

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra zemědělských strojů**



**Diplomová práce**

**Využití monitoringu provozních údajů strojů  
pro mapování pozemků**

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

**Autor práce: Michal Telín**

**© 2018 ČZU v Praze**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michal Telín

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Využití monitoringu provozních údajů strojů pro mapování pozemků.**

Název anglicky

**Use of operating data monitoring for field mapping.**

### Cíle práce

Cílem práce je zhodnotit potenciál provozních dat strojů, které jsou získávány během práce strojních souprav, pro hodnocení efektivity práce souprav, optimalizace práce a zpracování mapových podkladů k hodnoceným pozemkům.

### Metodika

Chceme-li přistupovat k pozemku a jeho částem individuálně, vytvořit aplikační mapy a zóny, obvykle je třeba zvážit tři faktory: informace, které mají být použity jako základ pro vytvoření zóny, postup, který má být použit pro zpracování informací (tj. klasifikace), a optimální počet zón, do kterých by pole mělo být rozděleno. Mapování pomocí senzorů nabízí vysokou hustotu vzorkování. Významným zdrojem dat se mohou stát samotné tažné prostředky, pracovní nářadí nebo sklizňové stroje. S nástupem moderních strojů, vybavených elektronikou a monitoringem provozních údajů bude možné navíc posuzovat skutečnou úroveň a efektivitu hospodaření velmi detailně.

Cílem práce je zhodnotit potenciál provozních dat strojů, které jsou získávány během práce strojních souprav, pro hodnocení efektivity práce souprav, optimalizace práce a zpracování mapových podkladů k hodnoceným pozemkům.

Za účelem monitoringu práce strojních souprav budou využity monitorovací jednotky, instalované do tažných prostředků. Na základě provozních dat, získaných během práce vybrané strojní soupravy, budou pro jednotlivé záznamy vyhotoveny aktuální trajektorie jízd.

Pro jednotlivé aktuální trajektorie budou zhodnoceny délky pracovních a nepracovních jízd s ohledem na výměru pozemků a jejich tvary.

Na základě tvaru pozemků budou připraveny optimální modelové trajektorie jízd a porovnávány se skutečnými záznamy.

Na základě záznamu dat budou vyhotoveny mapy četnosti a intenzity přejezdů po pozemcích.

Do mapových podkladů budou zpracována další provozní data souprav (pracovní rychlost, spotřeba PHM).

Práce bude členěna následovně:

Úvod

Literární přehled

Cíl práce

Metodika práce

Výsledky a diskuse

Závěr

Seznam použité literatury



## Doporučený rozsah práce

50-60 včetně tabulek, obrázků a grafů

## Klíčová slova

Telemetrie, přejezdy, utužení půdy, mapování, navigace

---

## Doporučené zdroje informací

- Brunotte, J. & Fröba, N. 2007. Schlaggestaltung – kostensenkend und bodenschonend. KTBL-Schrift 460. Darmstadt, 178 pp.
- Chamen, W. C. T., Alakukku, L., Pires, S., Sommer, C., Spoor, G., Tijink, F. A. & Weisskopf, P. 2003. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review: Part 2. Equipment and field practices, Soil & Tillage Research 73, 161-174.
- Landers, A. 2000. Farm machinery, selection, investment and management. Farming Press, United Kingdom, 152 pp.

---

## Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

## Vedoucí práce

doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 25. 3. 2018

**prof. Dr. Ing. František Kumhála**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 3. 2018

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2018

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Využití monitoringu provozních údajů strojů pro mapování pozemků* 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

## Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Milanu Kroulíkovi, Ph.D. za jeho vstřícný přístup a důležité rady k psaní této diplomové práce.

## Abstrakt

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit potenciál provozních údajů strojů, které jsou získávány během práce strojní soupravy, pro účely mapování pozemků. Měření se provedlo pomocí senzorů a čidel instalovaných do tažných prostředků. Na základě provozních dat, získaných během práce vybrané strojní soupravy, byly pro jednotlivé záznamy vyhotoveny aktuální trajektorie jízd. Pro jednotlivé trajektorie byly zhodnoceny délky pracovních a nepracovních jízd. Na základě tvaru pozemků byly stanoveny optimální modelové trajektorie jízd a porovnány se skutečnými záznamy. Na základě záznamu byly vyhotoveny mapy četnosti a intenzity přejezdů po pozemcích.

V kapitole „Literární přehled“ byly popsány základní informace a pojmy týkající se především precizního zemědělství a Zemědělství 4.0. Kapitola „Cíl a metodika“ představuje popis zkoumaných pozemků a způsob získávání dat. V kapitole „Výsledky a diskuse“ byly zpracovány získané a naměřené hodnoty. Jejich porovnání bylo popsáno formou diskuze. Celá práce a výsledky byly shrnuty v kapitole „Závěr“.

Zkoumáno bylo 9 pozemků, označeny A až H a Jedomělice. U každého pozemku se porovnával aktuální stav s modelovou dráhou skloněnou o optimální úhel dle konkrétního tvaru pozemku. Hlavním ukazatelem byly zvoleny délka pracovní linie a počet otoček stroje. Například u pozemků F a C navrhovaný model zvýšil podíl pracovní linie téměř o 15 %, počet otáček se snížil o více než 10 a celková dráha se snížila o více než 3 tisíce metrů. Nebo u pozemku E model přináší snížení celkové dráhy o více než pět a půl tisíce metrů. Dále například pozemek G používá již v současné době uspokojivý sklon drah, protože s modelovým návrhem se téměř shoduje, podíl hlavní pracovní linie i počet otoček je téměř totožný. A při porovnávání modelů s pozemky A a B se zjistilo, že model přináší úsporu jen několika set metrů z celkové dráhy, ale podíl hlavní pracovní linie na celkové je nižší než u v současné době používané dráhy a počet otoček se dokonce zvýšil. Každý zkoumaný pozemek je svým způsobem jedinečný, a tak se k nim musí přistupovat jednotlivě. Proto u každého pozemku bylo provedeno dílčí zhodnocení a návrh na zlepšení aktuálního stavu.

**Klíčová slova:** Telemetrie, přejezdy, utužení půdy, mapování, navigace

# Use of operating data monitoring for field mapping

## Summary

The aim of this diploma thesis was to assess the potential of machines operational data that are obtained during farming, for the field mapping purposes. Data source is the sensors installed in farm machinery. Based on obtained operational data were prepared current tracks trajectory. The length of work and not work tracks were evaluated for each individual trajectory. The optimal models of trajectory tracks were determined and compared with real records based on the shape of fields. based on the record were prepared maps of frequency and intensity crossings on the field were prepared based on the obtained data.

Chapter "Literature summary" described basic information and concepts related to precision farming and agriculture 4.0. Chapter "Target and methodology" represents a description of investigated land and methods of data processing. The obtained data were processed in chapter "Results and discussion". The comparison of data was described by discussion. The work results are summarized in chapter "Conclusion".

The work was focused on 9 fields named A-H and Jedomelice. According to specific shape of each field was estimated optimal azimuth angle and track trajectory and compared with current situation. The length work line and number of turns were chosen as the main indicator. For example, model for field F and C proposed almost 15% increase of work line ratio, number of turns decrease by 10 and total track length decrease by 3000 meters. Model for field E proposed more than 5500 meters safe of total track length. On the other way model for fields A and B proposed worse results for work line ratio and number of turns than the current trajectory in use. For each examined field was carried out partial evaluation of a proposal to improve the current situation.

**Key words:** Telemetry, wheel track, soil consolidation, mapping, navigation



## Obsah

1	Úvod.....	1
2	Literární přehled .....	2
2.1	Základní pojmy a definice .....	2
2.1.1	Průmysl 4.0 .....	2
2.1.2	Zemědělství 4.0.....	2
2.1.3	Smart farming .....	5
2.1.4	Smart AKIS Network.....	6
2.1.5	ISOBUS .....	7
2.1.6	M2M .....	7
2.1.7	BigData .....	7
2.1.8	IoT (Internet of Things) .....	8
2.1.9	RFID a NFC.....	8
2.2	Půda .....	8
2.2.1	Metody snímání půdních vlastností .....	8
2.2.2	Elektrické a elektromagnetické senzory .....	9
2.2.3	Mechanické senzory .....	9
2.2.4	Akustické a pneumatické senzory.....	10
2.2.5	Elektrochemické senzory .....	10
2.2.6	Optické a radiometrické senzory .....	10
2.2.7	Dálkový průzkum Země .....	11
2.2.8	Robotizace .....	12
2.3	Stroj.....	13
2.4	Telematika .....	14
3	Cíl.....	17
4	Metodika .....	17
5	Výsledky a diskuze .....	18
5.1	Analýza zkoumaných pozemků .....	18
5.2	Popis zkoumaných pozemků .....	19
5.3	Pozemek A.....	24
5.4	Pozemek B .....	28
5.5	Pozemek C .....	32

5.6	Pozemek D.....	36
5.7	Pozemek E.....	40
5.8	Pozemek F.....	44
5.9	Pozemek G.....	48
5.10	Pozemek H.....	52
5.11	Pozemek Jedomělice.....	57
6	Závěr.....	63
7	Seznam použité literatury.....	64
8	Seznam grafů.....	67
9	Seznam tabulek.....	68
10	Seznam obrázků.....	68

# 1 Úvod

Dříve bylo běžné, že sedlák své pole znal natolik dobře, že věděl, kde je půda úrodná více a kde méně, kde se vyplatí pomoci plodinám k růstu a kde je výhodnější nechat pole ladem. Později, kdy zemědělství začalo být vnímáno spíše jako business, začalo se rozvíjet dotační prostředí, ztrácel se v kontextu nových přístupů, včetně rozvoje chemického průmyslu vztah k přírodě a jejím zákonitostem. Tento způsob hospodaření má negativní vliv například na vodní hospodářství, ať už jde o sucho nebo lokální záplavy, či vodní erozi. V poslední době lze vnímat určité snahy o návrat k původním přístupům. Uvědomujeme si, že půda je těžko obnovitelný přírodní zdroj a že je třeba věnovat pozornost nejen zisku, ale také trvalé udržitelnosti zemědělské činnosti.

Znalosti a zkušenosti, které měl dříve sedlák s pár hektary, jsou teď v jisté modifikaci dostupné i pro zemědělské společnosti s tisíci hektary. Rychlý rozvoj sensorové techniky a zpracování dat v souvislosti s propojením s internetem představují v dnešní době hnací sílu globálního vývoje inteligentních výrobků. A tak přichází Zemědělství 4.0. Principem je dostatečná informovanost o sebemenších částech pole. Na základě informovanosti dochází k optimálnímu pracovnímu postupu, a to na správném místě, se správnou intenzitou a v ten správný čas. Nejvíce přínosné je precizní zemědělství na nevyrovnaných pozemcích. Jedním z indikátorů nevyrovnanosti je rozdílný výnos v různých částech pozemku více let po sobě. Ke zjištění variability pozemků se používají on-the-go senzory připevněné přímo na strojích vykonávajících zemědělskou činnost. Takto získaná data může stroj vyhodnotit okamžitě, nebo se provede hromadná analýza na centrále až po nasbírání veškerých dat. Okamžité vyhodnocení provede například stroj při aplikaci hnojiv, kdy senzor vpředu stroje rozezná barvu listu, vyhodnotí a podle toho přímo na konkrétní rostlinu aplikuje optimální množství látky. Prvky precizního zemědělství jsou dostupné i pro malé farmy. Ty mohou využívat některé prvky pro usnadnění a zpřesnění práce, například satelitní navigaci pro dodržení kolejových řádků, především před vzejitím plodin.

Výsledkem hromadné analýzy mohou být například výnosové mapy, mapy tíhového zatížení nebo mapy tahové síly. Na základě nasbíraných dat se mohou vykreslit trasy drah operací a následně je optimalizovat pro zefektivnění práce. Této problematice je věnována praktická část této práce.

## 2 Literární přehled

### 2.1 Základní pojmy a definice

#### 2.1.1 Průmysl 4.0

Novým fenoménem se stala čtvrtá průmyslová revoluce, také označována jako Průmysl 4.0. Představuje ji vzájemné propojení faktorů, a to digitalizace a integrace jednoduchých technickoekonomických vztahů do složitějších komplexních sítí, digitalizace nabídky výrobků a služeb a nové modely trhu. Všechny tyto činnosti jsou propojeny komunikačními systémy. Jejich rozvoj se předpokládá zejména v oblasti internetu věcí (Internet of Things – IoT), internetu služeb (Internet of Services – IoS) a internetu lidí (Internet of People – IoP). Díky těmto údajům prostřednictvím komunikačních technologií bude možné (a v některých případech je to již možné dnes) sledovat a řídit daný produkt po jeho celý životní cyklus od výroby, přes distribuci až po konečného zákazníka, a to bez ohledu na hranice podniku či státu. (ZEZULKA, 2016)

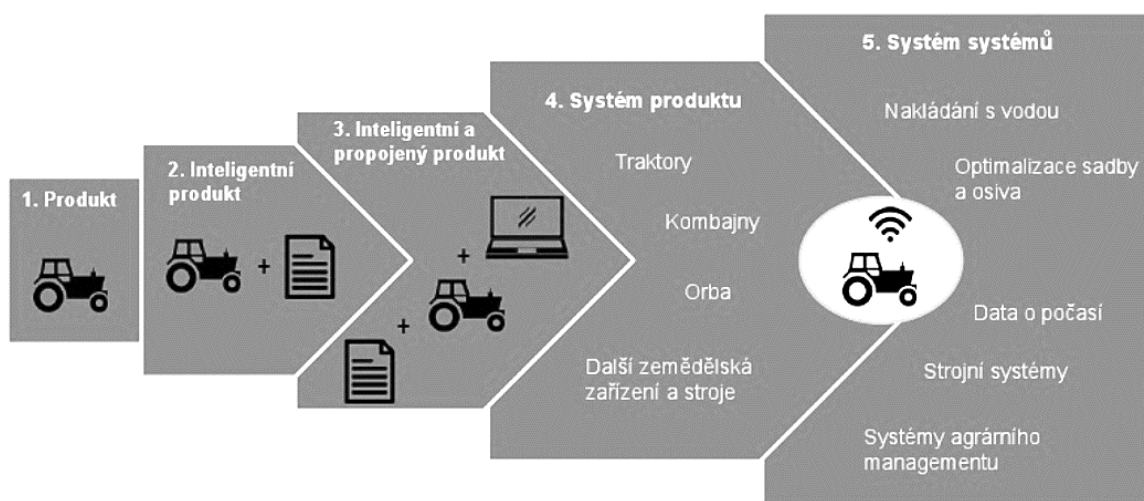
#### 2.1.2 Zemědělství 4.0

Digitalizace a modernizace technologií se samozřejmě nevyhýbá ani zemědělství. Proto se stále častěji hovoří i o Zemědělství 4.0, ve kterém platí stejné principy jako v Průmyslu 4.0. Rychlý rozvoj senzorové techniky a zpracování dat v souvislosti s propojením s internetem představují v dnešní době hnací sílu globálního vývoje inteligentních výrobků. (Investiční web, 2017)

Digitální pokrok v zemědělství se týká rostlinné i živočišné produkce. V rostlinné výrobě je využívána precizní a přesná technika a například v chovu mléčného skotu nastupují dojící roboti. V této souvislosti se zvyšují nároky na správu a zpracování dat. Tato data slouží k řízení, optimalizaci, automatizaci a kontrole výrobních procesů a na jejich základě se pak zemědělec rozhoduje. Díky využívání těchto dat se v zemědělství zvyšuje efektivita a produktivita. Dále zlepšují životní podmínky zvířat a přispívají k šetrnosti k životnímu prostředí. (Investiční web, 2017)

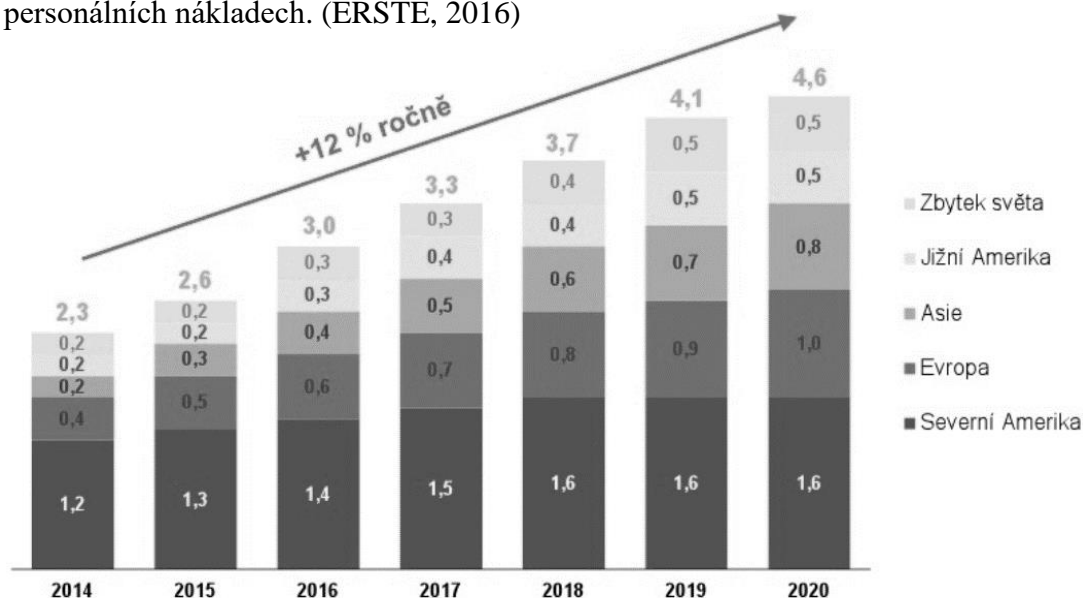
Výrobní procesy v zemědělství jsou již v současné době schopny sebekontrolování, stroje používají autonomní řízení a navzájem spolu komunikují. I v živočišné výrobě se používají nejmodernější informační a komunikační technologie, počítače zde rozhodují místo lidí. Podle průzkumu německého digitálního sdružení Bitkom, který proběhl v červnu 2015, využívá již dnes přibližně každá pátá farma v Německu technologii ze Zemědělství 4.0. U farem s velikostí nad 100 ha se jedná dokonce o podíl jedné třetiny. Podle Asociace německých inženýrů sensorová technika, software a elektronika představují v současné době přibližně 30 % přidané hodnoty v zemědělství. Pro srovnání: automobilový průmysl má tento podíl teprve na 10 %. (ERSTE, 2016)

Internet věcí postupně mění zavedený způsob nahlížení na data a stroje. Současný trend představuje přesouvání pozornosti z jednotlivých prvků k celkovým systémům, které propojují více prvků dohromady společně ještě s dalšími službami a informacemi. Rychle nastupujícím trendem je automatizace zemědělství. Podle studie z roku 2015 od společnosti Roland Berger precizní zemědělství roste meziročně o 12 %. Používané principy precizního zemědělství jsou sice známy už téměř 30 let, ale až nyní díky využití dat a napojení na podnikové IT systémy roste jejich dostupnost a aplikovatelnost. Dnes se projevuje o tyto technologie velký zájem z mnoha stran. Především ze strany světových výrobců zemědělské techniky, poskytovatelů IT služeb a z dalších technologických oblastí. (MOHANRAJ, 2016)



Obr. 1 Internet věcí (ERSTE, 2016, upraveno)

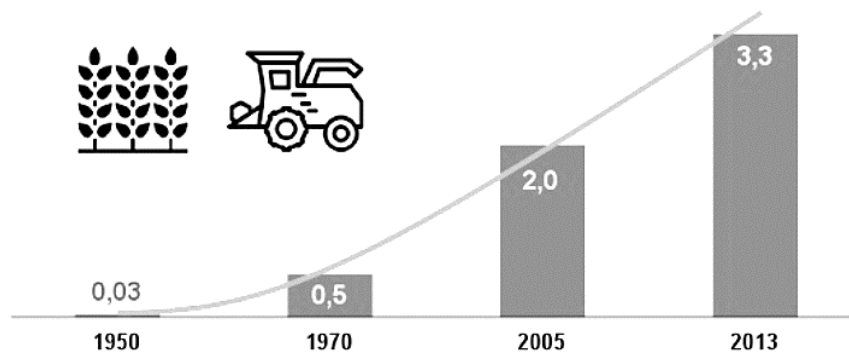
Digitalizace zemědělství bývá spojována především s velkými zemědělskými podniky, které mají dostatek finančních prostředků na pořízení moderních systémů, a také se zvyšováním konkurenceschopnosti v Evropské unii. Tento dojem ale není zcela pravdivý. Tento přístup je výhodný pro všechny typy zemědělských podniků, a to díky snížení nákladů a úsporám na personálních nákladech. (ERSTE, 2016)



Obr. 2 Trh s precizním zemědělstvím 2014-2020 [mld EUR] (Deutscher Baurnebund, upraveno)

Senzory jsou jedním z nejdůležitějších prvků v rámci Zemědělství 4.0. Například senzory, které jsou schopny rozeznat zbarvení listů rostlin umístěné v přední části stroje, předají tyto informace počítači. Ten na jejich základě okamžitě nastaví potřebnou dávku hnojiva pro konkrétní rostlinu. Výsledkem je úspora hnojiva, přesnější aplikace, vyšší výnos a také ekologičtější způsob využití půdy. Stroj může být řízen pomocí systému GPS, který v současné době dosahuje přesnosti běžně i 2 cm. To má za následek úsporu paliva a aplikované látky k rostlině, a také se již začínají objevovat stroje s autonomním řízením. Další senzory předávají informace o tlaku v pneumatikách, který, když se podle aktuální situace upraví, může snížit spotřebu paliva a snížit zatížení půdy. Automatizované zavlažovací systémy mohou pracovat s aktuálními informacemi z meteorologických stanic a podle aktuální potřeby regulovat množství vody. Používání dronů má do budoucna veliký potenciál. V současné době se používají především na monitoring pozemků. Na základě těchto dat se může zvolit optimální dávka hnojení nebo látky na ochranu rostlin před škůdci a plevely. Dále se mohou pozorovat trasy zemědělské techniky a následně je upravit pro co nejšetrnější zacházení s půdou a pozemkem jako celkem. (LUKAS, 2011)

### Zvyšování efektivity při sklizení produkce (produktivita práce na hektar za odpracovanou hodinu)



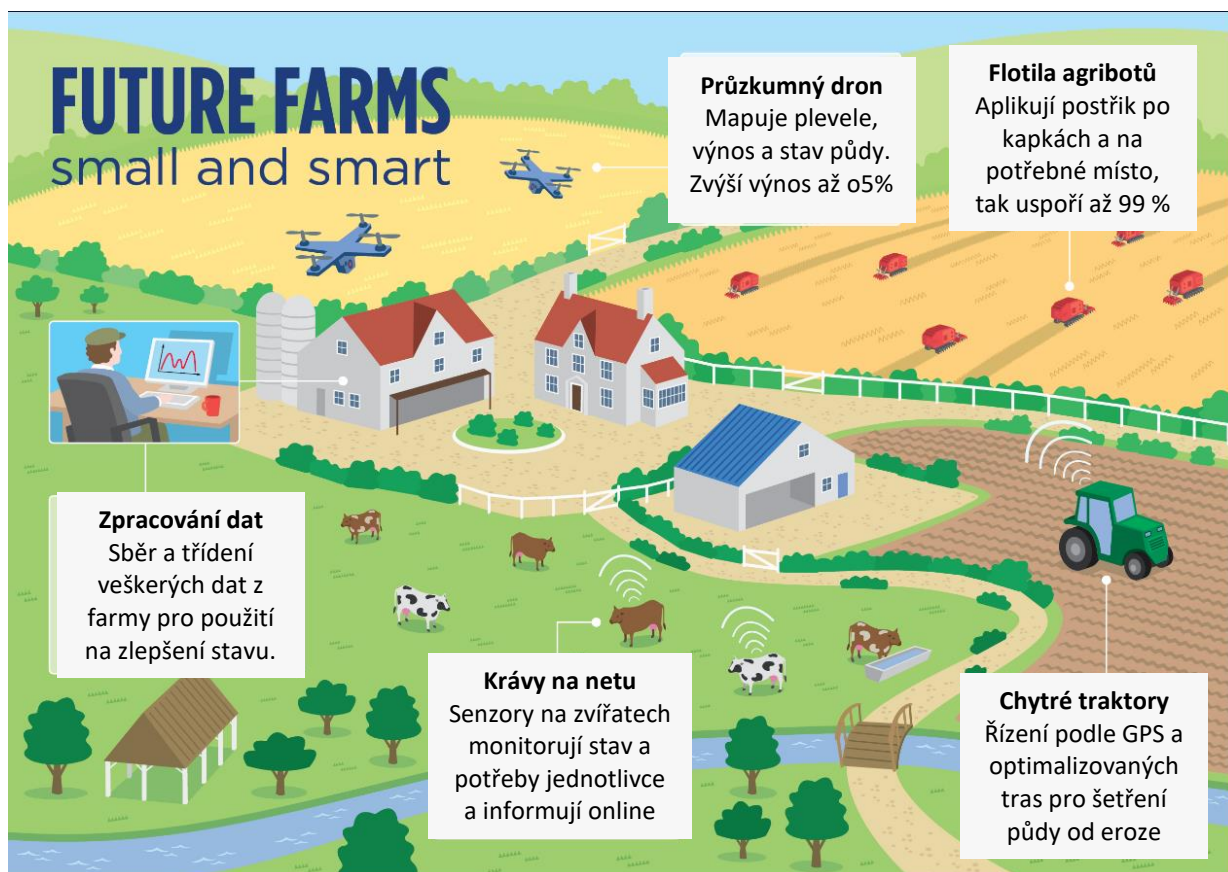
Obr. 3 Efektivita práce (Deutscher Bauernbund, upraveno)

Pro další vývoj a rozvoj Zemědělství 4.0 je důležité vyřešit otázku zpracovávání, uchovávání a vyhodnocování velkého objemu dat získaných pomocí senzorů. Tento problém jde ruku v ruce se zvyšujícími se požadavky na kvalifikovanost samotných zemědělců, zejména v oblasti informatiky a moderní techniky. Další velikou výzvou je zabezpečení tak objemného množství dat. (WOLFERT, 2017)

#### 2.1.3 Smart farming

Smart farming neboli chytré zemědělství představuje především spojení aplikace prvků precizního zemědělství a digitalizace. Zejména se sem dají zařadit pojmy jako přesné řízení, internet věcí, různé senzory, systémy na základě geolokace, Big Data, bezpilotní letouny, robotika a podobně. Chytré zemědělství má potenciál zvýšit produktivitu a udržitelnost zemědělské produkce založené na přesnějším a efektivnějším přístupu. Z pohledu sedláka by Smart farming mělo poskytnout přidanou hodnotu v podobě lepšího rozhodování nebo efektivnějšího využívání zemědělské techniky. (O'GRADY, 2016)

Chytré zemědělství se nesoustředí pouze na velké konvenční zemědělské podniky, ale je zde velký prostor i pro rodinné zemědělství (aplikace v malých nebo složitých prostorech, specifické požadavky dobytka nebo odrůd rostlin). Smart farming přináší také velké výhody z hlediska ekologických otázek, například účinnější a cílené využívání chemických prostředků nebo vody. (WOLFERT, 2018)



Obr. 4 Budoucnost farem – malé a chytré (Nesta, 2017, upraveno)

#### 2.1.4 Smart AKIS Network

Smart AKIS Network je společnost zabývající se inteligentním hospodařením ve smyslu Smart farming. Tato organizace působí v Evropě, v zemích především na západ od České republiky. U nás zatím bohužel zastoupení nemá. Smart AKIS Network udává, že v USA se hospodaří až na 80 % zemědělské půdy s použitím některé technologie chytrého zemědělství (Smart farming technology – SFT), zatímco v Evropě jen na 24 % zemědělské půdy. Dále Smart farming rozdělují do tří propojených technologických oblastí. A to na informační řídicí systémy, precizní zemědělství a zemědělskou automatizaci a robotiku. (AKIS, 2018)

Informační řídicí systémy obsahují především systémy pro shromažďování, zpracování, uchování a šíření údajů ve vhodné formě pro následné použití při provádění operací na farmě. V oblasti precizního zemědělství se zabývají například řízením prostorové a časové variability pro zefektivnění využití vstupů a snížení dopadu na životní prostředí. Jsou zde zahrnuty systémy podpory rozhodování pro správu celých zemědělských podniků s cílem optimalizovat návratnost vstupů při zachování zdrojů. To umožňuje rozsáhlé využívání



technologií jako GPS, letecké snímkování nebo družicové snímky. Zemědělská automatizace a robotika je proces aplikování robotiky, automatického řízení a techniky umělé inteligence na všech úrovních zemědělské produkce. (MOHANRAJ, 2016)

### 2.1.5 ISOBUS

ISOBUS je mezinárodní komunikační protokol, který nastavuje standard pro zemědělskou elektroniku. Znamená to, že ISOBUS zajistí, že připojené zařízení nebo stroj jakéhokoliv výrobce k traktoru bude kompatibilní s jedním displejem v kabině. ISOBUS to řeší pomocí standardizovaných konektorů, komunikačních protokolů a provozních pokynů. Dnes se snaží všichni moderní výrobci přesných zemědělských strojů dosáhnout tohoto společného cíle kompatibility. Dříve bylo nutné mít v kabině pro každý stroj, případně každého výrobce zemědělské techniky vlastní displej, případně ovládání. Každým rokem přichází na trh více nástrojů a strojů kompatibilních s normou ISOBUS. (WORLEY, 2015)

### 2.1.6 M2M

Jedná se o vzájemnou komunikaci stroj-stroj (machine to machine). Umožňuje stroji bezdrátově či připojeným kabelem komunikovat s ostatními zařízeními bez nutnosti jakéhokoliv lidského zásahu. M2M zařízení zaznamenávají konkrétní události, například teplotu, stav zásob a podobně a následně je ukládají na místo, ke kterému má přístup další zařízení. Tradiční M2M systémy jsou aplikovány k monitorování, kontrole nebo optimalizaci jediného procesu. Každý systém komunikuje interně s využitím vlastních protokolů a standardů. Sdílení dat mezi různými M2M systémy je obtížné, mnohdy nemožné. (TABERNER, 2017)

### 2.1.7 BigData

BigData neboli velká data jsou výrazem, který popisuje velký objem dat. Jedná se o souhrn strukturovaných i nestrukturovaných dat, která neustále zaplavují firmu nebo farmu. Tato data vznikají tak jako tak a některá z nich lze analyzovat a následně využít. Problémem ale může být vysoká variabilita a složitost vstupních dat, což komplikuje následnou práci. (WOLFERT, 2017)

### 2.1.8 IoT (Internet of Things)

IoT neboli internet věcí je dalším pojmem z oblasti chytrého zemědělství. Internet věcí je síť fyzických objektů jako vozidel, strojů, menších zařízení, které jsou připojeny na internet a vzájemně si vyměňují data. IoT závisí na celé řadě technologií, například na rozhraní pro programování aplikací (API), které propojují zařízení s internetem, nástrojích pro správu BigData, prediktivní analýze, cloudu a RFID. Dále se používá strojové učení, kde se přidává kontext k datům a následné přidělení akcí bez zásahu člověka. Technologie IoT je v podstatě systém systémů a využívá technologii M2M. Shromažďují se zde veškeré informace, aniž by byl znám jejich konečný uživatel. (SAP, 2018)

### 2.1.9 RFID a NFC

Identifikace na rádiové frekvenci (Radio Frequency Identification – RFID) je identifikátor používaný například k identifikaci zboží. Slouží k bezkontaktní komunikaci na krátkou vzdálenost. Čipy jsou k dispozici pro čtení nebo pro čtení a zápis. Technologie NFC (Near field communication), dnes běžně používané u mobilních telefonů, umožňuje obousměrnou komunikaci mezi koncovými zařízeními. (MOHANRAJ, 2016)

## 2.2 Půda

### 2.2.1 Metody snímání půdních vlastností

- elektrické a elektromagnetické senzory měřící elektrickou rezistivitu, konduktivitu, kapacitu nebo induktanci ovlivněnou složením půdy
- optické a radiometrické senzory využívající elektromagnetické záření pro detekci energie absorbované/reflektované půdními částicemi
- mechanické senzory měřící odporovou sílu při pronikání půdou
- akustické senzory kvantifikující zvuk produkovaný nářadím v interakci s půdou
- pneumatické senzory zjišťující schopnost injektovat vzduch do půdy
- elektrochemické senzory využívající iontově selektivní membrány pro stanovení aktivity vybraných iontů (H<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, apod.)

