

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

*Technická fakulta*



TECHNICKÁ FAKULTA

bakalářská práce

## Možné přínosy a rizika využití technologie řízeného pohybu strojů po pozemcích

Vedoucí bakalářské práce: prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vypracoval: Pavel Kadeřábek

V Praze dne 7. dubna 2011

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů

Akademický rok 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Pavel Kadeřábek**

obor Obchod a podnikání s technikou

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Možné přínosy a rizika využití technologie řízeného pohybu strojů po pozemcích.**

### Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Literární rešerše: student se na základě studia dostupné literatury seznámí s technologií řízeného pohybu strojů po pozemku.
4. Porovnání přínosů a rizik technologií řízeného pohybu strojů po pozemku
5. Závěr
6. Seznam literatury
7. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

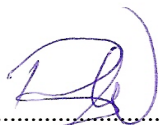
Doporučené zdroje:

1. KUMHÁLA, F. a kol.: Zemědělská technika – stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. ČZU Praha, 2007, 438 s.
2. Vědecké časopisy (Soil and Tillage Research) a odborné časopisy (Mechanizace zemědělství, Farmář) za posledních 10 let
3. Firemní literatura a webové stránky firem Case IH, Claas, John Deere, Massey Ferguson, New Holland, Fendt a dalších. Webové stránky CTF for Europe.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. František Kumhála**

Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2011



.....  
Vedoucí katedry



.....  
Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

---

---

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Možné přínosy a rizika využití technologie řízeného pohybu strojů po pozemku“ vypracoval samostatně za použití dostupných zdrojů, které uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Praze dne 7. dubna 2011

  
Pavel Kadeřábek

## **Poděkování**

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu profesorovi Dr. Ing. Františkovi Kumhálovi za odborné rady, podnětné připomínky a trpělivost při vypracování diplomové práce.

*Možné přínosy a rizika využití technologie řízeného  
pohybu strojů po pozemcích*

*Potential benefits and risks of using controlled traffic  
farming technology.*

## Souhrn

Efektivní mechanizace je významným faktorem vysoké produktivity a nízkých nákladů ve většině systémů rostlinné produkce. Účinnost je obecně spojována s rychlostí a rozsahem vykonané práce, které je dosahováno použitím zemědělské techniky a zařízení s větším výkonem, rozměry a hmotností. Tento trend v zemědělství se aplikoval až do nedávné doby.

Pohyb těchto strojů po pozemku a jeho obdělávání způsobuje erozi a strukturální degradaci půdy. Jako možné řešení je minimalizace, bezorebné a půdoochranné systémy zpracování půdy a maximální možná redukce pojezdu těchto strojů po pozemku. Minimalizace v zemědělství poskytuje výhody, ale k jejímu přijetí v zemědělství dochází pomalu a úplně bezorebné systémy jsou stále vzácné. Výjimkou je řízený pohyb strojů po pozemku.

Základ řízeného pohybu strojů po pozemku spočívá ve sjednocení šíře rozchodu kol použitých strojů. Veškerý pohyb je omezen jen na permanentní kolejové dráhy tak, aby byla půda sloužící pro seťové lůžka oddělena od části pozemku, který slouží jen pro pojezd techniky. Tím se docílí zhutnění jen této pojezdové části a na oblasti určené pro pěstování.

Pro pohyb v těchto kolejových řádkách a orientaci na pozemku slouží technologie od manuálních značkovačů přes asistované řízení až po plně automatizované autopiloty založené na diferenčním globálním pozičním systému. Řízená doprava umožňuje symbiózu mezi řízenou dopravou a minimalizačním zpracováním půdy poskytující možnosti pro zvýšení produktivity a udržitelnosti zemědělství, snižuje degradaci půdy a energetické požadavky na pěstování plodin.

**Klíčová slova:** Zhutnění půdy, řízený pohyb, udržitelné zemědělství, kolejové dráhy, navigace

## Summary

Effective mechanization is an important factor in high productivity and low cost in most systems of crop production. Efficiency is generally associated with the speed and scope of the work done, which is achieved by using agricultural technology and equipments with higher performance, size and weight. The trend in agriculture is applied until recently.

Movement of these machines on the land and its cultivation is causing erosion and structural degradation of soil. As a possible solution is to minimize, and Zero tillage systems, soil protection and the maximum possible reduction drive these machines on land. Minimum tillage or no tillage technologies in Agriculture provides benefits, but its adoption in agriculture is very slow. The exception is the controlled movement of machinery on the land.

Basis of motion control equipment on the land lies in unification of the width of track machines. All movement is limited to a permanent rail tracks so that the land used for seedbed separated from the land, which is used only for travel technology. This compaction is achieved only part of the taxiway and areas for cultivation.

To move on the rail lines and a focus on land used technology from across the marker-assisted manual control to fully automated pilots based on the differential global positional traffic management system enables a symbiosis between the controlled traffic and low-till providing opportunities for increased productivity and sustainability of agriculture, reducing soil degradation and energy requirements for growing crops.

**Key words:** Soil compaction, controlled traffic, sustainable agriculture, field traffic lines, navigation



## Obsah

1	Úvod.....	5
2	Cíl a metodika práce.....	6
3	Literární rešerše CTF.....	7
3.1	Historie CTF.....	7
3.2	Technologický princip CTF.....	8
3.2.1	Řízený pohyb strojů po pozemku.....	8
3.2.2	Vytvoření a použití kolejových řádků.....	9
3.3	Druhy naváděcích systému a značkovače.....	12
3.3.1	Značkovací ramena.....	12
3.3.2	Navádění podle videokamery.....	13
3.3.3	Naváděcí systémy GPS (DGPS).....	13
3.4	Použité technologie v CTF.....	16
3.4.1	GPS.....	16
3.4.2	Diferenční GPS.....	16
3.4.3	Globální družicový polohový systém GNSS.....	16
3.4.4	Geografický informační systém (GIS).....	17
3.4.5	Síť satelitů GLONASS.....	17
3.5	Korekční síť RTK (Real Time Kinematics).....	18
3.5.1	RTK.....	18
3.5.2	RTK - FKP.....	19
3.5.3	RTK-VRS.....	19
3.5.4	Korekční signál EGNOS, OmniSTAR.....	19
3.6	CTF v České republice.....	20
3.6.1	Výzkum CTF v ČR.....	20
3.6.2	Technické zázemí v ČR.....	21
3.7	Společnosti zabývající se CTF.....	23
3.7.1	Controlled Traffic Farming (CTF Europe) Ltd.....	23
3.7.2	Australian controlled traffic association.....	23
3.7.3	Trimble.....	23
3.7.4	<i>New Holland PLM</i> (Precision Land Management).....	23
3.7.5	Leading Farmers CZ.....	24
3.8	Kroky v zavedení CTF.....	24
4	Porovnání přínosů a rizik technologií řízeného pohybu strojů po pozemku.....	26
4.1	Výhody a přínosy CTF.....	26
4.1.1	Snížení nákladů a zvýšení výnosů.....	26
4.1.2	Zlepšování životního prostředí.....	29
4.2	Rizika technologie CTF.....	30
4.2.1	Sjednocení šíře stop a pracovního záběru zemědělských strojů.....	30
4.2.2	Navržení a nejefektivnější rozložení kolejových drah.....	30
4.2.3	Přesnost a limitující faktory RTK.....	31
5	Závěr.....	32
6	Seznam literatury.....	33

# 1 Úvod

Rozměry a hmotnost zemědělských strojů výrazně vzrostly v průběhu několika posledních desítek let. Výzkum ukázal, že existují významné a okamžité následky poškození a znečištění půdy v důsledku pojezdu těžké zemědělské techniky po pozemku. Za posledních 10 let byl zaznamenán odklon od tohoto nekontrolovatelného pojezdu a s využitím nových poznatků a technologií se zavedl nový systém pojezdu.

Tento nový systém se nazývá „Controlled Traffic Farming“ neboli „řízený pohyb strojů po pozemku“, ve zkratce CTF. CTF bylo definováno<sup>7</sup> jako zemědělský systém založený na permanentních kolejových řádkách s vysokou úrovní omezení zbytečného utužování půdy a půdní optimalizací vodní bilance pro zvětšení produktivity a udržitelnosti hospodaření.

CTF zahrnuje aplikaci zásad přesného zemědělství na organizaci pojezdů strojů po pozemcích, sofistikovaný pohyb vozidel po pozemcích v permanentních drahách a tím snížení množství pojezdových kolejových řádků po pozemku. Systém CTF byl zaveden nejdříve v Austrálii okolo r. 2000, brzy poté v USA. V současnosti se tento systém provozuje na milionech ha ve světě<sup>8</sup>. Evropské země začínají používat CTF v posledních několika letech.

Zemědělci si uvědomují významný přínos CTF pro životní prostředí přestože se dále pěstují monokultury a používají chemikálie. Někteří zemědělci používající CTF jsou přesvědčení, že nekonvenční ani ekologické, ale nízkonákladové zemědělství je odpovědí na uspokojení poptávky po potravinách rostoucí světovou populací.

Největší přínos řízeného pojezdu po pozemku jsou významné úspory do ekonomiky rostlinné výroby, zvýšení produkce a snížení zhutnění půdy. Výsledkem dobrého fungování CTF je, že se zhutňovaná plocha pozemku snižuje z téměř 100% až na pouhých 15% a to na stejném místě.

