

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Akademický rok: 2016/2017

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

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

Bakalářská práce

## **Ekonomické aspekty využití GPS navigace při setí kukuřice**

Vedoucí bakalářské práce:

doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

Autor práce:

Bronislav Hrnčář

České Budějovice, 2016

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

Jméno a příjmení: **Bronislav HRNČÍŘ**  
Osobní číslo: **Z14093**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**  
Název tématu: **Ekonomické aspekty využití GPS navigace při setí kukuřice**  
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:*

Práce se zabývá ekonomickými aspekty využití GPS navigace při polních pracích, konkrétně při setí kukuřice. Pilířem práce je praktické porovnání ekonomických parametrů seči soupravy s navigací a bez ní. Sledovány budou zejména úspora času potřebného k osetí dané plochy, paliva, mzdových nákladů, osiva, hnojiva a návratnost investice spojené se zavedením navigačního systému.

*Struktura hlavní části práce bude následující:*

1. Stručný úvod do problematiky, základní přehled, názvosloví, souvislosti s dalšími obory, historický kontext
2. Představení konkrétního navigačního systému
3. Praktický test soupravy
4. Závěrečné shrnutí a poznámky
5. Obsáhlá obrazová příloha


Součástí práce bude video-dokumentace, která bude přiložena na datovém nosiči. Vybrané výsledky se autor pokusí publikovat v odborném tisku.

Rozsah grafických prací: tištěná s přílohou na datovém nosiči (CD, DVD)  
Rozsah pracovní zprávy: minimálně 50 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:


GPS, GLONASS, Galileo, and BeiDou for Mobile Devices, Cambridge  
Univerzity Press, Petrovski, Ivan G, Velká Británie, 2014.  
New Holland Press Kit, Precision Land Management Upgrade 2015.  
AMAZONEN-WERKE H. DREYER GmbH & Co. KG - prospekt.  
www.eagrotec.cz, PLM-precizní zemědělství.

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.  
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: 2. prosince 2015  
Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2017

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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 1688, 370 05 České Budějovice

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

V Českých Budějovicích dne 2. prosince 2015

## **Poděkování**

Své poděkování směřuji k vedoucímu mé bakalářské práce, panu doc. RNDr. Petru Bartošovi, Ph.D., za odborné vedení a cenné připomínky, které mi tuto práci výrazným způsobem pomohly vytvořit.

## **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, 1. 4. 2016

.....  
Podpis studenta

## **Abstrakt**

Bakalářská práce je zaměřena na možnost efektivního využití technologie GPS v zemědělství, zejména při setí kukuřice. První část práce poskytuje náhled do problematiky současných navigačních systémů a seznámením se s nejběžnějšími systémy polohové navigace. Experimentální část je zaměřena na vyhodnocení přínosu přesného setí s navigačním systémem a bez něj v zemědělské praxi.

**Klíčová slova:** Global Positioning System; Precision Land Management; efektivita

## **Abstract**

This bachelor thesis is focused on explaining the effective way of using GPS technology, especially by steering the machine during sowing maize. The first part gives an overview on contemporary navigation systems. The experimental part of this thesis deals with evaluating of economical benefits by using a navigation system by precision seeding and without this system.

**Keywords:** Global Positioning System; Precision Land Management ; efectivity

## Obsah

1 Úvod .....	8
2 Literární přehled řešené problematiky .....	9
2.1 Význam satelitní navigace .....	9
2.1.1 Satelitní navigace jako základ rozvoje dalších systémů.....	9
2.1.2 Implementace dat získaných z precizního zemědělství.....	10
2.2 Historie družicových navigačních systémů .....	11
2.3 Globální družicové navigační systémy .....	12
2.3.1 Systém GPS .....	12
2.3.2 Struktura systému GPS.....	13
2.3.3 Kosmický segment .....	13
2.3.4 Řídící segment.....	14
2.3.5 Uživatelský segment .....	15
2.4 GNSS – Global Navigation Satellite System .....	16
2.5 GALILEO.....	16
2.6 GLONASS .....	17
2.7 Diferenční systém GPS .....	17
2.8. Princip funkce GPS .....	18
2.8.1. Přijímač GPS .....	18
2.8.2 Anténa .....	18
2.8.3 Řídící jednotka navigačního systému NAV II .....	19
3 Způsoby pohybu soupravy po pozemku.....	19
3.1 Manuální navádění .....	21
3.2 Autonomní řízení.....	21
3.3 Automatické navádění.....	22
3.4 Možnosti automatického řízení .....	23
3.5 Pohyb stroje v terénu.....	23
3.6 Navigační systémy New Holland.....	24
3.6.1 Systém asistovaného řízení .....	24

3.6.2 EZ-Guide 250 .....	25
3.6.3 FM-750.....	26
3.6.4 FM-1000.....	27
3.7 Controlled Traffic Farming .....	28
3.8 RTK.....	29
3.9 Sekční kontrola GPS-Switch .....	30
4 Cíl práce .....	31
5 Metodika práce .....	32
5.1 Představení podniku .....	33
5.2 Souprava využitá k experimentu .....	34
5.3 Metodika vyhodnocení experimentu .....	36
5.4. Metodika stanovení návratnosti investice .....	38
6 Výsledková část.....	38
6.1 Hodnocení vývoje porostu .....	39
6.2 Návratnosti investice .....	41
7 Výsledky a diskuse.....	42
8 Závěr.....	43
Zdroje .....	44



## 1 Úvod

Globální pohled na oblast zemědělství potvrzuje skutečnost, že tento obor je významným sektorem národního hospodářství každé země. Nejpádňějšími příklady, proč tomu tak je, je lidská potřeba zabezpečit suroviny nutné pro obživu obyvatelstva a fungování ekonomiky. Civilizační problémy, jakými jsou rostoucí světová populace, celosvětový úbytek orné půdy, ale rovněž také změny klimatu, apelují na výrazné zvýšení produkce v budoucnosti, ruku v ruce s produktivitu zemědělské prvovýroby. Současný vývoj a dostupnost nových technologií poskytuje zcela podrobné a přesné sledování a řízení vstupů v rostlinné výrobě. Nový směr, jakým se zemědělská výroba v příštím století bude ubírat předznamenává současný nárůst využití progresivních elektronických systémů. Zaznamenaným trendem posledních let je způsob hospodaření, označovaný u nás jako precizní zemědělství. Tímto termínem lze také označit soubor aktivit lokálně cíleného hospodaření. Z praktického hlediska se jedná o implementaci pokrokových informačních technologií v zemědělské prvovýrobě.

Podnikatelské subjekty, které se rozhodly vydat se cestou precizního zemědělství, kladou velký důraz na eliminaci provozních nákladů i nepříznivého ekologického dopadu na životní prostředí. Cílem precizního zemědělství jsou již zmíněné ekonomické aspekty, které tyto systémy dostávají do popředí zájmů čím dál tím širšího okruhu uživatelů. Technologický princip, na kterém nástroje precizního zemědělství pracují, se napříč sortimentem nejrůznějších výrobců příliš neliší. Samotný fakt, že nějaký takový systém na nejrůznější úrovni technologické vyspělosti nabízí v současnosti každý významný světový výrobce, jen podtrhuje prokazatelně pozitivní přínosy těchto sofistikovaných systémů, a sice eliminaci chyb při pohybu stroje po pozemku, pozitivní vliv na snížení únavy pracovníků a především snížení provozních nákladů.

Čím dál tím markantněji se začíná objevovat ten či oný GPS systém sloužící k usměrnění pracovních jízd při běžných agrotechnických zásazích, jakými jsou setí, sklizeň, a především chemické hnojení a ochrana rostlin. Současná technologie dovoluje bezproblémově pracovat za nejrůznějších klimatických vlivů, prašnosti nebo při práci v noci. Je také schopna více než plnohodnotné náhrady za dřívější asistenční prvky eliminující chybu obsluhy, jakými jsou pěnové značkovače nebo znamenáky.

## **2 Literární přehled řešené problematiky**

### **2.1 Význam satelitní navigace**

Výrazný pokrok v kategorii informačních technologií byl za několik posledních desetiletí zaznamenán i v oboru zemědělství. Stále častěji se proto setkáváme s technologií družicových navigačních a polohových systémů. Ty umožňují za přispění stále se zdokonalující technologie, určovat polohu a navádět daný objekt takřka bez omezení vlivu počasí, kdekoli a kdykoli na zemském povrchu. [1]

Postupná implementace navigačních systémů v zemědělství v současné době přisuzuje této technologii nejrůznější benefity v rozmanitých podobách. Některé z nich je těžké zhodnotit po finanční stránce věci, jako kupříkladu schopnost soupravy bezpečného pohybu po pozemku za nulové viditelnosti. [2]

Při důkladném pohledu do minulosti však zjišťujeme, že myšlenka toho, co dnes označujeme za precizní zemědělství, není v podstatě zas tak nic nového. Staří hospodáři nepodceňovaly fakt, že určité části jejich pozemků se vyznačují odlišnými vlastnosti než části jiné. Pokud skutečně rozeznali příčiny, proč k určitým jevům dochází, bylo možné jim efektivně čelit a do jisté míry se jim přizpůsobit. S rostoucí výměrou zemědělsky obdělávaných pozemků však bylo stále obtížnější se těmito odlišnými částmi pozemku zabývat. Tomuto problému dokáže kupříkladu čelit technologie GPS. [3]

#### **2.1.1 Satelitní navigace jako základ rozvoje dalších systémů.**

Situaci v současném světě symbolizuje enormně rychlý rozvoj elektronických systémů a jejich implementací do nejrůznorodějších oborů. Posléze, jakožto pouze vojenský projekt, začala satelitní navigace sloužit pro rozvoj dalších odvětví, zemědělství nevyjímaje. Systémy precizního zemědělství poskytují provozovatelům způsob k nárůstu produktivity v podobě snížení vstupů do zemědělské výroby. Zároveň vlivem menšího množství zásahů a komplexnějším systémům pohybu stroje po pozemku, dochází do jisté míry k ochraně životního prostředí. [3]

### 2.1.2 Implementace dat získaných z precizního zemědělství

Systém GPS přinesl progresivní rozvoj dalších technologií, které jsou úzce spjaty se získanými výstupy z GPS systému. Jedním z takových příkladů je pokrokový a zároveň flexibilní koncept pro inteligentní management ochrany, výživy a variabilního hnojení rostlin ISARIA, od německých konstruktérů firmy Fritzmeier Umwelttechnik. Systém byl vyvinut za přispění dlouholeté spolupráce s Katedrou ekologického obdělávání půdy a systémů pěstování rostlin na Technické univerzitě v Mnichově/Weihenstephanu. Tento systém vychází z faktu, že každá dílčí plocha zemědělské půdy má odlišné vlastnosti, jiný výnosový potenciál a momentální zásobení živinami. Systém ISARIA je schopný plynule za jízdy spočítat optimální zásobení živinami a předat tuto informaci aplikační technice za traktorem. To vše bez jakékoli předchozí kalibrace a až s 500 naměřenými hodnotami během jediné vteřiny. Výhodou je i rychlá montáž, která zabere asi dvě minuty. Díky odolné LED technologii je aktivní systém měření použitelný i v noci a nezávisle na okolním světle. Digitální procesory okamžitě vyhodnocují naměřená data a bezdrátově přenášejí na aplikační techniku s prodlevou, která je právě jen taková, jaké je vzdálenost mezi vpředu namontovaným systémem ISARIA a aplikační technikou za traktorem. Výsledkem je samozřejmě nejen značná úspora nákladů na hnojení či ochranu, ale především optimální využití výnosového potenciálu a v neposlední řadě ochrana životního prostředí díky vyváženým bilancím dusíku na každé dílčí ploše. Tohle je systém, který v precizním zemědělství skutečně hledí do budoucnosti.