### 2.2.2 Elektrické a elektromagnetické senzory

Elektrické a elektromagnetické senzory fungují na principu elektrického obvodu. Využívá se zde schopnosti půdy vodit elektrický proud, případně schopnost akumulovat elektrický náboj. Během měření se půda stává součástí elektrického obvodu a měřicí přístroj zaznamenává lokální změny vlastností půdy, které ovlivňují signál. Elektrické a elektromagnetické senzory se v současné době v praxi používají ve 3 typech. Jsou to invazivní elektrodové senzory měřící elektrickou rezistivitu (ER), neinvazivní senzory elektromagnetické indukce (EMI) a TDR senzory (time domaine reflektory). (LUKAS a kol, 2011)

Jedna z možností stanovení elektrické vodivosti půdy je na bázi elektromagnetické indukce. Využívá se zde přístroj EM38 od firmy Geonics Limited. Princip spočívá ve vytváření elektromagnetického pole pomocí vysílací cívky. Velikost tohoto elektromagnetického pole se mění v závislosti na hloubce. Následně přijímací cívka měří primární a sekundární indukci v půdě. (KROULÍK, 2012)

Jiná metoda využívá přímé galvanické spojení elektrod s půdou. Základem jsou kotoučové elektrody vysílající do půdy elektrický signál. Další řada elektrod tento signál přijímá a v závislosti na odporu půdy změří pokles napětí. Pro měření v rozdílných hloubkách se může nastavovat vzdálenost mezi elektrodami. K měření dielektrických vlastností půd se využívá senzor na bázi kondenzátoru. Elektrické a elektromagnetické metody jsou velmi závislé na druhu půdy, zasolenosti půdy a aktuální vlhkosti prostředí. (KROULÍK, 2012)

### 2.2.3 Mechanické senzory

Mechanické senzory se používají pro stanovení mechanického odporu půdy. Větší půdní odpor vzniká například utužením půdy prostřednictvím tíhového zatížení těžkou mechanizací. Principem metody je mechanismus pronikající do půdy, který si zaznamenává sílu potřebnou k vykonání této operace. Jednou z metod je použití penetrometru. Penetrometr ukazuje zhutnění půdy na základě pronikání měřicího kuželu do zhutněné půdy. Dále se například měří tahová síla stroje potřebná k vykonání dané operace. Na základě tahové síly se porovnává energetická náročnost používaných způsobů zpracování půdy. Tahová síla je závislá na druhu nástroje, pracovním záběru, hloubce zpracování, nastavení stroje nebo pracovní rychlosti. Dále ji ovlivňují vlastnosti půdy jako její druh, hustota, vlhkost nebo reliéf. (LUKAS a kol, 2011)

#### 2.2.4 Akustické a pneumatické senzory

Akustické a pneumatické senzory zkoumají vztah mezi strojem a půdou. Akustické senzory měří změnu intenzity hluku, který vzniká při kontaktu pracovního nástroje s půdou. Předmět zkoumání je půdní struktura a hustota půdy. (KROULÍK, 2012)

Pneumatické senzory jsou používány k měření propustnosti vzduchu do půdy. Propustnost vzduchu se stanoví změřením tlaku, který je potřeba k natlačení stanoveného množství vzduchu do stanovené hloubky. (LUKAS a kol, 2011)

#### 2.2.5 Elektrochemické senzory

Elektrochemické senzory poskytují informace například o půdní dostupnosti živin nebo pH půdy, což jsou jedny z nejdůležitějších informací pro aplikování precizního zemědělství. Pro tato měření se používají iontově selektivní elektrody (ISE), které rozpoznají specifické vlastnosti iontů (dusík, draslík nebo pH vodíku). (ADAMCHUK, 2007)

Pro zjištění pH půdy slouží například systém Veris Soil pH Manager, který funguje následovně: stroj jede po pozemku, mechanismus na pohyblivém rámu získá vzorek půdy přibližně z 10 cm hloubky, vzorky se stabilizují a analyzují spojením dvou elektrod na iontově selektivní membráně, po zaznamenání se povrch elektrod opláchne vodou a následně se odebere další vzorek a postup se opakuje. Tato metoda má sice větší chybovost než při analýze v laboratoři, ale díky daleko větší hustotě vzorků přináší kvalitní výsledky. (KROULÍK, 2012)

#### 2.2.6 Optické a radiometrické senzory

Optické a radiometrické senzory pracují na principu odrazivosti světla. Je to nedestruktivní metoda měření půdních vlastností. Senzory zde pracují v různých pásmech elektromagnetického záření: viditelné pásmo světla, blízké infračervené (NIR), střední infračervené (MIR), polarizované světlo, případně jiné specifické pásmo podle potřeby. Optické a radiometrické senzory jsou velmi používané v dálkovém průzkumu Země pomocí letounů nebo satelitů a také jako on-the-go senzory přímo na zemědělských strojích. (KROULÍK, 2012)

### 2.2.7 Dálkový průzkum Země

Dálkový průzkum Země funguje na principu odrazivosti záření. Půda a rostliny odrážejí elektromagnetické záření odlišnou intenzitou. Při zpracování těchto dat se musí počítat s tím, že záření při průniku atmosférou mění rychlost a směr záření, intenzitu, spektrální složení a že je zde i absorbováno. Viditelné spektrum je absorbováno především prachem a vodními kapkami. Infračervené spektrum pohlcuje i vodní pára a jiné plyny. Odrazivost redukuje například vlhkost půdy, drsnost povrchu a množství organické hmoty. (LUKAS a kol, 2011)

Používá se zde multispektrální skener, který umožňuje snímání u vybraných vlnových délek v celém spektru (od viditelného spektra až po tepelné záření). V oblasti vlnových délek 1 mm až 1 m pracují radary a mikrovlnné systémy pasivní. Pro sledování půdy a rostlin se používá především viditelné spektrum (400–700 nm) a blízké infračervené (700–2500 nm). Dálkový průzkum Země se používá k určení stavu rostlin, vývoje půdní struktury a organické hmoty, nebo k určení výnosů plodin. Hlavní nevýhodou je v současné době nemožnost takového sledování v reálném čase. (KROULÍK, 2012)

Půdní vlastnost	Elektrické a elektromag.	Optické a radiometrické	Mechanické	Akustické	Elektrochemické
Půdní zrnitost (podíl jílu, prachu a písku)	dobrá	vyhovující		slabá	
Obsah půdní org. hmoty nebo C <sub>OX</sub>	slabá	dobrá			
Půdní voda (vlhkost)	dobrá	dobrá			
Zasolení půdy	vyhovující				slabá
Utužení půdy (obj. hmotn.)			dobrá	slabá	
Hloubková variabilita - rozlišení vrstev	slabá		vyhovující	slabá	
pH půdy		slabá			dobrá
Obsah nitrátů v půdě	slabá	slabá			vyhovující
Obsah ostatních živin (P)		slabá			vyhovující
KVK	vyhovující	vyhovující			

Tab. 1 Úroveň detekce vlastností pomocí on-the-go senzorů (Adamchuk, 2007, upraveno)

### 2.2.8 Robotizace

Nástup samostatných systémových struktur dává příležitost vzniknout zcela nové řadě zemědělských zařízení, založených na malých inteligentních strojích, které dělají potřebné úkony na konkrétním místě ve správný čas a nejlepším možným způsobem. Například autonomní traktory pracují podobně jako výrobní linka. Musí mít předem nadefinované postupy a trasy, především překážky nacházející se na poli. Případně jede autonomní stroj v tandemu za strojem, který obsluhuje člověk, a jen tedy kopíruje pohyb stroje vedle sebe. Zde je prostor pro zcela autonomní a samostatný stroj, který sám vyjede na pole, sám si připojí potřebný nástroj, sám dojede na konkrétní pole a tam se sám pohybuje – pozná překážku, aniž by ji měl předem přednastavenou. (MOHANRAJ, 2016)



Obr. 5 Autonomní traktor (Caseih Agriculture, 2016, upraveno)



K autonomním systémům patří mimo jiné vícerotorové bezpilotní prostředky neboli drony. Díky vysoké stabilitě během letu a malým rozměrům jsou tyto systémy uplatňovány v operacích, při kterých jsou běžné systémy nedostačující nebo je nelze vůbec použít. Možnosti využití autonomních systémů jsou v současné době velmi rozvíjeny, a to nejen v zemědělství. (ZEZULKA, 2016)



Obr. 6 Postřikovací dron (Geospatial world, 2018, upraveno)

I takto může vypadat budoucnost precizního zemědělství. Na obrázku č. 6 je vyfocen postřikující dron. Takovýto stroj může aplikovat potřebnou látku přímo na konkrétní rostlinu. Na základě dat z meteorologických předpovědí vybere nejvhodnější okamžik aplikace. Díky svým malým rozměrům se snižuje doba plnění na minimum a reakce na vykonání práce může být téměř okamžitá.

### 2.3 Stroj

V zemědělské praxi existuje mnoho parametrů ovlivňujících spotřebu paliva traktoru. Jsou to zejména typ a struktura půdy, klima, relativní vlhkost, počet poháněných náprav, nebo velikost traktoru. Proto hodnoty naměřené spotřeby paliva různými metodami nejsou konstantní a výsledky se mezi různými metodami liší. (CAMEN, 2003)

Jedna z přímých metod měří palivo v nádrži před a po dané operaci. Existuje zde však mnoho chyb a nepřesností. Dále se může použít malý odměrný válec připojený na hlavní palivové potrubí a vybaven transparentním ukazatelem hladiny paliva, pomocí kterého se dá spotřeba paliva měřit.

Jednou z nejlepších metod je použití snímačů průtokoměru s vysokým výkonem a přesností přímo na traktoru. Pro měření spotřeby paliva je umístěn jeden snímač mezi palivovým filtrem a vstřikovacím čerpadlem a další snímač je umístěn ve zpětném vedení ze vstřikovačů do nádrže. Měřením množství paliva procházejícího každým čidlem je následně stanovena spotřeba paliva traktoru. (KARPARVARFARD, 2014)

V současné době jsou všechny moderní traktory vybaveny zařízením, které umožňuje měření tahové síly. Jedná se o automatický systém získávání dat, kde jsou získaná data ze silových čepů závěsu traktoru zaznamenána vedle polohy získané na základě signálu GPS. Výsledkem jsou takzvané tahové mapy. (AEF, 2018)

## 2.4 Telematika

Telematika se zabývá tvorbou a účelným využitím informačního prostředí pro homeostatické procesy územních celků, až po globální síťová odvětví. Kompenzace rušivých vlivů pro zachování silných procesů na základě definovaných kritérií, například ekonomických nebo technických. (SVÍTEK, 2001)

Telematika je výsledek syntézy telekomunikačních technologií a informatiky za podpory ekonomiky a matematických metod tvorby a řízení komplexních systémů. Efekty telematiky jsou založeny na synergii výše zmíněných oborů. Projevuje se v různých oblastech od multimediální komunikace jednotlivců až po inteligentní využívání a řízení globálních síťových odvětví. Postupně se zaváděla například v dopravě, státní správě a teď i v zemědělství. (SVÍTEK, 2001)

Telematika, a především informatika v souvislosti s monitoringem strojů se dá rozdělit na potřebný hardware a software. Základem monitorování zemědělských strojů je monitorovací jednotka. Komponenty, které se instalují do strojů, musí být pro toto prostředí konstruované. Vynikají vysokou odolností vůči prachu, vodě, teplotám a případným rušením. Samy nejsou zdrojem elektromagnetického rušení jiných přístrojů ve stroji. Používá se například systém, kdy se provádí záznam dat po 1 vteřině, čímž se dosahuje vysoká přesnost. Standardním vybavením bývá záložní baterie a interní paměť pro případ autonomního provozu bez napájení, případně bez signálu mobilního operátora. (Agri-precision, 2018)



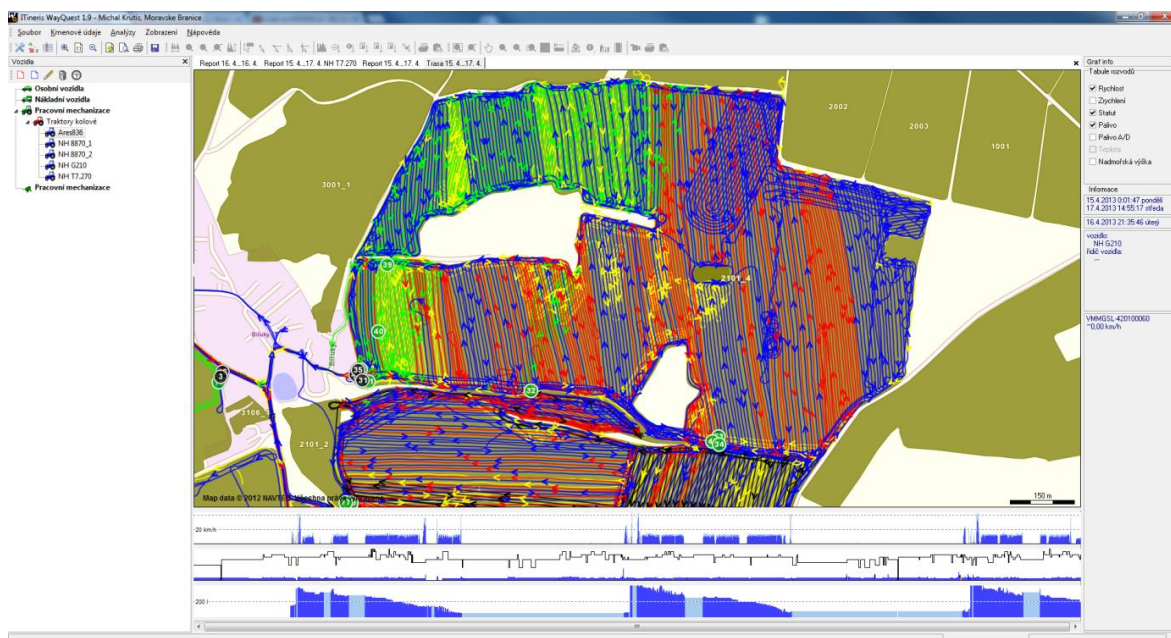
Je možné sledovat mnoho parametrů jako například: jméno řidiče, který stroj řídí, název pracovního stroje, který je právě používán, druh pracovní operace, která je vykonávána, hladina nafty v nádrži, aktuální spotřeba nafty dle instalovaného průtokoměru nebo odečtem z elektroniky motoru, zatížení motoru, teplota motoru, převodový stupeň a další parametry z elektroniky motoru. (Agri-precision, 2018)



Obr. 7 Monitorovací přenosná jednotka PLUTO; Diferenciální průtokoměr paliva DWF E; Monitorovací jednotka ATLAS 2; DMK - volič pracovních operací a čipování řidičů (Agri-precision, 2018, upraveno)

Na obrázku č. 7 jsou vyobrazeny některé komponenty používané v zemědělských strojích. Obrázek vlevo nahoře zobrazuje monitorovací přenosnou jednotku PLUTO. Vpravo nahoře je vyfocen diferenciální průtokoměr paliva DWF E. Monitorovací jednotka ATLAS 2 se nachází v levém dolním rohu obrázku. A vpravo dole je zobrazen DMK, což je volič pracovních operací a zajišťuje čipování řidičů

Používaný software je nedílnou součástí využití monitoringu strojů. Například firma Agri-precision používá software WayQuest, který je nainstalovaný v PC/serveru klienta. Aplikace WayQuest je vyobrazena na obrázku č. 8. Toto řešení umožňuje velmi rychlou práci s daty zejména v mapovém prostředí a s historickými daty ve velkých objemech. Software ITineris WayQuest umožňuje mimo jiné následující funkce: zobrazení hranic polí z LPIS i ve více časových variantách, možnost úpravy hranic LPIS a dělení a slučování půdních bloků, zanesení osevního plánu a dalších vlastností půdních bloků, velmi podrobné automatické analýzy na základě půdních bloků, zpětná animace pohybu jednotlivých strojů i celých linek po parcelách, hlášení na e-mail o stavu palivové nádrže a pohybu strojů, automatické počítání odvezených fůr. (Agri-precision, 2018)



Obr. 8 Aplikace WayQuest (Agri-precision, 2018, upraveno)

### **3 Cíl**

Cílem této diplomové práce je zhodnotit potenciál provozních dat strojů, které jsou získávány během práce strojních souprav, pro hodnocení efektivity práce souprav, optimalizace práce a zpracování mapových podkladů k hodnoceným pozemkům.

### **4 Metodika**

Za účelem monitoringu práce strojních souprav byly využity monitorovací jednotky instalované v tažných prostředcích. Na základě provozních dat byly pro jednotlivé záznamy vyhotoveny aktuální trajektorie jízd. Pro jednotlivé aktuální trajektorie byly zhodnoceny délky pracovních a nepracovních jízd s ohledem na tvar a výměru daných pozemků. Podle jednotlivých tvarů pozemků byly dále připraveny optimální modelové trajektorie jízd. Následně byly vyhotoveny mapy četnosti a intenzity přejezdů po pozemcích. Z provozních ukazatelů byly u sklízecí mlátičky sledovány zejména výnos, produktivita nebo vlhkost zrna.

## 5 Výsledky a diskuze

### 5.1 Analýza zkoumaných pozemků

Zkoumaná pole jsou obhospodařována firmou AGRA Řisuty, s.r.o. Firma se zabývá rostlinnou a živočišnou zemědělskou výrobou na Slánsku a Slabecku ve středních Čechách. Obhospodařuje zhruba 2800 ha zemědělské půdy. Jedná se o poměrně velký a perspektivní zemědělský podnik vybavený moderní technikou s dlouhou historií a mnohaletými zkušenostmi.

Analýza pozemku je založena na vstupních datech vzniklých v roce 2017 při setí secím strojem Vaderstad Rapid RDA 800S o pracovním záběru 8 m taženým traktorem New Holland T8.390 na pozemcích A-H. Na pozemku Jedomělice jsou vstupní data z podmítání Case STX 485Q s podmítačem Vaderstad Carrier 1225 a další poskytla sklízecí mlátička během sklizně pšenice na tomtéž poli. Obrázky č. 9 a č. 10 ve spodní části strany zobrazují konkrétní použitou zemědělskou techniku.

Vstupní data ve formě bodů s GPS souřadnicemi byly zaznamenávány v intervalu jedné vteřiny. Každý pozemek byl rozdělen do čtverců 8 x 8 m, což je stejný rozměr jako byl záběr stroje během setí. Dále byl vypočten počet vstupů v této oblasti. Na základě těchto dat mohla být použita metoda Kriging v programu ArcGIS, pro přehledné výsledky vykreslené do mapy.



Obr. 9 New Holland T8.390 + Vaderstad Rapid RDA 800S (Agra-řisuty, 2018, upraveno)

Vpravo: Obr. 10 Case STX 485Q + Vaderstad Carrier 1225 (Agra-řisuty, 2018, upraveno)

## 5.2 Popis zkoumaných pozemků

### Pozemek A (6601/2)

Výměra [ha]:	48,53
Průměrná nadm. výška [m]:	402,17
Průměrná sklonitost [°]:	3,42
Obvod [m]:	3010,39
Rozsah expozice [°]:	360,00
Mapový čtverec:	790-1040
Mapový list:	12-32-06
Map.list 1:5000:	Krivoklat 8-3
Vzdálenost od vody [m]:	292,73
Počet překážek uvnitř bloku:	0



Obr. 11 Pozemek A letecký snímek  
(LPIS, 2018, upraveno)

### Pozemek B (5702)

Výměra [ha]:	24,98
Průměrná nadm. výška [m]:	375,22
Průměrná sklonitost [°]:	2,85
Obvod [m]:	2568,41
Rozsah expozice [°]:	360,00
Mapový čtverec:	790-1040
Mapový list:	12-32-06
Map.list 1:5000:	Krivoklat 8-3
Vzdálenost od vody [m]:	227,26
Počet překážek uvnitř bloku:	0



Obr. 12 Pozemek B letecký snímek  
(LPIS, 2018, upraveno)



#### Pozemek C (5806)

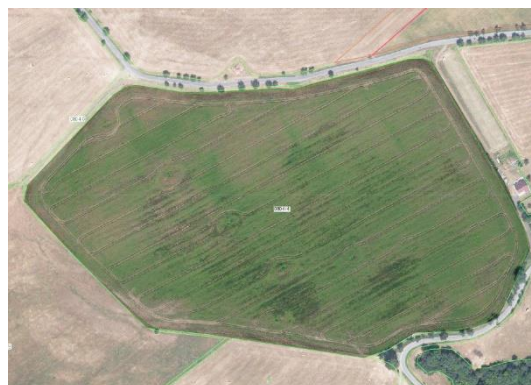
Výměra [ha]:	14,67
Průměrná nadm. výška [m]:	349,15
Průměrná sklonitost [°]:	4,25
Obvod [m]:	1737,66
Rozsah expozice [°]:	360,00
Mapový čtverec:	790-1040
Mapový list:	12-32-11
Map.list 1:5000:	Krivoklat 8-4
Vzdálenost od vody [m]:	76,81
Počet překážek uvnitř bloku:	0



Obr. 13 Pozemek C letecký snímek  
(LPIS, 2018, upraveno)

#### Pozemek D (0804/4)

Výměra [ha]:	14,42
Průměrná nadm. výška [m]:	340,43
Průměrná sklonitost [°]:	6,35
Obvod [m]:	1599,67
Rozsah expozice [°]:	155,00
Mapový čtverec:	790-1040
Mapový list:	12-32-07
Map.list 1:5000:	Krivoklat 6-4
Vzdálenost od vody [m]:	217,91
Počet překážek uvnitř bloku:	8



Obr. 14 Pozemek D letecký snímek  
(LPIS, 2018, upraveno)

#### Pozemek E (2701/1)

Výměra [ha]:	40,64
Průměrná nadm. výška [m]:	413,11
Průměrná sklonitost [°]:	4,00
Obvod [m]:	3295,74
Rozsah expozice [°]:	359,87
Mapový čtverec:	790-1040
Mapový list:	12-32-07
Map.list 1:5000:	Krivoklat 7-3
Vzdálenost od vody [m]:	87
Počet překážek uvnitř bloku:	2



Obr. 15 Pozemek E letecký snímek  
(LPIS, 2018, upraveno)

#### Pozemek F (1002/5)

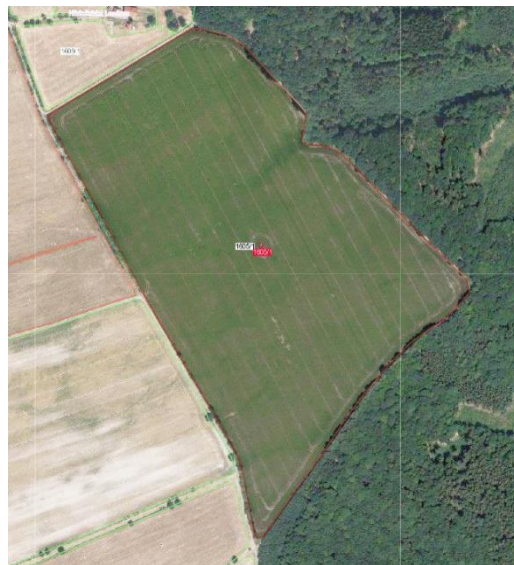
Výměra [ha]:	26,84
Průměrná nadm. výška [m]:	336,55
Průměrná sklonitost [°]:	2,93
Obvod [m]:	3722,57
Rozsah expozice [°]:	359,92
Mapový čtverec:	790-1050
Mapový list:	12-32-12
Map.list 1:5000:	Krivoklat 6-5
Vzdálenost od vody [m]:	115,38
Počet překážek uvnitř bloku:	12



Obr. 16 Pozemek F letecký snímek  
(LPIS, 2018, upraveno)

Pozemek G (1605/1)

Výměra [ha]:	19,74
Průměrná nadm. výška [m]:	406,66
Průměrná sklonitost [°]:	3,05
Obvod [m]:	1932,03
Rozsah expozice [°]:	360,00
Mapový čtverec:	790-1040
Mapový list:	12-32-07
Map.list 1:5000:	Krivoklat 6-3
Vzdálenost od vody [m]:	118,71
Počet překážek uvnitř bloku:	1



Obr. 17 Pozemek G letecký snímek  
(LPIS, 2018, upraveno)

Pozemek H (2402/7)

Výměra [ha]:	68,03
Průměrná nadm. výška [m]:	434,03
Průměrná sklonitost [°]:	2,66
Obvod [m]:	4368,56
Rozsah expozice [°]:	359,91
Mapový čtverec:	790-1040
Mapový list:	12-32-07
Map.list 1:5000:	Krivoklat 6-2
Vzdálenost od vody [m]:	43,98
Počet překážek uvnitř bloku:	9



Obr. 18 Pozemek H letecký snímek  
(LPIS, 2018, upraveno)



### Jedomělice (1206/4)

Výměra [ha]:	9 (zkoumaných)
Průměrná nadm. výška [m]:	333,94
Průměrná sklonitost [°]:	4,85
Obvod [m]:	2709,98
Rozsah expozice [°]:	348,47
Mapový čtverec:	770-1020
Mapový list:	12-12-25
Map.list:	1:5000 Kladno 8-1
Vzdálenost od vody [m]:	96.21
Počet překážek:	0