---

<sup>7</sup> Yule, D.f. *Controlled traffic farming—the future*. In: Proceedings of the National Controlled Traffic Conference, University of Queensland, 1998.

<sup>8</sup> *Controlled Traffic Farming* [online]. 2008. Dostupný z WWW: <<http://www.organicfooddirectory.com.au/organic-answers/what-is-organic/control-traffic-farming.html>>.

## **2 Cíl a metodika práce**

Hlavním cílem této práce bude souhrnný popis a zhodnocení přínosů a rizik využití technologie řízeného pohybu strojů po pozemku.

Hlavní metodikou práce bude studium příslušné literatury, dostupných informačních zdrojů a využití dosavadních poznatků získaných při studiu Technické fakulty České zemědělské univerzity.

## 3 Literární řešerše CTF

### 3.1 Historie CTF

Vše začalo docela nenápadně. Hledaly se způsoby, jak spolehlivě dodržovat přesné rozteče jízd při aplikaci agrochemikálií (hnojení, postřiky) na velkých pozemcích při velkých pracovních záběrech (zejména v USA a Austrálii), a to přesněji a spolehlivěji, než umožňovaly do té doby pěnové značkovače. V USA a Austrálii probíhá většina aplikací před setím nebo vzejitím porostu, proto zde měly pěnové značkovače enormní význam, na rozdíl třeba od západní a střední Evropy, kde se velká část aplikací provádí za vegetace v kolejových řádcích. Spolehlivost, přesnost a cena GPS systémů se dostaly v druhé polovině 90. let na takovou úroveň, že se GPS systémy pro manuální navádění zemědělských strojů stávají již téměř standardní součástí sklízecích mlátiček, postřikovačů s velkým záběrem i traktorů, které GPS navádění využívají při aplikaci hnojiv, postřiku i přípravě půdy. Při použití GPS manuálních navigačních systémů dochází ke značnému zvýšení přesnosti dodržováním roztečí pracovních záběrů a následnému snížení spotřeby agrochemikálií, odstranění dvojího překrytí či vynechání záběru, úspoře pohonných hmot a v neposlední řadě snížení únavy obsluhy stroje a možnosti pracovat přesně i v noci, za mlhy či v prašných podmínkách.

Od manuálních GPS navigačních systémů (tzn. obsluha stroje se řídí podle optických signálů na obrazovce či LED liště) je již jen krůček k automatizaci řízení pohybu stroje po pozemku. Ve skutečnosti je ovšem třeba tuto myšlenku dotáhnout k technologické preciznosti a spolehlivosti. Jednou z předních světových firem ve vývoji automatických systémů řízení zemědělských strojů - tedy zemědělských autopilotů - je americká společnost Trimble Navigation Ltd. Autopiloty Trimble se používají od začátku tohoto století na pozemcích v Severní Americe a Austrálii a od roku 2005 se objevily i v Jižní Americe a Evropě. V České republice byl první autopilot od firmy Trimble uveden do provozu v roce 2006 a následovaly další. V současné době jsou v České republice dostupná řešení od asistovaného řízení až po autopiloty od firem jako John Deere, New Holland a další. Autopiloty byly velkým pokrokem v polních pracích a umožnily velmi vysokou úroveň přesnosti (volitelná dle charakteru agrotechnického úkonu), spolehlivosti a opakovatelnosti, zvýšení využití strojů, snížení kompakty půdy a spotřeby pohonných hmot a chemikálií, a to vše s vyloučením potenciální

lidské chyby. Rovněž se díky implementaci autopilotů a asistovaného řízení do zemědělství výrazně snižuje únava a stres obsluhy stroje, zvláště v prodloužených či nočních směnách.

## **3.2 Technologický princip CTF**

### **3.2.1 Řízený pohyb strojů po pozemku**

Řízeným pojezdem po pozemku je v podstatě regulací provozu v zemědělském systému s výsledkem zlepšení účinnosti a zvýšení zemědělské produkce. Je to systém, který řídí dopravu po pozemcích v permanentních drahách a tím odděluje pojezdovou dráhu od set'ového lůžka.

„A road is good for driving, a field is good for growing“<sup>9</sup>

(Cesta je dobrá pro řízení, pole je dobré pro pěstování)

V konvenčním zemědělství zpracováváme půdu pomocí zemědělské techniky tak, aby byla vhodná pro pěstování. V důsledku pojezdu těžkých strojů studie ukázaly<sup>3</sup>, že až 95% z půdy pozemku se stává utuženo kompaktním a nekontrolovaným pojezdem těžkých strojů (obr. 1). To má za následek snížení výnosu a zároveň se také potýkáme s řízením strojů na měkké půdě, zvláště když je podmáčená.



Obr. 1: Velikost a hmotnost zemědělské techniky se během let zvětšila (www.actfa.net)

<sup>9</sup> *What is Controlled Traffic Farming* [online]. 2006. Dostupný z WWW: < <http://www.controlledtrafficfarming.net/what.php> >.

<sup>3</sup> Kroulík, M., Kumhála, F., Hůla, F., Honzík, I. *The evaluation of agricultural machines field trafficking intensity for different soil tillage technologies*. *Soil & Tillage Research* 105 (2009), s. 171–175.

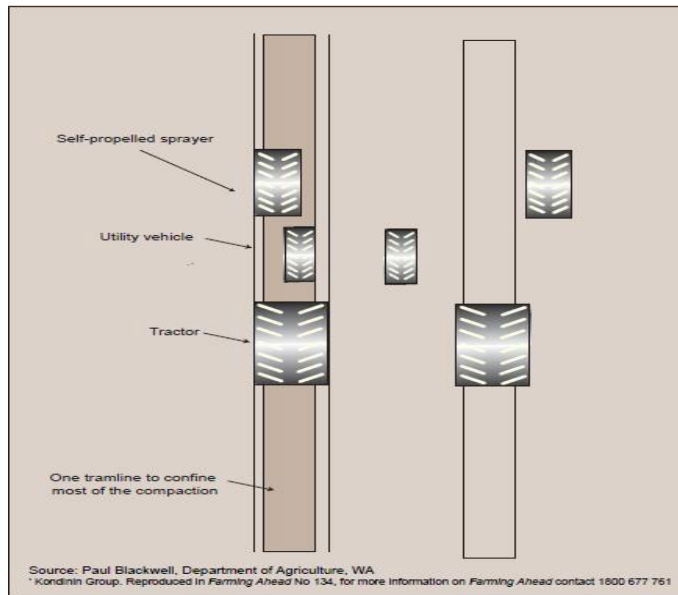
Řešením řízené dopravy v zemědělství je rozdělení pozemku, kde se určí virtuální zóny pouze pro pojezd techniky, a zóny pro seťová lůžka plodin. Tyto „virtuální mapy“ pak slouží k tomu, že pojezdové koleje na pozemku jsou stále stejné a nedochází k utužování ostatní půdy. Tím se stává pojezd velmi snadným, protože řízení stroje se uskutečňuje pouze v těchto kolejových řádkách. To umožní spotřebovávat méně paliva a například po dešti se lze dříve vrátit na pole, protože nedojde k poškozování půdy, která je určena pro plodiny, ale pojezd bude jen v kolejích k tomu určených. Díky tomu se „zóny“ určené k pěstování regenerují, vyvíjí a zlepšuje se jejich půdní struktura.

Zavedení přesného pojezdu lze provést buď manuálně s použitím konvenčního způsobu značení a značkovacích mechanismů k označení správné nájezdové pozice pro další řádek. Tento systém však není příliš přesný a má za následek poměrně značné chyby a odchylky od optimální pojezdové pozice. Anebo použitím nových technologií, které poskytují řešení těchto problémů – využitím „Global Positioning Systems“ neboli globálního pozičního systému GPS s přesností až  $\pm 2$  cm umožňuje použití od manuálních agronavigací až po autopiloty.

Tato technologie umožňuje velmi přesný kontrolovatelný pojezd stroje. To umožní mít vyrovnané, rovné a rovnoměrně rozložené řádky na pozemku a tím se účinně odstraňuje jejich překrývání, docházejícím v minulosti při používání konvenčního zemědělství. Tato technologie není levná, ale s rychlým rozvojem této technologie náklady na pořízení tohoto systému klesají a stává se dostupnější pro zemědělce.

### **3.2.2 Vytvoření a použití kolejových řádků**

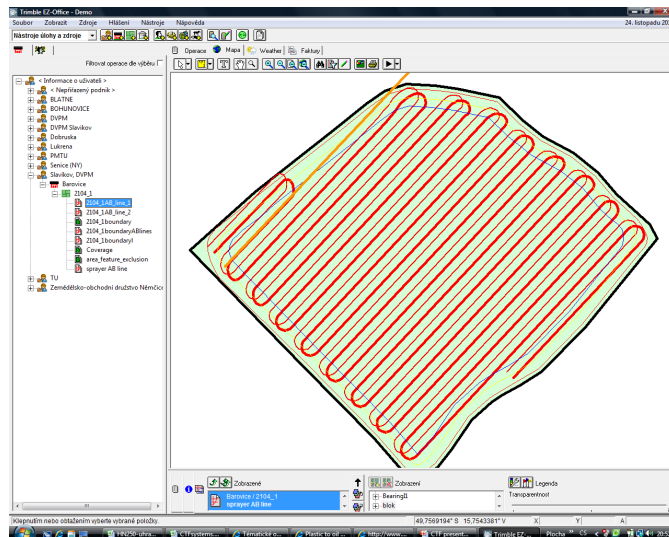
Základem je standardizace šíře rozchodu kol a správného sloučení pracovního záběru veškeré zemědělské techniky používané na pozemku (viz. obr. 2, vlevo sjednocená šíře rozchodu kol, vpravo nesjednocená šíře.) tak, aby pneumatiky strojů jezdily ve stejných trvalých stopách (obr. 3), které jsou využívány i pro veškeré další pojezdy. Nejúčinnějším způsobem, jak se pohybovat po těchto kolejích je využití naváděcích systémů nebo různých značkovaců. Jedná se buď o manuální značkovače nebo použití velmi přesného systému agronavigace pomocí satelitního pozičního systému GPS.



