

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
AKADEMICKÝ ROK: 2014/2015

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.

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Využití satelitní navigace při sklizni píce**

Vedoucí práce:

Zpracoval:

Ing. Josef Frolík, CSc.

Petr Klíma

České Budějovice 2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr KLÍMA**  
Osobní číslo: **Z12854**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**  
Název tématu: **Využití satelitní navigace při sklizni píce**  
Zadávací 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 :

Cílem práce je prověřit možnosti praktického využití satelitní navigace při sklizni píce především z pohledu návaznosti pracovních operací a optimalizace pohybu strojů po pozemku.


1. Popis systémů satelitní navigace.
2. Přesnost a korekce s ohledem na terénní podmínky.
3. Záznam a zpracování dat.
4. Propojení s palubním počítačem a přenos zaznamenaných údajů.
5. Praktické využití ve vlastní zemědělské výrobě.

Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 50 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:


<http://www.satelitni-navigace-gps.cz/>  
[www.karlin.mff.cuni.cz/halas/Aplikace/GPS.pdf](http://www.karlin.mff.cuni.cz/halas/Aplikace/GPS.pdf)  
[agri-precision.cz/index.php?page=korekcni\\_signaly\\_presnosti](http://agri-precision.cz/index.php?page=korekcni_signaly_presnosti)  
[www.novinky.cz](http://www.novinky.cz) - Věda a školy

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Josef Frolík, CSc.  
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: 14. ledna 2014  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2015

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

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

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

V Českých Budějovicích dne 26. března 2014

## **Poděkování**

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Josefu Frolíkovi, CSc. za cenné rady a připomínky, které mi během vypracování práce poskytoval, a také za jeho strávený čas, který věnoval čtení mé bakalářské práce.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma Využití satelitní navigace při sklizni píce vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Josefa Frolíka, CSc. s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, dne .....

.....  
podpis studenta

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá problematikou satelitních navigací v zemědělství s akcentem na jejich využití při sklizni pícnin. Provádí stručný teoretický přehled dosavadního poznání v oblasti globálních satelitních systémů se zaměřením na navigační systém GPS. Stěžejní část práce je věnována možnostem využití satelitních technologií v zemědělství, zejména z pohledu návaznosti pracovních operací při sklizni pícnin a hlediska optimalizace pohybu strojů na pozemku.

## **Klíčová slova:**

satelitní navigace, sklizeň pícnin, efektivita práce zemědělských strojů

## **Abstract**

Bachelor thesis deals with satellite navigation in agriculture with an emphasis on use in fodder plants harvesting. The thesis performs a brief theoretical overview of a current knowledge in the field of global satellite systems, focusing on GPS navigation system. The main part of the thesis is devoted to the use of satellite technology in agriculture, especially to continuity of operations in fodder plants harvesting and to optimizing of machines movement on the land.

## **Keywords:**

satellite navigation, harvesting, labor efficiency of agricultural machinery

## Obsah:

<b>1.Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Cíl práce a metodika .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Globální satelitní systémy .....</b>	<b>11</b>
2.1.1. Navstar GPS .....	11
2.1.2. GLONASS .....	12
2.1.3. Systém Galileo .....	13
2.1.4. Porovnání satelitních navigačních systémů .....	13
<b>2.2. Navigační systémy .....</b>	<b>14</b>
2.2.1. Historie a vývoj .....	14
2.2.2. Uspořádání, popis a princip systému GPS,DGPS .....	17
<b>2.3. Naváděcí systémy v zemědělství.....</b>	<b>21</b>
2.3.1 Manuální naváděcí systémy .....	21
2.3.2. Automatické naváděcí systémy .....	22
<b>3. Metody měření přesnosti návaznosti pracovních jízd .....</b>	<b>29</b>
3.1. Zpracování dat.....	39
<b>4. Praktické využití satelitní navigace při sklizni píce v zemědělské výrobě ..</b>	<b>42</b>
<b>5. Závěr.....</b>	<b>48</b>
<b>6.Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>49</b>
6.1. Seznam literatury .....	49
6.2. Elektronické zdroje .....	50

## 1.Úvod

GPS navigační přístroje se v posledních letech dočkaly obrovského rozvoje. Napomohly tomu vyspělejší technologie umožňující výrobu menších, spolehlivějších a snadněji ovladatelných přijímačů, rozvoj velmi přesných digitálních map a především rozhodnutí vlády USA o zrušení záměrné chyby vnášené do civilního signálu GPS. Přesnost zaměření pozice kdekoliv na světě pro běžného civilního uživatele se tak zvýšila z dřívějších cca 100 m na dnešních 5–10 metrů.[1]

V současné době je nejpoužívanějším systémem satelitní navigace GPS (Global Positioning System). Přestože dnes GPS nachází široké civilní uplatnění, jedná se původně o systém vojenský. Měl totiž sloužit asi 40 000 vojenských uživatelů, nyní jej však využívá přes 20 milionů civilních a vojenských uživatelů po celém světě.

GPS provozuje ministerstvo obrany Spojených států amerických již od r. 1973. Jedná se o vojenský globální družicový systém, s jehož pomocí lze určit polohu a přesný čas kdekoliv na Zemi i nad Zemí. Přesnost lze udát až na jednotky centimetrů. Nachází velmi širokého užití: od automobilů, záchranné služby, přes navádění lodí a letadel, v zemědělství až po finanční sektor, kde slouží k přesnému určování času jednotlivých transakcí. S přesností a spolehlivostí navigačních systémů roste i spektrum jejich využití. Aplikace, software pro "chytré" mobilní telefony, je v současné době velkým hitem. Kromě navigace jsou globální navigační systémy důležité pro přesný čas (UTC – Universal Time Coordinated) a jeho šíření po celém světě.

Zemědělská technika prošla technickými změnami. Dnes je stále více vybavena elektronickými systémy než-li v minulosti. Systémy, které určují dráhu, zaznamenávají polohu stroje, zlepšují efektivitu stroje, práce. Zemědělské stroje pracují s GPS signály, které jsou vysílány z vesmíru družicemi pro přesný řízený pohyb po pozemku. CTF ( Controlled Traffic Farming ) usměrňuje jednotlivé jízdy po jednotlivých kolejí. Tím se předejde neefektivitě práce a dojde k úspoře paliva, času, hnojiva, osiva a tudíž i financí. Další pozitiva, které satelitní navigace přináší jsou v lepší orientaci na pozemku, neomezená práce v noci, mlze, prachu a samozřejmě nižší únava, menší chybovost obsluh, než-li by to obstarávala pouze obsluha stroje. Ta se může věnovat jiným, také velmi důležitým činnostem, jako je například kontrola správnosti práce stroje.



Finance za navigační systémy v oblasti zemědělství by se měly vrátit do několika let použití.

Zemědělcům satelitní navigace pomáhají k vyšší produktivitě a účinnosti stávajících metod obdělávání půdy. Navigace také poskytuje lokální data o pozemcích a je možné z ní vyčíst například zamoření polí plevelem nebo onemocnění pěstovaných kultur. [3]

## 2. Cíl práce a metodika

Cílem této práce je prověřit možnosti využití satelitní navigace v zemědělství. Hlavní zaměření na sklizeň píce s použitím satelitních navigací. Provéřit návaznost pracovních operací a optimalizace pohybu strojů po pozemku. Cíle práce jsou následující:

1. Na základě dostupných literárních parametrů zpracovat přehled o satelitních navigacích.
2. V praxi ověřit přínos satelitních navigací při navádění zemědělských strojů, návaznost operací v pícninářství

V první části této práce se budu zabývat problematikou uplatňování satelitních navigací pro zemědělské stroje, jejich význam a hospodárnost pro farmu.

V druhé části této práce se budu zabývat problematikou praktického využití satelitní navigací v pícninářství a zmapování této oblasti zemědělství. Výsledek bude zhodnocení významu využití satelitních navigací.

## 2.1 Globální satelitní systémy

Globální satelitní systémy rozdělujeme:

- a) Navstar GPS,
- b) GLONASS,
- c) Systém Galileo.

### 2.1.1. Navstar GPS

NAVSTAR GPS je rádiový, polohovací systém space-based , který se skládá se z konstelace 24 družic. Poskytují navigační informace i načasování informací vojenských i civilních uživatelů po celém světě. Kromě satelitů se systém skládá z celosvětové satelitní řídicí sítě a přijímacích jednotek GPS, které zachytí signály ze satelitů a převedou je do informace o poloze.

GPS výrazně překonává jiné navigační systémy a činí tak s větší přesností a za nižší cenu.

GPS poskytuje následující:

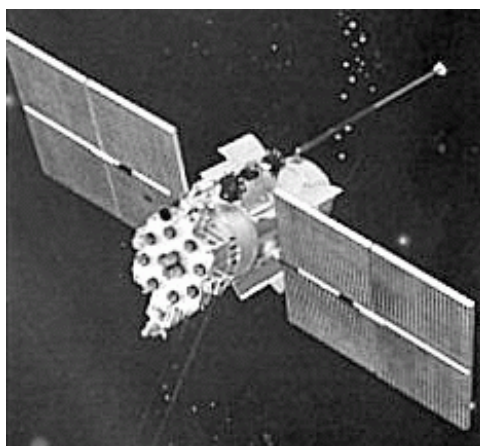
- 24 hodin denně, celosvětový servis.
- Extrémně přesné trojrozměrné informace o umístění (informace o zeměpisné šířce, délce a nadmořské výšce).
- Extrémně přesné informace o rychlosti.
- Přesné načasování služby.
- Průběžné informace o real-time.
- Dostupnost pro neomezený počet uživatelů na celém světě.
- Civilní uživatelská podpora na mírně nižší úrovni. [5]



Obrázek 2.1 Navstar GPS

### 2.1.2. GLONASS

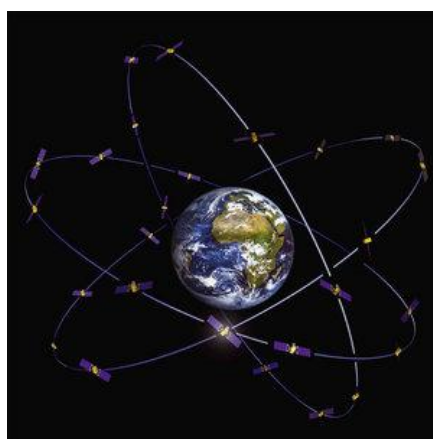
GLONASS (Global Navigation Satellite System) je globální družicový polohový systém (GNSS). Byl vyvinut v bývalém Sovětském svazu v roce 1980 téměř souběžně s USA. Nyní je provozován ruskou armádou. Původní GLONASS konstelace byla dokončena v 1995, ale pak nestabilní ekonomická situace po rozpadu bývalého Sovětského svazu vedla ke zhoršení této konstelace satelitů. V prosinci 2011 GLONASS dosáhl úplné celosvětové pokrytí podruhé (27 družic, 24 operačních a 3. v záloze). Tyto satelity obíhají v nadmořské výšce 19.100 km s 64,8 stupňů sklonu a po dobu 11 hodin a 15 minut. Tato konstelace působí ve třech oběžných drahách s 8 rovnoměrně rozmístěnými satelity v každé z nich. [6]



