

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 – Zemědělství
Studijní obor: ZDTb-16 – specializace Zemědělská technika
Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky
Vedoucí katedry: Ing. Luboš Smutný, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
Porovnání vybraných secích strojů v konvenčním a
precizním zemědělství

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Filip
Autor bakalářské práce: Lukáš Krásný

České Budějovice, 2020

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Lukáš KRÁSNÝ
Osobní číslo: Z17257
Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: ZDTb-16 – specializace Zemědělská technika
Téma práce: Porovnání vybraných secích strojů v konvenčním a precizním zemědělství
Zadávací katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Zásady pro vypracování

Cíl práce:

Student se v bakalářské práci bude zabývat různými technologiemi používaných při setí. Cílem práce je porovnání konvenčních a precizních technologií především z pohledu časové náročnosti, spotřeby pohonných hmot a osiva. Student zhodnotí ekonomickou efektivitu vybraných způsobů setí a v rámci možností ověří jejich vliv na stav půdy, porostu a sklizně.

Struktura hlavní části práce bude následující:

1. Stručný úvod do problematiky
2. Technické principy GPS
3. Využití GPS navigace v současné zemědělské technice
4. Metodika terénních pokusů
5. Výsledky
6. Diskuse
7. Závěr

Součástí práce může být soubor fotografií či video dokumentace, který bude přiložen na datovém nosiči. Umožní-li to charakter získaných dat, pokusí se student výsledky opublikovat.

Rozsah pracovní zprávy: 40 stran
Rozsah grafických prací: dle potřeby
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

KUMHÁLA, František. Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 9788021317017.

RATAJ, Vladimír, Jana GALAMBOŠOVÁ, Miroslav MACÁK a Ladislav NOZDROVICKÝ. Presné poľnohospodárstvo: systém – stroje – skúsenosti : vysokoškolská učebnica. Praha: Profi Press, 2014. ISBN 9788086726649.

DELACOLONGE. Farm tools and equipment for agriculture. 1. NIPA, 2015. ISBN 9385516221.

ASTOREK, Zdeněk. Zemědělská technika dnes a zítra: rádce při výběru a efektivním využívání zemědělských strojů a technologií. Praha: Martin Sedláček, 2002. ISBN 80-902413-4-4.

STEINER, Ivo a Jiří ČERNÝ. GPS od A do Z. 4., aktualiz. vyd. Praha: eNav, 2006. ISBN 8023975161.

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 9788073755621.

KOVÁŘ, Pavel. Družicová navigace: od teorie k aplikaci v softwarovém přijímači. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2016. ISBN 9788001059890.

NEUDERT, Lubomír a Vojtěch LUKAS. Precizní zemědělství: technologie a metody v rostlinné produkci. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 9788075093110.


KROUPA, Pavel, Josef HŮLA a Pavel KOVÁŘÍČEK. Stroje pro pěstování a sklizeň zrnin. 2. upr. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2002. ISBN 8072711261.

materiály přístupné přes databáze (např. Web of Knowledge, ScienceDirect atp.)

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Filip**
Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. února 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2020**

V Českých Budějovicích dne 25. března 2019


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


JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentův nádraží 1800, 370 08 České Budějovice
I.S.


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

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 23. 6. 2020

.....

Podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce panu Ing. Martinovi Filipovi za odborné konzultace, cenné rady, podněty a připomínky v průběhu zpracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě Agrowest a. s. a Zemědělské společnosti Komorno a. s., kteří mi umožnili provádět pokus na jimi vlastněných strojích a pozemcích.

Abstrakt

Tato bakalářská práce je rozdělena na dvě hlavní části. Na část teoretickou, která obsahuje stručný úvod o setí, popis secích strojů, které jsou použity při získávání dat, vysvětlení systému GPS (Global Positioning systém) a jak tato zařízení fungují. Dále se v této části nachází popis některých navigačních systémů, které patří mezi nejznámější, a především systém Raven, kterým je vybaven traktor použitý při získávání dat. Druhou částí je část praktická, která se zabývá porovnáním výkonnostních a ekonomických parametrů provozu u dvou vybraných strojů používaných pro setí, kde je jeden naváděn systémem GPS a druhý ručně.

Klíčová slova: GPS systém, secí stroj, precizní zemědělství, efektivita

Abstract

This thesis is divided into two main parts. The theoretical part, which contains a brief introduction to sowing, a description of the seed drills that are used for data acquisition, an explanation of the GPS (Global Positioning System) and how these devices work. Furthermore, this section contains a description of some of the most well-known navigation systems, and in particular the Raven system, which is equipped with the tractor used for data acquisition. The second part is the practical part, which deals with the comparison of performance and economic parameters of operation of two selected machines used for seeding, where one is guided by GPS and the other manually.

Keywords: GPS system, seed drill, precision farming, efficiency

Obsah

Úvod.....	9
1 Secí stroje.....	10
1.1 Zpracování půdy.....	10
1.2 Výsevní ústrojí.....	11
1.3 Rozdělovací hlavy.....	12
1.4 Secí botky.....	13
1.5 Kombinované setí.....	14
1.6 Väderstad Rapid.....	14
1.6.1 Modely.....	14
1.7 Pöttinger Terrasem.....	15
1.7.1 Modely.....	15
2 Precizní zemědělství.....	16
2.1 Zpracování půdy a založení porostu v precizním zemědělství.....	16
2.2 GPS.....	17
2.3 Typy GPS přijímačů.....	18
2.4 Aplikační a geodetické přijímače.....	18
2.5 Sledování techniky pomocí GPS.....	19
2.6 Trimble.....	19
2.7 Navigace Raven.....	20
2.8 RTK systém.....	21
2.9 Autopiloty v zemědělství.....	22
2.10 Přínosy při hospodaření na půdě.....	22
3 Metodika.....	23
4 Výsledky.....	33
4.1 Bez využití systému GPS.....	33
4.2 S využitím GPS.....	36

4.3	Ekonomické znázornění provozu	38
4.3.1	Bez využití GPS	38
4.3.2	S využitím GPS	38
4.3.3	Úspory dosažené využitím GPS	39
4.4	Porovnání dosažených výsledků	39
5	Diskuse	42
	Závěr	45

Úvod

Precizní zemědělství, na úkor konvenčního, je v současné době velmi aktuální téma mezi zemědělci, ale i mezi občany. Moderní technologie se v zemědělství vyskytují už nějakou dobu, především kvůli požadavkům samotné obsluhy strojů, ale hlavně kvůli snížení nákladů na provoz podniku. Kupující žádá po výrobci (prodejci) co nejjednodušší ovládání, které je pohodlné a srozumitelné, za účelem co nejlépe a nejpřesněji odvedené práce.

Precizní zemědělství se rozvíjí především u podniků s výměrou stovek až tisíců hektarů. Jde především o ekonomické hledisko. Díky preciznímu zemědělství dokážeme přesně zasít libovolnou plodinu tak, aby se nám nepřesívaly řádky, nebo aby naopak nedocházelo k příliš velkým mezerám mezi navazujícím a zasetým záběrem s přesností na centimetry. Dále díky preciznímu zemědělství dokážeme přesně dávkovat hnojiva, která jsou nedílnou součástí výživy rostlin po zasetí. Tohle všechno má za účel snížit náklady na výrobu dané plodiny, ale i ulehčení životnímu prostředí a samotnému pozemku, na kterém výroba probíhá.

Konvenční způsob zemědělství, konkrétně setí, takové možnosti nepřináší. Jde především o způsoby, které jsou získány z dlouholeté praxe. Orientace po pozemku je vedena člověkem s přesností na 10 až 20 centimetrů. Tento způsob zde ovšem funguje již mnoho let a dokáže zajistit dostatečné množství surovin, ze kterých jsou dále vyráběny potraviny pro lidstvo.

1 Secí stroje

Účelem secích strojů je správně rozmístit semena vysévané plodiny tak, aby měla rostlina dostatečný přísun vzduchu, ale i dostatek světla a živin. Musí být dodrženo důkladné rozmístění jak ve vertikálním, tak i v horizontálním směru. Dodržením všech těchto předpokladů docílíme vysokých výnosů, ale také snížíme mechanické a chemické operace při ošetření plodin a zajistíme lepší podmínky pro sklizeň.

Secí stroje musí vyhovovat podstatným agrotechnickým požadavkům, jako je rozložení semen, zachování měrného výsevku a pravidelný výsev. Výsevní ústrojí nesmí být náchylné na sklon a úpravu pojezdové rychlosti, musí dovolovat změnu měrného výsevku, změnu roztečí vysévaných řádků, změnu rozložení semen v řádku a jejich hloubku setí. [1]

Díky použití strojů na setí, dosáhneme výsledku, kterým je kvalitní set'ové lůžko. Kvalitu půdního prostředí je nutné přezkoumat fyzikálně strukturní analýzou, zjištěním strukturního stavu půdy v obou vrstvách set'ového lůžka.