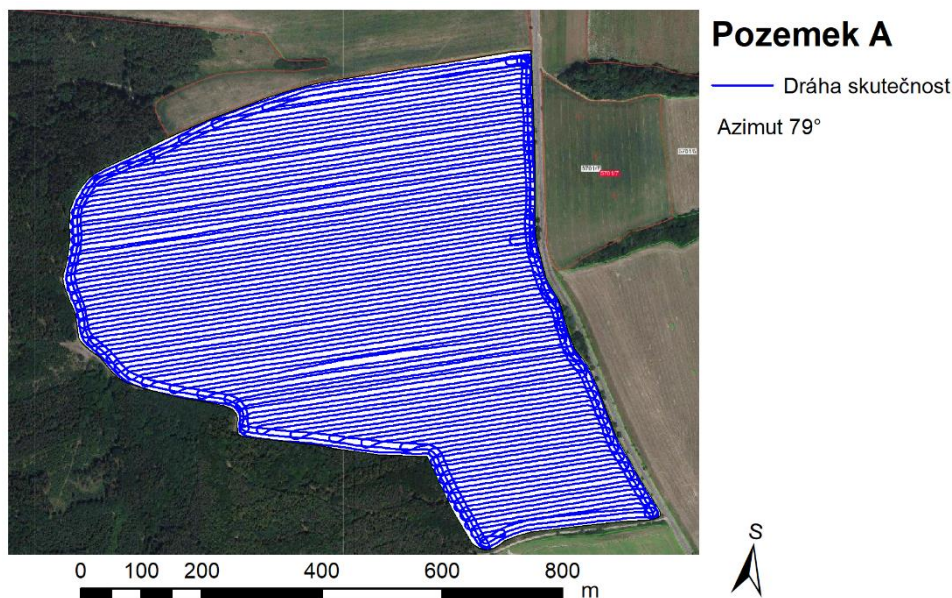
Obr. 19 Pozemek Jedomělice letecký snímek (LPIS, 2018, upraveno)

### 5.3 Pozemek A

Pozemek	Azimut [°]	Délka celkem [m]	Hlavní pracovní linie [m]	Počet otoček	Délka otoček [m]	Délka souvratě [m]	Hlavní pracovní linie		Výměra [ha]
							Podíl	Rozdíl	
A	79	69814	58194	98 (127)	11620		83,36%	+1,45%	48,53
Model A	90	67587	55359	100	3312	8916	81,91%		
<b>Rozdíl</b>	11	-2227	-2835	+2	+608				

Tab. 2 Pozemek A (autor)

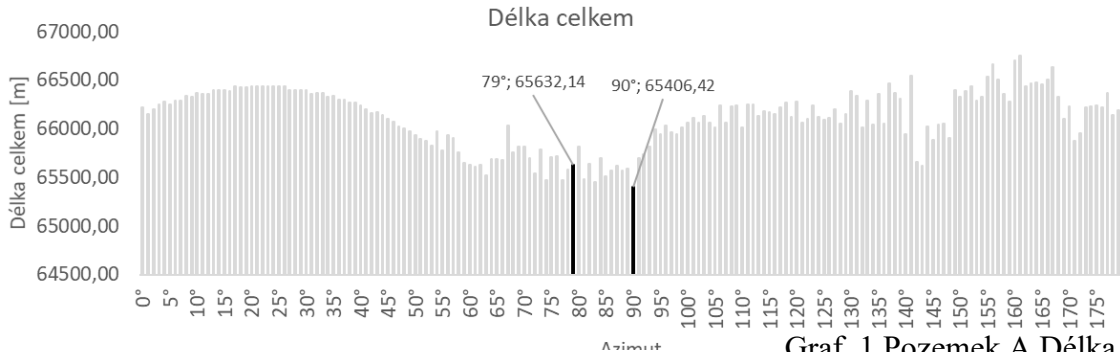
Pozemek A má rozlohu 48,53 ha. V katastru nemovitostí je evidován pod číslem 6601/2. Průměrná nadmořská výška pozemku se pohybuje okolo 402,17 m nad mořem. Na tomto pozemku se nevyskytuje žádná překážka jako například sloupy elektrického vedení a podobně. Ze západní strany je pozemek obklopen lesy, na severní a části jižní strany sousedí s jinou ornou půdou a celou východní stranu pozemku lemují silnice.



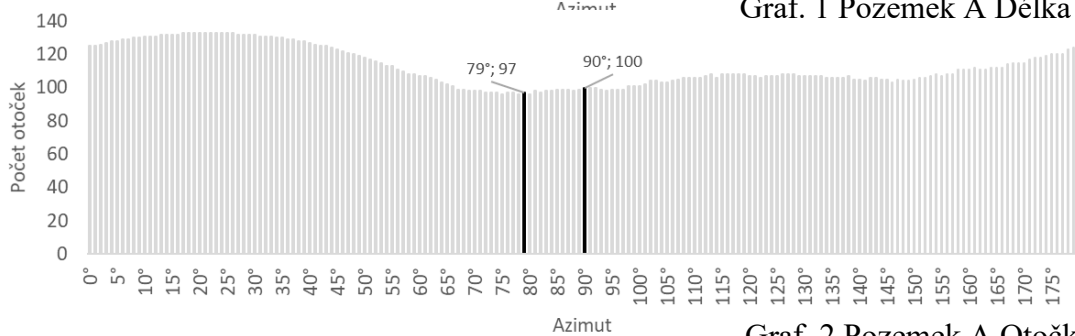
Obr. 20 Pozemek A Dráha skutečnost (autor)

Na tomto pozemku bylo zaznamenáno 17580 bodů. Celková skutečná dráha činí 69814 m. Z toho je 58194 m hlavní pracovní linie, jenž představuje pracovní jízdu zejména uprostřed pole, kde jsou dlouhé přímé nepřerušované linie, s vyšší rychlostí. Zbýlých 11620 m představuje problematictější části trasy, především otočky na souvratích a pokrytí vynechaných míst na souvratích. Celkový počet zaznamenaných otoček v této konkrétní operaci je 127, nicméně je zde mnoho zbytečných otoček a zajížděk způsobených pravděpodobně nepřesností pracovního úkonu a zbytečných překryvů. Počet otoček by se mohl snížit na 98 pomocí autonomního řízení stroje.

Následující grafy představují výběr modelové situace pro pozemek A. V závislosti na sklonu se liší celková délka dráhy a počet otoček. Horní graf ukazuje rozptyl celkových délek drah v závislosti na sklonu. Spodní graf představuje rozdílný počet otoček v závislosti na sklonu.

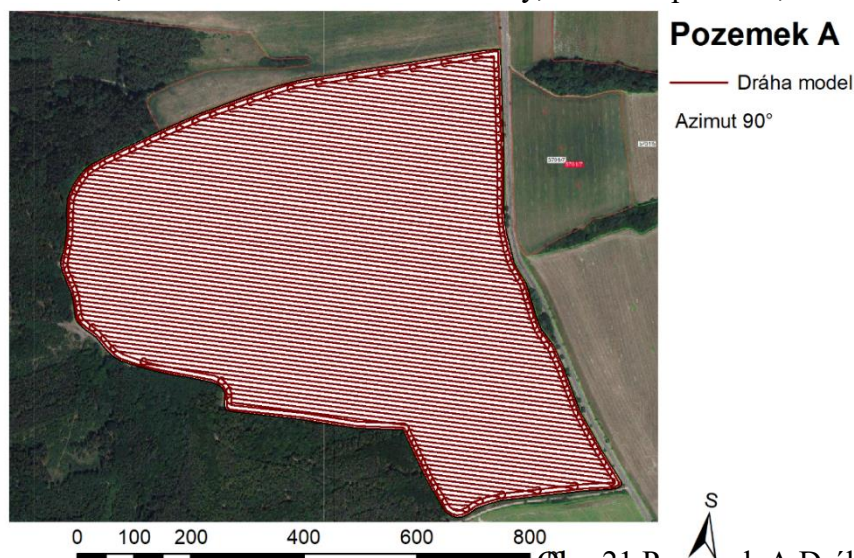


Graf. 1 Pozemek A Délka (autor)

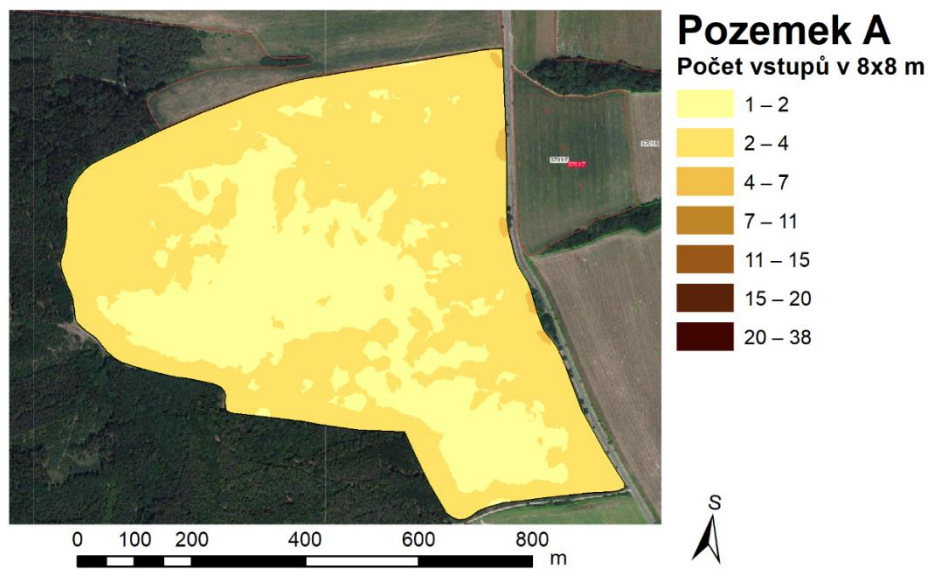


Graf. 2 Pozemek A Otočky (autor)

Model pozemku A představuje možnost změnit využití pozemku pomocí modifikace sklonu linie jízdy. Skutečná linie je skloněna 79° a model předpokládá azimut zvětšit na 90°. Celková dráha se touto úpravou sníží o 2227 m na 67587 m. Hlavní pracovní linie se sníží na 55359 m o 2835 m. Délka otoček v tomto modelu činí 3312 m a délka souvrátí 8916 m. Počet otoček je v modelové situaci 100, což je téměř stejný počet, jako při přesnější práci na v současné době používaném sklonu dráhy. Podíl hlavní pracovní linie na celkové je u modelové situace o 1,45 % nižší než u skutečné dráhy, která má podíl 83,36 %.



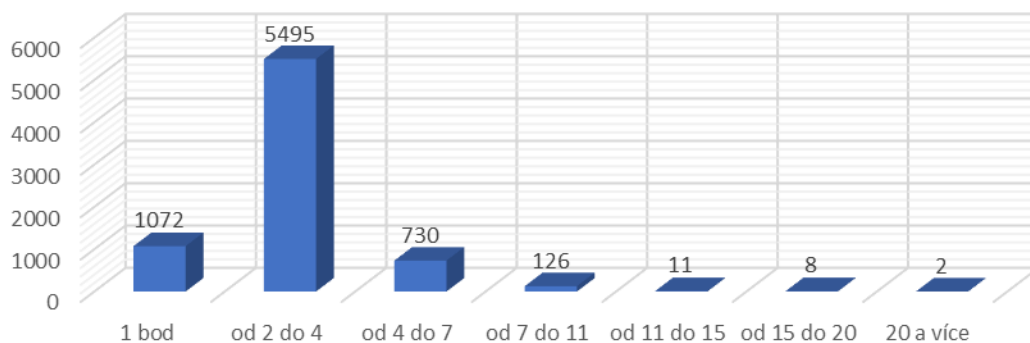
Obr. 21 Pozemek A Dráha model (autor)



Obr. 22 Pozemek A Tíhové zatížení (autor)

Vykreslení pozemku pomocí nástroje Kriging znázorňuje tíhové zatížení půdy. Vstupní data ve formě bodů s GPS souřadnicemi byly zaznamenávány v intervalu jedné vteřiny. Pozemek byl rozdělen do čtverců 8 x 8 m, což je stejný rozměr jako byl záběr stroje, a byl vypočten počet vstupů v této oblasti. Na základě těchto dat mohla být použita metoda Kriging. Jak je vidět na obrázku č. 22 pozemek A nebyl nijak moc dlouhodobě zatížen tíhou traktoru a stroje. Na 14 % pozemku byl zaznamenán v každém čtverci jen jeden bod. Na 74 % pozemku bylo v každém čtverci dva nebo tři záznamy a na dalších 10 % bylo čtyři až šest bodů. V ostatních čtvercích bylo zaznamenáno více bodů, tudíž se v těchto místech traktor zdržel více než sedm vteřin. Tento výsledek, do šesti vteřin na 8 x 8m čtverec na 98 % pozemku, je v porovnání s ostatními zkoumanými pozemky velmi dobrý.

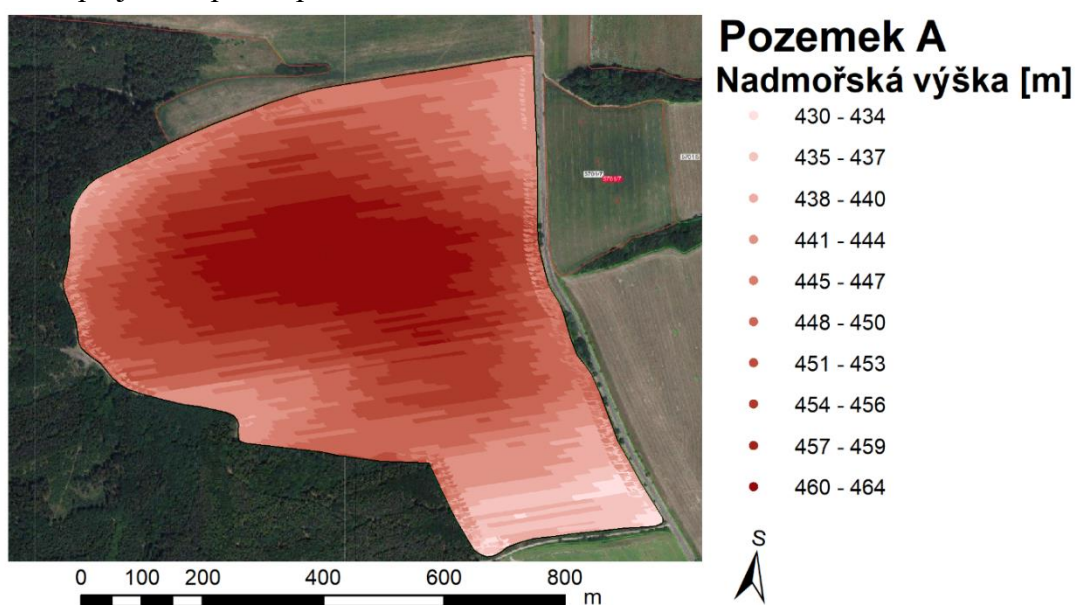
Zatížení pozemek A



Graf. 3 Pozemek A Zatížení (autor)



Dále je z obrázku č. 22 patrné, v jakých konkrétních místech byl pozemek A zatížen více a ve kterých méně. Nejméně byl zatížen uprostřed dlouhých hlavních pracovních drah, kde traktor se secím strojem má zpravidla nejvyšší rychlost. Trochu větší zatížení je v oblasti souvratí, kde je v důsledku otočení stroje nutné snížit rychlost. Největší zatížení je zaznamenáno v oblasti pravé souvratě, která sousedí se silnicí. Jednou z příčin je místo vjezdu na pozemek, kde obsluha stroje musí jet pomalu a dbát zvýšené bezpečnosti. Další příčinou jsou nutné zastávky z důvodu doplnění osiva do secího stroje. Tato část souvratě také zaznamenává více přejezdů z důvodu dopravy prázdného secího stroje k doplnění a následného přejezdu zpět na přerušené místo setí.



Obr. 23 Pozemek A Nadmořská výška (autor)

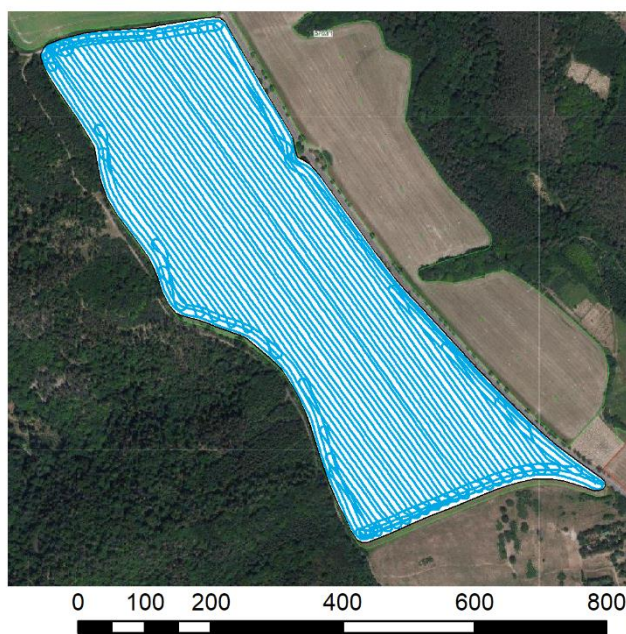
Dále tento výsledek koresponduje se svažitostí terénu. Nejnižší nadmořská výška činí 430 metrů nad mořem a nejvyšší 464 metrů nad mořem. Přímo uprostřed pozemku, jak je znázorněno na obrázku č. 23, je nejvyšší bod pozemku. Od tohoto bodu se pozemek téměř rovnoměrně svažuje do všech stran.

## 5.4 Pozemek B

Pozemek B má rozlohu 24,98 ha. V katastru nemovitostí je evidován pod číslem 5702. Průměrná nadmořská výška pozemku se pohybuje okolo 375,22 m nad mořem. Nevyskytuje se zde žádná překážka jako například sloupy elektrického vedení a podobně. Nachází se v těsné blízkosti pozemku A a to jižněji, tudíž struktura těchto dvou pozemků je velmi podobná. Západní strana je členitá, nachází se zde několik oblouků s lesním porostem a podél skoro celé této strany pozemku kopíruje polní cesta, která dále pokračuje okolo pozemku na jeho severní straně. Celou východní stranou pozemek B soused se silnicí. Z jihu navazuje kopcovitý terén s křoviskem.

Pozemek	Azimut [°]	Délka celkem [m]	Hlavní pracovní linie [m]	Počet otoček	Délka otoček [m]	Délka souvratě [m]	Hlavní pracovní linie		Výměra [ha]
							Podíl	Rozdíl	
<b>B</b>	124	37322	28723	56 (63)	8599		76,96%	+1,39%	24,98
<b>Model B</b>	153	36842	27840	69	1411	7591	75,56%		
<b>Rozdíl</b>	29	-480	-883	+13		+403			

Tab. 3 Pozemek B (autor)



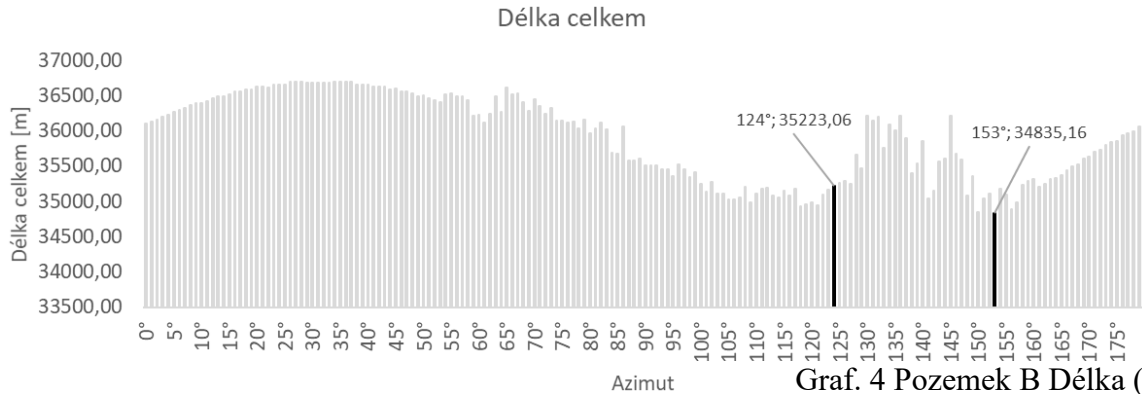
## Pozemek B

— Dráha skutečnost  
Azimut 124°

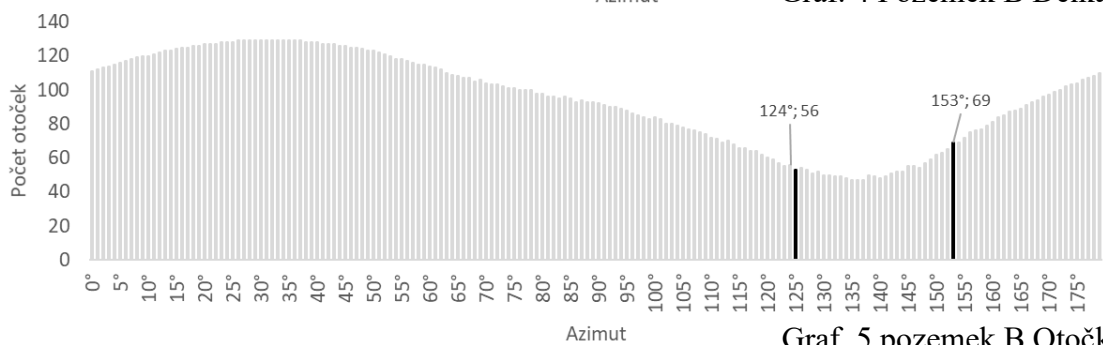
Obr. 24 Pozemek B Dráha skutečnost (autor)

Na tomto pozemku bylo zaznamenáno 9187 bodů. Celková skutečná dráha činí 37322 m. Z toho je 28723 m hlavní pracovní linie, jenž představuje pracovní jízdu zejména uprostřed pole, kde jsou dlouhé přímé nepřerušované linie, s vyšší rychlostí. Zbýlých 8599 m představují otočky na souvratích a pokrytí vynechaných míst na souvratích. Celkový počet zaznamenaných otoček v této konkrétní operaci je 63, ale po odečtu chybných nebo nepřesných částí jízd se toto číslo snižuje na 56 otoček. Sklon drah je 124°.

Následující grafy představují závislosti délky dráhy a počtu otoček na sklonu. Pro model byl vybrán sklon s nejkratší celkovou dráhou. Nízký počet otoček je také důležitý faktor.

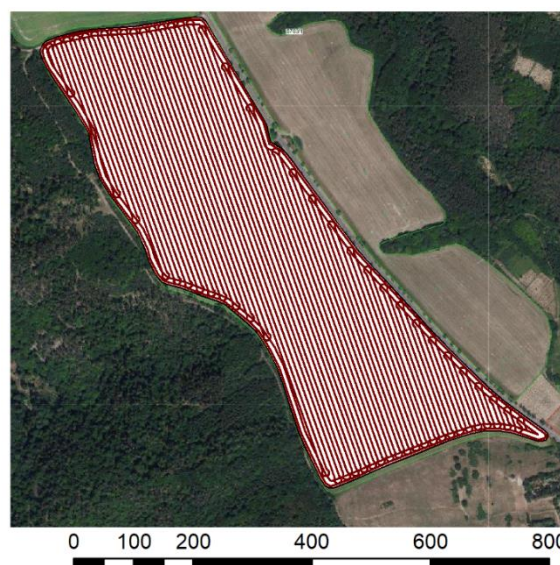


Graf. 4 Pozemek B Délka (autor)



Graf. 5 pozemek B Otočky (autor)

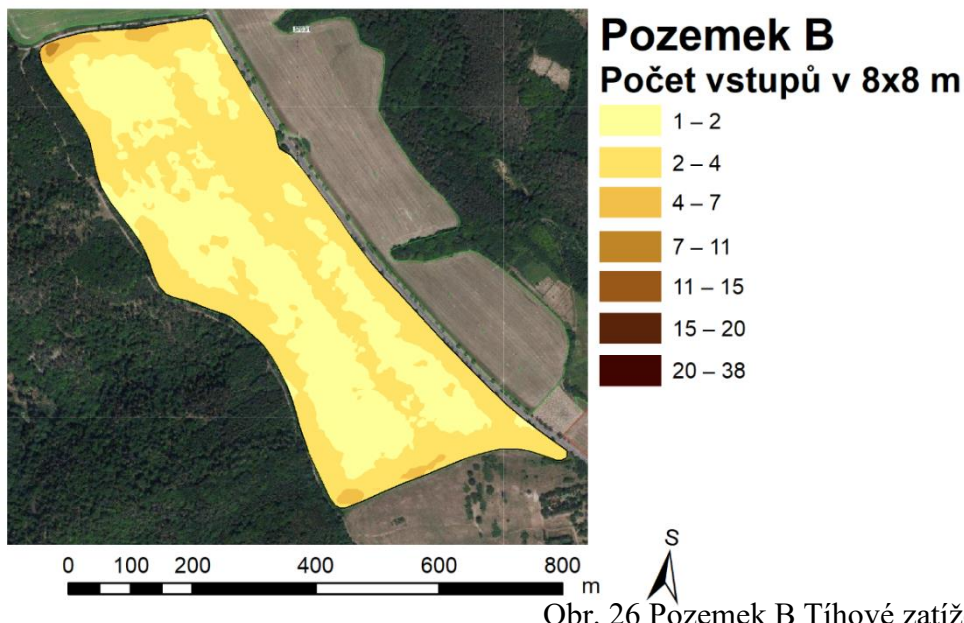
Model pozemku B ukazuje možné změny trasy prostřednictvím modifikace úhlu sklonu dráhy operace. V současné době používaná linie je skloněna  $124^\circ$  a model předpokládá azimut zvětšit na  $153^\circ$ . Celková dráha se touto úpravou sníží o 480 m na 36842 m. Hlavní pracovní linie se sníží na 27840 m a to o 883 m. Délka otoček v modelu pozemku B činí 1411 m a délka souvratí 7591 m. Počet otoček je v modelové situaci 69, což je o 13 otoček více než původní stav. Podíl hlavní pracovní linie na celkové je u modelové situace o 1,39 % nižší než u skutečné dráhy, která má podíl 76,96 %.



### Pozemek B

— Dráha model  
Azimut  $153^\circ$

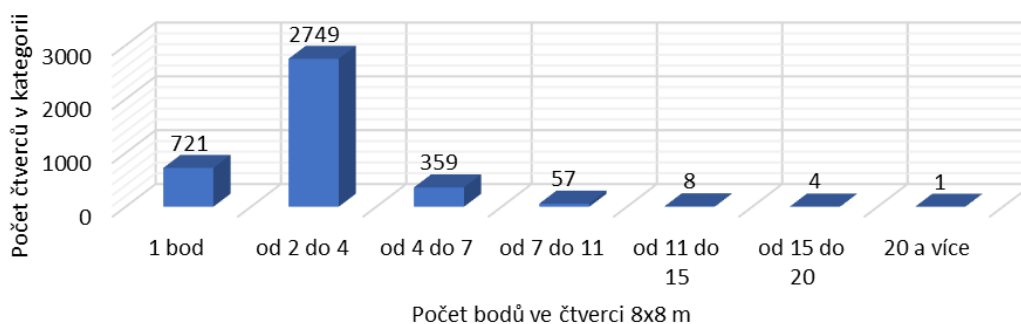
Obr. 25 Pozemek B Dráha model (autor)



Obr. 26 Pozemek B Tíhové zatížení (autor)

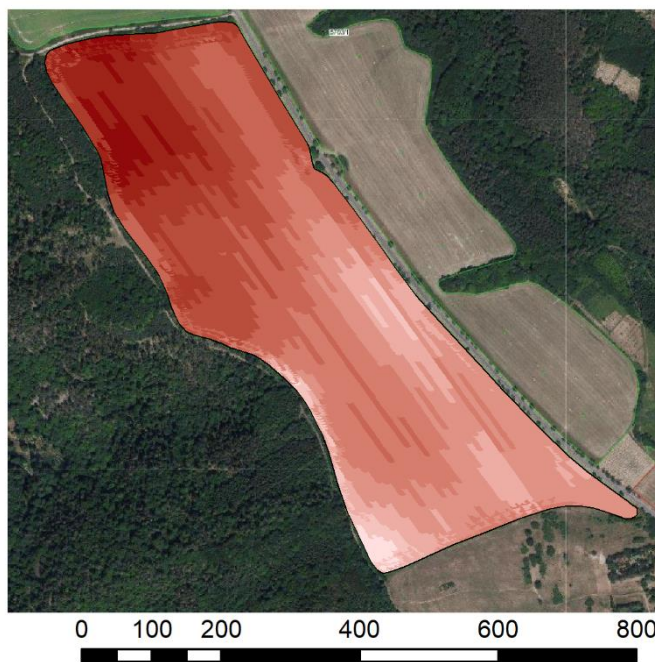
Obrázek 26 ukazuje tíhové zatížení půdy pozemku B v současné době. Podobně jako pozemek A patří mezi zkoumané pozemky, které nejsou postiženy příliš velkým tíhovým zatížením. Opět barevné rozložení počtu bodů do jisté míry odpovídá linii trasy, kterou secí souprava použila. Ve střední části je zatížení nejnižší, respektive v jednotlivých čtvercích o rozměrech 8x8 metrů bylo zaznamenáno méně bodů. Ve 721 čtvercích, což představuje téměř 20 % celé plochy pozemku B, byl v každém čtverci zaznamenán jen jeden bod. V dalších 2749 čtvercích (70 % pozemku B) byly zaznamenány 2 nebo 3 body. Lze tedy říci, že na celých 90 % všech čtverců se v každém jednom traktor se secím strojem zdržel do 3 vteřin. To je velmi dobrý výsledek v porovnání s ostatními pozemky. Zbývajících 10 % představují souvratě, kde secí souprava musí snížit rychlost, tudíž je zaznamenáno v daných čtvercích více bodů. V levém horním rohu je vidět největší tíhové zatížení, v tomto místě se nachází hlavní a nejvíce používaný vjezd na pozemek.