Obrázek 2.2 Družice systému GLONASS

### 2.1.3. Systém Galileo

Galileo je globální družicový navigační systém provozovaný v současné době za strany všech zemí Evropské unie a Evropské kosmické agentury (ESA). Systém Galileo je plně provozuschopný od roku 2010. Galileo se skládá z 30 družic (27 + 3 provozní aktivní součástky), umístěný ve třech kruhové střední oběžné dráze Země (MEO) letadla skloněny pod úhlem 56 stupňů rovníkové roviny v nadmořské výšce 23.222 km nad Zemí a oběžnou dobou 14 hodin a 5 minut. [6]



Obrázek 2.3 Družice systému Galileo na třech oběžných drahách (ESA)

### 2.1.4. Porovnání satelitních navigačních systémů

Tabulka 2.1 Porovnání satelitních navigačních systémů

Charakteristika/Systém	GPS	Glonass	Galileo
Počet družic	24	24	30
Počet drah	3	3	3
Odklon dráhy od roviny rovníku	55°	64,8°	56°
Výška oběžné dráhy	20 180 km	19 100 km	23 222 km
Doba oběhu	11 h 58 min. 00 s	11 h 15 min. 00 s	-
Užití systému	vojenské/civilní	vojenské/civilní	civilní
Obvyklý transportní prostředek	Delta 2-7925	Proton K/DM-2	Ariane 5
Místo startu	Miss Canaveral	Bajkonur	Kurou – Fr. Guajana
Počet satelitů na 1 let	1	3	6
Financování	Ministerstvo obrany USA	Ministerstvo obrany Ruska	Evropská unie
Počet pozemních monitorovacích stanic	5	5	5
Vkládání umělé odchylky	ne od 1. 5. 2000	ne	ne

## 2.2. Navigační systémy

V této části bych se rád zaměřil na historii navigací. Pokusím se popsat, jaký se v této oblasti odehrál vývoj od prvních pokusů až po současnost. Jednoznačně nejrozšířenějším systémem je GPS (Global Positioning System) a podle mého názoru i nejdokonalejší fungující systém současnosti. Druhým systémem v činnosti je ruský GLONASS (Globalnaja Navigacionnaja Sputnikovaja Sistěma). V roce 2008 byl spuštěn evropský globální družicový polohový systém (GNSS). [6]

### 2.2.1. Historie a vývoj

První určovače polohy a navigace se začaly používat již v minulém století, před první a druhou světovou válkou. Do provozu byl uveden systém Loran v roce 1940. Po druhé světové válce byla řešena otázka určování polohy s požadovanou přesností. Americké vzdušné síly a námořnictvo od počátku šedesátých let minulého století rozvíjely myšlenku satelitní navigace. První družicový navigační systém byl uveden do provozu Spojenými státy americkými v roce 1964 pro potřeby vojenského námořnictva a jeho název byl TRANSIT. Od roku 1967 byl tento systém uvolněn i pro civilní použití. Tvořen byl šesti družicemi ve výšce 1075 km a třemi pozorovacími stanicemi na území USA. Přesnost lokalizace uživatele se postupně zvyšovala z původních 800 metrů na 5 metrů. Nevýhoda systému byla v dvourozměrné podobě souřadnic. To vylučovalo nasazení pro leteckou navigaci. Hlavní problém byl však v občasně dostupnosti signálu. Tento systém skončil v roce 1996. [6]

Další systém vznikl na území tehdejšího Sovětského Svazu koncem 60. let Dopplerovský navigační systém s názvem CYKLON. Tento systém měl podobné nevýhody jako americký konkurent TRANSIT. [13]

V roce 1972 byl vytvořen nový systém pojmenovaný TIMOTION. Jeho činností bylo vysílání přesného časového signálu. Zkušeností získaných prací na tomto systému bylo plně využito při vývoji a specifikaci připravovaného satelitního navigačního systému GPS. [27]

Soukromé společnosti, státy i korporace více států se pokoušely vstoupit do tohoto odvětví. Většina z nich skončila pouze u myšlenek nebo částečné realizaci. Bohužel nikdy nedošly k takové technické dokonalosti, aby byly použitelné pro celosvětové

využití. Patří mezi ně např. GEOSTAR. Hlavní nedostatky byly nemožnost lokalizace objektů v zeměpisných šířkách vyšších než 75°. Jako reakce na vojenský systém GPS vznikla LOCSTAR ve Francii, která specifikovala podobný systém jako GEOSTAR, ale kvůli stejným nevýhodám byl tento projekt v roce 1991 zastaven. V Německu byl vyvíjen polohový systém GRANAS (Global RADio NAVigation Satellite), který ale nebyl nikdy zrealizován. Dále přišla Evropská kosmická agentura ESA s návrhem systému NAVSAT, jenž měl být nezávislý na vojenských GPS a GLONASS. [14]

Mezi nejvýznamnější družicové systémy patří GLONASS (Globalnaja Navigacionnaja Sputnikovaja Sistěma) vyvinutý v Sovětském svazu v 70. letech. První družice byla vynesena na oběžnou dráhu Země 12. října roku 1982. Další družice byly během let postupně vylepšovány a vynášeny na kruhovou oběžnou dráhu ve výšce 20 tisíc kilometrů. V plném rozsahu má systém 24 družic, z nichž 18 je operačních a 6 záložních.

Hlavní rozdíl mezi GPS a GLONASS je ve způsobu sdílení přiděleného kmitočtového pásma. Signál GPS vysílají všechny aktivní družice na stejné frekvenci. Zatímco GLONASS a každá jeho aktivní družice vysílá na charakteristické frekvenci.

Systém se skládá z: kosmické družice, řídicího střediska a jednotlivých terminálů.

Družice zahrnuje:

- 1) Vysílače a příslušenství vlastního navigačního systému,
- 2) systém řízení a stabilizace družice na oběžné dráze,
- 3) výškoměrný řídicí systém,
- 4) systém řízení korekce parametrů oběžné dráhy,
- 5) zařízení stabilizace vnitřní teploty s termostatem,
- 6) zdroj elektrické energie se stabilizátorem.

Řídicí středisko má funkci sledování a měření parametrů oběžných drah a vyhodnocování dat o technickém stavu jednotlivých družic. Terminály systému GLONASS jsou jeho uživatelskou částí, které vyhledávají navigační družice,

přijímají od nich signály a vypočítávají souřadnice polohy a umožňují grafický výstup. Uvedení terminálu do provozu trvá 1-3 minuty a nový údaj o poloze je získáván s periodou 1-10 vteřin. Přesnost této navigace je udávána v rozmezí 10-20 metrů. [15]

V roce 1973 došlo ke sloučení programů Timotion a 621B do jednoho programu pod názvem NAVSTAR-GPS. Tento program měl tři fáze.

První fáze (zkušební a ověřovací) probíhala v letech 1973-1979. První družice vyrobila firma Rockwell a v roce 1978 byla vynesena na oběžnou dráhu. Ve druhé fázi v letech 1979-1985 byly vybudovány hlavní řídicí střediska. Probíhal vývoj družic bloku II a probíhalo testování na moři i polygonu.

Ve třetí fázi v letech 1985-1994 byly postupně nahrazovány staré družice novějšími satelity druhé generace. Požadovaná třírozměrná globální navigace je dostupná od začátku roku 1993. Poté byly navrženy zlepšení dosavadních družic, které měly za následek zlepšení komunikace a zvýšení doby autonomní činnosti na 180 dní. 3.3. 1994 byly splněny všechny požadované funkce a celý systém byl prohlášen za schopný provozu.

Díky tomu se dnes s tímto systémem můžeme setkat v různých odvětví, jako jsou osobní navigace v automobilech, navigace v oceánské plavbě. Dramatický pokles cen navigací a uvolnění původně vojenského systému pro civilní využití vedlo k rychlému rozšíření. [12]



## 2.2.2. Uspořádání, popis a princip systému GPS, DGPS

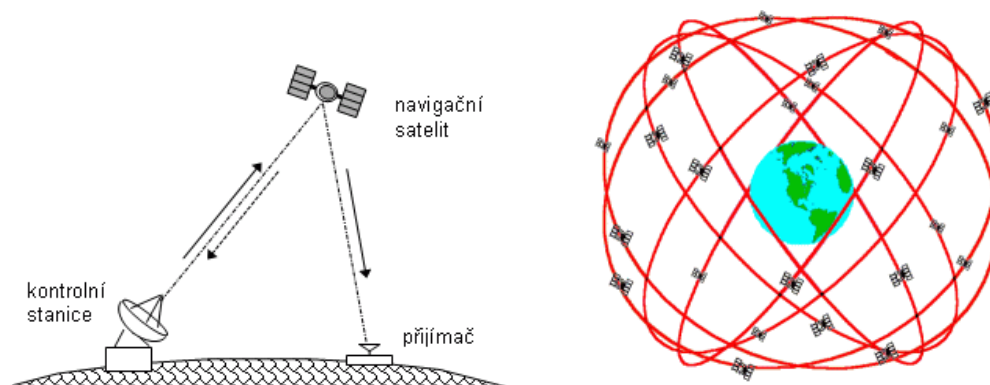
### Uspořádání

Globální a navigační systém se skládá ze tří základních částí:

- a) Kosmický segment,
- b) řídicí segment,
- c) pozemní segment.

### Kosmický segment

Soustava družic, které obíhají kolem Země, aby se vždy alespoň čtyři z nich nacházely minimálně 15 stupňů nad obzorem. Družice vysílají rádiové vlny odvozené ze základní frekvence generované přesnými atomovými hodinami. Rádiové vlny nesou potřebné informace pro stanovení polohy. [11]

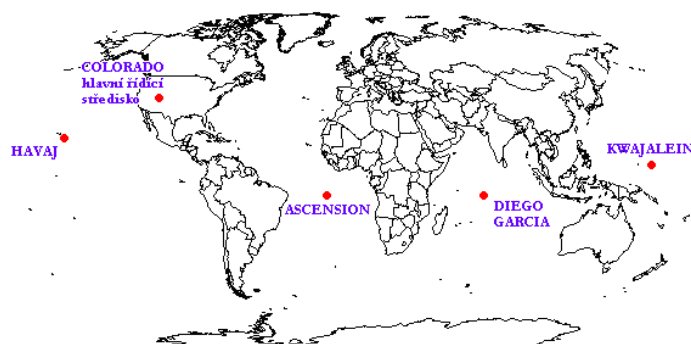


Obrázek 2.4 Prvky satelitního navigačního systému

Obrázek 2.5 Rozmístění a dráhy 24 družic

### Řídicí segment

Řídicí segment monitoruje funkci družic a předává jim údaje o jejich dráze, chodu hodin a pomocná data. Skládá se z pěti monitorovacích stanic, čtyř pozemních vysílačů a hlavního řídicího střediska. Monitorovací stanice jsou rozmístěny kolem Země blízko rovníku. [17]



Obrázek 2.6 Schéma kontrolního segmentu

## Pozemní segment

Pozemní segment jsou všechny přijímače satelitových navigačních signálů.

