

JIHOČESKÁ UNIVERZITA v ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101, Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika

Katedra: Zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: Ing. Luboš Smutný, Ph.D.

Diplomová práce

Návrh moderních technologií pro vybraný zemědělský podnik

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Konzultant: Ing. Martin Filip

Autor diplomové práce: Bc. Lukáš Lívanec

České Budějovice, 2020

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš LÍVANEK**
Osobní číslo: **Z18142**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Zemědělská a dopravní technika**
Téma práce: **Návrh moderních technologií pro vybraný zemědělský podnik**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky**

Zásady pro vypracování

Cíl práce:

Zpracování návrhu vhodné aplikace prvků precizního zemědělství pro vybraný zemědělský podnik, který tyto technologie dosud nevyužívá, nebo využívá pouze dílčí část. Návrh vhodného kompromisu mezi precizním zemědělstvím a klasickým konvenčním hospodařením. Návrh ekonomicky zhodnotit a posoudit jeho výhody a přínos.

Metodický postup:

1. Studium literatury týkající se řešené problematiky.
2. Studium literatury týkající se precizního zemědělství a moderních technologií hospodaření.
3. Výběr vhodného zemědělského podniku pro realizaci měření.
4. Vypracování metodiky pro výběr moderních technologií pro zvolený zemědělský podnik a pro návrh optimálního řešení.
5. Ekonomické zhodnocení návrhu a posouzení přínosu pro zvolený zemědělský podnik.
6. Diskuse
7. Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **55 – 75 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

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

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

Mechanizace zemědělství: Odborný časopis pro zemědělskou a lesnickou techniku. Praha: Profi Press s.r.o. ISSN 03736776


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ivo Celjak, CSc.**
Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Konzultant diplomové práce: **Ing. Martin Filip**
Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky


Datum zadání diplomové práce: **15. února 2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. dubna 2020**

V Českých Budějovicích dne 27. února 2019


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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
základní oddělení
F. Štefánikova 1830, 370 05 České Budějovice


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

Poděkování

V první řadě patří poděkování vedoucímu diplomové práce Ing. Ivu Celjakovi CSc. za uskutečnění tématu práce, dále Ing. Martinu Filipovi za odborné vedení práce, cenné rady a připomínky. Poděkování také patří firmě Strom Praha a.s. a Agrio Křemže za poskytnutí cenových nabídek dílčích strojů. v neposlední řadě patří poděkování Zemědělskému družstvu Chyšky, které umožnilo daný návrh implementovat.

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové 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.

.....

Datum

.....

Podpis

Abstrakt

Diplomová práce ukazuje trend moderního zemědělství. Popisuje precizní zemědělství jeho výhody a benefity. Dále se zaměřuje na prvky precizního zemědělství, kterými jsou globální navigační systémy, variabilní aplikace, řízení dávky pomocí měření obsahu látek v dané komoditě, softwarové řešení pro správu polí a strojů a princip a funkce strojů pro aplikaci látek na ochranu rostlin. v Hlavním bodě analyzuje strojový park Zemědělského družstva Chyšky, kde vybírá nejslabší článek a navrhuje novou vhodnou technologii za stávající, vše poté ekonomicky hodnotí.

Klíčová slova:

Precizní zemědělství, navigační systémy, variabilní aplikace, HarvestLab, MyJohnDeere, ISOBUS, SECTION-Control

Abstract

The diplom thesis shows the trend of modern agriculture. Describes precision agriculture its advantages and benefits. It also focuses on elements of precision agriculture, such as global navigation systems, variable applications, dose control by measuring the content of substances in a given commodity, software solutions for field and machine management and the principle and function of machines for the application of plant protection substances. In the main point, he analyzes the machinery of the Chyšky Agricultural Cooperative, where he selects the weakest link and proposes a new suitable technology for the existing one, then evaluates everything economically.