Zatížení pozemek B



Graf. 6 Pozemek B Zatížení (autor)





## Pozemek B

### Nadmořská výška [m]

- 405 - 409
- 410 - 413
- 414 - 416
- 417 - 419
- 420 - 423
- 424 - 427
- 428 - 431
- 432 - 435
- 436 - 438
- 439 - 443

Obr. 27 Pozemek B Nadmořská výška (autor)

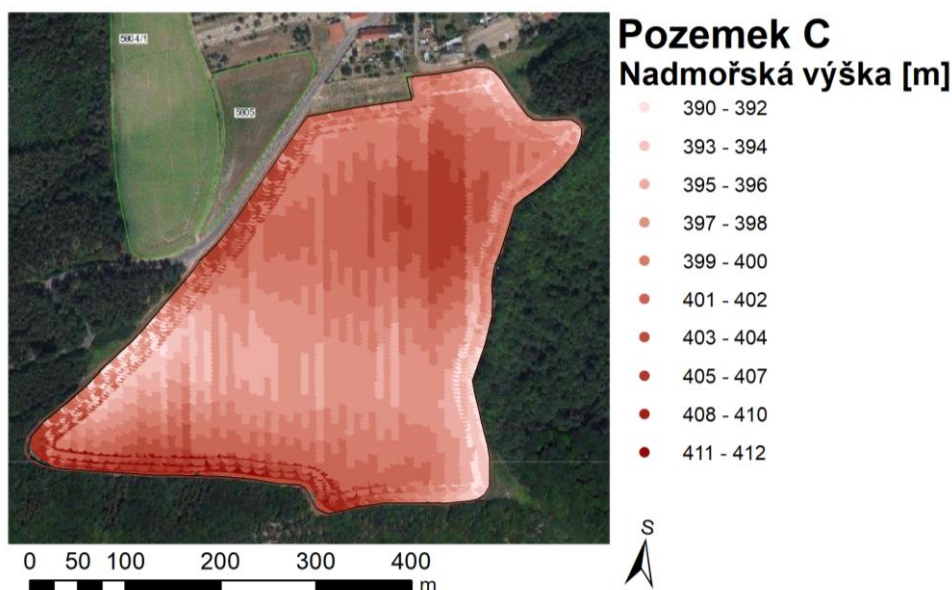
Sklonitost pozemku představuje obrázek č. 27. V horní levé části je evidentně patrná nejtmaší barva představující nejvyšší bod, který je 443 metrů nad mořem. Z tohoto bodu se pozemek postupně svažuje až k nejnižšímu bodu 405 metrů nad mořem, který se nachází v levém spodním rohu.

## 5.5 Pozemek C

Pozemek C označen v katastrální mapě 5806 je 14,67 ha velký. Nachází se mezi vesnicí Kostelík a řekou Berouňkou. Průměrná nadmořská výška činí 349,15 metrů nad mořem. Souvrat' na jižní straně pozemku nepatrně stoupá, zde pole přechází na les, kde se po několika dalších metrech nachází sráz ke kaňonu řeky. Pole je zhruba 200 m od řeky a převýšení činí 100 m. Podobný zalesněný sráz lemuje i východní stranu pozemku. Na severní straně se v bezprostřední blízkosti nachází obec Kostelík. Okolo západní hrany pozemku vede silnice a z části les. Zhruba uprostřed této strany se nachází jediný používaný vjezd na pole. Na pozemku C se nenachází žádná překážka, která by se musela objíždět.

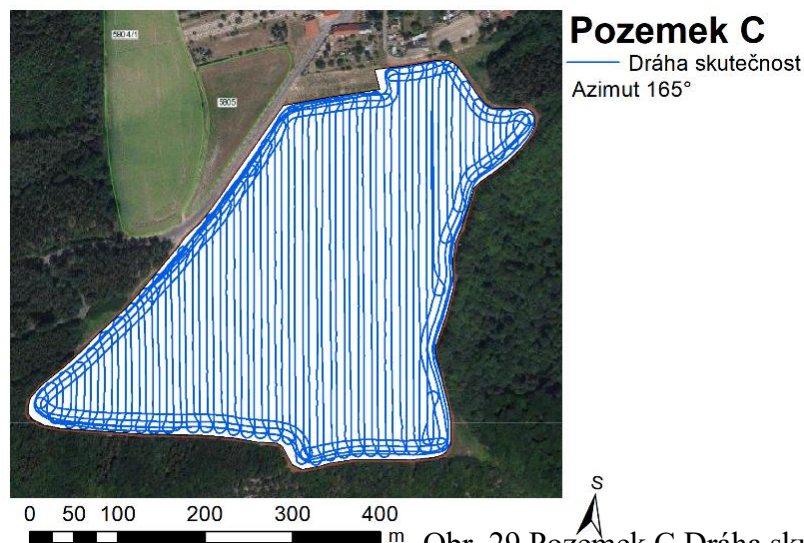
Pozemek	Azimut [°]	Délka celkem [m]	Hlavní pracovní linie [m]	Počet otoček	Délka otoček [m]	Délka souvratě [m]	Hlavní pracovní linie		Výměra [ha]
							Podíl	Rozdíl	
C	165	25777,3	14512,3	70 (84)	11265		56,30%	-13,85%	14,67
Model C	45	22143,7	15532,5	59	1514,68	5096,52	70,14%		
<b>Rozdíl</b>	-120	-3634	1020	-11	-4654				

Tab. 4 Pozemek C (autor)



Obr. 28 Pozemek C Nadmořská výška (autor)

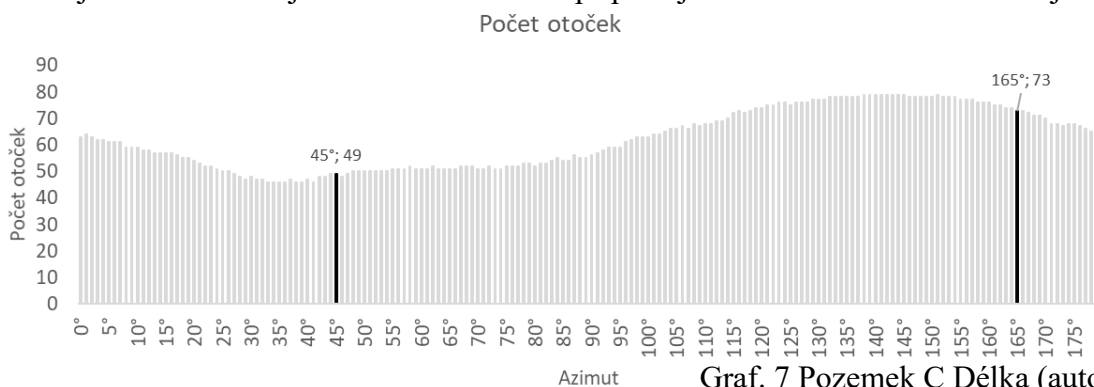
Nadmořská výška je vyobrazena na obrázku. Od severu od vesnice se nadmořská výška mírně zvyšuje. Zhruba v jedné třetině pozemku ve středu traktor zaznamenal nejvyšší hodnotu. Z tohoto místa se pozemek mírně svažuje do všech stran. Až na souvrati jižní strany pozemku se opět objevuje vyvýšenina, která jak již bylo zmíněno navazuje na zalesněný kopec se srázem k řece, to znamená, že zde nehrozí ohrožení pozemku vyšším množstvím vody.



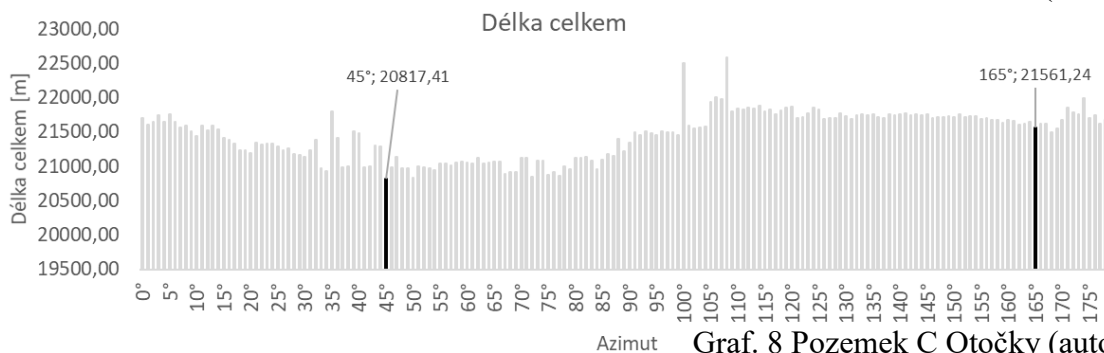
Obr. 29 Pozemek C Dráha skutečnost (autor)

Na obrázku níže je vidět používaná trajektorie drah s azimutem 165°. Celkový počet zaznamenaných bodů secí soupravy činí 6764, které představují 25777,3m celkovou dráhu. Celkovou dráhu tvoří z 56 % hlavní pracovní linie 14512,3 m a z 44 % otočky a souvratě s 11265 m. Počet zaznamenaných otoček v rámci této konkrétní práce činí 84. Při použití preciznějšího způsobu setí a eliminaci zbytečných oblouků by se dal tento počet snížit až na počet 70 otoček.

Grafy představují závislost délky dráhy a počtu otoček na ° azimutu. Používaných 165° má téměř nejdelší dráhu a nejvíce otoček. V tomto případě je velmi vhodné změnit úhel jízdy.

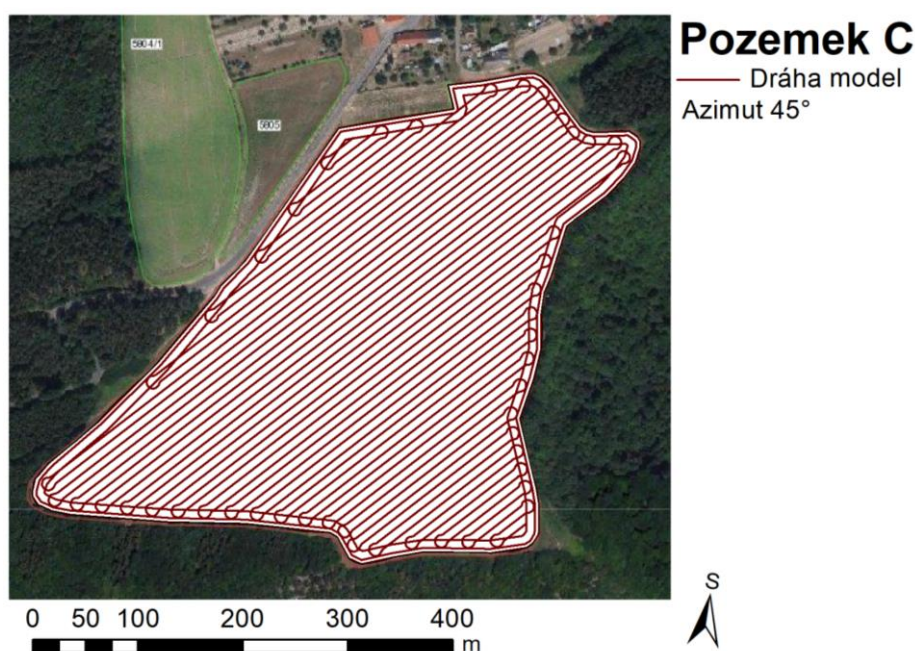


Graf. 7 Pozemek C Délka (autor)



Graf. 8 Pozemek C Otočky (autor)

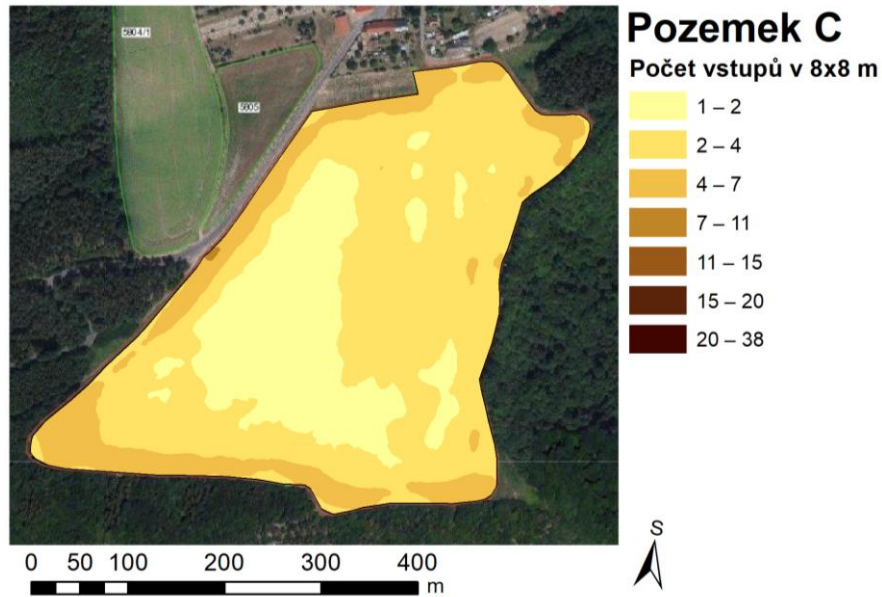
Obrázek č. 30 znázorňuje modelové řešení drah trajektorií tohoto pozemku C. Azimut by se změnil na 45°. Celková dráha by se z původních 25777,3 m snížila o 3634 m na 22143,7 m. Hlavní pracovní linie by se zvětšila o více než 1000 m a zároveň ostatní dráha by se zkrátila o více než 4500 m. Tím by narostl podíl hlavní linie na celkové o 13,87 % na 70,14 %, což představuje velmi zajímavé zlepšení. Tento nárůst je druhý nejvyšší v porovnání s ostatními zkoumanými pozemky. Délka otoček na souvratích činí 1514,68 m a délka souvratí 5096,52 m. Počet otáček je v této modelové situaci 59, což je až o 25 méně než v současné době používaném stavu.



Obr. 30 Pozemek C Dráha model (autor)

Tíhové zatížení půdy na pozemku C ukazuje obrázek č. 31 na další straně. Ve střední části pozemku je nejnižší tíhové zatížení, protože zde secí souprava jezdí v dlouhých drahách a vyšší rychlostí. Pravá strana střední části koresponduje s vyvýšením pozemku viz obrázek s nadmořskou výškou. Pozemek byl rozdělen do 2141 čtverců o velikosti 8x8 m. Na 10 % pozemku, což představuje 211 čtverců, byl zaznamenán jen jeden bod, v každém jednom z těchto čtverců se secí souprava zdržela zhruba 1 vteřinu. Na dalších 59 % čtverců (1256 čtverců) byly zaznamenány 2 nebo 3 body. Tedy v necelých 70 % čtverců se stroj zdržel do 3 vteřin. Dalších 24 % čtverců (513 čtverců) představuje zaznamenání 4 až 6 bodů. Ve 141 čtvercích bylo zaznamenáno 7 až 10 bodů. Nejvíce bylo naměřeno 38 bodů – vteřin v místě, kde se nachází vjezd na pozemek, tudíž je tento stav akceptovatelný, protože stroj musí jet pomalu.

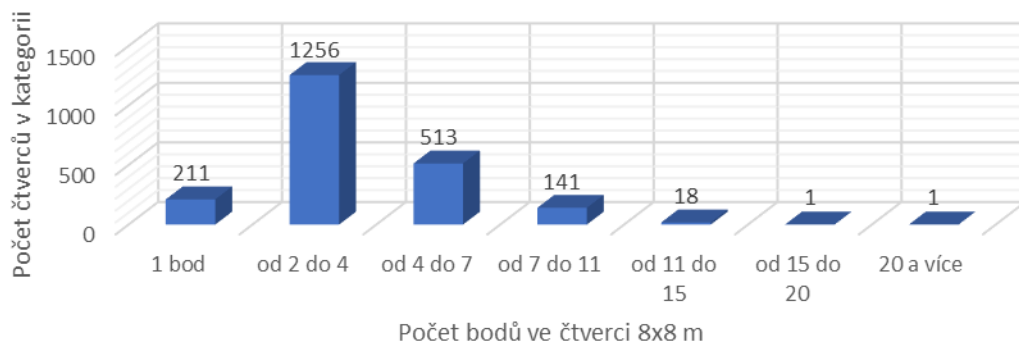




Obr. 31 Pozemek C Tíhové zatížení (autor)

Zlepšení situace by mohlo přinést zavedení dalšího vjezdu na pole v jiné části pozemku. Z celkového pohledu není pozemek C nijak moc tíhově přetěžován. Dá se říci, že střední část je zatížena optimálně. V porovnání s pozemkem A a pozemkem B jsou více zatíženy souvratě okolo celého pole. Tento stav je ale důsledkem členitého tvaru pozemku, zatímco například pozemek B měl tvar téměř ideální. Proto je zde velmi vhodné použít modelovou trasu dráhy. Pracovní linie se prodlouží, podíl hlavní pracovní linie na celkové má nárůst o téměř 14 %. Při porovnávání skutečné a modelové dráhy by se ulevilo severní, západní a jižní straně, tudíž se dá předpokládat i snížení utužení půdy tíhovým zatížením traktoru a strojů. Na východní straně se v současné době nachází 8 otoček, v modelové situaci by se tento počet téměř zdvojnásobil, což by mělo za následek delší zdržení stroje v této části pozemku a následně větší utužení půdy.

Zatížení pozemek C



Graf. 9 Pozemek C Zatížení (autor)

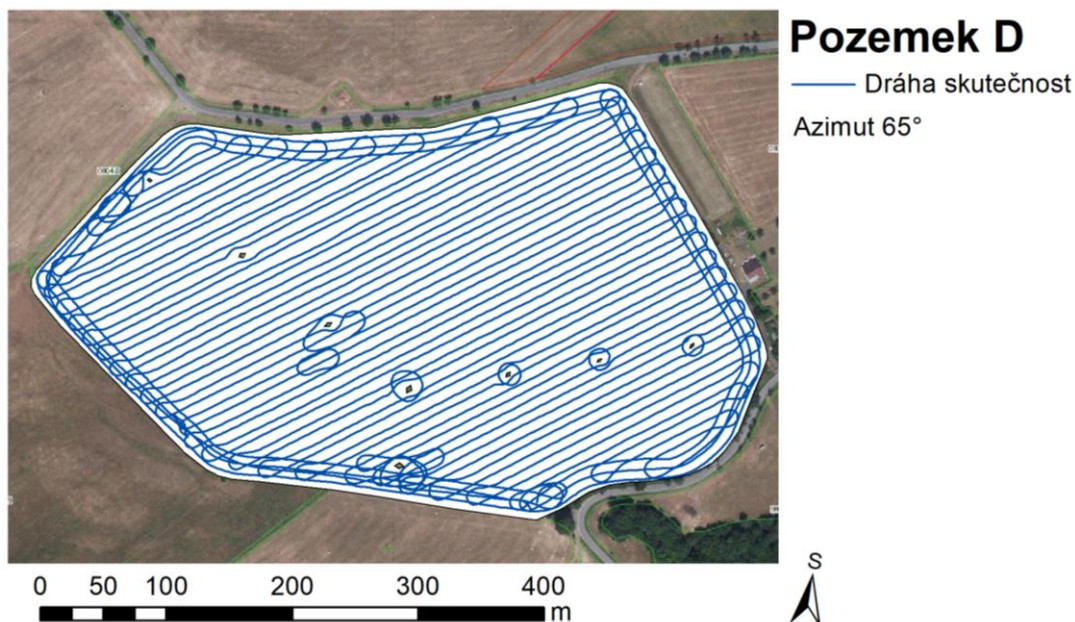
## 5.6 Pozemek D

Pozemek D se nachází vedle obce Týřovice, v katastrální mapě je označen číslem 0804/4. Výměra pole činí 14,42 ha. Průměrná nadmořská výška 340,43 metrů nad mořem. Tvar pozemku je nepravidelný mnohoúhelník, proto se zde hůře stanovuje optimální trasa dráhy, navíc se uvnitř pozemku nachází 8 sloupů elektrického vedení, které pracovní situaci dále komplikují. Severní stranu lemují silnice. Na západní a jižní straně pozemek sousedí s travním porostem. Na východní straně se nachází vesnice a silnice.

Pozemek	Azimut [°]	Délka celkem [m]	Hlavní pracovní linie [m]	Počet otoček	Délka otoček [m]	Délka souvratě [m]	Hlavní pracovní linie		Výměra [ha]
							Podíl	Rozdíl	
<b>D</b>	65	23398	14354	53 (72)	9044		61,35%	-12,50%	14,42
<b>Model D</b>	89	21230	15678	40	1176	4376	73,85%		
<b>Rozdíl</b>	24	-2168	1324	+23	-3492				

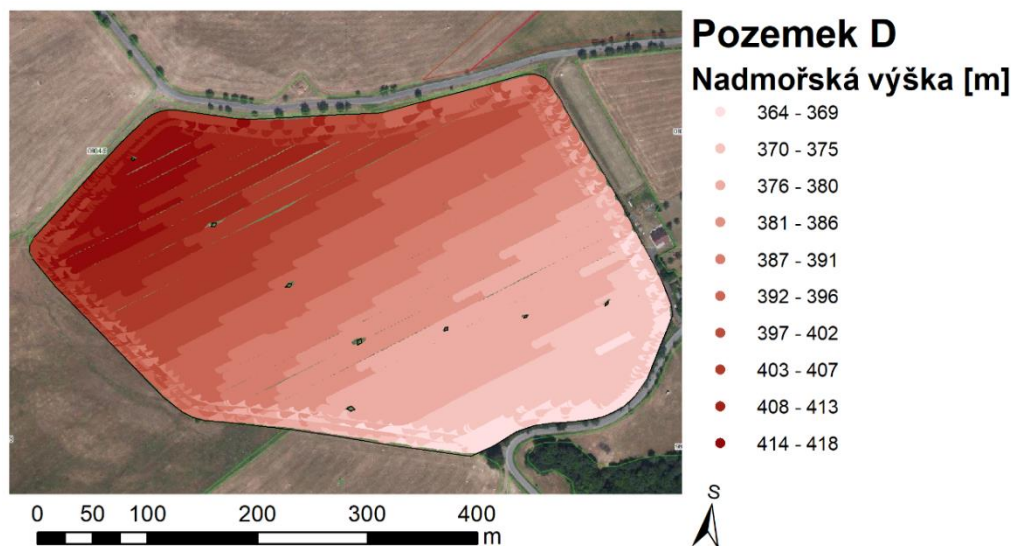
Tab. 5 Pozemek D (autor)

V současné době se na pozemku aplikuje dráha s azimutem 65°. Na tomto pozemku bylo zaznamenáno 6734 bodů. Délka celkové dráhy setí je 23398 m. Z toho 61,35% podíl má hlavní pracovní linie se 14354 m a zbytek jsou souvratě a otáčky na konci linií s 9044 m. Počet zaznamenaných otáček je 72, nicméně při odečtu některých oblouků navíc by se mohl počet otáček snížit na 53.



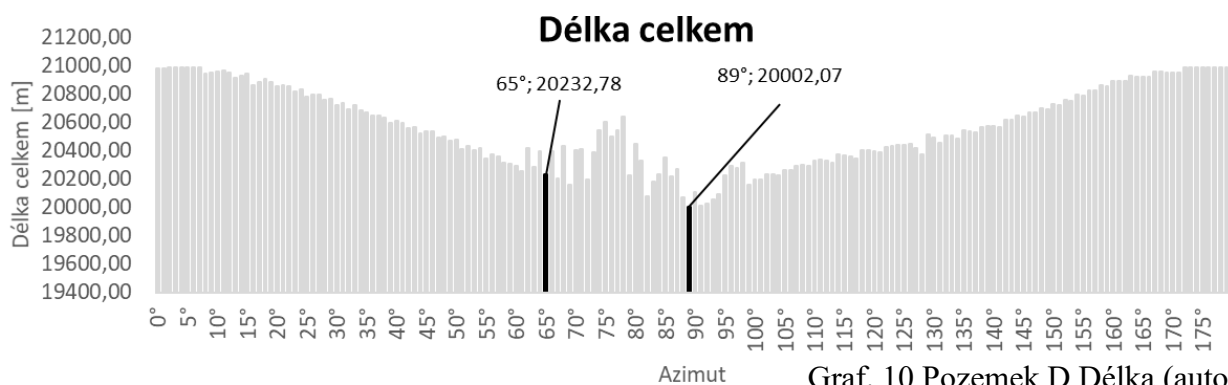
Obr. 32 Pozemek D Dráha skutečnost (autor)

Podle obrázku č. 33 znázorňujícího zaznamenanou nadmořskou výšku traktorem v jednotlivých částech pozemku D je patrný sklon pozemku. V severozápadní části pozemku se nachází nejvyšší bod a jihovýchodním směrem se pozemek postupně svažuje. Převýšení je až 50 m.



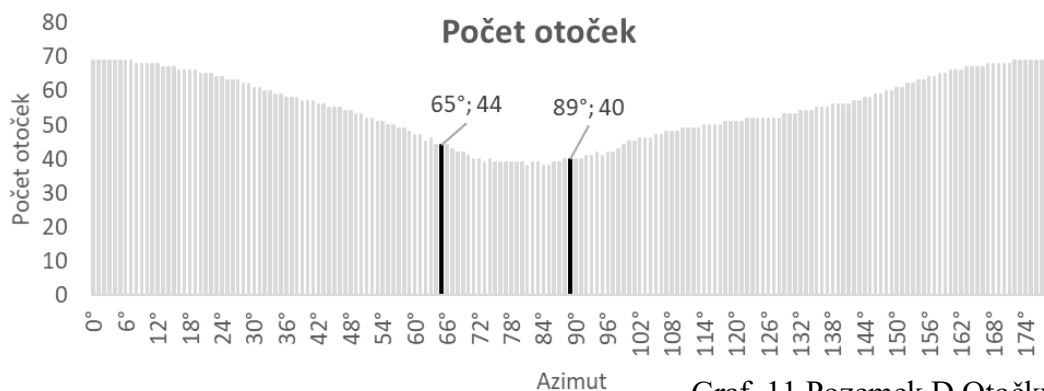
Obr. 33 Pozemek D Nadmořská výška (autor)

Graf na této stránce ukazuje rozdíly v celkové délce dráhy při použití různých úhlů vedených tras. Pozemek D, jenž v současné době používá azimut  $65^\circ$  má zvolený velmi dobrý sklon jízdy. Nicméně při použití  $89^\circ$  sklonu se celková dráha ještě zkrátí.



