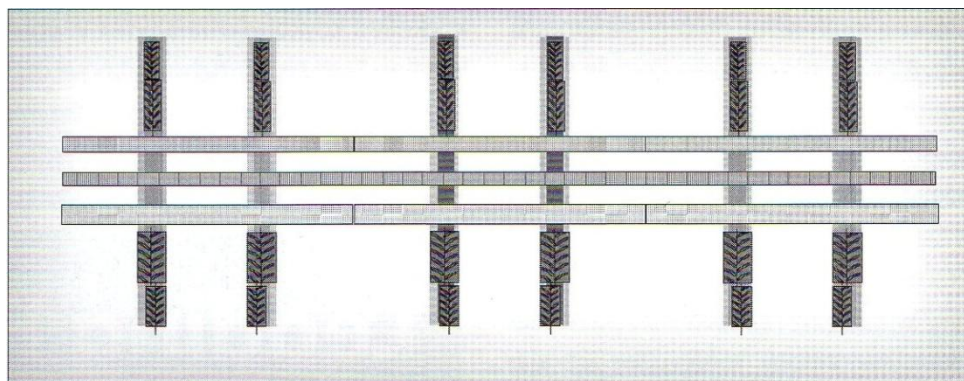
Obrázek 16 A) Identická křivka, B) Adaptabilní křivka [12]

#### 1.4.6 CTF systém

Dnešní systémy hospodaření v zemědělství jsou častěji spojovány s negativními vlivy na půdu, které poškozují produkční i mimoprodukční funkci půd. Jedním z těchto vlivů je zhutňování půdy. Hlavním důsledkem zhutňování zemědělských půd je nárůst energetické náročnosti zpracování kvůli vysokému vystavování tlakům vyvíjeným pojezdovým ústrojím traktorů, sklizňových strojů a dopravních prostředků. Jednou z technologií, která je prezentována a jejíž rozvoj má potenciál snížit negativní dopady na půdu, je technologie jednotných jízdnic stop označená jako CTF (Controlled Traffic Farming). V zemích, kde je systém využíván, má více než příznivé výsledky [9].

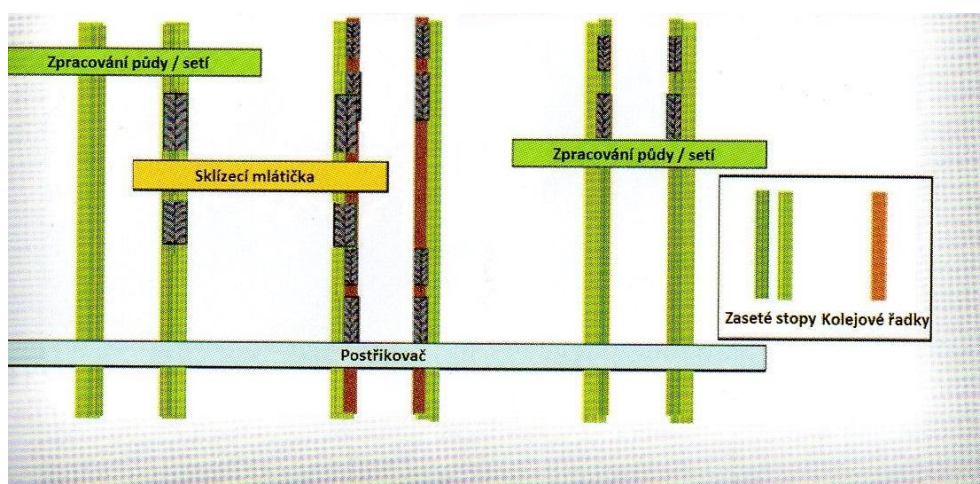
CTF technologie vznikla během minulého století. V praxi CTF znamená soustředění, co největší množství přejezdů v rámci jednoho pozemku do totožných jízdnic stop. Rozděluje se do několika způsobů kombinací přejezdů [9].

Ideální je případ, kdy má farma k dispozici stroje se shodným rozchodem kol nebo pásů – tzv. systém COMOTRAC. Nevýhodou je, že se jedná o nejnáročnější systém vyžadující řadu technicky i finančně nákladných úprav [9].



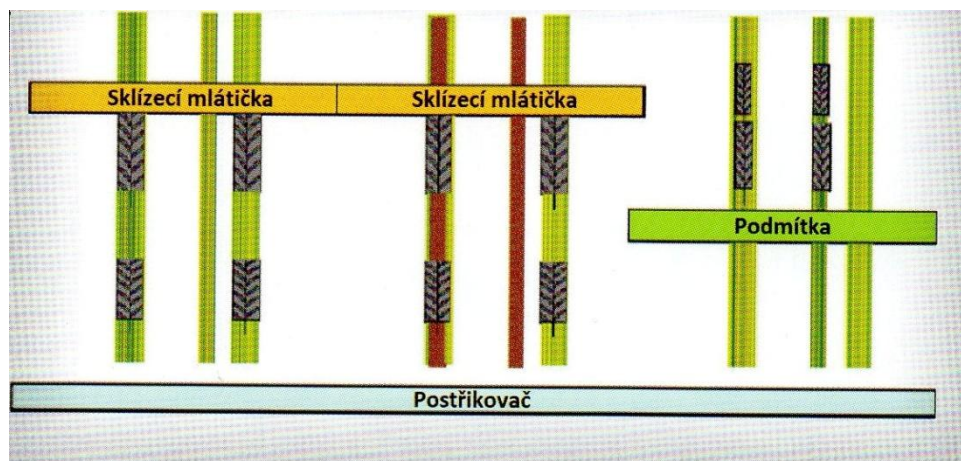
Obrázek 17 CTF se systémem ComTrac [9]

Dalším systémem je TWINTRAC, který využívá pro stopy sklízecí mlátičky sousední stopy paralelních jízd. Z hlediska výkonnosti je tento systém většinou používán při malých pracovních záběrech.