Můžeme je rozdělit na:

- a) Jednakanálové sekvenční,
- b) multiplexové přijímače,
- c) vícekanálové.



Obrázek 2.7 Příklady přijímačů

Příklady přijímačů: a) Casio GPS Watch 2240;

b) Garmin GPS 76;

c) Garmin Talking Street Pilot III GPS

### Jednakanálové sekvenční

Jednakanálový sekvenční přijímač přijímá postupně signály a plně zpracovává data z každé družice (nejstarší a nejlevnější přijímače).

### Multiplexové přijímače

Multiplexový přijímač zrychluje zpracování tím, že v době příjmu signálu z následující družice jsou zpracovávána dekódovaná data od předchozí.

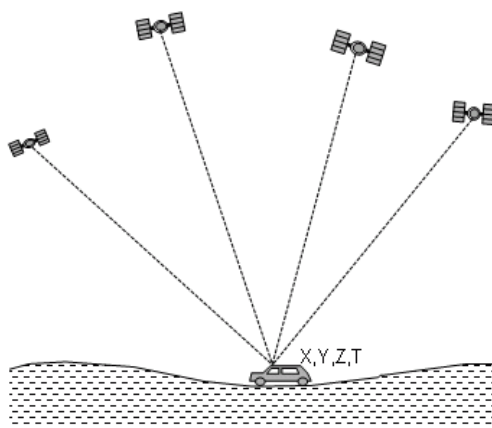
### Vícekanálové

Vícekanálový přijímač má 5 až 10 samostatných kanálů, které umožňují současný příjem signálů a zpracování dat z více družic. Tím je značně urychleno určení polohy a zvýšena přesnost. [6]

## Popis a princip systému

Rád bych se v této části práce zaměřil na podstatu fungování satelitní navigace. Na oběžných drahách 10 ve výšce asi 20 000 km nad zemským povrchem se pohybují satelitní navigace, které oběhnou Zemi za necelých dvanáct hodin. [2]

System je založen na stanovení vzdálenosti mezi vysílačem na satelitu a přijímačem na základě měření časového intervalu mezi vysláním a přijetím signálu. [6]



Obrázek 2.8 Princip stanovení polohy

Družic, které jsou aktivní, je celkem 24. To znamená, že nad jakýmkoliv místem na Zemi máme možnost příjmu signálu z maximálně dvanácti družic, ostatní se v daný okamžik nachází nad protilehlou stranou Země. Pro výpočet polohy je nutno zpracovat signál z minimálně tří družic.

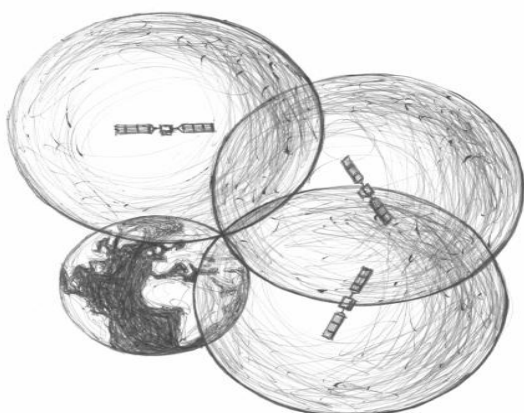
Satelity GPS vysílají dva druhy signálů. Označují se C/A code ( Coarse ) a P-code ( Precision ). C/A code je rychlejší, slouží zejména k prvnímu odhadu pozice. P-code je pomalejší, poskytuje však velmi přesné informace o poloze. Satelit vysílá signál, který obsahuje zejména informace o jeho pozici a přesný čas.

Signál se šíří rychlostí světla  $c$ , proto lze snadno z rozdílu  $t$  těchto časů vypočítat vzdálenost  $r$  satelitu od přijímače.

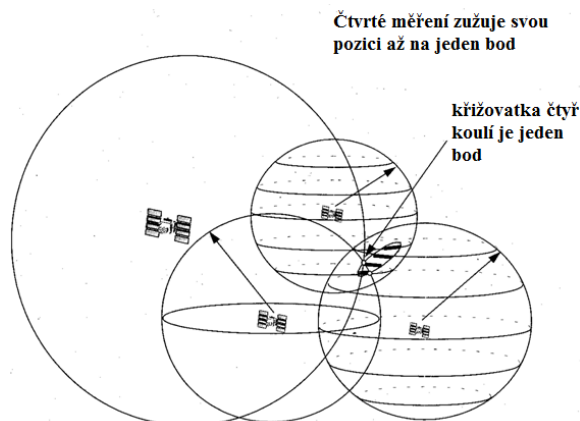
$$r = c \cdot t \quad (2.1)$$

Jeden takovýto údaj není postačující, protože množina všech bodů v zadané vzdálenosti tvoří kulovou plochu. Pokud přidáme údaje z dalšího satelitu, dostaneme průnik dvou kulových ploch. To stále není postačující pro přesnou lokalizaci. Teprve

z průniku alespoň tři kulových ploch můžeme získat aktuální pozici přijímače na zemském povrchu. Situace je zakreslena na následujícím obrázku. [2]



Obrázek 2.9 Schématický obrázek polohy satelitů



Obrázek 2.10 GPS měření pozice [35]

Probíhající propočty při komunikaci přijímače se satelitem lze popsat vztahem:

$$d_i = \sqrt{(x - x_s)^2 + (y - y_s)^2 + (z - z_s)^2} = P_{RS} + T + E_s \quad (2.2)$$

$d_i$  ... je vzdálenost antény přijímače od i-tého satelitu,

$x, y, z$  ... určované souřadnice,

$x_s, y_s, z_s$  ... souřadnice satelitu, které se získají z vysílaných efemerid (údajů o drahách satelitů daného systému),

$P_{RS}$  ... je tak zvaná pseudovzdálenost mezi přijímačem a satelitem,

$T$  ... časová chyba přijímače a

$E_s$  ... součet všech chyb systému satelitní navigace. Vzdálenost lze určit jako

$$d_i = t_{di} \cdot c \quad (2.3)$$

$t_{di}$  ... je doba potřebná k tomu, aby signál vyslaný z i-tého satelitu dosáhl přijímače,

$c$  ... je rychlost šíření elektromagnetických vln.

## **2.3. Naváděcí systémy v zemědělství**

Naváděcí systémy v zemědělství rozdělujeme na:

- a) Manuální naváděcí systémy,
- b) automatické naváděcí systémy - systém asistovaného řízení,  
- systém automatického řízení autopiloty.

Systém navádění strojů GPS satelity je v zemědělství běžně využíván pro řízení traktorových souprav a dalších samojízdných strojů. GPS byly zavedeny do zemědělských strojů pro zvýšení přesnosti a efektivity jednotlivých pracovních úkonů.

Přesného určení polohy antény, která pracuje v tomto systému, je možno využít pro velké množství operací přímo při pěstování plodin i pro vytvoření informačních systémů sloužících pro podporu rozhodování (DSS - decision support systems). Systém GPS tak nepřímo umožnil i vznik tzv. přesného zemědělství (precision farming) a v současnosti se využívá pro manuální a automatické navádění zemědělských strojů při pohybu po pozemcích (aplikace agrochemikálií, zpracování půdy, mechanická kultivace, setí, sklizeň), při variabilní aplikaci hnojiv a pesticidů a při setí s variabilním výsevkem. [18]

### **2.3.1 Manuální naváděcí systémy**

Manuální navádění řídí zemědělský stroj samotný člověk - řidič. Obsluha stroje řídí podle optických signálů na obrazovce či LED liště. Světelná lišta ukazuje odchýlení od ideálního záběru. Podle ní obsluha koriguje směr jízdy. Světelná lišta bývá tvořena řadou LED diod a umísťuje se do zorného pole řidiče, kde je zaručen spolehlivý výhled na pozemek. Hlavní částí zařízení je světelná lišta s integrovaným GPS přijímačem a anténa pro příjem signálu. Některé typy lze po rozšíření o další komponenty používat jako automatické naváděcí systémy. Novější typy mají již LCD obrazovku grafickou, která usnadňuje navigaci při otáčení na souvratích, při vjíždění do další paralelní jízdy a při řízení jízd po křivkách. Kromě světelného upozornění může být řidič informován o směru jízdy i akustickými signály.

Hlavní výhodou tohoto druhu naváděcího systému je ve snadné instalaci a možnosti přesunu systému mezi jednotlivými traktory na farmě. Největší nevýhodou tohoto systému vidím v přesnosti obsluhy. [21]



Obrázek 2.11 Manuální naváděcí systém (Systém GreenStar Světelná Lišta)

### 2.3.2. Automatické naváděcí systémy

Hlavními prvky jsou: anténa s přijímačem, řídicí jednotka, LCD displej, případně i světelná lišta a akční členy (motor s třecím pastorkem nebo hydraulické komponenty).

Automatické naváděcí systémy lze rozdělit na dvě skupiny: Systém asistovaného řízení, systém automatického řízení autopiloty.

#### 2.3.2.1. Systém asistovaného řízení

Tento systém přímo ovládá volant traktoru pomocí elektromotoru a třecího pastorku. Řidič musí zasahovat do řízení při otáčení na souvrati. Výhoda tohoto systému je v jednoduché montáži, přenositelnosti a v nižší ceně.