K příčinám, proč dochází k rozdílům mezi rostlinami jsou hlavně ty, jež rozhodují o jejich startu. Jiná biologická hodnota semen a jiné podmínky, ve kterých se začínají tvořit. Abychom docílili rovnoměrného vzcházení, musíme dbát na fyzikální stav půdy, přístupnost vláhy a živin, rovnoměrnost setí, rovnoměrnost ostatních a agrotechnických zásahů. Nevyrovnané rostliny zastihnou pozdější vlivy, vycházející z rozdílné úživné plochy. Vzniklou ztrátu nedokážou plně kompenzovat ani zakrnělé rostliny, které byly od počátku znevýhodněné. [2]

1.1 Zpracování půdy

Zpracování půdy mělkým kypřením je aktuální při setí obilnin. Jsou sety po plodinách, které uvolňují pozemek příliš dlouho na to, aby se dal zorat. Důležité je, aby na pozemku nebyly hluboké koleje, nebo jiné nežádoucí nerovnosti po sklizni předchozí plodiny. [17]

U secích strojů se nejčastěji provádí zpracování půdy dvouřadým diskovým podmítačem. Uložení disků je vytvořeno bezúdržbově a nepřetržitě jištění zabezpečují gumové elementy na nosníku podmítače. Tyto náležitosti jsou důležité pro kvalitní zpracování půdy v každých podmínkách. [6]

Přední diskové kotouče ve tvaru X nedovolují secímu stroji, aby se vychýlil z linie za traktorem. X-disk je důležitý pro maximální využití potenciálu systému GPS nebo RTK na traktoru. Před předními disky může být stroj vybaven smykovou lištou, která má za úkol rozdrtit větší kusy zeminy a tím ulehčit předním diskům. Systém Agrilla, který je vybaven vibrujícími radličkami, může být možnou náhradou za diskové kotouče, které jsou výrazně těžší a potřebují větší tažnou sílu. Systém Disk a Disk Aggressive jsou všestranné přední disky, které mají za úkol dostatečně připravit půdu pro uložení osiva, drcení hrud a prořezat půdu v malé hloubce. Tento systém lze doplnit o smykovou lištu CrossBoard. [5]

Secí stroje, využívající přední diskové kotouče pro setí do nezpracované půdy, najdou využití především u setí obilnin. Tato technologie má uplatnění na úrodných a nezaplevelených půdách, ale především v teplejších a sušších oblastech. Z hlediska spotřeby pohonných hmot a spotřeby práce je velmi výhodnou technologií. [17]



Obrázek 1-Diskové zpracování půdy [5]

1.2 Výsevní ústrojí

Moderní secí stroje umožňují dávkovat plodiny v širokém rozmezí. [17] Výsevní ústrojí může být individuální nebo centrální. Individuální mechanismy dávkují osivo do jednoho nebo dvou semenovodů. Mezi nejpoužívanější individuální výsevní ústrojí patří válečkové s hroty, které pracuje na principu otáčení a hroty vyhrnuje osivo ze spodní části zásobníku do semenovodů. Dalším výsevním mechanismem je rýhovaný váleček. Tento mechanismus je univerzální. Opět pracuje na principu otáčení a vyhrnování, jen s tím rozdílem, že malá semena jsou vyhrnována spodem a velká horem. Třetím a posledním válečkovým mechanismem je výsevní ústrojí s hladkými válečky. Používá se pro výsev malých semen jako je například mák. [18]

Mezi mechanické výsevní ústrojí dále patří lžičkové, kotoučové, palcové nebo kartáčové. Lžičkové výsevní ústrojí se skládá ze dvou vzájemně posuvných kotoučů se lžičkami. Podle posunutí kotoučů je nabíráno různé množství osiva. Kotoučové výsevní ústrojí je tvořeno kotoučem s vodorovnou osou rotace a po obvodu kotouče jsou jamky, do kterých vlastní vahou zapadá osivo. Palcové je velmi podobné lžičkovému, kdy jsou semena přidržována palci. Kartáčové výsevní ústrojí je spíše pro semena s velkým sypným úhlem. Dříve se toto výsevní ústrojí používalo pro výsev jetele. [17]

Centrální mechanizmy dávkují osivo do všech semenovodů a dělí se na pneumatické a odstředivé. Nejpoužívanější centrální výsevní ústrojí je pneumatické. Osivo padá ze zásobníku do potrubí, odkud je proudem vzduchu dopraveno do rozdělovací hlavy. [18] Na pneumatické secí stoje je montován hydraulicky poháněný a vysoce dimenzovaný ventilátor. Hlavní účel těchto ventilátorů je vyprodukovat velký objem vzduchu, což zapříčiní perfektní proudění vzduchu i při nízkých otáčkách ventilátoru. [6]

Složení odstředivého mechanismu je z rotujícího kuželového pláště postaveného vrcholem dolů. Ke kuželu jsou dále připevněny radiální lopatky. Osivo je vedeno ze zásobníku svislými kanály do pevného kužele. [18]

1.3 Rozdělovací hlavy

Rozdělovací hlavy umožňují rovnoměrnou dopravu osiva i hnojiva po celém záběru stroje. Elektrické zařízení, pro vypínání ventilů, automaticky zablokuje příslušné semenovody, pokud se vytváří kolejové řádky. [5] Namořené osivo chrání před poškozením velký objem vzduchu s nízkou rychlostí, vyprodukovaný výkonným ventilátorem. Rovnoměrné rozdělení semen garantuje přesný dávkovací systém a speciálně upravený tvar rozdělovací hlavy. Tyto aspekty přinesou vysoký výnos i hospodárnost. Rozdělovací hlavy se dají měnit, což umožňuje volit různé rozteče botek. Secí stroje mohou být vybaveny jednou či dvěma rozdělovacími hlavami. Rozptýlení osiva probíhá už v přívodní hadici k rozdělovací hlavě proudem vzduchu. Rozdělovací hlava s velkým průměrem je optimální pro rozdělení samotných semen. [6]

U řádkových secích strojů se často využívá možnosti vytvoření kolejových rádků pro jízdu strojů, určených pro aplikaci kapalných i pevných minerálních hnojiv. [17]

Secí stroje jsou vybaveny servomotory, které umožňují vytvoření kolejových řádků. Stroje mohou být vybaveny symetrickým či asymetrickým řazením kolejových řádků nebo polovičním vypnutím rozdělovací hlavy. U kolejových řádků je možné zavřít od 3 do 5 výsevních jednotek na stopu. Přebytečné osivo, kterému je zabráněno vniknout do semenovodů, je přiváděno zpět do trubice rozdělovací hlavy. Tento systém ušetří 6% osiva. [6]

1.4 Secí botky

Úkolem secích botek je proniknout do půdy, dle nastavené hloubky, která je v rozmezí od 10 do 100 milimetrů. Dále zapravit semeno a správně ho rozmístit do půdy. Secí botka musí být schopna vytvořit seťové lůžko. Spodní část seťového lůžka musí být utužená, proto je ideální tvorba lůžka vytlačováním bez převrstvování ornice. [1] Samotný secí stroj musí být těžký, aby secí botky pronikly do požadované hloubky. Jedná se především o půdy s vyšším odporem, nebo s výskytem většího množství rostlinných zbytků na povrchu. Proto jsou stroje vybaveny diskovými botkami, které se nezanesou rostlinnými zbytky. [17] Secí stroje jsou vybaveny kotoučovými secími botkami. Kultivační schopnost diskových secích botek zvyšuje kvalitu přípravy půdy předního náradí. Vyšší kvalita přípravy půdy zachová půdní vlhkost a strukturu půdy, což vytvoří lepší podmínky pro klíčení a vzcházení rostliny. [5]

Ke kvalitnímu uložení osiva do půdy jsou určeny dvoudiskové nebo jednodiskové botky. Ideální pohyblivost poskytují gumové tlumiče na bezúdržbovém uchycení jednotlivých sekcí. Za každou secí botkou je opěrné a utužovací kolo, které garantuje hloubku uložení osiva. [6]



Obrázek 2-Schéma operací kombinovaného secího stroje [5]

1.5 Kombinované setí

Secí stroje mohou být doplněny o zásobník na minerální hnojiva. Ukládání hnojiva při setí zvyšuje rychlost a kvalitu vzcházení osiva. Umístěním hnojiva do půdy není hnojivo závislé na srážkách a jeho účinek začíná takřka okamžitě po uložení do vlhké půdy. Tento způsob sníží náklady při zachování stejného či většího výnosu. Hnojivo je umisťováno mezi každý druhý řádek osiva. Osivo má k hnojivu snadný přístup a díky tomu má na začátku náskok proti konkurenčním plevelům. [5]

Secí stroj umožňuje nezávislé nastavení hloubky pro ukládání osiva i organického hnojiva. Tím docílíme dosažení optimálních podmínek pro růst ve startovací fázi. Lepší zapojení porostu a generativního výkonu zrna. Rovnoměrně ukládá hnojivo dvoudisková nebo jednodisková botka. Po přípravě seťového lůžka diskovým podmítačem je ukládáno hnojivo mezi dva řádky s osivem. [6]

1.6 Väderstad Rapid

Univerzální secí stroje Rapid jsou vyrobeny tak, aby během jednoho průjezdu prováděly předseťovou přípravu, setí a zpětné utužení. Speciálně navržená konstrukce umožňuje provádět setí při vysoké pracovní rychlosti. Prováděním více operací najednou, se snižuje počet přejezdů po poli a náklady na přípravu půdy. [5]

Stroje prochází řadou inovací, které mají za úkol zlepšit vlastnosti sečky, jako je například dávkování osiva, a přesně nastavit množství vysévané plodiny při různé velikosti. [17]

1.6.1 Modely

Secí stroje Rapid nabízí modely od 3 metrů pracovní záběru do 8 metrů. V pevném provedení jsou vyráběny modely Rapid 300-400 C/S od 3 do 4 metrů, které mohou být doplněny o zásobník na minerální hnojivo.

Stroje Rapid A 400-800 od 4 do 8 metrů jsou stroje vyráběny ve sklopném provedení pro transport. Tyto stroje mohou být také doplněny o zásobník na minerální hnojiva. Dělí se na dvě varianty, a to podle velikosti zásobníku osiva, kde je Rapid A 600-800 C/J vybaven zásobník o objemu 6000 l, naproti tomu Rapid A 400-800 S je vybaven zásobníkem od 2900 l do 3100 l. [5]

1.7 Pöttinger Terrasem

Pöttinger Terrasem spojuje kroky předseťové přípravy půdy, vytváření seťového lůžka, správného uložení osiva a utužení, díky dvouřadému diskovému podmítači, pneumatickému válci a nosníku secích botek. Stroje jsou vyráběny v pracovních záběrech od 3 m do 9 m.

Stroje jsou vybaveny paralelogramovým upevněním dvoudiskových botek Dual-Disk, pomocí kterých ukládají osivo do stejné hloubky. Toto uchycení dokáže kopírovat půdní nerovnosti po celém záběru stroje.

Stroje jsou dále vybaveny velkým objemem zásobníku osiva, chytrým ovládáním a centrálně nastavitelným přitlakem botek v rozmezí od 40 kg do 120 kg. Dále také secí stroje dokáží současně dávkovat osivo a organické hnojivo, díky systému Terrasem fertilizer. [6]

1.7.1 Modely

Pöttinger vyrábí celkem jedenáct variant secích strojů Terrasem. Mezi stroje, určené spíše menším zemědělcům, patří modely R3 a R4, které jsou vyráběny v pevném provedení. Pracovní záběr je od 3 m do 4 m a shoduje se s dopravní šířkou.