Keywords:

Precision agriculture, navigation systems, variable applications, HarvestLab, MyJohnDeere, ISOBUS, SECTION-Control

Obsah

Úvod.....	10
1 Precizní zemědělství.....	11
1.1 Ekonomické přínosy	12
1.2 Smart farming.....	12
2 Navigační systémy	14
2.1 GNSS.....	14
2.1.1 Princip činnosti	14
2.1.2 Vesmírný segment.....	15
2.1.3 Pozemní řídicí segment.....	17
2.1.4 Uživatelský segment	17
2.1.5 NAVSTAR GPS	19
2.1.6 Glonass.....	20
2.1.7 Galileo.....	20
2.1.8 Beidou	21
3 Navigace a řízení strojů.....	21
3.1 Manuální navádění	22
3.2 Asistované řízení	22
3.3 Automatické navádění	22
4 Variabilní provádění pěstitelských zásahů.....	22
4.1 Získávání dat při sklizni	23
4.2 HarvestLab	25
4.2.1 Využití u samochodné řezačky	25
4.2.2 Použití u aplikace kejdy	26
4.2.3 Mobilní laboratoř	27
5 Software pro technickou podporu řízení podniku.....	27
5.1 MyJohnDeere	28

5.1.1	Operační středisko.....	28
5.1.2	Správa pole.....	28
5.1.3	Aplikace MyOperations	29
5.1.4	Správa strojového parku.....	29
5.1.5	Řízení prací	30
5.2	Claas Telematics.....	30
5.2.1	Charakteristika funkce systému	31
5.3	365FarmNet.....	32
5.4	AFS Connect	33
5.5	PLM Connect	33
5.6	Společné rozhraní DataConnect	34
6	Postřikovače	35
6.1	Princip funkce postřikovačů.....	36
6.2	Čerpadla postřikovačů.....	37
6.2.1	Hydrostatická čerpadla.....	38
6.2.2	Hydrodynamická čerpadla	39
6.3	Vybavení postřikovačů pro precizní zemědělství.....	39
6.3.1	Nádrže	41
6.3.2	Ramena.....	42
6.3.3	Aplikační trysky	45
6.3.4	Filtry.....	48
6.3.5	Elektronika	48
6.4	Automatický bodový postřikovač	49
7	Cíl práce	50
8	Metodika	51
9	Uvedení do problematiky daného podniku	54
9.1	Analýza stavu strojů pro jednotlivé pracovní operace	56

10	Návrh soupravy pro aplikaci přípravků na ochranu rostlin.....	60
10.1	Stávající technologie.....	60
10.1.1	Hodnocení stávající technologie	62
10.2	Návrh nové soupravy pro aplikaci přípravků na ochranu rostlin.....	67
10.2.1	Hodnocení navržené technologie	71
10.3	Porovnání stávající a navrhované technologie.....	74
10.4	Ekonomické zhodnocení.....	76
10.4.1	Možnosti financování.....	76
10.4.2	Kalkulace.....	77
10.4.3	Úspora nákladů za mzdu	78
11	Návrh Softwaru pro řízení pracovních operací	78
12	Diskuse.....	80
	Závěr	82
	Seznam použité literatury.....	84
	Seznam obrázků	87
	Seznam tabulek	88
	Seznam grafů.....	88

Úvod

Dnes v první polovině jedenadvacátého století je vývoj moderních technologií na vysoké úrovni. Časová linie vývoje stále drží velmi vysoké tempo, a tak technologický pokrok v jednotlivých odvětví je v krátkém časovém horizontu znatelný. Ani zemědělství není opomíjeno, naopak je zde mnoho volných vývojových míst. Důraz je kladen zejména na životní prostředí, kde je cílem aplikovat přesné množství ochranných látek nebo hnojiva na přesně definované místo. K tomu jsou zapotřebí moderní technologie od přesného navádění stroje satelitními navigacemi, snímání kvality porostů, měření obsahu definovaných látek v dané komoditě po softwarovou podporu (tvorba aplikačních map, řízený pohyb strojů). Variabilní aplikace přináší i ekonomické úspory, vyšší výnos a zlepšující se stav půdy. Někteří zemědělci a výrobci zemědělské techniky reagují na tyto požadavky a modernizují svou techniku. V mnohých případech je počáteční investice na pořízení nové technologie finančně náročná a při špatné implementaci do vlastního systému i nevýhodná, proto někteří zemědělci zůstávají k těmto technologiím skeptičtí.

V diplomové práci jsou popsány prvky precizního zemědělství, jeho význam a definice, co je hlavním cílem přesného hospodaření a jeho ekonomické přínosy. Dále jsou popsány navigační systémy, které dnes tvoří základ pro veškeré operace prováděné na pozemku, od přípravy půdy, setí, aplikaci hnojiv a látek na ochranu rostlin až po sklizeň. Rozšířenou metodou hospodaření je variabilní aplikace hnojiv a ošetřování porostů. Například dávka na plochu při aplikaci kejdy je závislá na obsahu živin N, P, K, které jsou měřeny v reálném čase pomocí NIR snímače umístěným před aplikátorem. Při ošetřování plodin může být dávka regulována podle aktuálního stavu porostu na konkrétním místě. Všechny aplikace lze předem nadefinovat dle podmínek a vlastních agronomických požadavků. K samotné organizaci pracovních operací, tvorbě aplikačních map a propojení strojů s řídicím bodem všech operací slouží počítačové softwary, kterých je na trhu několik.