Obr. 2: Sjednocení šíře kol do pojezdových řádků

(Webb, B., Blackwell, P., Reithmuller, G., Lemon, J. 2004. *Tramline farming system – technical manual.*)

To umožňuje použití i autopilotů. Využití této technologie založené na GPS zajišťuje velmi dobrou přesnost s minimem chyb při pojezdu po pozemku. Nepřesnost v dopravě po pozemku způsobují překrývání stop a tím nechtěné zhutnění půdy.



Obr. 3: Vytvoření virtuální mapy kolejí po pozemku pomocí softwaru firmy Trimble (www.trimble.com)

CTF lze aplikovat v libovolně velkém měřítku, ale aby bylo dosaženo efektivních výsledků, je třeba se zaměřit na tři hlavní požadavky.

- Vhodně zvolit šířku pojezdových řádků tak, aby tato vzdálenost byla vhodná pro zemědělskou techniku operující na pozemku.
- Sjednocení šířek (osová vzdálenost mezi centry kol na téže nápravě) pro všechny stroje pracující v této oblasti.
- Zachování pojezdu strojů ve stejném místě (ve stejných kolejích) na pozemku rok co rok.

Při volbě vhodné vzdálenosti řádků od sebe se jedná o plánování, která jsou velmi důležitá. Je třeba uvažovat dopředu, které stroje budou na pozemku využívány a pokud něco neodpovídá v této fázi implementace CTF, je třeba to upravit. To je například využití širšího nářadí a záběru, protože tím méně bude zhutňována půda – nebude třeba tolik pojezdových řádků. Modifikace šíře záběru strojů je snadnější než uprava šířky rozchodu stroje. To je možné použitím rozšířených náprav.

Ne vždy je sloučení pojezdových stop a záběrů snadné. Při použití sklízecí mlátičky je doporučeno jako základ sjednocení pojezdových drah začít od velikosti rozchodu mlátičky a podřídit tomu ostatní techniku. Modifikace rozchodu a záběru (obr. ostatních strojů vyjde po finanční stránce ekonomičtěji a snadněji<sup>6</sup> než přispůsobení sklízecí mlátičky. Zemědělci často zjišťují, že mohou použít širší stroje, protože vlivem menšího utužení půdy nepotřebují tolik výkonné stroje a například v případě kultivátorů nemusí jít do takové hloubky záběru.<sup>6</sup>

Vedení stroje v přesně stejném místě (řádku) lze nejnárodněji dosáhnout pomocí satelitního navádění GPS s pomocí signálu korekcí RTK (Real Time Kinematics) a použití systému autopilota (auto-steer). Tento systém RTK zajistí, že stroje budou jezdit ve stejných řádkách každý rok s nejvyšší přesností až kolem  $\pm 2$  cm. Naváděcí systémy mají mnoho dalších výhod a jejich použití a osvědčení znamenalo jejich přirozený vývoj a směr, kterým se moderní zemědělství začalo ubírat.

---

<sup>6</sup> Webb, B., Blackwell, P., Reithmuller, G., Lemon, J. 2004. *Tramline farming system – technical manual*.



### 3.3 Druhy naváděcích systému a značkovače

K dispozici existuje různá řada naváděcích systémů, které lze volit tak, aby vyhovovaly individuálním požadavkům zemědělců včetně nákladů na jejich pořízení. Od levných manuálních značkovačů až po přesnější a nákladnější varianty naváděcích systémů. Obecně platí, že čím větší obhospodařovaná plocha, tím větší jsou úspory z prevence překrývání řádků použitím elektronických naváděcích systémů. Zemědělci hospodařící na pozemcích větších než 1500 hektarů a mající vstupní náklady kolem \$100 ha<sup>-1</sup>, jsou schopni ušetřit 10 procent použitím těchto pokročilých elektronických naváděcích systémů (GPS)<sup>6</sup>.

#### 3.3.1 Značkovací ramena

Značkovací ramena („markery“) (obr. 4) poskytují mechanické vedení stroje. Jsou konstruované jako pevné ocelové rámy nebo vyspělejší plně hydraulické sklápěcí systémy. Tyto značkovače fungují tak, že jsou pevně spojeny se strojem a pojezdem tohoto stroje mechanicky vytváří stopu na pozemku, takže zemědělci ukazuje nájezdovou stopu pro další řádek. Používá se také varianta, kdy se značkovač přímo nedotýká pozemku a vyznačení další pojezdové stopy se vytváří pomocí pěny. To jsou tzv. pěnové značkovače.



Obr. 4: Značkovací rameno (Tramline Farming Systems - Technical manual Bulletin)

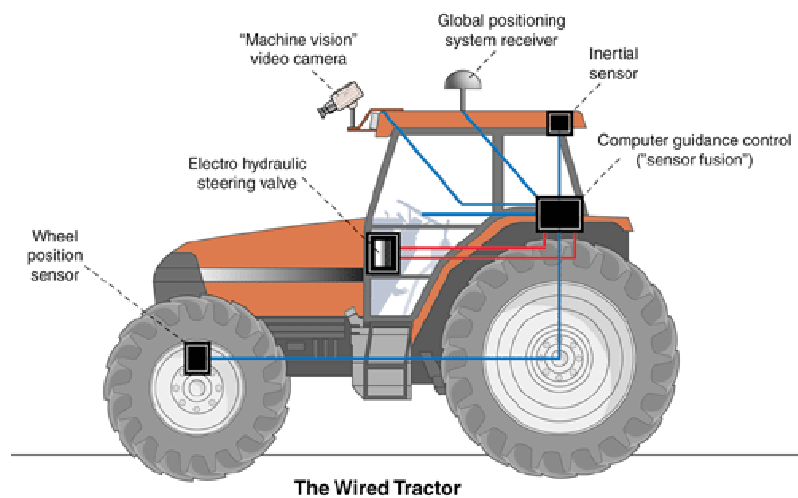
---

<sup>6</sup> Webb, B., Blackwell, P., Reithmuller, G., Lemon, J. 2004. *Tramline farming system – technical manual*.s. 20

Nevýhodou těchto manuálních značkovačů jsou různé překážky na pozemku (kameny, stromy) a s tím související možnosti poruchy a potřeby následné opravy. Také čitelnost vytvořené stopy nebo její nalezení (při použití v dalším roce) může být obtížné např. vlivem počasí. Proto se používají tzv. referenční body či značky pro snazší nalezení této stopy.

### 3.3.2 Navádění podle videokamery

Kamera (obr. 5) je umístěna na rámu pracovního stroje (např. na secím stroji nebo přímo na traktoru) a je nasměrována vně řádek předchozí jízdy. Kamera je propojena s monitorem v traktoru.



Obr. 5: Navádění podle videokamery

(Tramline Farming Systems - Technical manual Bulletin)

### 3.3.3 Naváděcí systémy GPS (DGPS)

Elektronické systémy jsou založeny na technologii globálního pozičního systému GPS. Tyto systémy poskytují větší přesnost a spolehlivost než předešlé metody navádění. Úkolem přijímače GPS je lokalizovat čtyři nebo více satelitů, zjistit vzdálenost ke každému z nich a za pomoci získaných informací spočítat svou polohu. Celá tato operace je založena na jednoduchém matematickém principu nazvaném trilaterace. K tomu, aby GPS přijímače byly schopny provést tento jednoduchý výpočet, potřebují znát následující informace.

- Pozici nejméně tří satelitů pro znalost polohy a nejméně čtyř pro určení nadmořské výšky
- Vzdálenost mezi přijímačem a každou družicí

GPS přijímač získává tyto informace analýzou radiových signálů, vysílaných z GPS satelitů. Lepší přístroje mají více přijímačů, takže mohou zároveň přijímat signál z velkého počtu družic. Přesnost současných GPS přijímačů je 5-10 m, pro potřeby CTF je ale třeba větší přesnosti (tab. 1). Proto se v zemědělství používá **DGPS** (Diferenční globální poziční systém). DGPS využívá sérii až 12 družic najednou s diferenční korekcí poskytovaných referenčními stanicemi (body) s přesností +/- 10-90 cm, při použití korekce polohy v reálném čase RTK přesnost až +/- 2-5 cm.