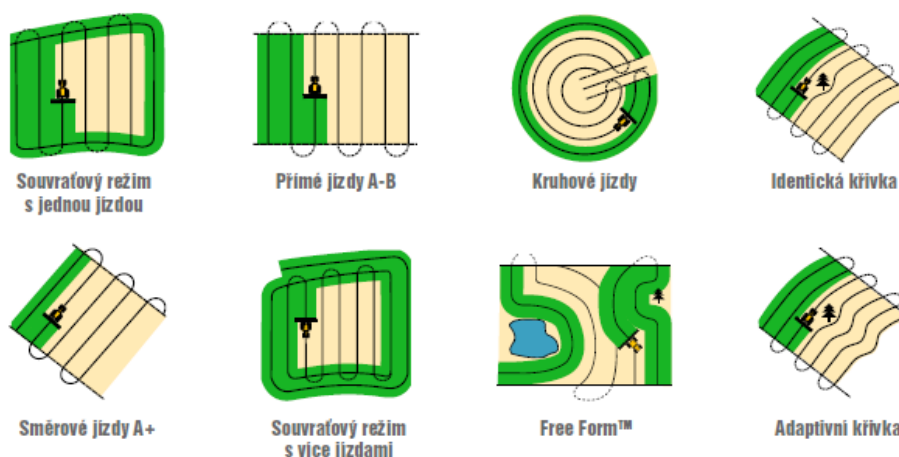
Nevýhodou je pak pomalejší reakce. Doporučuje se pro operace, kde dostačuje bezplatný signál s přesností +/- 15 až 20 cm. [22]



Obrázek 2.12 Systém asistovaného řízení

### 2.3.2.2. Systém automatického řízení autopiloty

Napojený na hydrauliku řízení, který je schopen vést traktor po poli včetně obrátek na souvrati. V případě napojení na hydrauliku řízení, nemusí řidič do jízdy zasahovat. Naváděcí systém obstará i otáčení na souvrati. Navádění se vypíná při manipulaci s volantem, nezátíženém sedadle řidiče, otevřených dveřích stroje, což patří k bezpečnostním opatření systému. Nejpřesnější úroveň řízení je autopilot. Řízení je ovládáno plně automaticky a přesně. Podle natočení kol a polohy volantu zjišťuje systém směr jízdy stroje, který musí srovnat s požadovaným směrem vypočítaným dle navigace. Přes kontrolní čidla umístěná na řízení se přesně a okamžitě vyhodnotí, jak jsou kola natočená. [36]



Obrázek 2.13 Jízdní stopy při navádění autopilotem

[29]

Výhoda spočívá v lepším komfortu řidiče, větší přesnosti, efektivitě práce, šetření paliva, zbytečné přejezdy po pozemku. Řidič má více času sledovat případné překážky, činnosti nářadí a podobně. Nevýhodu vidím ve vyšší ceně a oproti manuálním naváděcím systémům ve větší pracnosti při instalaci systému do jiných strojů. [23]



Obrázek 2.14 Systém napojený na hydraulický okruh řízení traktoru, schopný ovládat kompletně stroj při jízdě po poli [24]

## 2.4 Technologické linky při sklizni píce

Při sklizni je nutné vzít v potaz riziko počasí. Vhodným pracovním postupem a výkonnými stroji lze vliv počasí eliminovat. Cílem je zabránit znehodnocení píce. Porosty je nutné sklízet v optimální technologické zralosti, kdy pícniny obsahují maximální obsah živin a vitamínů. Celková doba sklizně by neměla přesáhnout 21 dní.

Pracovní operace sklizně pícnin můžeme rozdělit :

1. Sečení.
2. Úprava pícní hmoty (45-55 % sušiny).
3. Vlastní sklizeň spojená s konzervací (skladováním). [37]



Obrázek 2.15 Přehled mechanizace na sklizeň pícnin při práci



Sklizení píce probíhá během celého vegetačního období. První seče (květen až červen) a sklizeň silážních plodin (září a říjen).

### Žací stroje

Žací stroje uskutečňují v soupravě s energetickým prostředkem první operaci sklizně pícnin, tj. sečení porostu a jeho úpravu buď lámáním nebo mačkáním a rozprostření na široko, z důvodu lepšího vysychání materiálu.

Zvětšování záběrů strojů a snižování jejich energetické náročnosti je hlavním trendem v této oblasti. [40]



Obrázek 2.16 Žací stroj při práci

V současné době se používají na žacích strojích kondicionéry, lamače a mačkače, které píci lámou anebo mačkají současně při sečení píce.

Při sečení má zelená hmota obsah sušiny 15 – 30 %. Důležitým požadavkem kladeným na žací stroje je to, aby neznečišťovaly píci zeminou. [40]

Při sečení píce využíváme satelitní navigaci z traktoru. Využíváme systém RTK

(viz. Metody měření přesnosti návaznosti pracovních jízd), kdy dochází k přesnějšímu pohybu po pozemku a lepšímu využití pracovního záběru stroje.

Výsledek použití satelitní navigace je ideální přizpůsobení povrchu půdy a šetrnost k travnímu drnu, menší znečištění píce, lepší kvalita píce, minimální opotřebení, redukovaná spotřeba výkonu a paliva, citelný komfort sklizení píce boční silou žacího adaptéru nebo poškozením drnu protisměrným řízením.

## Obraceče a shrnovače píce

Druhá operace je obracení píce a je využívána převážně při sklizni sena, kdy potřebujeme dosáhnout maximální proschnutí posečené hmoty. Při sklizni píce na senáž a při použití kondicionéru na žacím prostředku lze tuto operaci vynechat.

Obracení a shrnování píce jsou dvě dosti odlišné operace. Obracení píce se provádí za účelem rychlého vysyání rozprostřené píce. Relativně nešetrné působení na píci není na závadu, neboť pícnina je „živá“ – nedochází k jejímu poškození odrolem a lámáním, naopak částečné „rozbíjení“ je účelné – zvětšuje se rychlost vysyání.

Obraceče tedy musí rovnoměrně rozptýlenou píci na posečeném povrchu co nejdokonaleji obrátit, tj. zvednout, provzdušnit, načechrat a znovu uložit na zem. Současné žací stroje píci posečou a uloží ji v řádku. Pro potřebné rozptýlení píce z řádků se používá obraceče, které musí být schopny řádky píce vhodně rozhodit, což je druhý důležitý úkol obracečů. [40]



Obrázek 2.17 Shrnovač + samojízdná řezačka při práci

V praxi se používají speciální stroje pro každou operaci, tj. obraceče na obracení píce, shrnovače na shrnování píce. Kombinované stroje se používají pouze u malých zemědělců z důvodu univerzality (malá výkonnost, poruchovost). [40]

Při sečení píce využíváme satelitní navigaci z traktoru. Využíváme systém RTK (viz. Metody měření přesnosti návaznosti pracovních jízd), kdy dochází k přesnějšímu pohybu na pozemku a lepšímu využití pracovního záběru stroje.

## Samojízdná řezačka

Sklízecí řezačka je zemědělský stroj, který porost seče na přímo nebo sbírá a reže na krátkou řezanku. Tu zároveň dopravuje do velkoobjemových vozů.

GPS vede řezačku pomocí satelitního signálu bezpečně v rovnoběžných stopách nebo podle hrany záhonu. Systém napomáhá zajistit využití celé pracovní šířky a omezit přesahy. Tak je dosaženo vysoce kvalitní práce a nízké pracovní doby – bez závislosti neviditelnosti a počasí. Toto vybavení je vyšším stupněm elektronického „znamenáku“ - doplněn o elektrohydraulickou soustavu, která provádí vlastní proces řízení vozidla. Kromě vstupu GPS dat a zadaného způsobu práce (režim, pracovní záběr, atd.) disponuje gyroskopem, elektrohydraulickým rozváděčem a dalšími prvky, které ovládají hydrostatické řízení stroje. Ovládací terminál je již modernější, obsahuje barevný dotykový monitor, paměťové funkce. Dle přesnosti určování polohy a tedy i řízení rozlišujeme několik kategorií.

(viz. 3. Metody měření přesnosti návaznosti pracovních jízd )



Obrázek 2.18 Obrazovka stroje a přehled prováděných operací

Efektivitu práce zajišťuje také kamera umístěná na předním skle řezačky. Rozpozná trojrozměrně řádek a předá signály řízení. Řídící náprava reaguje na příkazy, to přináší menší zatížení řidiče při rychlosti až 15 km/h a sklizeň bez ztrát.

Kamera 3-D umístěná na odhazové koncovce určuje místo dopadu v odvozovém prostředku a signalizuje obsluze řezačky naplněnost korby mechanizačního prostředku. Odhazová koncovka je řízena automaticky podélně a příčně k ose vozidla. Výsledkem je optimální plnění velkoobjemového vozu ve dne i v noci.



Obrázek 2.19 Kamera umístěná na odhazové koncovce

Koncepce osvětlení řezaček na bázi silných světlometů s žárovkami a xenonových světlometů pro osvětlení prostoru před strojem a stran zajišťuje viditelnost za soumraku i ve tmě. Tudíž práci lze vykonávat i v noci.

### **Sběrací vozy**

Sběrací vozy jsou určeny pro sběr, nakládku, pořežení a dopravu tenkostébelnaté píce a slámy ležící na řádcích, a to v zeleném i zavadlém stavu. Jedná se většinou o traktorové návěsy. Sběrací návěsy vzhledem k tomu, že řežou píci na krátkou řezanku, mohou nahradit sklízecí řezačky při sklizni tenkostébelnatých pícnin jak v zeleném, tak v zavadlém stavu. [40]

### **Sběrací lisy**

Sběrací lisy sbírají ze shrnutých řádků zavadlý nebo suchý stébelný materiál (píci, slámu, len), dále jej řežou, slisují a svážou do balíků různé velikosti a slisovanosti. Podle tvaru jsou balíky hranolové a válcové. Řezáním, lisováním se zvýší objemová hmotnost materiálu, využití dopravních prostředků i skladovacích prostor. [40]



Obrázek 2.20 Sběrací lis při práci

Řezanou slámu je možné dobré lisovat i do velkých hranolovitých balíků. Vysoká slisovanost a přesný tvar balíků zajišťují balíky stabilní pro přepravu i při vícetím přerovnávání. Vysoká slisovanost řezaného sklizeného materiálu vede k výrazně vyšší hmotnosti balíků a tím k méně balíkům na hektar. To redukuje manipulační náklady.



Obrázek 2.21 Čelní nakladač



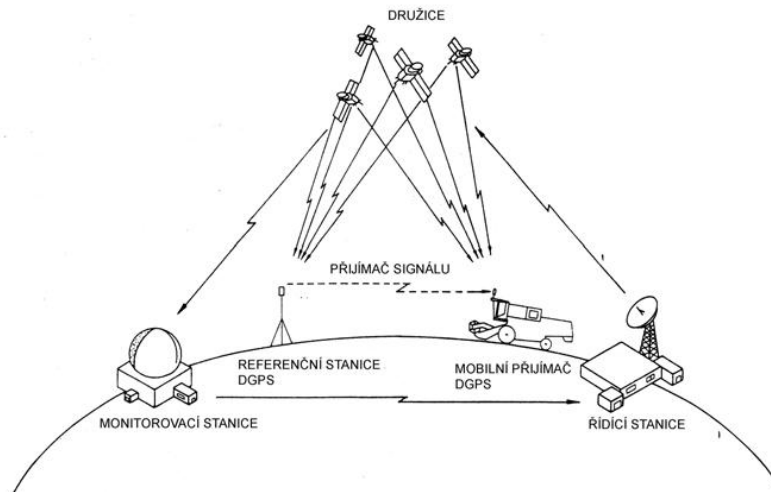
Obrázek 2.22 Samosběrací vůz balíků sena

### 3. Metody měření přesnosti návaznosti pracovních jízd

Pro použití satelitních navigací v zemědělství je velice důležitá přesnost. GPS, jak již bylo popsáno, byla používána pro vojenské účely, a proto je záměrně zatížena chybou v přesnosti. Tento problém vyřešil systém DGPS. Přesnost 5-10 m je dostatečné pro navigační systémy v osobních automobilech, ale není to dost pro navigaci stroje při vykonávání zemědělských aplikací při jízdě v sousedních pracovních záběrech, kde je vyžadována přesnost mezi jednotlivými pracovními jízdami a meziroční přesnost, tedy schopnost se k této poloze vrátit i v dalších letech. [29]

**DGPS** (Differential Global Positioning System) je způsob, kterým zpřesníme výsledky měření systému GPS. DGPS vedle signálu GPS přijímá signál z pozemní stanice. DGPS je založen na použití referenčních stanic (přijímačů GPS) s přesně určenou polohou. Neustálým porovnáváním polohy stanice změřené GPS se skutečnou polohou vznikají korekce, které přijímá přijímač na stroji. Zásadní pro pohyb stroje je přesnost v centimetrech a tu zajišťuje DGPS. Tyto diference potom

opravují signál autonomního signálu až do přesnosti  $\pm 5$  cm. Ještě přesnější metodou pro získávání korekcí je použití vlastní referenční stanice. Tato metoda se nazývá RTK. Lze s ní docílit přesnosti  $\pm 2$  cm do poloměru 10 km od referenční stanice. [30]



Obr. 3.1 Schéma principu DGPS

Přesnost navigačních systémů:

- a) Statická
- b) dynamická,
- c) absolutní.

