

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra zemědělských strojů**



**Diplomová práce**

**Využití telematiky k hodnocení  
provozních ukazatelů strojů**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.**

**Autor práce: Bc. Tomáš Papík**

**© 2021 ČZU v Praze**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tomáš Papík

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Využití telematiky k hodnocení provozních ukazatelů strojů**

Název anglicky

**Telematics applications for operating indicators of machines evaluation.**

---

### Cíle práce

Hypotéza: Znalost aktuálních dat o provozu strojů přispěje k optimalizaci poracovních úkonů s ohledem na variabilitu vstupních podmínek.

Pro sledované pracovní soupravy vyhodnotit provozní parametry ve vztahu k variabilitě pozemku a navrhnout případná řešení pro optimalizaci stavu.

### Metodika

Na základě telematických dat budou hodnoceny parametry využití strojních souprav, časové náročnosti úkonů, variability ukazatelů, spotřeby pohonných hmot a dalších režimů práce stroje.

Budou navrženy kroky, které povedou k opatřením na ekonomicky výhodnější provoz techniky, Výstupy budou dále využity pro návrhy strukturaliace pozemků.

1. Zpracování literární rešerše zaměřené na zvolené téma.
2. Sběr dat o provozních ukazatelích strojů, výběr vhodných polních opearcí.
3. Ošetření dat a jejich zpracování a intepretace.
4. Návrhy opatření které budou vycházet ze získaných údajů.
5. Ekonomické zhodnocení dat.
6. Celkové zpracování dat, diskuse výsledků a závěr.

## **Doporučený rozsah práce**

50-60 stran, včetně obrázků, tabulek a grafů

## **Klíčová slova**

Telematika; GIS; GPS navigace; Spotřeba PHM; optimalizace tras

---

## **Doporučené zdroje informací**

1. HEEGE, H J. Precision in crop farming : site specific concepts and sensing methods: applications and results. Dordrecht: Springer, 2013. ISBN 978-94-007-6759-1.
2. KROULÍK, M. – BRANT, V. – ZÁBRANSKÝ, P. – ŠKEŘÍKOVÁ, M. Implementace navigačních technologií a aplikací s podporou GPS. 2019, Praha: Agrární komora České republiky, 56 s. ISBN: 978-80-88351-04-7.
3. ZHANG, Q. Precision agriculture technology for crop farming. Boca Raton: CRC Press, 2016. ISBN 9781482251081.
4. BRANT, V., KROULÍK, M. a kol. Implementace principů precizního zemědělství do rostlinné výroby. 2020, České Budějovice: Kurent, s.r.o., 284 s. ISBN 978-80-87111-81-9

---

## **Předběžný termín obhajoby**

2020/2021 LS – TF

## **Vedoucí práce**

doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

## **Garantující pracoviště**

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 20. 11. 2020

**prof. Dr. Ing. František Kumhála**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2021

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 13. 05. 2021

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci „Využití telematiky k hodnocení provozních ukazatelů strojů“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne: 13. 5. 2021

.....

Bc. Tomáš Papík

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu této práce, panu doc. Ing. Milanu Kroulíkovi, Ph.D. za odborné vedení, rady a připomínky při zpracování této diplomové práce. Zároveň děkuji celé své rodině, za jejich pomoc, podporu a trpělivost během mého studia.

## **Využití telematiky k hodnocení provozních ukazatelů strojů**

### **Abstrakt:**

Tato diplomová práce se zabývá využitím telematiky k hodnocení provozních ukazatelů u zemědělských strojů. V teoretické části objasňuje pojmy: zemědělská technika, precizní zemědělství, provozní ukazatele, provozní náklady a navigační systémy. Dále vysvětluje pojem telematika, popisuje jednotlivé telematické systémy a jejich využití v zemědělských strojích v precizním zemědělství. Dále vysvětluje, jak jednotlivé systémy získávají informace o daném pozemku.

V praktické části se diplomová práce přímo zaměřuje na konkrétní telematické systémy a jejich využití. Data získaná pomocí telematických systémů během práce soupravy na poli jsou následně vyhodnocena pomocí příslušných softwarů a slouží jako podklady pro tvorbu aplikačních map, optimalizaci tras nebo mají informativní charakter o provozních parametrech zemědělského stroje během práce.

V poslední fázi jsou prezentována zpracovaná data, která jsou zároveň zhodnocena z ekonomického hlediska formou tabulek. Získané výsledky jsou následně okomentovány a formou diskuze je zhodnocen ekonomický či agrární přínos prováděné operace s telematickými daty.

**Klíčová slova:** GIS, GPS navigace, optimalizace tras, precizní zemědělství, spotřeba PHM, telematika

## **Telematics applications for operating indicators of machines evaluation**

### **Abstract:**

This thesis describes the use of telematics for evaluating operational indicators of agricultural machinery. It first explains technical terms as: agricultural machinery, precision agriculture, operational indicators, operating expenses and navigational systems. Further on it delves into the topic telematics itself and explains the use of various telematic systems in agricultural machinery and precision agriculture. Crucial part of the theoretical segment is focused on explaining the ways the systems gain information about the land they operate on.

The second part of my thesis describes specific telematic systems and their use. Data that the telematic systems acquire during fieldwork are used by specific software programs for creating application maps, optimisation of routes or for simply informing the users of the agricultural machinery about its various operational parameters as well as its performance.

The last part of this thesis presents the analyzed data and its economic value. The data is presented in tables that are followed by discussion and evaluation of economic and agricultural benefits of using telematic data.

**Key words:** GIS, GPS navigation, route optimization, precision agriculture, fuel consumption, telematics

## Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce .....	2
3	Metodika práce.....	3
4	Přehled řešené problematiky .....	4
4.1	Telematika v zemědělství .....	4
4.1.1	Telematické systémy.....	5
4.1.2	Metody sběru dat.....	5
4.1.3	ISOBUS .....	6
4.1.4	Controlled traffic farming.....	8
4.2	Geografický informační systém.....	11
4.2.1	Data v GIS a jejich struktura.....	12
4.2.2	Vektorová data .....	12
4.2.3	Rastrová data.....	13
4.2.4	Atributová data.....	14
4.2.5	LPIS .....	14
4.3	GPS navigace.....	14
4.3.1	Uživatelská sféra GPS.....	15
4.3.2	RTK.....	15
4.3.3	GPS monitoring souprav.....	16
4.3.4	Využití GPS systému v zemědělství .....	17
4.3.5	Využití navigace v systému řízení soupravy.....	18
4.4	Precizní zemědělství .....	18
4.4.1	Variabilita půdního bloku .....	20
4.4.2	Systémy monitoringu.....	21



4.4.3	Měření tahových sil.....	21
4.4.4	Měření prokluzu.....	22
4.4.5	Měření rychlosti .....	23
4.4.6	Výnosové mapy .....	23
4.5	Spotřeba PHM .....	25
4.5.1	Režim práce motoru traktoru s ohledem na spotřebu PHM.....	25
4.5.2	Uhlíková stopa .....	26
4.5.3	Snižování spotřeby PHM .....	28
4.6	Optimalizace tras .....	29
4.6.1	Utžení půdy .....	29
4.6.2	Souvratě .....	30
4.6.3	SMS software.....	31
4.6.4	OptiTrail software .....	32
4.6.5	Využití navigačních technologií k optimalizaci tras.....	32
5	Vlastní řešení .....	34
5.1	Variabilní setí .....	34
5.2	Variabilní aplikace hnojiv .....	38
5.3	Sledování provozních ukazatelů strojů.....	40
5.3.1	Záznam otáček motoru traktoru .....	41
5.3.2	Záznam pojezdové rychlosti traktoru.....	43
5.3.3	Záznam spotřeby pohonných hmot.....	44
5.3.4	Provozní ukazatele podle typu jízdy .....	45
6	Zhodnocení výsledků .....	49
6.1	Variabilní setí – zhodnocení .....	49
6.2	Variabilní aplikace hnojiv – zhodnocení .....	50

6.3	Provozní ukazatele stroje.....	50
6.3.1	Optimalizace tras.....	50
6.3.2	Vypuštění části přejezdů po souvrati .....	53
7	Závěr .....	57
8	Seznam použitých zdrojů.....	59
9	Seznam obrázků .....	62
10	Seznam tabulek .....	64
11	Seznam grafů .....	65

# 1 Úvod

V několika posledních letech nám život stále více usnadňují nejrůznější technologie, které nám nabízejí velké množství možností, které byly ještě před několika lety zcela nepředstavitelné. Digitalizace prvků kolem nás a rychlý rozvoj komunikačních technologií stále rychleji automatizují různá odvětví. Stále více se tak setkáváme s přístroji, které zaznamenávají nejrůznější data. Pouhý sběr a shromažďování informací však nestačí. Důležité je také umět s těmito daty pracovat, tj. analyzovat je a zpracovat výsledky, které pro nás následně mají vypovídající charakter.

S rozvojem technologií ale přichází i náročnost na rychlost práce s daty a množství jednotlivých dat. V takové chvíli je kladen velký důraz na přenos dat mezi jednotlivými zařízeními či aplikacemi. Tuto činnost zajišťují telekomunikační technologie. Ty jsou v posledních letech hlavně díky mobilnímu internetu a jeho rozvoji také na vzestupu. Spojením slov informatika a telekomunikace vzniklo slovo telematika, představující obor, který se zabývá kombinací přenosu a zpracování dat mezi jednotlivými systémy a prostředky.

Telematické přístroje jsou rozšířené v mnoha odvětvích a jinak tomu není ani v zemědělství. Již před několika desítkami let došlo v zemědělství k přechodu k mechanickým strojům, kdy manuální práci za lidi odváděla zemědělská technika, kterou řídil člověk. Právě lidský faktor ale nezaručoval optimální práci v zemědělství, proto se v posledních několika letech začalo uvažovat o automatizaci zemědělství.

Právě telematické systémy a přístroje napomohly k částečné automatizaci zemědělství. Zemědělské stroje jsou stále více vybaveny těmito přístroji, které dokážou zaznamenávat nejrůznější data ohledně provozu stroje, vykonávané práce a jiných dodatečných informací.

Data získaná při užívání zemědělské techniky neboli provozní ukazatele stroje, mají vypovídající charakter o provozu stroje. Tato data jsou zaznamenávána za chodu stroje a následně ukládána na vzdálená úložiště. Díky možnosti získat tato data a pomocí nejrůznějších aplikací je dále zpracovávat a vyhodnocovat, můžeme zajistit jejich optimalizaci a dosáhnout tak co nejvýhodnějšího provozu při zachování či dokonce zlepšení vykonané zemědělské činnosti stroje.

## 2 Cíl práce

Hypotéza: Znalost aktuálních dat o provozu strojů přispěje k optimalizaci pracovních úkonů s ohledem na variabilitu vstupních podmínek.

Cílem práce je seznámení s technologiemi, které usnadňují práci v zemědělství. Vysvětlení systémů jako je GIS a GPS, které jsou denně využívány v zemědělství. Konkrétně poté poukázat na telematiku a telematické systémy, které jsou v zemědělské technice využívány.

Hlavním cílem je provést jednotlivá měření pomocí několika telematických systémů a poukázat na to, jak se dají využít k hodnocení provozních ukazatelů strojů. Získaná data o provozních ukazatelích následně analyzovat v příslušných aplikacích pro jednotlivé typy jízd a zjistit, zda je možné navrhnout ekonomicky výhodnější řešení při práci soupravy na poli, popřípadě vyzdvihnout hlavní přínosy telematických systémů využívaných při práci zemědělské techniky na daném pozemku.

Dílčí cíle:

- vytvořit přehled řešené problematiky
- vysvětlit pojmy jako telematika, precizní zemědělství, GPS, GIS, spotřeba PHM
- zjistit, zda je výhodné variabilní setí, popřípadě jaký režim zvolit (zvýšení x snížení)
- zjistit, jaký přínos má variabilní aplikace hnojiv
- zhodnotit všechna provedená měření na základě získaných dat
- zhodnotit přínos využitých telematických systémů u zemědělské techniky

### **3 Metodika práce**

Metodika řešené problematiky této diplomové práce bude založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů.

Praktická část se poté bude věnovat informacím získaných při práci stroje na poli o daném pozemku, a hlavně provozním ukazatelům strojů získaných z telematických systémů. Na základě telematických dat budou v příslušných aplikacích zpracovány a hodnoceny parametry využití strojních souprav, časové náročnosti úkonů, variability ukazatelů, spotřeby pohonných hmot a dalších režimů práce stroje.

Budou navrženy kroky, které povedou k opatřením na ekonomicky výhodnější provoz techniky. Výstupy budou dále využity pro návrhy strukturalizace pozemků.

## 4 Přehled řešené problematiky

V teoretické části této diplomové práce jsou vysvětleny jednotlivé pojmy související s řešenou problematikou na zvolené téma. Teoretická část se zaměřuje na telematiku v zemědělství, možnosti sběru telematických dat a kompatibilitu jednotlivých zařízení. Na telematiku dále navazují jednotlivé systémy běžně užívané v precizním zemědělství jako jsou GIS a GPS systémy. Následně je objasněn samotný termín precizní zemědělství. V závěru teoretické části je nastíněna problematika optimalizace tras a popsány jednotlivé softwary pro optimalizaci doplněné o konkrétní výsledky měření.

### 4.1 Telematika v zemědělství

Telematika je obor s velkým potenciálem v současnosti i budoucnosti a umožňuje širokou oblast využití. Propojuje informační a telekomunikační technologie s dopravním inženýrstvím, ekonomikou, teorií dopravy, systémovým inženýrstvím a jinými odvětvími, které souvisejí s dopravní infrastrukturou, a to za podpory ostatních souvisejících oborů (ekonomika atd.), aby byla pro stávající infrastrukturu zajištěna integrace a dosaženo co nejnižších nákladů (Čujan, et al., 2013).

Digitalizace v dnešní době proniká do všech odvětví. Jinak tomu není ani v zemědělství, kde digitalizace hraje čím dál větší roli a propojuje velké množství informačních zdrojů do společných databází, souvislostí a funkcionalit. Digitalizaci lze chápat jako transformaci reálného světa a fyzických objektů do objektů virtuálních, čímž napomáhá sloučit jednotlivé dění pod společnou infrastrukturu.

Tyto kroky nám umožní převzít větší kontrolu nad věcmi kolem nás díky dostatečnému přísunu informací. To zajistí stále rychlejší nástup výpočetní techniky, senzorů, mobilních telefonů, autonomních systémů, díky čemuž je možné v dostatečně velké míře sbírat, analyzovat, filtrovat a zpracovávat potřebná data a kontrolovat vstupy. To vše přispívá k podpoře rozhodování, a tedy k jistému předpokladu pro efektivní a šetrné hospodaření v krajině. Optimalizovat vstupy v rozhodovacích procesech umožňuje detailní monitoring, tvorba modelů a včasná signalizace, díky čemuž je možné dělat správné věci ve správný čas na správném místě. (Brant, et al., 2020)

Pro správné fungování těchto vývojových směrů je zapotřebí zajistit správný sběr telematických dat a jejich následný přenos do vzdálených (cloudových) úložišť, kde jsou data

následně tříděna a zpracována a je k nim umožněn vzdálený přístup s možností exportu a importu těchto dat odkudkoliv s podporou dostatečného množství zařízení.

Podstata telematiky v zemědělství spočívá v inovaci a modernizaci zemědělského managementu a vychází z monitoringu pohybu strojů, sledování jejich časového využití, výkonnosti a pozice v reálném čase. (Kroulík, et al., 2019)

#### **4.1.1 Telematické systémy**

Telematické systémy mají za úkol sběr telematických dat a následnou práci s těmito daty. Jako zdroj telematických dat nejsou používány pouze samotné tažné prostředky, ale mohou se jimi stát i pracovní nářadí. Telematické systémy tak přinášejí řadu informací spojených s monitoringem souprav a provozních ukazatelích strojů.

Zásadní krok v automatizaci procesů představuje výrazné rozšíření polních navigací. Jde především o družicové navigační systémy. Znalost polohy a následně generované přejezdy po pozemku přináší řadu informací o práci na pozemku. Společně s daty o poloze jsou získávána i data o pracovním režimu, rychlosti stroje, otáčkách motoru, spotřebě pohonných hmot, parametrech sklizeného produktu nebo použitých vstupech. Zároveň přicházejí upozorňující data informující o požadavcích údržby či servisního úkonu. (Kroulík, et al., 2019)

Telematické systémy pomocí různých senzorů zaznamenávají telematická data při práci na daném pozemku. Díky získaným datům se dostávají účinky, které se projevují hlavně v ekonomických aspektech. Nejčastěji dochází ke snížení nákladů na paliva a maziva, a to nejen díky optimalizaci spotřeby, ale i díky prevenci krádeže motorové nafty. Dále se snižují náklady na údržbu, kdy telematické systémy dokážou diagnostikovat chybné funkce a ukázat potřebu preventivní údržby podle skutečných provozních podmínek zařízení. Co se naopak zvyšuje je výkon, kdy dochází k snížení nadměrných prostojů, prevenci nevhodného používání stroje, či posílení pracovní disciplíny (Agricultural machinery telematics).

#### **4.1.2 Metody sběru dat**

Sběr dat je nejdůležitější součástí využití inteligentních prvků v zemědělství. Nutnost sbírání dat je v dnešní době nevyhnutelná záležitost, neboť se každá další činnost řídí právě podle výsledků vyplývajících z dat předchozích.

Data lze získávat kontaktní metodou, tedy přímým kontaktem s objektem, ze kterého jsou data získávány. Tato forma pak může být destruktivní (odběr půdy) či nedestruktivní, kdy je použit způsob odrazivosti pomocí ručních či zemědělských senzorů. (Lukas, et al., 2012)

- IoT senzory – umístěné v půdě, rostlinách, traktorech, přídatných zařízeních
- čidla – výnosová, hmotnostní, nárazová,
- lokalizační systémy
- umělá inteligence – kamery s umělou inteligencí
- pH metr

Bezkontaktní metoda je pak založena na sběru dat pomocí senzorů, které jsou připevněné na pozemcích či leteckých nosičích, které pracují na principu dálkového průzkumu země. (Lukas, et al., 2012)

- dálkový průzkum země
- drony (UAV)
- satelitní snímky

### **4.1.3 ISOBUS**

Více inteligentních prvků v zemědělské technice znamenalo i více náročnosti vzhledem k vyřešení problému s řízením jednotlivých prvků. Každý přístroj vyžadoval svou řídicí jednotku a terminál. Problémy navíc vytvářeli i různí výrobci, kdy nastával problém v kompatibilitě mezi jednotlivými zařízeními.

Podle normy ISO 11783 vznikl standardizovaný elektronický systém pro účely použití v zemědělské technice. Tento systém zaručuje kompatibilitu jednotlivých inteligentních prvků v zemědělských strojích a zajišťuje tak jednodušší používání a připojování jednotlivých komponent. Množství a typy ovládacích zařízení bylo nutno standardizovat, aby mezi všemi bylo dosaženo kompatibility a mohli tak být použité ve všech druzích traktorů. Díky systému a správně nastavenému softwaru jsou tak jednotlivá zařízení od různých výrobců schopna mezi sebou nejen předávat data, ale navzájem se mezi sebou řídit a zobrazovat tyto data v jednom společném universálním terminálu (virtuálním terminálu). (Zhang, 2016)

V praxi to pak vypadá tak, že každý připojený přídatný pracovní stroj stačí připojit k traktoru přes kabel a stroj se ovládá hlavním terminálem bez potřeby dalšího speciálního



terminálu. V kabině traktoru tedy poté stačí místo několika terminálů, které by řídili jednotlivá zařízení, mít pouze jeden. To ušetří nejen čas z důvodu práce všech dat najednou, ale i finanční náklady na jednotlivá zařízení.

Každý traktor má následně svou vlastní elektronickou ovládací TECU jednotku. Ta přeposílá informace mezi traktorem a ostatními připojenými zařízeními. Jednotka zároveň ovládá a napájí připojená zařízení. (Čejka, 2011)

### **Kompatibilita zařízení ISOBUS:**

Kompatibilitu jednotlivých zařízení si mohou uživatelé ověřit na příslušných stránkách, kde podle výrobce a přesného typu stroje lze pomocí označení ověřit, jak spolu budou zařízení fungovat.

- **UT:** univerzální (virtuální) terminál, který souží pro všechna přídatná zařízení.



- **AUX-N / AUX-O:** univerzální ovládací zařízení (joystick), který slouží pro všechna přídatná zařízení. Možnost přiřazení funkcí náradí na joystick ve stroji.



- **TC-BAS:** Kontroluje zadané úkoly. Přenos dat dokumentace (pouze celkové údaje práce).



- **TC-GEO:** Kontrola úkolů s využitím lokace. Přenos dat dokumentace s ohledem na polohu stroje. Možnost užití předpisových map.



- **TC-SC:** Sekční kontrola. Automatické vládání sekcí stroje závislé na pozici stroje a překrytí.