Dalším provedením jsou stroje s pracovními záběry od 4 m do 9 m. Tyto modely jsou vyráběny ve sklopném provedení díky jejich velkému záběru. Pro bezpečnost při dopravě je jejich dopravní šířka 3 m. Konstrukce stojů je rozdělena na tři díly. Díky tomuto rozdělení se stroj dokáže přizpůsobit půdě i při větších záběrech.

Třetí a poslední variantou jsou pak stroje s přihnojováním. Tyto secí stroje dokáží dávkovat osivo a umělé hnojivo současně. Tento způsob setí umožní osivu lepší startovací podmínky, kdy je hnojivo dopraveno v půdě k osivu. [6]

2 Precizní zemědělství

Precizní zemědělství se začalo vyvíjet koncem osmdesátých let a na začátku devadesátých let dvacátého století. Pojem precizní zemědělství je celosvětově ujednocený název pro využívání nových pokrokových technologií. [4]

Hospodaření ve stylu precizního zemědělství se od ostatních stylů hospodaření liší úrovní a způsobem řízení. Pozemek, ze kterého vychází tradiční pojetí zemědělství, je základní jednotkou agrosystému. Tento pozemek je považován za homogenní. Uplatněním nových technologií využívat heterogenitu půdních podmínek v rámci pozemků i rozdílů v časové dynamice výrobních procesů, překonává precizní zemědělství toto paradigma.

Řízení je uzpůsobeno pro menší plochy v rámci polí, místo managementu celých pozemků jako jednotlivých jednotek. To klade početnější požadavky na dodržování odpovídajících agronomických postupů. Práce s informacemi je jednou z nejdůležitějších složek precizního zemědělství.

V precizním zemědělství je tak sloučeno užívání pokrokových technologických prostředků s vyspělou zemědělskou činností. Je to scelený přístup k pěstování polních plodin. Snaží se dát do souladu druh a výši vstupů s reálnými nároky plodiny na malých plochách v rámci pozemku. V dnešní době dostupné technologie umožňují realizaci precizního zemědělství v zemědělské praxi. Provádět pěstitelské opatření v odpovídající době, s příslušnou dávkou a na konkrétním místě, není nové. [2]

Cílem těchto technologií je přizpůsobit pěstební operace současným podmínkám na pozemku. Principem je vykonávat pěstební zásahy na správném místě, ve správný čas a se správnou intenzitou. Důležité je, že dokážeme zmiňovanou variabilitu identifikovat a stanovit. [4]

2.1 Zpracování půdy a založení porostu v precizním zemědělství

Funkcí zpracování půdy je připravit ty nejlepší podmínky pro založení porostů, pro růst, vývoj a tvorbu výnosů pěstované plodiny i pro příslušný vývoj půdních procesů. Hlavním cílem je také, kromě zlepšování péče o půdu, i snížení nákladů. Precizní zemědělství dovoluje respektovat možné změny a rozdíly přírodních podmínek hospodaření vně honu.

V dnešní době se setkáme s těmito způsoby zpracování půdy. Technologie orbou, při které je půda každoročně zpracována radličným pluhem, rostlinné zbytky předplodiny, biomasa meziplodiny a nadzemní části plevelů jsou zapraveny do půdy. Tuto technologii nazýváme konvenční zpracování půdy a bezorební technologie, kterou nazýváme minimalizační.

Podle půdních a klimatických podmínek a požadavků pěstované plodiny na půdní prostředí si zvolíme způsob zpracování půdy. Cílem všech zpracovatelských zákroků před setím je mechanické utvoření strukturně homogenního seťového lůžka. Toto je hlavní podmínkou pro stejnoměrné vzejití, požadující zakořenění a jednotné zapojení porostů pěstovaných plodin.

Pro vylepšení zpracování půdy se v dnešní době vyzdvihují následující body. Zdokonalení zpracování půdy, kde hloubku zpracování stanoví speciální místní nárok na pěstování rostlin. Zmenšováním cen a nákladů na čas práce pro kultivování půdy. Drahé hloubkové kultivování se neprovádí tam, kde to není nutné z pohledu pěstování rostlin. Vyhnout se zhuňování, které nám poškozuje půdu. Využití kvalitnější sjízdnosti nenakypřené pudy a předcházet půdní erozi. [2]

2.2 GPS

Global Position System (GPS) byl zpočátku vojenským navigačním systémem armády Spojených států amerických. Na počátku 90. let je tento systém dostupný bezplatně pro civilní uživatele po celém světě.

Navigační systémy se v posledních letech dočkaly obrovského vývoje. Velmi tomu pomohly vyspělejší technologie umožňující produkci menších, spolehlivějších a snadněji ovladatelných přijímačů, rozvoj precizních digitálních map, a hlavně rozhodnutí vlády USA o stornování záměrné chyby zaváděné do civilního signálu GPS. Z dřívější přesnosti signálu GPS na cca 100 m po celém světě, je nyní běžný civilní uživatel schopný zaměřit na 5 až 10 m.

Okolo Země, nepřetržitě ve výšce 20 tisíc kilometrů, obíhá seskupení družic. Tyto družice neustále vysílají signál k Zemi. Tento signál přijímá přijímač na Zemi, který dokáže zaměřit, s přesností na několik metrů, pozici kdekoliv na celé planetě. Signál není náchylný na počasí, denní či roční dobu a je bez jakýchkoliv poplatků.

GPS je založen na kalkulaci distancí mezi uživatelem na Zemi a družicemi na oběžných drahách. Činných družic je celkem 24. Z toho vyplývá, že kdekoliv na Zemi jsme schopni přijímat signál z maximálně dvanácti družic, ostatní družice jsou na protilehlé straně Země. Abychom dokázali vypočítat polohu i s výškou, je zapotřebí přijímat signál ze čtyř družic. [9]

2.3 Typy GPS přijímačů

Situace na trhu se velmi rychle mění, a proto je málokterá kategorie vyhraněná tak, aby ji nebylo možné použít i v jiných oblastech. GPS přijímače dělíme podle použití do několika hlavních skupin, a to na turistické (Outdoor), námořní (Marine), letecké (Aviation), aplikační (OEM), vojenské (Military), automobilové (Automotive), přesné geodetické GPS přijímače a další.

V zemědělství se setkáme především s aplikačními a přesnými geodetickými přijímači. [9]

2.4 Aplikační a geodetické přijímače

Aplikační přijímače jsou nachystány pro začlenění do dalších systémů, které z GPS přebírají a dále zpracovávají data. Přijímač udává podklady nejen o přesné poloze, ale i o směru a rychlosti pohybu, někdy se dá i použít přesný časový signál, či vteřinový pulz s přesností na mikrosekundy.

Aplikační přijímač může vypadat jako plošný spoj o velikosti krabičky od sirek, s konektorem na externí anténu. Aplikační přijímače se dají jednoduše propojit s notebooky nebo s displejem v traktoru. Tyto přijímače se dorozumívají pomocí National Marine Electronics Association protokolů. Dokážeme u nich nastavit jak často a jaký typ informací mají sdělovat.

Geodetické přijímače jsou samostatnou kapitolou v oblasti GPS. Je to soustava měřících přístrojů, se kterými lze získat přesnost zaměřeného bodu až v řádech centimetrů. Přístroje se cenově pohybují od sto tisíc až do řádu milionu korun.

Obdobné měření se mnohdy využívá pro získání souřadnic bodů v rozsáhlém nebo nedostupném terénu bez souřadnicových základů. Jednou ze sfér použití je letecká fotogrammetrie a určení vlíčovacích bodů. Při tomto způsobu se vytváří mapa z leteckých snímků, pro které musíme zaměřit na velké ploše totožné body v souřadnicích, které dokážeme zpětně identifikovat. [9]

2.5 Sledování techniky pomocí GPS

Monitorováním zemědělské techniky může být zjištěno, kde se přesně stroj pohybuje a kolik vykonal práce. Touto technologií lze kontrolovat využití celého vozového parku. Pro získání přesného pohybu strojů po pozemcích poslouží katastrální mapy LPIS. Celková aktivita zemědělské techniky při práci i při přejezdech je zapisována a zaznamenávána do elektronické knihy. Aktuální a přesná data o pohybu strojů zasílá do systému GPS lokátor. Tímto docílíme kompletního přehledu nad všemi operacemi, jako je například sklizeň nebo setí. Systém dokáže zjistit nejen dobu práce, ale i přestávky nebo celkový čas jízdy. Kdykoliv můžeme zjistit momentální polohu stroje. Například při krádeži, je možno stroj dohledat právě pomocí tohoto systému. [10]



Obrázek 3-Mapa pohybu stroje na displeji notebooku [10]

2.6 Trimble

Poskytuje řešení, která řeší složité technologické výzvy v celém zemědělském dodavatelském řetězci. Umožňují zemědělcům přidělit omezené zdroje, k produkci bezpečného a spolehlivého zásobování potravinami, výnosným a ekologicky udržitelným způsobem. Díky přesným zemědělským řešením Trimble, které pokrývají všechna roční období, plodiny, terény a farmy, lze použít na většině zařízení na farmě a s většinou zařízení, bez ohledu na výrobce. Trimble Connected Farm je jednotná sada přesných řešení pokrývající všechny aspekty moderního řízení zemědělství. Od kanceláře po pole, po celý rok, Trimble Connected Farm pomáhá pěstitelům dosáhnout kritické práce na farmě chytřeji, rychleji a efektivněji. Prostřednictvím univerzální integrace a implementace vozidel, bezproblémového

přenosu, analýzy dat a nejlepších dostupných korekcí, mohou zemědělci spojit několik, nebo jen málo svých operací, jak si sami vyberou, se snadnými možnostmi pro rozšíření a vylepšení podle potřeby. [7]



Obrázek 4-Displej a přijímač Trimble [7]

2.7 Navigace Raven

Firma Raven patří mezi světové výrobce technologií pro navigaci a řízení zemědělských strojů, ovládání aplikačních a secích souprav. Raven je významným inovátorem v mnoha pokročilých řešeních. [12]

Lze si vybrat ze dvou typů monitorů, kterými jsou menší CR7 a větší CR12. Rozdíl mezi monitory je jen ve velikosti. Jsou vybaveny jednotným ovládáním, stejným operačním systémem a formáty dat. Oba monitory jsou vyrobeny tak, aby dokázaly komunikovat přes ISOBUS. Díky tomu lze využít vypínání sekcí, variabilní aplikace, naplánovat operace a souvratě či využít aktivní řízení nářadí. Přesnost polohy lze nastavit od základní GLIDE 10 až 15 cm až po RTK 2,5cm. [15]



Obrázek 5-Displej Raven [12]

2.8 RTK systém

RTK je zkratka pro kinematiku v reálném čase a jedná se o techniku, která využívá lokalizaci založenou na nosiči a poskytuje rozsahy (tedy pozice), které jsou řádově přesnější než řády dostupné prostřednictvím kódování. Techniky RTK jsou komplikované. Základním konceptem je omezit a odstranit chyby ve společné základnové stanici a roveru.