Získaná data slouží pro tvorbu výnosových map. Mapování výnosu je jedním ze základních prvků precizního zemědělství. Vychází z teorie, že jednotlivé půdní bloky mají rozdílnou kvalitu půdy. Po vyhodnocení výnosových map je možné přizpůsobit pracovní operace charakteru půdy v daném půdním bloku. Jednou z možností, jak reagovat na měnící se kvalitu půdy, je cílená aplikace postřiků a hnojiv. Díky systému GPS a zaznamenaným datům můžeme vytvořit výnosové mapy a následně aplikovat potřebné množství látky na přesně definovaných úsecích. Tyto mapy se následně využívají pro co největší efektivitu i u ostatních prací na pozemku. Pro tvorbu výnosových map existuje několik systémů, které se liší metodami zjišťování průchodnosti sklizeného materiálu. V dnešní době je k systému GPS dostupná řada různých softwarových aplikací, které z dat jízd, výnosových, aplikačních map, svažitosti pozemku a půdních vzorků dokážou vyhodnotit

a navrhnout nejekonomičtější způsob jízdy po pozemku. Jejich kvalita a množství funkcí se liší podle ceny. Obsluha již nenastavuje žádné body, pouze najede v daném místě do příslušné stopy, kterou mu navigace vyznačí na displeji. [4]



Obr. 1 Systém ISARIA

## 2.2 Historie družicových navigačních systémů

Myšlenka využít družice pro vytvoření globálního navigačního systému se poprvé objevila koncem 50. let. Díky vypuštění první umělé družice Země Sputnik, zkoumali vědci z americké instituce The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory vysílaný signál této družice. V roce 1964 uvedlo námořnictvo USA do provozu systém Transit, který sestával z šesti družic, které obíhaly po oběžných drahách v malé výšce. Oběžná doba družic 107 minut po své ose stačila pro primární určení pro potřeby námořnictva. Řídící segment tohoto systému tvořily sledovací stanice umístěné na území USA. Zajímavé bylo rozmístění těchto družic, které byly viditelné z jakéhokoli místa na zeměkouli v závislosti na zeměpisné šířce každých 35 až 120 minut.

Každá družice při objevení se na obzoru vysílala signál, v němž za pomoci dvouminutových relací docházelo k vysílání signálu s informacemi o oběžných

drahách družic. Ze stanic umístěných na území USA pak dostávaly družice signály a na základě posunu přijímané nosné vlny bylo možné zjistit polohu kdekoli na Zemi. Celý systém dosahoval původní přesnosti 800 m, ale vlivem postupného zdokonalování technologie došlo k dosažení přesnosti zhruba 5 m, což pro potřeby navigace všech mobilních prostředků bylo více než dostačující. Systém Transit ukončil svou činnost v roce 1996. Zkušenosti s jeho provozem byly zúročeny při pozdějším vývoji systému GPS. Velká pozornost byla systému družicových navigací věnována i v bývalém Sovětském svazu, kde koncem 60. let byl uveden do provozu obdobný systém typu Transit, určený rovněž pro potřeby námořnictva.

Vývoj nových koncepcí globální navigace se datuje do 70. let minulého století, kdy došlo ke zrození projektů GPS a NAVSTAR. Obě tyto koncepce pracovaly v ohledu určování polohy v přesném času v trojrozměrném prostoru a zasloužily se o rozšíření tohoto oboru i to sektoru letecké dopravy. Koncepce systému GPS byla složena z 24 družic včetně počtu několika rezervních, celkově na šesti oběžných drahách, které měly sklon 55 stupňů. Sovětský blok nezůstával pozadu a v paralelním období došlo ke zrození systému GLONASS (Globalnaja Navigacionnaja Sputnikovaja Sistema). S několika odchylkami se jedná o obdobný systém jako je ten americký. [1]

## **2.3 Globální družicové navigační systémy**

### **2.3.1 Systém GPS**

Název Global positioning systém je odvozen od spojení NAVSTAR Navigation systém using time and ranging). Jedná se o aktuálně nejvyužívanější a nejrozsáhlejší radionavigační družicový družicový systém pro určování času a polohy na planetě Zemi a přilehlém okolí. Princip fungování systému je založen na době šíření signálu z družicové antény k přijímací anténě. Tato vzdálenost se přenesse za určitý čas a na jeho základě je tento zjištěný čas převáděn na vzdálenost. [5]

Systém se skládá ze soustavy 24 družic a z řídicí sítě, umístěné na různých místech na Zemi. Spolu s přijímacími jednotkami GPS zachycují signály ze satelitů a transformují tyto informace o poloze.

Důvody pro oblíbenost systému GPS jsou následující:

- relativně dokonalá polohová přesnost (od jednotek metrů k centimetrům)
- systém je schopen pracovat za nejrůznějšího počasí
- dostupnost signálu kdekoli na Zemi a přilehlém kosmickém prostoru
- standardní verze GPS je dostupné civilním uživatelům bez omezení. [6]

### **2.3.2 Struktura systému GPS**

Systém GPS je tvořen třemi základními segmenty:

- kosmický
- řídicí
- uživatelský

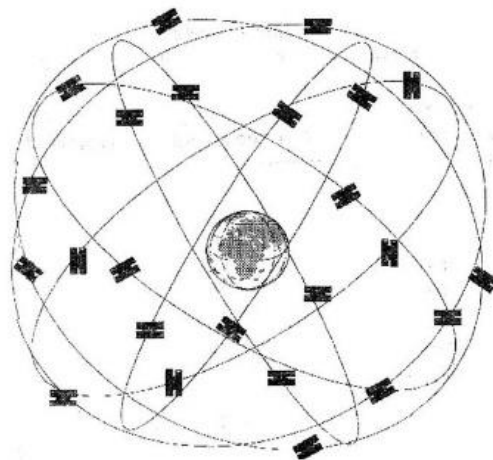
Tyto segmenty jsou dohromady závislé na přesnosti signálů a času a jako celek jsou tedy nezbytné pro zajištění správné funkce celého systému. [1]

### **2.3.3 Kosmický segment**

Kosmický segment tvoří soustava družic, které jsou určitým způsobem rozmístěny na svých oběžných drahách, které mají stejnou polohu vůči Zemi a vysílají navigační signály. Družice pracují nepřetržitě ihned po svém vypuštění s výjimkou pravidelných servisních přestávek. Družice je vybavená , jakými jsou atomové hodiny, vysílač a dalšími přístroji, například vojenského charakteru.

Tento segment sestává z 24 družic, z čehož 21 z nich je navigačních a 3 jsou záložní. Kromě toho jsou další družice připravené na Zemi tak, aby v případě nahrazení těch stávajících bylo možné je umístit na oběžnou dráhu a uvést do provozu do 48 hodin. Družice obíhají po svých drahách po celých 24 hodin v 6 kruhových drahách a garantují neustálý příjem signálu na určitém místě na Zemi, když je daný přijímač schopen přijmout signál alespoň ze 4 družic. [1]

## Kosmický segment



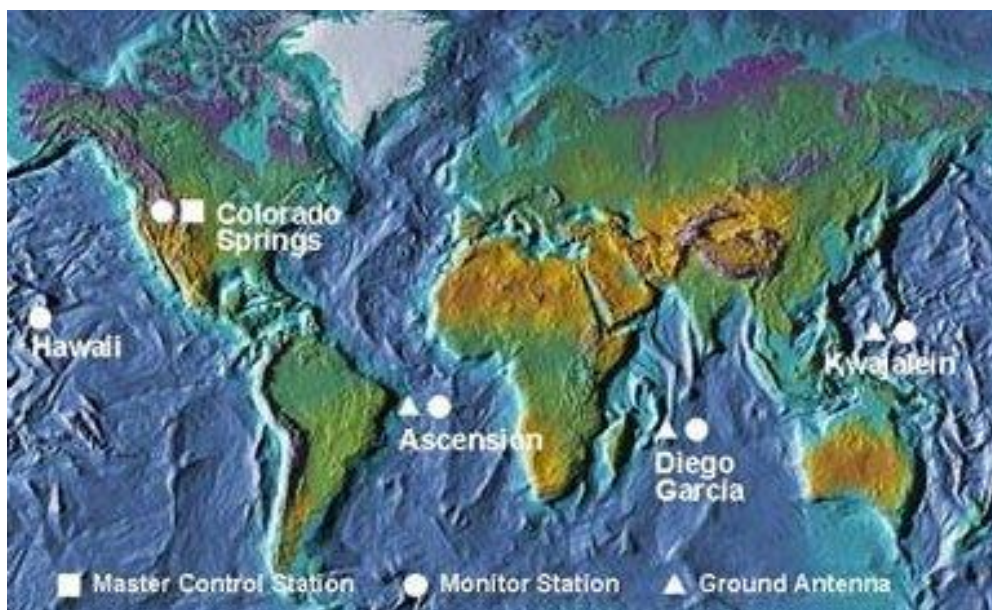
Obr 2 Kosmický segment systému GPS [7]

### 2.3.4 Řídící segment

Řídící segment je pověřen řízením celého polohového systému. Jeho srdcem je hlavní řídicí centrum a řada monitorovacích stanic a pozemních vysílačů. Umístění stanic po Zemi je záměrně zvoleno po obvodu planety, zpravidla v blízkosti rovníku. Hlavními úkoly řídicího segmentu je údržba atomových hodin, zaslání povelů družicím či dalších provozních pokynů, souvisejících například s údržbou družic. Jeho systém se skládá ze tří typů stanic:

- monitorovací – zachytávají signály vysílané družicemi kosmického segmentu a přenášejí je k příjemci. Jejich rozmístění poskytuje sledování co možná nejčetnějšího počtu družic po nejdelší možné dobu.
- hlavní řídicí stanice – po zachycení zpracovává signály zachycené výše zmíněnými stanicemi a následně je vyhodnocuje a pracuje s nimi. Poskytuje tak ucelený přehled a tvorbu parametrů oběžných drah, informace o korekci hodin na družicích, a nebo předává informace pro komunikaci s družicemi. stanice

Další stanice slouží pro komunikaci s družicemi. Jsou schopny přenášet řadu různých informací a jejich úkoly jsou prakticky analogické s monitorovacími stanicemi. Mimo jiné slouží k ovládání družic na základě zjištěných parametrů. [1]



Obr. 3 Rozmístění stanic [9]

### 2.3.5 Uživatelský segment

Jak již bylo zmíněno výše, družice vysílají určitý signál, který je zachycen a zpracován pozemními stanicemi. K následnému vyhodnocování dat do uživatelsky uchopitelné podoby se stará celá řada GPS přijímačů, které na základě vyhodnocení předběžné polohy a času provádějí vyhodnocení. Pro výpočet je zapotřebí přijímat signál minimálně ze čtyř družic současně.