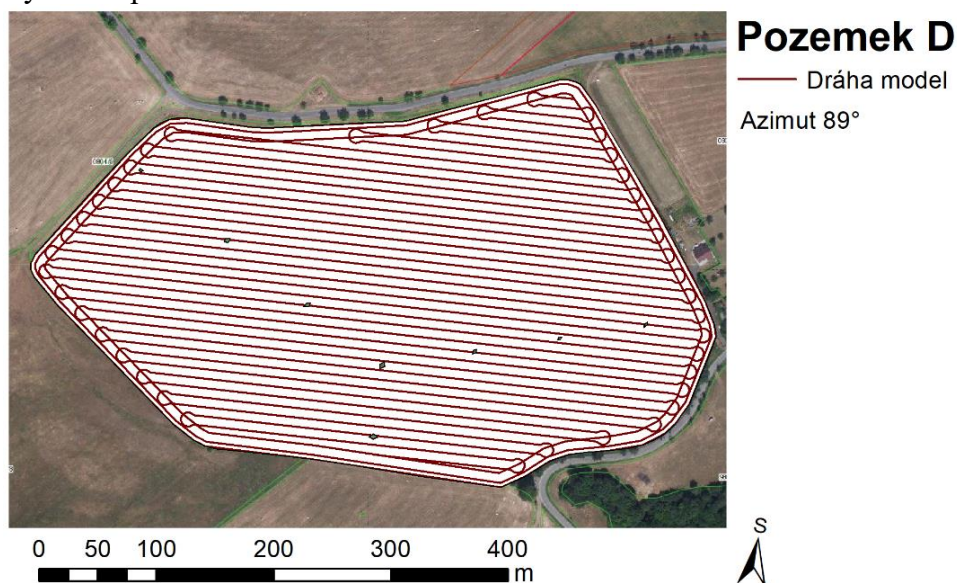
Graf na další straně ukazuje závislost počtu otáček na sklonu azimutu. Opět již v současném stavu má dráha relativně nízký počet otoček s ohledem na všechny možnosti natočení jízdy. Model pro současný sklon  $65^\circ$  ale nepočítá s překážkami uvnitř pozemku – sloupy elektrického vedení, proto celková dráha i počet otoček je ve skutečnosti vyšší.





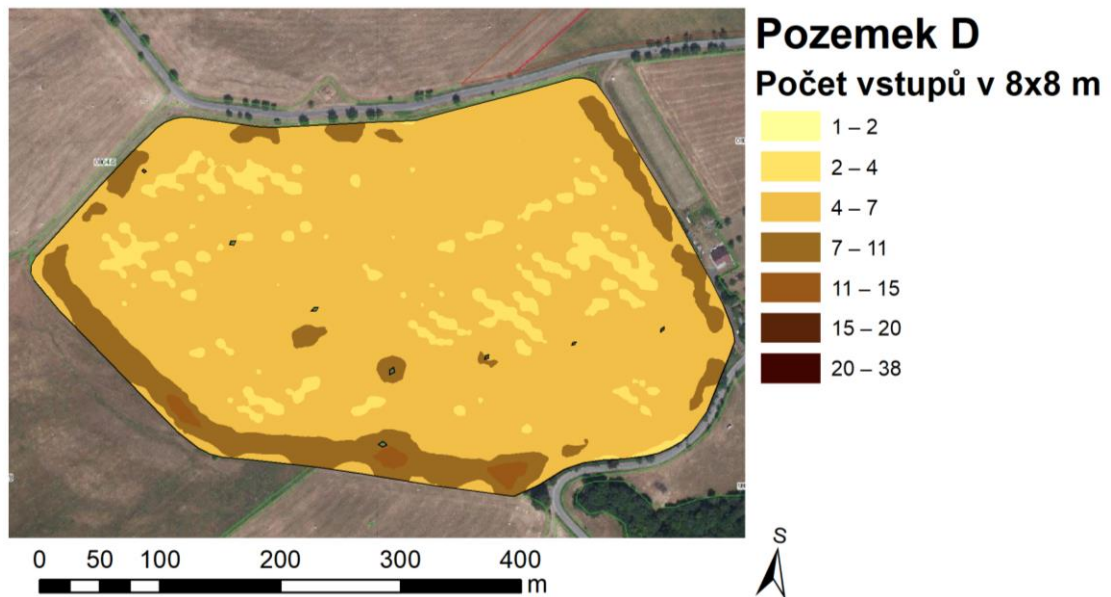
Graf. 11 Pozemek D Otočky (autor)

Obrázek č. 34 model pozemku D představuje možnou alternativu s použitím pracovní dráhy s azimutem 89°. Délka celkové dráhy se v tomto modelu snižuje o 2168 m na 21230 m. Hlavní pracovní linie se zvětšila o 1324 m na 15678 m. Podíl hlavní pracovní linie na celkové dráze se zvýšil o 12,5 % na 73,85 %. Délka otoček v modelu je 1176 m a délka souvrátí 4376 m. Počet otáček se sníží až o 32 od současného stavu a to na 40 otáček. Většina drah vychází s jízdou mezi sloupky elektrického vedení a nepočítá se s kruhovým objížděním jednotlivých sloupů.



Obr. 34 Pozemek D Dráha model (autor)

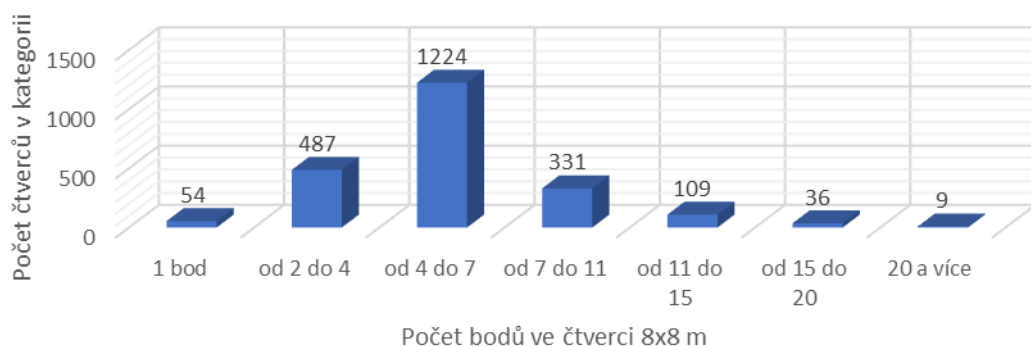
Obrázek č. 35 představuje tíhové zatížení pozemku. Pozemek D byl rozdělen do 2250 čtverců. Jak je na první pohled patrné, nejsvětlejší barva v porovnávání s předchozími pozemky zabírá jen minimum plochy, konkrétně 1 % s 54 čtverci, ve kterých byl zaznamenán jen 1 bod. Na 22 % čtverců (487 čtverců) byly zaznamenány 2 nebo 3 body. Na více než polovině čtverců (1224 čtverců) se secí souprava zdržela na 4 až 6 vteřin. Na dalších 15 % čtverců (331 čtverců) bylo zaznamenáno 7 až 10 bodů. 11 až 14 vteřin se secí souprava zdržela na 109 čtvercích. A na 15 vteřin a více se stroj zdržel na 45 čtvercích.



Obr. 35 Pozemek D Tíhové zatížení (autor)

Příčinou je kombinace několika faktorů. Sklon terénu, kdy téměř u poloviny pracovních jízd muselo být překonáváno mírné převýšení. Dále více než 20 pracovních linií je narušeno sloupy elektrického vedení. Stroj zde musí minimálně snížit rychlost, ne-li zcela zastavit, nebo sloup pomalu zcela obkroužit. V pravé jižní části se nachází jediný vjezd na pole. Tíhové zatížení souvratí je v tomto případě už značné a mohlo by mít vliv na růst rostlin. Bylo by namístě zvážit jiné využití těchto částí pozemku, minimálně jihozápadní část souvratě. Možné řešení je tuto část pole nechat nějaký čas ladem, nebo zasít vhodnější plodinu pro zlepšení stavu půdy. Použitím modelového rozložení pracovních drah by nejspíš nemělo moc velký vliv na tyto problematické části souvratě. Naopak velmi dobrý vliv by model mohl mít na střední část pole. Kde pomocí delších pracovních linií by stroj mohl jet rychleji, tudíž by kratší dobu působil tíhovým zatížením na půdu.

### Zatížení pozemek D



Graf. 12 Pozemek D Zatížení (autor)

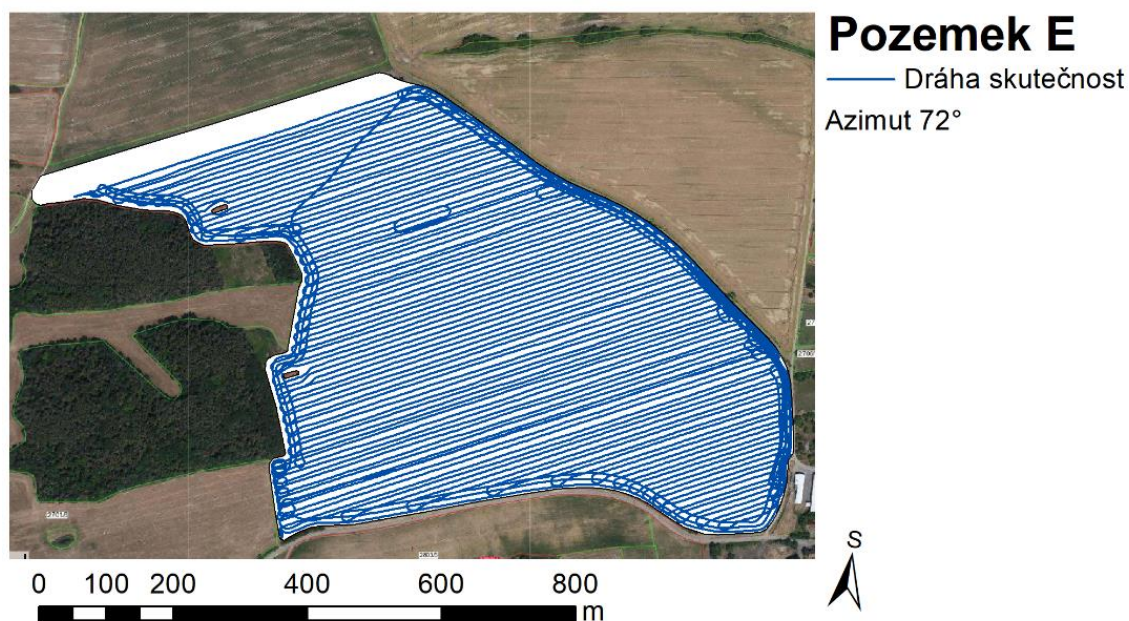
## 5.7 Pozemek E

Pozemek E s katastrálním číslem 2701/1 má výměru 40,64 ha a nachází se vedle obce Hřebečnický. Průměrná nadmořská výška je 413,11 metrů nad mořem. Na pozemku se nacházejí 2 stožáry vysokého napětí, v levé části téměř na souvrati. Pole má tvar nepravidelného mnohoúhelníku. Na severovýchodní straně a jižní straně je lemován silnicí. Na části východní strany je v bezprostřední blízkosti zemědělského podniku a vesnice, nachází se zde i hlavní vjezd na pozemek. Na severozápadní straně navazuje další orná půda. Na západní členité straně pozemek sousedí s travnatou plochou a částí lesíku.

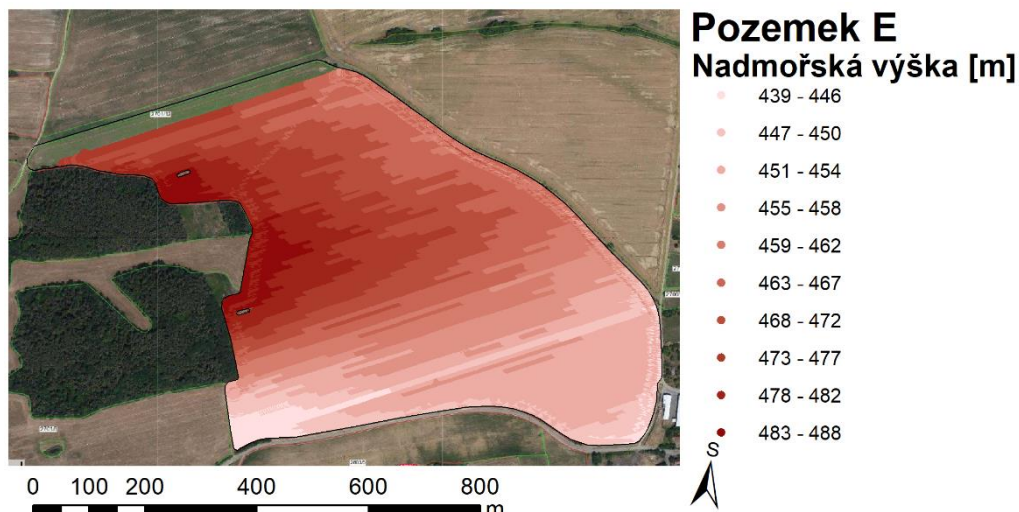
Pozemek	Azimut [°]	Délka celkem [m]	Hlavní pracovní linie [m]	Počet otoček	Délka otoček [m]	Délka souvratě [m]	Hlavní pracovní linie		Výměra [ha]
							Podíl	Rozdíl	
E	72	66019,1	45605,4	97 (130)	20413,7		69,08%	-9,45%	40,64
Model E	73	60290	47342,9	90	3336,01	9611,06	78,53%		
Rozdíl	1	-5729	1738	-7	-7466,58				

Tab. 6 Pozemek E (autor)

Obrázek č. 36 ukazuje skutečně používané linie dráhy s azimutem 72°. Traktor zaznamenal 16823 bodů pro tento pozemek E. Celková délka dráhy činí 66019,1 m. Hlavní pracovní linie, představující dlouhé linie ve středu pozemku má délku 45605,4 m a představuje 69% podíl na celkové dráze. Zbytek tvoří otočky a souvratě s 20413,7 m. Počet otoček na konci drah na souvrati je v této operaci 130. Nachází se zde ale mnoho zbytečných oblouků a přejezdů, při jejich eliminaci a zároveň při zachování sklonu dráhy by se toto číslo mohlo snížit až na 97 otoček.

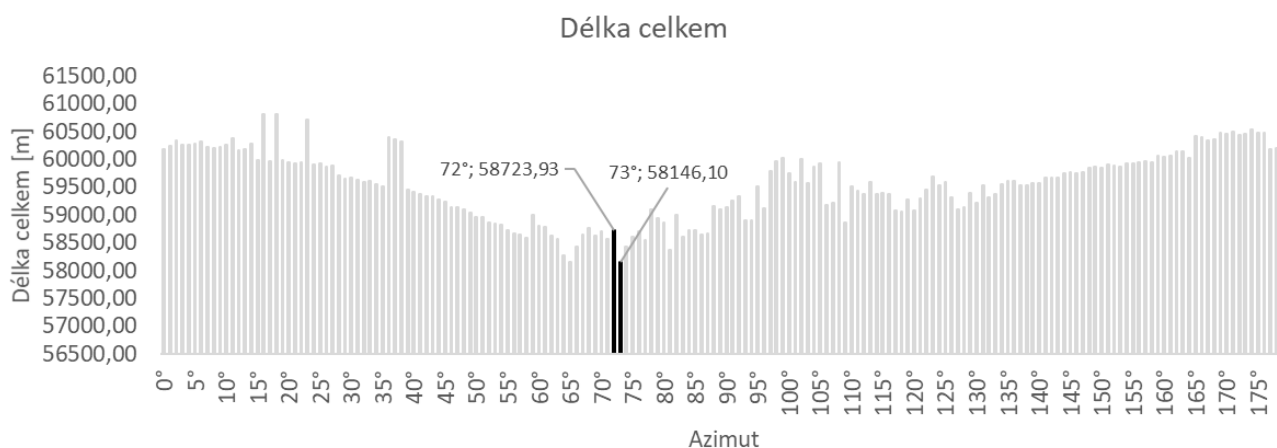


Obr. 36 Pozemek E Dráha skutečnost (autor)



Obr. 37 Pozemek E Nadmořská výška (autor)

Svažitost pozemku je následující. Uprostřed západní strany se nachází nejvyšší část pozemku. Směrem na východ se pozemek mírně svažuje. S větším sklonem se pozemek svažuje směrem k jihu.

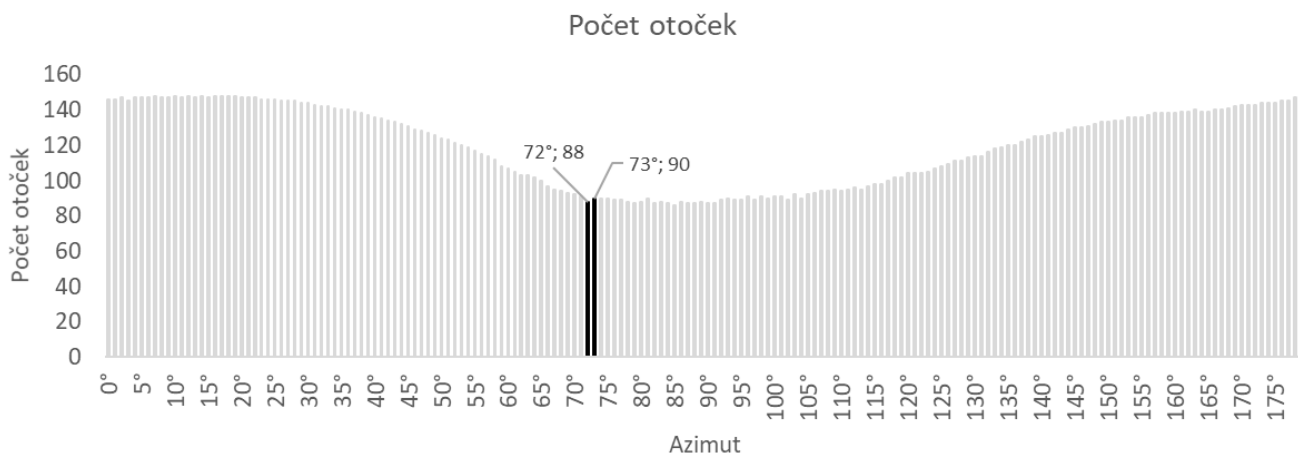


Graf. 13 Pozemek E Délka (autor)

Celková délka dráhy v závislosti na sklonu dráhy je vyobrazena na grafu výše. Ve skutečnosti se jezdí se sklonem 72°. Při modelové situaci pro azimut 72° a 73° je viditelný rozdíl v celkové délce. Dále je na grafu vyobrazen rozptyl těchto hodnot. Od sklonu 72°, kdy je celková dráha nejkratší, celková dráha roste téměř lineárně při zvýšení i snížení úhlu.

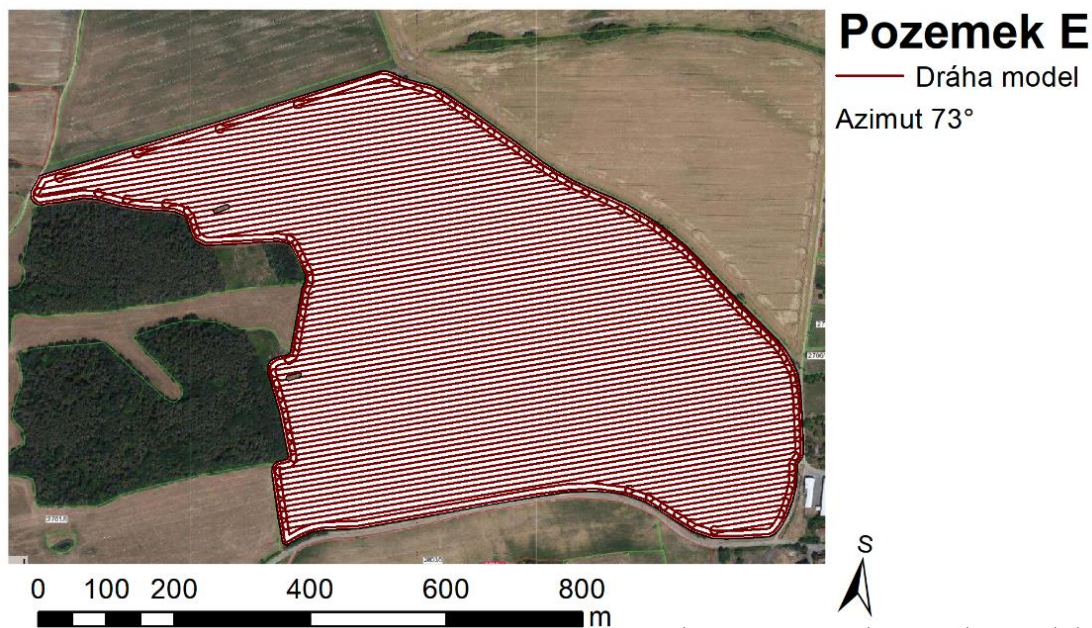


Následující graf představuje rozvržení počtu otoček vypočtených na základě sklonu dráhy a tvaru pozemku. Model pro azimut 73° počítá s 90 otočkami. Model pro azimut 72°, což je vymodelovaný současný stav, vypočetl 88 otoček, nicméně ve skutečnosti se jich jezdí více a to 97.

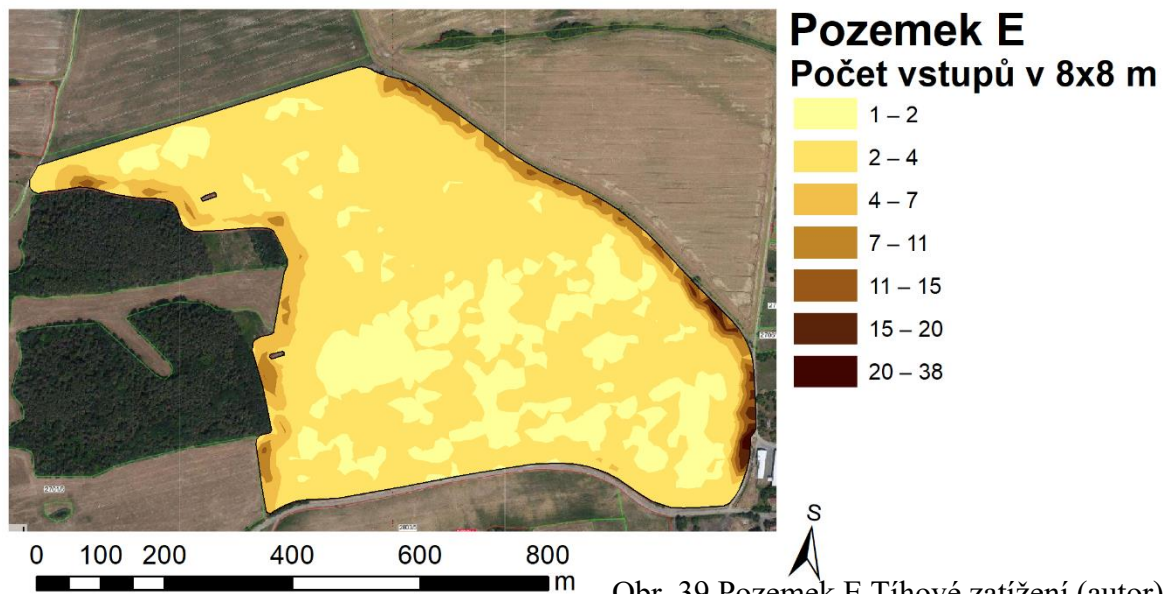


Graf. 14 Pozemek E Otočky (autor)

Model počítá se změnou azimutu jen o 1° na 73°. Délka celkové dráhy by s tím snížila o celých 5729 metrů na 60290 metrů. Poměr hlavní pracovní linie na celkové by se zvýšil o téměř 9,5 % na 78,53 %. V přesných číslech to znamená hlavní pracovní linie dlouhá 47342,9 metru (nárůst o 1738 metrů), délka otoček 3336 metrů a délka souvratě 9611 metrů (zkrácení o 7466,58 metrů). Počet otoček by se také snížil a to o 7 na 90 otoček.



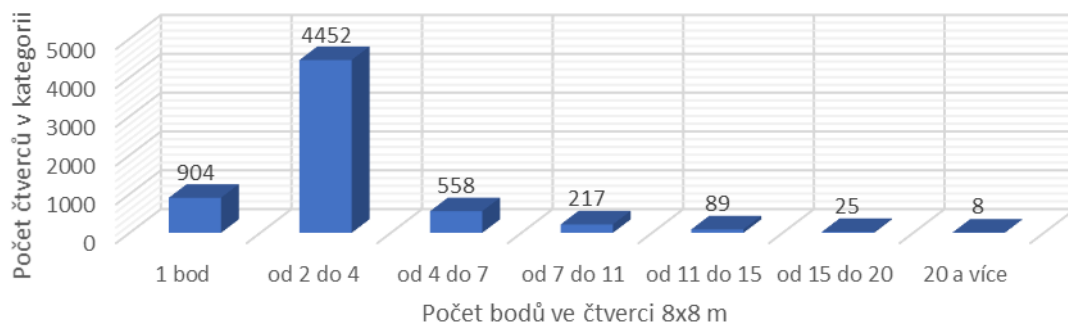
Obr. 38 Pozemek E Dráha model (autor)



Obr. 39 Pozemek E Tíhové zatížení (autor)

Jak je patrné z obrázku č. 39, nejvíce postižená místa tíhovým zatížením jsou na pozemku E souvratě na východní části. Pozemek E byl rozdělen na 6253 čtverců o rozměrech 8x8 m. Jeden bod byl zaznamenán na 15 % plochy, na 904 čtvercích. 2 nebo 3 body byly zaznamenány na 71 % plochy, na 4452 čtvercích. 4 až 6 vteřin se secí souprava zdržela na 558 čtvercích. Zdržení 7 až 10 vteřin bylo zaznamenáno na 9 %, na 217 čtvercích. Zdržení více než 11 vteřin bylo na 126 čtvercích. Největší počet, 42 bodů, byl zaznamenán v jihovýchodním rohu pozemku, kde se nachází jediný používaný vjezd na pozemek, a to přímo ze zemědělského areálu. Jak lze poznat z odstínu východní souvratí, je dost využívána. Zejména spodní část má velmi tmavou barvu. Zde by stálo za zvážení možnosti, jak tato místa využívat lépe. Jedno z řešení by mohlo být používat více vjezdů na pole, snížila by se tak koncentrace mnoha přejezdů jednoho a toho samého místa. Případně by se část souvratí mohla používat jen jako dopravní část a vynechat ji při setí porostu.

### Zatížení pozemek E



Graf. 15 Pozemek E Zatížení (autor)



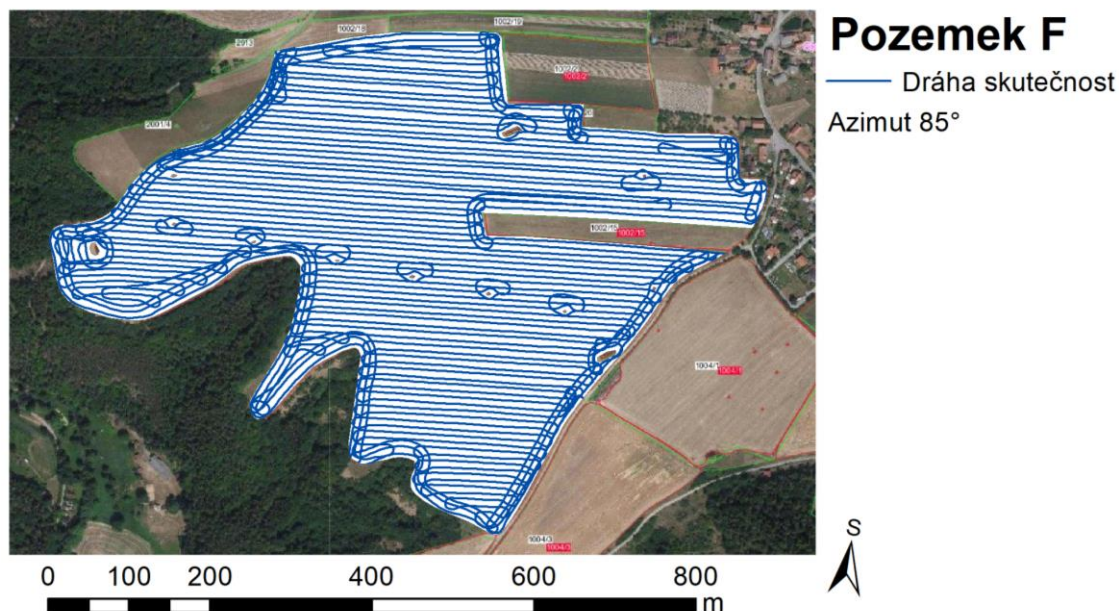
## 5.8 Pozemek F

Pozemek F s číslem 1002/5 má výměru 26,84 ha. Nachází se vedle obce Skryje. Průměrná nadmořská výška činí 336,55 metrů nad mořem. Pozemek je vzdálen 500 m od řeky Berounky a 150 m od Zbirožského potoka. Tvar tohoto pole je velmi členitý a nachází se zde ještě 9 sloupů elektrického vedení a 3 stožáry vysokého napětí. Pozemek obklopují z velké části další pole s ornou půdou a z jihozápadu les a strmá stráž ke Zbirožskému potoku.