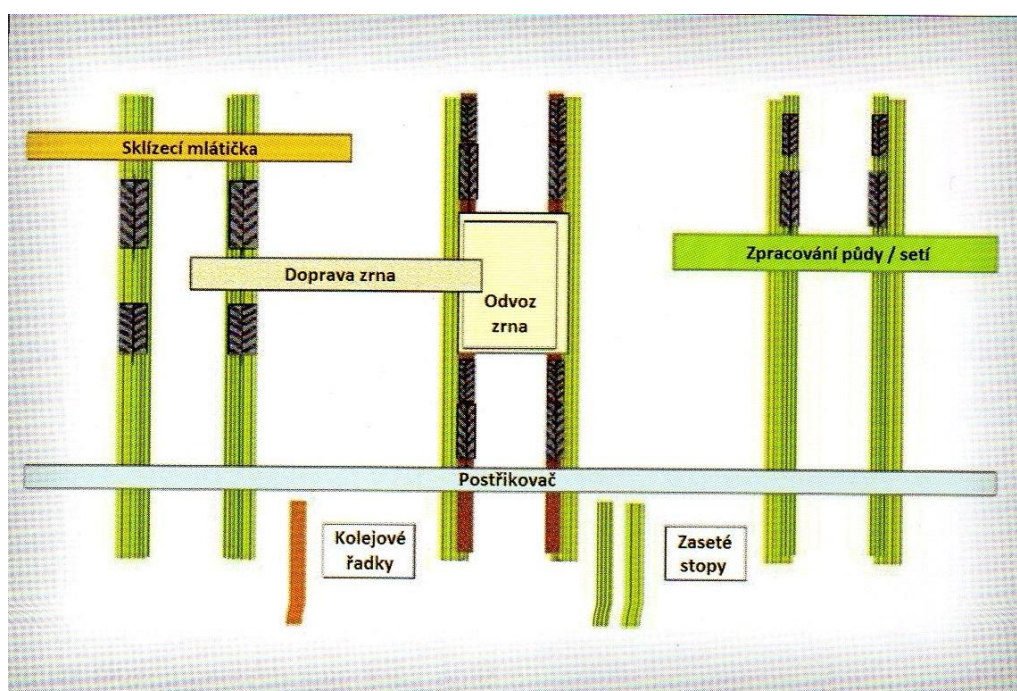
Obrázek 18 CTF se systémem TwinTrac [9]

V případě větších pracovních záběrů souprav je vhodný systém ADTRAC, který za cenu větších záběrů používá dodatečnou jízdní soupravu [9]



Obrázek 19 CTF se systémem AdTrac [9]

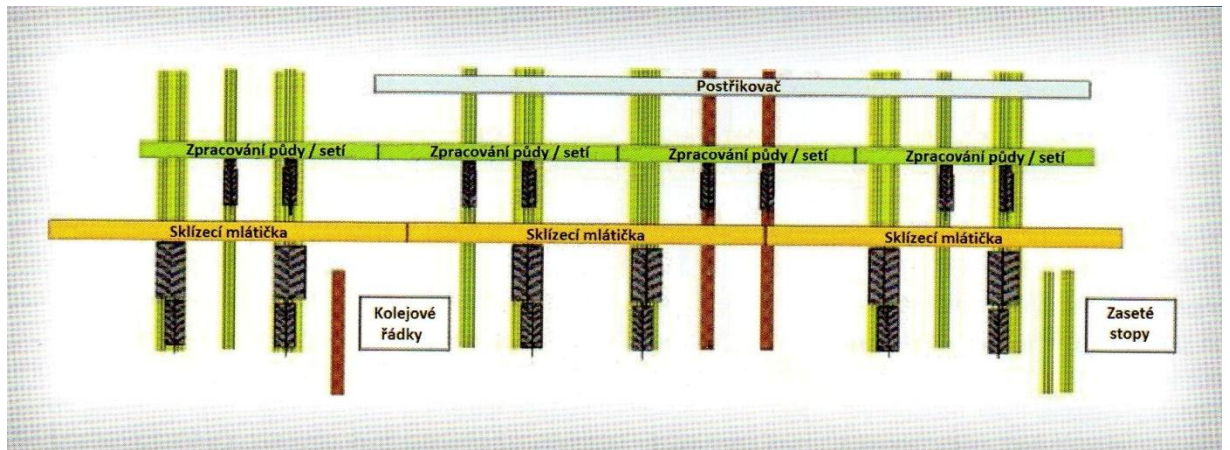
Systém OUTRAC je jednou z nejjednodušších aplikací systému CTF, u něhož nemusí být sjednocen rozchod kol. Pozemek je následně rozdělen do tří oblastí s rozdílným počtem přejezdů (oblast s nulovým přejezdem, oblast s minimálním přejezdem, oblast s intenzivními přejezdy) [9].