Jako přijímač je označováno zařízení, které zpracovává a přijímá signály GPS a utvoří z nich informace o poloze, času, případně rychlosti pohybu. Uživatelský segment je tedy tvořen nejrůznějšími druhy přijímačů, které dále rozdělujeme dle nejrůznějších parametrů:

Rozdělení dle způsobu příjmu signálu:

- jednofrekvenční – umí pracovat pouze s jednou frekvencí
- dvoufrekvencní – umí pracovat se dvěma frekvencemi
- vícefrekvenční – umí pracovat s více než dvěma frekvencemi

Rozdělení dle principu výpočtu

- kódové – jsou schopny generovat vlastní kódy
- fázové – jsou schopny pouze obnovit původní nosný signál



Podle počtu přijímaných kanálů

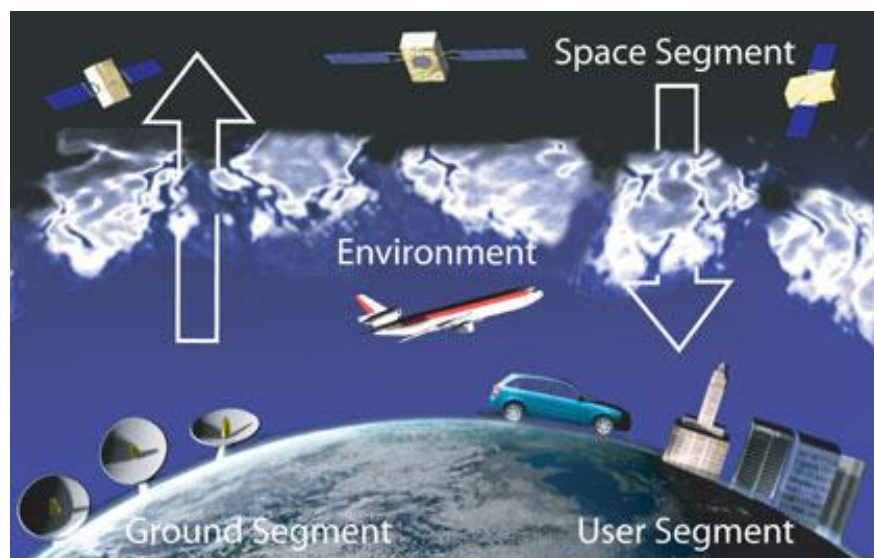
- jednobandové – u tohoto typu nelze přijímat signál ze všech družic najednou
- vícebandové – každá družice vysílá přes svůj vlastní kanál. [8]

## 2.4 GNSS – Global Navigation Satellite System

Pod termínem „Globální navigační satelitní systém“ se skrývá služba, která za pomoci přijímání signálů z družic umožňuje určování polohy s velkou přesností. Tento projekt je myšlenkou Evropské unie, která jej také realizovala. Tento projekt vznik jako nezávislý civilní družicový navigační systém. Hlavním cílem je zvýšení přesnosti, spolehlivosti a dostupnosti. [1]

## 2.5 GALILEO

Jedná se o první nezávislý ryze Evropský navigační satelitní systém, který ve svých počátcích uvedl na oběžnou dráhu dvě družice v roce 2011 ke kterým se později přidaly dvě další. Výhodou je naprostá kompatibilita s ruským systémem GLONASS a americkým GPS, což znamená pro uživatelský segment nespornou výhodu v dokonalém pokrytí. Přijímače na zemském povrchu jsou schopny na základě signálu družic GALILEO pracovat s dalšími zpřesňujícími signály. Systém je složen z 30 družic, která obíhají po oběžné dráze ve třech rovinách, navzájem vychýlených o 60 stupňů. [1]



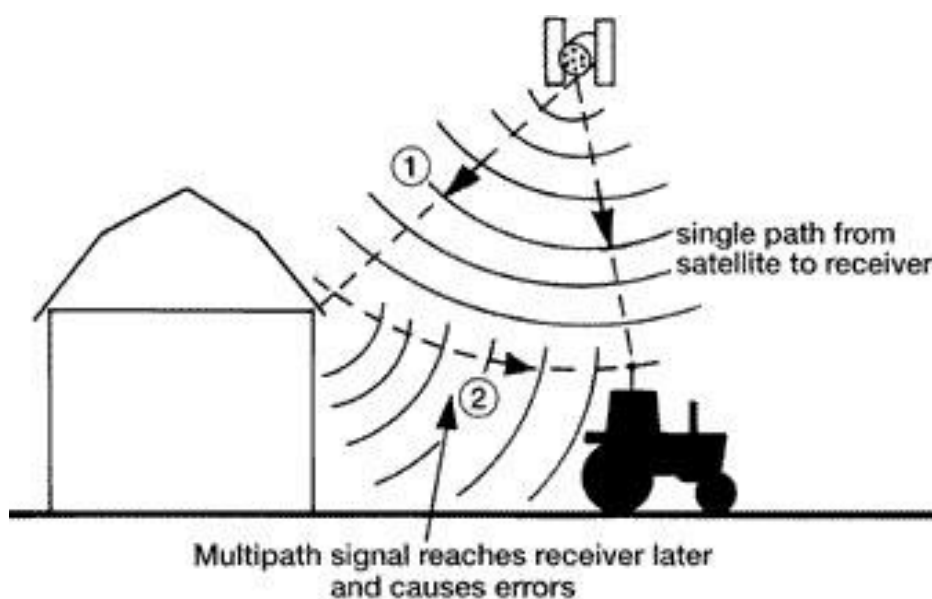
Obr. 4 Systém GALILEO [10]

## 2.6 GLONASS

Rovněž tehdejší Sovětský svaz věnoval pozornost koncepci navigačních systémů, z čehož v ranných 70. letech vznikl navigační systém Globalnaja Navigacionnaja Sputnikovaja Sistema, zkráceně GLONASS. Vlivem politických událostí a hospodářské situace byl tento systém v provozu pro civilní účely až od poloviny 90. let. Systém je složen z 27 družic, které obíhají v nadmořské výšce 19 100 km, což je o trochu níže nežli systém americký. Princip funkce je opět analogií systému GPS. [1]

## 2.7 Diferenční systém GPS

Diferenční systém DGPS (Differential Global Position System) je způsob, kterého se využívá pro přepočítání pozice neznámého bodu z referenční stanice. Zefektivnění při určování polohy v reálném čase lze dosáhnout za pomoci 15 diferenčních metod a současně korekcí vysílaných souřadnic. Tento korekční signál může být vysílán ze všech družic na oběžné dráze družic a vysílačů na zemském povrchu. Pro nejpresnější určování pozice se používá metoda Real Time Kinematics (RTK). Z referenční stanice umístěné v poloze o známých souřadnicích jsou radiovým signálem vysílána data do pohyblivé aparatury, kde jsou vyhodnocována v reálném čase. Prostorová poloha je získána rádiového přijímače do vzdálenosti cca 30 km. Výsledná přesnost určení polohy se pohybuje v rozmezí 20 mm až 5 mm. [3]



Obr. 5 Schéma DGPS [11]

## 2.8 Princip funkce GPS

### 2.8.1 Přijímač GPS

Jak již bylo zmíněno, přijímač je ryze uživatelských zařízením, které po přijetí signálů z družic, je schopen takto přijaté signály o času, poloze a rychlosti dále zpracovávat. Získané signály přijímač vyhodnocuje na základě získaných informací z jednobandových nebo vícebandových signálů. Je schopný pracovat se aktuálně dostupnými úrovněmi přesnosti ze systémů GALILEO, GLONASS a GPS. To se děje za všech podmínek bez ohledu na klimatické nebo časové aspekty. Ke spolehlivosti systému přispívá snaha výrobců o stále dokonalejší pokrytí. [1]

Základem každého systému navigace pro manuální řízení je anténa, integrovaný GPS/DGPS přijímač, světelná lišta, popřípadě grafický LCD monitor. Celý koncept tvoří tři základní části:

### 2.8.2 Anténa

Jedná se o elementární prvek celého systému. Jednotlivé antény se mohou lišit svými parametry a tvary. Současná potřeba velmi přesného signálu apeluje na výrobce vyvíjet takové antény, které jsou schopny odolávat celé řadě rušivých signálů. Anténu je možné nainstalovat na střechu traktoru, avšak přesnější a doporučený způsob instalace je přímo na zagregované přívěsné zařízení. [8]



Obr. 6 Přijímač GPS [12]

### 2.8.3 Řídící jednotka navigačního systému NAV II

Může být snadno připojena do stroje New Holland, který je vybaven přípravou pro navigace. Pomocí technologie kompenzace terénu T3 (vychýlení, podélný a příčný náklon stroje) dopočítá korekce pro přesné řízení stroje. Pro výpočet korekcí slouží data o poloze získané z přijímače GPS. Řídící jednotky strojů přijímají zprávy od řídicí jednotky navigačního systému NAV II, která ovládá zatáčení stroje při zapnutém automatickém řízení. [12]



Obr. 7 Řídící jednotka [12]

## 3 Způsoby pohybu soupravy po pozemku

Navádění stroje na pozemku lze ve své podstatě rozdělit na manuální navádění, asistované řízení a fenoménem vývoje poslední doby je vývoj autonomního řízení. Smysl a pádný argument pro pořízení technologie GPS je využívat jej pro opakovatelnost a návaznost pracovních operací při všech agrotechnických opatřeních, jako je setí, hnojení, ochraně rostlin, což poskytuje práci se stroji za všech podmínek. Do jisté míry tento systém umožňuje upustit od tradičních metod navádění jakými jsou pěnové značkovače nebo jízda podle znamenáků, které dříve snižovaly chybovost obsluhy. [3]

Funkčnost celého systému je založena na důsledném a pečlivém zacházení ze strany obsluhy. Před započítím práce je nejprve nutné zadat do softwaru údaje o záběru stroje a další parametry, za předpokladu, že spolu traktor se závěsným zařízením nekomunikují pomocí sběrnice ISO-BUS. Dále má obsluha dle stupně výbavy použité navigace k dispozici různé programy navádění – jízdy po přímce, jízdy po křivce, jízdy v uzavřených cyklech. Po spuštění celého systému obsluhou z kabiny je satelitní navigace dále již schopna vést celou souprava vedena v požadované stopě. Tyto stopy jsou u nejzákladnější a nejlevnější verze navigace vytvořeny první jízdou, kdy obsluha zadá počáteční polohu A a koncovou polohu jízdy, zvanou jako B. Od této virtuální přímky jsou vytvořeny následující stopy. Pro následující jízdy si můžeme vybrat jakoukoliv předdefinovanou stopu, která může být posunuta o jednu jízdu, což se jinak označuje také jako jízda s vynecháváním. Na virtuální mapě pozemku je možné označit překážky, kterým se souprava má vyhnout. [3]




## Jak vybrat vhodné řešení navigace?

Bez ohledu na značku vašeho stroje vám New Holland nabízí jednoduché a zároveň na míru ušité řešení.