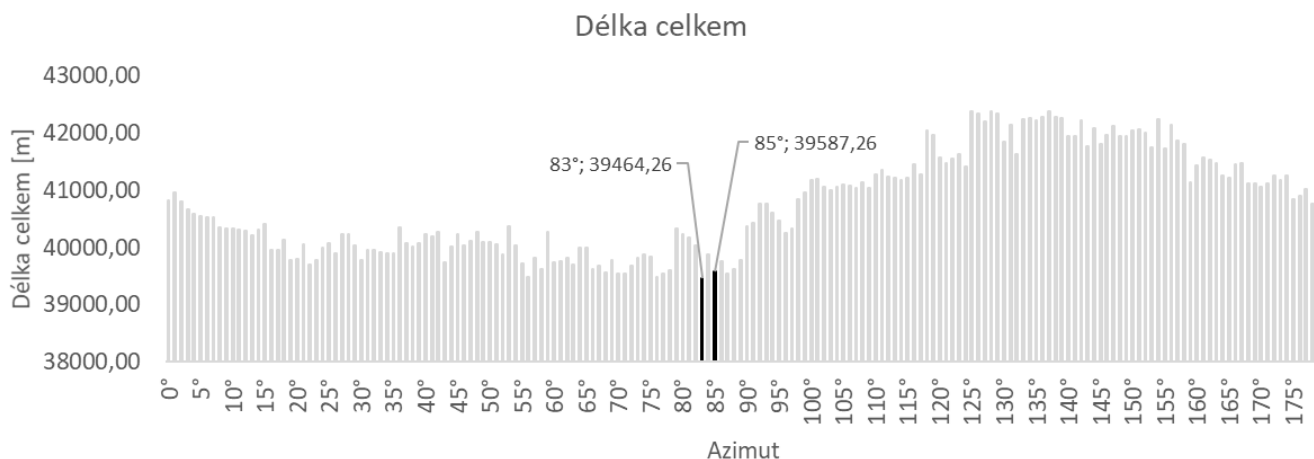
Pozemek	Azimut [°]	Délka celkem [m]	Hlavní pracovní linie [m]	Počet otoček	Délka otoček [m]	Délka souvratě [m]	Hlavní pracovní		Výměra [ha]
							Podíl	Rozdíl	
F	85	44332	25829	98 (139)	18503		58,26%	-14,86%	26,84
Model F	83	41050	30015	88	822	10213	73,12%		
Rozdíl	-2	-3282	4186	-10	-7468				

Tab. 7 Pozemek F (autor)

Zaznamenaná dráha secí soupravou má sklon 85°. Na pozemku F bylo zaznamenáno 11580 bodů. Celková dráha je dlouhá 44332 m. Podíl hlavní pracovní linie na celkové je 58,26 % s délkou 25829 m. Zbytek představují souvratě a otočky na nich s 18503 m. Počet všech otoček a provedených oblouků činí 139. Pozemek je velmi členitý, ale při použití nejspíše autonomního řízení stroje by se mohlo podařit počet otoček snížit na 98.



Obr. 40 Pozemek F Dráha skutečnost (autor)

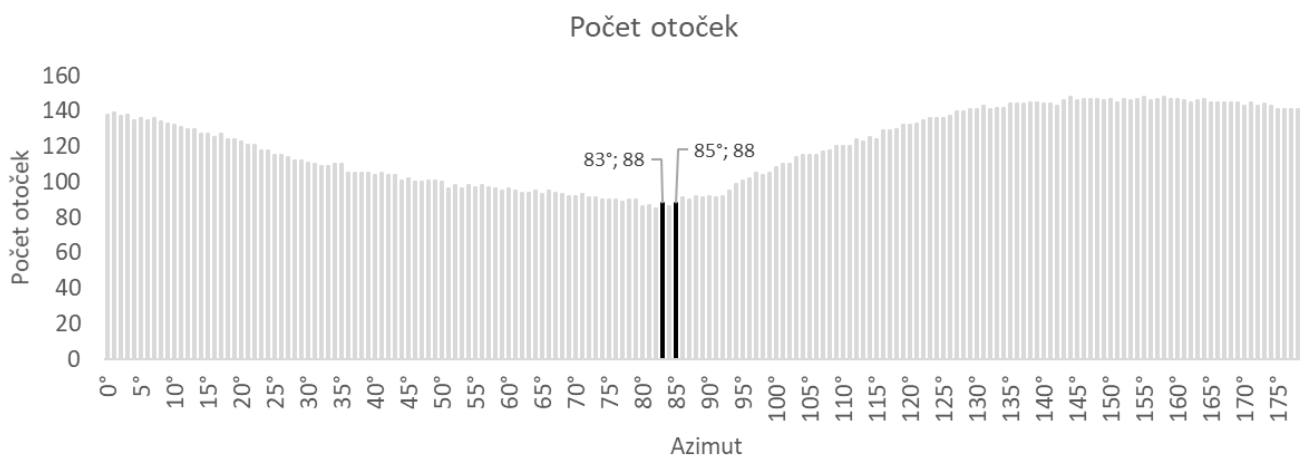


Graf. 16 Pozemek F Délka (autor)

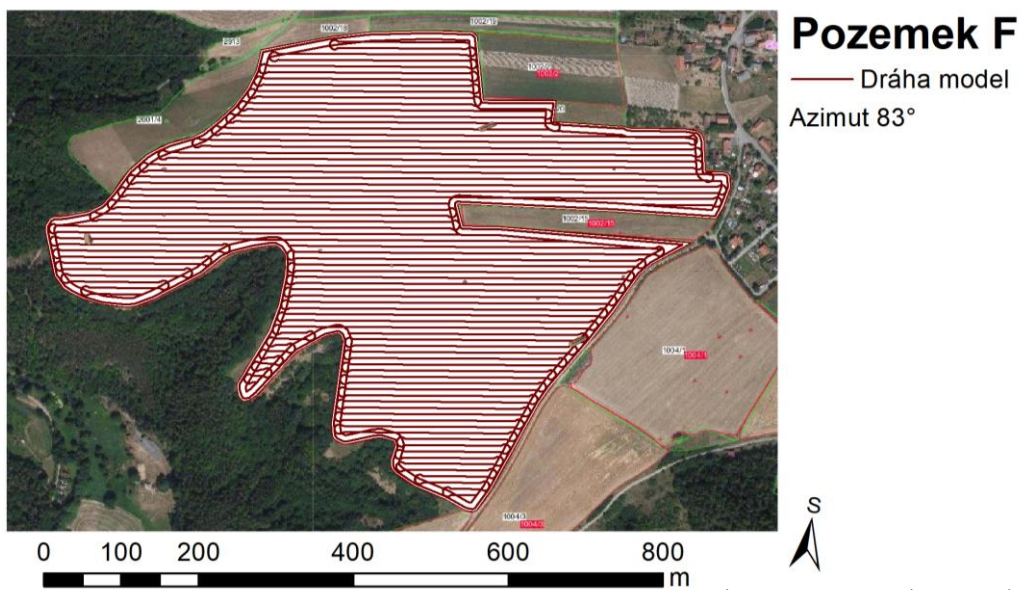
Graf v horní části strany zobrazuje rozdílné celkové dráhy tras podle zvoleného azimutu. Již v současné době používaná dráha s azimutem 85° má jednu z nejkratších možných drah. Modelová situace počítá s azimutem 83°, který přináší, co se modelových dat týče úsporu zhruba 100 m, což je zanedbatelný rozdíl s ohledem na téměř 27 hektarové pole.

Počet otoček u vybraného azimutu v modelové situaci spolu s ostatními možnostmi azimutu a otoček je na grafu níže. Opět je stav podobný situaci na grafu zobrazující celkovou délku drah pozemku F. Počet otoček v modelu s azimutem 85° představuje jednu z nejvhodnějších variant. V modelu použitý azimut 83° počítá s 88 otočkami, což je téměř poloviční číslo, než třeba model s azimutem 145°.

Byl zvolen model se sklonem dráhy 83° na základě nejkratší celkové délky dráhy a nízkého počtu otoček.

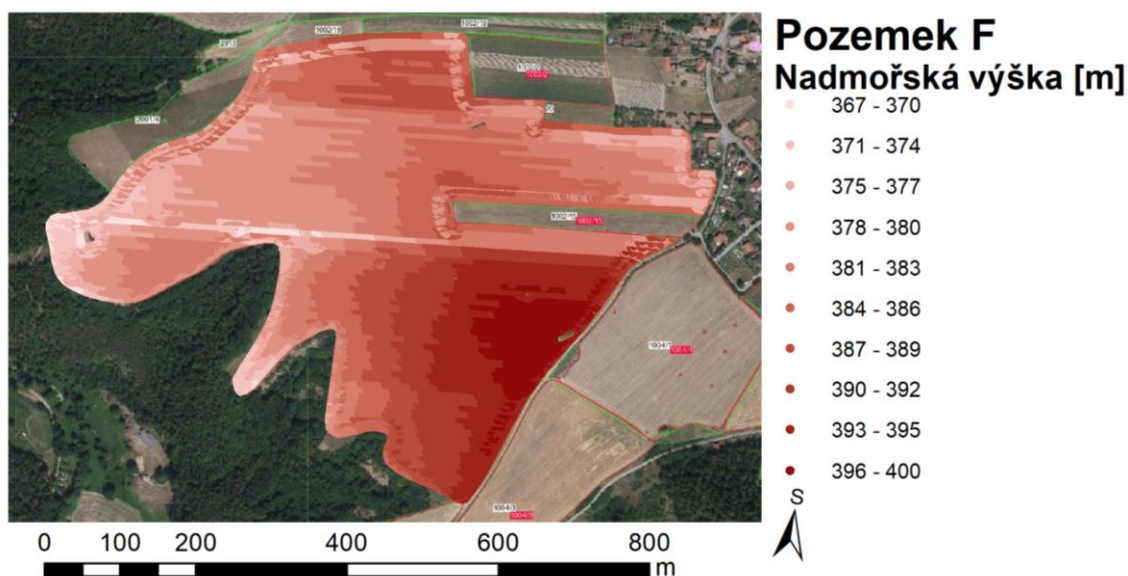


Graf. 17 Pozemek F Otočky (autor)



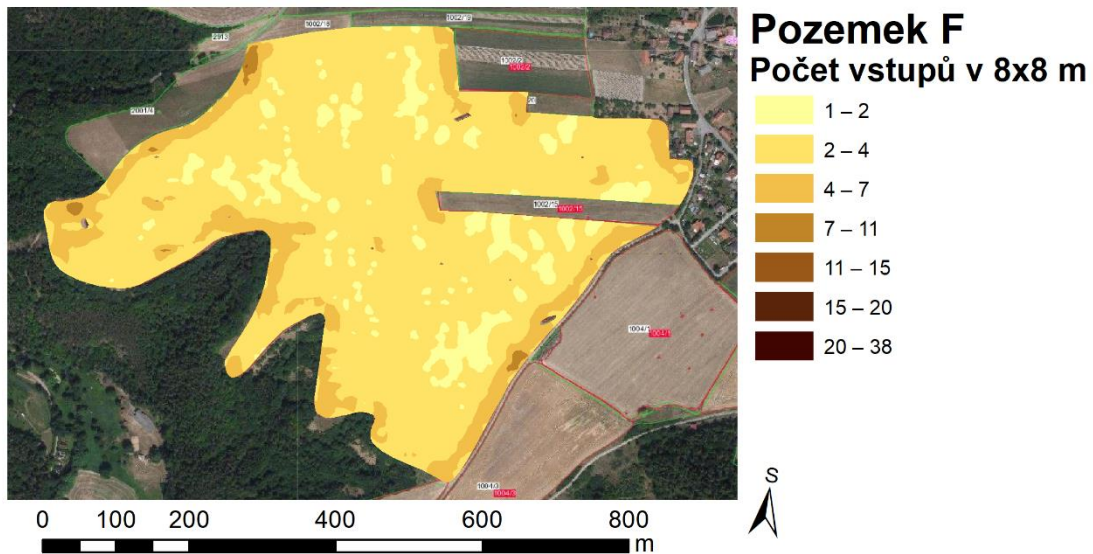
Obr. 41 Pozemek F Dráha model (autor)

Model dráhy pozemku F počítá s azimutem 83°. Celková dráha by se tím snížila o 3282 m na 41050 m. Podíl hlavní pracovní linie na celkové by se zvýšil o 14,86 % na 73,12 %. Což představuje nejefektnější změnu ze všech zkoumaných pozemků A-H. Hlavní pracovní linie by dosahovala délky 30015 m, délka otoček 822 m a délka souvratě 10213 m. Počet otoček v tomto modelu činí 88.



Obr. 42 Pozemek F Nadmořská výška (autor)

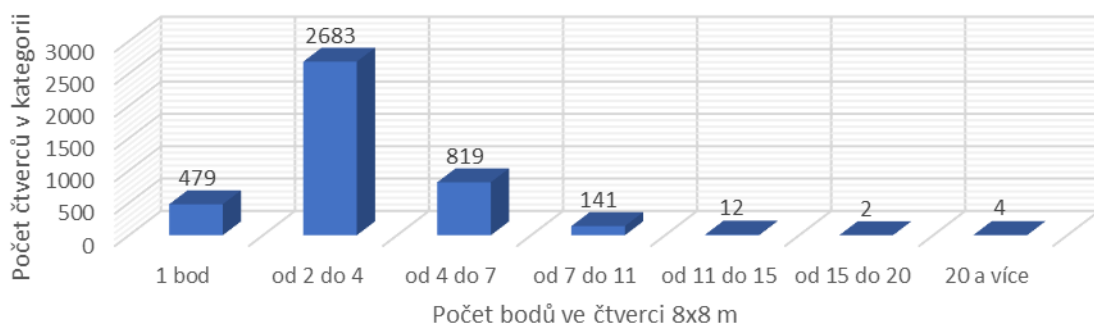
Obrázek č. 42 znázorňuje svažitost pozemku F. Dle GPS navigace traktoru se nejvyšší bod pozemku nachází v jihovýchodní části odkud se postupně směrem na sever a zejména na západ terén svažuje až k nejnižšímu naměřenému bodu, kde na pozemek navazuje zalesněný sráz.



Obr. 43 Pozemek F Tíhové zatížení (autor)

Pozemek F byl rozdělen na 4140 čtverců. Ve 12 % (479 čtverců) byl zaznamenán jen jeden bod. V 65 % (2688 čtverců) byly zaznamenány 2 nebo 3 body. V dalších 20 % (819 čtverců) bylo zaznamenáno 4 až 6 bodů. Jen ve 3 % (141 čtvercích) bylo bodů 7 až 10. A ve zbytku (18 čtverců) bylo více než 11 bodů. I přes tak velkou členitost a náročnost pozemku nevykazuje nijak zvlášť velké tíhové přetížení. V nejsevernějším západním cípu a uprostřed jihovýchodní strany se nachází používaný vjezd na pozemek, a to je důvodem vyšší koncentrace bodů a tím delšího zdržení secí soupravy. Model dráhy počítá především s těsným objížděním překážek bez obkroužení, čímž se prodlouží a zrychlí hlavní pracovní linie.

#### Zatížení pozemek F



Graf. 18 Pozemek F Zatížení (autor)



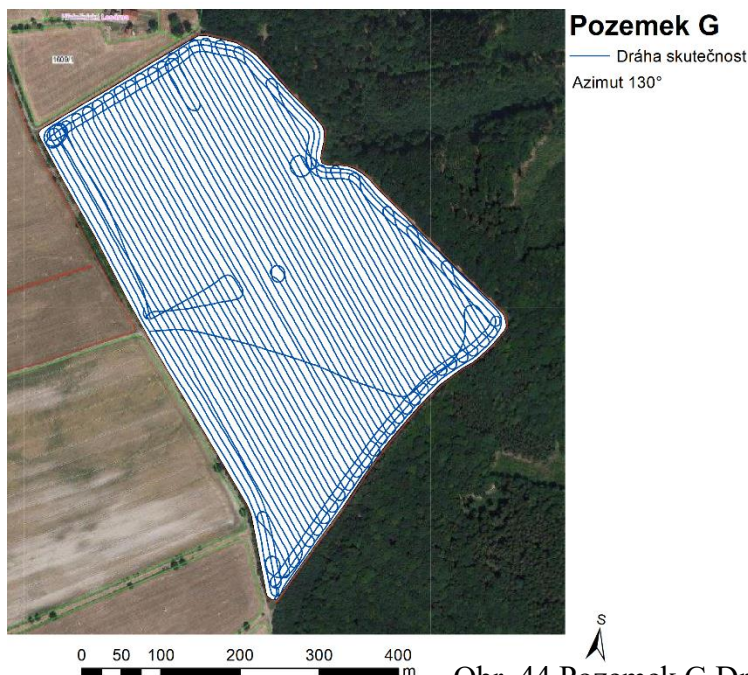
## 5.9 Pozemek G

Pozemek G s katastrální číslem 1605/1 o výměře 19,74 ha má průměrnou nadmořskou výšku 406,66 metrů nad mořem. Nachází se východně od obce Hřebečnický. Tvar pozemku připomíná obdélník otočený o 45°. Ze severovýchodní a jihovýchodní strany pozemek sousedí s lesem. Polní cesta vede vedle severozápadní strany a jihozápadní strany, uprostřed této strany se nachází vjezd na pozemek. Téměř uprostřed pozemku se vyskytuje překážka, pravděpodobně myslivecký posed.

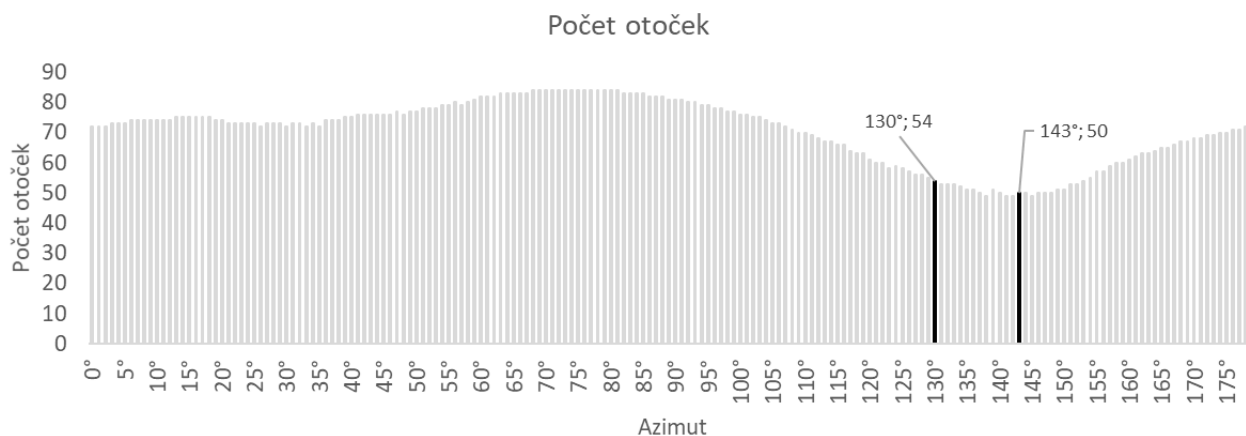
Pozemek	Azimut [°]	Délka celkem [m]	Hlavní pracovní linie [m]	Počet otoček	Délka otoček [m]	Délka souvratě [m]	Hlavní pracovní linie		Výměra [ha]
							Podíl	Rozdíl	
<b>G</b>	130	30034,5	22168,7	54 (81)	7865,77		73,81%	+0,12%	19,74
<b>Model G</b>	143	28617,6	21089,8	50	1847,68	5680,1	73,70%		
<b>Rozdíl</b>	13	-1417	-1079	-4	-338				

Tab. 8 Pozemek G (autor)

Na obrázku níže je vidět skutečná dráha, kterou vykonává secí souprava. Azimut je 130°. Celková dráha 30034,5 m byla vytvořena na základě 7193 zaznamenaných bodů. Z toho 22168,7 m je hlavní pracovní linie, která představuje 73,81% podíl na celkové linii. Zbylá dráha představující délku otoček a souvratě mají délku 7865,77 m. Počet všech otoček a oblouků v této konkrétní snímané operaci činí 81. Ale jak je i na obrázku vidět, bylo zde provedeno několik oblouků navíc, takže při preciznějším způsobu práce se počet otoček může snížit až na 54. Navíc, jak je vidět na obrázku, pozemek byl přejet zbytečně přespríč.



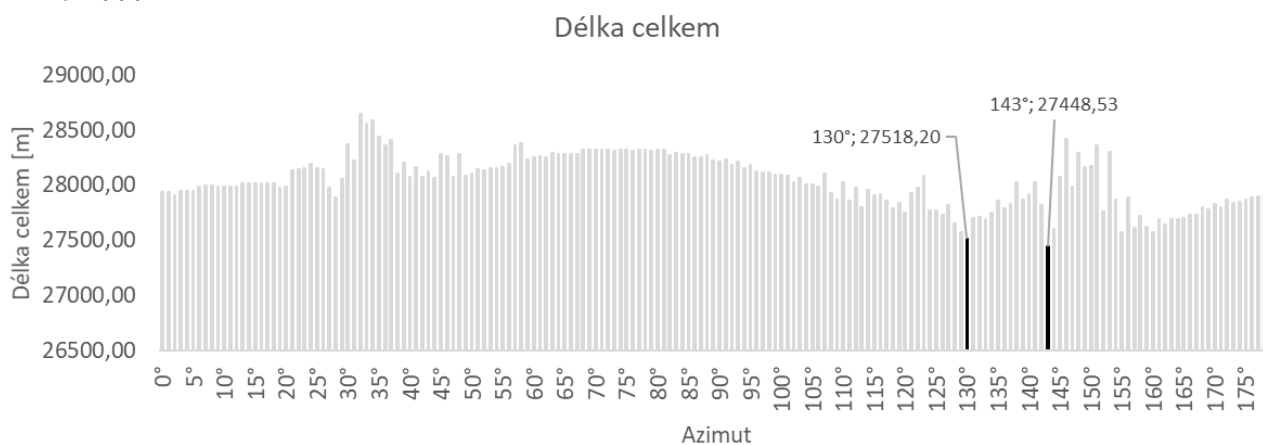
Obr. 44 Pozemek G Dráha skutečnost (autor)



Graf. 19 Pozemek G Délka (autor)

Grafy na této stránce představují rozhodující data pro zvolení modelové trasy. Na horním obrázku je vidět rozdílnost počtu otoček v závislosti na úhlu sklonu dráhy. V rámci pozemku G tu ale není moc velká úspora, jen 4 otočky.

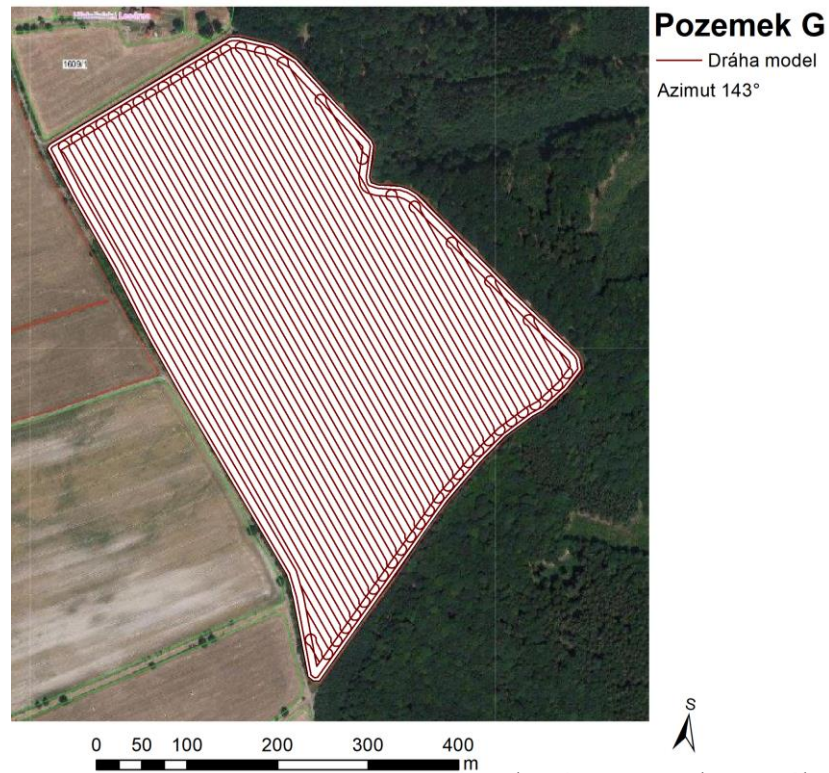
Obrázek níže představuje rozdílnost celkové délky drah podle zvoleného úhlu azimutu. Jak je vidět na obrázku, některým způsobem natočené dráhy mají za následek delší dráhu i až o 1000 metrů.



Graf. 20 Pozemek G Otočky (autor)

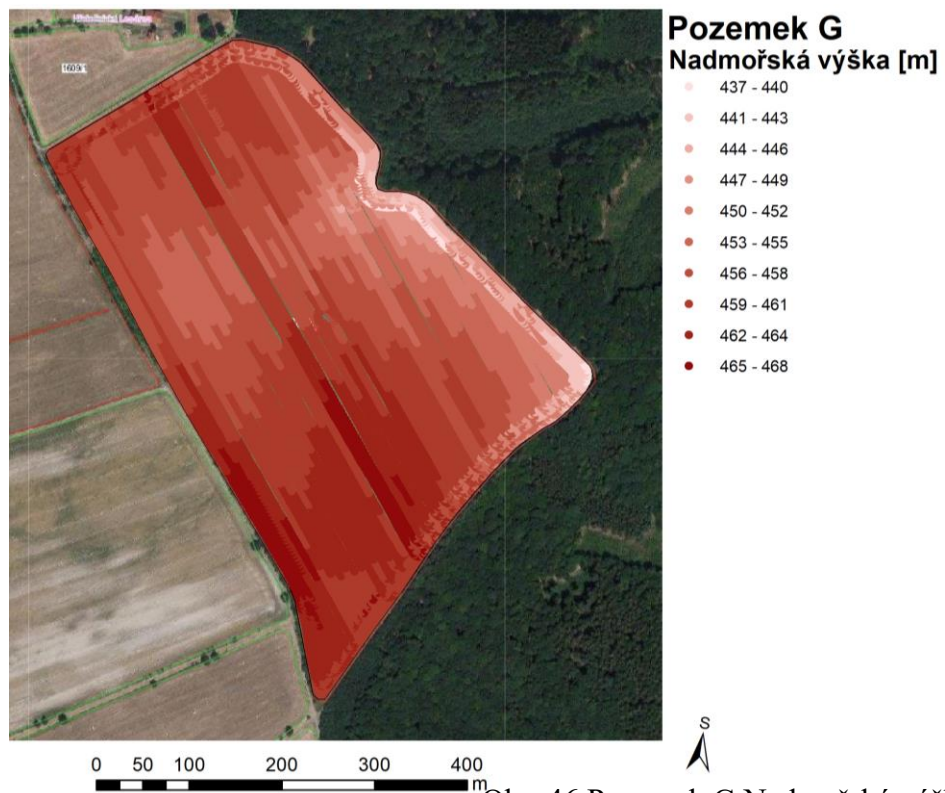
Na další straně je obrázek s modelovým návrhem pracovních drah. Předpokládá azimut 143°. Délka celkové dráhy v tomto případě je 28617,6 m, je o 1417 m kratší než skutečná dráha. Hlavní pracovní linie je o více než 1000 m kratší, a to 21089,8 m a představuje 73,70% podíl na celkové dráze, což je téměř totožný podíl jako u skutečné používané dráhy. Délka otoček je zde 1847,68 m a délka na souvratích 5680,1 m. Počet otoček v modelu je 50, to je až o 31 méně, než kolik bylo zaznamenáno secí soupravou.



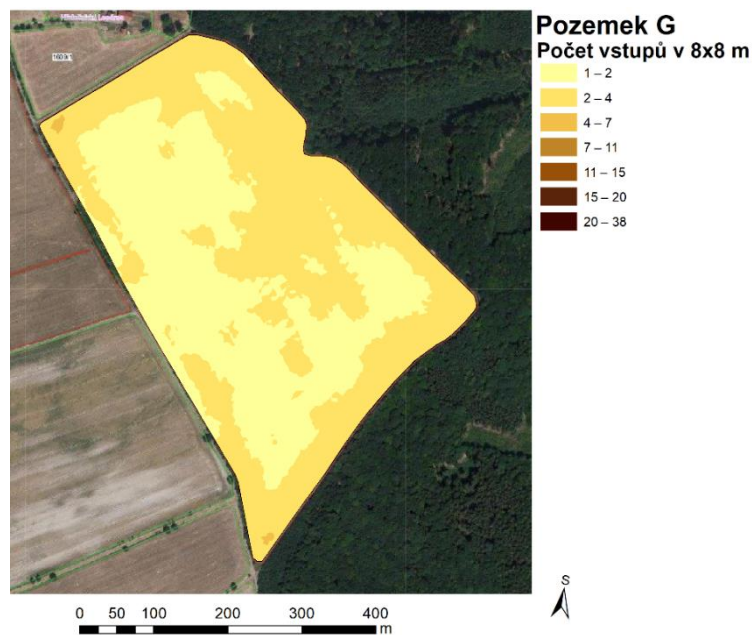


Obr. 45 Pozemek G Dráha model (autor)

Pozemek G je téměř rovný. Mírně se svažuje ze všech stran k viditelnému zubu lesa na východní straně pole, zde se nachází nejnižší bod pozemku. Dále se trochu svažuje do nejvýchodnějšího rohu pozemku, kde začíná lesní stráž vedoucí až k řece Berounce.