Obrázek 20 CTF se systémem OutTrac [9]

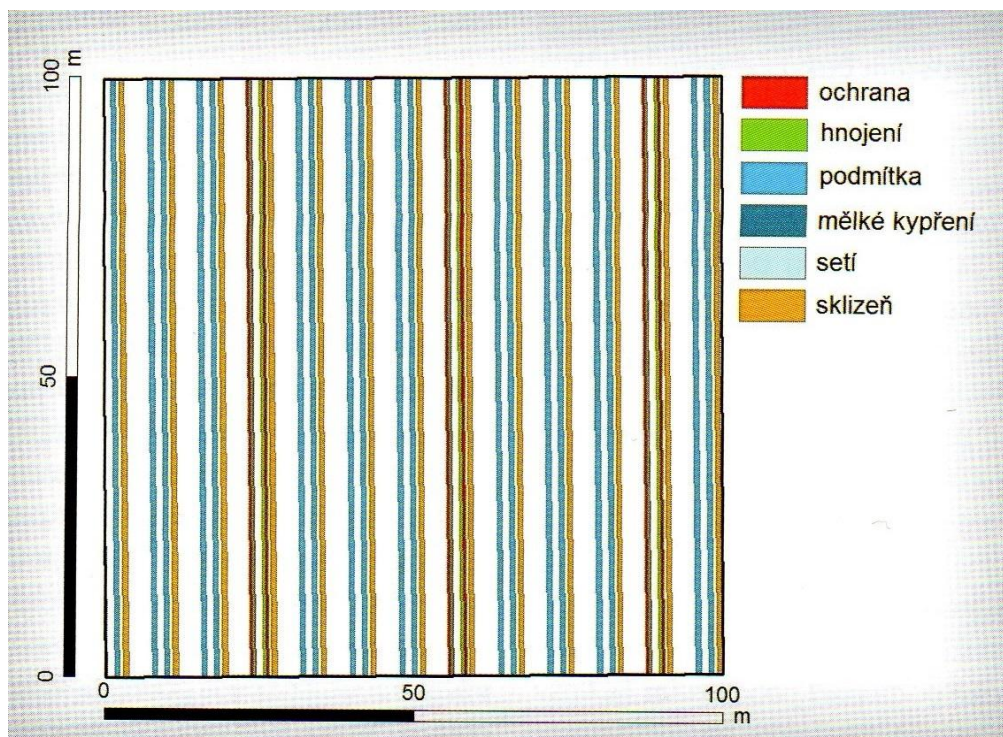


Posledním možností systému je tzv. HALFTRAC, který využívá dva rozchody náprav, přičemž jeden rozchod je polovinou druhého, a také využívá tři šířky záběru mechanizace [9].



*Obrázek 21 CTF se systémem HalfTrac [9]*

Hodnocení udává přejeté plochy s pneumatikami u minimalizační technologie, kde byl uplatněn jednotný systém kolejových stop. V konvenčním zemědělství činila přejetá plocha 63 %. V případě minimalizační technologie s použitím systému AdTrac došlo k poklesu přejeté plochy pneumatikami na hodnotu 31 %. V obou případech byl použit záběr soupravy 8 m [9].



Obrázek 22 Plocha přejetá pneumatikami při organizovaném způsobu pohybu strojů AdTrac. Pracovní záběr 8 m [9].

#### 1.4.7 Systém GreenStar

Firma John Deere se jako první začala zabývat myšlenkou zpřesnění signálu GPS a v roce 1998 jako první na světě uvedla na trh zemědělskou navigaci s odchylkou od 15 do 30 centimetrů [9]. V dnešní době nabízí ve čtyřech stupních přesnosti. EGNOS – Bezplatný evropský diferenční signál poskytuje základní navádění, přesnost navazujících jízd je +/- 40 cm [14].

**SF1** – bezplatný signál dosahující přesnosti navazujících jízd +/- 25 cm.

Výborný (výhodný?) výchozí bod pro orbu, postřik, použití na pastvinách (rozmetání kejdy nebo hnojiv).

Přínosy:

- snížená spotřeba paliva
- vyšší komfort obsluhy
- snížené vstupní náklady

**SF2** – placený signál garantující přesnost navazujících jízd +/- 5 cm.

Výhodný pro zpracování půdy a sklizeň, postřik, setí.

- Přínosy:
- setí bez znamenáků
  - snížené vstupní náklady
  - snížené překrývání
  - vyšší provozní rychlost
  - vyšší komfort obsluhy

**RTK** – s přesností 2,5 cm [9].

Pracuje pomocí vlastní základní stanice bez jakýchkoliv licenčních poplatků. Funkčnost v přímém ale i v nakloněném směru. Vynikající pro setí řádkových plodin, řízení postřiku, pásové zpracování půdy i další pracovní operace [14].

- Přínosy:
- vysoká přesnost
  - pozitivní dopad na efektivitu a produktivitu
  - nižší stlačování půdy
  - jedna základní stanice pro více strojů

Dalšími součástmi do kompletní sady systému GreenStar jsou přijímače s označením StarFire 300. Dané přijímače jsou pouze orientační a rychle montovatelné v kabině stroje. Jsou kompatibilní se všemi značkami, které používají 12 V zásuvku. Druhý přijímač StarFire 3000 funguje bez problémů se všemi úrovněmi přesnosti (GNSS, SF1, SF2 a RTK) a všemi John Deere systémy – od manuálních po automatická řízení (Parallel Tracking, AutoTrac Universal, AutoTrac Universal 200) [14].