> **Pokud používáte traktor pro**

Postřiky	✓	✓	✓
Hnojení	✓	✓	✓
Orba a kultivace	✓	✓	✓
Mapování	✓	✓	✓
Skřízeň		✓	✓
Setí		✓	✓
Sečení		✓	✓
Oborávání			✓
Plečkování			✓
Sázení			✓
Meziřádková kultivace			✓

> **Potom potřebujete**

1. KOREKCE POLOHY <span style="float: right;">strana 6</span>			
	<b>EGNOS</b>	<b>OMNISTAR® XP</b>	<b>RTK</b>
	+/-20 cm záběr-záběr	+/-20 cm záběr-záběr	
		nebo	
		<b>OMNISTAR® HP</b>	
		+/-10 cm záběr-záběr	

2. DISPLEJ <span style="float: right;">strana 7</span>			
<b>EZ-GUIDE® 250</b>	✓		
<b>EZ-GUIDE® 500</b>	✓		
<b>FM-1000™</b>	✓	✓	✓
<b>INTELLIVIEW™ III</b>	✓	✓	✓

3. NAVIGACE <span style="float: right;">strana 11</span>			
<b>MANUÁLNÍ</b>	✓		
<b>EZ-STEER®</b>	✓		
<b>AUTOPILOT™</b>		✓	✓
<b>INTELLISTEER™</b>		✓	✓

Na následujících stránkách budou podrobně vysvětleny charakteristické prvky a vlastnosti konkrétního systému včetně jejich výhod. Pro získání více informací o precizním zemědělství PLM prosím navštivte vašeho nejbližšího prodejce New Holland. Technický specialista zodpoví vaše dotazy a pomůže zvat návratnost investice do precizního zemědělství.

Obr.8 Nabízené typy navigací a doporučený způsob využití [13]

### 3.1 Manuální navádění

Jedná se o nejprimitivnější způsob navigace. Řidič v tomto případě vede stroj podle diod na světelné liště, která zobrazuje vychýlení se z předdefinované dráhy jízdy. Podle těchto světelných signálů obsluha navádí soupravu do správného směru jízdy. Tato světelná lišta je zpravidla tvořena řadou LED diod a je umístěna v zorném poli řidiče, a tak je zaručeno, že má dobrý výhled do okolí. Tento jednoduchý systém se skládá ze světelné lišty s GPS přijímačem a antény pro příjem signálu. Modernější druhy mají graficky upravenou obrazovku, která slouží ke snadnějšímu otáčení na souvratích nebo usnadňuje řidiči pokračovat v práci v paralelním pruhu jízdy. Výhodou tohoto investičně nenáročného naváděcího systému je snadná obsluha a instalace než je tomu u sofistikovanějších naváděcích systémů. [12]



Obr. 9 Naváděcí lišta [14]

### 3.2 Autonomní řízení

Systém autonomního řízení NH Drive může pracovat nezávisle, bez řidiče, kdy funkce traktoru a závěsného stroje jsou ovládané umělou inteligencí nebo dálkově.

Traktor je schopen kdekoliv pracovat zcela samostatně bez řidiče, takže může být nasazen 24 hod denně 7 dní v týdnu, a to bez chyb obsluhy. To zvýší výkonnost a hospodárnost provozu zemědělských strojů. Traktor lze naprogramovat na celodenní samostatnou práci. V průběhu dne pak lze zadání upravovat na dálku podle měnících se podmínek. V budoucnosti bude traktor schopen reagovat na aktuální počasí. Pokud se před soupravou vyskytne neplánovaná překážka, uživatel obdrží upozornění a stroj na dálku navede tak, aby se překážce vyhnul.

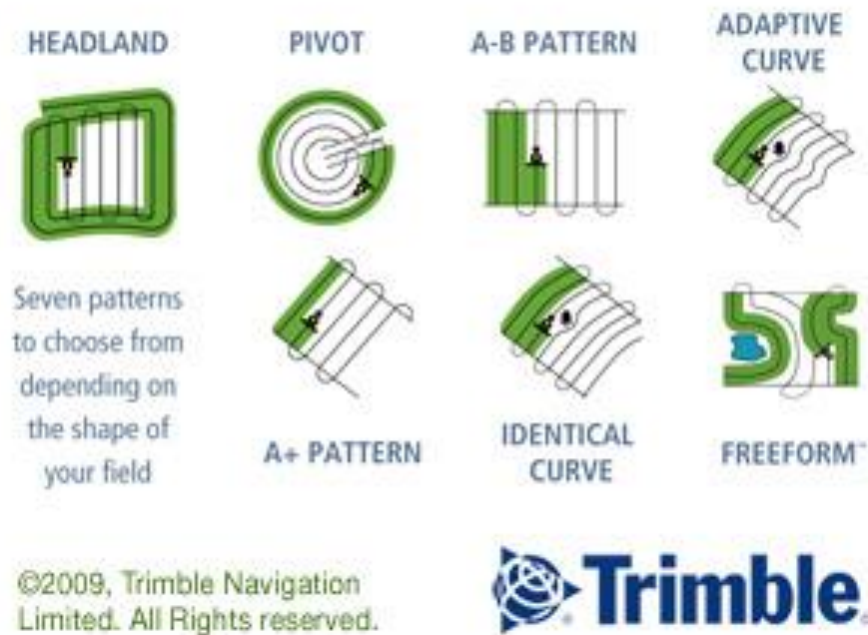
Důležitá je skutečnost, že traktor s NH Drive konceptem může pracovat na jednom poli také s klasicky řízenými stroji. Traktor může být provozován v autonomním režimu nebo s řidičem. Do stávajícího strojového parku tak zapadne zcela přirozeně. [15]



Obr.10 Autonomní řízení [15]

### 3.3 Automatické navádění

Automatické naváděcí systémy jsou nabízeny na českém trhu od začátku 21. století, přičemž jejich vývoj je vyústění logického požadavku farmářů coby další krok k úplné automatizaci. Jak je již z názvu patrné, jejich smyslem je zastoupení řidiče v obsluze stroje, avšak neslouží k úplnému nahrazení obsluhy. Tyto systémy jsou z hlediska požadavků na příjem signálu náročnější, zejména pak na přijímání signálu diferenčního. Součástí systému je přijímač DGPS. Tajemství systému automatického řízení spočívá v zastoupení obsluhy stroje řídicí jednotkou. Pomocí polohových snímačů volantu, snímačů pohybu kol, hydraulických částí řízení a spouštěče aktivace automatického navádění, jednoduše navádí soupravu. Dalším druhem automatického řízení je instalace řídicího volantu, kde se tak děje pomocí elektromotoru. Úkolem řidiče je ve většině případů pouze otočit soupravu na souvratí, avšak i tento cyklus již některé navigační systémy dokáží zvládnout zcela bez zásahu operátora. [3]



Obr.11 Způsoby pohybu po pozemku za pomoci navádění [16]

### 3.4 Možnosti automatického řízení

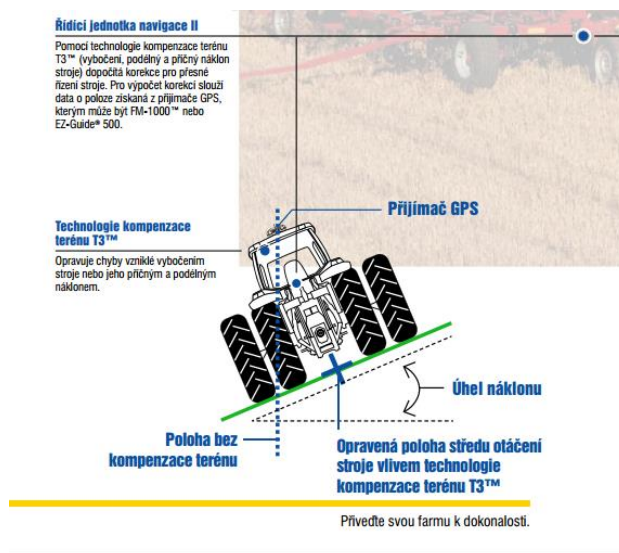
Systém automatického řízení je spojen s řídicí nápravou, která vede jednoduše soupravu v předdefinované linii, mnohdy včetně tak složitých manévřů jako otáčení soupravy na souvrati pozemku. Sestava nejrůznějších čidel na řízení stroje přesně vyhodnotí, do jakého směru jsou kola natočena. Do tohoto automatického řízení je možné vstoupit, a to při jakékoli manipulaci s volantem, kdy se tento systém vypne. Vypnutí je možné také dosáhnout řadou různých dalších bezpečnostních opatření, jako je sesednutí ze sedačky. [8]

### 3.5 Pohyb stroje v terénu

Na obdělávaných pozemcích jsou nerovnosti terénu, které mohou způsobovat chybu v přesnosti zaměření a tím způsobovat nepřesné navádění dráhy. Při větším náklonu je vypočítaný bod zkreslen o úhel naklonění, proto využíváme systémů pro kompenzaci terénu. Kompenzace terénu se provádí pomocí výpočtu rozdílu polohy GPS přijímače a požadované pracovní polohou stroje za pomoci zařízení umístěného přímo v přijímači, například gyroskop nebo akcelerometr.