Tab. 1: *Stroje na farmě a využití systému GPS*

<b>Stroj/operace</b>	<b>Důvod</b>	<b>Vybavení</b>
<b>Traktory určené pro setí</b>	Perfektní založení porostů a bezchybné zasetí kolejových řádků, hrůbkové zpracování půdy a setí	Autopilot s přesností ± 2 až 4 cm)
<b>Traktory určené pro přípravu půdy</b>	Odstranění překryvů, jízda ob záběr	Navigace a asistované řízení s přesností ± 15 až 25 cm
<b>Postřikovače</b>	Jízda bez překryvů, automatické ovládání sekcí s vypínáním postřiku	GPS navigace s přesností ± 15 až 25 cm a ovládání sekcí
<b>Rozmetadla, kejdovače</b>	Jízda bez překryvů, úspora hnojiv, variabilní dávkování	GPS navigace s přesností ± 15 až 25 cm

Zdroj: [www.agronavigace.cz](http://www.agronavigace.cz)

Výše uvedené technologie GPS (DGPS) má využití v agronavigacích, které zajistí přesný pojezd po pozemku a tím udržení stroje v požadovaných kolejích či pozici.

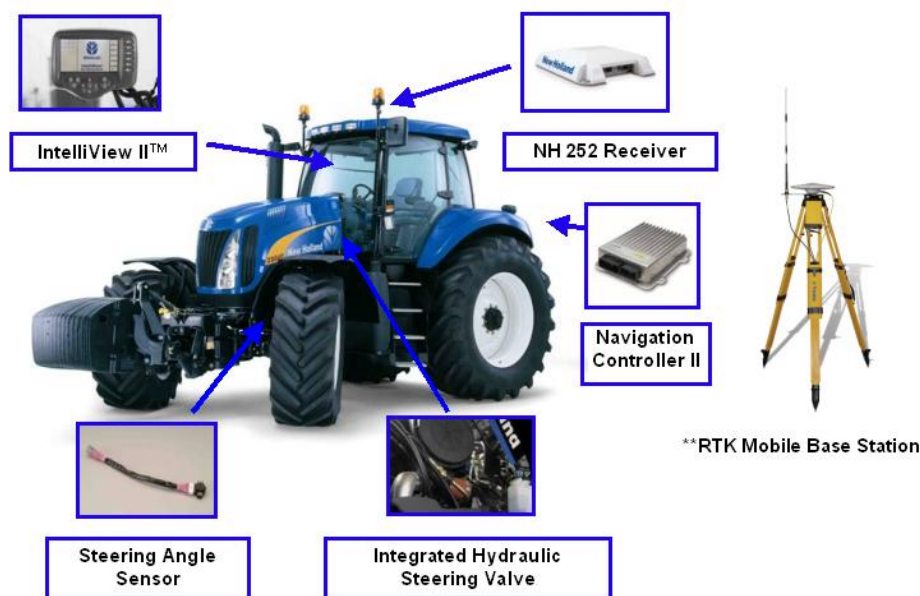
Nejjednodušší systém je zobrazen pomocí tzv. světelného panelu. Jedná se o zařízení, které je umístěno v zorném poli řidiče, na kterém se zobrazuje pomocí diod či plného grafického zobrazení současná pozice stroje a jeho případné vychýlení z požadované řádky. Diody signalizují odchylku správného směru vlevo či vpravo.

Modernější a přesnější stupeň GPS navádění je přímo přítomnost přijímače a agronavigace v kabině stroje, který přehledně zobrazuje přesnou polohu stroje a jeho vychýlení od virtuální mapy kolejových řádků.

Nejpřesnější možností využití GPS je přímo zabudování systému autopilota „Auto steering“. Tento systém je plně automatizovaný, kdy obsluha stroje pouze na úvrati otočí stroj, který je poté autopilotem sám naveden do správné pojezdové pozice.

Autopilot se od asistovaného řízení liší tím, že je zabudován přímo do hydrauliky řízení traktoru nebo samojízdného stroje a kromě GPS navigace je kontrolován ještě např. senzory natočení kol. Autopilot je tedy mnohem přesnější, co se týká rychlosti reakce a i pojezdu.

V současné době lze implementovat GPS autopilota téměř na všechny značky a typy traktorů a samojízdných strojů vyrobených v posledních zhruba pěti letech. V přítomnosti přesné RTK VRS síť umožňuje za přijatelných nákladů řídit autopiloty s odchylkou maximálně +/- 2 až 5 cm.<sup>10</sup>



Obr. 6: Schéma kitu autopilota IntelliSteer od firmy New Holland ([www.newhollandplm.com](http://www.newhollandplm.com))

<sup>10</sup> Jirka, V. Rtk – Vrs [online]. 2009. Dostupný z WWW: < <http://agronavigace.cz/rtk.html> >

## **3.4 Použité technologie v CTF**

### **3.4.1 GPS**

Navigační systém GPS (globální určení polohy) Spojených států představuje síť 32 satelitů, které rotují kolem Země každých 12 hodin a jejich signál umí rozpoznat polohu stroje na zemi. Tyto satelity jsou ve vzdálenosti 20.000 km nad Zemí na oběžných drahách a pozemním základnám umožňují rozpoznat polohu stroje vzhledem ke každému z jednotlivých satelitů, ze kterých je zasílán signál.

Extrémně přesné atomové hodiny, které jsou na palubě každého satelitu, jsou používány k programování přenosu signálu GPS v pravidelných časových intervalech.

### **3.4.2 Diferenční GPS**

(DGPS) umožňuje určit polohu GPS přijímače s ještě větší přesností. Základní myšlenkou je zaměření nepřesností GPS na pevné (pozemní) přijímací stanici se známou polohou. V okamžiku, kdy hardware DGPS již zná svou polohu, může snadno vyhodnotit nepřesnosti, které udává přijímač GPS signálu. Stanice potom vyšle signál všem přijímačům, vybaveným přijmem DGPS a zpřesní tím vyhodnocování naměřených hodnot. Z toho plyne, že přístup k upraveným informacím dělá z přijímačů DGPS mnohem přesnější stroje, než jakými jsou běžné přijímače GPS.

### **3.4.3 Globální družicový polohový systém GNSS**

Globální družicový polohový systém (Global Navigation Satellite System, zkratkou GNSS) je služba umožňující za pomoci družic autonomní prostorové určování polohy s celosvětovým pokrytím. Uživatelé této služby používají malé elektronické radiové přijímače, které na základě odeslaných signálů z družic umožňují vypočítat jejich polohu s přesností na desítky až jednotky metrů. Přesnost ve speciálních nebo vědeckých aplikacích může být až několik centimetrů až milimetrů.

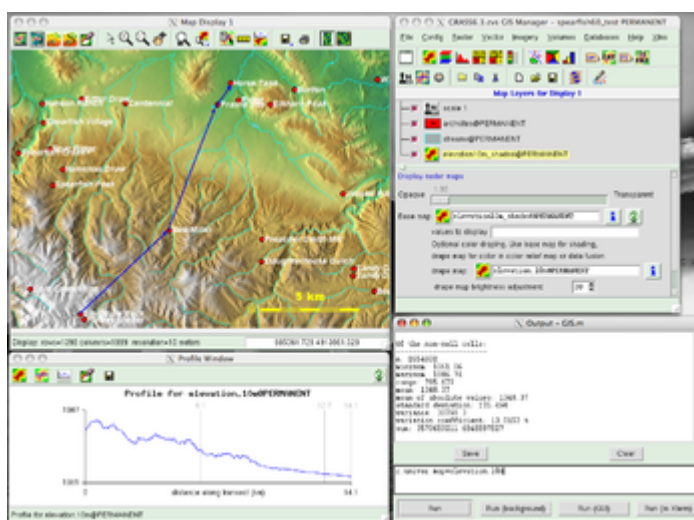
V roce 2008 je jediný plně funkční systém provozovaný armádou USA NAVSTAR GPS. Ruská vláda schválila znovuoobnovení GNSS GLONASS do plného operačního stavu. Vývoj probíhá na evropském GNSS Galileo, čínském Compass a s jejich uvedení do provozu

se počítá po roce 2012. Mimo GNSS existují i regionální autonomní družicové polohové systémy jako je existující čínský Beidou-1 a vyvíjený indický IRNSS a japonský QZSS.

### 3.4.4 Geografický informační systém (GIS)

Je na počítačích založený informační systém pro získávání, ukládání, analýzu a vizualizaci dat, která mají prostorový vztah k povrchu Země. Geodata, se kterými GIS pracuje, jsou definována svou geometrií, topologií, atributy a dynamikou.

Geografický informační systém umožňuje vytvářet modely (obr. 7) části zemského povrchu pomocí dostupných softwarových a hardwarových prostředků. Takto vytvořený model lze pak využít například při evidenci katastru nemovitostí, předpovídání vývoje počasí, určování záplavových zón řek, výběru vhodné lokace pro čistírnu odpadních vod, plánování výstavby silnic, apod.