*Obrázek 23 Volant pro ATU 200 [15]*

A)



B)



*Obrázek 24 A) StarFire 300 [14]*

*Obrázek 25 B) StarFire 3000 [14]*

Dále je zde možnost nainstalování dotykových obrazovek s označením GrenStar 1800 a GreenStar 2630, na které je vše vidět za jakýchkoliv podmínek. Obrazovka nabízí videovstup, USB port pro přenos dat, aktualizace softwaru a řadu funkcí pro pohodlí obsluhy.

#### Příklady funkcí:

- navádění pro moduly
- sledování výkonu
- úroveň přístupu uživatelů
- pohotovostní režim pro jízdu po silnici nebo noční režim



*Obrázek 26 Displej GreenStar 2630 [15]*

*Obrázek 27 Displej GreenStar 1800 [15]*

Dalším systémem pro přesné setí, orbu a další zpracování půdy bez ohledu na nerovnost pozemku je systém iGuide, který zamezuje smýkání soupravy a stále udržuje stroje v předem navolené linii [14].



*Obrázek 28 Použití systému iGuide [15]*

## **2 Cíl práce**

Cílem práce je posoudit a porovnat současný stav a předpokládaný vývoj v oblasti technologií s využitím navigačního systému, který slouží k určování přesné polohy stroje na pracovišti). Dalším cílem je určit rozdíl v efektivnosti použití stroje při práci s naváděcím systémem GreenStar a při práci bez tohoto systému za stejných podmínek.

### 3 Metodika práce

Realizace vlastní práce vychází z měření ve vybraném středisku zemědělské prvovýroby DZS Struhařov a.s, které spadá do holdingu Rabbit Trhový Štěpánov ve Středočeském kraji. Hlavním cílem je porovnat přesnost vedení stroje při použití navigace GreenStar a při manuálním řízení s vypnutou navigací. Pro porovnání je potřeba naměřit reálné hodnoty, které jsou základem výpočtů porovnání úspor. Měření se provede ve srovnatelných podmínkách, za suchého počasí, aby nedocházelo k velkému prokluzu kol. Pro zajištění identických podmínek u obou měření je také prováděno na pozemku se stejným typem půdy. Obsluhu stroje v obou případech zajišťuje zkušený zaměstnanec s mnohaletou praxí a se znalostí ovládání navigace GreenStar. Měření probíhá na dvou částech stejného pozemku od sebe vzdálených několik metrů. U obou částí je provedeno setí s různým počtem projetí  $n$  dané soupravy, kde na jedné části je provedené setí s pomocí navigace a na druhé části je použito manuální řízení soupravy. Při otáčení soupravy na souvrati bylo u navigace použito manuální otáčení a následně navedení na linii navigace. Na druhé části pozemku pole je použit talířový znamenák, který znázorňuje dráhu pro další navedení soupravy po otočení na souvrati. Délka každé zaseté části  $d$  byla vytyčena kolíky a zaměřena pomocí sáhovky. Důležitým prvkem je zjištění konstrukčního záběru  $B_k$  secího stroje. Konstrukční záběr lze změřit a uvádí ho také výrobce. Celkový měřený čas  $T_c$  se počítá od prvního spuštění secího stroje do půdy po zvednutí stroje u poslední jízdy během obdělávání u jedné ze dvou částí pozemku. Po zasetí každé ze dvou částí je zaměřená šířka  $L_z$  zaseté části pozemku. Dále je zaznamenána průměrná pracovní rychlost  $V_p$ . Stanovení potřeby nafty  $Q_t$  je provedeno naplněním nádrže před provedením měření obou částí pozemku. Po vykonané práci je na displeji traktoru zjištěna spotřeba soupravy. Výsevek u secí soupravy byl nastaven u obou měření na  $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Výpočet pracovního záběru  $B_p$ , tedy šířka zpracovaného pásu měřena kolmo na směr jízdy soupravy, se stanoví následujícím vzorcem:

$$B_p (m) = \frac{Lz (m)}{n} .$$

Součinitel využití  $\beta$ , neboli podíl pracovního a konstrukčního záběru se spočítají pomocí vzorce:

$$\beta = \frac{B_p (m)}{B_k (m)} .$$

Z naměřené šířky a délky zaseté části pozemku lze vypočítat celkovou plochu  $S$  zpracovaného pozemku:

$$S (ha) = \frac{d (m) * Lz (m)}{10\,000} .$$

Po naměření výše uvedených dat lze zjistit skutečnou a teoretickou výkonnost stroje dle následujících vzorců:

$$W_s (ha.h^{-1}) = \frac{1}{T_c (h)} * S (ha),$$

$$W_t (ha.h^{-1}) = 0,36 * B_k (m) * V_p (m) * K_{02} (h).$$

Ze vzorců lze stanovit spotřebu nafty v závislosti na výměře a času podle vztahů:

$$Q_{ha} (l.ha^{-1}) = Q_T (l) * \frac{1}{S (ha)} ,$$

$$Q_h (l.ha^{-1}) = Q_T (l) * \frac{1}{T_c (h)} .$$



Pro vyčíslení ekonomické stránky je potřeba zjistit ceny nafty  $C_n$ , hodinové mzdy obsluhy  $C_p$  a celkové výměra společnosti  $m$ .