Díky této kompenzaci dokážeme se strojem pracovat v nerovném i kopcovitém terénu. Při práci po vrstevnici na svažitém pozemku s úhlem  $5^\circ$  je přijímač umístěn ve výšce 4 metrů a výchylna má velikost 34 cm. Za pomoci gyroskopu, akcelerometru nebo elektronické vodováhy je zjištěna chyba a korekce je vypočítána až na hodnotu, kdy by se poloha přijímače rovnala nule. [8]



Obr. 12 Terénní korekce [13]

## 3.6 Navigační systémy New Holland

### 3.6.1 Systém asistovaného řízení

Automatické řízení Intelli Steer jednoduše nahrazuje volant a je schopno vést soupravu ve zvolené linii od začátku jízdy až po dojetí na konec pozemku. Do navádění navádění je možné vstoupit při pohybu volantem nebo odlehčení sedadla řidiče, kdy se coby bezpečností prvek systému, stroj automaticky zastaví. Systém je plně kompatibilní s běžným hydraulickým systémem řízení a automaticky se stará o správné natočení kol do požadovaného směru jízdy. Řidič je schopen ovlivnit směr jízdy a kdykoli převzít řízení zpět, například v případě otáčení na souvratích či vyhýbání se překážkám. [12]



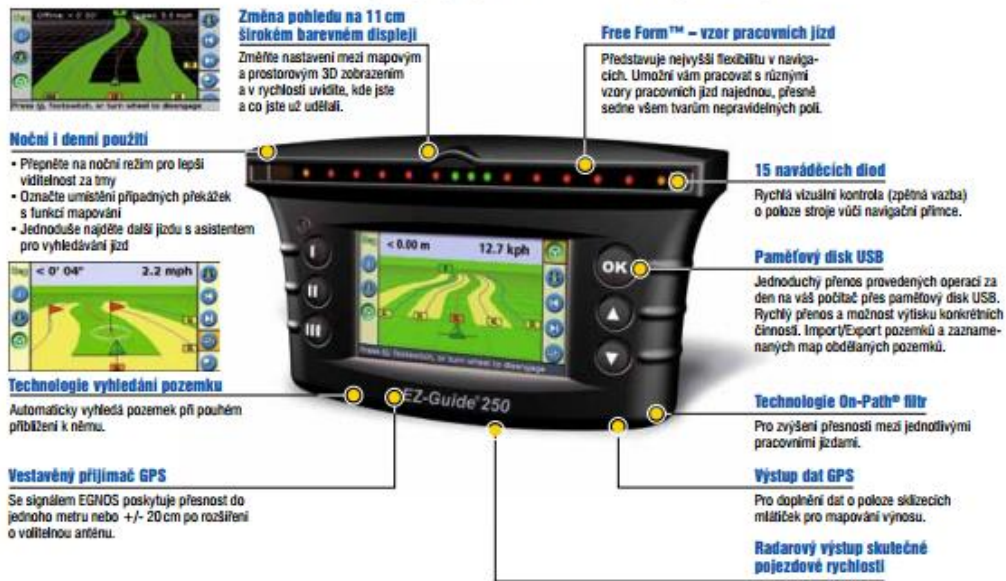
Obr. 13 Automatické řízení [17]

### 3.6.2 EZ-Guide 250

System New Holland EZ-Guide 250 optimalizuje práci na poli. Protože jsou stroje pro různé polní práce neustále širší, pozornost vyžadovaná na řidiči, aby přesně ovládal svůj traktor, stále vzrůstá. Tato navigace poskytuje praktický a srozumitelný světelný panel a víceúčelovou LCD obrazovku, ukazující cestu pro sledování. Při používání DGPS, monitor EZ-Guide 250 ukládá do paměti první jízdu a u následujících navádí stopu po souběžných drahách. Zabrání se překrývání a vynechávkám a umožňuje tak rychlejší práci než obvyklé metody navádění. Nemusíte hlídat a propočítávat množství postřiku v nádrži. Pokud Vám roztok dojde uprostřed pole, zmáčknete tlačítko a po naplnění Vás monitor navede přesně na místo, kde dopadly poslední kapky. I když jede naplnit tři kilometry a vrátí se za půl hodiny, ví přesně, kam dojel. Mrholení, mlha nebo nedostatek denního světla nemůžou zabránit žádnému naváděcímu systému, aby nedodržel určenou dráhu. Protože jsou komponenty EZ-250 zabudované na jednoduchých držácích v traktoru, je docela snadné používat navigaci na více strojích. [12]

### Váš první krok do světa navigací!

Seznamte se s navigací GPS pomocí jednoduché a cenově přijatelné světelné lišty EZ-Guide® 250. Snadno a rychle ovladatelná přímo na monitoru. Jedná se o výkonný nástroj, který zajistí přesnost až +/- 20 cm mezi pracovními jízdami



Obr. 14 EZ- 250 [13]

### 3.6.3 FM-750

System FM-750 - možnost větší přesnosti, jeho rozšíření na ovládání závěsného nářadí. Se zabudovaným GPS přijímačem si můžete vybrat potřebnou přesnost, aniž by bylo nutné do kabiny přidávat další „krabičky“. Stačí malá kulatá anténa na střechu. Pomocí USB klíče jednoduše přeneste záznam své celodenní práce do počítače a vytiskněte si mapy a výkazy. Velká tlačítka Vám umožňují řízení veškerých hlavních funkcí, stavu GPS, nastavení a nápovědy pomocí jediného stisknutí. Princip práce a ovládání je stejný jako u základní dvěstěpadesátky. Tady navíc můžete připojit volant s elektrickým ovládáním korekce jízdní dráhy EZ-Steer. Navedete traktor na požadovanou dráhu a zapnete navádění. Pokud se stane, že vám do stopy přijde skruž nebo jiná překážka bez jakéhokoliv přepínání něčeho sáhnete na volant a provedete úhybný manévř a vrátíte traktor zpět do dráhy. A aktivujete zpět automatiku. [12]



Obr. 15 FM-750 [12]

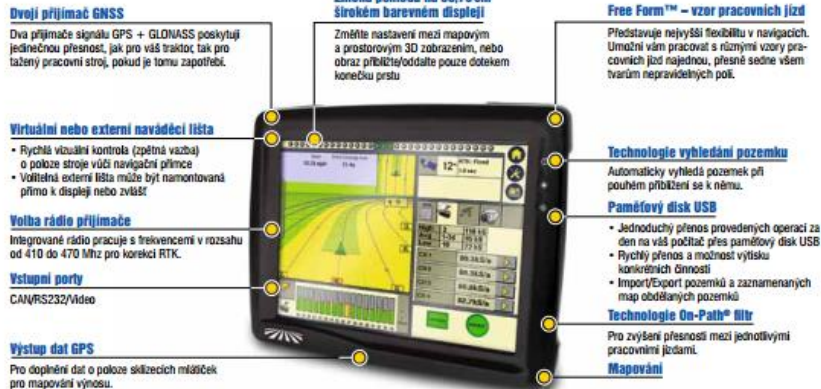
### 3.6.4 FM-1000

Displeje FM-1000 a XCN-2050 přináší možnost komunikace přes IsoBus a aplikační mapy ve fotografickém ztvárnění až po přenos dat pomocí aplikací Android pro jejich další zpracování. Samozřejmostí je možnost koupě plně integrovaného a přímo v továrně zabudovaného systému. Ten se u traktorů New Holland nazývá IntelliSteer. Do traktoru T6 AutoCommand a větších máte možnost objednat do traktoru monitor IntelliView. K němu buď přípravu pro navigaci, nebo celou sadu. Příprava obnáší kabeláž, hydraulické vedení a snímače. Kompletní sada sestává z antény a přijímače na střeše, řídicí jednotky, dvojité sady čerpadla řízení plus komponenty přípravy. [12]

## FM-1000™

### Vrchol v technologii navigací!

FM-1000™ představuje nejvyšší výkonnost a maximální spolehlivost z dostupných modelů navigačních systémů současnosti, a to zejména z pohledu příjmu signálů ze sítě satelitů pro GPS a GLONASS přijímače. Zvládne všechno, co vás jen napadne v oblasti navigace, řízení a mapování, a to všechno jen lehkým dotykem. FM-1000™ umožňuje zvlášť vysokou přesnost, kterou potřebujete, od +/- 20 cm do +/- 2,5 cm, a to jak mezi pracovními jízdami, tak i u meziroční přesnosti.

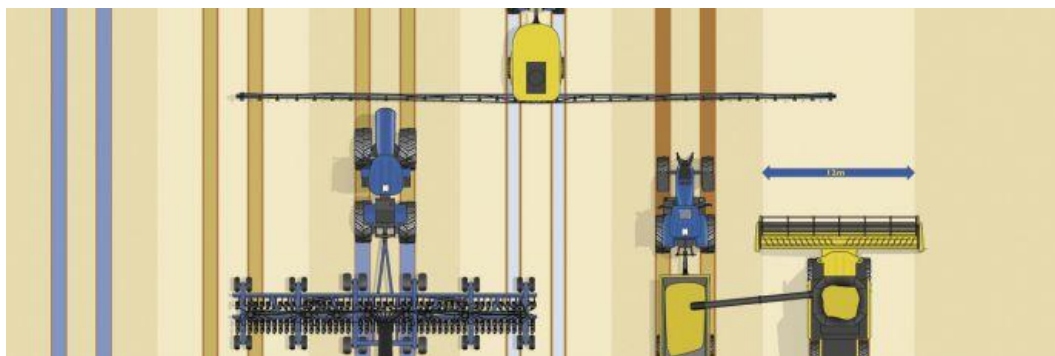


Obr. 16 FM-1000 [13]

### 3.7 Controlled Traffic Farming

Současný vztah prvovýrobců v zemědělství k půdě je v řadě případů spojen s nešetrným zacházením, které systematicky poškozují přirozené vlastnosti půdy. Jedním z podstatných problémů, který řada farmářů začíná stále citelněji vnímat, je zhutňování půdy. Důsledkem zhutňování zemědělsky využívaných půd je negativní vliv na energetickou náročnost zpracování vlivem nezodpovědného pohybu těžké techniky. Řešení se proto nabízí i v podobě technologie, zvané jako CTF (Controlled Traffic Farming), jejíž cílem je pozitivně přispět k ochraně půdního fondu a dlouhodobé zlepšení struktury půdy eliminací přejezdu po pozemku. Tento systém s uspokojivými výsledky je úspěšně využíván i v České Republice.

Myšlenka CTF systému v podstatě znamená soustředění, všech běžných přejezdů na jednom pozemku do stejných stop s každoročním opakováním. Jedním z požadavků při výběru vhodné mechanizace proto rovněž musí být sladění pracovních záběrů všech strojů. [18]



Obr. 17 CTF [13]

### 3.8 RTK

System RTK poskytuje uživateli přesnost 2,5 cm. System samotný je možné chápat jako vlastní referenční stanici s určitým dosahem, která funguje bez nutnosti úhrady jakýchkoli licenčních poplatků.