- **TECU:** Napojení na řídicí jednotku traktoru. Předává do připojených zařízení informace o rychlosti, otáčkách motoru atd.



- **TIM:** Kontrola traktoru připojenými zařízeními. Traktor bude moci být těmito zařízeními ovládán.

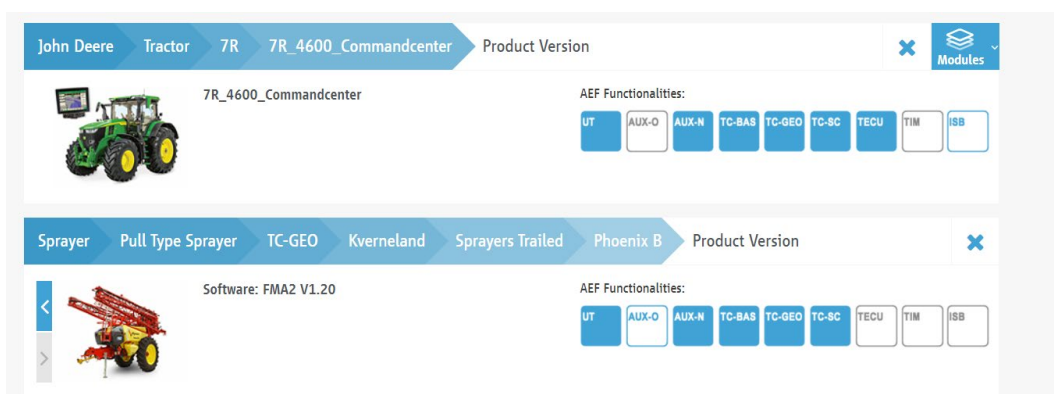


- **LOG (ve vývoji):** Možnost záznamů dokumentace nezávisle na úkolu (např. za celou sezónu).



(ISOBUS database)

Obrázek 1: Kompatibilita mezi traktorem John Deere 7R a postřikovače Kverneland Phoenix B podle ISOBUS



zdroj: [www.aef-isobus-database.org](http://www.aef-isobus-database.org)

#### 4.1.4 Controlled traffic farming

Jedním z telematických systémů užívaných v zemědělství je systém CTF neboli řízený provoz zemědělských strojů po pozemcích se užívá zejména pro zajištění snížení utužení půdy. S narůstajícím počtem, velikostí a hmotností strojů a častým přejížděním po polích při zemědělských činnostech má negativní dopad na zátěž pozemků a jejich strukturu. Při tomto řešení dochází k jízdě v jednotné jízdni stopě, díky čemuž není přejezdy dotčena i zbylá plocha. Využití této metody vyžaduje použití přesného určení pozice, aby bylo možné vést stroje v jedné stopě, proto jsou využívány GPS navigace s RTK systémem (Stehno, 2015).

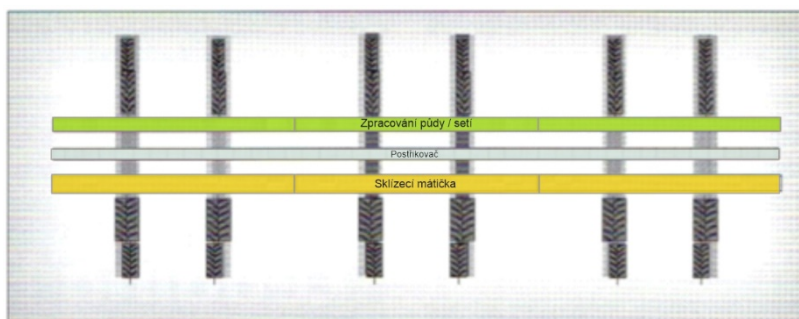
V počítači či přímo v navigaci se vytvoří mapa s pozemkem, kde se v závislosti na tvaru, svažitosti a výskytu překážek naplánují trasy, po kterých bude stroj jezdit při každé pracovní

operaci. Jelikož se může lišit pracovní šířka závěsných strojů, je potřeba, aby pracovní záběry strojů byly vždy v násobcích (<https://www.agrics.cz/aktuality/system-ctf-v-podani-znacky-case-ih>).

## COMOTRAC

Jedná se o nejideálnější systém s využitím CTF, kdy jsou využívány stroje se shodným rozchodem kol či pásů. Tento způsob je méně běžný, neboť je nejnáročnější jak finančně, tak i technicky. Traktory a sklízecí mlátičky jsou nejčastěji sjednoceni ve velikosti rozchodu kol a postřikovače mají několika násobný záběr.

Obrázek 2: CTF se systémem ComTrac

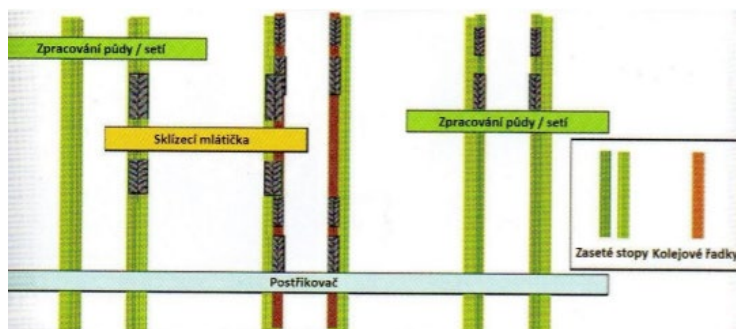


zdroj: Stehno, 2015

## TWINTRAC

V tomto systému jsou stopy dvou sousedních paralelních jízd využity pro sklízecí mlátičky. Tento systém je využíván nejčastěji při malých pracovních záběrech z důvodu výkonnosti strojů.

Obrázek 3: CTF se systémem TwinTrac

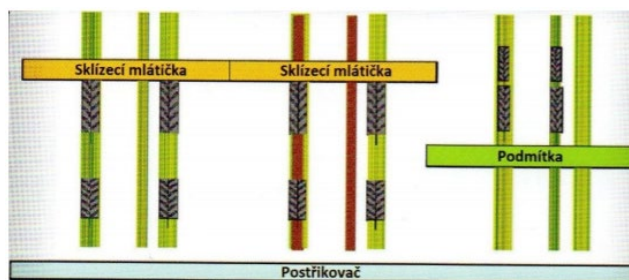


zdroj: Stehno, 2015

## ADTRAC

Pokud soupravy mají větší pracovní záběr, využívá se systém ADTRAC, kdy je využita ještě třetí dodatečná kolejnice pro přejezd kol či pásů. Díky tomu mohou být využity i stroje s větším záběrem.

Obrázek 4: CTF se systémem AdTrac

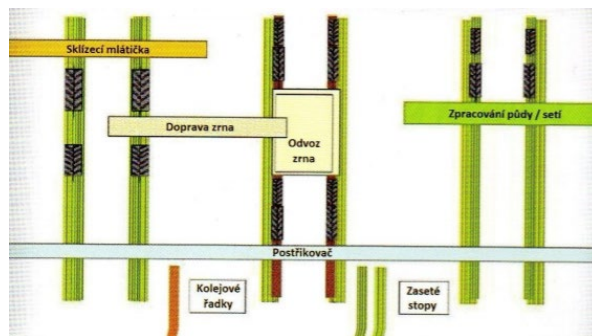


zdroj: Stehno, 2015

## OUTTRAC

Tento systém je jeden z nejjednodušších pro aplikaci systému CTF, kdy nemusí být sjednocen rozchod kol. Pozemek se rozděluje do tří různých oblastí, které mají rozdílný počet přejezdů (oblasti s žádnými přejezdy, oblasti s minimálními přejezdy, oblasti s intenzivními přejezdy).

Obrázek 5: CTF se systémem OutTrac

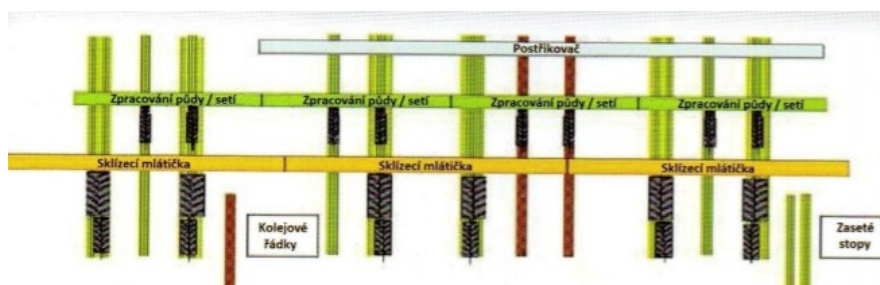


zdroj: Stehno, 2015

## HALFTRAC

U systému HALFTRAC se využívají dva rozchody, kdy jeden rozchod je poloviční délky toho druhého. Následně využívá tři různé šířky záběrů (Stehno, 2015).

Obrázek 6: CTF se systémem HalfTrac



zdroj: Stehno, 2015

## 4.2 Geografický informační systém

Geografický informační systém, zkráceně GIS (anglicky Geographical Information Systems) je komplexní počítačový systém skládající se z jednotlivých oblastí, které jsou vzájemně interakcí. Tento systém složený z počítačové techniky, programového vybavení, geografických dat a samotných uživatelů souží jako celek k získávání, ukládání, analyzování a následnému zobrazování všech druhů geografických informací (Jedlička, et al., 2003)

Tuček (1998) definuje GIS jako soubor prostředků, který slouží pro sběr, ukládání, vyhledávání, transformaci, analyzování a zobrazování prostorových údajů z reálného světa, a to z hlediska jejich polohy vzhledem k definovanému souřadnicovému systému, jejich atributových vlastností, prostorových vztahů k jiným objektům a jejich topologie. Zároveň uvádí, že existují 3 základní přístupy k definování a odlišení GIS od jiných systémů:

- přístup procesně nebo funkčně orientovaný – vlastnosti a schopnosti systému, jeho nástroje a funkce
- přístup aplikační – uplatnění podle oblastí aplikací
- databázový přístup

### Složky geografického informačního systému (GIS) podle Jedličky et al. (2003):

1. hardware – počítače, počítačové sítě, vstupní a výstupní zařízení
2. software – vlastní SW pro práci s geografickými daty (geodaty). Základem je jádro, které obsahuje standardní funkce pro práci s geodaty, a programové nadstavby pro specializované operace (3D zobrazování, tvorba kartografických výstupů, síťové, prostorové a statické analýzy)
3. data – nejdůležitější část GIS (prostředky na získávání a obnovu dat tvoří až 90 % finančních nákladů na provoz GIS)

4. uživatelé – lidé používající GIS (programátoři, specialisté GIS, analytici, koncoví uživatelé)
5. metody – metody využití GIS a jeho zařazení do stávajícího IS podniku

Právě z důvodu velkých požadavků na hardware a software nebylo vždy lehké šířit data mezi velké množství uživatelů. V dnešní době se tento problém snaží řešit oblast webových aplikací s podporou cloudových úložišť, kdy je docíleno šíření geografických dat na prakticky libovolnou platformu a modularita webových služeb umožňuje šíření a tvorbu specializované GIS služby aplikace se schopností vazby na další již existující aplikace. Tímto je docíleno šíření geografických dat v dostatečné podobě velké skupině uživatelů, a to bez velkých požadavků na software a hardware konečných uživatelů (Komárková, et al., 2010)

#### **4.2.1 Data v GIS a jejich struktura**

V geografickém informačním systému se data nazývají geografická a jedná se o data, které obsahují georeferencované informace neboli informace, které jsou nějakým způsobem umístěné v prostoru. Tato data nabývají různých podob, přesto je aplikace GIS mohou analyzovat či zobrazit a různě s nimi pracovat. Prostorová data lze kategorizovat na data vektorová a rastrová. Vedle těchto prostorových dat pracujeme v GIS také ještě s atributovými daty (charakteristiky jednotlivých objektů). Propojení charakteristik objektů a jejich umístění je důvod, proč GIS nabývá čím dál více na důležitosti. K prostorovým datům se navíc často připojují ještě metadata. Jedná se o data, které obsahují navíc informace o vlastních geografických datech (kdy a kdy byly vytvořeny, co znamenají atd.) (Charvát, 2007).

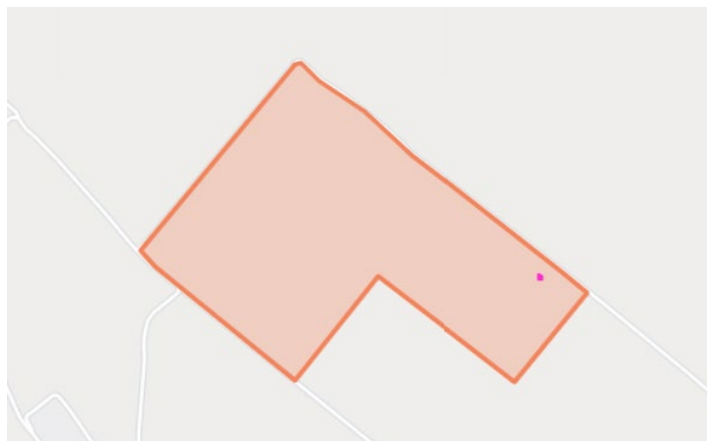
#### **4.2.2 Vektorová data**

Vektorová data geografické objekty uchovávají jako geometrické tvary. Zpracováním dat rastrových často vznikají data vektorová. Vektor je tvořen souřadnicemi a třemi základními geometrickými prvky:

- bod – vyjádřen souřadnicemi x a y. V mapách je vyjádřen zeměpisnou šířkou a délkou, ve stupních, či metrech. V praxi bývá bod používán pro příliš malé objekty vzhledem k zobrazení v měřítku mapy.
- linie – nejčastěji užívána pro zobrazení cest nebo řek. Jde o spojení nejméně dvou bodů. U objektů, které jsou vyobrazeny pomocí linie lze měřit vzdálenost.
- polygon – polygonem se znázorňují objekty, které nabývají určitých 2D rozměrů. Lze u nich tedy vypočítat obvod a obsah.

Objekty mohou být následně podle potřeby zobrazeny i formou kombinace těchto tvarů. Například obec může být zobrazena pouze jako bod, pokud ovšem potřebujeme detailnější zobrazení, je obec zobrazena jako polygon. (Charvát, 2007)

Obrázek 7: Vektorové zobrazení vybraného pozemku

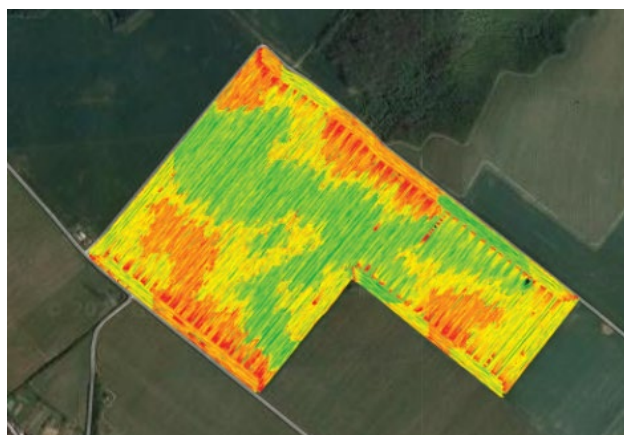


zdroj: [www.field-analyzer.deere.com](http://www.field-analyzer.deere.com)

### 4.2.3 Rastrová data

Jedná se o typicky surová data, která jsou získána z průzkumu v terénu. Jednotlivá data jsou zde prezentována souvislým sledem pixelů, tedy sloupci a řádky tvořených z po sobě jdoucích buněk, kde každá buňka má svoji hodnotu a je vyobrazena specifickou barvou. Daný pixel poté udává informaci o charakteristice místa, které představuje. Aby bylo možné zobrazení více charakteristik daného místa pomocí rastru, musí být použito více rastrových vrstev (např. multispektrální data). Nejběžnější příklad rastrových map, se kterým přijde na webu uživatel GIS do styku, jsou ortofotomapy a jiné snímky pořízené letecky či ze satelitů (Charvát, 2007).

Obrázek 8: Rastrové zobrazení vybraného pozemku



zdroj: [www.field-analyzer.deere.com](http://www.field-analyzer.deere.com)

#### **4.2.4 Atributová data**

Geografický informační systém od mapy odlišuje možnost provádět filtraci a analýzu geografických dat. K tomu je potřeba, aby GIS měl přístup nejen k poloze zkoumaných objektů, ale také k jiným charakteristikám těchto objektů. U vektorových dat je možné uchovávat u jednotlivých objektů libovolný počet námi požadovaných charakteristik (atributů).

GIS umožňuje práci s vektorovými vrstvami jako s klasickými tabulkami. Jednotlivé řádky tabulky představují objekt v dané vrstvě, sloupce pak představují atributy těchto objektů. GIS poté generuje jeden sloupec jako identifikátor a další sloupec či sloupce, do kterých vyznačují geografické informace. Uživatel si následně sám definuje libovolné množství dalších sloupců s charakteristikami objektů dané vrstvy. (Charvát 2007).

#### **4.2.5 LPIS**

Geografický informační systém LPIS (Land Parcel Identification), který byl roku 2004 spuštěn Ministerstvem zemědělství, slouží jako veřejný registr půdy. Systém využívá práci s geografickými mapami společně s dalšími informacemi o provedených aplikacích na pozemku (použitá hnojiva a jiných přípravků na ochranu rostlin, osevní postupy). Data z LPIS následně mohou být převedena do jiných aplikací či zařízení, kde zajišťují přesné určování hranic pozemku. (<http://eagri.cz/public/web/mze/farmer/LPIS/>)

### **4.3 GPS navigace**

Global Positioning System (GPS) je americkým vojenským průmyslem vyvinutý a Ministerstvem obrany Spojených států amerických provozovaný pasivní dálkoměrný systém ze 70. let dvacátého století. K prvnímu spuštění vysílání GPS systému došlo v roce 1977 a do plného provozu se dostal roku 1993 (Hrdina, et al., 1996).

Jedná se v současnosti o jediný plně funkční satelitní navigační systém. Systém měl být původně používán pouze pro vojenské účely. Díky tragické události roku 1983, kdy sovětská stíhačka sestřelila korejské dopravní letadlo, které se ocitlo v zakázaném sovětském vzdušném prostoru, bylo tehdejším americkým prezidentem Ronaldem Reaganem oznámeno, že bude systém zpřístupněn po dokončení i pro civilní účely (Rapant, 2002).



V dnešní době jsou užívány v mnoha odvětvích, jako je letecká, automobilová, lodní, vlaková a jiná doprava, zemědělství, stavební, automobilový nebo telekomunikační průmysl, sledování zásilek, geodézie. V dnešní době je GPS čipem vybaven každý chytrý mobilní telefon, což má za následek využívání tohoto systému stále více uživateli, na což reagují i výrobci různých aplikací, což pomáhá systém vzájemně více a více propojovat a zdokonalovat (Šprisl, 2017).

### **4.3.1 Uživatelská sféra GPS**

Uživatelský segment je tvořen přístrojem GPS (složený z hardwaru a softwaru), který přijímá data vysílaná ze satelitů. Princip určení polohy funguje na určení vzdálenosti GPS přístroje od daného satelitu o známé poloze. Aby bylo dosaženo co nejpřesnější polohy GPS přístroj musí v jednu chvíli přijímat signál alespoň od čtyř satelitů, a to v případě, je-li na povrchu země. V opačném případě je potřeba ještě dalšího satelitu. V reálu však přístroj přijímá signál od více satelitů a k tomu navíc i další informace jako jsou přesný čas (zajištěn atomovými hodinami na každém ze satelitů) nebo rychlost satelitu. Zároveň musí být zohledněno spousta proměnných jako je Speciální teorie relativity, Obecná teorie relativity, průchod signálu Ionosférou, která ovlivňuje rychlost šíření zprávy, Dopplerovým jevem, který ovlivní příjem zprávy atd.

Po zapnutí GPS přijímače se přístroj snaží připojit k satelitům. Korelátory vyhledávají signály a na základě informací ze satelitů zpřesňují pozici a čas uživatele. Jakmile jsou data k dispozici, přijímač sesynchronizuje čas podle satelitů a do přístroje uloží aktuální polohu. K co nejpřesnějšímu určení polohy a odstranění chyb v určování polohy jsou využívány různé korekční mechanismy (GPS, 2015).