Celková úspora nafty je vypočítána jako rozdíl spotřeby nafty na hektar bez navigace a s navigací, a vynásobením počtem hektarů. Uspořená cena je vypočítána vynásobením množství uspořené nafty a cenou za litr nafty dle vzorců níže:

$$Q_n (\text{l}) = Q_{ha} (\text{l} \cdot \text{ha}^{-1}) * m (\text{ha}),$$

$$C_{nu} (\text{Kč}) = C_n (\text{Kč}) * Q_n (\text{l}).$$

Úspora času je vypočítána jako rozdíl úspory času na hektar bez navigace a s navigací, a vynásobením celkové výměry tímto rozdílem

$$x (\text{h} \cdot \text{ha}^{-1}) = x_{bn} (\text{h} \cdot \text{ha}^{-1}) - x_{sn} (\text{h} \cdot \text{ha}^{-1}) = \left( Tc(h) * \frac{1}{s(ha)} \right) - \left( Tc(h) * \frac{1}{s(ha)} \right),$$

$$V_t (\text{h}) = (x_{bn} (h \cdot ha - 1) - x_{sn} (h \cdot ha - 1)) * m (ha).$$

Nakonec je vypočtena úspora na mzdu obsluhy stroje, což je celková úspora času v hodinách vynásobená hodinovou mzdou obsluhy:

$$V_c (\text{Kč}) = V_t (\text{h}) * C_p.$$

## **4 Vlastní práce**

### **4.1 Charakteristika podniku a popis měření**

Vlastní měření bylo prováděno ve středisku DZS Struhařov a.s., spadající do holdingu Rabbit Trhový Štěpánov a. s., ve Středočeském kraji. Společnost DZS Struhařov obhospodařuje nyní kolem 3500 hektarů orné půdy a necelých 1000 hektarů luk a pastvin. V rámci živočišné výroby se specializuje na produkci mléka, drůbežího masa, hovězího masa. V rostlinné výrobě se zaměřuje na produkci obilovin, řepky a máku. Patří mezi podniky s nejvyšším tempem rozvoje. Mezi stroji podniku je hojně zastoupena značka John Deere a v nynější době se pomalu začíná objevovat značka New Holland.

Měření proběhlo dne 25. 9. 2015 na pozemku v okolí obce Lísek. Jednalo se o pozemek hlinitopísčité, který byl pohnojen chlévskou mrvou a následně zapraven diskovým kompaktozem. Na tomto poli byla použita metoda minimalizace zpracování půdy pomocí hloubkového kypřiče Horsch Tiger 6. Pole bylo mírně svažité (do 2°) a při měření bylo sucho, tudíž nedocházelo k nadměrnému prokluzu kol. Obsluhu soupravy v obou případech měření prováděl zkušený zaměstnanec s více jak dvacetiletou praxí v oboru setí. Přesahy při manuálním řízení soupravy nejsou tak razantní. Obsluha má také několikaletou praxi s navigací GreenStar. Všechny výše uvedené faktory mají samozřejmě dopad na výsledné hodnoty.

### **4.2 Souprava použitá při experimentu**

Pro experiment byl k dispozici traktor John Deere 8310 R (310 hp / 231 kW) vyrobený v roce 2011, který měl v sobě zabudovaná čidla řízení a kompletní elektroinstalaci pro zabudování navigace. Konkrétní navigaci na stroj dodala firma Daňhel, která se specializuje na značky John Deere. Navigace se skládá z přijímače StarFire a displeje, který byl instalován ve výrobě přímo do traktoru s naváděcím signálem SF2. Tažené zařízení zajišťoval secí stroj Lemken Solitair 9 Zirkon se záběrem 6 metrů, vyrobený v roce 2010.

### 4.3 Přehled výsledků

Měření bylo prováděno na dvou různých pokusných pozemcích, z nichž jedna část byla využita na měření s navigací GreenStar a druhá část na měření bez navigace pomocí znamenáků, tedy jen s manuálním řízením.

	<b>S použitím navigace</b>	<b>Bez použití navigace</b>
<b>Počet jízd s navigací <math>n</math></b>	24	7
<b>Délka zpracované části pozemku <math>d</math> (m)</b>	220,5	760,5
<b>Konstrukční záběr u secího stroje <math>B_k</math> (m)</b>	6	6
<b>Celkový čas měření <math>T_c</math> (min)</b>	55	65
<b>Celková šířka zpracovaného pozemku <math>L_z</math> (m)</b>	145	41,5
<b>Pracovní rychlost soupravy <math>V_p</math> (km.h<sup>-1</sup>)</b>	11,3	10,8
<b>Množství spotřebované nafty <math>Q_r</math> (l)</b>	23,5	25,5
<b>Množství vysetého osiva <math>m_{ha}</math> (kg.ha<sup>-1</sup>)</b>	152	147

Tabulka 2 Přehled naměřených hodnot

#### 4.3.1 Výsledky s použitím navigace

Pro přesné najíždění do linie byla využita zkušenost obsluhy, řidič proto najížděl na trasu co možná nepřesněji s malým úhlem odchýlení od vedení přímky, aby nedocházelo k velkým přítlakům při automatickém řízení kol. Navigaci zapínal těsně před začátkem linie. Přejíždění bylo zvoleno od jedné strany pozemku.

Celkový čas byl změřen od doby prvního spuštění secího stroje po ohlášení prázdného zásobníku. Čas otáčení na souvrati je vypočítán tak, že se sečtou všechny časy otáčení a jsou vyděleny počtem těchto otáčení. Ze získaných časů lze vypočítat součinitel využití  $K_{02} = 0,241$ .