RTK se používá pro aplikace, které vyžadují vyšší přesnost, jako je polohování na centimetrové úrovni, s přesností na 1 cm. [16]

Technologie je schopna vyloučit odchylky globálního navigačního satelitního systému. Zaznamenávání hranic pole je důležitou součástí k dalšímu pokračování práce na poli. Systém RTK si zapamatuje hranice pole při prvním zaměření, a proto se tato operace nemusí již zvonu opakovat následující rok. [13]



Obrázek 6-Modem Mobile RTK [13]

2.9 Autopiloty v zemědělství

Moderní technologie, mezi které patří i autopiloty neboli automatická řízení, zkvalitní a zpřesní pohyb traktorů, kombajnů a postřikovačů po pozemku a zpřesní navazování jednotlivých jízd. Autopiloty s nejmenší přesností navádění jsou přesnější než lidský faktor. Přesné navádění dokážou udržet ve dne i v noci. Mezi nejpresnější naváděcí systém patří systém RTK. [11]

V dnešní době je velký zájem a vysokou přesnost GPS systémů. Docílením záběru v požadované stopě, musí být poloha stroje řízena aktivně. To lze udělat tak, že se agreguje jeden autopilot na traktor a druhý na stroj. U neseného nářadí se hydraulicky ovládá příčná poloha, naproti tomu u taženého nářadí se ovládají pojezdová kola. [14]

2.10 Přínosy při hospodaření na půdě

Precizní zemědělství je zejména specializované na východiska záležitostí prostorové heterogenity v rámci pozemků a na individuální pěstební zásahy. Aplikované postupy umožňují využití při hodnocení celé výměry podniku. Sjednocením technologií precizního zemědělství do řízení zemědělského podniku lze pomýšlet na řadu technicky i pracovně obtížných záležitostí. Největší přínos má precizní zemědělství v ekonomické části podniku. Především z hlediska úspor, a to na pohonných hmotách, spotřeby aplikovaných látek na půdu a porost, ať už jde o pesticidy nebo minerální hnojiva, úspory na osivu a mnoho dalších. Nejdůležitější oblastí úspor jsou pracovní náklady. [2]

Základním předpokladem pro využití precizního zemědělství je nevyrovnanost pozemků. Bez tohoto nemá tento koncept žádný význam. Základní vstupní informací, pro odlišné provádění pěstebních operací (aplikace hnojiv), je znalost proměnlivosti určitého agronomicky významného znaku jako je například zásoba živin v půdě. [4]

Pozorování na úrovni zemědělských podniků dovoluje lépe využít systémový přístup a brát v úvahu technickou vykonatelnost, ekonomickou životaschopnost a sociální přijatelnost nových znalostí. Postupy precizního zemědělství tak dovolují doplnit maloparcelní výzkum, na zkušebních stanicích faremním výzkumem, s cílem zdokonalit systém hospodaření. [2]

3 Metodika

V této práci budou porovnávány konvenční a precizní technologie setí jarního ječmene. Hlavním cílem je zjistit, jaká technologie je ekonomicky výhodnější. Měření bude orientováno především na plošnou výkonnost, časovou náročnost, spotřebu pohonných hmot a osiva.

Budou porovnávány dva typologicky stejné stroje, které jsou využívány v odlišné technologii. Secí stroj Väderstad Rapid A 600 S se záběrem 6 metrů a přídatným zásobníkem BioDrill 360 na minerální hnojiva, využívaný v precizní technologii setí vlastní Zemědělská společnost Komorno a. s., která hospodáří na jižním Plzeňsku na ploše cca 4500 hektarů v nadmořské výšce 400 až 550 metrů. Půdní fond činí z 80% orná půda. U ostatních ploch se jedná o trvalé travní porosty a pastviny. Základními rostlinami v osevním postupu jsou obiloviny, řepka a kukuřice na siláž. Z ozimých rostlin především pšenice a ječmen, z jarních pak ječmen jarní – sladovnický. Jako doplňkové plodiny jsou pak pěstovány kmín a mák.

Společnost využívá secí stroj na setí téměř všech pěstovaných plodin kromě kukuřice. Zdrojem pohonu této soupravy bude traktor Massey Ferguson 7626 Dyna 6 o výkonu 188 kW (255 k). Traktor bude vybaven systémem satelitní navigace Raven s monitorem CR 12. Použit bude RTK signál s nastavenou odchylkou 2 centimetry.

Druhý secí stroj, který bude používán v konvenční technologii, je Pöttinger Terrasem C6 se záběrem 6 metrů. Tento secí stroj vlastní firma Agrowest a. s., která ho využívá jako podporu prodeje u stálých, ale i nových zákazníků. Stroj je využíván při obnově travních porostů, ale i klasického setí, kde se využívá s přípravou nebo bez přípravy seťového lůžka. Firma s tímto secím strojem zaseje ročně okolo 1500 hektarů. Zdrojem pohonu této secí soupravy je traktor Valtra S354 s výkonem 257 kW (350 k). Traktor není vybaven naváděcím systémem, proto se bude řidič orientovat podle rýhy na pozemku, kterou vytvoří znamenák umístěný na secím stroji.

U těchto strojů bude úkolem zjistit, jakou mají spotřebu pohonných hmot. Z těchto dat bude vypočítána celková spotřeba pohonných hmot a spotřeba pohonných hmot na hektar. Bude porovnána spotřeba těchto dvou strojů a z následných výsledků by mělo být zjištěno, která souprava je ekonomicky výhodnější, ale hlavně jestli se do spotřeby pohonných hmot projeví využití systém GPS, tedy precizní zemědělství. Dalším důležitým výsledkem budou také celkové náklady obou souprav, které budou následně porovnány.

Pokusy budou probíhat v co nejkratším časovém rozpětí, aby nedocházelo k ovlivnění výsledků počasím. Snahou bude vybrat dny, kdy pokus nebudou ovlivňovat dešťové srážky či mlha, aby nedošlo k ovlivnění výsledků. Oba pokusy budou tedy prováděny za slunečného počasí a suchých podmínek. U obou technologií se bude jarní ječmen vysévat bez krycí plodiny tak, aby nedošlo k ovlivnění výsledku u výsevu. Stroje budou mít nastavené přední disky pro zpracování půdy na hloubku 10 cm.

Měření, kde bude probíhat setí jarního ječmene konvenční technologií, bude prováděno na pozemku označeném dle LPISu DPB: 3902/1 (820-108) o výměře 38,46 hektarů. Tento pozemek je rovný a pravděpodobně nebude docházet k prokluzu kol. Secí souprava pro precizní zemědělství bude pracovat na pozemku pod číslem dle LPISu DPB: 5601 (810-1080) o výměře 22,51 hektarů. Pozemek se také nachází na rovině, aby nedocházelo k prokluzu.

Jelikož pokus nebude prováděn na stejném pozemku, bude muset být stanovena délka plochy podle pozemku s menší vzdáleností obou souvratí. Proto první měření bude probíhat na pozemku pod číslem dle LPISu DPB: 5601 (810-1080). Na tomto pozemku jsou od sebe souvratě vzdálené 370 metrů. Celé měření této délky bude ovlivněno kolejovými řádky pro postřikovač. Souvratě budou zasety jako první. Zemědělská společnost Komorno a. s., která na tomto pozemku hospodaří, vlastní postřikovač se záběrem 30 metrů. Proto bude pole obseto 5 přejezdy dokola. Délka pokusné plochy bude 310 metrů.

Na pozemku označeném dle LPISu DPB: 3902/1 (820-108) bude tato délka měřena pásmem a následně bude vytyčena dřevěnými kůly 310 metrů od výchozí souvratě, která bude rovněž oseta, ale už jen třemi přejezdy, jelikož majitel pole má svůj vlastní postřikovač se záběrem 18 metrů.

Před samotným pokusem, bude změřen konstrukční záběr B_k u obou secích strojů, jelikož výrobce většinou udává zaokrouhlený údaj. Proto budou tyto údaje

ověřeny. Pro pokus bude zvoleno sedm přejezdů souprav. Oba pozemky splňují požadavky, které zaručí přesnost měření při sedmi přejezdech. Mezi požadavky patří rovné souvratě, aby nevznikaly špičky. Pro více přejezdů, bez nepravidelností na obou pozemcích, není místo.

Hodnota pracovní rychlosti bude nastavena na $V_p = 12,5 \text{ km.h}^{-1}$. Tuto rychlost oba stroje dodrží po celou jízdu pomocí tempomatu. Na souvrati si řidič zvolí rychlost podle svého uvážení.

Všechna data budou nahrávána do palubního počítače traktoru, respektive ovládacího monitoru stroje. Pro kontrolu dat, o celkové šířce zaseté plochy a následného porovnání, bude použito pásmo. Měření pásmem bude probíhat kolmo na směr jízdy secí soupravy. Aby nedošlo k chybě měření, například z důvodu špatného najetí do další líchy, bude zvolen střed délky vytyčené plochy. Pro získání dat o době otáčení na souvrati označeným jako T_{ot_n} , budou použity stopky. Čas bude měřen od vyhloubení secího stroje z půdy po další zahloubení. Celkový čas práce T_c bude zaznamenáván na palubním počítači traktoru a pro kontrolu bude měřen i stopkami.