### Statická

GPS přijímač se umístí po dobu 24 hodin na místo se známými souřadnicemi. Souřadnice se v přesných intervalech ukládají. Čím menší jsou odchylky od přesných souřadnic, tím je přijímač kvalitnější.

### Dynamická - navigační na další řádek

Odchylka vedení traktoru od správné paralelní linie. Pro přezkoušení se používá jen 15 minutový test s následujícím 95% naměřených hodnot ležících co nejbližší správně paralelní linii. Z tohoto souboru dat se graficky vynesou největší odchylky. Přesnost je pro hodnocení nejdůležitější

### Absolutní

Vyjadřuje, s jakou přesností je schopen systém navigační po známých (zaznamenaných) souřadnicích.[28]

### **Principy určování polohy:**

- a) Kódová měření.
- b) Fázová měření.
- c) Dopplerovská měření.

#### **a) Kódová měření**

Se znalostí kódu, kterým je modulována nosná vlna, je přijímač schopen přímo měřit tranzitní čas signálu  $t$  nebo vzdálenost mezi přijímačem a družicí  $ct$ . Tato vzdálenost je ovlivněna řadou efektů (zejména chybou hodin přijímače), a proto je označována jako pseudovzdálenost

#### **b) Fázová měření**

Jsou založena na zpracování dopplerovsky posunutého signálu (nosné vlny). Tato nosná vlna je získána technikou demodulace kódu s použitím korelace mezi přijatým signálem a signálem generovaným v přijímači.

### **Systematické chyby při měření GPS**

Jak kódová, tak i fázová měření jsou ovlivněna chybami náhodnými i systematickými. Zde se budu zabývat jen chybami systematickými, neboť ty lze z měření vyloučit počteně při zpracování měření GPS. Zde tedy budou popsány nejdůležitější chyby, které se v měření projevují největší měrou. Lze je rozdělit na chyby způsobené družicí, chyby způsobené prostředím a chyby způsobené přijímačem. Jejich seznam je uveden v následujícím přehledu.

#### **Chyby způsobené družicí:**

- Chyba efemeridy (pokud není počítána jako neznámý parametr)
- Systematický chyba hodin
- Excentricita fázového centra antény
- Variace fázového centra antény

#### **Chyby způsobené prostředím:**

- Troposférická refrakce
- Ionosférická refrakce

### **Chyby způsobené přijímačem (rotací Země):**

- Variace fázového centra antény
- Systematická chyba hodin
- Relativistický efekt (oscilátor přijímače rotuje společně se Zemí)

Metody určování polohy:

- Absolutní určování polohy
- Relativní určování polohy
  - o Statická metoda
  - o Rychlá statická metoda
  - o Kinematická
  - o RTK
  - o DGNS

### **Statické metody**

Statická metoda spočívá v kontinuální observaci několika aparatur po dobu několika hodin až dnů. Jde o metodu časově nejnáročnější, ovšem poskytující nejpresnější výsledky. Používá se pro speciální práce s maximální požadovanou přesností (budování polohových základů, regionální geodynamika, sledování posunů a přetvoření). Při delších základnách vykazuje statická metoda mnohem vyšší přesnost. Metoda se řadí mezi postprocesní – výsledky nelze získat online při měření, ale až po zpracování výsledků. [29]

### **Rychlé statické metody (pseudostatická metoda)**

Doba observace při této metodě dosahuje několika minut, což je umožněno technologií rychlého určování ambiguit. Metoda vyžaduje dvoufrekvenční přijímač s P kódem a výhodnou konfiguraci družic (5–6 družic s elevací vyšší než 15 stupňů). Velké omezení pro tuto metodu představuje úmyslné rušení kódu – selective availability (zrušeno v roce 2000), nebo nahrazení P kódu jeho šifrovanou verzí Y kódem. Metoda se realizuje dvojicí přijímačů a měření lze uskutečnit v okruhu 15 kilometrů od zvoleného referenčního bodu. Použití je pro zhušťování základních i podrobných bodových polí a budování prostorových sítí nižší přesnosti. Opět jde o metodu postprocesní. [29]



### **Kinematická metoda**

Metoda rozlišuje dvě technologie měření. Kinematická metoda s počáteční inicializací (vyřešení ambiguit) provádí pohybující se přijímač měření v krátkém časovém kroku. Nutnost opakování inicializace po ztrátě signálu během měření se pokouší odstranit kinematická metoda bez inicializace. Tato metoda vychází z předpokladu, že ambiguita je možno určit na základě přesných kódových měření i při pohybu přijímače (on-the-fly ambiguity resolution). [45]

### **Metoda Stop And Go**

Obdobou kinematické metody je metoda Stop And Go. Princip této metody je stejný, jen s tím rozdílem, že měřič zapíná a vypíná na podrobných bodech observace sám. Observace trvají několik málo odečtů polohy (epoch) a měření probíhá v takzvaných řetězcích. Doporučuje se po několika takto měřených podrobných bodech udělat opětovnou inicializaci. Metoda stop and go se využívá pro určování souřadnic podrobných bodů. [45]

### **Metoda RTK (Real Time Kinematic)**

Kinematická metoda v reálném čase je nejnovější metodou měření. Využívá rádiového přenosu korekcí fázových měření od referenčního k pohybujícímu se přijímači. Metoda nachází uplatnění při určování souřadnic bodů podrobných bodových polí a podrobných bodů, především však při vytyčování. [31]

### **Sítě permanentních (referenčních) stanic**

Sítě stanic, které neustále určují svoji polohu a slouží jako druhá měřicí aparatura pro využití diferenciálního měření.

Výhodou je že vlastníte pouze jeden přijímač GPS a druhý vám zprostředkuje právě tato síť. K lednu 2012 jsou na území ČR v provozu tyto sítě:

- a) Trimble VRS Now Czech – síť provozovaná firmou Trimble
- b) CZEPOS – síť provozovaná Zeměměřickým úřadem, tedy státem
- c) TopNET – síť provozována firmou Geodis, budovaná ve spolupráci se SŽDC

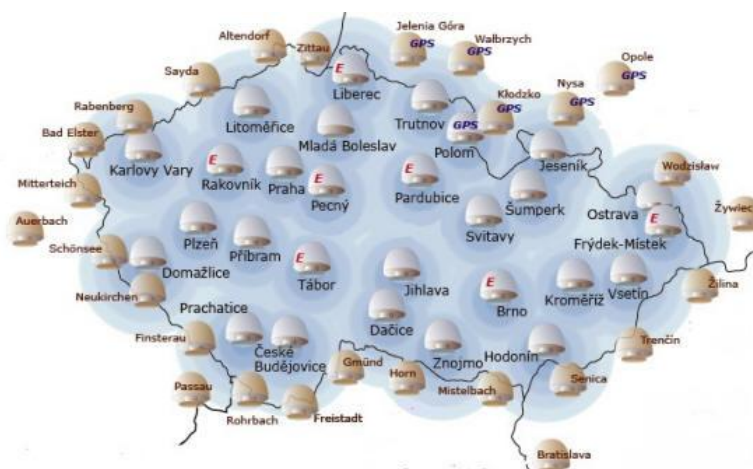


Obrázek 3.2 Trimble VRS Now Czech – síť provozovaná firmou Trimble

Síť permanentních referenčních stanic Trimble VRS Now Czech poskytuje korekční (zpřesňovací) signál pro všechny GNSS (GPS+GLONASS) přijímače v rozsahu celého území České Republiky.

Hlavní výhody sítě Trimble VRS:

- Neustálý přístup ke korekcím GNSS metodou real-time kinematic (RTK).
- Permanentní centimetrová přesnost měření kdekoli a kdykoliv.
- Nepotřebujete žádnou referenční stanici s přenosem korekčního signálu po rádiu.
- Cenově a časově úsporné a uživatelsky jednoduché řešení. [38]



Obrázek 3.3 Síť permanentních stanic GNSS České Republiky

Sít referenčních stanic nahrazuje druhou stanici, kterou byste museli mít bez této sítě. Každá stanice v síti má přesně určené souřadnice a k aparatuře, kterou provádíte měření, se přenáší pouze korekce od dané referenční stanice. Korekce můžete přijímat online (poté jde o RTK) či data následně zpracovat (poté jde metody postprocesní).

V rámci těchto sítí můžeme tedy polohu určovat:

DGPS – diferenční GPS – založené na kódovém měření, přesnost 10 – 20 cm, vhodné pro GIS, pro měření stačí jednoduchý GPS přístroj umožňující kódové měření (to jsou všechny) a schopný přijímat DGPS korekce v reálném čase.

RTK – real time kinematic – referenční stanice je jedna ze stanic systému. Korekce jsou přenášeny online přes internetové spojení do přijímače, pro měření je nutná dvoufrekvenční aparatura se schopností přijímat korekce, centimetrová přesnost. [45]



obrázek 3.4 RTK Přijímač

VRS- virtuální referenční stanice – Systém vypočítá virtuální stanici, kterou umístí do blízkosti měření.

RTK – PRS – přijímač vyšle do systému informaci o své přibližné poloze a získává data z virtuální (pseudoreferenční) stanice umístěné v okruhu cca 5 km od místa měření, pro výpočet korekcí jsou k dispozici data z celé sítě.[45]

RTK – FKP – korekce jsou vztaženy ke stanici CZEPOS a jsou doplněné o plošné parametry FKP generované na základě síťového řešení ze všech stanic postprocessing – pro určení pozice až po měření, přesnost cm až mm.



Obrázek 3.2 Schéma RTKS VRS

[29]



Obrázek 3.3 Schéma RTK

## GNSS

Klasická DGNSS technika je vylepšení primárního systému GNSS, který se skládá ze stanovené polohy GNSS po přesně zkoumané poloze známé jako referenční stanice. Vzhledem k tomu, že poloha referenční stanice je přesně známa, lze vypočítat odchylka naměřené polohy do skutečné polohy a hlavně korekce naměřených vzdáleností ke každému z jednotlivých satelitů. Tyto opravy mohou být proto použity pro korekci měřených poloh jiných uživatelských přijímačů GNSS. [32] [33]



Obrázek 3.4 Porovnání systémů

## **Diferenciální korekce**

Korekce se odesílají uživatelům typicky casterem NTRIP a protokolem RTCM. Přenos se děje za pomoci sítě Internet, datového přenosu v mobilních sítích, dlouhovlnného vysílání, případně signálu RDS. Pokud mají uživatelé přijímač uzpůsobený k příjmu korekcí DGPS a jdou dostatečně blízko referenční stanici, mohou svá měření zpřesnit.