Pracovní záběr vypočítáme z šířky pozemku a počtu jízd následujícím vzorcem:

$$Bp (m) = \frac{145 (m)}{24} = 6,04 \text{ m.}$$

Součinitel využití  $\beta$ , neboli podíl pracovního a konstrukčního záběru podle vzorce:

$$\beta = \frac{6,04 (m)}{6 (m)} = 1,00.$$

Z šířky a délky zpracované části se vypočítá celková výměra:

$$S (ha) = \frac{220,5 (m) * 145 (m)}{10\ 000} = 3,19 \text{ ha.}$$

Z naměřených hodnot lze vypočítat teoretickou a skutečnou výkonnost:

$$W_s (\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}) = \frac{1}{0,916 (h)} * 3,19 = 3,48 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1},$$

$$W_t (\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}) = 0,36 * 6 (m) * 11,3 (m) * 0,241 (h) = 5,882 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}.$$

Spotřeba nafty v závislosti na výměře a čase:

$$Q_{ha} = 23,5 (l) * \frac{1}{3,19 (ha)} = 7,366 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1},$$

$$Q_h = 23,5 (l) * \frac{1}{0,916 (h)} = 25,655 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}.$$

#### 4.3.2 Výsledky bez použití navigace

Celkový čas byl změřen od doby prvního spuštění secího stroje po ohlášení prázdného zásobníku. Čas otáčení na souvrati je vypočítán tak, že se sečtou všechny časy otáčení a následně se vydělí počtem těchto otáčení. Z těchto časů lze vypočítat součinitel využití  $K_{02} = 0,25$ .

Pracovní záběr  $Bp$  vypočítáme z šířky pozemku a počtu jízd následujícím vzorcem:

$$Bp (m) = \frac{41,5(m)}{7} = 5,928 \text{ m.}$$

Součinitel využití  $\beta$ , neboli podíl pracovního a konstrukčního záběru podle vzorce:

$$\beta = \frac{5,028 (m)}{6 (m)} = 0,988.$$

Z šířky a délky zpracované části se vypočítá celková výměra:

$$S (ha) = \frac{760,5 (m) * 41,5 (m)}{10\ 000} = 3,156 \text{ ha.}$$

Z naměřených hodnot lze vypočítat teoretickou a skutečnou výkonnost:

$$W_s = \frac{1}{1,083 (h)} * 3,156 = 2,91 \text{ ha.h}^{-1},$$
$$W_t = 0,36 * 6 (m) * 11,3 (m) * 0,25 (h) = 5,832 \text{ ha.h}^{-1}.$$

Spotřeba nafty v závislosti na výměře a čase:

$$Q_{ha} = 25,5 (l) * \frac{1}{3,156 (ha)} = 8,079 \text{ l.ha}^{-1},$$
$$Q_h = 25,5 (l) * \frac{1}{1,083 (h)} = 23,545 \text{ l.h}^{-1}.$$

#### 4.4 Ekonomické zhodnocení

V následující kapitole bychom provedli krátké ekonomické zhodnocení úspor nafty při použití navigace a bez použití navigace, časovou prodlevu a mzdu obsluhy. K tomu je potřeba znát cenu nafty, celkovou výměru pozemků v podniku a mzdu obsluhy.

$$C_n \text{ (Kč)} = 29,70 \text{ Kč.l}^{-1}$$

$$C_p \text{ (Kč.h}^{-1}\text{)} = 120 \text{ Kč.h}^{-1}$$

$$m \text{ (ha)} = 4\,200 \text{ ha}$$

#### 4.4.1 Celková úspora nafty a času, mzdy obsluhy

Celková úspora je spočtena jako rozdíl spotřeb nafty na hektar s navigací a bez navigace, a vynásobením počtem celkové výměry podniku. Cena, která je uspořena, je vynásobena množstvím uspořené nafty s cenou za jeden litr:

$$Q_n \text{ (l)} = 0,713 \text{ (l.ha}^{-1}\text{)} * 4\,200 \text{ (ha)} = 2\,994,6 \text{ (l)},$$

$$C_{nu} \text{ (Kč)} = 29,70 * 2\,994,6 \text{ (l)} = 88\,939,62 \text{ Kč.}$$

Časová úspora je spočtena jako rozdíl úspory času na hektar bez navigace a s navigací, a vynásobením celkovou výměrou pozemků v podniku:

$$x \text{ (h.ha}^{-1}\text{)} = 0,343 \text{ (h.ha}^{-1}\text{)} - 0,287 \text{ (h.ha}^{-1}\text{)} = \left( 1,083 \text{ (h)} * \frac{1}{3,156 \text{ (ha)}} \right) - \left( 0,916 \text{ (h)} * \frac{1}{3,19 \text{ (ha)}} \right) = 0,056 \text{ h.ha}^{-1},$$

$$Vt \text{ (h)} = (0,343 \text{ (h. ha)} - 0,287 \text{ (h. ha)}) * 4200 \text{ (ha)} = 235,2 \text{ h.}$$

Na úplný závěr je vypočtena úspora na mzdě obsluhy, a to vynásobením času v hodinách hodinovou mzdou obsluhy:

$$Vc \text{ (Kč)} = 235,2 \text{ (h)} * 120 \text{ Kč.h}^{-1} = 28\,224 \text{ Kč.}$$

## 5 Vyhodnocení a diskuze

Výsledky měření naznačují, že využití navigace je ve všech směrech výhodnější, dokáže ušetřit osivo, pohonné hmoty ale i čas.