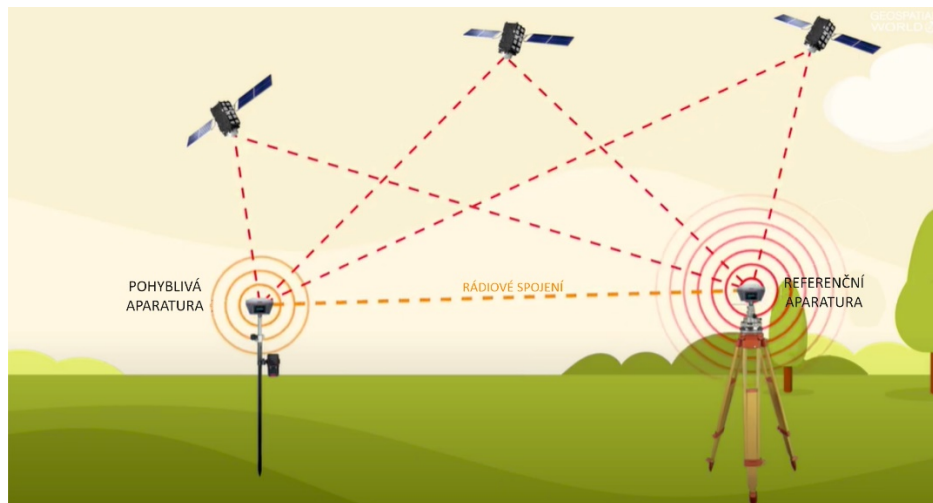
### **4.3.2 RTK**

Zkratka vznikla z anglických slov „Real-Time Kinematic“ a jedná se o korekční systém, který se používá ke zvýšení přesnosti určování polohových dat z navigačních systémů. Hlavní myšlenkou těchto systémů je určování chyb, které mohou za nepřesnosti v určování polohy v daném čase. Korekční data jsou vysílána na přijímače, který je následně použije pro vyhodnocení přesnějšího výsledku.

U metody RTK se k získání korekčních dat využívá měření fáze signálu nosných vln od družic. Mobilní přijímač následně získává tato data pomocí pozemních komunikačních kanálů v reálném čase. Přesnost pozice při použití RTK je udávána na 2,5 cm.

Z referenční aparatury, která je umístěna na místě se známými souřadnicemi, se pomocí rádiového spojení vysílají data do pohyblivé aparatury, kde jsou vyhodnocována. Díky známé poloze referenční aparatury je pak možné získávat korekce pro opravu výpočtů z mobilních stanic. Polohu získáváme v reálném čase s použitím běžného rádio modemu do vzdálenosti přibližně 10 km (Kaplan, et al., 2006).

Obrázek 9: Princip RTK



zdroj: www.geospatialworld.net (upraveno)

RTK díky své schopnosti eliminovat odchylky globálního navigačního systému našlo své využití i v precizním zemědělství, kde je ideální volbou díky své přesnosti, opakovatelnosti a dobou svého připojení. Pro přenos RTK signálu se v dnešní době používají 4G sítě, na které mají v budoucnu navázat sítě 5G (<https://www.deere.cz/cs/precizni-rizeni-zemedelskych-praci/displeje-prijimace/system-rtk/>).

### 4.3.3 GPS monitoring souprav

GPS umožňuje v reálném čase sledovat provoz zemědělské techniky. Díky rychlému přenosu dat je možno vzdáleně zjišťovat informace o poloze vozidel, stavu ujetých kilometrů, aktuální spotřebě, stavu motohodin a stylu jízdy. Zároveň se automaticky generují elektronické knihy jízd a široká nabídka reportovacích nástrojů.

GPS lokátory navíc dokážou neustále monitorovat technický stav vozidel a dokážou upozornit při jakémkoliv náznaku problému. Upozorňují zároveň na pravidelnou servisní prohlídku (Souček, 2019)

#### 4.3.4 Využití GPS systému v zemědělství

V zemědělství se stále více používají inteligentní řídicí prvky, které mají za úkol zautomatizovat zemědělskou činnost. Zároveň jde o snahu co nejvíce snížit náklady spojené se zemědělskou výrobou a rozvojem moderních technologií. Systémy určující polohu proto nezůstaly nepovšimnuty ani v tomto odvětví a již několik let se tak využívají pro zemědělskou činnost. V precizním zemědělství jde o jedno z neúčinnějších řešení, kdy je pomocí těchto systémů dosaženo optimálních hodnot (Neudert, et al., 2015).

S velkým pracovním záběrem přípojných zařízení přicházejí problémy s otáčením souprav na konci pozemku a najížděním na další řádek. Je zapotřebí velký prostor, aby bylo možno soupravu otočit a nasměrovat ji na další řádek. Tento problém řeší právě navigační technologie, kdy je možné provádět úkon ob několik řádků a následně se vrátit při další etapě a není tak nutné jet postupně.

Při zpracování půdy zemědělskými stroji se záběrem nad 10 m bez užití navigačního systému klesá efektivnost. Nejčastěji dochází k překrývání přejezdů, neboť obsluha není schopna přesného vedení soupravy. Dochází tedy k situacím, kdy některé místa na ploše jsou obdělány víckrát, jiné zase nemusí být ze stejného důvodu obdělány vůbec. Podobně je tomu i u sklizně.

Stejně je tomu i u aplikování chemické ochrany plodin či setí. Zde je mnohem těžší pouhým pohledem určit, která část plochy již byla ošetřena. Ztráty nepřicházejí pouze ve formě času a spotřeby paliva, ale i ve spotřebě materiálu. Navigační systém proto stroj naviguje tak, aby bylo možno co nejefektivněji využít záběr a nedocházelo k přílišnému překrývání. V případě překrytí navíc dokáže určit zasažené místo a dochází zde k omezení aplikované dávky.

Systémy nejsou GPS v zemědělství používány pouze jako nástroj kontroly polohy a jejího ovládání. Velký přínos má také mapování pozemků (vyměření hranic pozemku). Výstupy z mapování následně slouží jako podklady pro práci s dalšími aplikacemi (Šprisl, 2017).

### 4.3.5 Využití navigace v systému řízení soupravy

S ohledem na míru využití navigačních systémů v soupravě se dá způsob řízení strojů rozdělit do čtyřech kategorií.

- **Manuální řízení:** Souprava je řízena obsluhou, která má k dispozici navigační zařízení. Jedná se o nejlevější způsob, kdy cena vychází do 60 tis. Kč, ale zároveň také o nejméně přesný.
- **Asistované řízení:** Pomocí elektromotoru umístěného za volantem nebo elektromotoru přímo ve volantu stroje je souprava řízena navigačním systémem. Pro tento druh řízení je doporučeno využívání RTK systému. Pořizovací náklady se pohybují okolo 150 tis. Kč.
- **Automatické řízení:** Stroj je navigován a řízen pomocí řídicího ústrojí. Vybavení stroje musí tvořit potřebné komponenty přímo z výroby (elektrohydraulický posilovač, snímače, čidla atd.). Navigační zařízení je spojeno s posilovačem a řízení je ovládáno tokem hydraulického oleje do pístu. Čidla a snímače napomáhají přesnějšímu vyhodnocení dalších navigačních kroků. Stroj vykonává po nastavení jízdního cyklu polní práce samostatně (jízda, otáčení na souvratí obsluha náradí apod.). Z důvodu vyšších nároků na polohu je nutné využití RTK systému.
- **Autonomní řízení:** Jedná se o zcela robotizovaný stroj bez nutnosti přítomnosti obsluhy v kabině. Stroj je ovládán vzdáleně přes telekomunikační síť a odvádí všechnu definovanou práci sám. V případě problému je možné manuálně vyřešit problém, na který stroj upozorní operátora. Autonomní řízení je zatím ve fázi konceptu (Šprisl, 2017).

## 4.4 Precizní zemědělství

Telematické systémy používané v zemědělské technice usnadňují lidskou práci a mají za úkol minimalizovat náklady při provádění jednotlivých pěstebních operací. Tuto formu zemědělství, kdy jsou provedeny dané úkony s ohledem na variabilitu pozemku, a přesto s minimálními vstupními náklady a co nejvyšší výnosností nazýváme precizní zemědělství.

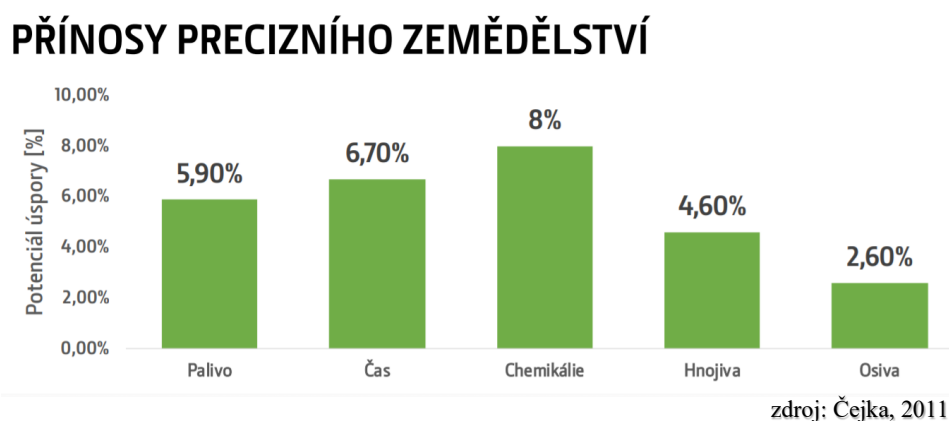
V precizním zemědělství jde hlavně o využití optimálního množství vstupních nákladů na správném místě a ve správný čas. Špatně je často lidmi chápáno pouze jako využívání nových technologií, ale jde především o co nejkompaktnější získávání dat a jejich následná analýza a odborné zpracování pomocí těchto technologií (Heermann, 2002).

Precizní nebo také přesné zemědělství se zabývá nahlížením na každý pozemek jako na samostatnou různorodou plochu, která se může svými vlastnostmi lišit od ostatních ploch. Problém spočívá v současném přístupu, kdy je s velkým množstvím ploch nakládáno jako s homogenními celky. Ovšem tyto pozemky se v mnohém liší, ať už jde o úrodu, škůdce, potřebu závlahy, půdní vlastnosti. Na tyto pozemky se poté s ohledem na jejich velikost aplikuje stejné množství hnojiv, vody nebo herbicidů. Ovšem právě v těchto ohledech nastává problém, kdy dochází ke zbytečně vzrůstající spotřebě materiálových vstupů a velké zátěži na životní prostředí. Proto je důležité zmonitorovat daný pozemek jako celek a poté použít přesně takové technologie, které zajistí přesnou aplikaci potřebných postupů ve správný čas, na správném místě a se správnou intenzitou (Neudert, et al., 2015).

Důležité je identifikovat rozdílnost jednotlivých pozemků s ohledem na jejich potřeby jednotlivých pěstebních operací. Prvním a zároveň kritickým krokem je určení variability vybraného pozemku s následným využitím těchto informací pro diferencované provádění pěstebních operací (Pierce, et al., 1999)

Na skutečnost, že většina pozemků je variabilních, reaguje precizní zemědělství, které má za úkol zanalyzovat pro danou plodinu na daném pozemku přesnou výši vstupů. Dle Bongiovanniho a Lowenberg-DeBoera (2004) po získání důležitých podkladových dat lze pole rozdělit na menší homogennější plochy a tím zajistit přesný přísun potřebných zemědělských operací. Právě potřeba podkladových dat odkazuje na nutnost využití pokročilých technologií pro sběr informací, které následně vypoví o charakteristikách a potřebách daného pozemku. Tyto informace jsou získávány pomocí inteligentních řídicích prvků v zemědělské technice (telematic) a následně slouží jako podklady pro další operace.

Graf 1: Přínosy precizního zemědělství

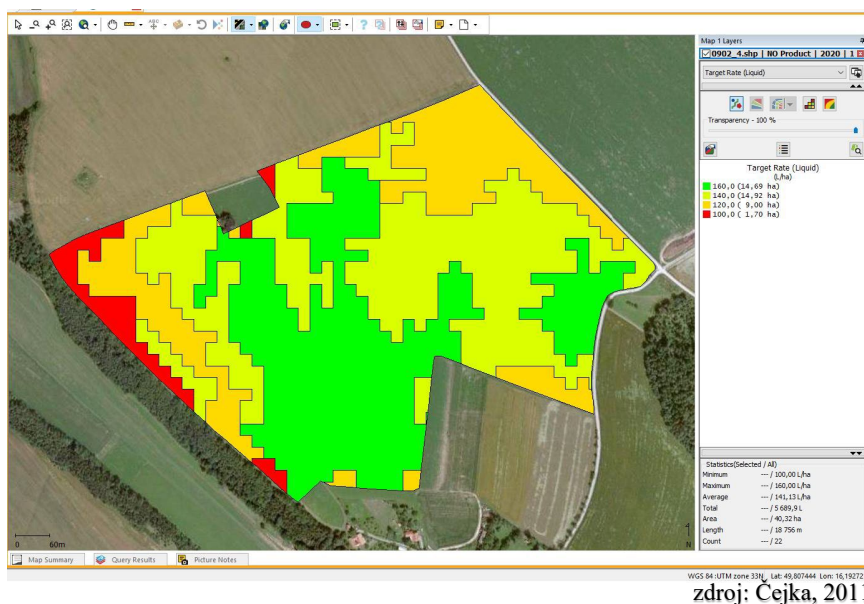


## 4.4.1 Variabilita půdního bloku

Dlouhodobým vývojem působení člověka na krajinu vedlo ke vzniku půdního bloku. Odráží se to zejména na jeho tvaru a velikosti. Umístění v krajinném prostoru však ve většině případů vůbec nerespektuje historii vývoje dané krajiny a na ní vázaných ekosystémů. Tato skutečnost vede následně ke spojování heterogenních částí krajinného prostoru, a to následně zvyšuje variabilitu půdních podmínek. Ta je základním faktorem určujícím hraniční podmínky pro pěstování polních plodin a zásadně udává i výši rizik, která jsou spojená s nesprávným působením agrotechnických opatření na půdu. Z hlediska půdního prostředí je potřeba rozlišovat měřítko pohledu na půdní variabilitu. (Brant, et al. 2017)

Dalšími faktory, které ovlivňují variabilitu půdního prostředí, jsou faktory vegetační (teplota půdy, obsah vody v půdě, rozložení a množství organické hmoty v půdě, rozložení a zásoba živin apod.) Znalost variabilních znaků těchto faktorů ve vztahu k půdním podmínkám na daném půdním bloku je dalším důležitým faktorem, který ovlivňuje optimalizaci agrotechnických opatření. Zejména vláhové a teplotní podmínky jsou závislé na půdních podmínkách (druh a typ půdy) a následně jsou upravovány při zpracování půdy změnou prostorového uspořádání půdní hmoty. (Brant, et al., 2020)

Obrázek 10: Příklad variabilních map v praxi



Znalost variability je možno považovat za primární předpoklad k možnosti optimalizace podmínek pro vývoj rostlin. Toho lze docílit na základě vyhodnocení vstupů pro jednotlivé vrstvy variability (Brant, et al., 2020).

## 4.4.2 Systémy monitoringu

Zemědělství je z historického pohledu jedním z nejdéle rozvíjejících se odvětví lidské činnosti. Základem hodnocení vývoje v zemědělství je monitoring rozvoje a změn zemědělských systémů hospodaření (Beneš, 2018).

K hodnocení makrovariability půdního bloku se využívají senzory umístěné na autonomních pozemních prostředcích nebo přímo na soupravách. Konečná hustota sítě bodů a jejich četnost jsou závislé na velikosti monitorované plochy daným senzorem, počtu senzorů na soupravě a záběrem stroje. Při monitoringu pomocí bezkontaktních metod s využitím snímkování půdního bloku závisí hustota sítě na rozlišovací schopnosti senzoru (Brant, et al., 2020).

Pro monitoring variability půdy existuje velké množství přístrojových vybavení. U senzorů pro běžné měření půdních vlastností se vžil název on-the-go. Ty mají za úkol zjišťovat heterogenitu půdních vlastností. Potenciál těchto senzorů je hlavně v hustotě vzorkování a nízké ceně na pořízená data.

### **On-the-go senzory:**

- elektrické a elektromagnetické – měří elektrický odpor, kapacitu nebo vodivost půdy, který je ovlivněná půdními vlastnostmi
- optické a radiometrické – elektromagnetické vlny určují úroveň pohlcené či vyzářené energie půdy
- mechanické – měří tahovou sílu při práci nářadí
- akustické – měření pomocí zvuku při práci nářadí
- pneumatické senzory – stanovují schopnosti pronikání vzduchu do půdy
- elektrochemická čidla – využití částic a prvků, které vytvářejí elektrické napětí jakožto odezvu na působení půdních iontů, díky čemuž je možné sledovat koncentrace jednotlivých prvků v půdě (Adamchuk, 2007).

## 4.4.3 Měření tahových sil

Tahové vlastnosti se provádějí dle metodik OECD Code 1 a 2 a norem ČSN ISO 789-9 a ČSN 30 0415. Jako povrch pro zkušební dráhy jsou použity živičné či betonové povrchy, strniště obilnin nebo přímo pozemek, který je připraven k setí. Na těchto drahách je následně stanovena síla, která působí na připojené zařízení.

Měření tahových sil traktoru je prováděno pomocí elektrických, mechanických či hydraulických tahových dynamometrů. Mezi traktor, u kterého je měřena tahová síla, a dynamometrický měřicí vůz (traktor vyvozující zatěžující síly), u kterého lze díky jeho brzdovému systému nastavit požadované zatěžovací síly, je umístěno silové čidlo, které určí velikost síly. Zatěžující síla je po celou dobu měření konstantní a jednotlivá měření pokaždé s jinou tahovou silou se opakují pokaždé na nových drahách, neboť nové dráhy neobsahují ještě vyjetu stopu, která by mohla ovlivnit měření.

Na měření má vliv několik faktorů jako je povrch zkušební dráhy, druh a stav pneumatik, povětrností podmínky a další. Z tohoto důvodu se v poslední době více využívají měření v laboratořích, kdy se měří na válcových dynamometrech podle normy ČSN ISO 789-7 (Holý, 2014).

- $P_t$  – tahový výkon  $P_t = F_{tx} \cdot v \quad [W]$
- $F_t$  – tahová síla
- $v$  – rychlost traktoru

#### 4.4.4 Měření prokluzu

Prokluz vzniká při odběru výkonu pojezdovým ústrojím, a to jak u pásů, tak u kol. Jedná se o ztráty přenášeného výkonu. Hodnota prokluzu narůstá s narůstající hnací silou pojezdového ústrojí. K prokluzu dochází i v případě jízdy bez zatížení tahovou silou, neboť pojezdové ústrojí přesto přenáší sílu, popřípadě výkon potřebný pro překonání valivých odporů (Tahové vlastnosti traktorů: Terénní vozidla [online]).

Pro měření prokluzu se využívá změna otáček kol. V tomto případě se měří počet otáček hnacích prokluzujících kol, přičemž se měří i počet otáček pátého kola (teoretický počet otáček kola), které se odvaluje bez prokluzu nebo se zanedbatelným prokluzem. Následně je proveden výpočet prokluzu. (Holý, 2014).

- $\delta$  – prokluz  $\delta = \frac{n_s - n_t}{n_t} \cdot 100 \quad [\%]$
- $n_s$  – naměřený skutečný počet otáček kola
- $n_t$  – teoretický počet otáček kola



#### 4.4.5 Měření rychlosti

Měření pojezdové rychlosti můžeme provádět více způsoby. Ekonomicky nejjednodušším způsobem je výpočet střední hodnoty rychlosti pomocí znalosti délky dráhy a doby, za kterou daný traktor tuto vzdálenost překoná. Měření probíhá pokaždé v jiné dráze a traktor, který je zatížen konstantní tahovou silou, jezdí tam a zpět, aby bylo vyloučeno ovlivnění měřením vlivem větru či sklonu povrchu (Holý, 2014).

Měření pojezdové rychlosti pomocí výpočtů je zastaralé a velmi nepraktické, neboť by bylo zapotřebí měřit několik veličin zvlášť a následně dopočítávat rychlost, proto se v dnešní době k měření pojezdové rychlosti využívají v některých situacích radary, které jsou přesnější a vše je plně automatizované. Navíc není potřeba při této metodě znát délku dráhy ani čas potřebný k přejetí této vzdálenosti. Nejběžněji se však při práci v zemědělství vypočítává pojezdová rychlost pomocí GPS signálu s RTK, který sám podle polohy a rychlosti změny této polohy dokáže vypočítat, jak rychle se stroj pohybuje a díky telematickým systémům tuto rychlost zaznamenat spolu s dalšími jízdními vlastnostmi (Zicha, 2017).