Měření efektivního záběru secího stroje bude probíhat tak, že pomocí pásma bude měřen od vnější strany první zaseté líchy každý navazující průjezd. Po odečtení předchozích hodnot bude zjištěn přesný efektivní záběr stroje B_{pn} , kdy n značí pořadí jízdy. Po posledním průjezdu secí soupravy bude přeměřena celá zasetá plocha. Tato hodnota bude vyjadřovat celkovou šířku zaseté líchy označenou jako L_c .

Spotřeba pohonných hmot, vyjádřena jako Q , bude vždy zaznamenávána na palubním počítači traktoru. Měření spotřeby bude opět počítáno od prvního zahloubení po poslední vyhloubení.

Spotřeba osiva vyjádřena Q_{os} bude zjištěna po vysetí 2,5 tun osiva jarního ječmene. Před samotným začátkem pokusu bude stanovený výsevek u obou souprav na 190 kilogramů na hektar. Po vysetí 2,5 tun bude zjištěna plocha, kterou soupravy se stejným množstvím osiva zasely. Velikost zaseté plochy bude zjištěna na palubním počítači traktoru.

Důležitou součástí výpočtů budou také roční náklady na amortizaci navigačního systému. Těmito náklady se rozumí opotřebení během provozu. Jelikož je traktor využíván ve více soupravách, jako je setí kukuřice a sečení luk, bude moci být využita jen třetina nákladů na amortizaci. Pořizovací cena navigačního systému (C_{gps}) je 372 000,- Kč bez DPH. Cena za roční poplatek signálu RTK (C_{rtk}) činí 25 000,- Kč. Odpisy navigačního systému budou na 5 let. Jelikož budou data získána ze dvou souprav, kde každá patří jinému zaměstnavateli, bude stanovena z obou mezd průměrná hodinová mzda zaměstnance i s odvody na sociální a zdravotní pojištění (C_{pz}) 156,- Kč, tak, aby nedošlo ke zkreslení výsledků. Roční využití soupravy s GPS (S_{rok}) činí 4500 hektarů. Jelikož se roční výkonnost obou souprav liší, bude počítáno s roční výkonností u obou souprav 1500 hektarů, aby nedošlo k ovlivnění výsledků.

Data získaná z obou strojů budou porovnána. Výsledné hodnoty budou zjištěny z těchto vzorců.

Celková zpracovaná plocha soupravy bude počítána ze vztahu 1.

$$S = \frac{d * L_c}{10000}$$

Kde:

S = celková zpracovaná plocha [ha]

d = délka zpracovaná líchy [m]

L_c = celková šířka zpracované plochy [m]

Skutečná plošná výkonnost soupravy bude počítána ze vztahu 2.

$$W_s = \frac{1}{T_c} * S$$

Kde:

W_s = plošná výkonnost soupravy [ha. h⁻¹],

T_c = celkový čas práce [s],

S = celková zpracovaná plocha [ha].

Náklady podniku na zaměstnance na jeden zpracovaný hektar budou počítány ze vztahu 3.

$$jN_z = \frac{C_z}{W_s}$$

Kde:

jN_z = jednotkové náklady na mzdu zaměstnance [Kč. ha⁻¹]

C_z = hodinová mzda zaměstnance, včetně odvodů sociálního a zdravotního pojištění [Kč. h⁻¹]

W_s = skutečná plošná výkonnost soupravy [ha. h⁻¹]

Celkový čas strávený otáčením na souvrati bude počítán ze vztahu 4.

$$T_s = \sum_{n=1}^6 T_{ot_n}$$

Kde:

T_s = celkový čas strávený otáčením na souvrati [s],

T_{ot_n} = čas na jedno otočení [s], kde značí pořadí otáčky.

Průměrný čas otáčení bude počítán ze vztahu 5.

$$T_{ot} = \frac{T_s}{6}$$

Kde:

T_{ot} = průměrný čas otáčení [s]

T_s = celkový čas strávený otáčením [s]

Průměrný efektivní pracovní záběr bude počítán ze vztahu 6.

$$B_p = \frac{L_c}{n}$$

Kde:

B_p = průměrný efektivní pracovní záběr [m],

L_c = celková šířka zpracované líchy [m],

n = celkový počet průjezdů soupravy.

Odchylka pracovního záběru od záběru konstrukčního bude počítána ze vztahu 7. Záporná hodnota odchylky udává, jak široký pás půdy byl v místě měření zpracován opakovaně, kladná hodnota pak říká, jak široký pás byl vynechán a nedošlo tak k jeho zpracování.

$$d_n = B_{pn} - B_k$$

Kde:

d_n = odchylka pracovního záběru od konstrukčního [m], n značí pořadí jízdy,

B_{pn} = efektivní pracovní záběr [m], n značí pořadí jízdy,

B_k = konstrukční pracovní záběr stoje [m].

Průměrná odchylka efektivního pracovního záběru od záběru konstrukčního bude počítána ze vztahu 8. První jízda je brána jako výchozí, proto bude ve výpočtu vynechána.

$$d_p = \frac{\sum_{n=1}^7 d_n}{n-1}$$

Kde:

d_p = průměrná odchylka efektivního pracovního záběru od záběru konstrukčního [m],

d_n = odchylka pracovního záběru od záběru konstrukčního [m], n značí pořadí jízdy,

n = celková počet průjezdů soupravy.

Součinitel využití pracovního záběru stroje bude počítán ze vztahu 9. Poměr mezi reálným využitím záběru a konstrukčním záběrem.

$$\beta = \frac{B_p}{B_k}$$

Kde:

β = součinitel využití pracovního záběru,

B_p = průměrný efektivní pracovní záběr [m],

B_k = konstrukční pracovní záběr [m].

Spotřeba paliva na zpracovaný hektar bude počítána ze vztahu 10.

$$Q_{ha} = \frac{Q}{S}$$

Kde:

Q_{ha} = spotřeba paliva na zpracovaný hektar [l. ha⁻¹],

Q = spotřeba pohonných hmot [l],

S = celková zpracovaná plocha [ha].

Celková spotřeba osiva bude počítána ze vztahu 11. U obou secích strojů se provede výsevnická zkouška. Sít se bude plodina jarní ječmen bez podsevu. Výsevek [V] bude u obou strojů nastavený na 190 kg/ha.

$$Q_{osha} = \frac{Ms * 10000}{S}$$

Kde:

Q_{osha} = spotřeba osiva na hektar [kg. ha⁻¹],

Ms = množství osiva v zásobníku [kg],

S = celková zpracovaná plocha [m²].

Náklady na pohonné hmoty, tedy náklady na pořízení pohonných hmot nutných ke zpracování jednoho hektaru budou počítány ze vztahu 12.

$$jN_{phm} = Q_{ha} * C_{phm}$$

Kde:

jN_{phm} = jednotkové náklady na pohonné hmoty [Kč. ha⁻¹],

Q_{ha} = spotřeba paliva na zpracovaný hektar [l. ha⁻¹],

C_{phm} = cena pohonných hmot [Kč. l⁻¹],

Zemědělská společnost Komorno a. s. platí za pohonné hmoty 30 Kč. l⁻¹, proto bude počítáno s touto hodnotou.

Náklady na mzdu zaměstnance na jeden zasetý hektar budou počítány ze vztahu 13.

$$jN_z = \frac{C_z}{W_s}$$

Kde:

jN_z = jednotkové náklady na zaměstnance [Kč. ha⁻¹],

C_z = hodinová mzda zaměstnance, včetně všech odvodů [Kč. h⁻¹],

W_s = skutečná plošná výkonnost soupravy [ha. h⁻¹].

Jednotkové náklady na osivo budou počítány dle vztahu 14. Cena osiva je stanovena dle agronormativů na 10,6 Kč za kilogram.

$$jN_{os} = Q_{osha} * C_{os}$$

Kde:

jN_{os} = jednotkové náklady na osivo [Kč. ha⁻¹],

Q_{osha} = spotřeba osiva na hektar [kg. ha⁻¹],

C_{os} = cena osiva [Kč. kg⁻¹].

Celkové náklady na jeden zasetý hektar budou počítány ze vztahu 15.

$$jN_c = jN_{phm} + jN_z + jN_{os}$$

Kde:

jN_c = celkové jednotkové náklady na jeden zasetý hektar [Kč. ha⁻¹],

jN_{phm} = jednotkové náklady na pohonné hmoty [Kč. ha⁻¹],

jN_z = jednotkové náklady na mzdu zaměstnance [Kč. ha⁻¹],

jN_{os} = jednotkové náklady na osivo [Kč. ha⁻¹].

Rozdíl ve spotřebě paliva s využitím GPS a bez využití bude počítán ze vztahu 16.

$$dQ_{phm} = Q_{ha2} * S_{rok2} - Q_{ha1} * S_{rok1}$$

Kde:

dQ_{phm} = rozdíl ve spotřebě paliva [l],

Q_{ha1} = spotřeba paliva na jeden hektar s GPS [l],

Q_{ha2} = spotřeba paliva na jeden hektar bez GPS [l],

$S_{rok1,2}$ = uvažované roční využití soupravy [ha].

Rozdíl v nákladech na pohonné hmoty bude počítán ze vztahu 17.

$$dN_{phm} = dQ_{phm} * C_{phm}$$

Kde:

dN_{phm} = rozdíl v nákladech na pohonné hmoty [l],

dQ_{phm} = rozdíl ve spotřebě pohonných hmot [l],

C_{phm} = cena pohonných hmot [Kč. l⁻¹].

Roční spotřeba času v hodinách bude počítána ze vztahu 18.

$$dT = \frac{S_{rok2}}{W_{s2}} - \frac{S_{rok1}}{W_{s1}}$$

Kde:

dT = roční úspora času [h],

S_{rok} = předpokládané roční využití traktoru s GPS [ha],

W_{s1} = skutečná plošná výkonnost s GPS [ha. h⁻¹],

W_{s2} = skutečná plošná výkonnost bez GPS [ha. h⁻¹].