Obr. 7: Prostředí GIS manageru ([www.grass.osgeo.org](http://www.grass.osgeo.org))

### 3.4.5 Síť satelitů GLONASS

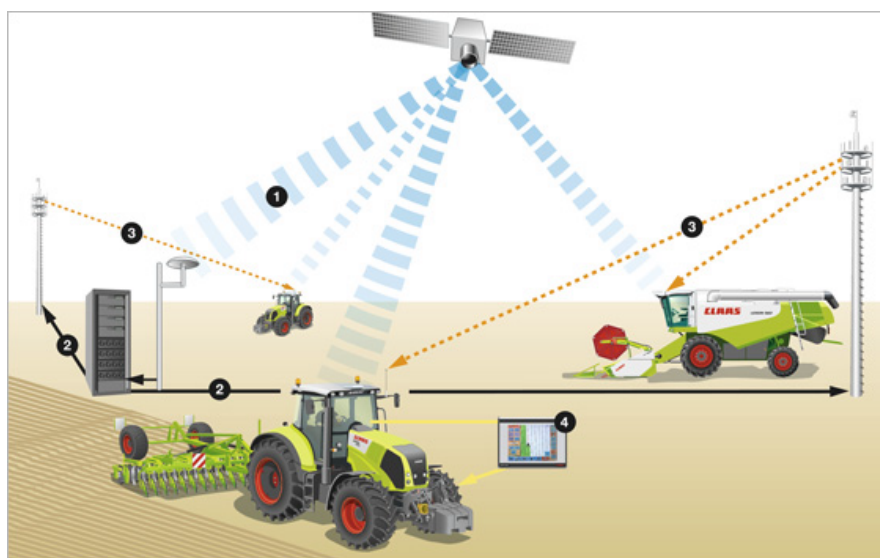
Ruský navigační systém GLONASS pracuje na stejném principu jako systém GPS a zároveň používá stejné principy pro určení polohy, tedy vysílá signály na různých frekvencích. Některé zemědělské aplikace vyžadují určitou úroveň přesnosti, která může být garantovaná pouze společným použitím signálu, jak ze sítě satelitů GPS, tak ze sítě satelitů GLONASS, aby bylo zajištěno dostatečné pokrytí satelity a tedy i požadovaná přesnost. Pro

zajištění této schopnosti existují kombinované přijímače, které jsou schopny pracovat se signály GPS a GLONASS. Tím nabízí uživateli stroje mnohem vyšší úroveň přesnosti a produktivity než může nabídnout jedna jediná síť satelitů.

### 3.5 Korekční síť RTK (Real Time Kinematics)

#### 3.5.1 RTK

RTK (Real Time Kinematics) je systém korekcí, který umožňuje zemědělským strojům vybaveným autopiloty řídit automaticky s přesností +/- 2 až 5 cm (okamžitou i meziroční), tedy jde s nimi vysévat i přesné kultury cukrovky nebo kukuřice s následným přesným hnojením či kultivací. RTK je totiž na rozdíl od ostatních technologií korekcí stabilní nejen mezi dvěma bezprostředními jízdami, ale také meziročně. Mapa vytvořená pojezdem stroje s navigací RTK lze uschovat a použít znovu třeba za půl roku. To umožní pojezd opět ve stejných kolejkách. Této technologii je využíváno v řízené dopravě po pozemku, kdy se na pozemcích naplánují virtuální kolejové řádky, v nichž pak jednotlivé stroje jednou provždy jezdí a neužijí okolní půdu. To má příznivé důsledky pro úrodnost a schopnost zadržovat vodu.



Obr. 8: Korekce přijmaného signálu (www.claas.com)

Přenos korekčního signálu (obr. 8) do zemědělského stroje je zajišťován buď prostřednictvím GPRS telefonního modemu nebo krátkovlnné vysílačky. Výhodou GPRS

nebo rádiového přenosu korekcí je minimalizace výpadků spojení ve srovnání s příjmem satelitních korekcí na frekvenci L2. Dalším pozitivem je pak výrazné zlevnění celé technologie, která tak již nyní nevyžaduje stotisícové investice do základnových stanic na jednotlivých farmách. Dostupnost signálu je závislá na kvalitě mobilní sítě nad pozemky zemědělského podniku.

### **3.5.2 RTK - FKP**

Zatímco služba RTK poskytuje korekce vždy pouze z jedné zvolené stanice, další služba RTK – FKP již k výpočtu korekcí využívá data ze všech stanic sítě (takzvané síťové řešení). Dosahuje proto přesnějších výsledků, než služba RTK. Výhodou je, že v případě RTK – FKP již prakticky nezáleží na vzdálenosti stanoviště uživatele od referenční stanice, nachází-li se uživatel uvnitř sítě a jsou-li vzdálenosti mezi referenčními stanicemi dostatečně blízké. Uživatel získává korekce ze zvolené stanice (systém automaticky zvolí stanicí umístěnou nejbližší stanoviště uživatele) doplněné o tzv. plošné parametry určené na základě síťového řešení. Dosažitelná přesnost je řádově v centimetrech.

### **3.5.3 RTK-VRS**

Obdobou služby RTK – FKP je služba RTK – VRS. V tomto případě dostává uživatel korekce vygenerované z tzv. pseudo-referenční stanice. Jedná se o virtuální stanici, která je umístěna zhruba 5km od stanoviště uživatele směrem k nejbližší referenční stanici. Přesnost je stejná jako v případě RTK – VRS, jedná se pouze o jiný způsob implementace síťového řešení.

### **3.5.4 Korekční signál EGNOS, OmniSTAR**

Stroj s anténou GPS přijímá signál ze sítě satelitů GPS. Služby společnosti EGNOS nebo OmniSTAR, které mají rozmístěny pozemní základny na určitých místech, umožňují v konkrétních oblastech poskytovat opravné korekce.

Tedy pozemní základny přijímají stejný GPS signál jako přijímač vašeho stroje. Díky přesné poloze pozemních základen, lze dopočítat přesnou chybu – odchylku polohy v reálném čase a přes její pozemní stanice následně poslat zprávu o korekci polohy do geostacionárních satelitů. Tyto satelity jsou schopné přijaté korekce následně vysílat do přijímače vašeho stroje.



## 3.6 CTF v České republice

### 3.6.1 Výzkum CTF v ČR

V roce 2008 byl uspořádán seminář na Slovenské zemědělské univerzitě v Nitře s podporou CTF Europe, ale zastřešující organizace spojující lidi k této příležitosti byla pracovní skupina CTF Mezinárodního výzkumu pro zpracování půdy (ISTRO) založena v Brisbane v roce 2003.

Hlavním cílem semináře bylo, aby vědci společně formulovali své myšlenky pro budoucí rozvoj řízeného pohybu strojů po pozemku a oblastí s tím související. Také vytvořit transparentnost ve všech existujících, plánovaných nebo navrhovaných prací související s CTF.

Účastníci semináře se seznámili s průběžnou výzkumnou činností a znalostí zúčastněných, následovanou diskuzí se zaměřením požadavků na specifické výzkumy spojené s CTF, metodiky použití této technologie a oblasti společného a koordinovaného výzkumu.

Za Českou republiku představil příspěvek Milan Kroulík z České zemědělské univerzity. V ČR je 4,26 milionu ha zemědělské půdy, která představuje asi 54% plochy ČR, z toho je 3,06 milionu ha orná půda. Z této výměry zemědělské půdy je více než 50% na svazích o sklonu větší než 7%, což není vhodné pro intenzivní produkci. Dále asi 60% produkce na orné půdě je situována na ekologicky citlivém území, kde eroze půdy a zhutnění představují stále větší znepokojení. Skupina Milana Kroulíka vyvíjí nepřímou metodiku měření pro časové a prostorové změny půdních vlastností včetně výnosů plodin a jejich souvislosti v zaznamenaných datech. K tomu využívají aplikace a technologie GIS a ochrany půdy proti vodní erozi a zhutnění.

V jejich výzkumu<sup>3</sup> na sledované oblasti měřili intenzitu dopravy po pozemku, kde byly použity tři systémy zpracování půdy s pomocí přijímače DGPS v zemědělských strojích. Výsledky ukázaly, že při použití konvenčního zemědělství byl zaznamenán pohyb alespoň jednou ročně na 95,3% pozemku. Při použití půdochranného zpracování půdy z 72,8% a

---

<sup>3</sup> Kroulík, M., Kumhála, F., Hůla, F., Honzík, I. *The evaluation of agricultural machines field trafficking intensity for different soil tillage technologies*. Soil & Tillage Research 105 (2009).

v případě bezorebného systému z 55,7%. Opakovaný pohyb na pozemku byl v poměru 145,6%, 44,8% a 18,4%.