#### 4.4.6 Výnosové mapy

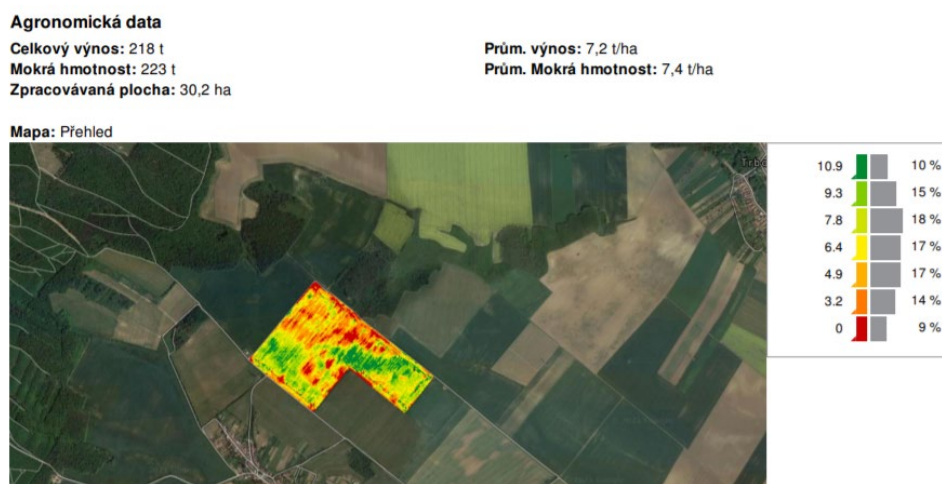
Mezi klíčové nástroje precizního zemědělství patří mapování výnosů pomocí strojů sklízecích úrodu. Toho je docíleno pomocí výnosových senzorů, kterými jsou stroje vybaveny, a softwaru pro obrazovou analýzu. Tato data mohou být následně statisticky zpracována. Výnosy jsou měřeny a zaznamenávány v daném časovém úseku na poli společně s pozicí sklízecího stroje. Společně s výnosem jsou zaznamenávány příslušnými senzory i další faktory, které mohou ovlivnit velikosti výnosu (vlhkost zrna, pojezdová rychlost sklízecí mlátičky, sklon stroje při sběru, šíře záběru). Výnos je následně přepočítán na jednotku plochy (t/ha). V palubním počítači jsou následně naměřená data zpracována a ty mohou být poté exportovány do mapovacího softwaru, kde jsou z nich vytvořeny výnosové mapy. Na mapách jsou znázorněny místa s vyšším a nižším výnosem a udávají tak informace o pozemku. Výnosové mapy často nutno doplnit o další mapy (mapy zásoby živin, půdní reakce, druhu půdy, utuženosti půdy, výskytu chorob nebo škůdců). Součástí mapování je i určení linií znázorňujících hranice pozemku, tedy určení velikosti a tvaru pozemku.

Výnosové mapy poté slouží jako zpětná vazba pro změnu způsobu provedení jednotlivých pěstebních operací na přiměřenou míru (např. úprava množství hnojiv dodávaného do půdy). Data získaná z výnosových map společně s daty doplňujícími (zásoby živin,

topografická mapa, půdní mapa atd.) dále slouží jako podklady pro sestavení aplikačních (předpisových) map, které jsou základem řídicích strategií palubních systémů strojů pro aplikaci hnojiv, pesticidů nebo pro setí a přípravu půdy. Toto přizpůsobení se ukazatelům získaných z výnosových map se orientuje podle variabilních míst na mapě a mělo by tak eliminovat variabilitu výnosů.

Jelikož jsou výnosové mapy dost důležitým ukazatelem a mohou být důležitým rozhodovacím nástrojem, je potřeba klást velký důraz na sběr dat a jejich korekci, neboť i při nejpečlivějším sběru dat dochází ke vzniku chyb (Robinson, et al., 2005).

Obrázek 11: Výnosová mapa (kukuřice)



zdroj: [www.field-analyzer.deere.com](http://www.field-analyzer.deere.com)

Výnosová mapa udává suchý výnos kukuřice v t/ha. Zelené oblasti udávají nejvýnosnější oblasti a červené oblasti zase ty nejméně výnosné. Mapa slouží k vytvoření předpisové mapy. V tomto případě byla vytvořena mapa o počtu 4 zón (variabilní zóny) s minimální velikostí jedné zóny 0,8 ha.

Obrázek 12: Předpisová mapa



zdroj: [www.nextgen.agrian.com](http://www.nextgen.agrian.com)

## 4.5 Spotřeba PHM

V zemědělské technice je ve většině případů pohon zajišťován spalovacím motorem, který pro svou funkci potřebuje pohonné hmoty. Nejčastěji užívaným palivem v zemědělství je motorová nafta. Převaha nafty o pohonu zemědělských strojů přetrvává již hodně let a ani v blízké budoucnosti se nepředpokládá, že se tento fakt změní (Novák, 2016).

Energetická náročnost jednotlivých operací je závislá na použitém typu strojů, hloubce a intenzitě kyprění půdy, způsobem využití soupravy, velikosti pozemků, pravidelnosti a svažitosti pozemků, ale především pak ve variabilitě vlastností půdy.

Spotřeba pohonných hmot patří mezi přímé náklady na provoz zemědělských strojů. Je proto důležité, aby spotřeba byla co nejnižší, čehož lze dosáhnout po optimalizaci tras, které zemědělský stroj přejede. Je důležité, aby stroj urazil co nejkratší vzdálenost (při práci i otáčení na souvratích), ale zároveň dokázal splnit všechny operace na celé určené ploše (Sedláček, 2011).

### 4.5.1 Režim práce motoru traktoru s ohledem na spotřebu PHM

Rozhodující část provozních nákladů traktorových souprav, kterou může ovlivnit obsluha, je tvořena spotřebou paliva. Výhodou spalovacích motorů je jejich snadná regulovatelnost. V praxi to znamená, že se soupravy dají jednoduše přestavit do různých režimů s rozdílnými otáčkami, točivým momentem a měrnou spotřebou. Motory traktorů se dnes vyznačují vysokým převýšením točivého momentu v poměrně širokém rozmezí otáček, při kterých motor vykazuje téměř konstantní výkon. V provozu toho lze využít nastavením tzv. ekonomického režimu, kdy motor pracuje s nízkou měrnou spotřebou a vysokou účinností. K tomu je potřeba mít k dispozici dostatek informací o jednotlivých provozních režimech motoru. Z otáčkové charakteristiky lze zjistit nejdůležitější parametry (otáčky, točivý moment, výkon a měrnou spotřebu). Z těchto získaných hodnot lze následně vypočítat hodinovou spotřebu paliva.

- $M_{ph}$  – hodinová spotřeba paliva
  - $P_e$  – efektivní výkon motoru
  - $M_{pe}$  – efektivní měrná spotřeba
  - $\rho_p$  – měrná hmotnost paliva
- $$M_{ph} = \frac{P_e - m_{pe}}{\rho_p} \cdot 10 \text{ [l} \cdot \text{h}^{-1}\text{]}$$

K tomu, aby bylo dosaženo co nejvíce ekonomického provozu traktoru, je potřeba, aby byl traktor vybaven motorem s převýšením točivého momentu 40 % a více a převodovkou s násobičem točivého momentu, řazením všech stupňů pod zatížením (Power Shift) a plynulou změnou převodového poměru (CVT).

Dalším důležitým aspektem pro provoz traktoru v ekonomickém režimu je zatížení strojem motor, aby byly docíleny ekonomické otáčky, přičemž rychlost soupravy musí odpovídat požadavkům na prováděné agrotechnické operace. Aby motor pracoval ekonomicky, musí řidič při tahové práci se soupravou nastavit na motoru plnou dodávku paliva a zatížit motor řazením převodových stupňů tak, aby jeho otáčky klesly pod požadovanou hodnotu. Otáčky se neupravují změnou dodávky paliva, ale změnou zatížení řazením převodových stupňů pod zatížením nebo změnou převodového poměru.

Je třeba si uvědomit, že práce ve vyšších otáčkách je neekonomická, což se v konečném efektu promítne ve vyšší spotřebě nafty. Na druhou stranu obsluha, která umí využít technické prostředky, kterými je traktor standardně vybaven, dokáže motor zatížit tak, že pracuje v ekonomickém režimu (Bauer, 2006).

#### **4.5.2 Uhlíková stopa**

Měřítkem celkového množství emisí skleníkových plynů, které je uvolňováno během životního cyklu výrobku nebo služby, je uhlíková stopa. Udává se tím velikost dopadu zemědělské produkce na změnu klimatu.

Rozsáhlá závislost zemědělství na pohonných hmotách přináší značné nevýhody nejen z ekonomického hlediska, ale i v oblasti životního prostředí, kdy jsou do ovzduší vypouštěny emise CO<sub>2</sub> a další škodlivé znečišťující látky (Biggs, et al., 2018).

Zemědělství je náročné na přírodní zdroje. Je velmi náročné na spotřebu vody a omezené zdroje surovin jako jsou fosilní paliva a fosfor. Užívání dusíku v zemědělství navíc značně přispívá ke globálnímu oteplování. Použití nejrůznější ochranných prostředků navíc narušují biodiverzitu půdy. Moderní zemědělství navíc využívá značné množství energie, na které je závislé.

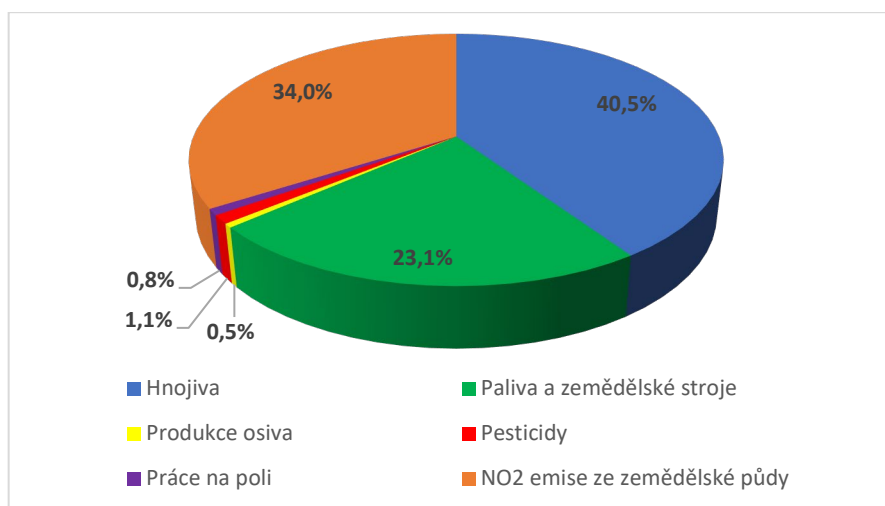
Vzhledem k vysokému podílu minerálních a organických hnojiv aplikovaných na zemědělské půdy, emise N<sub>2</sub>O z půdy výrazně přispívají ke změně klimatu v rámci výroby potravin. K uvolňování nedochází pouze při aplikaci hnojiv, nýbrž již při jejich výrobě či

skladování. Velký obsah nestabilního dusíku v půdě přispívá k emisím oxidů dusíku a tvoří tak podstatnou součást zemědělských emisí.

Nicméně uhlíkovou stopu za sebou zemědělství nezanechává pouze při samotném pěstování plodin a operací s tím spojených, ale týká se celého procesu (pěstování, zpracování, balení, doprava, skladování, příprava potravin a nakládání s odpady), kdy je využito značné množství energie a zdrojů (Pandey, et al., 2014).

Celkového množství emisí připadá na zemědělství 9,9 % (údaj k roku 2018). Jednotlivé složky podílející se na emisích v zemědělství a jejich množství je vidět v grafu č. 2.

Graf 2: Jednotlivé složky v zemědělství produkující emise



zdroj: Niggli, 2011

Účinnost použitého hnojiva se při zvyšování dávek hnojení snižuje, protože velká část hnojiva není rostlinou přijata a namísto toho se dostává do vody či ovzduší. Proto je potřeba redukovat užívání a aplikování nejrůznějších operací a hnojiv do optimální míry, která odpovídá konkrétnímu pozemku. Je důležité podle toho přizpůsobit dávku hnojiv, aby nedocházelo ke zbytečnému plýtvání. K tomu napomáhá využití výnosových a následně aplikačních map. Důležité také je zajistit, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám při samotné výrobě a uskladnění, a to použitím moderních technik, jako je zakrývání, zpracování a mísení kompostu, které zabraňuje vyplavování a omezuje emise N<sub>2</sub>O (Niggli, 2011).

Pro regulaci emisí, a tedy i uhlíkové stopy, kterou za sebou zanechává užívání zemědělských strojů některé firmy zavádějí technologie, které mají za úkol udržovat emise podle předpisů Evropské unie:

- **EGR** (exhaust gas recirculation – recirkulace spalin), která umožňuje snížení emisí vznětových motorů na úroveň Euro IV a vyšší. Princip této technologie je založen na opětovném využití výfukových plynů při procesu spalování. Výfukové plyny jsou cirkulovány zpět do válce motoru, kde snižují teplotu spalování, což snižuje oxidy dusíku. Tato metoda však snižuje i účinnost motoru.
- **SCR / AdBlue** (selective catalytic reduction – selektivní katalytická redukce) rovněž umožňuje snižování emisí na úroveň Euro IV a vyšší. Princip této technologie spočívá ve vstřikování redukční kapaliny (AdBlue) do výfuku, kde se transformuje na čpavek, který umožňuje redukci NO<sub>x</sub> na dusík a vodu. Tato metoda na rozdíl do EGR nemá vliv na účinnost motoru (Biggs, et al., 2018).

### 4.5.3 Snižování spotřeby PHM

Podstatnou část nákladů na provoz zemědělské činnosti pokrývá provoz zemědělských strojů. Se stále větší poptávkou pohonných hmot, u které se do budoucna očekává, že nebude z hlediska nabídky dostatečně uspokojena, je za potřebí přinášet řešení, která by dokázala snížit náklady na palivo a tím zefektivnit používání zemědělských strojů (Desir, 2006).

Na spotřebu paliva má vliv hned několik faktorů (otáčky motoru, pojezdová rychlost, zatížení motoru, utužení půdy). Je důležité proto, aby byla co nejvíce využita účinnost motorů. Problém diesellových motorů je však právě v jejich účinnosti. I ty nejlepší diesellové motory na světě dosahují pouze 50 % účinnosti, přičemž průměrná účinnost motorů dosahuje 37 %. To vede k optimálnímu využití spotřebovaného paliva (Biggs, et al., 2018).

Desir (2006) navrhl možnosti snižování spotřeby paliva v zemědělství:

- optimalizovat trasy
- omezení operací zpracování půdy
- chod motoru ve správných otáčkách
- optimalizovat provedené práce podle doporučení
- užívání stroje o vhodných výkonech
- vyměňování vzduchových a palivových filtrů
- vyvarovat se volnoběžným otáčkám
- dostatečná a pravidelná údržba a nastavení stroje
- pravidelná výměna oleje a olejových filtrů a využití vhodného oleje pro daný motor

- snížení prokluzu kol využitím správné zátěže
- správné dohuštění pneumatik a jejich volba

## 4.6 Optimalizace tras

Problémy spojené s nadměrnými přejezdy zemědělské techniky po obhospodařované půdě může vyřešit správná optimalizace tras, díky čemuž by se zamezilo nejen zbytečnému utužování půdy z důvodu častých přejezdů stroje na více místech, ale i spotřebě PHM.

Ze získaných telematických dat z nejrůznějších zdrojů je možné na základě znalosti pozemku a dalších proměnných optimalizovat trasy přejezdů. Existují nejrůznější softwary, které umožňují úpravy linií přejezdu v závislosti na sklonu pozemku.

Součástí programů pro zpracování, interpretaci a ukládání dat ze zemědělské techniky jsou i nástroje pro tvorbu navigačních linií. Tyto nástroje následně s využitím polních navigací mají za úkol optimalizaci jízdnic trajektorií a vedou k minimalizaci pracovního času, snižování četnosti přejezdů po pozemcích, snižování energetické náročnosti a případně umí u upravovat tvary pozemků. (Kroulík, et al., 2019)

### 4.6.1 Utužení půdy

Důsledkem intenzivního hospodaření dochází k nadměrnému utužování půdy. Jde o stlačování půdy opakovanými přejezdy těžkou zemědělskou technikou, což vede ke snižování propustnosti a pórovitosti, a tím pádem i ke snížení úrodnosti. Degradace půdy má dále za následek změnu objemové hmotnosti, schopnosti infiltrace a snížení retenční kapacity.

Při vyšším zhutnění půdy se dále omezuje půdní mezoedafon (dešťovky, chvostoskoci, členovci atd.), kteří spoluvytvářejí drobtovité struktury půdy (tvorba chodbiček a vylučování stabilizujících látek pro tvorbu drobtů), což zvyšuje pórovitost a propustnost půdy pro vzduch a vodu.

Nadměrné zhutnění půdy redukuje i rychlost růstu kořenů plodin, jejich prodlužováním prorůstání do spodních vrstev půdy i tvorbu kořenového vláknění. To nejvíce zasahuje plodiny, které tvoří hospodářský výnos podzemními orgány. U plodin vytvářející hlavní kulový kořen se jeho růst omezuje tím, že neproniká zhutněnou vrstvou v podorniči a následně roste horizontálně a deformuje. Z toho je patrné, že utužení půdy má za následek nižší výnosy plodin (Javůrek, et al., 2008).

Pracovní šířka současných zemědělských strojů při práci na polích nepravidelných tvarů způsobuje situace, kdy i přes optimalizaci tras nelze zabránit opětovným přejezdům a s tím spojeným překrýváním. Tento problém by mělo vyřešit automatické řízení sekcí. Pokud v takovém případě není možné díky vypínání a zapínání sekcí zabránit opětovnému setí, hnojení nebo aplikaci postřiků, stejná oblast by se měla vypustit a neobdělávat. Jde totiž o zbytečné plýtvání semene i agrochemikáliemi, což konečný výsledek nijak nezvyšuje, ale naopak ve většině případů snižuje (Heege, 2013).

#### **4.6.2 Souvratě**

Souvratí se rozumí okrajová část pole, na které se při práci obrací zemědělský stroj. Vznikají z důvodu, že není možné orat až na okraj pole, neboť by zůstal neobdělaný. Souvrat' je část, která je zorána kolmo na směr orby, díky čemuž zabraňuje nechtěnému odplavování půdy. Po souvratí se obrací stroje, díky čemuž na nich dochází k výraznějšímu utužování půdy, což má za následek obtížnější zpracovatelnost půdy, snížení infiltrační schopnosti a porušení struktury půdy, což ovlivňuje vývoj rostlin a konečný výnos.

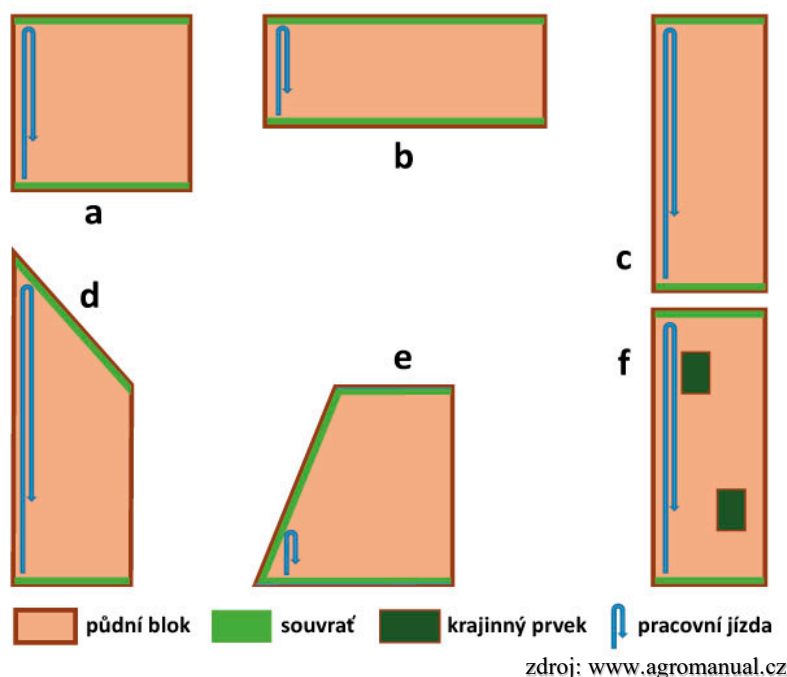
Na velikost ploch potřebných k otáčení zemědělských strojů má velký vliv tvar pozemku a velikost pozemku. U pozemků nepravidelných tvarů poté plocha pro otáčení strojů narůstá. Do této plochy se dají zařadit především souvratě, ale i plochy, které navazují na vnitřní a vnější klínové hranice pozemku. Rozmístění souvratí do prostoru daného pozemku a jejich četnost jsou určovány tvarem pozemku, směrem orientace pracovních jízd a samotná šířka souvratě. Šířka souvratě je určována záběrem strojů ve vztahu k systému otáčení se na souvratí (Brant, et al., 2020).