Roční úspora osiva bude počítána ze vztahu 19.

$$dN_{os} = 1500 * Q_{osha1} - 1500 * Q_{osha2}$$

Kde:

dN_{os} = roční úspora osiva [kg],

$Q_{osha1,2}$ = celková spotřeba osiva [kg. ha⁻¹].

Roční úspora v nákladech na plat zaměstnance bude počítána ze vztahu 20.

$$dN_z = dT * C_z$$

Kde:

dN_z = rozdíl v nákladech na zaměstnance [Kč],

dT = roční úspora času [h],

C_z = hodinová mzda zaměstnance i s odvody na sociální a zdravotní pojištění [Kč. h⁻¹].

Rozdíl ročních provozních nákladů soupravy při plánovaném ročním využití bude počítán ze vztahu 21.

$$drN_p = dN_{phm} + dN_z$$

Kde:

drN_p = roční rozdíl provozních nákladů soupravy [Kč],

dN_{phm} = rozdíl v nákladech na pohonné hmoty [Kč],

dN_z = rozdíl v nákladech na zaměstnance [Kč].

Celkový rozdíl nákladů s využitím a bez využití GPS bude počítán ze vztahu 22.

$$drN_c = rN_c - rN_{cgns}$$

Kde:

drN_c = celkový rozdíl ročních nákladů [Kč],

rN_c = celkové roční náklady soupravy bez GPS [Kč],

rN_{cgns} = celkové roční náklady soupravy s GPS [Kč].

Roční náklady na amortizaci navigačního systému, neboli opotřebení při provozu, budou počítány ze vztahu 23. Náklady budou odepisovány rovnoměrně a bude počítáno s jednou třetinou celkových nákladů z důvodu využití systému i v jiných soupravách (setí kukuřice, sečení luk).

$$N_{agps} = \frac{1}{3} * \frac{C_{gps}}{5}$$

Kde:

N_{agps} = roční náklady na amortizaci [Kč. rok⁻¹],

C_{gps} = pořizovací cena navigačního systému [Kč].

Celkové roční náklady na soupravu s využitím GPS se započítáním celkových nákladů na pohonné hmoty, mzdy obsluhy a ročního poplatku za RTK signál a předpokládaného využití traktoru se systémem GPS budou počítány ze vztahu 24.

$$rN_{cgps} = jN_c * S_{rok} + \frac{C_{rtk}}{3} + N_{agps}$$

Kde:

rN_{cgps} = celkové roční náklady s GPS [Kč],

jN_c = celkové jednotkové náklady [Kč. ha⁻¹],

S_{rok} = roční využití soupravy [ha],

C_{rtk} = roční poplatek za RTK signál [Kč],

N_{agps} = roční náklady na amortizaci navigačního systému [Kč].

Celkové roční náklady na soupravu bez využití systému GPS budou počítány ze vztahu 25.

$$rN_c = jN_c * S_{rok}$$

Kde:

rN_c = celkové roční náklady bez využití GPS [Kč],

jN_c = celkové jednotkové náklady [Kč. ha⁻¹]

S_{rok} = roční využití soupravy [ha].

4 Výsledky

Soupravy se po pozemku pohybovaly identicky. Hloubka setí byla nastavena u obou souprav na 2,5 cm. Prokluz kol na traktorech byl u obou případů zanedbatelný. U traktoru Massey Ferguson 7626 Dyna 6 se pohyboval od 0% do 4% a traktoru Valtra S354 od 0% do 3%.

Data se ve většině případu neshodovala, proto bylo použito pásmo, aby se zjistila skutečná hodnota. Byly použity stopky pro zjištění času stráveného při otáčení na souvrati. Tato data ani jeden ze strojů neposkytoval.

4.1 Bez využití systému GPS

Bez technologie GPS probíhal pokus ve středu 25.3.2020. Teplota vzduchu byla podle palubního počítače traktoru 17°C. Bylo skoro jasno a bezvětrí. Pozemek byl připraven rotačními branami, bez posklizňových zbytků, velkého kamene nebo nežádoucích předmětů. Půda byla suchá a rozmělněná téměř na prach, díky suchým dnům, které panovaly před setím. Souprava se po pozemku pohybovala klasickým člunkovým způsobem, jiný způsob ani není možný, z důvodu navádění secího stroje přes znamenák.

Naměřené časy otáčení soupravy:

Tabulka 1-Časy otáčení soupravy na souvrati bez GPS

Otočka	T_{ot_n} [s]
1	14,06
2	13,93
3	14,26
4	14,13
5	13,98
6	14,36

Zdroj: Vlastní zpracování

Efektivní pracovní záběr každé jízdy soupravy:

Tabulka 2-Efektivní záběr a jeho odchylky

Jízda	B _{pn} [m]	d _n [m]
1	5,94	0,00
2	5,82	-0,12
3	5,81	-0,13
4	5,82	-0,12
5	5,83	-0,11
6	5,81	-0,13
7	5,82	-0,12

Zdroj: Vlastní zpracování

Celková šířka zpracované líchy L_c = 41,17 metrů.

Celkový čas práce T_c = 810 sekund (0,225 h).

Spotřeba pohonných hmot zobrazená na palubním počítači Q = 7,65 litrů.

Celková zpracovaná plocha:

$$S = \frac{310 \cdot 41,17}{10000} = 1,27627 \text{ [ha]}$$

Skutečná plošná výkonnost soupravy:

$$W_{s1} = \frac{1}{0,225} * 1,27627 = 5,672 \text{ [ha. h}^{-1}\text{]}$$

Celkový čas strávený otáčením na souvrati:

$$T_s = \sum_{n=1}^6 T_{otn} = 84,72 \text{ [s]}$$

Průměrný čas strávený otáčením:

$$T_{ot} = \frac{84,72}{6} = 14,12 \text{ [s]}$$

Průměrný efektivní pracovní záběr:

$$B_p = \frac{41,17}{7} = 5,88 \text{ [m]}$$

Odchylka efektivního záběru od záběru konstrukčního:

$$d_1 = B_{p2} - B_k = 5,82 - 5,94 = -0,12 \text{ [m]}$$

Průměrná odchylka od konstrukčního záběru:

$$d_p = \frac{-0,73}{6} = -0,12 \text{ [m]}$$

Součinitel využití pracovního záběru:

$$\beta = \frac{5,88}{5,94} = 0,989$$

Plošná spotřeba paliva:

$$Q_{\text{ha1}} = \frac{7,65}{1,27627} = 5,994 \text{ [l. ha}^{-1}\text{]}$$

Spotřeba osiva na hektar:

$$Q_{\text{osha1}} = \frac{2486 \cdot 10000}{124850} = 199,11 \text{ [kg. ha}^{-1}\text{]}$$



Obrázek 7-Na tomto obrázku můžeme vidět nezasetou část pozemku soupravou bez GPS

Zdroj: Vlastní zpracování

4.2 S využitím GPS

S technologií GPS probíhal pokus ve čtvrtek 26.3.2020. Klimatické podmínky byly téměř identické. Převládalo skoro jasno a bezvětrí. Teplota vzduchu se pohybovala podle palubního počítače traktoru okolo 17°C. Pozemek byl připraven kombinovaným kypřičem. Na pozemku se nenacházely nežádoucí předměty. Otáčení na souvrati probíhalo klasickým člunkovým způsobem.

Tabulka 3-Časy otáčení na souvrati s GPS

Otočka	T_{ot_n} [s]
1	16,13
2	15,86
3	16,42
4	16,35
5	15,97
6	15,74

Zdroj: Vlastní zpracování

Efektivní pracovní záběr soupravy:

Tabulka 4-Efektivní záběr a jeho odchylky

Jízda	B_{pn} [m]	d_n [m]
1	5,98	0,00
2	5,97	-0,01
3	5,98	0,00
4	5,97	-0,01
5	5,98	0,00
6	5,97	-0,01
7	5,97	-0,01

Zdroj: Vlastní zpracování

Celková šířka zpracované líchy $L_c = 41,82$ metrů.

Celkový čas práce $T_c = 671,5$ sekund (0,186 h).

Spotřeba pohonných hmot zobrazená na palubním počítači $Q = 4,644$ litrů.

Celková zpracovaná plocha:

$$S = \frac{310 \cdot 41,82}{10000} = 1,29 \text{ [ha]}$$

Skutečná plošná výkonnost soupravy:

$$W_{s2} = \frac{1}{0,186} * 1,29 = 6,935 \text{ [ha. h}^{-1}\text{]}$$

Celkový čas strávený otáčením na souvrati:

$$T_s = \sum_{n=1}^6 T_{ot_n} = 96,47 \text{ [s]}$$

Průměrný čas strávený otáčením:

$$T_{ot} = \frac{96,47}{6} = 16,07 \text{ [s]}$$

Průměrný efektivní pracovní záběr:

$$B_p = \frac{41,82}{7} = 5,974 \text{ [m]}$$

Odchylka efektivního záběru od záběru konstrukčního:

$$d_2 = B_{p2} - B_k = 5,97 - 5,98 = 0,01 \text{ [m]}$$

Průměrná odchylka od konstrukčního záběru:

$$d_p = \frac{0,04}{6} = -0,006 \text{ [m]}$$

Součinitel využití pracovního záběru:

$$\beta = \frac{5,974}{5,98} = 0,998$$

Plošná spotřeba paliva:

$$Q_{ha2} = \frac{4,644}{1,29} = 3,6 \text{ [l. ha}^{-1}\text{]}$$

Spotřeba osiva na hektar:

$$Q_{osha} = \frac{2487 \cdot 10000}{130100} = 191,16 \text{ [kg. ha}^{-1}\text{]}$$