Jejich zájem řízeného pohybu strojů po pozemku se soustředí na hodnocení vlivu intenzity dopravy na půdní podmínky, spotřebu energie, studium jak je možné metodicky využít CTF pro pěstování v závislosti na profilu a terénního tvaru pozemku.<sup>1</sup>

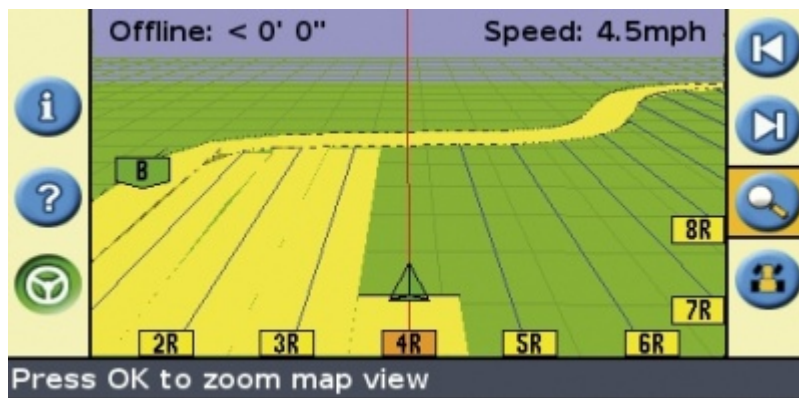
### 3.6.2 Technické zázemí v ČR

Česká republika se řadí k vyspělým zemím v aplikaci technologie CTF. A to hlavně díky firmě Leading Farmers CZ, která v roce 2009 spustila jako první síť korekcí RTK, která umožnila zemědělským strojům vybaveným autopiloty řídit automaticky s přesností +/- 2-5 cm (okamžitou i meziroční). RTK VRS síť je v současnosti již plně funkční na celém území republiky. Přenos korekčního signálu do zemědělského stroje je zajišťován buď prostřednictvím GPRS telefonního modemu nebo krátkovlnné vysílačky. Přenos korekčního signálu GPRS sítí je mimo jiné rovněž technologická novinka realizovaná v ČR. Výhodou GPRS nebo rádiového přenosu korekcí je minimalizace výpadků spojení ve srovnání s příjmem satelitních korekcí na frekvenci L2. Dalším pozitivem je pak zlevnění celé technologie. Naši zemědělci tedy mají možnost jako jedni z prvních se účastnit na využití této moderní technologie, která v blízké budoucnosti bude znamenat značné změny v realizaci rostlinné výroby v oblasti precizní kultivace, téměř dokonalé omezení překryvů a vynechávek při polních operacích a významné úspory pohonných hmot. Stroje řízené autopiloty s korekcemi RTK již jezdí v zemědělských podnicích po celé ČR v počtu více než deseti kusů a v průběhu letního období budou předvedeny na několika veřejných akcích pro zemědělskou veřejnost.<sup>11</sup>

---

<sup>1</sup> *Controlled Traffic Farming Across Europe*, Report on workshop, 23 – 24 April 2008, Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovakia.

<sup>11</sup> Štěpánek ,P. *Přesná navigace pro zemědělské stroje* [online]. 2009 [cit. 2009-02-06]. Dostupný z WWW: < <http://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/presna-navigace-pro-zemedelske-stroje.html> >.



Obr. 9: Mapa pojezdu stroje s vyznačením zpracované plochy (www.agromanual.cz)

Společnost Leading Farmers CZ, a.s. jako největší poskytovatel GPS technologií pro řízení zemědělských strojů v ČR připravuje jejich využití i pro další rozvoj ve směru optimalizace polních operací a řízeného pojezdu strojů po pozemcích (Controlled Traffic Farming – CTF), což je nová cesta spojující možnosti intenzifikace a zároveň ekologizace zemědělství.

- RTK přesnost +/- 2–5 cm okamžitě dostupná zemědělcům bez nutnosti vysokých investic
- možnost setí i řádkových kultur a vytváření přesných kolejových řádků i pro následné pojezdy
- využití přesných map po secím stroji i pro následné přesné kultivační průjezdy RTK
- přesnost +/- 2–5 cm má i přes vyšší pořizovací náklady na autopilot nejrychlejší návratnost
- roční poplatek za velmi konkurenční cenu oproti stávajícím možnostem při několikanásobně vyšší přesnosti
- rapidní snížení pořizovacích nákladů při přenosu korekcí modemem ve srovnání s rádiem
- naši zemědělci získávají náskok před Evropou při snižování pěstebních nákladů.

RTK VRS síť je krokem dopředu k zavádění řízeného pojezdu strojů po pozemcích (CTF) v České republice se všemi jeho pozitivními důsledky pro ekonomiku rostlinné výroby i životní prostředí.

## **3.7 Společnosti zabývající se CTF**

### **3.7.1 Controlled Traffic Farming (CTF Europe) Ltd**

Hlavním cílem společnosti je zlepšit ziskovost produkce plodin zaměřeného na řízený provoz v zemědělství (CTF) a jeho přizpůsobení na jednotlivé zemědělské podniky. Toho dosahuje přímou interakcí s jednotlivými pěstiteli. Také seskupuje zemědělce, kteří se na CTF aktivně podílejí a umožňuje jim sdílet informace s ostatními farmáři. V rámci těchto seskupení, jednotlivci poskytují k výzkumu a vývoji CTF v rozumném měřítku pozemky vlastní farmy. Každá skupina zemědělců si stanovuje své vlastní konkrétní cíle, kterých chtějí využitím CTF dosáhnout prezentace a šíření informací kterými podporují další zemědělce a pěstitele, kteří se chtějí do systému CTF zapojit.

### **3.7.2 Australian controlled traffic association**

ACTFA je národní asociace, která spojuje australské farmy, agrobyznys a odborníky v mnoha odvětvích, včetně pěstitelů obilnin, cukru a bavlny a obory v zahradnictví. Sdružení bylo založeno na pomoc zemědělcům a přidruženým obchodníkům k možnosti rozvíjení a vyměňování si praktické znalosti v oboru řízeného zemědělství skrz celý australský region.

### **3.7.3 Trimble**

TRIMBLE má vedoucí postavení v oblasti pokročilých lokalizačních řešení. Přes 30 let, už od roku 1978 společnost vytvořila mnoho jedinečných řešení, které pomáhají zákazníkům v růstu jejich podnikání. V portfoliu společnosti je více než 900 patentů. Trimble nabízí širokou paletu lokalizačních technologií včetně GPS, laseru, optických a inerciálních technologií. Produkty Trimblu používají zákazníci ve více než 100 zemích světa. Zaměstnanci Trimblu ve více než 21 zemích spolupracují se spolehlivou sítí dealerů a distribučních partnerů a tvoří silnou podporu všem zákazníkům.

### **3.7.4 New Holland PLM (Precision Land Management)**

Poskytuje podrobné informace o produktech precizního zemědělství a navigace New Holland. Webové stránky PLM poskytují své služby zákazníkům New Holland, kteří mají zakoupené PLM produkty a příslušenství.

### **3.7.5 Leading Farmers CZ**

Společnost Leading Farmers CZ, a.s. byla založena v červnu 2000. Do obchodního rejstříku byla zapsána 25. října 2000. Většinovým vlastníkem je norská společnost Leading Farmers AS.

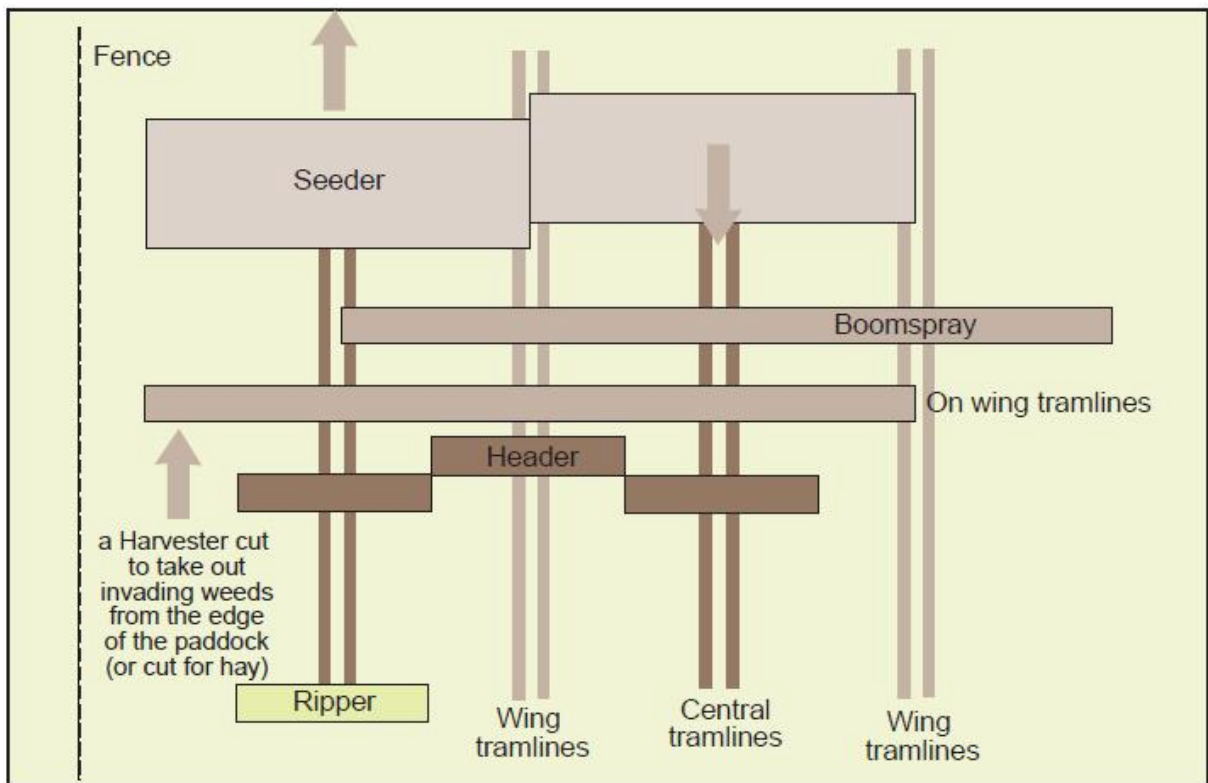
Hlavními oblastmi obchodní aktivity společnosti Leading Farmers CZ, a.s. je provozování internetového obchodního, poradenského, komunikačního a informačního systému pro zemědělství [www.leadingfarmers.cz](http://www.leadingfarmers.cz), prodej a vývoj pokročilých technologií pro přesné zemědělství (např. Trimble AgGPS, Yara N-Sensor) a prodej dalších, zejména elektronických, přístrojů pro zemědělství (vlhkoměry, meteostanice, anemometry, srážkoměry, pHmetry, odpuzovače hlodavců, trysky pro postřikovače, kamery a monitory, teploměry, chlorofylmetry, mlátičky vzorků, hektolitrové váhy aj.).