V současné době jsou stále více probírány možnosti ozelenění souvratí. To má hned několik důvodů:

- eliminace poškození porostů na souvratích při chemické ochraně rostlin
- eliminace erozních rizik – zamezení smyvu půdy z pozemku
- vytvoření izolační linie – zabraňuje znečištění okolních polí aplikovanými hnojivy či pesticidy
- snížení rizika šíření škodlivých organismů do porostů polních plodin
- protipožární bezpečnost



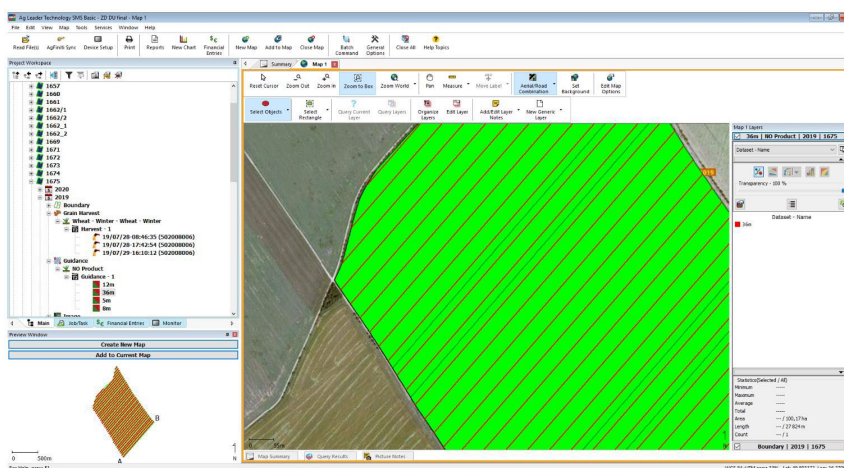
Obrázek 13: Rozdílné tvary půdního bloku při výměře 400 ha a odlišné ozelenění souvratě o šířce 24 m



### 4.6.3 SMS software

Mezi velké přednosti tohoto softwaru patří jeho univerzálnost, neboť podporuje formáty většiny dnes užívaných zemědělských strojů. Program umí vyexportovat data s řídicími křivkami. Ty se následně převedou do navigace a společně s daty hranic pozemku importovaných z LPISU pomocí naváděcích linií dokážou optimalizovat pojezdy strojů po pozemku.

Obrázek 14: Tvorba AB linií v programu SMS



zdroj: Čejka, 2011

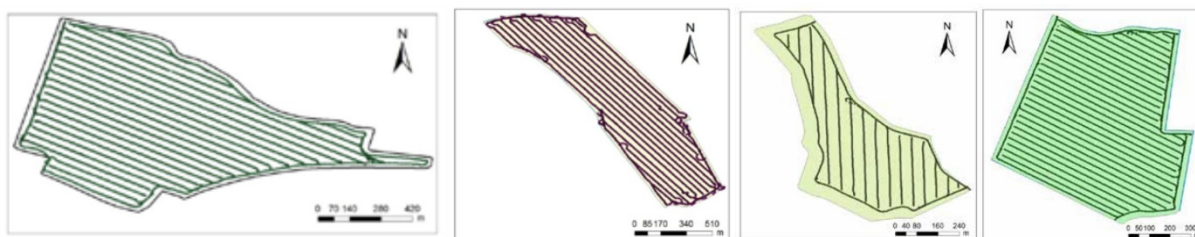
## 4.6.4 OptiTrail software

Software pro zpracování optimální trajektorie jednotlivých jízd zemědělských strojů po daných pozemcích. Uživatel zadává potřebné vstupní hodnoty (způsoby otáčení šířka souvratí) s podmínkami a aplikace je následně vyhodnotí a optimalizuje. Výhodou celé aplikace je její přístup z internetového prohlížeče, takže je dostupná pro jakéhokoliv zákazníka, bez ohledu na výbavu jeho hardwaru (Beneš, 2016)

## 4.6.5 Využití navigačních technologií k optimalizaci tras

Kroulík a spol. provedli konkrétní měření pomocí navigačních technologií ke správnému určení optimalizace jízdých trajektorií během přihnojení porostu, aby bylo zamezeno nadměrným přejezdům. Byly vybrány 4 pozemky (viz. obrázek č. 8), kde byla provedena zemědělská operace, kdy obsluha stroje jela podle svých zkušeností a tradic.

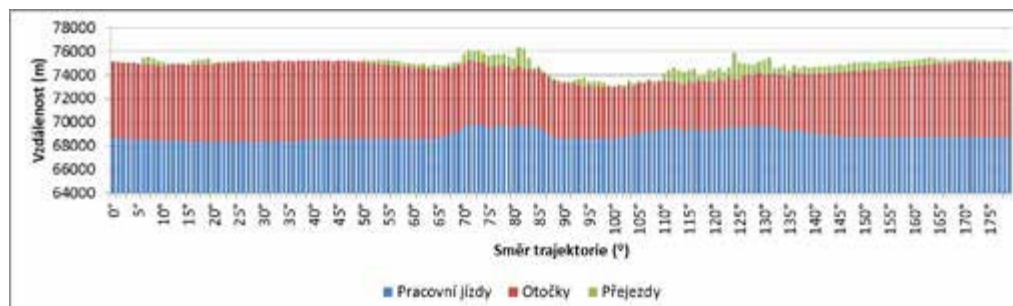
Obrázek 15: Jízdni trajektorie jízd podle zkušeností řidiče



zdroj: Kroulík et al., 2019

Při měření byla využita data získaná z LPIS (hranice pozemku), záběrů strojů, poloměru zatáčení a počtu jízd na souvratí. Díky takto získaným datům bylo možné následně vymodelovat jízdni trajektorie pomocí programu OptiTrail. Pro každý pozemek bylo stanoveno 180 různých pracovních směrů (s odstupem po 1°). Na grafu č. 3 je následně vidět průběh změn nepracovních a pracovních jízd pro daný směr jízdy.

Graf 3 Průběh změn nepracovních a pracovních jízd pro jednotlivé směry jízdy



zdroj: Kroulík et al., 2019

Na základě délky jízd byla následně vybrána nejvhodnější varianta, která se porovnala s původní délkou jízd z původního reálného záznamu (viz. tabulka č. 1)

Tabulka 1: Hodnoty délek pracovních a nepracovních jízd při reálném a modelovém azimutu trajektorií

	Směr (°)	Celková ujetá vzdálenost (m)	Pracovní jízdy (m)	Otočky (m)	Počet otáček	Délka souvratí (m)	Přejezdy (m)	Poměr pracovních a nepracovních jízd (%)
Pozemek 1 model	100	89445.67	68588.39	4452.01	123	16405.28	0.00	15.4
Pozemek 1 reálný záznam	112	91084.98	69465.78	3981.47	110	16405.28	1232.45	13.3
Pozemek 2 model	159	79204.14	58993.99	3076.59	85	16822.32	311.24	17.4
Pozemek 2 reálný záznam	132	79764.96	59250.73	3691.91	102	16822.32	0.00	16
Pozemek 3 model	2	32683.14	20022.02	2750.83	76	9910.29	0.00	7.2
Pozemek 3 reálný záznam	178	33102.33	20512.82	2497.47	69	9910.29	181.75	7.6
Pozemek 4 model	7	75022.16	58230.30	3257.57	90	13403.90	130.38	17.1
Pozemek 4 reálný záznam	154	76528.14	58427.93	4452.01	123	13403.90	244.31	12.4

zdroj: Kroulík et al., 2019

Z tabulky č. 1 vyplývá, že i minimální změna směru jízdy při jízdě po pozemku dokáže zkrátit celkovou délku jízd, a tím uspořit časovou i finanční náročnost daného úkonu (Kroulík, et al., 2019).

## 5 Vlastní řešení

V rámci zpracování praktické části této diplomové práce byla provedena měření při výkonu jednotlivých operací stroje na poli, přičemž byly využity telematické systémy k získávání dat, která přinášel informace o pozemku vedoucích k usnadnění následné práce na poli.

Všechna získaná data budou následně pomocí vzdáleného úložiště naimportována do příslušných aplikací, kde budou dále zpracované. Díky předem určených parametrů bude následně možné vyhodnocovat získaná data a náležitě je využít v dalších krocích.

V první části budou získána data hlavně o variabilitě pozemku a ta následně použita k variabilnímu setí. Na tomto příkladu bude zjištěno, zda má variabilní setí smysl a zda je v takovém případě lepší v zónách s menším potenciálem výnosu aplikovat větší či menší množství výsevku.

Druhá část se bude věnovat variabilní aplikaci hnojiv, kdy podle vegetačního indexu bude přesně určená dávka hnojiv na danou část pozemku a následně aplikována.

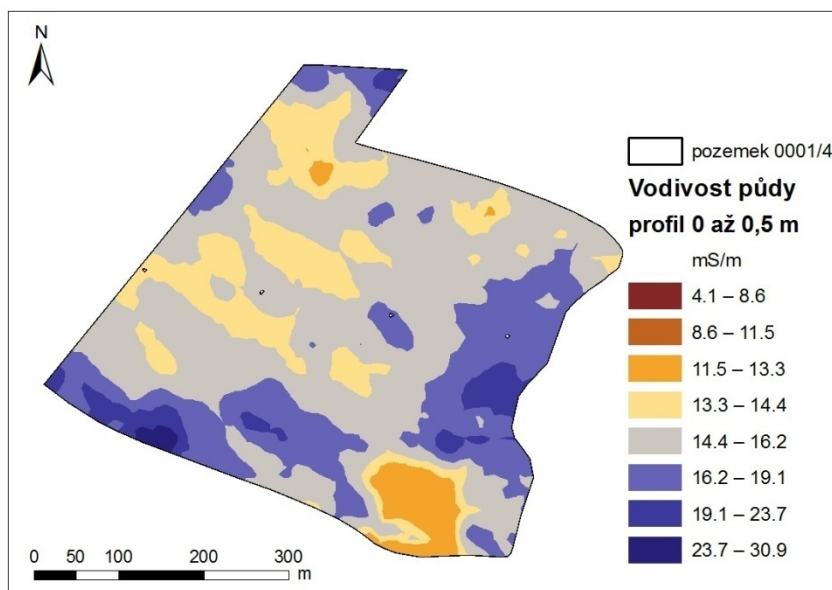
Třetí část se již bude věnovat provozním ukazatelům získaných během předset'ové přípravy půdy. Následně budou tato data rozdělena podle typu jednotlivých jízd a budou vyhodnocena.

K nastavení stroje na pozemku dojde v okamžiku spuštění pole či v okamžiku vstupu stroje na pole, a to díky znalosti polohy daného stroje.

### 5.1 Variabilní setí

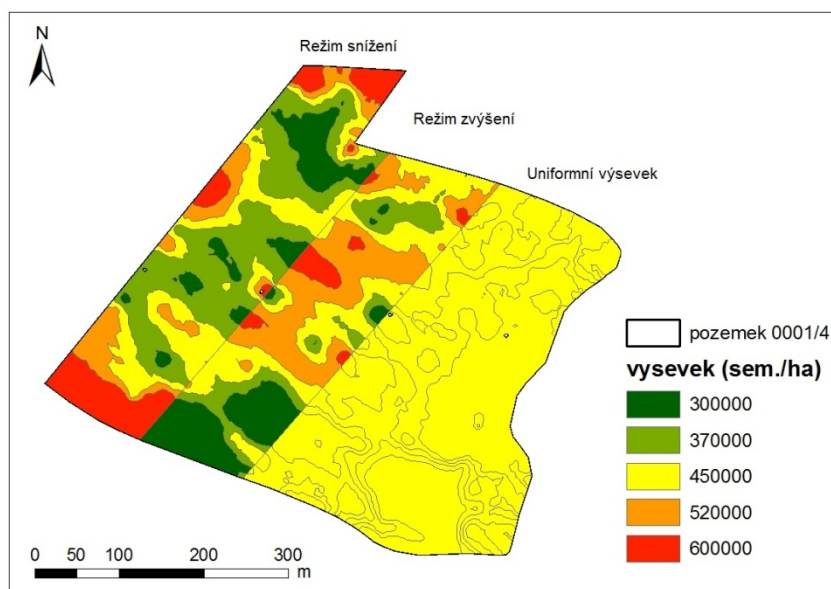
Na pozemku (0001/4), který byl určen pro řepku ozimou, bylo předem provedeno měření senzorem vodivosti půdy, aby byla zjištěna variabilita půdy. Hodnoty vodivosti půdy byly naměřeny s využitím sondy půdní vodivosti EM 38MK2. Výsledek měření přináší obrázek č. 16.

Obrázek 16: Hodnoty vodivosti půdy pozemku 0001/4



Střídající barvy na mapě jasně poukazují na velkou variabilitu pozemku. V místech s vyšší vodivostí půdy dochází k růstu výnosového potenciálu. Data o vodivosti tedy následně posloužily k sestavení aplikační mapy (obrázek č. 17) rozdělené na celkem 5 tříd pro dělení pozemku na jednotlivé zóny výsevku.

Obrázek 17: Mapa s výsevkou řepky pro jednotlivé zóny pozemku



Zóna 3 představuje střed vybrané škály, kde byl nastaven plánovaný uniformní výsevek 450 000 jedinců na hektar. Zóny 1 a 2 poté představují místa s nižším výnosovým potenciálem a zóny 4 a 5 s vyšším výnosovým potenciálem. Následně byly zvoleny tři režimy výsevku

(režim snížení, režim zvýšení a uniformní výsevek). Režim snížení představuje část pozemku, kde docházelo ke snižování výsevku v místech, kde byl zjištěn nižší výnosový potenciál, a zvyšování výsevku v místech, kde naopak byl vyšší výnosový potenciál. U režimu zvýšení naopak docházelo k větším výsevkům v místě s menším výnosovým potenciálem a naopak. Pro uniformní režim byl zvolen stejný výsevek na všech místech. Výsevky pro jednotlivé zóny a určené režimy jsou uvedeny v tabulce č. 2.

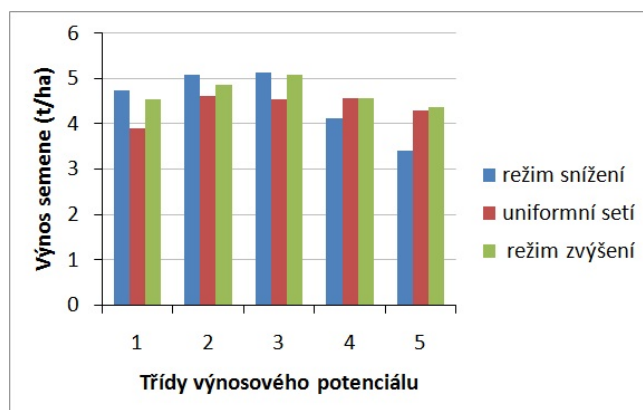
Tabulka 2: Výsevky pro jednotlivé zóny a režimy setí

Výsevek (sem./ha)			
Zóna	Režim snížení	Uniformní režim	Režim zvýšení
1	300 000	450 000	600 000
2	370 000	450 000	520 000
3	450 000	450 000	450 000
4	520 000	450 000	370 000
5	600 000	450 000	300 000

Touto metodou bylo zjišťováno, zda znalost půdní vodivosti ke zjištění variability pozemku má smysl vzhledem k následnému využití těchto informací k aplikaci vhodného množství výsevku. A společně s tím bylo prováděno měření, zda je lepší aplikovat na místo s nižším potenciálem výnosu vyšší dávku osiva, aby došlo k rovnováze na pozemku a zmenšily se odchylky ve výnosech, nebo je lepší na místa s nižším potenciálem aplikovat menší dávku a soustředit se na místa, kde je potenciál výnosu vyšší, a právě zde provést větší výsevek.

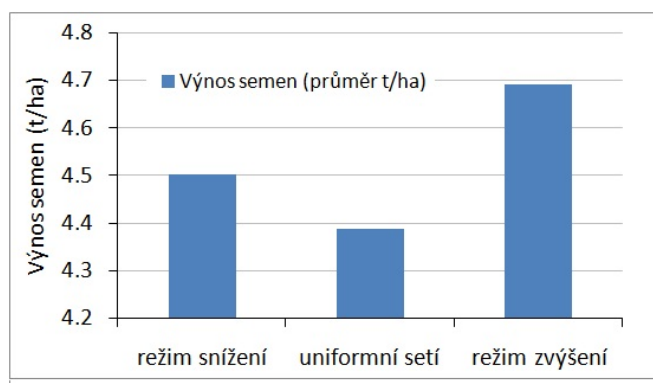
Během sklizně byla následně získána výnosová mapa (obrázek č. 18), která slouží jako ukazatel pro hodnocení jednotlivých variant výsevu. Výsledky měření jsou uvedeny v grafech č. 4 až 8.

Graf 4: Výnosy semene řepky pro jednotlivé zóny a režimy výsevku



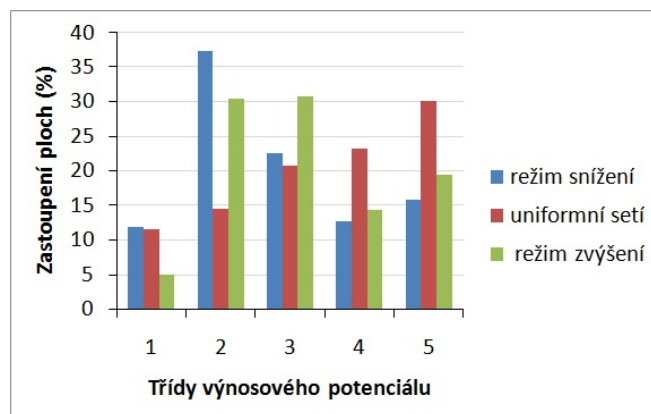
Z grafu č. 4 lze vyčíst hodnoty výnosů pro jednotlivé zóny a režimy. V případě zón 1 až 3 dochází v případě variabilního výsevku (režim snížení a zvýšení) k navyšování výnosu. Dále je patrné, že zvyšování výsevku na místech s vyšším výnosovým potenciálem nevedlo k navýšení výnosu, tudíž došlo ke zbytečnému plýtvání.

Graf 5: Průměrné hodnoty výnosu semene řepky pro režimy výsevku



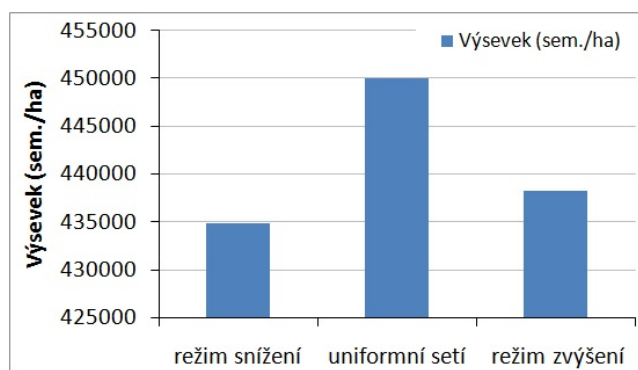
Graf č. 5 ukazuje průměrné hodnoty výnosu semene pro jednotlivé režimy výsevku. Nejvýhodněji vyšel režim zvyšování, kdy s rostoucím výnosovým potenciálem docházelo ke snižování výsevku. Důležitou roli v porovnání efektivity bude mít zastoupení jednotlivých ploch v daných režimech setí, které dokládá graf č. 6.

Graf 6: Zastoupení ploch výnosového potenciálu pro jednotlivé režimy



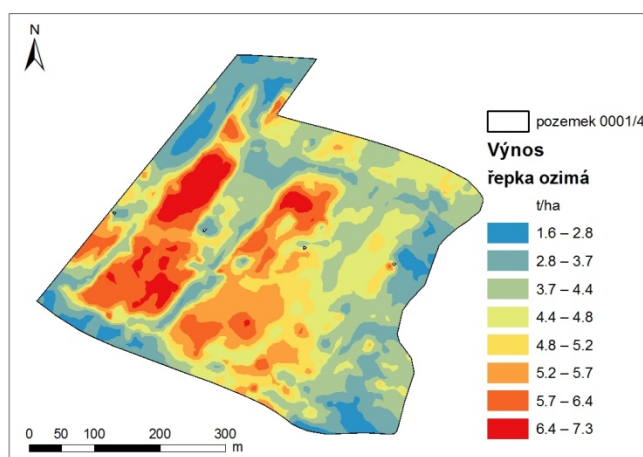
Na celkovou efektivitu zásahu má velký dopad zastoupení jednotlivých ploch v daných režimech setí. V případě uniformního setí je patrné velké zastoupení ploch s vysokým výnosovým potenciálem, přesto nepřineslo takovou efektivitu jako setí variabilní. Následující graf (č. 7) ukazuje průměrné hodnoty výsevku řepky pro jednotlivé režimy setí.

Graf 7: Průměrné hodnoty výsevků řepky pro jednotlivé režimy setí



Tento graf ukazuje, že při uniformním setí bylo v průměru spotřebováno nejvíce semen na hektar. To dokazuje, že průměrná spotřeba semena při variabilním setí je menší a je tedy vhodnější k použití na pozemku s variabilitou výnosového potenciálu. Při přiřazení 100 % k uniformnímu setí, dojde u režimu zvýšení o pokles 2,6 % a u režimu snížení o pokles 3,4 % celkového výsevku.