4.3 Ekonomické znázornění provozu

4.3.1 Bez využití GPS

Jednotkové náklady na pohonné hmoty:

$$jN_{\text{phm}} = 5,994 * 30 = 179,82 \text{ [Kč. ha}^{-1}\text{]}$$

Jednotkové náklady na mzdu zaměstnance:

$$jN_z = \frac{156}{5,672} = 27,5 \text{ [Kč. ha}^{-1}\text{]}$$

Jednotkové náklady na osivo:

$$jN_{\text{os}} = 199,11 * 10,6 = 2\ 110,5 \text{ [Kč. ha}^{-1}\text{]}$$

Celkové jednotkové náklady:

$$jN_c = 201,39 + 27,5 + 2\ 110,5 = 2\ 339,4 \text{ [Kč. ha}^{-1}\text{]}$$

Celkové roční náklady bez využití GPS:

$$rN_c = 2\ 339,4 * 1500 = 3\ 509\ 100 \text{ [Kč]}$$

4.3.2 S využitím GPS

Jednotkové náklady na pohonné hmoty:

$$jN_{\text{phm}} = 3,6 * 30 = 108 \text{ [Kč. ha}^{-1}\text{]}$$

Jednotkové náklady na mzdu zaměstnance:

$$jN_z = \frac{156}{6,935} = 22,5 \text{ [Kč. ha}^{-1}\text{]}$$

Jednotkové náklady na osivo:

$$jN_{\text{os}} = 191,16 * 10,6 = 2\ 026,2 \text{ [Kč. ha}^{-1}\text{]}$$

Celkové jednotkové náklady:

$$jN_c = 201,39 + 22,5 + 2\ 026,2 = 2\ 176,6 \text{ [Kč. ha}^{-1}\text{]}$$

Náklady na amortizaci GPS systému:

$$N_{\text{agps}} = \frac{1}{3} * \frac{372\ 000}{5} = 24\ 799,97 \text{ [Kč. rok}^{-1}\text{]}$$

Celkové roční náklady:

$$rN_{\text{cgps}} = 2\ 176,6 * 1\ 500 + \frac{25\ 000}{3} + 24\ 799,97 = 3\ 292\ 033,3 \text{ [Kč]}$$

4.3.3 Úspory dosažené využitím GPS

Rozdíl ve spotřebě paliva:

$$dQ_{\text{phm}} = 3,6 * 1\,500 - 5,994 * 1\,500 = - 3\,591 \text{ [l. rok}^{-1}\text{]}$$

Roční úspora nákladů na pohonné hmoty:

$$dN_{\text{phm}} = 3\,591 * 30 = 107\,730 \text{ [Kč. rok}^{-1}\text{]}$$

Roční úspora času:

$$dT = \frac{1500}{6,935} - \frac{1500}{5,672} = 50,1 \text{ [h. rok}^{-1}\text{]}$$

Roční úspora osiva:

$$dN_{\text{os}} = 1500 * 199,11 - 1500 * 191,16 = 11\,925 \text{ [kg. rok}^{-1}\text{]}$$

Roční úspora nákladů na plat zaměstnance:

$$dN_z = 50,1 * 156 = 7\,815,6 \text{ [Kč. rok}^{-1}\text{]}$$

Rozdíl ročních nákladů na provoz soupravy:

$$drN_p = 107\,730 + 7\,815,6 = 115\,545,6 \text{ [Kč. rok}^{-1}\text{]}$$

Celkový rozdíl ročních nákladů při stejné roční výkonnosti 1 500 hektarů:

$$drN_c = 3\,509\,100 - 3\,292\,033,3 = 217\,066,7 \text{ [Kč. rok}^{-1}\text{]}$$

4.4 Porovnání dosažených výsledků

V tabulce 5 jsou porovnány výsledky získané ze vzorců, do kterých byly dosazeny hodnoty získané při polních pokusech s využitím GPS a bez využití GPS. Toto měření prokázalo efektivitu práce a ekonomický dopad na provoz obou souprav.

Tabulka 5-Znázornění výsledků

	bez GPS	s GPS
Skutečná plošná výkonnost $W_s = [\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}]$	5,672	6,935
Spotřeba paliva na hektar $Q_{\text{ha}} = [\text{l} \cdot \text{ha}^{-1}]$	5,994	3,6
Průměrný efektivní pracovní záběr $B_p = [\text{m}]$	5,88	5,974
Průměrná odchylka záběru $d_p = [\text{m}]$	-0,12	-0,006
Součinitel využití pracovního záběru β	0,989	0,998
Spotřeba osiva na hektar $Q_{\text{osha}} = [\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}]$	199,11	191,16
Průměrný čas otáčení $T_{\text{ot}} = [\text{s}]$	14,12	16,07
Celkové náklady na zpracovaný hektar $jN_c = [\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1}]$	228,89	146,45
Náklady na amortizaci GPS systému $N_{\text{agps}} [\text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1}]$	-	24 799,97
Celkové roční náklady ($1500 \text{ ha} \cdot \text{rok}^{-1}$) $[\text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1}]$	3 509 100	3 292 033,3

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce 6 jsou vyjádřeny úspory, kterých docílíme využitím systému GPS, při ročním vytížení obou souprav 1 500 hektarů.

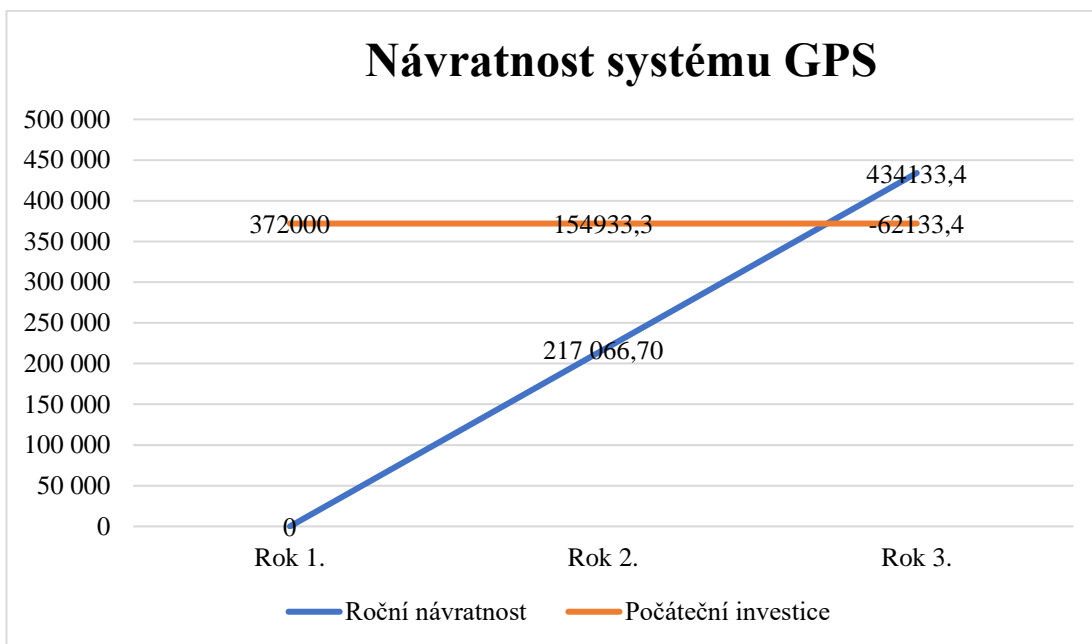
Tabulka 6-Roční úspory využitím GPS

Časová úspora $[\text{h} \cdot \text{rok}^{-1}]$	50,1
Úspora nákladů na mzdy zaměstnance $[\text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1}]$	7 815,6
Úspora pohonných hmot $[\text{l} \cdot \text{rok}^{-1}]$	3 591
Úspora osiva $[\text{kg} \cdot \text{rok}^{-1}]$	11 925
Úspora nákladů na pohonné hmoty $[\text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1}]$	107 730
Rozdíl nákladů na provoz souprav $[\text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1}]$	217 066,7

Zdroj: Vlastní zpracování

Rozdíl ročních nákladů mezi oběma soupravami činí 217 066,7,- Kč ve prospěch soupravy s GPS. Počáteční investice do systému GPS byla 372 000,- Kč. Z těchto dvou parametrů lze vyjádřit návratnost investice do systému GPS.

Na grafu níže je znázorněno, za jak dlouho se investice do systému vrátí. Bod, kde se přímky spojují, se nachází zhruba ve čtvrté čtvrtině druhého roku od koupě. Každým rokem se návratnost zvyšuje o 217 066,7,- Kč.



Obrázek 8-Graf návratnosti systému GPS

Zdroj: Vlastní zpracování

5 Diskuse

Z dosažených výsledku je patrné, která souprava dosáhla lepších výsledků, při porovnání plošné výkonnosti, spotřeby osiva, celkových ročních nákladů, spotřeby paliva, nákladů na plat zaměstnance a časové úspory.

Skutečná plošná výkonost soupravy s GPS je 6,935 hektarů za hodinu. Naproti tomu souprava bez GPS zpracovala 5,672 hektarů za hodinu. Souprava bez systému GPS má tedy o 18,3 % nižší plošnou výkonost. Tuto hodnotu ovlivňuje, jak je vidět v tabulkách 2 a 4, odchylky od efektivního záběru v každé jízdě. U soupravy s GPS se odchylka pohybuje od 0 do 1 centimetru, naopak u soupravy bez GPS se odchylka pohybuje mezi 11 až 13 centimetry. Tento rozdíl je způsoben především vyšší přesností navigačního systému, kterému se navádění lidským faktorem nikdy nepřiblíží.

Spotřeba osiva na hektar vychází u soupravy s GPS na 191,16 kilogramů na hektar. U soupravy bez GPS je tato hodnota 199,11 kilogramů na hektar, tedy o 7,95 kilogramů na hektar vyšší. Procentuálně je spotřeba osiva u soupravy bez GPS o 4,1% vyšší. Před začátkem pokusu, byl nastaven výsevku na 190 kilogramů na hektar. Souprava s GPS se od nastaveného výsevku liší o 1,16 kilogramu, naproti tomu souprava bez GPS vysela o 9,11 kilogramů více. Z těchto parametrů vychází, že souprava bez GPS prodělá na jednom hektaru 96,5 Kč, pokud je počítáno s cenou osiva 10,6 Kč za kilogram. Celková roční úspora při výkonnosti 1 500 hektarů činí 11 925 kilogramů respektive 126 405 Kč ve prospěch soupravy s GPS. Při výkonnosti 4 500 hektarů by byla úspora osiva 35 775 kilogramů. V penězích tato hodnota činí 379 215 Kč. Pokud bychom počítali se skutečnou roční výkonností u obou souprav, byla by úspora osiva 561 555 kilogramů ve prospěch soupravy bez GPS. V penězích tato hodnota činí 5 952 483 Kč.