Pokud není možný příjem korekcí on-line, je možné u profesionálních přijímačů data ukládat do speciálního formátu (např. RINEX) a provést tzv. postprocesní korekce až ve chvíli, kdy budou dostupná archivní data stejného formátu z referenční stanice.

Snadno dostupnou službou DGPS je SBAS, jehož evropskou aplikací je EGNOS.

Pro geodetická měření byla v ČR zbudována síť permanentních stanic CZEPOS, která využívá síťového řešení 27 referenčních stanic, jejímž provozovatelem je ČÚZK. Přesnost měření se sítí CZEPOS v poloze je u kódových měření 0,25m, u fázových měření 0,015m[1]. Cena služeb je přibližně 1 Kč/min.

Existují i soukromé referenční sítě jako např. TopNET, by/S@T, dále vědecké referenční sítě GeoNAS (ČAS) a VESOG (VÚGTK). [34]

## **WAAS /EGNOS**

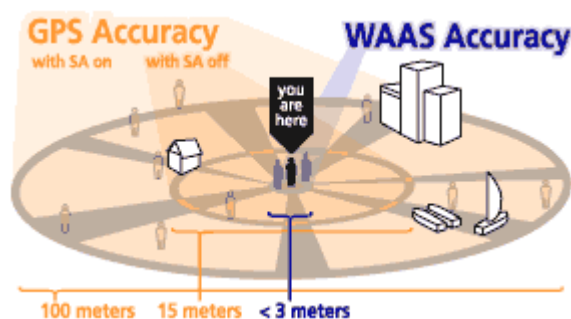
V současné době GPS sama nesplňuje požadavky na navigaci FAA pro přesnost, integritu a dostupnost. WAAS provádí korekci signálu GPS chyb způsobených ionosférickými poruchami, časováním a oběžnými dráhami družice a poskytuje důležité informace o integritě, zdraví každé družice GPS.

WAAS se skládá z několika pozemních referenčních stanic umístěných po celých Spojených státech, které monitorují GPS satelitní data. Dvě master stanice, která se nachází na obou pobřežích, shromažďují data z referenčních stanic a vytváří opravnu GPS zprávu. Tato oprava představuje GPS oběžné dráhy družice a hodiny unášení a zpoždění signálu způsobené atmosféry a ionosféry. Opravená diferenciální zpráva je pak vysílána přes 1 ze 2 geostacionárních družic, nebo satelitů s pevnou

pozicí nad rovníkem. Informace je kompatibilní se základní strukturou signálu GPS, což znamená, že jakýkoliv WAAS GPS přijímač může číst signál.

V současné době je WAAS k dispozici pouze v Severní Americe. Pro některé uživatele v USA poloha satelitů nad rovníkem ztěžuje přijímání signálů. Stromy nebo hory brání pohled na obzor. Příjem signálu WAAS je ideální pro otevřené pozemky a námořní aplikace. WAAS poskytuje rozšířené pokrytí a to jak v tuzemsku, tak na moři ve srovnání s DGPS (diferenciální GPS) systémem pozemním. Další výhodou je to, že WAAS nevyžaduje další přijímací zařízení, zatímco DGPS přijímací zařízení potřebuje.

Ostatní vlády vyvíjejí podobné satelitní diferenciální systémy. V Asii je to japonský Multifunkční satelitní systém zvětšování (MSAS), zatímco Evropa má Euro geostacionární navigační systém (EGNOS). GPS uživatelé po celém světě mají přístup k přesné údaje o poloze pomocí těchto a dalších kompatibilních systémů. Přesnost původního systému GPS byla 100 metrů.



Obrázek 3.5 porovnání přesností systémů

15 m: Typická přesnost pozice GPS bez SA.

3-5 m: Typický rozdíl přesnost pozice GPS (DGPS).

<3 m: Typická přesnost pozice WAAS. [35]

### **3.1. Zpracování dat**

- Sběr dat se skládá z těchto operací :
- a) Výnosový monitor,
  - b) půdní vzorky,
  - c) mapování pozemků,
  - d) N tester,
  - e) ostatní dostupná data.

#### **Zpracování dat**

Zpracování dat probíhá v portálu PLM. Webový portál PLM (Precision Land Management) slouží pro podporu zákazníků, kteří si zakoupili produkty s automatickou navigací. Po zaregistrování do PLM portálu získá zákazník přístup k detailnějším informacím o systému automatických navigací stroje

#### **Využití dat ze stroje**

- Sklizeň,
- hnojení (rozmetadla), zpracování půdy a setí,
- ochrana rostlin a výživa rostlin,
- sklizeň, hnojení a vápnění stroji TITAN.

#### **Výhody**

- Úspora finančních prostředků za palivo díky minimálnímu překrývání záběru.
- Úspora finančních prostředků za chemii a hnojiva díky jejich variabilní aplikaci.
- Místo hlídání záběru se obsluha může plně věnovat provozním parametrům strojů a provozovat je tak hospodárnějším způsobem s vyšší kvalitou práce.
- Kvalitní práce i při ztížených klimatických podmínkách (mlha, šero).
- Úspora času díky plnému využití záběru strojů – lepší dodržování agrotechnických lhůt.
- Rovnoměrné ošetření porostu díky automatickému vypínání sekcí.
- Vyšší produktivita a výnosy díky cílené aplikaci živin.
- Vyšší produktivita práce díky nižší únavě obsluhy strojů i při prodloužených směnách.
- Vyšší bezpečnost práce díky možnosti zaznamenávat překážky do map.

## Výnosový monitor

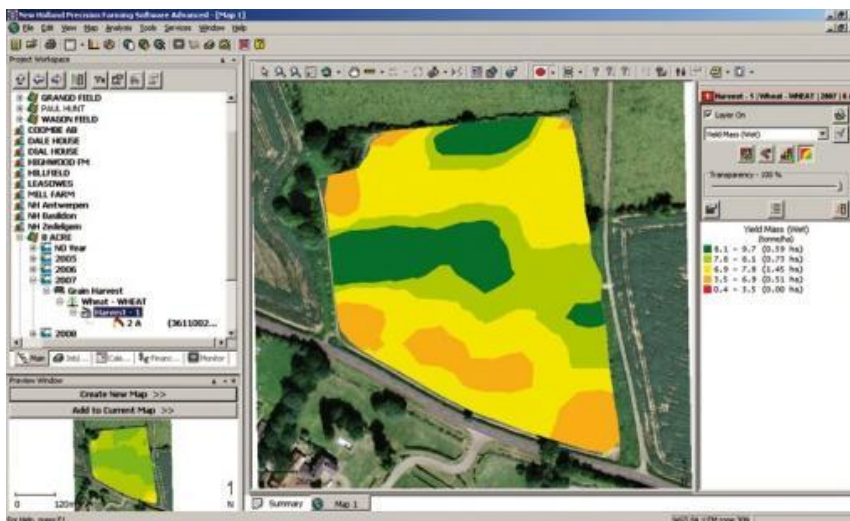
Mapování výnosů je jednou ze základních vrstev zjišťování variability pozemku, od kterého se odvíjí další strategie v systému precizního zemědělství. Mapování výnosů je On-line proces prováděný pomocí výnosového monitoru instalovaného na sklízecí mlátičce. Výnosová data popisují variabilitu výnosu dílčích částí pozemku, který je odrazem půdních vlastností daného pozemku.

## Půdní vzorky

Kvalita informací o variabilitě pozemku získaných na základě odběru půdních vzorků závisí na hustotě a rozmístění odběrových bodů. Systém umožňuje navrhnout na základě analýzy dostupných informací o pozemku optimální odběrovou síť vzorkování tak, aby zvolené odběrové schéma reprezentativně popsalo variabilitu pozemku pokud možno s co nejmenším počtem vzorků (nákladů). Vzorky půdy jsou následně laboratorně analyzovány na obsahy jednotlivých živin (P, K, Mg, Ca) a půdní reakci, popřípadě na další vlastnosti.

## Zpracování dat

Získané vstupní informace (výnosová data, odběry půdních vzorků) jsou pomocí softwaru PLM zpracovány. Navržená opatření – aplikační mapy jsou se zákazníkem prokonzultována a výsledky jsou pak následně předány v datovém souboru odpovídajícím formátu aplikační techniky a v tištěném mapovém podkladu.



Obrázek 3.6 Aplikační mapy pozemku

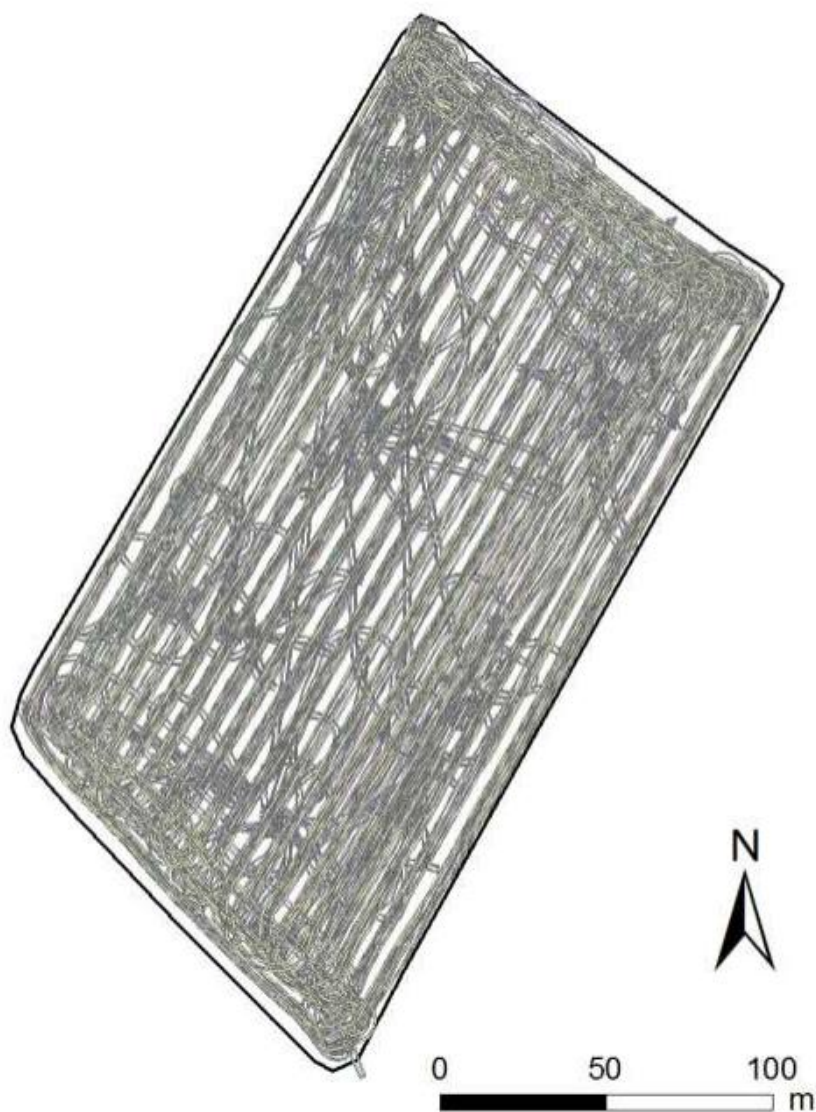


### **Variabilní agrotechnická opatření**

Celý systém precizního zemědělství je uzavírán variabilní aplikací. Mechanizační prostředky umožňující změnu dávky během jízdy aplikují hnojivo, pesticid, osivo, apod. na základě připravených map ze software PLM. Tím dochází k optimalizaci řízení vstupů na základě potřeb stanoviště. [29]