Obrázek 18: Výnosová mapa řepky ozimé



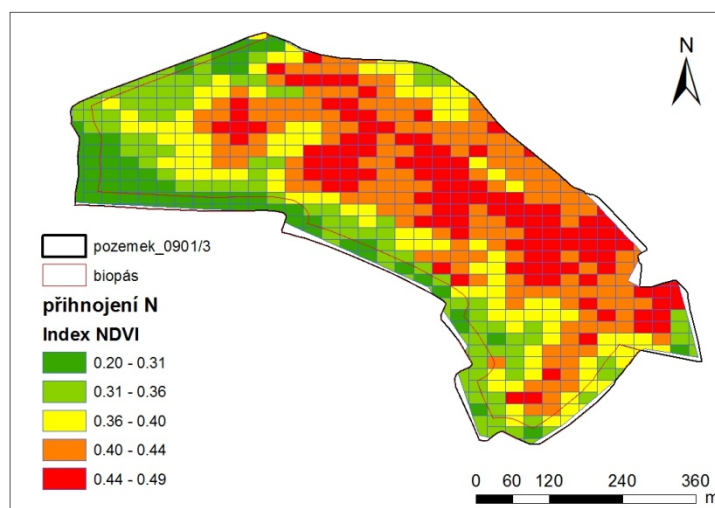
Pokud vyjádříme průměrného výsevku na plochu v uniformním režimu v hodnotě 100 %, hodnoty výnosu u režimu snížení byly navýšeny o 2,6 % a hodnoty výnosu u režimu zvýšení zvýšeny o 6,8 %.

## 5.2 Variabilní aplikace hnojiv

Pro aplikaci hnojiv lze v praxi využít data pro variabilní hnojení. V aplikaci byla připravena mapa pro variabilní přihnojení dusíkatými hnojivy. Následně byl vybrán termín, pro který byl spočítán vegetační index (obrázek č. 19).

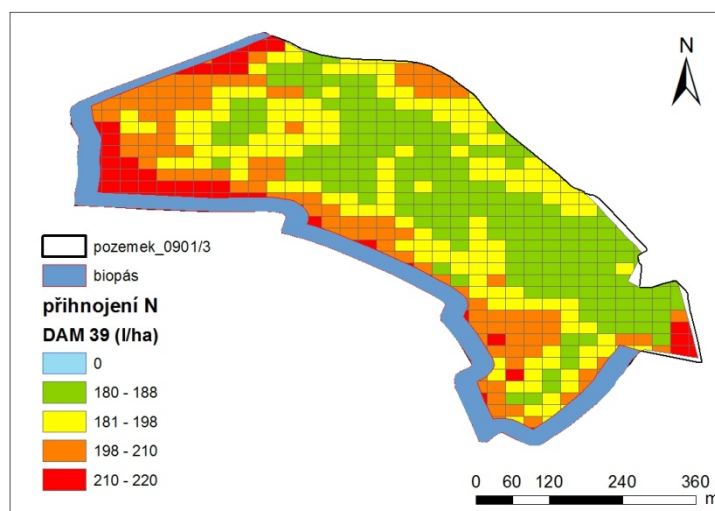


Obrázek 19: Stanovení vegetačního indexu pro vybraný pozemek v určitém datu



Následně se pro jednotlivé zóny určí velikost dávky hnojiva, která zde bude aplikována, díky čemuž vznikne aplikační mapa.

Obrázek 20: Aplikační mapa pro aplikaci hnojiv



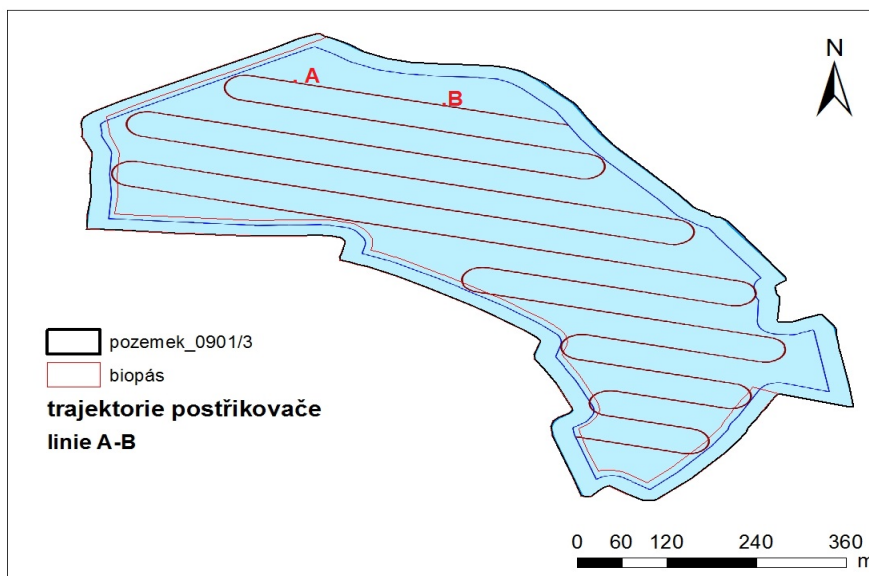
Aplikační mapa (obrázek č. 20) je upravena tak, aby zobrazovala biopás, který nebude během operace hnojen nebo stříkán. Díky telematickým systémům by tato operace měla být provedena bez chyb, které vznikají kvůli překryvům při manuální práci obsluhy, na kterou je zároveň vyvíjena potřeba zvýšené zátěže.

Pro biopás byla stanovena dávka hnojiva v hodnotě 0, díky čemuž dojde v místě označení k vypnutí sekci postřikovače, aby nedocházelo k aplikaci hnojiv, a následně budou opět zapnuty poté, co traktor opět najede na místo, kde má být hnojeno. Telematické systémy v tomto případě napomáhají s řízením jednotlivých sekcí podle aplikační mapy a tím je na

daných místech aplikováno předepsané množství hnojiva. V případě, že by měla tento úkol zvládnout obsluha traktoru, musela by biopás ojet, čímž by došlo vytvoření další souvrati.

Pro správnou aplikaci hnojiv navíc byla do mapy vytvořena optimální trajektorie pohybu soupravy po pozemku (obrázek č. 21), která byla přímo nastavena na pracovní záběr postřikovače.

Obrázek 21: Optimální trajektorie pohybu soupravy po pozemku 0901/3 při aplikaci hnojiv



Díky vytvoření optimální trajektorie (v tomto případě linie A-B) se bude souprava pohybovat po poli po přesně dané trase a nedojde tak k opětovným přejezdům, které mají za příčinu utužování půdy, ani k vícenásobné aplikaci dávky na stejném místě, což by mělo za důsledek zhoršení fyzikálních a biologických vlastností půdy a docházelo by ke zbytečnému plýtvání prostředky.

### 5.3 Sledování provozních ukazatelů strojů

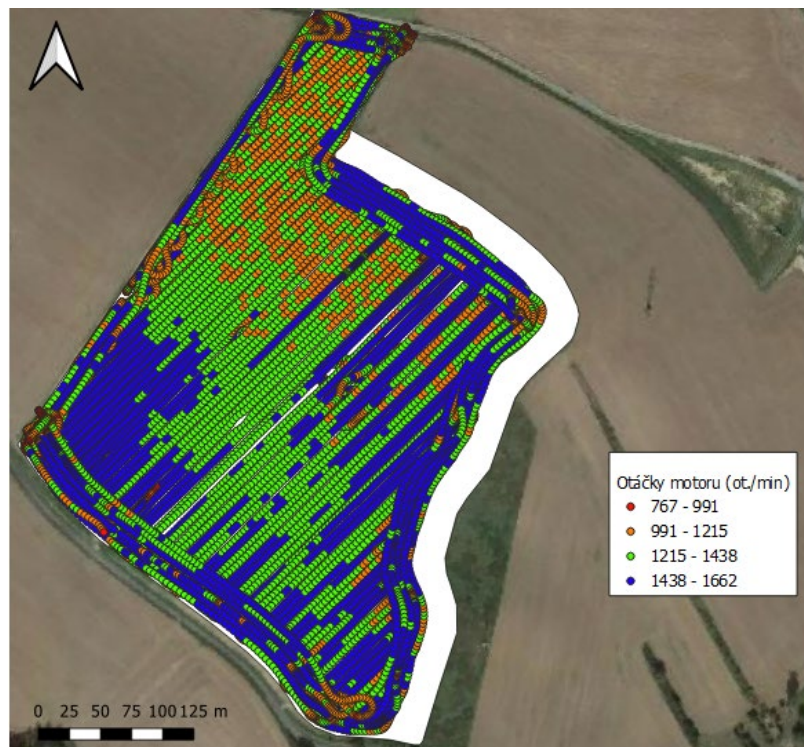
Během práce na poli, ale i při přejíždění mezi jednotlivými pozemky dochází díky telematickým systémům k záznamu jednotlivých ukazatelů ohledně provozu stroje. Tyto záznamy nám poté udávají přesný přehled o hodnotách, které byly během jízdy naměřeny. Telematické systémy zaznamenávají provozní ukazatele každou vteřinu což ve výsledku přináší velké množství záznamů během jízdy. Nejčastěji sledovanými ukazateli jsou pojezdová rychlost, otáčky motoru, měrná spotřeba paliva a údaje o poloze. Tyto data následně vypovídají i o ekonomice provozu dané soupravy a poslouží ke zlepšení situace z pohledu ekonomického využití souprav.

Měření probíhalo na dvou pozemcích o různém tvaru (0001/4 a 0801/11) při základním zpracování půdy strojem Claas Xerion 5000 se záběrem 6 m. U prvního pozemku souprava nejprve jela pracovní úseky s otáčením na souvratích a objížděním sloupů elektrického vedení a až poté přejezdy po souvratích, díky čemuž jsou záznamy otáčení soupravy na souvratích skryty vrstvou záznamů z přejezdů po souvratí. U druhého pozemku byly tyto operace provedeny v opačném pořadí.

### 5.3.1 Záznam otáček motoru traktoru

Během jízdy byly zaznamenány otáčky motoru v rozmezí mezi 767 a 1662 otáček za minutu na prvním pozemku. Podobné otáčky motoru byly zaznamenány i u druhého pozemku, kdy se rozmezí pohybovalo mezi 748 a 1665 otáček za minutu.

Obrázek 22: Záznam otáček motoru traktoru na pozemku 0001/4



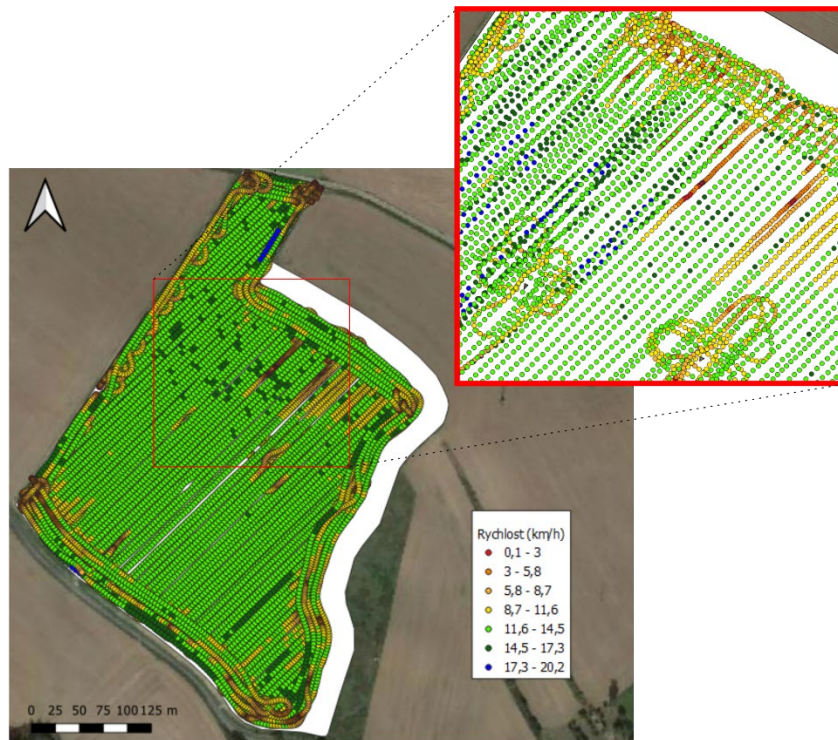
Obrázek 23: Záznam otáček motoru traktoru na pozemku 0801/11



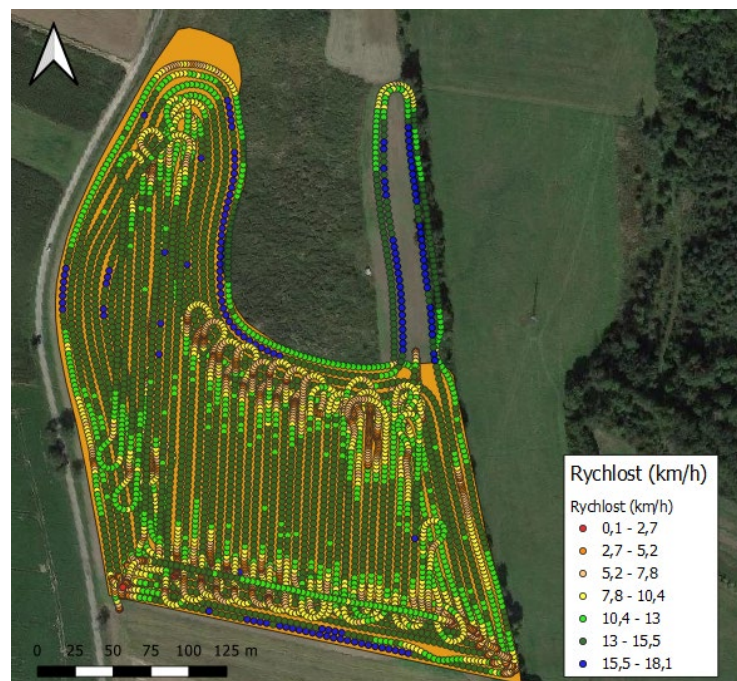
Na mapách jsou vidět otáčky motoru zaznamenané každou vteřinu jízdy. Ze záznamu lze vyčíst, že v obou případech docházelo ke snížení otáček hlavně při změně směru jízdy při otáčení stroje nejen na souvratích, což má úzkou spojitost s rychlostí stoje. Motor lze provozovat v rozdílných režimech. Spolu s režimem převodovky je z hlediska optimální spotřeby paliva potřeba pracovat v pásmu nejnižší měrné spotřeby paliva.

### 5.3.2 Záznam pojezdové rychlosti traktoru

Obrázek 24: Záznam pracovní rychlosti traktoru na pozemku 0001/4



Obrázek 25: Záznam pracovní rychlosti traktoru na pozemku 0801/11



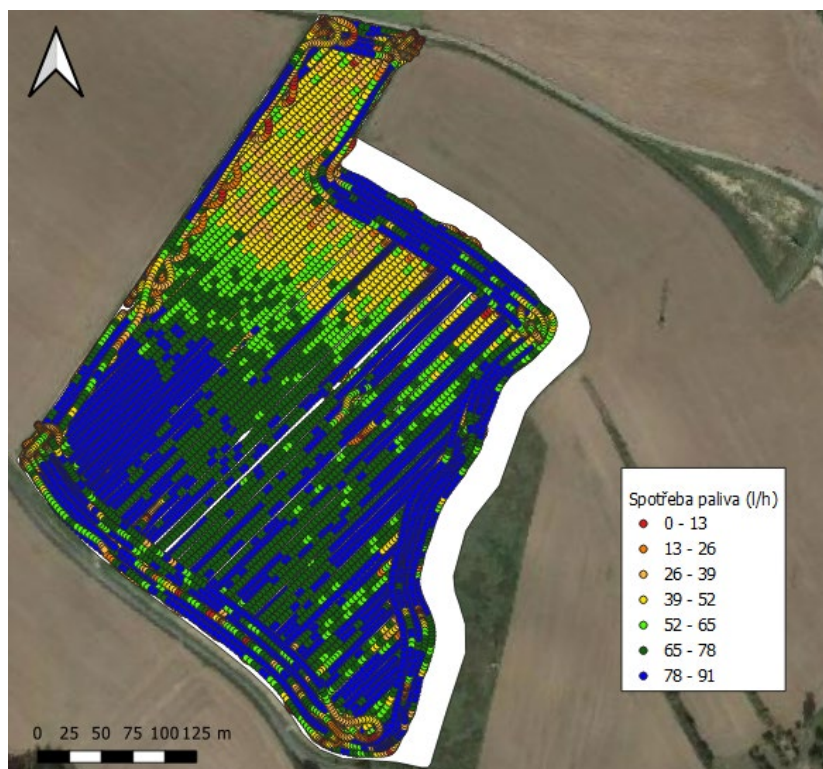
Kvalitu pracovních operací a energetickou náročnost ovlivňuje také pracovní rychlost souprav. V obou případech ze záznamu vyplývá, že ke snížení rychlosti dochází v případě změny směru jízdy, aby bylo se stojem možno lépe manipulovat. U pracovních úseků je rychlost

téměř konstantní a dochází jen k menším změnám. Záznam o pracovní rychlosti poslouží i jako kontrolní nástroj, který dokládá, že práce byla řádně odvedena s ohledem na doporučené pracovní rychlosti strojů.

### 5.3.3 Záznam spotřeby pohonných hmot

Důležité údaje o provozu stroje přicházejí s daty o spotřebě pohonných hmot, která se přímo promítá do ekonomické náročnosti provedené operace.

Obrázek 26: Záznam měrné spotřeby pohonných hmot na pozemku 0001/4



Obrázek 27: Záznam měrné spotřeby pohonných hmot na pozemku 0801/11

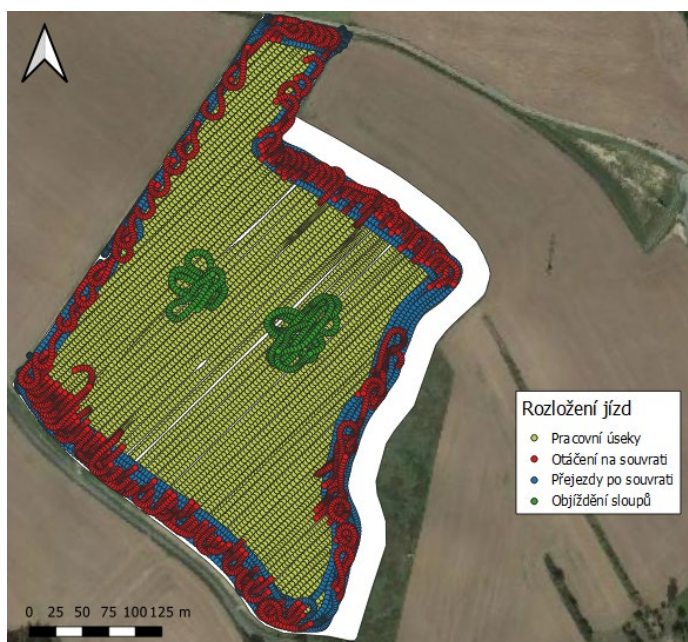


Na spotřebu pohonných hmot má vliv nejen pracovní rychlost, režim motoru a otáčky motoru, což dokládají obrázky č. 22 až 27, ale také vlastnosti půdy a náročnost prováděné operace. Právě na souvratích, kde bývá půda nejvíce utužená, dochází nejen při zpracování půdy dochází k největšímu nárůstu spotřeby pohonných hmot.

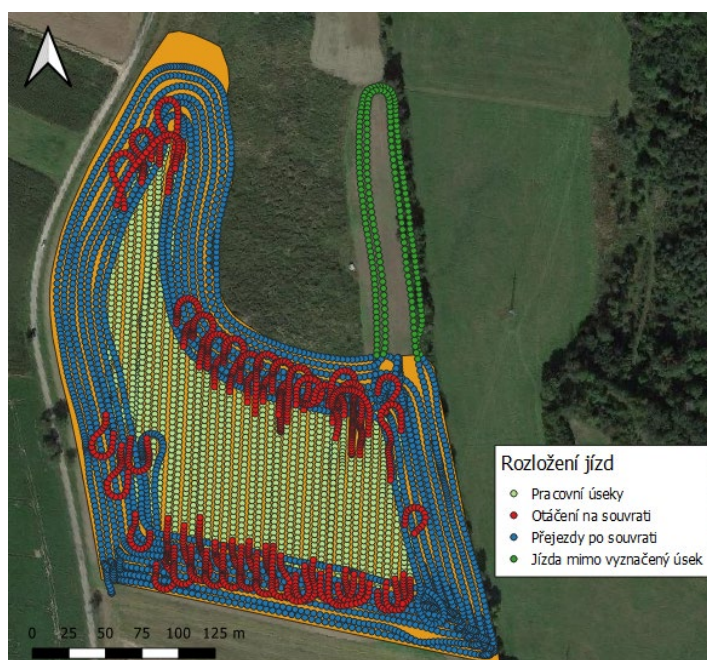
### 5.3.4 Provozní ukazatele podle typu jízdy

Pro zjištění provozních ukazatelů pro jednotlivé typy jízdy bylo potřeba rozdělit záznam jízd na několik částí podle prováděné operace. U pozemku 0001/4 šlo o pracovní úseky, otáčení stroje na souvratích, přejezdy po souvratích a objíždění překážek na poli. U pozemku 0801/11 se jednalo o pracovní úseky, otáčení stroje po souvratích, přejezdy po souvratích a cestu mimo vyznačené hranice pole importované z LPISU. Jednotlivé typy jízd jsou k vidění na obrázcích č. 28 a 29.