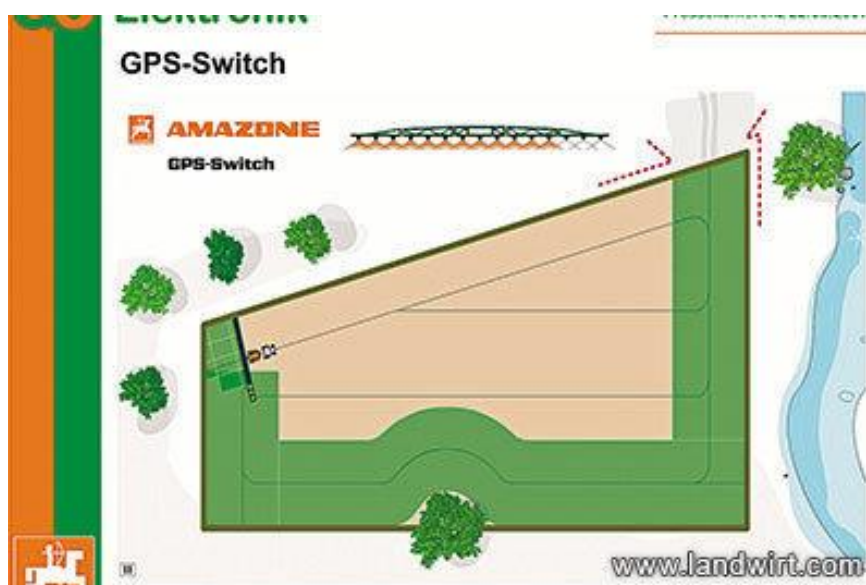
Obr. 18 Schéma RTK [13]

Referenční stanice RTK je složena z lokální umístěné stanice umístěné v blízkosti právě obdělávaného pozemku, ale i přilehlém okolí. Stanice pak pomocí rádiového vysílání vysílá přístroji údaje o korekcích přímo k anténě, která je umístěna klasicky na stroji jak je tomu u jiných automatických systémů řízení. Tato stanice monitoruje rozmístění GPS satelitů a průběžně dopočítává odchylka v reálném čase.

Systém garantuje dodržení linie v přímém i různě pokřiveném směru. Z investičního hlediska se jedná pouze o jednorázovou vstupní investici. Velkou výhodou je možnost využití jedné stanice pro všechny stroje na farmě. Z pohledu produktivity a hospodárnosti jde o nejpropracovanější způsob navádění stroje po pozemku. [12]

### 3.9 Sekční kontrola GPS-Switch

Smyslem systému automatického ovládání sekčí je umožnit podstatně vyšší kvalitu a spolehlivost aplikačního procesu. Systém pracuje plně automatické podle nastavení souvratě a šířky pracovního záběru prostřednictvím využívané GPS navigace pro rozmetadla hnojiv, postřikovače a secí stroje.



Obr. 19 Grafické znázornění systému GPS-Switch [19]

Systém GPS-Switch zprostředkovává plně automatické nastavení souvratě a šířky pracovního záběru prostřednictvím GPS signálu pro širokou škálu pokrytí. Když se výsevní jednotka dostane do již zaseté plochy, je výsev automaticky vypínán. Zapnutý je teprve poté, co dosáhne volné plochy. Předpokladem fungování systému je elektropohon výsevních jednotek a ideální je řídicí jednotka ISO-Bus systému na secím stroji. Ta zpracovává zaslané povely a zasílá je dále. [20]

## **4 Cíl práce**

Tato práce si ve své první části klade za cíl popsat aktuální trendy v segmentu navigačních technologií. Cílem experimentální části práce je charakterizovat rozdíl v efektivnosti použití stroje při práci s nejjednodušším dostupným navigačním systémem a naopak při pohybu soupravy bez tohoto systému za stejných podmínek.

Hodnoty uvedené v experimentální části práce jsou opřeny o data z konkrétního podniku. Z experimentálních dat je vypočtena úspora nákladů na osivo při setí 300 hektarů kukuřice.



## 5 Metodika práce

Hlavním cílem tohoto pokusu je posoudit přínos nejzákladnějšího a zároveň nejlevnějšího druhu GPS navigace v podmínkách zemědělské prvovýroby.

Pro výpočet jsou jako vstupní data použity hodnoty získané polním pokusem. Měření bylo uskutečněno na dvou pokusných parcelách, každá o rozloze 5 ha. Tyto parcely byly zvolena čistě z praktických důvodů, neboť při standardních podmínkách se výkonnost secí soupravy pohybuje právě okolo hodnoty 5 ha za hodinu. Měření proběhlo 22. dubna 2016 na pokusných parcelách na pozemku 4504/6 o v katastrálním území Koloveč. Jedná se o pozemek se sklonitostí  $4,62^\circ$  a nadmořskou výškou 486,9 m. n. m. Předplodinou byla ozimá pšenice. Po sklizni proběhla podmítka a zapravení kejdy. Na jaře před setím kukuřice bylo na pozemek aplikováno hnojivo Amofos v dávce 100 kg/ha a následně byl pozemek jeden den před setím prokypřen radličkovým kypřičem do hloubky 15 cm. BPEJ pozemku je 5.46.10. Na části půdního bloku se nachází půda mírně erozně ohrožená. Tento pozemek je vhodný pro tento experiment díky příznačným nepravidelným tvarům, kde je prostor pro odhalení potenciálu sekční kontroly. Parcely jsou součástí většího půdního bloku o rozloze 21,72 ha na kterém byly předem osety souvratě. Samotný polní pokus byl proveden ve dvou fázích, přičemž na prvním stanovišti se souprava pohybovala za podpory GPS navigace a sekční kontroly a v druhém případě bez tohoto systému.

Protože se jedná o nejzákladnější dostupný systém GPS navigace, byla při obou pokusech souprava naváděna do linií jízdy manuálně a otáčena manuálně. Vzhledem k charakteru práce, která je zaměřena na vyjádření úspory osiva kukuřice, coby významně zastoupené plodiny v osevním postupu, zde není brán v potaz faktor času a není sledována spotřeba pohonných hmot a mzda obsluhy. Vzhledem ke zvolenému systému navigace lze předpokládat, že se tyto zmíněné veličiny nezmění.

Délka každé z pokusných částí pozemku byla jednoduše zjištěna z informačního terminálu traktoru stejně jako zpracovaná plocha. Při zjišťování pracovního záběru přesného secího stroje byla použita informace uvedena výrobcem. Měření celkového času pracovního cyklu  $T_c$  je započato spuštěním secího stroje a ukončeno po jeho zvednutí na druhé části vytýčeného pozemku. Sledována je také průměrná pracovní rychlost  $V_p$ .

Výpočet úspory vychází ze základního předpokladu výsevku 95 000 jedinců na hektar. Při pokusu se spuštěnou sekční kontrolou je po zasetí zadané výměry osivo vypuštěno ze zásobníku a zváženo. Pokus s vypnutou sekční kontrolou probíhá obdobným způsobem a tyto dvě hodnoty jsou pak mezi sebou porovnány. Pro ucelenější přehled o polním pokusu jsou sledovány další naměřené parametry jako počet jízd soupravy, pracovní rychlost, záběr secího stroje a rozměry pozemku.



Obr. 20 Mapa pozemku ze serveru LPIS [21]

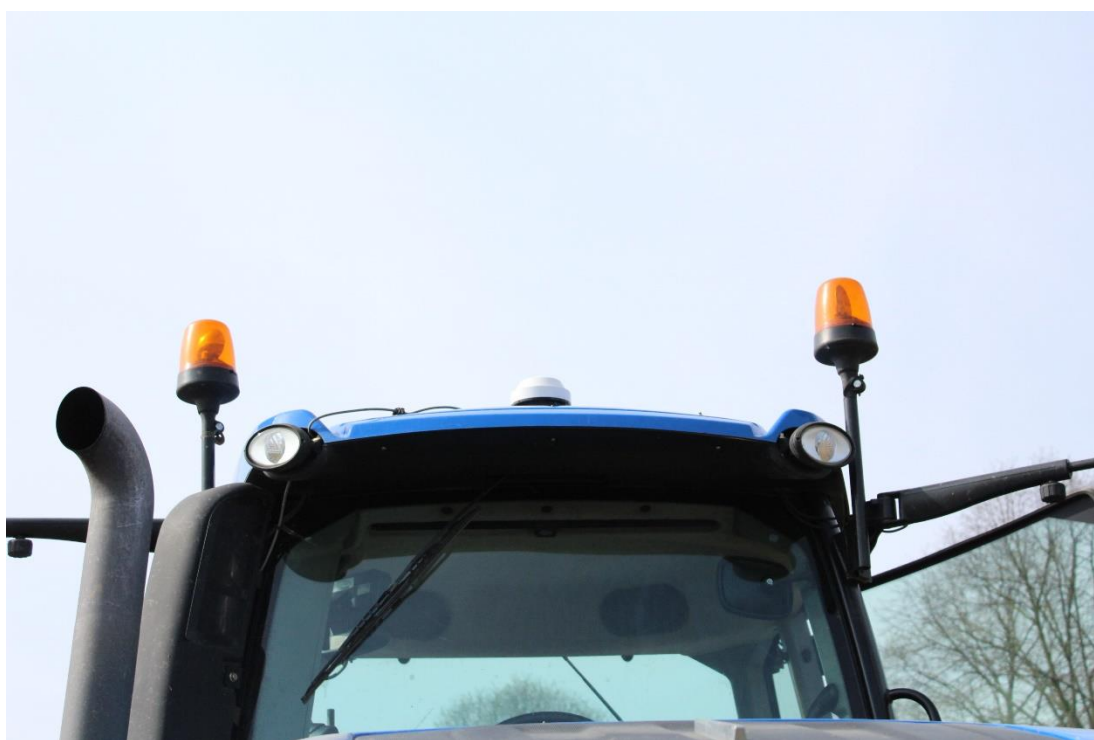
## 5.1 Představení podniku

Měření bylo uskutečněno na pozemku akciové zemědělské společnosti „A“, hospodařící na 3000 ha orné půdy. Na úseku rostlinné výroby se společnost zaměřuje na produkci řepky, obilovin a silážní kukuřice na výměře 300 hektarů, která kompletně slouží jako krmivová základna pro živočišnou výrobu. Ta je zaměřena převážně na chov skotu plemene Montbeliarde v počtu bezmála 900 kusů s produkcí mléka. Společnost je známá i pořadatelstvím Chovatelského dne se zaměřením na prezentaci dosažených výsledků v oblasti chovu krav a býků.