### **3.8 Kroky v zavedení CTF**

Z veškerých výše uvedených informací je postup zavedení technologie CTF do zemědělského podniku (v tomto případě znázorněno pro použití traktoru) rozděleno do několika postupně jdoucích kroků:

1. Soupis agrotechnických úkonů, které traktor na pozemku provádí. Např. postřiky, hnojení orba a kultivace, mapování, sklizeň, setí, sečení, oborávání, plečkování, sázení, meziřádková kultivace atd.
2. Návrh kolejových drah strojů na pozemku tak, aby se pojezdové řádky schodovaly s rozchodem náprav použité techniky a zároveň aby souhlasilo pokrytí pracovních záběrů.
3. Dle těchto úkonů (bod 1) se vybere vhodná korekce polohy, která je pro jednotlivé operace vyžadována. Tzn., že například pro postřiky, hnojení a orbu a kultivace je dostačující přesnost korekce polohy stroje kolem +/- 20cm, naopak pro oborávání, plečkování, sázení a meziřádkovou kultivaci je vyžadována vyšší přesnost pomocí RTK na +/- 2-5 cm.

4. Výběr vhodného zobrazovacího displeje, který je umístěn v kabině stroje a podle kterého se obsluha stroje řídí.



Obr. 10: Sloučení pracovních záběrů tak, aby odpovídaly pojezdovým drahám.

(Tramline Farming Systems - Technical manual Bulletin)

5. Výběr vhodné navigace – od manuální navigace do plně integrovaného automatického řízení (autopilot).

## 4 Porovnání přínosů a rizik technologií řízeného pohybu strojů po pozemku

### 4.1 Výhody a přínosy CTF

Existuje mnoho výhod spojených s použitím technologie CTF, které mají společný záměr a to splnit důležité faktory v zemědělství – zvýšit zisk a zlepšit udržitelnost obhospodařování půdy. Tyto cíle jsou zajišťovány prostřednictvím zlepšením stavu půdy, což snižuje náklady a zvyšuje výnos plodin ale také zlepšení úrovně životního prostředí.

#### 4.1.1 Snížení nákladů a zvýšení výnosů

Snížení nákladů a zvýšení výnosů jsou zajištěny hlavně těmito přednostmi CTF technologie:

##### 1. Nižší náročnost na energii vynaloženou pro pěstování.

To je umožněno díky tomu, že půda není tolik utužena nekontrolovatelným pohybem strojů po pozemku, tím se snáze obdělává (pracovní nástroj projde neutuženou půdou snadněji za vynaložení menší energie). Také to znamená, že je ve více přirozeném stavu a snadno se „rozpadá“ dále na úrodnou půdu. Pozemek v takovémto stavu se lépe připravuje pro vytvoření seťového lůžka. V průměru připadá 50% úspora paliva na jednu tunu sklizené úrody.<sup>5</sup>

##### 2. Nižší energie pro pohyb po pozemku.

Kola strojů se vždy pohybují ve stejných kolejových řádkách, tím se minimalizuje valivý odpor, přístup k obdělávaným oblastem je jednodušší.

##### 3. Menší investice do pořízení zemědělské techniky.

S méně intenzivním a energeticky méně náročným obděláváním půdy lze použít traktory a techniku s nižším výkonem. Zemědělci, kteří začali používat CTF zjišťují, že jim stačí využívat menší traktory a stroje než doposud.

---

<sup>5</sup> Tullberg, J.N. and P. Wylie. *Energy in Agriculture. Saving energy for more profit, reduce greenhouse gases and farm fuels for the future.* Concervation Farming Information Centre, Dalby. 1994.

#### 4. Lepší set'ové lůžko.

Bez škod způsobených zhutněním půdy lze připravit set'ové lůžko s velmi malou ztrátou půdní vlhkosti, čím přispívají k rychlému vyklíčení plodiny (Obr. 10).



Obr. 11: Jarní oves osetý konvenční metodou (vlevo) a metodou CTF (vpravo), pozemky byly vysety ve stejný den a fotografovány později také ve stejný den. (www.controlledtrafficfarming.com)

#### 5. Schopnost používat minimalizační bezorebné systémy bez problému zhutnění povrchu půdy (v horní části 10 cm).

Konvenční systémy trpí pomalým počátečním růstem zemědělských plodin v důsledku špatného stavu struktury ornice, často způsobeným montáží podhuštěných pneumatik (zhutnění větší oblasti při každém pohybu stroje). CTF je jednou z možností eliminace problému klíčivosti a počátečního růstu plodin a také výrazně zlepšuje vodní bilanci půdy.

#### 6. Vylepšené výnosy plodin.

Výzkum a praxe ukázaly<sup>12</sup>, že výnosy z pozemků obdělávaných metodou CTF jsou o 9-16% vyšší než v oblastech zhutněných nekontrolovatelnou dopravou strojů. Také v oblastech s nízkou hladinou srážek je možné dosáhnout uspokojivé sklizně, protože se v půdním profilu zadrží více vody.

<sup>12</sup> *Benefits of CTF* [online]. Dostupný z WWW: <<http://www.controlledtrafficfarming.com/content/benefits.aspx>>.



## **7. Zlepšení půdní struktury.**

Nejenže umožňuje lepší strukturu seťového lůžka a jeho založení s malými náklady, ale také zvyšuje výkonnost půdy. Mezi hlavní následky patří:

- I. V podmáčených podmínkách je lepší odvodnění a plodiny rostou daleko rychleji při odpovídající teplotě půdy.
- II. V oblastech s intenzivními srážkami je více vody vstřebáno půdou. Ta je potom k dispozici v obdobích sucha, ale také snižuje riziko eroze půdy a její znehodnocení.
- III. Úspora množství potřebného semena k sadbě. Stávající systémy často musí zvyšovat počet semen zasetých, aby byla úroda kompenzována v případě „chudého roku“ a naopak v letech s optimálními podmínkami pro vyklíčení může naopak být problém s vzejitím příliš velkého počtu rostlin na daný pozemek. S dobře navrženým systémem CTF můžeme zasít téměř přesně bez ohledu na následující podmínky během roku.
- IV. Menší ztráty plodin způsobených vlivem slimáků. Jemné semeniště je méně náchylné na napadení. Struktura semeniště slimáky odpuzuje a plodina je na kvalitním seťovém lůžku citlivější kratší dobu, a to jak ve formě klíčícího semena, tak ve svých raných fázích růstu.

## **8. Vylepšené využití a účinnost oblasti.**

Protože celé oseté plochy jsou přesně označeny, je snížena šance možného překryvání pracovních záběrů. U pracovních nástrojů se širokým záběrem hrozí riziko překryvů s až půlmetrovým překryvem. Díky síti permanentních kolejí a monitorováním pojezdu pomocí DGPS se tyto nechtěné překryvy minimalizují. Např. při použití 8m kultivátorů to znamená úsporu 6% energie a času v důsledky zbytečných překryvů.

## **9. Využití zvyšujícího potenciálu a přesnosti globálních navigačních systémů.**

S tím souvisí využití a monitorování permanentních pojezdových řádků, které také může sloužit jako záložní zdroj informací (např. uchování poslední pozice a směru stroje při předchozí práci na pozemku, v jakém směru jezdil na tomto pozemku atd.) Také permanentní kolejové řádky poskytují více stabilní pracovní prostředí a hlavně zamezení nechtěného změnu pojezdu stroje od požadovaného kurzu

### **4.1.2 Zlepšování životního prostředí**

1. Zlepšená účinnost používání hnojiv.
2. Potenciálně uchovat více organické hmoty a organismů žijících v půdní struktuře. Málo poškozená půda způsobená koly nebo pásy nepotřebuje tolik intenzivní agrotechnické opatření a tím tolik neomezuje aktivitu půdních organismů prospěšných pro půdní strukturu.
3. Vylepšená výměna plynů. Lepší struktura půdy znamená, že podmínky budou příznivější pro absorbování plynů do půdy (např. metan), které jsou produkovány v aneorobních podmínkách, jako například oxid dusný a metanu, které jsou zvláště škodlivé pro životní prostředí.
4. Zlepšené zadržování vody. Větší počet a větší velikost pórů v nezhutněné struktuře půdy znamená, že více vody je infiltrováno a zachyceno v rámci profilu. To znamená, snížení potenciálu pro erozi, ale také to, že tam bude více dostupné vody pro rostliny.

## **4.2 Rizika technologie CTF**

Přes množství přínosů a výhod CTF existují i možné rizika a úskalí spojené se zavedením CTF technologie do rostlinné produkce zemědělských podniků. A to od sjednocení šíře kol strojů a s tím související návrh kolejových řádků, dále správné prostorové rozvržení, směrová orientace kolejových řádků včetně dobrého přístupu k zemědělskému pozemku. Toto vše je závislé na konkrétním tvaru a umístění oblasti pozemku.