Obrázek 28: Jednotlivé typy jízd po pozemku 0001/4



Obrázek 29: Jednotlivé typy jízd po pozemku 0801/11



Pomocí rozdělení získaných dat na části bylo možné sestavit tabulku vypovídající o datech pro jednotlivé typy jízd. Výsledky jsou uvedené v tabulkách č. 3 a 4, kde rovněž jsou spočítány i poměrové ukazatele a celkové hodnoty.



Tabulka 3: Provozní ukazatele soupravy pro jednotlivé typy jízd u pozemku 0001/4

Operace	Pozemek 0001/4					
	Doba jízdy (t)	Ujetá vzdálenost (s)	Ø Rychlost (v)	Ø Otáčky motoru (RPM)	Ø Měrná spotřeba paliva (M)	Spotřeba PHM na plochu (Mp)
Přejezdy po souvrati	0:58	9440 m	9,7 km/h	1310 ot./min	56,5 l/hod.	9,7 l/ha
Otáčení stroje na souvratích	0:54	6960 m	7,7 km/h	1149 ot./min	29,5 l/hod.	6,4 l/ha
Objížďení sloupů	0:09	1499 m	10,1 km/h	1253 ot./min	42,0 l/hod.	6,9 l/ha
Pracovní úseky	1:53	24855 m	13,2 km/h	1365 ot./min	66,3 l/hod.	8,3 l/ha
<b>Celkem</b>	<b>3:54</b>	<b>42754 m</b>	<b>10,2 km/h</b>	<b>1269 ot./min</b>	<b>48,6 l/hod.</b>	<b>31,3 l/ha</b>

Operace	$t_x/\Sigma t$	$s_x/\Sigma s$	$v_x-\Sigma v$	$RPM_x-\Sigma RPM$	$M_x-\Sigma M$	$Mp_x-\Sigma Mp$
Přejezdy po souvrati	25 %	22 %	-0,5 km/h	41 ot./min	7,9 l/hod.	31 %
Otáčení stroje na souvratích	23 %	16 %	-2,5 km/h	-120 ot./min	-19,1 l/hod.	20 %
Objížďení sloupů	4 %	4 %	-0,1 km/h	-16 ot./min	-6,6 l/hod.	22 %
Pracovní úseky	48 %	58 %	3,0 km/h	96 ot./min	17,7 l/hod.	27 %

Tabulka 4: Provozní ukazatele soupravy pro jednotlivé typy jízd u pozemku 0801/11

Operace	Pozemek 0801/11					
	Doba jízdy (t)	Ujetá vzdálenost (s)	Ø Rychlost (v)	Ø Otáčky motoru (RPM)	Ø Měrná spotřeba paliva (M)	Spotřeba PHM na plochu (Mp)
Přejezdy po souvrati	0:50	9157 m	11,0 km/h	1292 ot./min	57,6 l/hod.	8,7 l/ha
Otáčení stroje na souvratích	0:23	2832 m	7,5 km/h	1146 ot./min	31,2 l/hod.	6,9 l/ha
Jízda mimo vyznačené pole	0:03	763 m	13,5 km/h	1468 ot./min	78,0 l/hod.	9,6 l/ha
Pracovní úseky	0:24	5010 m	12,7 km/h	1338 ot./min	66,5 l/hod.	8,7 l/ha
<b>Celkem</b>	<b>1:40</b>	<b>17762 m</b>	<b>11,2 km/h</b>	<b>1311 ot./min</b>	<b>58,3 l/hod.</b>	<b>33,9 l/ha</b>

Operace	$t_x/\Sigma t$	$s_x/\Sigma s$	$v_x-\Sigma v$	$RPM_x-\Sigma RPM$	$M_x-\Sigma M$	$Mp_x-\Sigma Mp$
Přejezdy po souvrati	50 %	52 %	-0,2 km/h	-19 ot./min	-0,7 l/hod.	26 %
Otáčení stroje na souvratích	23 %	16 %	-3,7 km/h	-165 ot./min	-27,1 l/hod.	20 %
Jízda mimo vyznačené pole	3 %	4 %	2,3 km/h	157 ot./min	19,7 l/hod.	28 %
Pracovní úseky	24 %	28 %	1,5 km/h	27 ot./min	8,2 l/hod.	26 %

Jelikož byla data zaznamenávána každou vteřinu, dala se dopočítat doba jízdy pro jednotlivé typy jízd, z čehož se následně pomocí průměrné rychlosti dala dopočítat i ujetá vzdálenost. Z měrné spotřeby paliva se díky znalosti doby jízd dala dopočítat i celková spotřeba ze které se následně dala dopočítat spotřeba na plochu, díky znalosti ujeté vzdálenosti a záběru stroje.

Dle očekávání nejnáročnějším úkonem z hlediska času na jednotku délky je otáčení stroje na souvratích, kdy průměrná rychlost v obou případech byla o několik km/h nižší než celková průměrná rychlost. Z časové náročnosti na otočení soupravy je vhodné se otáčení vyhýbat. K tomu může napomoci software pro optimalizaci tras, či pozemek s optimálním tvarem

(obdélník nebo dlouhý pás, kde by se souprava nemusela otáčet, nebo by se otočila pouze párkrát). Vzhledem k tomu, že ne vždy je tvar pozemku ideální, je potřeba přistoupit právě k optimalizaci tras probírané v kapitole 5.3. Zároveň se však jedná operaci s nejnižší měrnou spotřebou pohonných hmot, což je zapříčiněno nižší rychlostí a nízkým zatížením stroje.

Další očekávané výsledky vyšly i u pracovních úseků, kdy souprava provádí pouze přímočarou jízdu v optimálním jízdním režimu. U prvního uvedeného pozemku tvořily pracovní úseky největší část z celkových jízd, což je optimální pro dosažení co nejnižších nákladů, celkové přípravě pole před založením porostu a eliminaci zbytečných přejezdů. Velký vliv na to měl tvar pozemku, který se kromě severnímu výběžku přibližuje hranatému tvaru. U druhého pozemku pracovní úseky netvořily většinou část z celkových jízd. Kvůli nepravidelnému tvaru pozemku vznikla velká plocha tvořená přejezdy po souvrati.

Na souvratě, kde intenzivně dochází k otáčení soupravy, dopadá řada negativních činitelů, které zapříčiňují zhoršení biologických vlastností půdy. Dochází se často k aplikaci vyšší dávky hnojiv a postřikovacích látek kvůli opětovným přejezdům, které jsou vidět na obrázcích č. 28 a 29, kdy červeně zbarvené otáčky na souvratích překrývají modře vyznačené přejezdy po souvratích. Z takto získaných dat se dají následně určit provozní ukazatele pro určitou plochu.

Na přejezdy po souvratích připadají v obou případech vyšší otáčky motoru v porovnání s rychlostí. Což svědčí o větší zátěži motoru, na což mohlo mít vliv větší utužení půdy, která vzniká častými přejezdy po souvrati, neboť zde dochází i k otáčení soupravy při pracovních jízdách. To vše se odráží i na spotřebě pohonných hmot na jeden hektar.

## 6 Zhodnocení výsledků

V této části bude provedeno zhodnocení získaných výsledků z jednotlivých měření a následné promítnutí těchto výsledků do ekonomického hlediska. V části s provozními ukazateli bude provedena optimalizace jízdnic trajektorií a navrženo optimální řešení. Zároveň bude zjištěno, jak se vynechání některých operací promítne do ekonomického hlediska prováděných operací.

### 6.1 Variabilní setí – zhodnocení

U porostu řepky ozimé došlo k třem variantám výsevku. Po provedení měření bylo zjištěno, že v případě pozemku s rozsáhlou variabilitou se vhodné provádět setí podle výnosového potenciálu dané části pole.

U porostu řepky ozimé se v tomto případě jednalo o snížení množství osiva o 2,6 % na hektar u režimu zvýšení. Při ceně 3 352 Kč/ha vč. DPH použitého osiva řepky ozimé odrůdy Architect. Na pozemek 0001/4 o výměře 13,33 ha by tedy připadala cena 44 682 Kč. Při zmíněné úspoře 2,6 % by se jednalo o úsporu 1 161 Kč. V případě režimu snížení došlo k úspoře výsevku o 3,4 % díky čemuž by pro daný pozemek k úspoře 1519 Kč.

Co se výnosu týče, došlo v případě režimu snížení o nárůst o 2,6 % a 6,8 % při režimu zvýšení. Při průměrném výnosu 3,1 t/ha a výměře 13,33 ha by výnos na tomto pozemku měl být 41,32 tun. Při ceně 9 803 Kč/t se jedná tedy o výnos 405 060 Kč. V případě režimu snížení tak dojde o navýšení výnosu o 10 531 Kč a u režimu zvýšení o 27 544 Kč.

Tabulka 5: Ekonomické zhodnocení variabilního setí

	Výsevek	Výnos	Výsevek	Výnos	Úspora výsevek	Úspora výnos	Celkem	Celkem na hektar
Uniformní režim	100 %	100 %	44 682 Kč	405 060 Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč
Režim zvýšení	97,4 %	106,8 %	43 521 Kč	432 604 Kč	1 161 Kč	27 544 Kč	28 705 Kč	2 153 Kč
Režim snížení	96,6 %	102,6 %	43 163 Kč	415 591 Kč	1 519 Kč	10 531 Kč	12 050 Kč	904 Kč

Těchto úspor by bylo dosaženo pouhou změnou metody výsevku, kdy by se z uniformního setí přešlo na setí variabilní. Nejlépe vyšla varianta režimu zvýšení, kdy náklady na výsevek byly sníženy o 1 161 Kč, a přesto byl výnos zvýšen o 27 544 Kč, což znamená, že díky variabilnímu setí bylo ušetřeno 28 705 Kč na 13,33 ha, čemuž se rovná 2 153 Kč/ha.

## 6.2 Variabilní aplikace hnojiv – zhodnocení

V případě variabilní aplikace hnojiv byla vytvořena aplikační mapa, díky které bylo možné vybrat místa na pozemku s odlišným dávkováním hnojiva. Navíc byl vytvořen i biopás, na kterém aplikace hnojiv neproběhla vůbec. Díky variabilní aplikaci hnojiv bylo uspořeno 6 % celkové dávky hnojiv.

Měření bylo prováděno na pozemku 0901/3 a výměře 17,74 ha. Byla použito hnojivo DAM 390 a SAM. Budeme-li uvažovat o využití 300 kg/ha hnojiva DAM 390 na pozemek s řepkou a ceně 5,6 Kč/kg, vychází cena 1 680 Kč na hektar. V případě doporučeného využití 300 kg/ha hnojiva SAM na řepku a ceně 6,1 Kč/ha, vychází cena 1 830 Kč/ha. V případě tohoto pozemku by tak mělo být využito hnojivo DAM 390 v hodnotě 29 803 Kč a hnojivo SAM v hodnotě 32 464 Kč v případě uniformního hnojení.

Tabulka 6: Ekonomické zhodnocení variabilní aplikace hnojiv

	Doporučená dávka	Cena	Cena na hektar	Cena na pozemek	Úspora na pozemek	Úspora na ha
DAM 390	300 kg/ha	5 600 Kč/t	1 680 Kč	29 803 Kč	1 788 Kč	101 Kč
SAM	300 kg/ha	6 100 Kč/t	1 830 Kč	32 464 Kč	1 948 Kč	110 Kč
			<b>Celkem:</b>	62 267 Kč	3 736 Kč	211 Kč

Při variabilním hnojení s úsporou 6 % tak bude ušetřeno 1 788 Kč na hnojivu DAM 390 (101 Kč/ha) a 1948 Kč na hnojivu SAM (110 Kč/ha). Celkově se tak při jedné dávce těchto hnojiv ušetří 211 Kč/ha.

## 6.3 Provozní ukazatele stroje

S daty získaných při záznamu lze nadále pracovat. Společně s nimi lze vytvářet i modelové příklady optimálních jízd, díky čemuž dochází ke zkrácení ujeté vzdálenosti a úsporách na pohonných hmotách. Někdy lze pracovat i s myšlenkou vynechání některých operací, jako jsou přejezdy po souvratích. Vliv na celkovou spotřebu má i vypínání a zapínání pracovního nářadí při otáčení stroje. Díky tomu by pak nemuselo být prováděno tolik jízd po souvratí.

### 6.3.1 Optimalizace tras

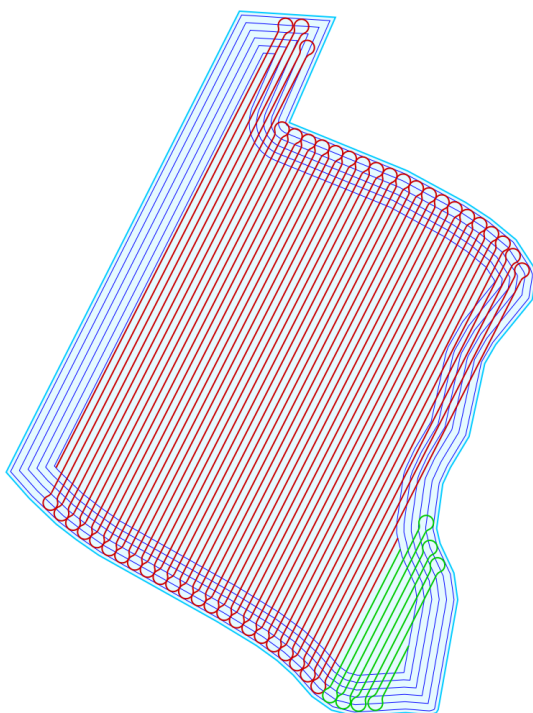
Pro vybrané pozemky byla na základě znalosti jejich hranic provedena optimalizace jízdnic trajektorií. Program spočítal nejrůznější varianty pro všechny azimuty s krokem 1° (od

0° po 179°). Jako hlavní hodnoty posloužila délka pracovních úseků, délka otáček na souvratích, počet otáček na souvratích. Ze získaných hodnot se dala dopočítat ekonomická úspora ve formě úspory spotřeby paliva. Optimalizace byla provedena pro oba pozemky (0001/4 a 0801/11). Software pro optimalizaci dat pracuje s rozdělením typu jízd a výpočtem délky jako s ideálním modelovým příkladem. Jedná se tedy pouze o model, který se dost liší oproti skutečnému záznamu jízd provedený při přípravě půdy, který byl vyhodnocen v aplikaci GIS a popsáný v kapitole 5.3, proto se získané hodnoty liší oproti tabulkám č. 3 a 4.

### Pozemek 0001/4

Původní trajektorie měli azimut o hodnotě 39°. Nově optimalizované trajektorie mají azimut 27°. Optimální trajektorie jsou zobrazeny na mapě na obrázku č. 30.

Obrázek 30: Optimální trajektorie po pozemku 0001/4



Tabulka 7: Modelové hodnoty původní ve srovnání s optimálními (0001/4)

	Azimut	Pracovní úseky	Otáčky na souvratích	Počet otáček	Přejezdy po souvrati	Celkem
<b>Původní</b>	39 °	15191 m	2389 m	66	9030 m	26610 m
<b>Optimální</b>	27 °	15291 m	1918 m	53	9030 m	26239 m
<b>Rozdíl</b>		-100 m	471 m	13	0 m	371 m

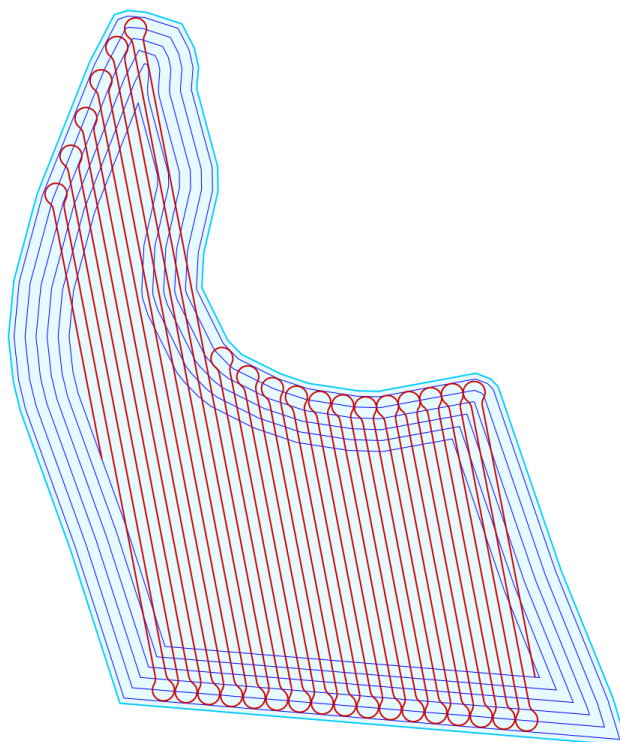
Tabulka 8: Úspora po optimalizaci tras na pozemku 0001/4

	Pracovní úseky	Otáčky na souvratích	Celkem
Úspora PHM	-0,50 l	1,81 l	1,31 l
Úspora	- 14 Kč	49 Kč	36 Kč

### Pozemek 0801/11

U pozemku 0801/11 byla hodnota původního azimutu 176°, po optimalizování byla hodnota azimutu 167°. Optimální trajektorie jsou zobrazeny na mapě na obrázku č. 31.

Obrázek 31: Optimální trajektorie po pozemku 0801/11



Tabulka 9: Modelové hodnoty původní ve srovnání s optimálními (0801/11)

	Azimut	Pracovní úseky	Otáčky na souvratích	Počet otáček	Přejezdy po souvratí	Celkem
Původní	176 °	5299 m	1411 m	39	6702 m	13412 m
Optimální	169 °	5320 m	1266 m	35	6702 m	13288 m
Rozdíl		-21 m	145 m	4	0 m	124 m

Tabulka 10: Úspora po optimalizaci tras na pozemku 0801/11

	Pracovní úseky	Otáčky na souvratích	Celkem
Úspora PHM	- 0,11 l	0,60 l	0,49 l
Úspora	- 3 Kč	16 Kč	13 Kč

Optimalizace tras měla na obou pozemcích minimální ekonomický přínos. Podle původní spotřeby pohonných hmot na jednotku plochy pro jednotlivé styly jízdy ze skutečného záznamu bylo možno dopočítat celkovou úsporu pohonných hmot vyjádřenou v litrech. Se současnou průměrnou cenou motorové nafty 27,2 Kč/l bylo následně možné dopočítat peněžní úspory. Přestože se v obou případech jednalo o malou úsporu pohonných hmot a z ekonomického hlediska byl tak vliv optimalizace minimální, došlo i k dalším eliminacím nechtěných úkonů.

V obou případech totiž došlo i ke snížení počtu otáček stroje na souvratích, což má za následek snížení opětovných přejezdů a nechtěného utužování půdy. Délka pracovních úseků se sice o několik metrů prodloužila, což je ale přijatelné vzhledem k tomu, že došlo, k již zmíněnému snížení počtu otáček stroje na souvratích a tím i celkové délce trasy. Snížení spotřeby pohonných hmot navíc přispívá i ke snížení uhlíkové stopy. Z toho plyne, že provádění optimalizace tras je ekonomicky výhodné.

### 6.3.2 Vypuštění části přejezdů po souvratí

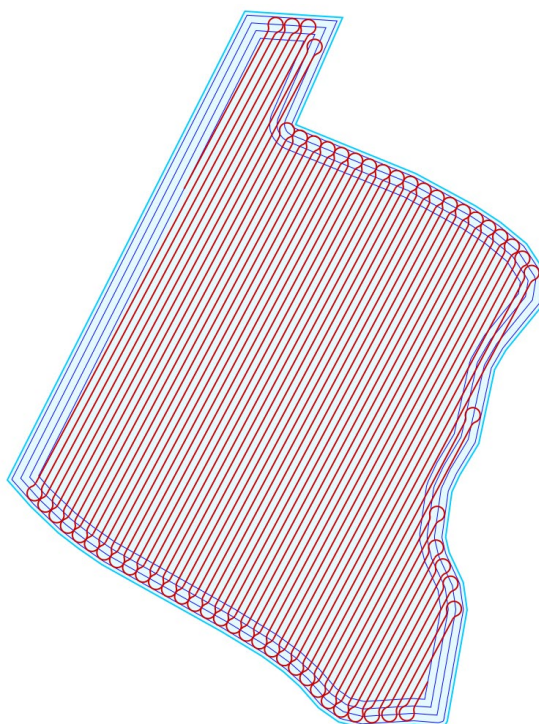
V případě optimalizace tras byla počítána celková trasa a úspory pro daný pozemek s předem určenými šesti jízdami po souvratí. Stejně tak tomu bylo i při skutečné jízdě stroje při zpracování půdy.

Při přejezdech po souvratích vznikají opětovné přejezdy. Souvratě by se následně dali rozdělit podle toho, jaká část otáčky je na nich prováděna. V některých případech jsou okrajové části trajektorií na souvratí již zbytečné a hovoří se i o jejich vynechání. Tato kapitola se proto věnuje úsporám pohonných hmot a eliminaci opětovných přejezdů v případě vynechání dvou jízd po souvratí.