Hlavním bodem práce je vyhledat nejslabší článek provádějící některou z hlavních pěstitelských operací v daném podniku a nahradit vhodným novým moderním zařízením obsahujícím prvky precizního zemědělství, zhodnotit výkonnostní rozdíl a ekonomicky vyčíslit celkové náklady na pořízení. Nakonec navrhnout vhodné softwarové řešení pro řízení pracovních operací.

1 Precizní zemědělství

Precizní zemědělství (precision agriculture) je mezinárodně uznávaný název pro činnosti využívající nové technologie v zemědělství. Začaly se rozvíjet na přelomu osmdesátých a devadesátých let, nazývaly se například: farming by soil, farming by the foot, farming by satellite, farming by computer a další.

Hlavním rozdílem precizního zemědělství od ostatních způsobů hospodaření je úroveň řízení managementu. Klasické konvenční hospodaření vychází z toho, že základní jednotkou agrosystému je pozemek, který je brán jako homogenní celek. U precizního zemědělství se pomocí nových technologií využívá heterogenita půdy, tedy půdní složení, vlastnosti půdních podmínek v rámci jednotlivých pozemků v časovém horizontu jednotlivých produkčních procesů. Jednotlivé pozemky jsou rozděleny na malé plochy, ke kterým se přistupuje individuálně, přizpůsobují se pracovní operace danému pozemku, díky tomu jsou kladeny vyšší nároky na dodržování agronomických postupů. Pro včasné a správné rozhodování je důležitá práce s informacemi, které jsou hlavním aspektem precizního zemědělství.

V precizním zemědělství se tak využívají nové technologie, které se jsou kombinovány s vyspělou zemědělskou činností. Jedná se o integrovaný přístup zejména při pěstování polních plodin, který se snaží vyrovnat výši vstupů se skutečnými potřebami plodiny na malých plochách v celého pozemku. Tento cíl, aplikovat správnou dávkou a provádět další agrotechnické zásahy ve správný čas a na správném místě, není nic nového, ale až dostupné technologie v současnosti umožňují jeho realizaci v praxi. Nové technologie umožňují zkoumat rozdíly ve stanovištích půdních podmínkách i rozdíly stavu porostu na určitém pozemku. Tyto rozdíly jsou zjišťovány senzory, mapováním půdy, výnosů a porostů. Díky satelitní navigaci a dalším získaným datům jsou zaměřeny nežádoucí procesy, následně může být v pěstebním opatření provedena potřebná operace k jejich nápravě. Všechny tyto metody a moderní technologie lze využít při konvenčním, integrovaném i ekologickém způsobu hospodaření. Využívání těchto moderních systémů pro provádění lokálně cílených opatření, podporuje neustálý vývoj nových produkčních technik v rostlinné výrobě. Trend moderního zemědělství ukazuje požadavky a potřeby zemědělců, na které reagují výrobci zemědělské techniky snahou zvýšit odbyt svých výrobků a neustálý vývoj technického řešení pro dané přístupy. [1]

1.1 Ekonomické přínosy

Aplikací precizního zemědělství v rostlinné produkci je ekonomický zisk dělen na přímý a nepřímý. Přímý ekonomický zisk vychází ze zvýšení výnosů, snížení aktuální spotřeby PHM, hnojiv a přípravků k chemické ochraně rostlin. Nepřímý ekonomický zisk se projeví za delší časový horizont (v následujících několika letech), jako výsledek systematického hnojení fosforem a draslíkem, úprava pH, snížení zhutnění půdy v důsledku eliminace počtu přejezdů techniky po pozemku a zkvalitněním prováděných pracovních operací. [1]