## 5.2 Souprava využitá k experimentu

Stálou agregací s přesným secím strojem EDX tvoří kolový traktor New Holland T8.360 s šestiválcovým motorem FPT Cursor 9 o obsahu 8700 cm<sup>3</sup> a jmenovitým výkonem 229 kW, vybavený navigací Trimble EZ-Guide 250 s kompletním příslušenstvím v podobě potřebné elektroinstalace. Tento traktor byl dále dodán s převodovkou Ultra Command – Full Power Shift s rozsahem rychlostních stupňů 23x6. a byl pořízen v roce 2012. V době provedení pokusu měl natočeno 3 525 MTH. Tažný prostředek se v závislosti na podmínkách se secím strojem pohyboval po pozemku v rozmezí otáček 1350-1600 ot.min<sup>-1</sup>, tedy v oblasti, kde je jednoznačně zaručeno dosažení přenosu nejvyššího točivého momentu.

Protože se jedná o nejzákladnější dostupný systém GPS navigace, byla při obou pokusech souprava naváděna do linií jízdy manuálně a otáčena manuálně.



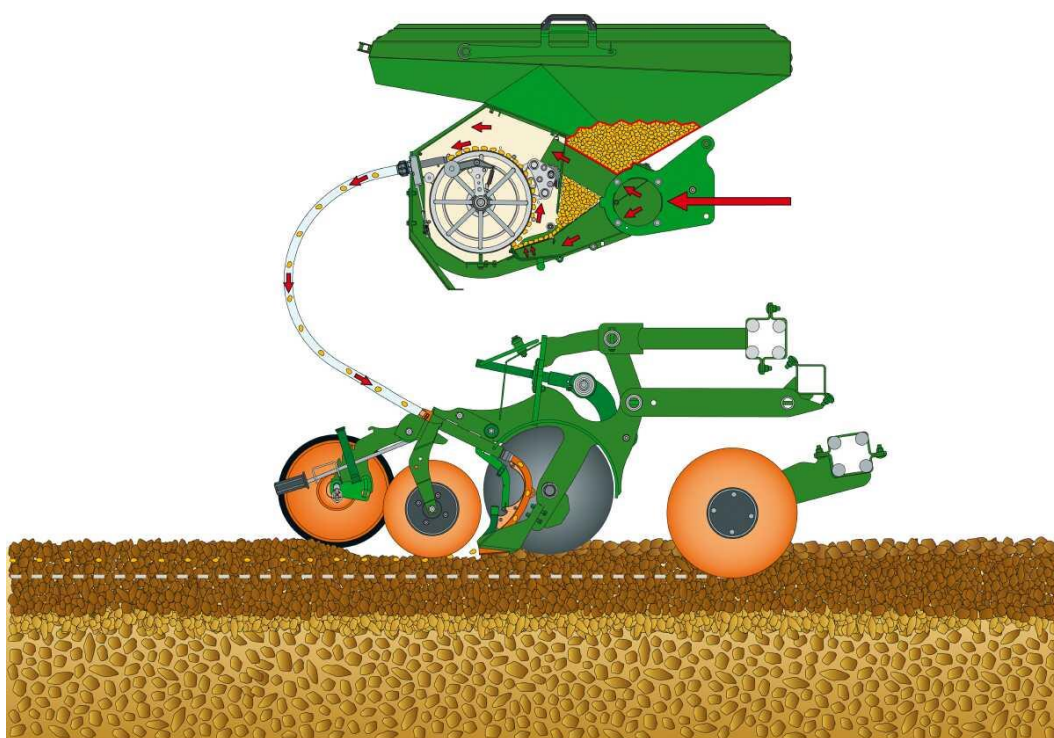
Obr. 21 Anténa navigace FM-250

Přesný secí stroj Amazone EDX-6000 TC disponuje roztečí výsevních agregátů 37,5 cm (setí na pokusné parcele probíhalo s roztečí 75 cm). Objem zásobníku na osivo 600 l umožňuje také současnou aplikaci minerálních hnojiv tzv. pod patu. Pro tento účel slouží zásobník na uložení hnojiva o obsahu 3 000 l. Secí stroj je vybaven centrálním seřizováním hydraulického přtlaku na secí botku a byl dodán spolu s ovládacím terminálem AMATRON 3.



Obr. 22 Přesný secí stroj Amazone EDX 6000-TC

Srdcem celé technologie umožňující dosahovat vysoké pracovní rychlosti až  $15 \text{ km} \cdot \text{hod}^{-1}$  je unikátní systém dávkování X-press, který je za dobu své existence nositelem celé řady prestižnějších ocenění. Zrnko je po vyjednocení dopraveno přetlakovým systémem přes semenovody ke dvojdiskové secí botce ve tvaru písmene V, která rovněž prořizne povrch půdy a vytlačí případné posklizňové zbytky. Za secí botkou následuje hrot, který vytvoří pravoúhlou secí drážku a utuží její dno. Do vytvořené drážky je pak osivo "zastřelováno" a následně zahrnuto pryžovým přtlakým kolem Super-V, které zároveň zpětně utuží povrch nad zahrnutou drážkou. Centrální seřizování přtlaku na botku se provádí přes ventil přímo na stroji. Secí stroj disponuje maximálním přtlakem 200 kg/výsevní jednotka, což umožňuje bezproblémové ukládání osiva ať při konvenčním nebo bezorebném způsobu zpracování seřového lože.



Obr. 23 Přetlakové secí ústrojí X-press [20]

### 5.3 Metodika vyhodnocení experimentu

Souprava se po pozemku pohybovala člunkovým způsobem jízdy a byla naváděna manuálně. Snahou přitom bylo vést soupravu bez odchylek od vytýčené dráhy jízdy a přesávání přesného secího stroje eliminovat na minimum. Měření celkového času cyklu bylo započato od prvního spuštění secího stroje. Čas otáčení na souvrati je vypočítán tak, že se sečtou všechny časy otáčení a jsou vyděleny počtem těchto otáčení. Vyhodnocení polního pokusu je zaměřeno na úsporu osiva při použití navigace a bez ní a výsledování funkčnosti sekční kontroly secího stroje, především v krizových místech pozemku, jakými jsou souvratě a místa. Zde secí stroj vyjíždí nebo naopak najíždí zpět do pracovního záběru a dochází tak dochází k přesevu. Výpočet úspory vychází ze základního předpokladu výsevu 95 000 jedinců na hektar, což představuje 33,25 kg osiva.

Při pokusu se spuštěnou sekční kontrolou je po zasetí zadané výměry osivo vypuštěno ze zásobníku a zváženo. Pokus s vypnutou sekční kontrolou probíhá obdobným způsobem a tyto dvě hodnoty jsou pak mezi sebou porovnány.

Pro ucelnější přehled o polním pokusu jsou sledovány další naměřené parametry jako počet jízd soupravy, pracovní rychlost, záběr secího stroje a rozměry pozemku.

Cena za 1 kg osiva odrůdy Ronaldinino od společnosti KWS, je stanovena na základě údajů poskytnutých podnikem a činí 126,31 Kč. Vyjádření ceny osiva potřebného pro zasetí 5 ha kukuřice je vyjádřeno jako násobek ceny za 5 kg osiva a výsevku na hektar v kg.

Šířka pozemku	$L_z$ (m)
Délka pozemku	d (m)
Výměra	ha
Počet jízd	n
Pracovní záběr	$B_k$ (m)
Pracovní rychlost	$\text{Km.hod}^{-1}$
Celkový čas cyklu	$T_c$ (min)
Čas otáčení	$T_c$ (min)
Spotřeba paliva	$Q_r$ (l)
Množství vysetého osiva na hektar	$m_{ha}$ ( $\text{kg.ha}^{-1}$ )
Pořizovací cena navigace	Kč

Tabulka č.1 Souhrn sledovaných hodnot

Úspora osiva je stanovena na základě zvažení výsevku před pokusem a po něm. Tento údaj vychází z předpokladu, že celkové množství vysetého osiva na 5 ha je zjištěno jako vynásobení hektarového výsevku počtem zasetých hektarů.

osivo potřebné pro osetí 5 ha – stanovená úspora

Pro názornější ukázkou efektivnosti setí se sekční kontrolou zkusme tyto výpočty aplikovat na celkovou roční výměru kukuřice, která byla v roce 2016 cca 300 hektarů. Nejdříve stanovíme celkový výsevek pro 300 ha v kilogramech

cena za 1 kg osiva \* uspořené množství v kg

## 5.4. Metodika stanovení návratnosti investice

Při stanovení návratnosti investice pak vycházejme z předpokladu, že návratnost je stanovena vzorcem jako podíl pořizovací ceny navigace a roční úspory osiva

$$N \text{ (Kč)} = \frac{\text{pořizovací cena}}{\text{roční úspora}}$$

Z hlediska využitelnosti vztažené k počtu odpracovaných hektarů lze stanovit návratnost investice jako podíl uspořené částky za rok a celkové výměry kukuřice.

$$N \text{ (ha)} = \frac{\text{uspořená částka}}{\text{počet hektarů}}$$

## 6 Výsledková část

Navádění soupravy na pozemku bylo plně v kompetenci obsluhy. Snahou přitom bylo vést soupravu bez odchylek od vytyčené dráhy jízdy a přesévání přesného secího stroje eliminovat na minimum. Měření celkového času cyklu bylo započato od prvního spuštění secího stroje. Čas otáčení na souvrati je vypočítán tak, že se sečtou všechny časy otáčení a jsou vyděleny počtem těchto otáčení. Vyhodnocení polního pokusu je zaměřeno na úsporu osiva při použití navigace a bez ní a výsledování funkčnosti sekční kontroly secího stroje, především v krizových místech pozemku, jakými jsou souvratě a místa. Zde secí stroj vyjíždí nebo naopak najíždí zpět do pracovního záběru a dochází tak dochází k přesevu. Snahou obsluhy bylo docíleno co nejmenšího překrytí.

Šířka pozemku $L_z$ (m)	60,1
Délka pozemku $d$ (m)	840
Výměra (ha)	4,956
Počet jízd ( $n$ )	10
Pracovní záběr $B_k$ (m)	6
Pracovní rychlost $V_p$ (Km.hod <sup>-1</sup> )	12
Celkový čas cyklu $T_c$ (min)	56,5
Čas otáčení $T_c$ (min)	3,5
Spotřeba paliva $Q_r$ (l)	26,6
Vyseté osiva na hektar $m_{ha}$ (kg.ha <sup>-1</sup> )	33,25
Pořizovací cena navigace (Kč)	30 400

Tabulka č.2 Souhrn zjištěných hodnot

Celková roční výměra kukuřice byla v roce 2016 cca 300 hektarů. I když každý pozemek má rozdílné rozměry a liší se v řadě dalších aspektů, zkusme vycházet z předpokladu experimentálně stanovené úspory osiva pro 5 ha, a sice 8, 31 kg. Tento výsledek lze také vyjádřit jako úsporu 5 % osiva.