#### Pozemek 0001/4

Původní trajektorie měly azimut o hodnotě 39°. Nově optimalizované trajektorie se čtyřmi jízdami po souvratí mají azimut 28°. Optimální trajektorie jsou zobrazeny na mapě na obrázku č. 32.

Obrázek 32: Optimální trajektorie se čtyřmi přejezdy po souvrati (0001/4)



Tabulka 11: Modelové hodnoty původní ve srovnání s optimálními pro 4 jízdy pro souvrati (0001/4)

	Azimut	Pracovní úseky	Otáčky na souvratích	Počet otáček	Přejezdy po souvrati	Celkem
<b>Původní</b>	39 °	15191 m	2389 m	66	9030 m	26610 m
<b>Optimální</b>	28 °	18205 m	2171 m	60	6210 m	26586 m
<b>Rozdíl</b>		-3014 m	218 m	6	2820 m	24 m

Tabulka 12: Úspora po vynechání dvou jízd po souvrati a optimalizaci tras (0001/4)

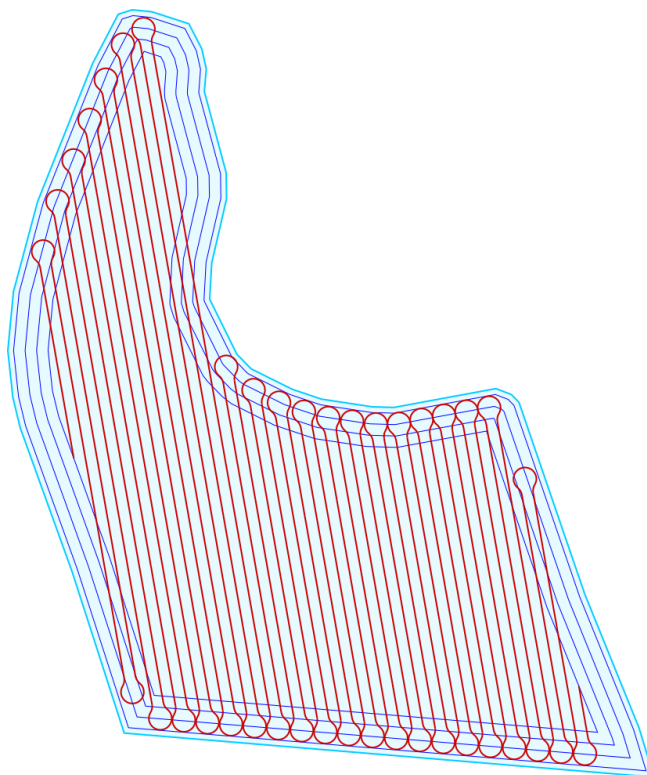
	Pracovní úseky	Otáčky na souvratích	Přejezdy po souvrati	Celkem
<b>Úspora PHM</b>	-15,01 l	0,84 l	16,41 l	2,24 l
<b>Úspora</b>	- 408 Kč	23 Kč	446 Kč	61 Kč



## Pozemek 0801/11

U pozemku 0801/11 byla hodnota původního azimutu 176°, po optimalizování byla hodnota azimutu 167°. Optimální trajektorie se čtyřmi jízdami po souvrati jsou zobrazeny na mapě na obrázku č. 33.

Obrázek 33: Optimální trajektorie se čtyřmi přejezdy po souvrati (0801/11)



Tabulka 13: Modelové hodnoty původní ve srovnání s optimálními pro 4 jízdy pro souvrati (0801/11)

	Azimut	Pracovní úseky	Otáčky na souvratích	Počet otáček	Přejezdy po souvrati	Celkem
<b>Původní</b>	176 °	5299 m	1411 m	39	6702 m	13412 m
<b>Optimální</b>	170 °	7393 m	1447 m	40	4679 m	13519 m
<b>Rozdíl</b>		-2094 m	-36 m	-1	2023 m	-107 m

Tabulka 14: Úspora po vynechání dvou jízd po souvrati a optimalizaci tras (0801/11)

	Pracovní úseky	Otáčky na souvratích	Přejezdy po souvrati	Celkem
<b>Úspora PHM</b>	-10,93 l	-0,15 l	10,56 l	-0,52 l
<b>Úspora</b>	- 297 Kč	- 4 Kč	287 Kč	- 14 Kč

Vynechání části přejezdů po souvrati (v tomto případě z původních 6 přejezdů byly vynechány 2) přineslo z ekonomického hlediska úsporu pouze u prvního pozemku, kdy úspora byla větší než v případě pouhé optimalizace, přesto se však nejednalo o ekonomicky významnou částku.

V obou případech došlo k prodloužení délky pracovních úseků a otáček na souvrati na úkor jízd po souvrati. Prodloužení celkové délky otáček na souvrati je zapříčiněné nárůstem celkového počtu otáček.

V druhém případě navíc nedošlo k úspoře žádné a naopak vyšlo, že je toto řešení méně ekonomické než řešení původní. Proto u obou pozemků bude lepší zvolit variantu optimalizace tras bez vynechání části jízd po souvratích, neboť při minimální peněžní úspoře, došlo k navýšení otáčení stroje na souvratích a tím pádem i větší množství opětovných přejezdů, což mělo opačný efekt, než byla původní hypotéza.

Z výsledků se dá vyvodit závěr, že ne vždy je daná optimalizace pro konkrétní pozemek optimální, což je způsobeno odlišností mezi jednotlivými pozemky (velikost, tvar, překážky). Proto je nutné vždy pracovat s konkrétním pozemkem a vyzkoušet, které řešení je zrovna pro daný pozemek ekonomicky výhodné.

Dalším zjištěním bylo, že v případě optimalizace trajektorií nedosáhneme šetrnějšího ekonomického řešení, ale provedená optimalizace se odrazí právě ve snížení počtu otáček na souvrati, což se promítne na snížení utužení půdy, které se následně může promítnout do většího výnosu pěstované plodiny.

## 7 Závěr

Tato diplomová práce se zabývala využitím telematiky pro hodnocení provozních ukazatelů strojů a využití variability pozemku k možnostem variabilního výsevku a variabilní aplikace hnojiv.

V teoretické části práce byly představeny základní systémy a aplikace, které využívají telematické systémy. Následně byly představeny konkrétní telematické systémy užívané v zemědělství. Byl objasněn pojem precizní zemědělství, jehož provedení se bez telematických systémů neobejde. Byly popsány často sledované provozní ukazatele u souprav a jejich dopady na životní prostředí společně s možnou eliminací. Na závěr teoretické části byla jako příklad uvedena praktická ukázka využití optimalizace tras.

V praktické části byla využita data o variabilitě pozemku získaná díky telematice, konkrétně díky senzoru vodivosti půdy. Získané poznatky o pozemku byly následně využity pro variabilní setí, kdy bylo zkoumáno, zda má variabilní setí smysl a zda v případě jeho využití je lepší v místech s nižším výnosovým potenciálem dávku výsevku zvyšovat či snižovat. Následně byla díky znalosti variability pozemku sestavena aplikační mapa, podle níž byla provedena variabilní aplikace hnojiv. V třetí části byly zpracovány data o provozu stroje (rychlost, spotřeba PHM, otáčky motoru atd.) společně se záznamem jízd. Jízdy byly následně rozděleny podle typu prováděné jízdy. Pro každý typ jízdy byly následně porovnány provozní ukazatele.

V následující části došlo ke zhodnocení všech výsledků. Bylo zjištěno, že v případě velké variability pozemku má variabilní setí smysl a v místech se sníženým výnosovým potenciálem je vhodné zvýšit dávku setí. Na prezentovaném pozemku došlo k úsporám 2 153 Kč/ha formou nižší spotřeby semene a vyššího výnosu. Díky variabilní aplikaci hnojiv došlo k úspoře 6 % celkové dávky aplikovaných hnojiv, což v daném případě znamenalo 211 Kč/ha. Záznamy jízdy posloužily jako podklady pro optimalizaci tras, což potvrzuje původní hypotézu. Pro modelové trajektorie byla následně spočítána spotřeba pohonných hmot a porovnána s původními jízdami. To samé bylo provedeno i pro optimalizované trasy v případě vynechání dvou jízd po souvrati. Následně byly prezentovány výsledky. Bylo zjištěno, že optimalizace tras nemá větší vliv na úsporu paliva, a to ani v případě vynechání části souvratí.

Telematické přístroje tedy napomohly ke snížení finančních nákladů, a to hlavně díky indikaci variability pozemku a správného využití těchto dat k sestavení aplikačních map pro variabilní setí a variabilní aplikaci hnojiv. Optimalizace tras se do finanční stránky nijak zásadně nepromítla a nepřinesla tak ekonomicky šetrnější řešení. Bylo však dosaženo snížení počtu otáček stroje na souvrati a spolu s tím i snížení opakovaných přejezdů, které mají vliv na utužení a výnosnost půdy. Optimalizace tras tedy neměla v tomto případě vliv primárně z ekonomického hlediska, ale z hlediska agrárního, což se může promítnout do ekonomické stránky v budoucnu (například formou vyššího výnosu).

## 8 Seznam použitých zdrojů

ADAMCHUK, V. I., 2007. *Development of On-the-Go Soil Sensor Systems*. 1st Global Workshop on High Resolution digital soil sensing and mapping. Sydney, Australia.

Agricultural machinery telematics. *Technoton* [online]. [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://www.jv-technoton.com/solutions/agricultural-machinery-telematics/>

BAUER, F., 2006. Ekonomika provozu traktorů a traktorových souprav v zemědělství, Inovace mechanizace v zemědělství: Vzdělávání pro odborný rozvoj v zemědělství. Žďár nad Sázavou.

BENEŠ, P., 2016. Nový rozměr precizního zemědělství. *Mechanizace zemědělství*. (4).

BENEŠ, J., 2018. Počátky zemědělství ve Starém světě. JU ČB, České Budějovice.

BIGGS, L a D GILES. *Current and future agricultural practices and technologies which affect fuel efficiency* [online]. In.: 2018 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: doi:10.13140/RG.2.2.29336.70402

BONGIOVANNI, R. a J. LOWENBERG-DEBOER, 2004. Precision Agriculture and Sustainability. *Precision Agriculture* 5. 359-387. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.aa>

BRANT, V., M. KROULÍK, V. KRČEK, et al., 2020. *Implementace principů precizního zemědělství do rostlinné výroby*. České Budějovice: Kurent. ISBN 978-80-87111-81-9.

BRANT, V., M. KROULÍK, P. ZÁBRANSKÝ, M. ŠKEŘÍKOVÁ, V. KRČEK, M. NÝČ a Z. JOB, 2017. Variabilita infiltračních procesů ve vztahu ke zpracování půdy. *Úroda*. **65**(11), 54-57.

ČEJKA, J., 2011. *Inteligentní řídicí prvky a použití v praxi* [online]. In.: Dolní Újezd [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: [https://moodle.czu.cz/pluginfile.php/1378935/mod\\_resource/content/1/Pred\\_12\\_aplikace.pdf](https://moodle.czu.cz/pluginfile.php/1378935/mod_resource/content/1/Pred_12_aplikace.pdf)

ČUJAN, Z. a kol. *Logistika a telematika: vzdělávací opory*, 2013. Přerov: Vysoká škola logistiky. ISBN 978-80-87179-29-1.

DESIR, F., 2006. Energy Opportunities: TIPS TO REDUCE FUEL CONSUMPTION. *FactSheet*. ISSN 1198-712X.

GPS: Uživatelský segment, 2015. In: *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1642-uzivatelsky-segment>

HEEGE, H J. Precision in crop farming : site specific concepts and sensing methods: applications and results. Dordrecht: Springer, 2013. ISBN 978-94-007-6759-1.

- HEERMANN, D. F., J. HOETING, S. E. THOMSON a et al., 2002. Interdisciplinary Irrigated Precision Farming Research. *Precision Agriculture* 3. 46-61. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1023/A:1013374120356>
- HOLÝ, M., 2014. *Simulace zatížení při tahových zkouškách traktorů*. České Budějovice. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- HRDINA, Z., P. PÁNEK a F. VEJRAŽKA, 1995. *Rádiové určování polohy: (Družicový systém GPS)*. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 80-01-01386-3.
- CHARVÁT, K., 2007. *Geografická data v informační společnosti*. Zdíby: Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, Odvětvové informační středisko. ISBN 9788085881288.
- ISOBUS database. *AEG* [online]. [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: <https://www.aef-isobus-database.org/>
- JAVŮREK, M. a M. VACH, 2008. *Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN 978-80-87011-57-7.
- JEDLIČKA, K., M. BŘEHOVSKÝ a J. ŠÍMA, 2003. *Úvod do geografických informačních systémů*. Plzeň: Západočeská univerzita.
- KAPLAN, E. D. a Ch. J. HEGARTY (eds.). *Understanding GPS: principles and Applications*. 2nd Edit. Boston: Artech House, 2006. ISBN 1-58053- 894-0.
- KOMÁRKOVÁ, J., P. SEDLÁK, M. NOVÁK, V. SLAVÍKOVÁ a A. MUSILOVÁ, 2010. *Problems in Usability of Web-Based GIS: Proceedings of the International Conference on Applied Computer Science (ACS)*. Athens: WSEAS Press.
- KROULÍK, M., 2019. *Implementace navigačních technologií a aplikací s podporou GPS*. Praha: Agrární komora České republiky. ISBN 978-80-88351-04-7.
- LUKAS, V., 2012. *Stanovení a optimalizace diferencovaných dávek dusíkatých hnojiv v precizním zemědělství: metodika pro praxi*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. Metodika pro praxi (Mendelova univerzita v Brně). ISBN 978-80-7375-686-4.
- NEUDERT, L. a V. LUKAS. *Precizní zemědělství: technologie a metody v rostlinné produkci*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-311-0.
- NIGGLI, U., 2011. *Zemědělství s nízkými emisemi skleníkových plynů: mitigační a adaptační potenciál trvale udržitelných zemědělských systémů*. Olomouc: Bioinstitut. ISBN 978-80-87371-11-4.
- NOVÁK, P., 2016. *Pohonné hmoty v zemědělství*. *AGROjournal* [online]. [cit. 2021-01-16]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/pohonne-hmoty-v-zemedelstvi-139>

- PANDEY, D. a M. AGRAWAL, 2014. *Carbon Footprint Estimation in the Agriculture Sector*. Singapore: Springer. ISBN 978-981-4560-40-5.
- PIERCE, F. J., P. NOWAK a L. S. DONALD, 1999. *Aspects of Precision Agriculture: Advances in Agronomy*. ISSN 0065-2113.
- RAPANT, P., 2002. *Družicové polohové systémy*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita. ISBN 80-248-0124-8.
- ROBINSON, T. P. a G. METTERNICHT, 2005. Comparing the performance of techniques to improve the quality of yield maps. *Agricultural Systems*. (85), 19-41. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2004.07.010>
- SEDLÁČEK, R., 2011. *Stanovení a vyhodnocení energetické bilance malých zemědělských farem*. České Budějovice. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- SOUČEK, J., 2019. Novinky v zemědělské technice. In: *Česká technologická platforma pro zemědělství* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.ctpz.cz/vyzkum/novinky-v-zemedelske-technice-849>
- STEHNO, L., 2015. CTF – zkušenosti z domova i zahraničí. *Mechanizace zemědělství*. (7).
- ŠPRISL, J., 2017. *GPS navigace pro zemědělské stroje založená na platformě Arduino*. Plzeň. Diplomová práce. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI.
- Tahové vlastnosti traktorů: Terénní vozidla* [online]. In: Brno [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://web2.mendelu.cz/autozkusebna/docs/mep/cv8.ppt>
- TUČEK, J., 1998. *Geografické informační systémy: principy a praxe*. Praha: Computer Press. CAD & GIS. ISBN 80-7226-091-x.
- ZICHA, M., 2017. *Analýza vlivu převodového ústrojí na tahový výkon traktoru*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- ZHANG, Q. *Precision agriculture technology for crop farming*. Boca Raton: CRC Press, 2016. ISBN 9781482251081.

## 9 Seznam obrázků

Obrázek 1: Kompatibilita mezi traktorem John Deere 7R a postřikovače Kverneland Phoenix B podle ISOBUS .....	8
Obrázek 2: CTF se systémem ComTrac.....	9
Obrázek 3: CTF se systémem TwinTrac .....	9
Obrázek 4: CTF se systémem AdTrac.....	10
Obrázek 5: CTF se systémem OutTrac.....	10
Obrázek 6: CTF se systémem HalfTrac .....	11
Obrázek 7: Vektorové zobrazení vybraného pozemku.....	13
Obrázek 8: Rastrové zobrazení vybraného pozemku .....	13
Obrázek 9: Princip RTK.....	16
Obrázek 10: Příklad variabilních map v praxi.....	20
Obrázek 11: Výnosová mapa (kukuřice).....	24
Obrázek 12: Předpisová mapa .....	24
Obrázek 13: Rozdílné tvary půdního bloku při výměře 400 ha a odlišné ozelenění souvratě o šířce 24 m .....	31
Obrázek 14: Tvorba AB linií v programu SMS .....	31
Obrázek 15: Jízdní trajektorie jízd podle zkušeností řidiče.....	32
Obrázek 16: Hodnoty vodivosti půdy pozemku 0001/4.....	35
Obrázek 17: Mapa s výsevky řepky pro jednotlivé zóny pozemku.....	35
Obrázek 18: Výnosová mapa řepky ozimé.....	38
Obrázek 19: Stanovení vegetačního indexu pro vybraný pozemek v určitém datu .....	39



Obrázek 20: Aplikační mapa pro aplikaci hnojiv .....	39
Obrázek 21: Optimální trajektorie pohybu soupravy po pozemku 0901/3 při aplikaci hnojiv	40
Obrázek 22: Záznam otáček motoru traktoru na pozemku 0001/4 .....	41
Obrázek 23: Záznam otáček motoru traktoru na pozemku 0801/11 .....	42
Obrázek 24: Záznam pracovní rychlosti traktoru na pozemku 0001/4 .....	43
Obrázek 25: Záznam pracovní rychlosti traktoru na pozemku 0801/11 .....	43
Obrázek 26: Záznam měrné spotřeby pohonných hmot na pozemku 0001/4 .....	44
Obrázek 27: Záznam měrné spotřeby pohonných hmot na pozemku 0801/11 .....	45
Obrázek 28: Jednotlivé typy jízd po pozemku 0001/4 .....	46
Obrázek 29: Jednotlivé typy jízd po pozemku 0801/11 .....	46
Obrázek 30: Optimální trajektorie po pozemku 0001/4 .....	51
Obrázek 31: Optimální trajektorie po pozemku 0801/11 .....	52
Obrázek 32: Optimální trajektorie se čtyřmi přejezdy po souvrati (0001/4).....	54
Obrázek 33: Optimální trajektorie se čtyřmi přejezdy po souvrati (0801/11).....	55

## 10 Seznam tabulek

Tabulka 1: Hodnoty délek pracovních a nepracovních jízd při reálném a modelovém azimutu trajektorií .....	33
Tabulka 2: Výsevky pro jednotlivé zóny a režimy setí .....	36
Tabulka 3: Provozní ukazatele soupravy pro jednotlivé typy jízd u pozemku 0001/4.....	47
Tabulka 4: Provozní ukazatele soupravy pro jednotlivé typy jízd u pozemku 0801/11.....	47
Tabulka 5: Ekonomické zhodnocení variabilního setí .....	49
Tabulka 6: Ekonomické zhodnocení variabilní aplikace hnojiv .....	50
Tabulka 7: Modelové hodnoty původní ve srovnání s optimálními (0001/4).....	51
Tabulka 8: Úspora po optimalizaci tras na pozemku 0001/4 .....	52
Tabulka 9: Modelové hodnoty původní ve srovnání s optimálními (0801/11).....	52
Tabulka 10: Úspora po optimalizaci tras na pozemku 0801/11 .....	53
Tabulka 11: Modelové hodnoty původní ve srovnání s optimálními pro 4 jízdy pro souvrati (0001/4) .....	54
Tabulka 12: Úspora po vynechání dvou jízd po souvrati a optimalizaci tras (0001/4).....	54
Tabulka 13: Modelové hodnoty původní ve srovnání s optimálními pro 4 jízdy pro souvrati (0801/11) .....	55
Tabulka 14: Úspora po vynechání dvou jízd po souvrati a optimalizaci tras (0801/11).....	55

## 11 Seznam grafů

Graf 1: Přínosy precizního zemědělství .....	19
Graf 2: Jednotlivé složky v zemědělství produkující emise .....	27
Graf 3 Průběh změn nepracovních a pracovních jízd pro jednotlivé směry jízdy.....	32
Graf 4: Výnosy semene řepky pro jednotlivé zóny a režimy výsevu.....	36
Graf 5: Průměrné hodnoty výnosu semene řepky pro režimy výsevu.....	37
Graf 6: Zastoupení ploch výnosového potenciálu pro jednotlivé režimy.....	37
Graf 7: Průměrné hodnoty výsevu řepky pro jednotlivé režimy setí.....	38