#### 4. Praktické využití ve vlastní zemědělské výrobě

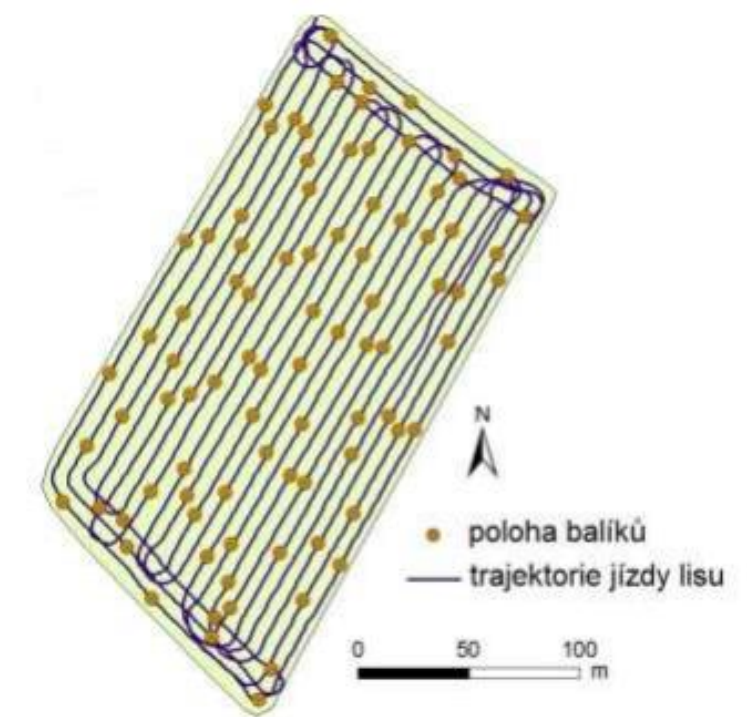
V této části práce bych se rád zaměřil na sklizeň pícnin za použití satelitní navigace. Mezi nejvýznamnější problém při sklizni pícnin patří optimální využití pracovního záběru a ekonomika pohybu pracovní soupravy po pozemku. Tím zmenšujeme zhutňování půdy na pozemku, zvyšujeme efektivitu sklizňové soupravy, zvyšujeme přesnost přejezdů po pozemku. Tvar pozemku, velikost, terénní překážky, a záběr nářadí má významný vliv na využití techniky a délku jízd. Efektivní sklizni píce se věnuje stále větší pozornost. Sklizeň sena, výroba balíků je oblast, kde zemědělci vynakládají značné úsilí, finance. Měří se časy jednotlivých operací, počet balíků za den/ směnu/ hodinu. K nakládání balíků se využívá čelní nakladač nebo samosběrací vůz. Čelní nakladač je hojně využívaný stroj v soupravě, ale zvyšuje tak počet přejezdů po pozemku.



Obrázek 4.1 Přejetá plocha technologie sklizně s lisováním balíků

V případě odvozu balíků je svoz řešen pouze na základě odhadu a zkušenosti řidiče. Ze záznamu jízd je ale možné zjistit přesnou polohu balíku. Vyřešením logistiky svozu balíků na základě matematicko-ekonomického modelování by opět došlo ke snížení četnosti opakovaných přejezdů. Tak bychom ušetřili pohonné hmoty, práci obsluhy, přejezdy po pozemku.

U pracovních operací při sklizni píce dochází k překrývání pracovních jízd u souprav nebo vynechávkám. Přesnost navigačních systémů podpoří rozvoj stálých kolejových stop. Takto lze bojovat proti nežádoucímu zhuňování půdy. Hlavní problémy jsou v náhodných trasách pohybu techniky po pozemku. Trasu techniky lze vytvořit v programu např. ArcGIS a nahrát do navigačního systému. Navigace následně nabízí způsoby navádění stroje po pozemku. Navrženou trajektorii pozemku musíme přenést do navigace.



Obrázek 4.3 Trajektorie jízda lisu s GPS, poloha balíků

Tuto část bych rozdělil na dvě varianty, které se používají při sklizni píce :

- a) Lisování balíků – odvoz balíků - samosběrací vozy, čelní nakladače,
- b) samojízdné řezačky – odvoz píce - odvoz přívěsem s velkoobjemovou nástavbou.

### **Odvoz píce za použití čelního nakladače**

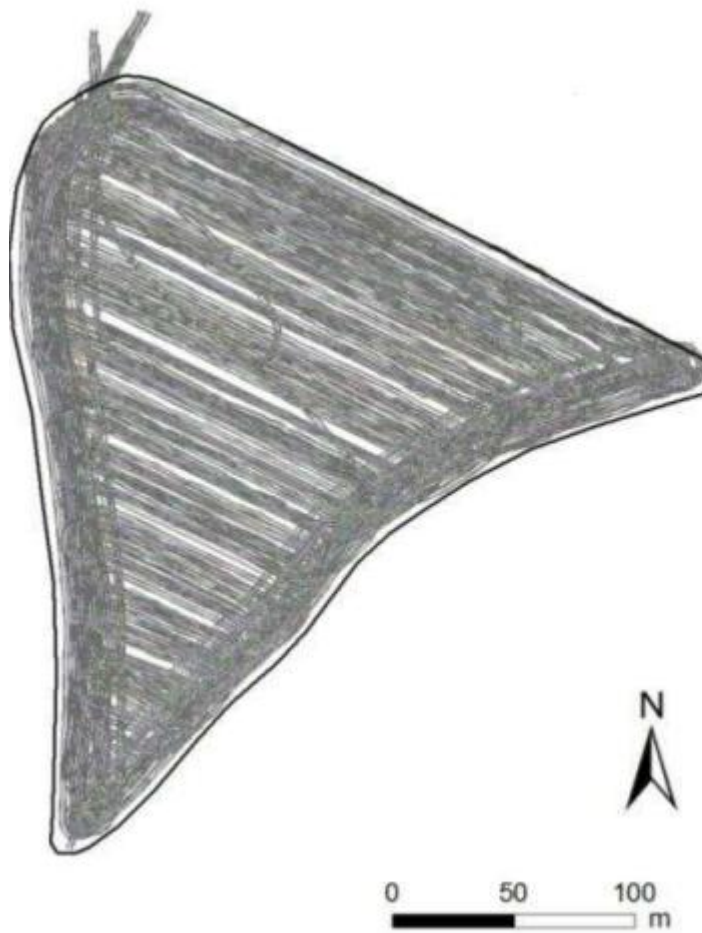
Při sklizení balíků slámy nastupuje traktor, určitý počet lidí ( obsluhy apod.), vleky, podvalníky, čelní nakladač nebo manipulátory. Tyto stroje následně brázdí strniště sklizených polí či pokosených luk. Výsledkem těchto činností jsou koleje, spotřebovaná nafta, další proplacené pracovní hodiny.

### **Odvoz píce samosběracím vozem**

Efektivnější způsob podle mého názoru je použití samosběracího vozu. Sklizeň balíků zvládne jediný operátor a jediný traktor. Tato linka dokáže balíky naložit v rozmezí 6-10 minut s efektivitou 400 balíků za den. S použitím satelitní navigace a zadáním ideální trasy přejezdů odstraníme většinu problémů při sklizni pícnin.

### **Samojízdná řezačka**

Věnovali jsme se sklizni za použití lisu. Teď se zaměříme na trajektorie samojízdné řezačky. V případě sklizně samojízdou řezačkou pracuje v součinnosti s ní odvozový prostředek. Ve většině případů tuto soupravu po celou dobu sleduje prázdný druhý odvozový prostředek, který střídá odvoz po zaplnění. Tato skutečnost přispívá ke zvýšení četnosti přejezdů po pozemku. Optimalizací přistavování odvozových prostředků by se opakovaně přejetá plocha snížila. Bohužel ve většině zemědělských firem je upřednostňováno maximální využití sklízecí řezačky před zvyšováním opakovaných přejezdů po pozemku.

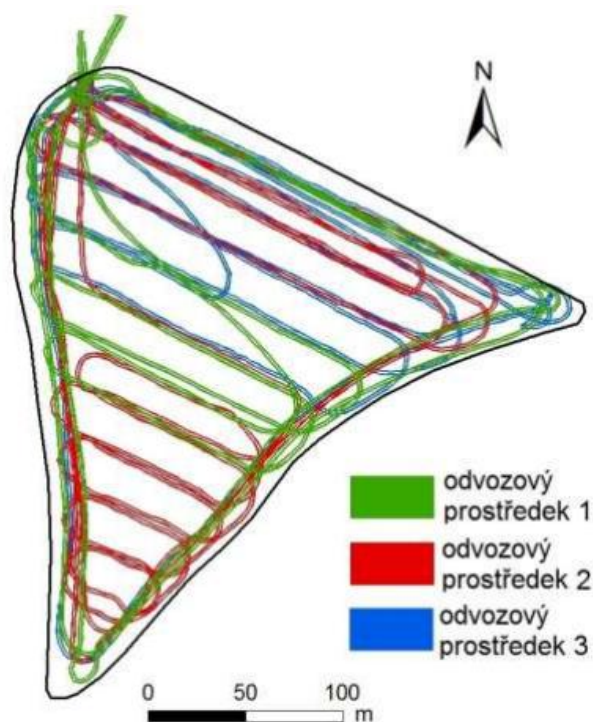


Obrázek 4.4 Mapa přejezdů při sklizni pícein samojízdnou řezačkou a odvozového prostředku

Při sklizni pícein jsou zapotřebí odvozové prostředky a kooperace linky.



Obrázek 4.5 Přejezdy po pozemku odvozových prostředků při použití samojízdné řezačky



Obrázek 4.6 Přejezdy po pozemku odvozových prostředků při použití samojízdné řezačky

Řezání píce na poli přináší uživatelům sklízecích řezaček několik výhod. Řezáním se zvyšuje objemová hmotnost pořezané píce a snadněji se s řezankou manipuluje, hlavně při míchání krmiva. Lépe se využijí dopravní prostředky a skladovací prostory.