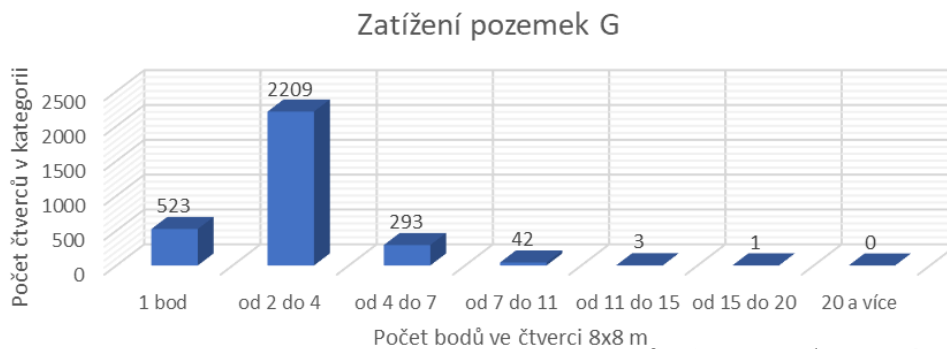


Obr. 46 Pozemek G Nadmořská výška (autor)



Obr. 47 Pozemek G Tíhové zatížení (autor)

Pozemek G byl rozdělen do 3071 čtverců o velikosti 8x8 m. Jak je z obrázku patrné, jedná se o pozemek, který patří mezi méně tíhově zatížené pozemky ze všech zkoumaných. V 17 % čtverců (523 čtverců) byl zaznamenán jen jeden bod. Na 2209 čtvercích, což je 72 % plochy, byly zaznamenány 2 nebo 3 body. Dále na 10 % čtverců (293 čtverců) bylo zaevidováno 4 až 6 bodů. Zbylé jedno procento představuje 46 čtverců, kde bylo zaznamenáno 7 až 16 bodů. S ohledem na stav celého pozemku je relativně nejvíce zatížen západní a jižní roh, kde v jednom čtverci byla zaznamenána nejvyšší hodnota, a to 16 bodů. V porovnání s ostatními zkoumanými pozemky je to velmi dobrý stav. I s ohledem na takto dobrý původní stav není změna trajektorie potřebná. Použití sklonu dráhy, jak je navrženo v modelové situaci, nepřináší téměř žádnou výhodu. Podíl hlavní pracovní linie na celkové je o 0,12 % menší než u současně používané dráhy. Při použití přesnějšího obhospodařování tohoto pozemku, jak již bylo zmíněno výše, se dá dosáhnout téměř stejného počtu otoček, jako je navrženo v modelu.

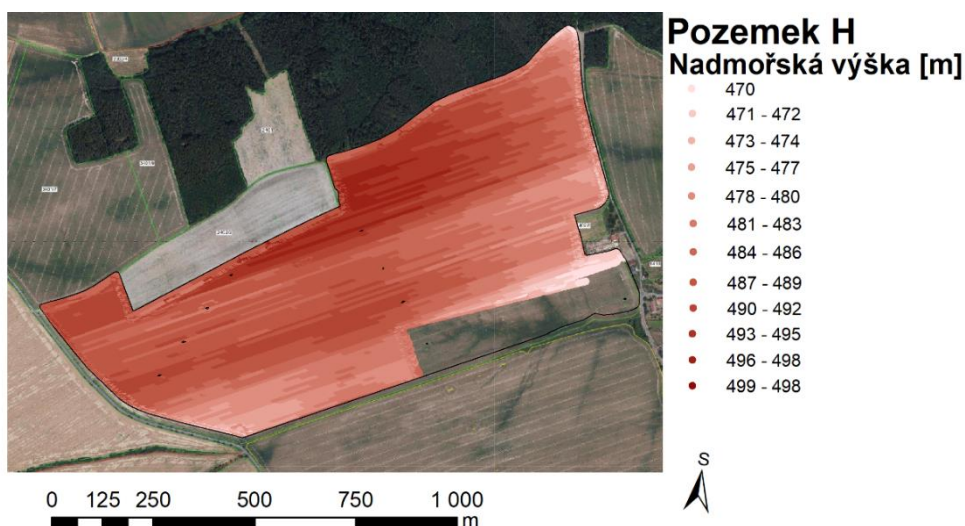


Graf. 21 Pozemek G Zatížení (autor)

## 5.10 Pozemek H

Pozemek H v katastru nemovitostí označen 2402/7 se nachází vedle vesnice Novosedly. Výměru má 68,03 ha a průměrná nadmořská výška je v LPIS uvedena 434,03 metrů nad mořem. Pozemek má téměř obdélníkový tvar, což má za následek dlouhé rovné pracovní dráhy. Na severní straně je v něm vyříznut jiný pozemek, jiná orná půda, jinak ze severu je ohraničen lesem. Východní strana je lemována polní cestou s alejí stromů. Dále je zde výsek bývalé zemědělské usedlosti. Jihovýchodní roh pozemku sousedí s vesnicí. Po celé jižní straně tvoří hranici pozemku polní cesta. Tato polní cesta je vytvořena jen pásem nezasetého pole zanechaného ladem. Jedná se o hranici s dalším polem, které se zpracovává stejným způsobem, což vychází z provozních dat secího stroje, který prováděl práci na všech těchto pozemcích. Jinak tento pozemek není předmětem dalšího zkoumání. Okolo západní strany vede silnice. Na pozemku H se nachází 9 sloupů elektrického vedení

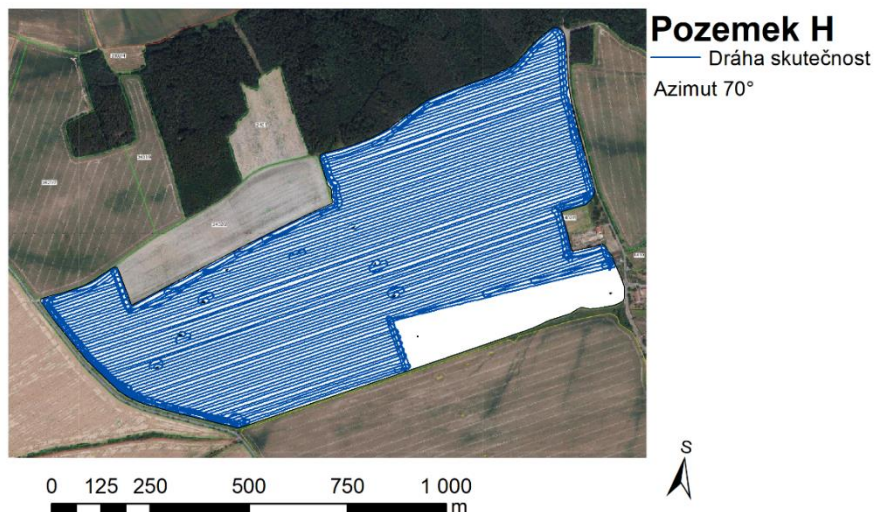
Pozemek	Azimut [°]	Délka celkem [m]	Hlavní pracovní linie [m]	Počet otoček	Délka otoček [m]	Délka souvratě [m]	Hlavní pracovní linie		Výměra [ha]
							Podíl	Rozdíl	
H	70	93153	73004	113 (155)	20150		78,37%	-9,19%	68,03
Model H	73	94272	82545	113	908	12635	87,56%		
Rozdíl	3	1119	9542	0	-6607		Tab. 9 Pozemek H (autor)		



Obr. 48 Pozemek H Nadmořská výška (autor)

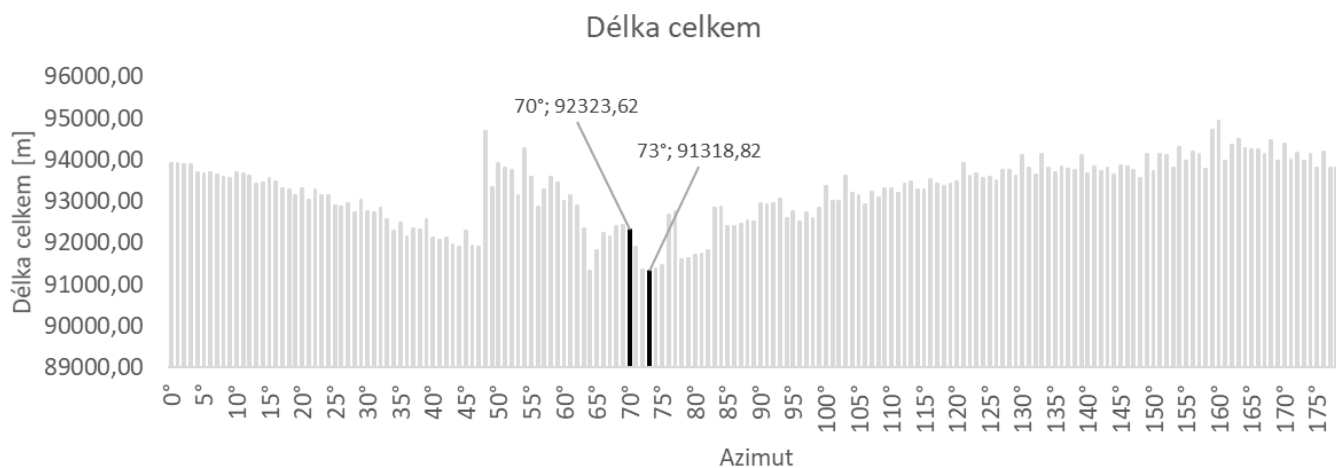
Svažitost pozemku H je následující. Na severní straně pozemku uprostřed se nachází nejvyšší místo pozemku. Z tohoto místa se mírně svažuje na západ i na východ. S trochu větším sklonem se svažuje na jih. Akorát v místě, kde při této události nebylo pracováno a nejsou tedy dostupná data ze stroje, se nachází nejnižší místo pozemku. I tak je ale na obrázku výše viditelný stín, kde se nachází menší rokle.





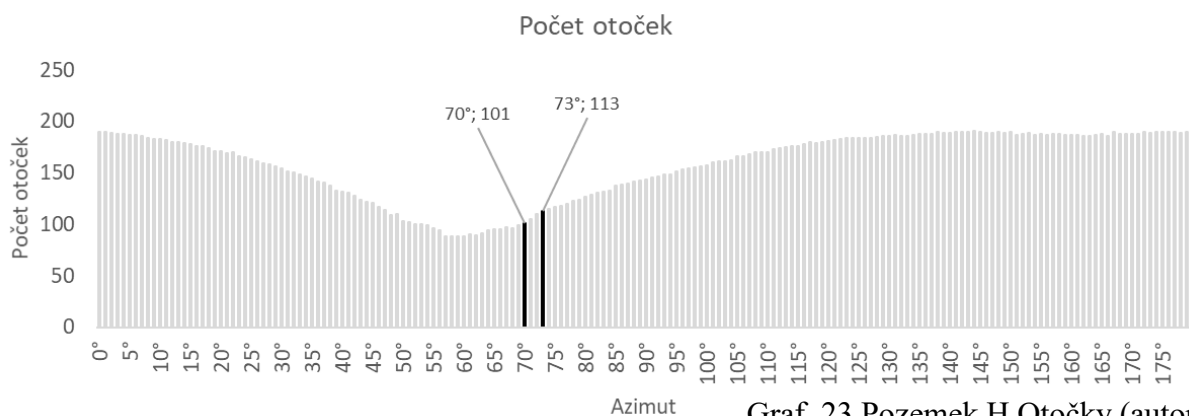
Obr. 49 Pozemek H Dráha skutečnost (autor)

Skutečná dráha s azimutem  $70^\circ$  je zobrazena na obrázku níže. Na první pohled je vidět ve spodní části pozemku vynechané místo, při zkoumané práci byla tato část vynechána, nicméně jinak se s touto částí dále počítá jako využitelnou k polním pracím. Celková dráha je 93153 m, z toho 73004 m představuje hlavní pracovní linii. Ta představuje 78,37% podíl na celkové linii. Zbylá část představuje délku otoček a délku souvratě s 20150 m. Celkový počet zaznamenaných otoček je 155. V porovnání s ostatními zkoumanými pozemky má tento pozemek H o dost větší výměru, proto při pečlivějším využití současné dráhy by se dal snížit počet otoček na 113. Na tomto pozemku bylo zaznamenáno 22401 bodů.



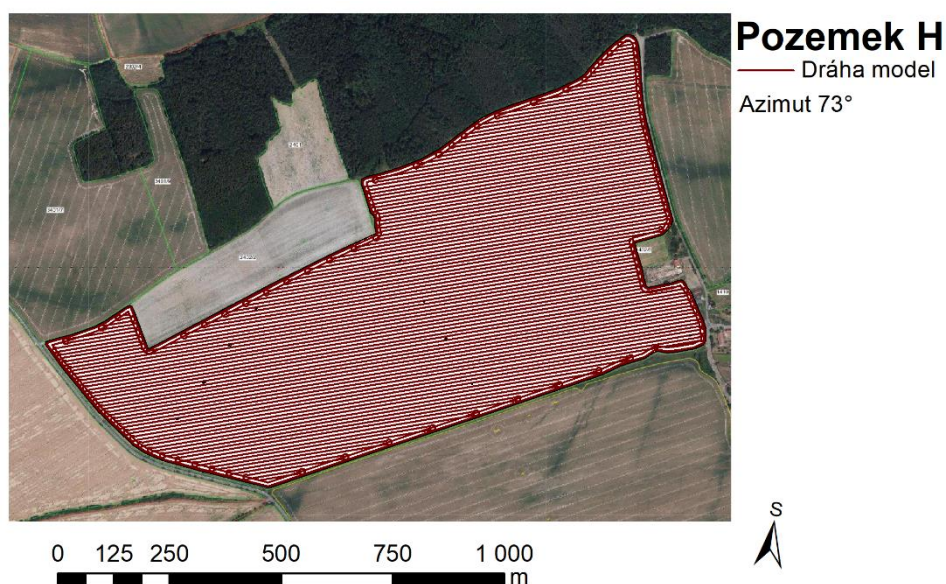
Graf. 22 Pozemek H Délka (autor)

Stanovení modelu s azimutem  $73^\circ$  bylo zejména na základě celkové délky dráhy. Rozdíly délky dráhy v závislosti na zvoleném azimutu jsou patrné na grafu výše. Průběh tohoto grafu je zajímavý, protože není lineární, délky drah s azimutem mezi  $45^\circ$  a  $70^\circ$  jsou vyšší, než by se dalo čekat.



Graf. 23 Pozemek H Otočky (autor)

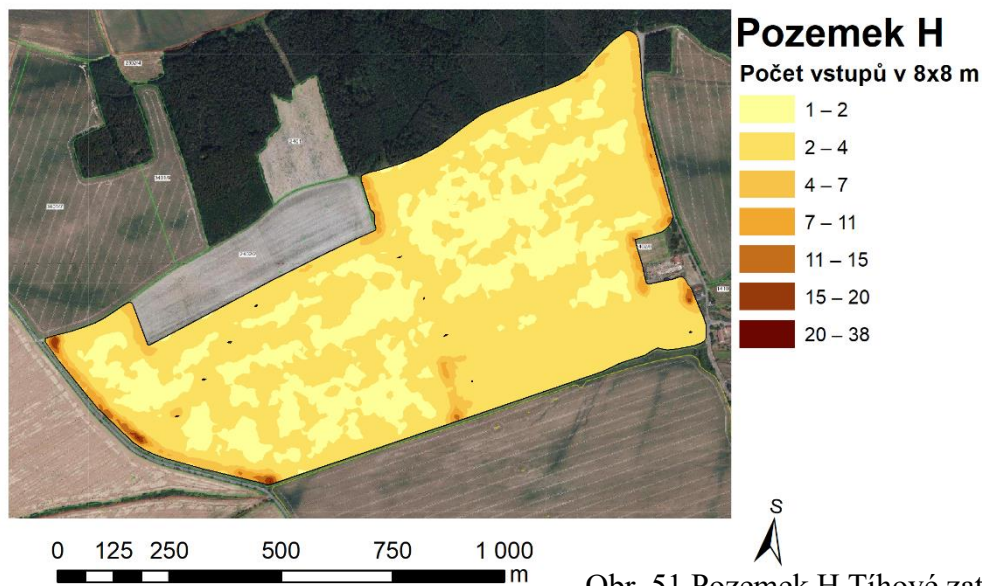
Na grafu výše je vidět závislost počtu otáček na zvoleném úhlu dráhy. Model je zvolen zejména na velikosti celkové délky dráhy. Jak bylo patrné na předchozí straně, modelové dráhy s azimutem v intervalu 45° až 70° měly dlouhé délky drah. Proto nebyly zvoleny, i když vykazovaly ještě nižší počet otoček než nakonec zvolený model s azimutem 73°.



Obr. 50 Pozemek H Dráha model (autor)

Model drah pozemku H počítá s azimutem 73°. Celková délka dráhy je 94272 m, což je o 1119 m více, než u získaných dat. Příčinou je především již dříve zmíněná vynechaná část pozemku. Hlavní pracovní linie dlouhá 82545 m představuje podíl pracovní linie na celkové linii 87,56 %. Opět je to těžké porovnávat, když je zde započítána již zmíněná vynechaná oblast, ale lze předpokládat, že i tak by vznikl kladný rozdíl v porovnání podílů skutečné a modelové hlavní pracovní linie na celkové linii, jen ne 9,19 %, ale o trochu menší. V modelu je představeno 113 otoček s předpokladem neobjíždět elektrické sloupky kolem dokola, s tím, že by měly vyjít mezi jednotlivé dráhy.

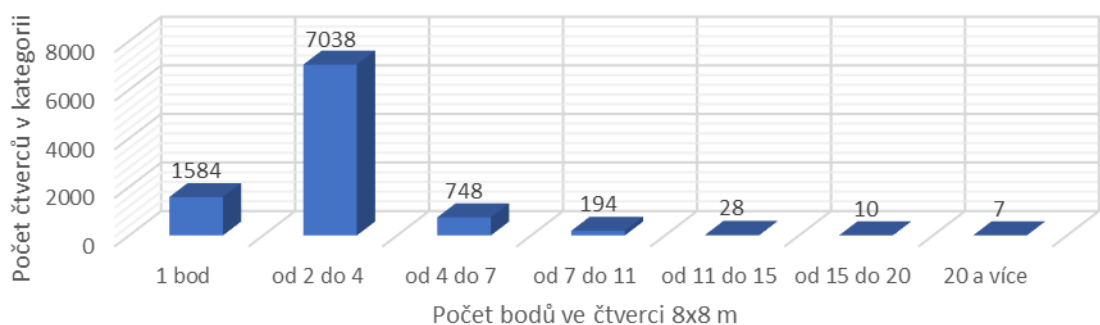




Obr. 51 Pozemek H Tíhové zatížení (autor)

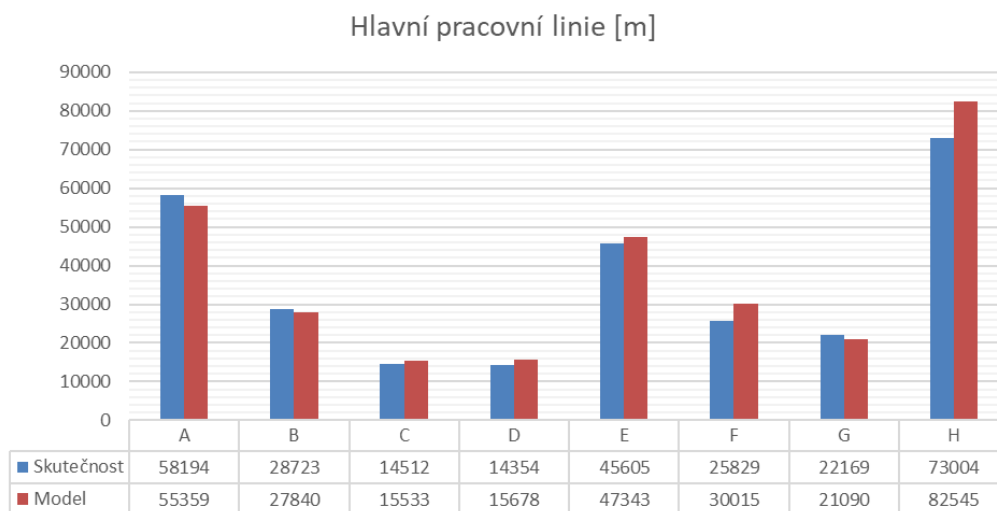
Pro výpočet tíhového zatížení byl pozemek rozdělen do 9609 čtverců 8x8 m. Z obrázku je vidět, že jsou zde postiženy zejména souvratě. V 1584 čtvercích (17 %) byl zaznamenán jen 1 bod. V 7038 čtvercích (73 %) se nachází 2 nebo 3 body. Těchto 90 %, kde je v každém jednom čtverci do 3 bodů, což je zdržení secí soupravy do 3 vteřin, je dobrý výsledek. Nicméně dalších 10 % už tak dobrých není. V 748 čtvercích (8 %) bylo 4 až 6 bodů. Na 2 % čtverců – 28 čtvercích bylo 7 až 10 vteřin zdržení. Uprostřed západní části souvratě se na jednom čtverci stroj zdržel i 38 vteřin. Takováto místa už mohou být velmi utužena, což má negativní vliv na růst plodin. Například v severozápadním rohu, kde se nachází vjezd na pozemek (tato část je na obrázku označena tmavou barvou) stojí voda, protože půda je zde tak utužená, že nedokáže vodu vsáknout.

### Zatížení pozemek H



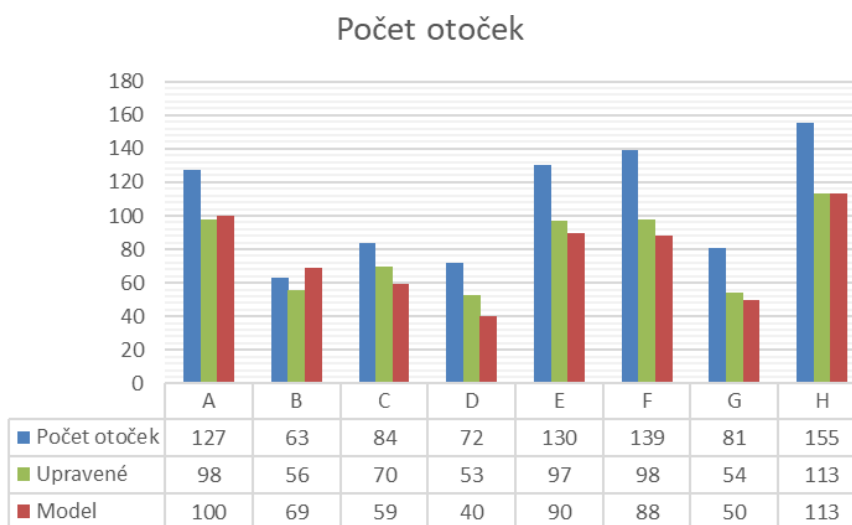
Graf. 24 Pozemek H Zatížení (autor)

Následující graf č. 26 ukazuje porovnání skutečné a modelové dráhy u všech zkoumaných pozemků A-H. Tento graf se týká podílu hlavní pracovní linie na celkové linii. Pozemky A, B a G vykazovaly u skutečné dráhy vyšší podíl hlavní pracovní linie než model, i když se zde celková dráha se snížila. Naopak model pro pozemky F a H představuje jak snížení celkové dráhy, tak viditelné zvýšení podílu hlavní pracovní linie. U ostatních pozemků (C, D, E) model představoval zvětšení podílu hlavní pracovní linie, ale ne o moc velkou část.



Graf. 26 Hlavní pracovní linie (autor)

Graf č. 27 ukazuje porovnání počtu otoček mezi skutečným stavem, upraveným současným stavem a modelem. Upravený stav představuje variantu vycházející ze skutečné dráhy a se stejným sklonem, ale s přesnějším pracovním výkonem. Kromě pozemku B, tak na všech ostatních pozemcích se počet otoček viditelně snížil při použití upravené nebo modelové varianty. Jak je patrné, tak pouze přesnější jízdou by se dalo ušetřit mnoho otoček, tím i času a snížilo by se tím i tíhové zatížení na konkrétních místech.

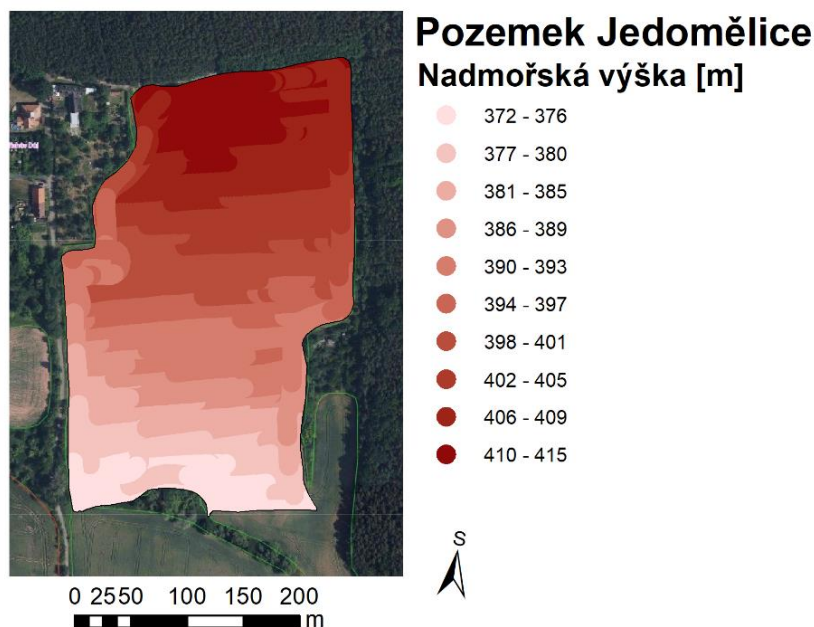


Graf. 27 Počet otáček (autor)

## 5.11 Pozemek Jedomělice

Pozemek Jedomělice je označen v katastru nemovitostí číslem 1206/4. Nachází se nedaleko obce Jedomělice. Celková výměra pozemku činí 17,06 ha, ale zkoumaná oblast je menší, zhruba 9 ha. Plocha není stanovena zcela konkrétně, protože se nejedná o jasně ohraničenou část pozemku, která se dá přesně změřit. Tato oblast koresponduje s oblastí, ke které byla dostupná data ze sklízecí mlátičky. 9 ha bylo stanoveno na základě ručního měření v aplikaci LPIS a velikosti vytvořeného polygonu ze získaných dat v programu ArcGIS. Na pozemku se nevyskytuje žádná překážka. Na severní straně sousedí s lesní cestou a lesem. Celá východní strana je lemována lesem a ve spodní části je lesní výběžek do pole. Na jižní straně se nachází zalesněná rokle, která půlí celý pozemek na sledovanou část a zbylou část. Okolo západní strany vede polní cesta se sloupy elektrické sítě. V severozápadním rohu pole se nachází obytný dům se zahradou, a proto pozemek nemá tvar celého obdélníku.

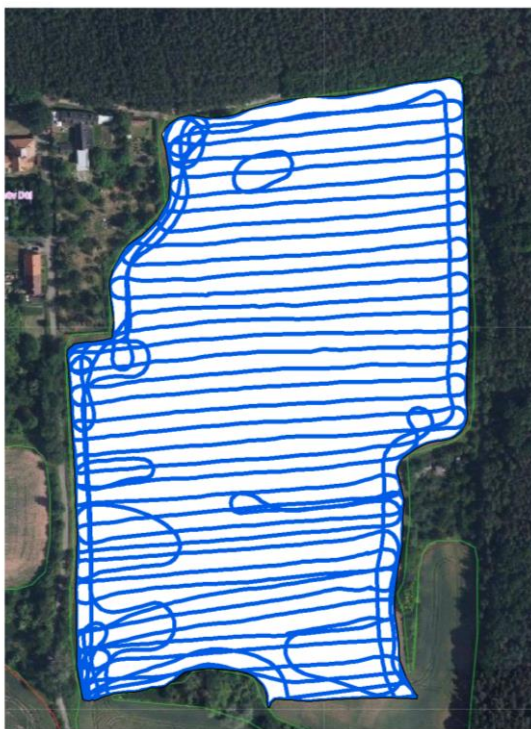
Jak je vidět na obrázku níže, nejvyšší bod se nachází úplně nahoře na severní straně uprostřed. Z tohoto bodu se pozemek postupně svažuje směrem k rokli na jižní straně. Na zhruba 400 metrech délky pozemku je klesání 40 metrů. Na pozemku byla pěstována pšenice.