Jelikož je skutečná roční výkonnost obou souprav odlišná, počítalo se s roční výkonností soupravy nevyužívající systém GPS, která je 1 500 hektarů. Celkové roční náklady soupravy bez systému GPS činí 3 509 100 Kč, naopak celkové roční náklady soupravy se systémem GPS činí 3 292 033,3 Kč. Při tomto porovnání obou souprav bylo dosaženo výsledku, jehož hodnota je 217 066,7 Kč ve prospěch soupravy využívající systém GPS. Pokud by bylo počítáno s roční výkonností soupravy využívající systém GPS 4 500 hektarů, byly by celkové roční náklady této soupravy 9 827 833,2 Kč.

Celkové roční náklady soupravy bez systému GPS s roční výkonností 4 500 hektarů by byly 10 527 300 Kč. Rozdíl mezi oběma soupravami by byl 699 466,8 Kč ve prospěch soupravy využívající systém GPS. Dále by mohlo být počítáno se skutečnou roční výkonností obou souprav. Skutečná roční výkonnost soupravy bez GPS je 1 500 hektarů. Při této roční výkonnosti je hodnota celkových ročních nákladů 3 509 100 Kč. Skutečná roční výkonnost soupravy využívající systém GPS je 4 500 hektarů. Celkové roční náklady mají hodnotu 9 827 833,2 Kč. V tomto případě vychází rozdíl mezi celkovými ročními náklady 6 318 733,2 Kč ve prospěch soupravy bez GPS.

Rozdíl ve spotřebě paliva je také ovlivněný celkovou roční výkonností. Pokud se bude počítat s roční výkonností 1 500 hektarů u obou souprav, bude výsledná hodnota 3 591 litrů, které ušetří souprava se systémem GPS. Při počítání s roční výkonností 4 500 hektarů, ušetří souprava se systémem GPS 10 773 litrů. Pokud by bylo počítáno se skutečnou roční výkonností obou souprav, bude výsledkem 7 209 litrů, které ušetří souprava bez systému GPS.

Roční úspora nákladů na pohonné hmoty se systémem GPS činí 107 730 Kč, při počítání s roční výkonností 1 500 hektarů. Pokud by bylo počítáno s roční výkonností 4 500 hektarů, bude roční úspora 323 190 Kč. Zařazením skutečné roční výkonnosti do vzorců, bude hodnota roční úspory činit 216 270 Kč. Tato hodnota je opět ve prospěch soupravy bez GPS, jako u rozdílu ve spotřebě paliva výše.

Dalším ukazatelem je úspora času. Tato hodnota vyšla opět ve prospěch soupravy s GPS. Souprava s GPS ušetří ročně 50,1 hodiny, při roční výkonnosti 1 500 hektarů. Při roční výkonnosti 4 500 hektarů, bude roční úspora času 144,4 hodin, což při vytížení traktoru s GPS, který je používán i v jích soupravách, může hrát zásadní roli například splněním agrotechnických lhůt. U skutečné roční výkonnosti obou souprav vychází úspora času 382,43 hodin pro soupravu bez GPS.

Roční úspora nákladů na plat zaměstnance není natolik prokazatelná, jako u výsledků výše. Při počítání s roční výkonností 1 500 hektarů, je roční úspora 7 815,6 Kč na plat zaměstnance. Tato částka nepokryje ani jednu měsíční výplatu zaměstnance. Pokud by bylo počítáno s roční výkonností 4 500 hektarů, bude roční úspora na plat zaměstnance 22 526,4 Kč. Při této roční výkonnosti tedy ušetříme přibližně jednu měsíční výplatu pro zaměstnance. Při počítání se skutečnou roční výkonností obou souprav, je roční úspora na mzdu 59 659 Kč. Tato částka je opět ve prospěch soupravy bez systému GPS.

Jak je patrné z tabulek 5 a 6, vychází všechny hodnoty ve prospěch soupravy využívající systém GPS. Tento fakt je ovlivněn především využitím efektivního záběru, který je u soupravy se systémem GPS 99 %.

Závěr

Moderní technologie jsou dnes důležitou a nezbytnou součástí hospodaření. Systém GPS, a také ostatní prvky precizního zemědělství, jsou pro budoucí rozvoj oboru velmi důležité. Paralelní navádění, nebo sledování pohybu techniky, je dnes součástí většiny větších podniků, které obhospodařují česká pole.

Mezi hlavní výhody lze zařadit využití záběru stroje, který je díky automatickému navádění stroje téměř 100% využitý a není ovlivněn klimatickými podmínkami, jako je mlha nebo tma. Výsledkem toho je pak úspora času, která je velmi důležitá při plnění agrotechnických požadavků. Od maximálního využití záběru se dále odvíjí i ostatní hodnoty. Především spotřeba pohonných hmot, která je tímto aspektem velmi pozitivně ovlivněna či spotřeba osiva. Další důležitá úspora je na platu zaměstnance. Všechny tyto hodnoty se dále projevují v celkových úsporách, které tato technologie přináší.

Mezi nevýhody lze určitě zařadit vysokou pořizovací cenu technologie. Pořizovatel musí důkladně promyslet tuto investici, aby byla pořizovací částka po pár letech zaplacená. Další nevýhodou je roční poplatek za signál RTK. Pokud je technologie instalována ve velkém podniku, kde se provoz odvíjí především stroji vybavenými GPS, není tento poplatek tak vysoký, ale pokud je v podniku GPS systémem vybaven jen jeden stroj, ztrácí tato technologie efektivitu. Mezi negativy může být i požadavek na dostatečné proškolení obsluhy samotného stroje vybaveného navigací. Ne každý je ochoten se seznámit a učit s novými technologiemi v zemědělství.

Seznam použité literatury

- [1] NEUBAUER, Karel. *Stroje pro rostlinnou výrobu*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1989. ISBN 80-209-0075-6.
- [2] NEUDERT, Lubomír a Vojtěch LUKAS. *Precizní zemědělství: technologie a metody v rostlinné produkci*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-311-0.
- [3] PASTOREK, Zdeněk. *Zemědělská technika dnes a zítra: rádce při výběru a efektivním využívání zemědělských strojů a technologií*. Praha: Martin Sedláček, 2002. ISBN 80-902413-4-4.
- [4] 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 978-80-7375-562-1.
- [5] AGRALL. Zemědělská technika. *Agrall.cz* [online]. ©2020 [cit. 2020-02-07]. Dostupné z: <http://www.agrall.cz/upload/1542196239.pdf>
- [6] POTTINGER. Terrasem. *Pottinger.at* [online]. ©2020 [cit. 2020-02-07]. Dostupné z: https://www.poettinger.at/download/prospekte/16094/0/POETTINGER_TERRASEM_242.CS.0817.pdf
- [7] TRIMBLE. Agriculture. *Agriculture.trimble.com* [online]. ©2020 [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: <https://agriculture.trimble.com/about/>
- [8] AGRALL. Produkt 790. *Agrall.cz* [online]. ©2020 [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: <https://www.agrall.cz/produkt/790/e-services>
- [9] STEINER, Ivo a Jiří ČERNÝ. *GPS od A do Z*. Praha: eNav, 2006. ISBN 80-239-7516-1.
- [10] LOKATORY. Sledování zemědělské techniky. *Lokatory.cz* [online]. ©2020 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.lokatory.cz/sledovani-zemedelske-techniky>
- [11] AGRI-PRECISION. Spolehlivé autopiloty traktorů, kombajnů. *Agri-precision.cz* [online]. ©2020 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.agri-precision.cz/produkty/autopiloty>

- [12] AGRI-PRECISION. Navigace a automatizace zemědělských strojů. *Agri-precision.cz* [online]. ©2020 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.agri-precision.cz/o-firme/33-raven-industries-usa>
- [13] JOHN DEERE. Technologie precizního. *Deere.cz* [online]. ©2020 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.deere.cz/cs/precizni-rizeni-zemedelskych-praci/displeje-prijimace/system-rtk/>
- [14] PROFI PRESS. GPS navigace s aktivním vedením nářadí. *Mechanizaceweb.cz* [online]. ©2020 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/gps-navigace-s-aktivnim-vedenim-naradi/>
- [15] AGRI-PRECISION. Nová navigace Raven CR 12. *Agri-precision.cz* [online]. ©2020 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.agri-precision.cz/aktuality/107-nova-navigace-raven-cr12>
- [16] HEXAGON. Real-Time Kinematic (RTK). *Novatel.com* [online]. ©2020 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-5-resolving-errors/real-time-kinematic-rtk/>
- [17] KROUPA, Pavel, Pavel KOVAŘÍČEK a Josef HŮLA. *Stroje pro pěstování a sklizeň zrnin*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1998. ISBN 80-7105-161-6.
- [18] KUMHÁLA, František. *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 9788021317017.

Seznam obrázků

Obrázek 1-Diskové zpracování půdy [5]	11
Obrázek 2-Schéma operací kombinovaného secího stroje [5].....	13
Obrázek 3-Mapa pohybu stroje na displeji notebooku [10].....	19
Obrázek 4-Displej a přijímač Trimble [7].....	20
Obrázek 5-Displej Raven [12]	21
Obrázek 6-Modem Mobile RTK [13]	21
Obrázek 7-Na tomto obrázku můžeme vidět nezasetou část pozemku soupravou bez GPS	35
Obrázek 8-Graf návratnosti systému GPS	41

Seznam tabulek

Tabulka 1-Časy otáčení soupravy na souvrati bez GPS.....	33
Tabulka 2-Efektivní záběr a jeho odchylky	34
Tabulka 3-Časy otáčení na souvrati s GPS	36
Tabulka 4-Efektivní záběr a jeho odchylky	36
Tabulka 5-Znázornění výsledků.....	40
Tabulka 6-Roční úspory využitím GPS	40