### **4.2.1 Sjednocení šíře stop a pracovního záběru zemědělských strojů**

V ideálním případě, kdy se šíře rozchodu kol použitých strojů výrazně neliší je implementace a navržení kolejových řádek proveditelná bez většího úskalí. Problém ale nastává v případě použití sklízecích mlátiček, kdy je sjednocení stop (viz. obr. 2) s ostatními stroji obtížné. Sklízecí mlátičky s velkým záběrem patří k největším strojům používaných v rostlinné produkci. Ve většině případů jejich rozchod kol neodpovídá ostatní zemědělské technice a proto dochází k pojezdu a utužení půdy mimo kolejové řádky.

K zhutnění půdy dochází snáze ve vlhkých nebo podmáčených oblastech, proto je pohyb sklízecí mlátičky mimo permanentní kolejové dráhy nežádoucí. Na snadno zhutnitelných půdách nebo oblastech, kde se předpokládá větší množství srážek a sklizeň může probíhat na podmáčené půdě, je proto nutné zvážit použití sklízecí mlátičky. Úspěšné zavedení CTF je otázkou správného naplánování do budoucna co, kde a za použití jaké techniky se bude pěstovat.

### **4.2.2 Navržení a nejefektivnější rozložení kolejových drah**

Při plánování a navrhování kolejových drah je třeba brát v potaz několik faktorů k dosažení nejvíce výhod CTF a zároveň dbát na šetrné zacházení s půdou (antierozní opatření, ochrana životního prostředí atd.). Hlavní je dbát pozornosti na správné zvolení orientace kolejových drah. To souvisí s tvarem, rozměrem, typem půdy a sklonem pozemku. Špatně navržený systém kolejových řádků může způsobit masivní erozi vlivem odplavování zrn půdy, záplavy nebo nadměrné podmáčení částí pozemku, které jsou položeny na nižším místě.

### 4.2.3 Přesnost a limitující faktory RTK

Na přesnost orientace a pohybu na pozemku má vliv mnoho faktorů a to jak na straně poskytovatele, tak na straně příjmu klienta. V ČR je již kompletní síť korekcí RTK-VRS, přesto existují faktory mající vliv na dostupnost a přesnost tohoto signálu.

#### Na straně systému:

- Stav sítě (GNSS, GPS..) – především počet a poloha družic, v případě příjmu diferencních korekcí ze satelitu kvalita korekcí a poloha příslušné družice
- Služba sítě – při používání sítě kvalita síťových řešení – plošné a VRS korekce, spolehlivost systému generující korekce
- Kondice – jednotlivé prvky sítě – stav stanic, funkčnost serverů, casterů, mechanismů generující služby,
- Komunikace v síti – spojení a komunikace stanic s operačním centrem.

#### Na straně klienta:

- Stav sítě (GNSS, GPS..) – opět počty a poloha satelitů, kvalita příjmu signálu, atmosférické vlivy
- Poloha klienta – vzhledem k permanentním stanicím nebo k vlastním bázím
- Komunikace – dostupnost a kvalita datových služeb mobilních operátorů, GSM, GPRS, EDGE, UMTS, komunikace s vlastní bází (i např. rádio), komunikace s perm.sítí, příp. kvalita příjmu korekcí ze satelitů
- Lokální podmínky – rušení, vícecestné šíření signálů, viditelnost satelitů, chvilkové zákryty satelitů, ... (les, pohyb, ulice, infrastruktura, ...)
- Kondice přijímače – především stav hardware, funkčnost a vhodná verze operačního systému, firmware a software, stav komunikačního rozhraní

## 5 Závěr

Současným vývojovým trendem v zemědělství je snižování cen zemědělských výrobků a zvyšování cen vstupů. Potřebné příjmy je možné zajistit především omezením výrobních nákladů. Jednou z úsporných alternativ je vynechání orby a její nahrazení jiným způsobem obdělávání. Úspěšná polní výroba bez použití pluhu vyžaduje uvážení veškerých výrobně-technických opatření na samotném poli, od sklizně až po setí, od hnojení až po ochranu rostlin.

Minimalizace, bezorebné a půdoochranné systémy zpracování půdy a řízený pohyb strojů po pozemku si ve světě ale také u nás získávají stále více příznivců. Řízený pohyb strojů po pozemku je také možné řešení nežádoucího zhutnění půdy v důsledku rostoucí velikosti a hmotnosti zemědělské techniky. Zemědělské stroje pohybující se v permanentních drahách na poli utužují půdu jen v oblasti kolejových drah a tím v oblastech sloužících k pěstování nedochází k utužení a degradaci půdní struktury.

Pohyb strojů v těchto drahách v současné době zajišťují moderní DGPS technologie s velkou přesností a jejich opakované využití k orientaci na poli i pro další roky. Ekonomická udržitelnost CTF se již potvrdila rozšířením této technologie pocházející původně z Austrálie do USA, Jižní Ameriky ale i do Evropy včetně k nám do České republiky.

Metody minimalizace, bezorebné zemědělství, půdoochranné systémy CTF se vyznačují tím, že v maximální možné míře redukuje počet pojezdů po pozemcích a ponechávají organické zbytky na povrchu půdy nebo je zapracovávají pouze do vrchní vrstvy ornice. Ve svém důsledku zabezpečují stabilizaci výnosů zemědělských plodin a vysoce pozitivní dopad v oblasti úspory nákladů na zpracování půdy, úspory pracovních sil, pohonných hmot a snížení pořizovacích nákladů na stroje a nářadí na zpracování půdy.

V České republice je v současné době plně funkční korekční síť RTK-VRS spuštěná a provozována firmou Leading Farmers CZ. Současně probíhá i výzkum technologie CTF „Technologie řízeného pohybu strojů po pozemcích vedoucí k omezení degradace půdy a zvýšení efektivity hospodaření“ na Technické fakultě České zemědělské univerzity v Praze.

## 6 Seznam literatury

### Literární zdroje:

1. *Controlled Traffic Farming Across Europe*, Report on workshop, 23 – 24 April 2008, Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovakia.
2. J. N. Tullberg, J.N., Yule, D. F., McGarry, D. *Controlled traffic farming - From research to adoption in Australia*. Soil & Tillage Research 97 (2007) 272–281.
3. Kroulík, M., Kumhála, F., Hůla, F., Honzík, I. *The evaluation of agricultural machines field trafficking intensity for different soil tillage technologies*. Soil & Tillage Research 105 (2009).
4. Soil & Tillage Research, *Controlled traffic farming - From research to adoption in Australia* 97 (2007) 272–281
5. Tullberg, J.N. and P. Wylie. *Energy in Agriculture. Saving energy for more profit, reduce greenhouse gases and farm fuels for the future*. Concervation Farming Information Centre, Dalby. 1994.
6. Webb, B., Blackwell, P., Reithmuller, G., Lemon, J. 2004. *Tramline farming system – technical manual*. Bulletin 4607, Department of Agriculture Western Australia, 88 p. ISSN 1448-0352.
7. Yule, D.f. *Controlled traffic farming—the future*. In: Proceedings of the National Controlled Traffic Conference, University of Queensland, 1998.

### Elektronické zdroje:

8. *Controlled Traffic Farming* [online]. 2008. Dostupný z WWW: <<http://www.organicfooddirectory.com.au/organic-answers/what-is-organic/control-traffic-farming.html>>.
9. *What is Controlled Traffic Farming* [online]. 2006. Dostupný z WWW: < <http://www.controlledtrafficfarming.net/what.php> >.
10. Jirka, V. *Rtk – Vrs* [online]. 2009. Dostupný z WWW: < <http://agronavigace.cz/rtk.html>>

11. Štěpánek ,P. *Přesná navigace pro zemědělské stroje* [online]. 2009. Dostupný z WWW: < <http://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/presna-navigace-pro-zemedelske-stroje.html> >.

12. *Benefits of CTF* [online]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.controlledtrafficfarming.com/content/benefits.aspx> >.

#### **Ostatní elektronické zdroje:**

<http://www.actfa.net>

<http://agronavigace.cz>

<http://www.claas.com>

[www.grass.osgeo.org](http://www.grass.osgeo.org)

<http://www.leadingfarmers.cz>

<http://www.newhollandplm.com>

<http://www.silsoeresearch.org.uk>

#### **Seznam obrázků:**

Obr. 1: Velikost a hmotnost zemědělské techniky se během let zvětšila

Obr. 2: Sjednocení šíře kol do pojezdových řádků

Obr. 3: Vytvoření virtuální mapy kolejí po pozemku pomocí softwaru firmy Trimble

Obr. 4: Značkovací rameno (Tramline Farming Systems - Technical manual Bulletin)

Obr. 5: Navádění podle videokamery

Obr. 6: Schéma kitu autopilota IntelliSteer od firmy New Holland

Obr. 7: Prostředí GIS manageru

Obr. 8: Korekce přijmaného signálu

Obr. 9: Mapa pojezdu stroje s vyznačením zpracované plochy

Obr. 10: Sloučení pracovních záběrů tak, aby odpovídaly pojezdovým drahám

Obr. 11: Jarní oves osetý konvenční metodou a metodou CTF