Samojízdné řezačky jsou pro svoji vysokou výkonnost vhodné pro podniky služeb a zemědělskou velkovýrobu. Bohužel jsou energeticky i organizačně velmi náročné, takže jsou stále více vytlačovány z tenkostébelných pícnin sběracími vozy s velkým ložným prostorem.

Víceleté pícniny na orné půdě i trvalé travní porosty velmi citlivě reagují na zhoršené půdní podmínky, které převládají zejména na vlhčích a zhutnělých půdách, kdy byl jednoznačně prokázán propad ve výnosech sušiny, spojený právě se zhutněním půdy. Ke vzniku nežádoucího zhutnění významně přispívá provoz těžké zemědělské mechanizace po pozemcích.

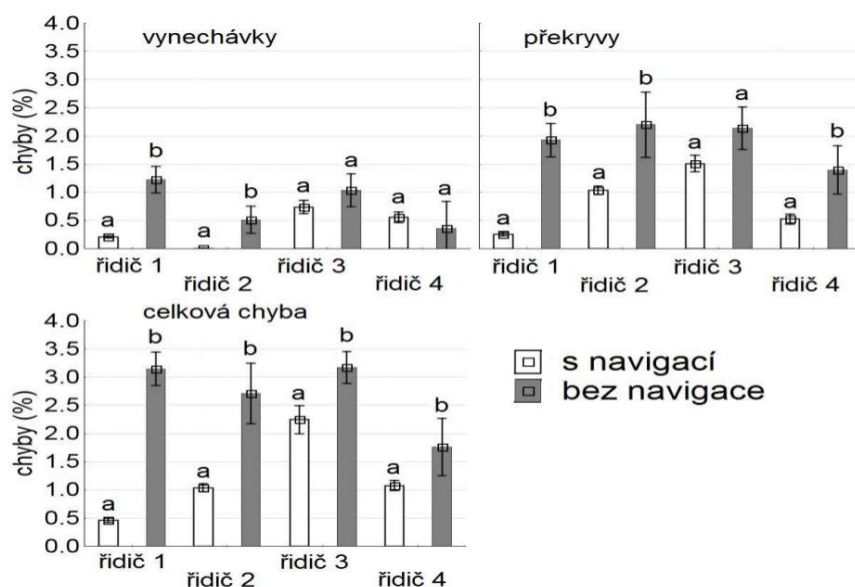
Mapy zobrazují trajektorie jízd zemědělské techniky po pozemcích během sklizně porostu pícnin na senáž. Sledovány byly přejezdy během sklizně samojízdnou

řezačkou a sběracím lisem. Pro každou technologickou linku byla stanovena plocha pozemku, která byla v průběhu sklizně minimálně jednou přejetá a stanovena četnost opakovaných přejezdů. Dochází k vysokému stupni zatížení půdy přejezdy při uplatnění obou způsobů sklizně. Ze záznamů rovněž vyplynuly nedostatky v organizaci práce odvozových prostředků u samojízdné řezačky nebo odvozu balíků.

Soudobé technické prostředky mohou účinně přispět k omezení technogenního zhutňování půd. Perspektivní je systém CTF (Controlled Traffic Farming), jehož potenciál je nejen v oddělení plochy jízdnic stop od produkční plochy pozemků a s tím spojené minimalizaci nežádoucího zhutňování půdy v zóně pěstování plodin, ale i ve snížení valivého odporu v jízdnicích stopách, což může přispět k úspoře pohonných hmot u mobilních energetických prostředků a samojízdných strojů.

Uplatnění systému CTF může napomoci v hospodaření na půdě, nejen na úseku ochrany půdního prostředí před nepříznivými účinky soudobých technologií.

Půdní mapy, které jsou v dnešní době dostupné, nemohou přinést informace v potřebném měřítku. Satelitní navigace tento problém mohou vyřešit. [44]



Obrázek 4.7 Chybovost obsluhy stroje s/bez satelitní navigace

## 5. Závěr

Použití satelitní navigace při sklizni píce slouží k optimálnějšímu využití pohybu mechanizačních prostředků po pozemku a efektivnějšímu využití pracovního záběru. Při sklizni píce neřešíme výnosové mapy ani hnojení, potřebujeme sklídit hmotu na celé ploše pozemku. Proto řešíme optimalizaci pohybu a efektivitu pracovního záběru.

Satelitní navigaci využívá stále větší počet firem na svých mechanizačních prostředcích. Prvopočátky využití navigace byly u sklízecích mlátiček, postřikovačů a traktorů. V současné době se tento trend přesouvá i na ostatní operace v zemědělství. Traktor je univerzálně vybaven satelitní navigací, tudíž může satelitní signál využít i pro ostatní operace bez dalších provozních nákladů. To se využívá při sklizni píce při sečení, obracení, shrnování a následně při sklizni a odvozu píce z pole. Při těchto činnostech dochází ke snižování počtů přejezdů po pozemku a tím ke snižování utuženosti půdy, nákladů. Například při lisování balíků program zaznamenává místa uložení balíků na pozemku. Program vytvoří harmonogram ideálního odvozu balíků z pozemku.

Při sklizni píce sklízecí řezačkou musí všechny operace na sebe navazovat, aby docházelo k optimálnímu využití záběru.

Kdybychom měli pořizovat satelitní navigace pouze pro tyto pracovní operace, bylo by to pro zemědělský podnik nerentabilní.



## 6. Seznam použitých zdrojů

### 6.1. Seznam literatury

- [1] Steiner, I., Černý, J.: GPS od A do Z, 3. vyd., eNav, Praha, 2004
- [13] Rapant, P.: Úvod do družicových polohových systémů. Část 1. Škola – vložená příloha časopisu GeoInfo, roč. 1., číslo 2. 12 stran.
- [14] Rapant, P.: Úvod do družicových polohových systémů. Část 2. Škola – vložená příloha časopisu GeoInfo, roč. 1., číslo 3., 1998, 16 stran.
- [15] Hrdina, Z. a kol.: Rádiové určování polohy (Družicový systém GPS). Vydavatelství ČVUT, Praha, 1995., str. 268
- [18] MILATA, Pavel . GPS navigační systémy v rostlinné výrobě = přesnost a efektivita [online]. 2006
- [25] Hrdina, Z., Pánek, P., Vejražka, F.: Rádiové určování polohy, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1995
- [26] Štádler, V.: GPS – praktická příručka, Vydavatelství Alpy, Lysá nad Labem, 1999
- [27] AUERNHAMMER, H., MUHR, T. : The Use of GPS in Agriculture for Yield Mapping and Traktor Implement Guidance, DGON '91, First International Symposium, Real Time Differential Application of the Global Positioning System, Verlag TÜV Rheinland, 1991
- [28] Bauer, F., Sedlák, P., Šmerda, T.: Traktory, 1. Vydání Profi Press, s.r.o. Praha, 2006. ISBN 80-86726-15-0
- [29] Propagační materiály New Holland ( Agrotec zemědělská technika )
- [30] LOCH, Tomáš, Martin ZLÍNSKÝ, Milan KROUHLÍK, Josef HŮLA. *Satelitní navigace a cukrová řepa*. [online]. 8.8.2008 [cit. 31.10.2011]. Dostupné z: [www.agroweb.cz/Satelitni-navigace-a-cukrova-repa\\_\\_s244x31408.html](http://www.agroweb.cz/Satelitni-navigace-a-cukrova-repa__s244x31408.html)
- [33] Mervart L., Cimbálník M.: Vyšší geodézie 2. Skriptum. Ediční středisko ČVUT 1997.
- [34] Kostecký Jakub – Šimek Jaroslav: Zpracování testovacích měření systému virtuálních referenčních stanic ByS@t. Výzkumná zpráva VÚGTK 1036/2002.
- [38] Trimble 2001, Mapping systém
- [39] Propagační materiály firmy John Deere
- [37] Výukový text sklizeň píce Ing. M. Fríd CSc., Ing V.Vávra, Ph.D.

## 6.2. Elektronické zdroje

- [2] [www.karlin.mff.cuni.cz/~halas/Aplikace/GPS.pdf](http://www.karlin.mff.cuni.cz/~halas/Aplikace/GPS.pdf)
- [3] <http://www.svetmobilne.cz/co-to-je-gps-historie-a-uvod-do-problematiky/244-2>
- [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)
- [6] <http://geologie.vsb.cz/geoinformatika/kap09.htm>
- [7] <http://intranet.zsjandusu.net/~thorky/Kopie%20-%20GPS-navigace.htm>
- [8] [http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/gnss-mimo-evropu/rusky-  
glonass/](http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/gnss-mimo-evropu/rusky-<br/>glonass/)
- [9] <http://gauss2.gge.unb.ca/papers.pdf/csa.nsts2001.pdf>
- [10] [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)
- [11] [http://www.aldebaran.cz/bulletin/2005\\_02\\_gps.php](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2005_02_gps.php)
- [12] <http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2003/xbouma.htm>
- [16] [Geodet.blog.cz/0905/ridici segment](http://Geodet.blog.cz/0905/ridici_segment)
- [19] <http://www.leadingfarmers.cz/>
- [20] Naváděcí systémy John Deere [www.stranky  
http://www.leadingfarmers.cz/library/?ix=64&link=](http://www.stranky.<br/>http://www.leadingfarmers.cz/library/?ix=64&link=)
- [21] GPS - Agro [online]. [cit. 2011-04-10]. Dostupné z: < <http://www.gps-agro.cz/> >
- [22] <http://www.gps-agro.cz/presne-navadeni-s-automatickym-rizenim/>
- [23] <http://www.gps-agro.cz/trimble-autopilot/>
- [24] <http://www.agropartner.cz/?i=2521/system-automatickeho-rizeni>
- [31] <http://hampl.varnsdorf.net/gps.html#6>
- [32] [http://www.navipedia.net/index.php/Differential\\_GNSS](http://www.navipedia.net/index.php/Differential_GNSS)
- [35] <http://www8.garmin.com/aboutGtPS/waas.html>
- [36] <http://www.trimble.com/agriculture/index.aspx>
- [40] <http://mechanizaceweb.cz/zasady-vyroby-kvalitni-senaze/>
- [41] [http://www.faguspraha.cz/aktuality/profesionalni-nakladani-s-balenou-slamou-  
na-urovni-21-stoleti.html](http://www.faguspraha.cz/aktuality/profesionalni-nakladani-s-balenou-slamou-<br/>na-urovni-21-stoleti.html)
- [42] <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2009/016.PDF>
- [43] [http://www.istro.cz/soub/prednasky2015/4\\_kroulik.pdf](http://www.istro.cz/soub/prednasky2015/4_kroulik.pdf)
- [44] [http://katedry.czu.cz/storage/3257\\_mapa\\_picniny.pdf](http://katedry.czu.cz/storage/3257_mapa_picniny.pdf)
- [45] <http://www.beruna.cz/text-metody-ktery-mi-lze-z-gps-dostat-milimetry/>