Počet hektarů	Se sekční kontrolou		Bez sekční kontroly	
	Výsevek [Kg.ha <sup>-1</sup> ]	Výsevek [Kč.ha <sup>-1</sup> ]	Úspora [Kg.rok <sup>-1</sup> ]	Úspora [Kč.rok <sup>-1</sup> ]
5	166,25	21 000	8,31	1050
300	9 975	1 259 942	498	62 902

Tabulka č.3 Výsledkové hodnoty

## 6.1 Hodnocení vývoje porostu

Jednu z příčin degradace porostů kukuřice lze spatřit v přesévání. Správné založení porostu je jedním z klíčových předpokladů pro vysoký hektarový výnos a kvalitu, přičemž chyby vzniklé nesprávnými opatřeními v průběhu setí lze pak v průběhu vegetace jen stěží odstraňovat. Požadavek na hustotu porostu se při délce spolu 75 cm pohybuje v rozmezí 7 až 11 rostlin na m<sup>2</sup>. Problematika přesévání v nepravidelných částech pozemků se netýká pouze souvrátí, ale také objíždění překážek či podmáčených míst. Přehuštění porostu se může lišit dle tvaru pozemků, avšak podstatným faktem zůstává, že takto nevyrovnaný porost, kde si rostliny konkurují, je předpokladem nízkého výnosu a šíření chorob. Obrázek č.25 zachycen na pokusné parcele zachycuje vývoj porostu, kde nebyla použita sekční kontrola.

Dalším negativním vlivem na vývoj porostu je také nedostatek slunenčího svitu na postižených místech, což má za následek zpomalení vývoje růstu porostu s následným efektem oddálení sklizeňové zralosti. V neposlední řadě tento jev vede k značnému zvýšení nákladů na osivo.





Obr.25 Porost kukuřice zdokumentovaný 30 dní po výsevu

Obrázek č. 26 dokumentuje stav vývoje porostu s použitou sekční kontrolou. Fotografie níže byla pořízena 31 dní po uskutečnění pokusu. Již při prvním pohledu lze konstatovat, že zde byl jednoznačně prokázán pozitivní vliv efektivnosti setí se sekční kontrolou.



Obr. 26 Stav vývoje porostu 31 dní po pokusu

## 6.2 Návratnosti investice

Vycházejme z pořizovací ceny navigace a roční úspory osiva

$$N = \frac{30\,400}{62\,902} = 0,48329 \text{ roku}$$

Z hlediska využitelnosti stroje zle přesněji vyjádřit návratnost této investice, když celkovou roční úsporu osiva vydělíme požadovanou roční výkonností secího stroje. Ekonomický aspekt tohoto negativního vlivu lze nejlépe demonstrovat v experimentální části této práce.

$$N = \frac{62\,902}{300} = 209,67 \text{ hektaru}$$

## 7 Výsledky a diskuse

Dosažené výsledky prokazují přínos satelitní navigace v zemědělství. Součástí ekonomiky založení porostu kukuřice seté je celá řada faktorů. Do nejzákladnějšího výčtu operací, patří podmítka, hnojení, předseťová příprava, setí, chemická ochrana a sklizeň. ZIER et. al. (2008) uvádí, že do kalkulace nákladů je nutné zahrnout nejrůznější ekonomické aspekty zemědělské prvovýroby, a to cenu nafty, nájem pozemků, odpisy strojů, náklady na opravy a pojištění, mzdové náklady, cenu osiva a v neposlední řadě náklady na pořízení a aplikaci chemických přípravků. Ze zjištěných poznatků vyplývá, že ačkoli se jedná o srovnání nejzákladnějšího dostupného systému v portfoliu dodavatelské společnosti, bylo dosaženo pozoruhodného efektu. Z ekonomického hlediska lze výsledky hmatatelně zaznamenat a vyjádřit. Vodítko k tomu poskytují výsledky zaznamenané polním pokusem, na které navazuje teoretický výpočet pro celou výměru 300 hektarů. Zjištěná úspora osiva 62 902,- Kč je významnou položkou v celkové kalkulaci nákladů na vypěstování celé výměry kukuřice. Vzhledem k lokalitě měření je nutno mít na zřeteli skutečnost, že každý pozemek se vyznačuje odlišnými tvary, což je možné považovat za hlavní proměnný faktor výpočtu úspory osiva. KUMHÁLA (2008) tvrdí, že právě tyto podmínky položily základ prudkého rozvoje satelitní navigace v zemědělství. Na základě zjištěné hodnoty 5 % úspory osiva může být tohoto východiska použito pro orientační hodnocení přínosu satelitní navigace a sekční kontroly při nejzákladnější úrovni přesnosti, dále i při hodnocení jiných agrotechnických operacích.

Při podrobnější interpretaci přínosu GPS navigace a sekční kontroly však také nelze opomenout další aspekty než pouze ekonomické. Díky tomu, že nedochází k přesevu je optimálně využít růstový potenciál rostlin a klíčivost v kritických místech pozemků a na souvracích. Takto vyrovnaný porost pak nedává tak veliký prostor pro šíření chorob a nevyžaduje chemický zásah do porostu.

Z hlediska návratnosti investice do satelitní navigace a sekční kontroly se prokazatelně jedná o technologii finančně dostupnou. Návratnost investice byla výpočtem stanovena na 208 hektarů. Stejně pozitivní vliv na vývoj návratnosti investice by mělo i využití navigace a sekční kontroly pro další operace, typu přihnojování minerálními hnojivy či chemická ochrana rostlin.

## **8 Závěr**

Cílem této práce bylo zaměřit se na problematiku využití GPS navigace a sekční kontroly u přesného secího stroje v nejzákladnějším a nejprimitivnějším pojetí. První část této práce si klade za cíl podat nejnovější pohled na dostupnou nabídku v segmentunavigačních technologií. Experimentální část práce charakterizuje na praktickém příkladu skutečný ekonomický přínos satelitní navigace a sekční kontroly na přesném secím stroji. Podrobnější pohled na tento aspekt tkví v eliminaci přesahů nebo vynechávek, čímž je prokázán také pozitivní vliv na vývoj porostu. Ve stejných podmínkách bylo při dvou uskutečněných pokusech zjištěna finanční úspora při setí přesným secím strojem se sekční kontrolou. Následný monitoring vývoje porostu tento fakt podtrhuje.

## Zdroje

- [1] RAPANT, P.: *Družicové polohové systémy*. VŠB-TU Ostrava, Ostrava, 2002, 202 s., ISBN 80-248-0124-8
- [2] ZIER a kol.: *Economic potential of autoguidance systems*. BERICHTE UBER LANDWIRTSCHAFT, 2008, 410-432 s  
[https://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=W2ZvuLDgeEOVSZFCUt9&page=1&doc=](https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=W2ZvuLDgeEOVSZFCUt9&page=1&doc=)  
„staženo dne 13.11.2016“
- [3] KUMHÁLA, F a kol: *Zemědělská technika, stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*, Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, 2008, 426 s., ISBN, 978-80-213-1701-7
- [4] <http://www.eagrotec.cz/den-techniky-s-preciznim-zemedelstvim> „staženo dne 13.11.2016“
- [5] ŠVÁBENSKÝ, O. a kol.: *Základy GPS a jeho praktické aplikace*, Brno, 1995. 123 s. ISBN 80-214-0620-8
- [6] PETROVSKI, I.: *GPS, GLONASS, Galileo, and BeiDou for Mobile Devices, From Instant to Precise Positioning*, Cambridge University Press, Cambridge, 2014, 338 s., ISBN 978-1-107-03584-3.
- [7] <http://slideplayer.cz/slide/6889735/> „staženo dne 13.11.2016“
- [8] <http://geodet.blog.cz/0905/uzivatelsky-segment> „staženo dne 13.11.2016“
- [9] [https://www.google.cz/search?q=%C5%99%C3%ADd%C3%ADc%C3%AD+segment+%C2%A8gps&biw=1280&bih=918&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj3nI2KqObPAhVDORQKHxq7DH0Q\\_AUIBigB&dpr=1#imgrc=IquyeAylXe\\_AmM%3A](https://www.google.cz/search?q=%C5%99%C3%ADd%C3%ADc%C3%AD+segment+%C2%A8gps&biw=1280&bih=918&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj3nI2KqObPAhVDORQKHxq7DH0Q_AUIBigB&dpr=1#imgrc=IquyeAylXe_AmM%3A) „staženo dne 13.11.2016“
- [10] <https://www.gssf.info/GSSF%20subpage%20GSSF%20models.htm> „staženo dne 13.11.2016“
- [11] <http://extension.missouri.edu/publications/DisplayPrinterFriendlyPub.aspx?P=wq452> „staženo dne 13.11.2016“

- [12] <http://www.eagrotec.cz/precizni-zemedelstvi> „staženo dne 13.11.2016“
- [13] Příručka obchodníka PLM, interní firemní literatura
- [14] [https://www.deere.com/en\\_US/products/equipment/ag\\_management\\_solution/s/ag\\_management\\_solutions.page](https://www.deere.com/en_US/products/equipment/ag_management_solution/s/ag_management_solutions.page) „ staženo 13.11.2016
- [15] [http://newhollandpresskit.btsadv.com/index.asp?c=&search=\\_&market=INB&c=N\\_H\\_NHDrive\\_INB&s=2212](http://newhollandpresskit.btsadv.com/index.asp?c=&search=_&market=INB&c=N_H_NHDrive_INB&s=2212) „ staženo 13.11.2016“
- [16] <http://keprecisionag.com/trimble/trimble-displays/> „staženo dne 13.11.2016“
- [17] <http://www.agrortk.com/cz/gps-systemy/automaticke-ridici-systemy/>  
„staženo dne 13.11.2016“
- [18] STEHNO, L.: *CTF a omezení nežádoucího zhutňování půdy*. Mechanizace zemědělství, Profi Press s.r.o, Praha, 5-2015, ISSN:0373-6776
- [19] [https://www.landwirt.com/berichtdiashow/Amazone\\_Agritechnica\\_2007,8,Amazone-GPS-Switch.html](https://www.landwirt.com/berichtdiashow/Amazone_Agritechnica_2007,8,Amazone-GPS-Switch.html) „staženo dne 13.11.2016“
- [20] <http://www.zavesnatechnika.cz/obrazky-soubory/prospekt-amazone-edx-26729.pdf?redir> „staženo dne 13.11.2016“
- [21] <http://info.amazone.de/DisplayInfo.aspx?id=27975> „staženo dne 13.11.2016“
- [23] <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/> „staženo dne 13.11.2016“