Souprava měla nastavený stejný výsevek  $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  u obou pokusných pozemků, podle toho se odvíjela jednotlivá měření a následně vypočítané výsledky. Rozdíl ve výměře nebyl tak razantní, s navigací bylo zaseto 3,19 hektarů, bez navigace 3,156 hektarů, což činí rozdíl 0,034 ha – v přepočtu necelých 40 arů. S narůstající výměrou zasetého pozemku se tento rozdíl může zvětšovat a tím by bylo docíleno zvýšení nákladů na hektar. Z důvodu letité praxe obsluhy s navigací GreenStar nastavenou na přesnost  $\pm 5 \text{ cm}$  je rozdíl od konstrukčního záběru secího stroje u navigace cca 4 cm, což je v toleranci. Bez navigace rozdíl činil 7,2 cm, což znamená, že souprava byla vedena blíže k předchozímu záběru z důvodu většího sklonu na pokusném pozemku, aby se zamezilo nedosetí a následné chybě.

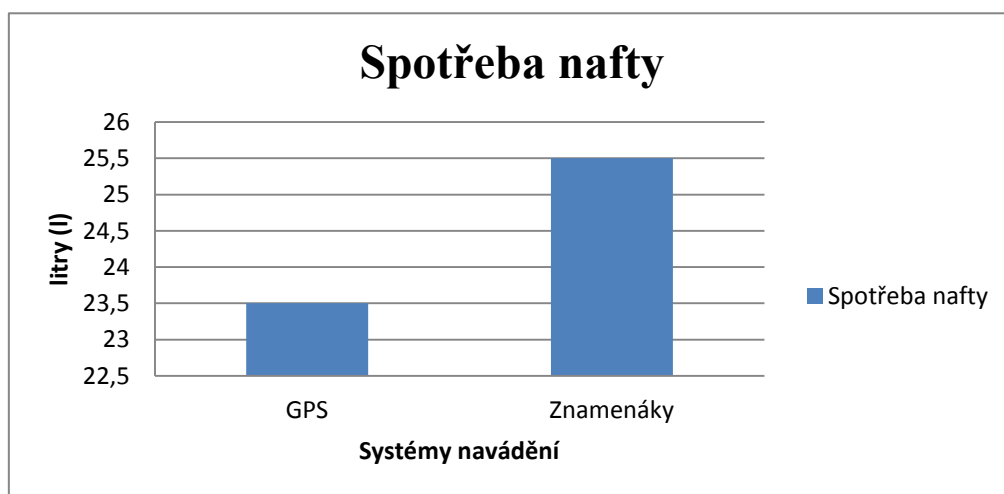
Celkový čas jednotlivých měření byl téměř stejný, s navigací 55 minut a bez navigace 1 hodinu a 5 minut. Příčina rozdílného času je způsobena rychlostí otáčení soupravy na souvrati a následnou pojezdovou rychlostí.

Spotřeba nafty byla zaznamenána pomocí čidla v palivové nádrži traktoru a následně vyhodnocena zabudovaným počítačem v kabině. S navigací bylo spotřebováno  $23,5 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$  a bez navigace  $25,5 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Tento rozdíl ve spotřebě nafty je způsoben kvůli rozdílným terénním podmínkám, kde měřený pozemek bez navigace měl sklon do  $2^\circ$  a tím bylo třeba přidávat více plynu.

V porovnání výkonnosti souprav lze jednoznačně říci, že navádění s navigací GreenStar vykazuje daleko lepší výsledky. Skutečná výkonnost stroje vypočtena z naměřených hodnot je bezesporu lepší u setí s navigací, kde se rovná  $3,48 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$ , oproti manuálnímu řízení s dosaženou výkonností  $2,91 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Na celé výměře společnosti by bylo za podobných podmínek při použití soupravy s naváděcím systémem uspořeno 3 000 litrů nafty, což představuje 89 000 Kč úspory za pohonné hmoty. Další úsporou je čas obsluhy strávený

při práci – činí 235,2 hodin, což je při mzdě 120 Kč.h<sup>-1</sup> úspora na mzdu 28 224 Kč. Výsledné úspory jsou vypočítané s použitím navigace a jednoho setí na celé výměře společnosti. Pokud by byla využita navigace na více operací společnosti během celého roku, výsledné úspory by se zvyšovaly a následně by to zrychlilo návratnost investice do GPS.



*Graf 1 Vyhodnocení spotřeby nafty*



## **Závěr**

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo zhodnotit využití GPS navigace u zemědělské techniky při pěstování rostlin, a to v technologii setí obilovin. Teoretická část práce je zaměřena na popsání základních polohovacích systémů, které se používají po celém světě. Dále pojednává konkrétněji o GPS v zemědělském resortu, o vedení stroje po pozemku a různých úrovních řízení od manuálního řízení přes asistované řízení až po samotného autopilota. V praktické části práce jsem popsal měření, které se zaměřuje na porovnání naváděcího systému GreenStar pomocí autopilota a manuálního řízení stroje s použitím znamének.