Obr. 52 Pozemek Jedomělice Nadmořská výška (autor)

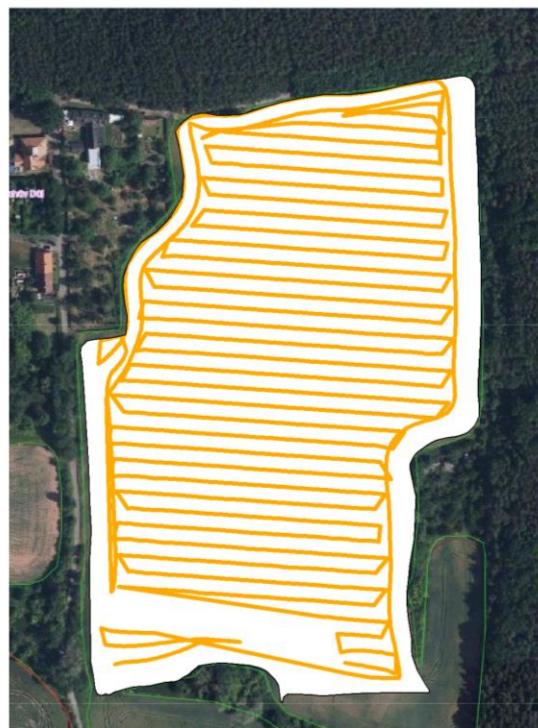
## Pozemek Jedomělice

— Dráha podmítka



## Pozemek Jedomělice

— Dráha Sklízecí mlátička

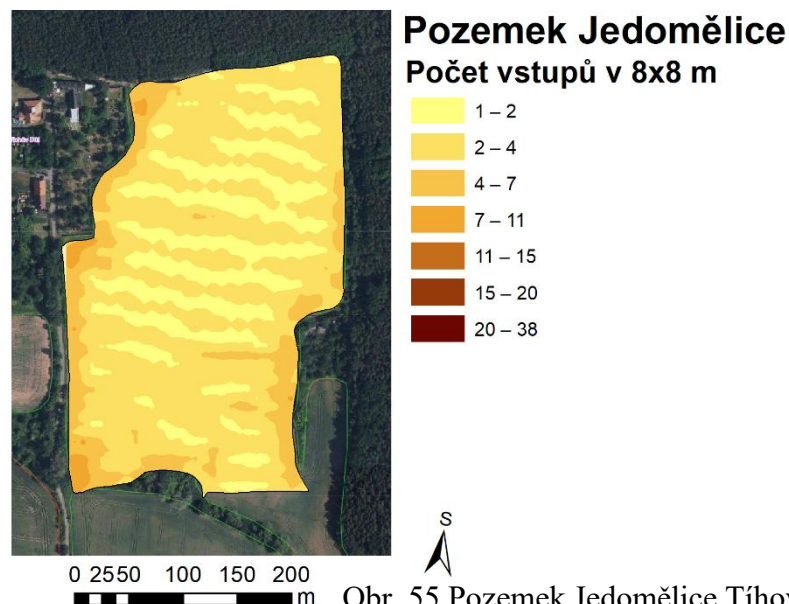


Obr. 53 Pozemek Jedomělice podmítka (autor)

Obr. 54 Pozemek Jedomělice sklizeň (autor)

Pro pozemek Jedomělice byla vypočtena na základě získaných dat celková dráha pro podmítku 12975 m. Pro sklízecí mlátičku byla vypočtena dráha 8250 m. Jak je vidět z obrázku výše, obě operace byly provedeny s odlišným sklonem jízdy. Také je patrné na obrázku s dráhou podmítky, že i zde bylo provedeno několik zbytečných oblouků a otoček, které tak zbytečně utužují půdu. Linie dráhy pro podmítku byla vytvořena na základě 4108 zaznamenaných bodů. Linie podmítky je vykreslena modrou čarou. Pomocí 3888 bodů byla vytvořena linie pro sklízecí mlátičku. Čára představující linii, po které jela sklízecí mlátička je vykreslena oranžovou barvou.

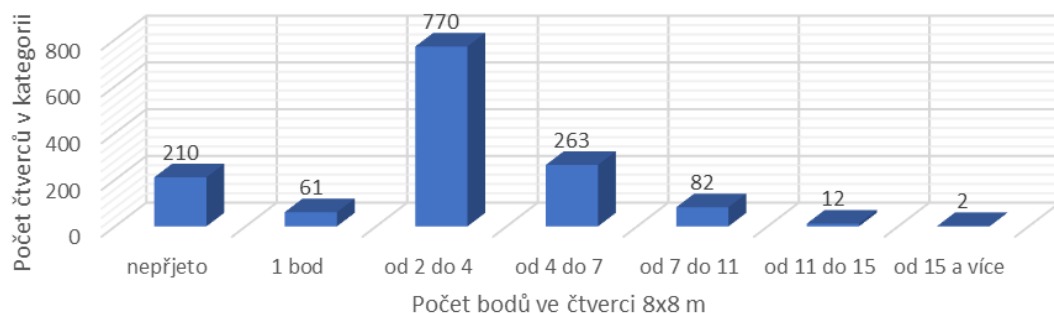




Obr. 55 Pozemek Jedomělice Tíhové zatížení (autor)

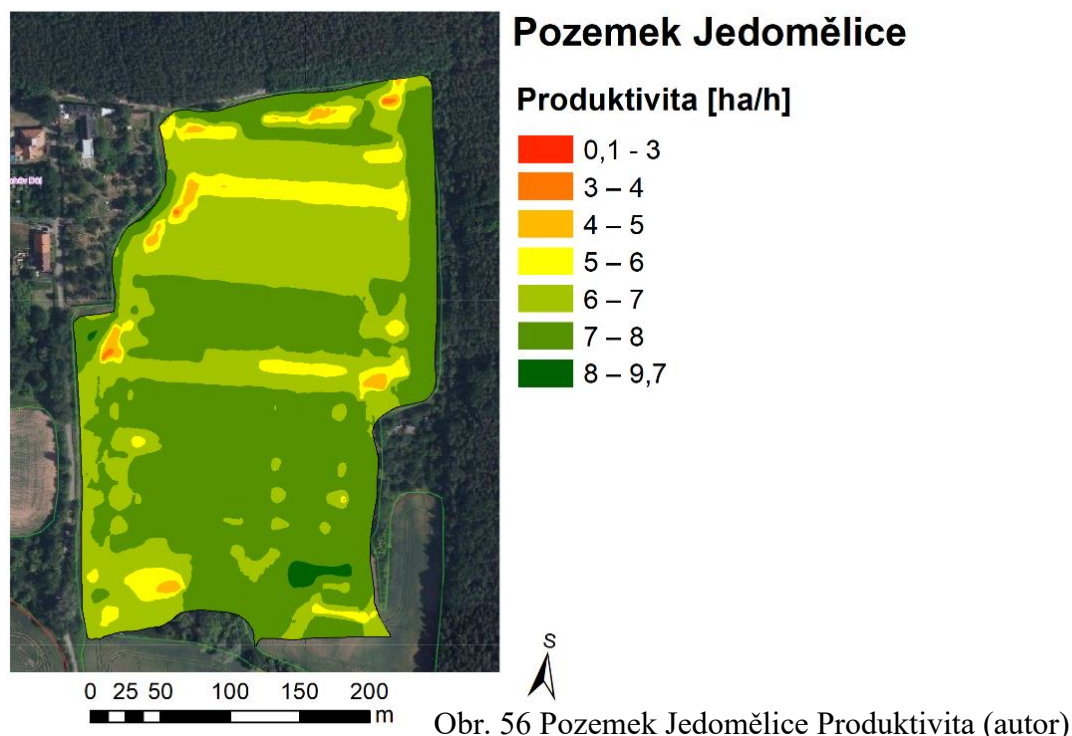
Na základě dat z přejezdů při podmítání byl zpracován model tíhového zatížení oblasti. Pozemek byl rozdělen do 1400 čtverců o velikosti 8x8 m, rozměr byl použit pro podobnost zobrazení s předchozími pozemky, ale v tomto případě byl připojený nástroj s pracovní šířkou 12,25 m. Následkem této pracovní šířky nebylo traktorem přejet 15 % plochy – 210 čtverců. Jedenkrát bylo projeto 61 čtverci (4 %). Na 55 % čtverců (770 čtverců) bylo zaznamenáno zdržení 2 nebo 3 vteřiny. Dále na 19 % (263 čtverců) bylo zaznamenáno 4 až 6 bodů. Na 82 čtvercích (6 %) bylo zaznamenáno 7 až 10 bodů a jen na 14 čtvercích bylo zaznamenáno 11 a více vteřinové zdržení. Výsledek, kdy na 74 % plochy bylo zdržení do 3 vteřin včetně, je dobrý výsledek. Nejutuženější část se nachází v jihozápadním rohu pozemku, kde se nachází vjezd na tuto část pozemku a zároveň 30 m široký průjezd na druhou polovinu pole. Zajímavý na tomto obrázku je sklon pásů zatížení ve střední části, který je v odlišném sklonu, než jaký má dráha podmítky. Spíše se podobá sklonu dráhy sklízecí mlátičky.

Zatížení pozemek Jedomělice

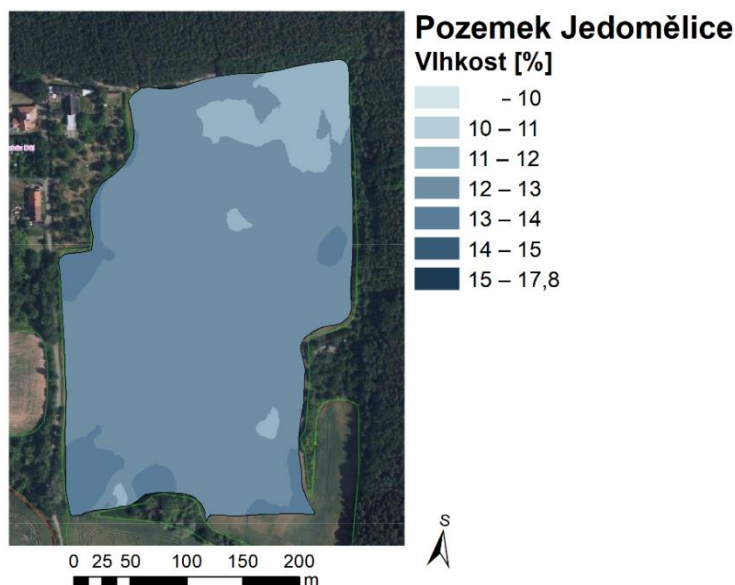


Graf. 25 Pozemek Jedomělice Zaižení (autor)





Obrázek výše znázorňuje produktivitu práce sklízecí mlátičky v průběhu sklizně pšenice na zkoumaném pozemku. Jak je z obrázku patrné, skoro celý pozemek byl sklizen s velmi dobrou produktivitou. Červená barva představuje nízkou produktivitu do 3 ha/h a nachází se na 3 % pozemku. Tmavě i světle oranžová barva se rozkládá každá na 1 % plochy a představuje produktivitu 3 až 4 ha/h a 4 až 5 ha/h. Žlutá barva s produktivitou 5 až 6 ha/h je na 5 % pozemku. Odstíny zelené barvy znázorňují produktivitu vyšší než 6 ha/h a představují dohromady 90 % zkoumaného pozemku. Konkrétně produktivita 6-7 ha/h se rozkládá na 35 % pole, produktivita 7-8 ha/h je vykreslena na 53 % plochy a při vyšší produktivitě než 8 ha/h sklízecí mlátička pracovala na zbylých 2 % plochy. Celkově lze produktivitu sklízecí mlátičky na tomto pozemku hodnotit kladně i přes to, že je tento pozemek relativně malý a členitý.



Obr. 57 Pozemek Jedomělice Vlhkost zrna (autor)

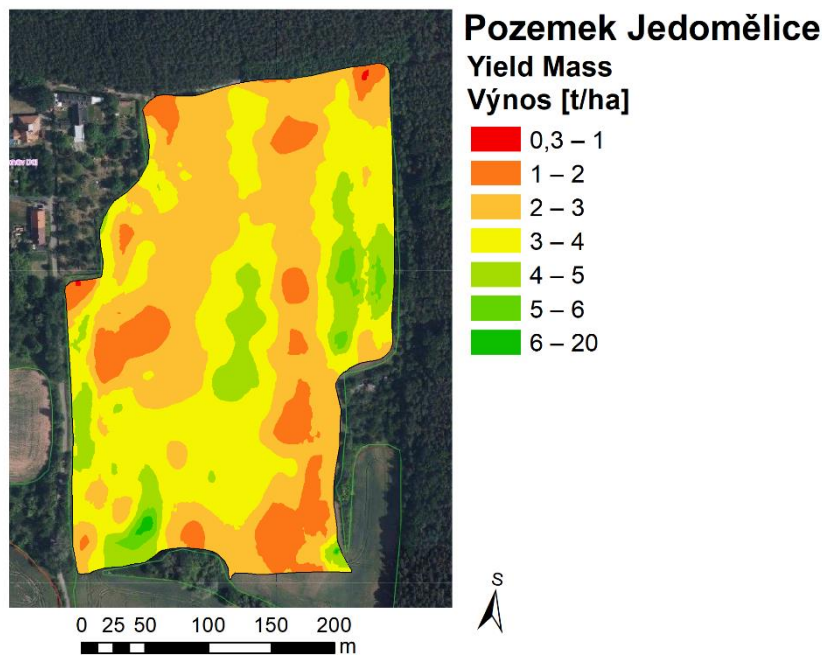
Vlhkost sklizeného zrna v rámci zkoumaného pozemku ukazuje obrázek výše. 68 % sklizené pšenice bylo s vlhkostí mez 12 a 13 %. Dále 17 % pšenice s vlhkostí mezi 11 a 12 %. Ještě 14 % sklizené pšenice mělo vlhkost 13 až 14 %. Zbylé 2 % sklizené pšenice zaznamenal senzor ve sklízecí mlátičce jako zrna s vlhkostí nižší než 10 % nebo vyšší než 14 %.

### Vývoj pozemek Jedomělice



Obr. 58 Vývoj pozemku Jedomělice (mapy.cz, 2018, upraveno autor)

Tento obrázek ukazuje vývoj pozemku na letecké mapě. Již na snímku z roku 2003 jsou znatelná místa s řídkým porostem. Na snímcích z roku 2015 a 2016 jsou viditelná problematická místa, která korespondují s místy s větším tíhovým zatížením, a také jsou to ta samá místa, na kterých byl v roce 2017 dosažen nejnižší výnos.



Obr. 59 Pozemek Jedomělice Výnos (autor)

Výnosová mapa pozemku Jedomělice je vykreslena na obrázku výše. Základním rozdělením je červená barva představuje nízký výnos a zelená barva označující výnos vysoký. Je zde patrná spojitost mezi výnosem a mírou utužení půdy. Na obrázku č. 55 s utužením půdy bylo vidět, že nejvíce utužená půda byla v horních rozích, na levé souvrati a na souvratích okolo roklí ve spodní části pozemku a v pravé spodní části pozemku. Na téměř stejných místech byl naměřen nejnižší výnos. Na 64 % pozemku dosahoval výnos 2 až 4 t/ha. Z toho polovina 2-3 t/ha a druhá polovina 3-4 t/ha. Výnos 1 až 2 t/ha dosahoval na 14 % pozemku. Téměř totožný podíl, 13 % představuje výnos 4 až 5 t/ha. Trochu větší výnos, 5 až 6 t/ha bylo naměřeno jen na 3 % zkoumaného pole a na dalších 2 % byl zaznamenán výnos větší než 6 t/ha. V České republice byl v roce 2017 průměrný výnos pšenice ozimé 5,77 t/ha. Při zprůměrování dat ukazatele výnosu, tak vychází hodnota 3,08 t/ha na zkoumaném pozemku, což není moc dobrý výsledek. Nicméně odpovídá barevnému zobrazení tohoto pozemku na obrázku výše.

(CZSO, 2018)

## 6 Závěr

Cílem této práce bylo zhodnocení potenciálu provozních dat získaných během práce strojních souprav na celkem devíti pozemcích, a to v následujících oblastech:

**Efektivita práce souprav:** u všech pozemků byly zaznamenány údaje o reálných trasách strojů, všude byl nalezen prostor pro zefektivnění, ať už se jednalo o zbytečné náklady na palivo při nadbytečných jízdách (zbytečných otočkách, jízdách napříč přes pole) nebo o zbytečné zatížení půdy. Při celkovém hodnocení bylo vycházeno jednak z reálných dat a jednak z modelů odpovídajících sklonu reálné dráhy. U jedomělického pozemku bylo možné hodnotit i provozní údaj produktivity a výnosu sklízecí mlátičky, ze kterých bylo mimo jiné patrné, že místa s menším výnosem odpovídají místům, která byla dříve nadměrně tíhově zatěžována.

**Optimalizace práce:** sledován byl především podíl hlavní pracovní linie na celkové linii. Byly vytvořeny modelové situace, založené na změnách sklonu drah. Z hodnocených dat vyplývá, že u většiny pozemků by změna sklonu dráhy znamenala zvýšení podílu hlavní pracovní linie a snížení celkového počtu otoček. Nicméně každý pozemek vyžaduje samostatné hodnocení zohledňující specifika daného pozemku. U každého pozemku proto bylo provedeno dílčí zhodnocení a návrh na zlepšení aktuálního stavu.

Potenciál provozních dat pro zpracování mapových podkladů k pozemkům vnímám jako vysoký. Nezbytné však pro každý podnik je správně a pečlivě vydefinovat, jaká konkrétní data a v jaké podobě mají pro daný podnik význam. Graficky znázornit v podobě mapy lze v podstatě každý provozní údaj, a i jejich další využití je široké: podnik může sledovat výnos plodiny, vlhkost sklízeného zrna, rychlost jízdy, tahovou sílu, množství aplikovaného chemického ošetření atp. V neposlední řadě mohou tyto údaje sloužit i jako podklady k hodnocení a dalšímu rozvoji zaměstnanců (například porovnáním spotřeby paliva, otáček motoru, rychlosti při vykonávání konkrétní operace s normativem).

Domnívám se, že prvky precizního zemědělství budou mít brzy nezastupitelný podíl i v běžném, malém farmaření, nejen ve velkých podnicích. Roli v tom hraje celkový trend optimalizace výrobních nákladů, rychlý rozvoj moderních technologií a postupný návrat k ochraně přírody.

## 7 Seznam použité literatury

ADAMCHUK, V.I., J.W. HUMMEL, M.T. MORGAN a S.K. UPADHYAYA. On-the-go soil sensors for precision agriculture. 2004, 21 s. Computers and Electronics in Agriculture 44 (2004) 71-91.

AEF - The Agricultural Industry Electronics Foundation [online]. 2018 [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: <http://www.aef-online.org/home.html>

Agra-risuty: O firmě [online]. 2018 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <http://www.agra-risuty.cz>

Agri-precision – Technické řešení [online]. 2018 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://www.agri-precision.cz/produkty/monitoring-stroju/technicke-reseni>

Caseih Agriculture: Autonomous Tractor [online]. 2016 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: [https://www.caseih.com/anz/en-nz/News/Pages/News\\_Stories/Autonomous-Tractor.aspx](https://www.caseih.com/anz/en-nz/News/Pages/News_Stories/Autonomous-Tractor.aspx)

Českomoravský svaz zemědělských podnikatelů: Výhledy zemědělského sektoru [online]. 2016 [cit. 2017-12-07]. Dostupné z: <http://cmszp.cz/cmszp/2016/dg-agri-vyhledy-zemedelskeho-sektoru/>

Český statistický úřad: Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin - 2017 [online]. 2018 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2017>

Geospatial world: Drones in Agriculture: Undeniable value and plenty of growth, but not the explosion others predict [online]. 2018 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://www.geospatialworld.net/news/drones-in-agriculture-undeniable-value-and-plenty-of-growth-but-not-the-explosion-others-predict/>

Chamen, W. C. T., Alakukku, L., Pires, S., Sommer, C., Spoor, G., Tijink, F. A. & Weisskopf, P. 2003. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review: Part 2. Equipment and field practices, Soil & Tillage Research 73, 161-174.

Investiční web: Zemědělství 4.0 ve znamení digitalizace [online]. 2017 [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <http://www.investicniweb.cz/news-zemedelstvi-40-urcuje-digitalizace/>



KARPARVARFARD, S.H. a H. RAHMANIAN-KOUSHKAKI. Development of a fuel consumption equation: Test case for a tractor chisel-ploughing in a clay loam soil. 2014.

KROULÍK, Milan. Zemědělec: Senzory pro měření půdních vlastností [online]. 2012 [cit. 2017-11-05]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/senzory-pro-mereni-pudnich-vlastnosti/>

LPIS: Detail pozemku [online]. 2018 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <https://eagri.cz/ssl/app/lpisext/lpis/ng/start/?redirectUrl=/ssl/app/lpisext/lpis/ng/mapa/>

LUKAS, Vojtěch, Lubomír NEUDERT a Jan KŘEN. Mapování variability půdy a porostů v precizním zemědělství: metodika pro praxi. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011. ISBN ISBN978-80-7375-562-1.

MOHANRAJ, I., Kirthika ASHOKUMAR a J. NAREN. Field Monitoring and Automation Using IOT in Agriculture Domain. 2016. Procedia Computer Science Volume 93, 2016, Pages 931-939.

Nesta: Precision Agriculture [online]. 2017 [cit. 2017-11-10]. Dostupné z: <https://www.nesta.org.uk/news/precision-agriculture>

NOVÁK, Radek a Jakub ZEZULA. EU OFFICE/KNOWLEDGE CENTRE ERSTE CORPORATE BANKING. Zemědělství 4.0: Digitalizace přichází do zemědělství. 2016.

O'GRADY, Michael J. a George M.P. O'HARE. Modelling the smart farm. Dublin, 2016, 9 s. Information processing in agriculture 4 (2017) 179-187.

RODRIGEZ, D, P de VOIL, MC RUFINO, M ODENDO a MT van WIJK. To mulch or to munch? Big modelling of big data. 2017, 11 s. Agricultural System 153 (2017) 32-42.

SABARINA, K a N PRIYA. Lowering Data Dimensionality in Big Data For The Benefit of Precision Agriculture. 2015, 7 s. IFAC-PapersOnLine 48-25 (2015) 548-554.

SAP: The Internet of Things definition [online]. 2018 [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <https://www.sap.com/cz/trends/internet-of-things.html>

Smart AKIS: What is Smart Farming [online]. 2018 [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <https://www.smart-akis.com/index.php/network/what-is-smart-farming/>

SVÍTEK, Miroslav. Laboratoř telematiky [online]. 2001 [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: [http://www.lt.fd.cvut.cz/its/rok\\_2001/definice.htm](http://www.lt.fd.cvut.cz/its/rok_2001/definice.htm)

TABERNER, Tim. CAD.cz: Rozdíl mezi M2M a IoT [online]. 2017 [cit. 2018-01-08]. Dostupné z: <https://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/6972-rozdil-mezi-m2m-a-iot.html>

WOLFERT, Sjaak, Lan GE a Marc-Jeroen BOGAARDT. Big Data in Smart Farming. 2017. Agricultural Systems Volume 153, May 2017, Pages 69-80.

WORLEY, Sam. Ag Leader: Precision point blog [online]. 2015 [cit. 2017-10-29]. Dostupné z: <http://www.agleader.com/blog/what-is-isobus/>

ZEZULKA, F., P. MARCON, I. VESELY a O. SAJDL. Industry 4.0 - An Intorduction on the phenomenon. 2016, 5 s. IFAC-PapersOnLine 49-25 (2016) 008-012.

## 8 Seznam grafů

Graf 1 Pozemek A Délka	25
Graf 2 Pozemek A Otočky	25
Graf 3 Pozemek A Zatížení	26
Graf 4 Pozemek B Délka	29
Graf 5 Pozemek B Otočky	29
Graf 6 Pozemek B Zatížení	30
Graf 7 Pozemek C Délka	33
Graf 8 Pozemek C Otočky	33
Graf 9 Pozemek C Zatížení	35
Graf 10 Pozemek D Délka	37
Graf 11 Pozemek D Otočky	38
Graf 12 Pozemek D Zatížení	39
Graf 13 Pozemek E Délka	41
Graf 14 Pozemek E Otočky	42
Graf 15 Pozemek E Zatížení	43
Graf 16 Pozemek F Délka	45
Graf 17 Pozemek F Otočky	45
Graf 18 Pozemek F Zatížení	47
Graf 19 Pozemek G Délka	49
Graf 20 Pozemek G Otočky	49
Graf 21 Pozemek G Zatížení	51
Graf 22 Pozemek H Délka	53
Graf 23 Pozemek H Otočky	54
Graf 24 Pozemek H Zatížení	55
Graf 25 Pozemek Jedomělice Zatížení	59
Graf 26 Celkové porovnání Hlavní pracovní linie	56
Graf 27 Celkové porovnání Počet otoček	56

## 9 Seznam tabulek

Tab. 1 Úroveň detekce vlastností pomocí on-the-go senzorů	11
Tab. 2 Pozemek A	24
Tab. 3 Pozemek B	28
Tab. 4 Pozemek C	32
Tab. 5 Pozemek D	36
Tab. 6 Pozemek E	40
Tab. 7 Pozemek F	44
Tab. 8 Pozemek G	48
Tab. 9 Pozemek H	52

## 10 Seznam obrázků

Obr. 1 Internet věcí	3
Obr. 2 Trh s precizním zemědělstvím	4
Obr. 3 Efektivita práce	5
Obr. 4 Budoucnost farmaření	6
Obr. 5 Autonomní traktor	12
Obr. 6 Postřikovací dron	13
Obr. 7 Telematika	15
Obr. 8 Aplikace WayQuest	16
Obr. 9 New Holland T8.390 + Vaderstad Rapid RDA 800S	18
Obr. 10 Case STX 485Q + Vaderstad Carrier 1225	18
Obr. 11 Pozemek A letecký snímek	19
Obr. 12 Pozemek B letecký snímek	19
Obr. 13 Pozemek C letecký snímek	20
Obr. 14 Pozemek D letecký snímek	20
Obr. 15 Pozemek E letecký snímek	21
Obr. 16 Pozemek F letecký snímek	21
Obr. 17 Pozemek G letecký snímek	22
Obr. 18 Pozemek H letecký snímek	22
Obr. 19 Pozemek Jedomělice letecký snímek	23
Obr. 20 Pozemek A Dráha skutečnost	24
Obr. 21 Pozemek A Dráha model	25
Obr. 22 Pozemek A Tíhové zatížení	26
Obr. 23 Pozemek A Nadmořská výška	27
Obr. 24 Pozemek B Dráha skutečnost	28

Obr. 25 Pozemek B Dráha model	29
Obr. 26 Pozemek B Tíhové zatížení	30
Obr. 27 Pozemek B Nadmořská výška	31
Obr. 28 Pozemek C Nadmořská výška	32
Obr. 29 Pozemek C Dráha skutečnost	33
Obr. 30 Pozemek C Dráha model	34
Obr. 31 Pozemek C Tíhové zatížení	35
Obr. 32 Pozemek D Dráha skutečnost	36
Obr. 33 Pozemek D Nadmořská výška	37
Obr. 34 Pozemek D Dráha model	38
Obr. 35 Pozemek D Tíhové zatížení	39
Obr. 36 Pozemek E Dráha skutečnost	40
Obr. 37 Pozemek E Nadmořská výška	41
Obr. 38 Pozemek E Dráha model	42
Obr. 39 Pozemek E Tíhové zatížení	43
Obr. 40 Pozemek F Dráha skutečnost	44
Obr. 41 Pozemek F Dráha model	46
Obr. 42 Pozemek F Nadmořská výška	46
Obr. 43 Pozemek F Tíhové zatížení	47
Obr. 44 Pozemek G Dráha skutečnost	48
Obr. 45 Pozemek G Dráha model	50
Obr. 46 Pozemek G Nadmořská výška	50
Obr. 47 Pozemek G Tíhové zatížení	51
Obr. 48 Pozemek H Nadmořská výška	52
Obr. 49 Pozemek H Dráha skutečnost	53
Obr. 50 Pozemek H Dráha model	54
Obr. 51 Pozemek H Tíhové zatížení	55
Obr. 52 Pozemek Jedomělice Nadmořská výška	57
Obr. 53 Pozemek Jedomělice podmínka	58
Obr. 54 Pozemek Jedomělice sklizeň	58
Obr. 55 Pozemek Jedomělice Tíhové zatížení	59
Obr. 56 Pozemek Jedomělice Produktivita	60
Obr. 57 Pozemek Jedomělice Vlhkost zrna	61
Obr. 58 Pozemek Jedomělice Vývoj pozemek	61
Obr. 59 Pozemek Jedomělice Výnos	62