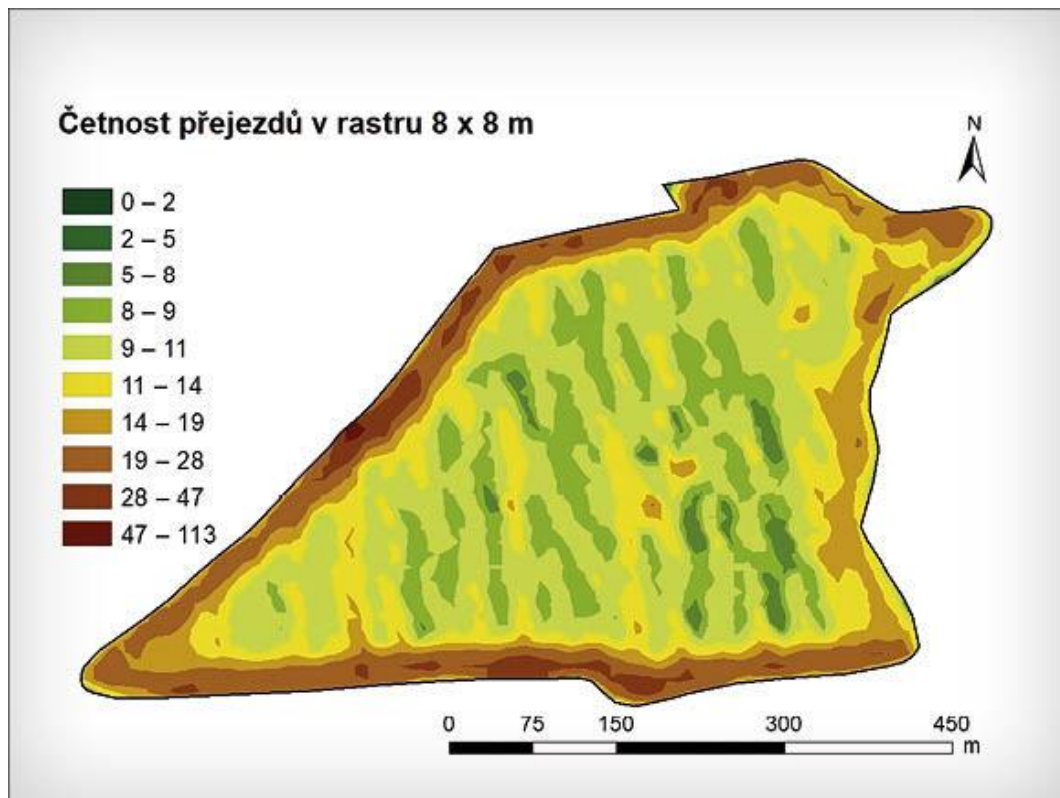
1.2 Smart farming

Zemědělství je charakteristické vzájemným propojením mnoha oborů a činností. Stále častěji se vyskytuje pojem smart farming, který je mimo jiné označován jako nástupnický směr precizního zemědělství. Smart farming sjednocuje agronomii, lidské řízení zdrojů, nasazení personálu, nákupy, řízení rizik, skladování, logistiku, údržbu, marketing a výpočet výnosů do jediného systému. Hlavním cílem je vyšší kontrola managementu farmy s možností velmi detailního monitoringu vstupů i výstupů, včetně odhalení silných a slabých stránek, dále pak sdílení vysoce aktuálních dat, která mohou představovat silný rozhodovací nástroj, například aktuální meteorologická data, predikce šíření chorob, škůdců et c. Významnou funkcí nových technologií je tedy posílení předvídativosti a předvídatelnosti. z hlediska efektivního řízení vstupů a aplikací jsou předvídatelnost v zemědělství a adaptabilní způsoby rozhodování významným nástrojem, protože neexistuje žádná standardní definice řízení.

V jednotlivých fázích zavádění bude zapotřebí postupovat v dílčích krocích, které následně vyústí v komplexnost celého systému. Pojem SMART tak může předcházet oborům rostlinné a živočišné výroby, ekonomického rozhodování, životního prostředí, potravin, řízení lidských zdrojů, legislativních a evidenčních mechanismů, kyberbezpečnosti a nakládání s citlivými daty. Telematický sběr dat, jejich přenos, ukládání na vzdálená uložení, třídění, správa a možnost vzdáleného přístupu dává reálnou podobu těmto vývojovým směrům s nástupem přenosových sítí 5G dojde ke zrychlení přenosu dat, rychlé reakci sítě na pokyny uživatele, možnosti komunikace nejen řídicího technika a stroje, ale také vzájemné komunikace mezi stroji. Společně s podporou IoT (Internet of Things) se více přibližuje stále aktuálnější

vize vyšší autonomie strojů. Důležitá inovace spočívá v zařazení telematického sběru a sdílení dat skrze vzdálené cloudové úložiště, se kterým budou komunikovat jednotlivé stroje a počítače řídicího střediska. Tento inovativní krok umožní řízení jednotlivých zásahů, vzdálený přístup k datům, včasné přípravy aplikačních úkonů a propojení s dalšími vstupy během sezóny. Pro podobné technologie se dnes také využívá pojem in-door farming, který rovněž vychází z nástupu digitalizace.