Velkým přínosem naváděcích systémů GPS je snížení přesahů a vynechávek, také napomáhá k menším počtům přejezdů po polích. V konečném efektu dojde ke snížení spotřeby neobnovitelných zdrojů v podobě nafty, což prospěje samozřejmě i ekologii. Další výhodou GPS je umožnění práce za snížených viditelných podmínek, práce v noci a v neposlední řadě zvýšení komfortu obsluhy daného stroje. Po srovnání vedení stroje bez navigace a následně s navigací bylo zjištěno, že navigace má výrazně lepší výsledky [3].

Moderní technologie se v poslední době stále vyvíjejí do modernějších systémů. Díky automatizaci a vývoji robotů je možné předpokládat, že během příštích deseti let se kromě zpřesnění korekčních signálů a zdokonalení GPS navigací dají očekávat i plně automatictí roboti.

## Literatura

- [1] Doc. Dr. Ing. František Kumhála a kol: *Zemědělská technika, stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*, vydala Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, 2009, 439 s.
- [2] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Globální\\_družicový\\_polohový\\_systém](http://cs.wikipedia.org/wiki/Globální_družicový_polohový_systém)  
[cit. 2015-11-15]
- [3] Malinka, T. *Využití systémů GPS u techniky pro pěstování rostlin*. Brno, 2010. 49 s. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně.
- [4] <http://geologie.vsb.cz/geoinformatika/kap09.htm> [cit. 2016-02-02]
- [5] [http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/smc-fs/gps\\_fs.htm](http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/smc-fs/gps_fs.htm)  
[cit. 2015-12-18]
- [6] [http://www.aldebaran.cz/bulletin/2005\\_02\\_gps.php](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2005_02_gps.php) [cit.2016-02-01]
- [7] <http://geologie.vsb.cz/geoinformatika/kap09.htm> [cit.2016-02-10]
- [8] Klíma, P. Využití satelitní navigace při sklizni píce, České Budějovice, 2015. 51s. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
- [9] Ing. Luboš Stehno, Ph.D. šéfredaktor, časopis Mechanizace zemědělství, vydalo Profi Press s.r.o. v Praze 2, 5-2015
- [10] Mgr. Jitka Machalová, Ph.D., Ústav informatiky, Provozně ekonomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, 545 132 056, machalov@mendelu.cz
- [11] Zdeněk Pastorek a kolektiv: *Zemědělská technika dnes a zítra*, vydalo nakladatelství Martin Sedláček, 2002.
- [12] <http://www.gps-agro.cz/ez-guide-250/> [cit. 2015-12-20]
- [13] <http://www.agropartner.cz/?i=2521/system-automatickeho-rizeni>  
[cit. 2016-02-05]

- [14] [http://www.deere.com/common/docs/products/equipment/agrucultural\\_management\\_solutions/guidance\\_systems/brochure/en\\_GB\\_yy1114823\\_e.pdf](http://www.deere.com/common/docs/products/equipment/agrucultural_management_solutions/guidance_systems/brochure/en_GB_yy1114823_e.pdf) [cit. 2016-02-05]
- [15] <http://www.danhel.cz/produkty/zemedelska-technika-john-deere/john-deere-ams-precizni-zemedelstvi/navadeci-systemy.htm> [cit.2016-02-04]

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Družice systému GLONASS [4] .....	12
Obrázek 2 Družice systému GALILEO [2] .....	13
Obrázek 3 NAVSTAR GPS [6] .....	14
Obrázek 4 Rozmístění a dráhy 24 družic systému GPS [6] .....	17
Obrázek 5 Příklady přijímačů: .....	19
A) Casio GPS Watch 2240; .....	19
B) Garmin GPS 76; .....	19
C) Garmin Talking Street Pilot II GPS [7] .....	19
Obrázek 6 Kontrolní segment [6] .....	20
Obrázek 7 Princip stanovení polohy [7] .....	21
Obrázek 8 – Schéma pro výpočet délky vyložení znaménku [1] .....	24
Obrázek 9 LCD monitor se světelnou lištou, EZ – Guide 500 [12] .....	25
Obrázek 10 Systém asistovaného řízení [12] .....	26
Obrázek 11 Systém napojený na hydraulický okruh řízení traktoru [13] .....	27
Obrázek 12 AB přímka [12] .....	28
Obrázek 13 Freeform [12] .....	28
Obrázek 14 Pivot [12] .....	29
Obrázek 15 Souvrat' + AB přímka [12] .....	29
Obrázek 16 A) Identická křivka, B) Adaptabilní křivka [12] .....	30
Obrázek 18 CTF se systémem TwinTrac [9] .....	31
Obrázek 19 CTF se systémem AdTrac [9] .....	32
Obrázek 20 CTF se systémem OutTrac [9] .....	32
Obrázek 21 CTF se systémem HalfTrac [9] .....	33
Obrázek 22 Plocha přejetá pneumatikami při organizovaném způsobu pohybu strojů AdTrac. Pracovní záběr 8 m [9] .....	34
Obrázek 23 Volant pro ATU 200 [15] .....	36
Obrázek 24 A) StarFire 300 [14] .....	36
Obrázek 25 B) StarFire 3000 [14] .....	36
Obrázek 26 Displej GreenStar 2630 [15] .....	37
Obrázek 27 Displej GreenStar 1800 [15] .....	36
Obrázek 28 Použití systému iGuide [15] .....	37

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Podrobnější údaje o jednotlivých družicích [6] .....	18
Tabulka 2 Přehled naměřených hodnot .....	43

## **Seznam grafů**

Graf 1 Vyhodnocení spotřeby nafty.....	47
--	----