Příklad, který vychází pouze ze znalosti polohy strojů, je mapa zatížení pozemku pojezdovými mechanismy (Obrázek 1). Ukazuje na místa, kde dochází k více přejezdům a možnému zvýšení rizika utužení půdy. Pomocí těchto znalostí lze optimalizovat pojezdy, nápravná opatření, nebo přistoupit k omezení intenzity hospodaření ve vybraných částech pozemku. [8]



Obrázek 1 Mapa zatížení pozemku pojezdovými mechanismy [8]

2 Navigační systémy

2.1 GNSS

GNSS (Globální navigační satelitní systém) je obecný název pro systémy určování polohy pomocí družicové soustavy Země. Tyto systémy fungují na principu vyhodnocování radiových signálů, které družice vysílají a pasivně je přijímají GNSS přijímače. Jedná se tedy o globální navigační systémy, to znamená, schopnost přijímačů určit polohu kdekoliv na Zemi. [1]

2.1.1 Princip činnosti

Nejdůležitějším aspektem pro určování polohy a navigace s využitím družicového systému je tvorba, přenos a příjem radiových vln. Rádiové vlny (někdy nazývané také jako radiové záření) jsou částí spektra elektromagnetického záření o daných vlnových délkách. Jsou využívány jako nositelé informace a mají široké využití napříč celým spektrem. Používají se v různých oborech například rozhlasové vysílání nebo mapování mořských proudů. v současné době existuje devět frekvenčních pásem, jejichž rozdělení znázorňuje Tabulka 1. Níže popsané Globální navigační satelitní systémy, pracují v pásmu UHF. [2]

Tabulka 1 Frekvenční pásma radiových vln [2]

Pásmo	Frekvence	Vlnová délka
Extrémně nízká frekvence (ELF)	< 3 kHz	> 100 km
Velmi nízká frekvence (VLF)	3 – 30 kHz	10 – 100 km
Nízká frekvence (LF)	30 – 300 kHz	1 m – 10 km
Střední frekvence (MF)	300 kHz – 3 MHz	100 m – 1 km
Vysoká frekvence (HF)	3 – 30 MHz	10 – 100 m
Velmi vysoká frekvence (VHF)	30 – 300 MHz	1 – 10 m
Ultra vysoká frekvence (UHF)	300 MHz – 3 GHz	10 cm – 1 m
Super vysoká frekvence (SHF)	3 – 30 GHz	1 cm – 10 cm
Extrémně vysoká frekvence (EHF)	30 – 300 GHz	1 mm – 1 cm

Rádiové navigační systémy jsou tvořeny vysílači (radiomajáky), které signál vysílají, a uživatelskými přijímači, které signál přijímají. Družicové navigační systémy jsou zařazeny mezi globální navigační satelitní systémy, které pomocí družic

pokrývají signály celý zemský povrch, díky tomu lze určit polohu a ostatní potřebné parametry kdekoliv na Zemi [2].

Pro získání polohy pomocí zpracování družicových signálů se používá několik metod, a to Úhломěrná, Dopplerovská, Interferenční, nebo Dálkoměrná. Dnes nejčastěji využívaným způsobem k určení polohy prostřednictvím družic je dálkoměrná metoda, která je základem prakticky všech systémů GNSS. Samotná Dopplerova metoda určení polohy byla doménou zejména systému Transit, ale dnes se od této metody upouští a používá se jako metoda podpůrná, kde doplňuje dálkoměrnou metodou a dochází tak ke vzájemné kombinaci. [3]

Přijímače určují polohu pomocí několika kritérií. Měří vzdálenost mezi přijímačem a satelitem, tuto vzdálenost vypočte z doby letu signálu od satelitu ke své anténě. Dalším parametrem je určení rozdílu frekvence, na které satelit vysílá a frekvence přijatého signálu. Hodnota frekvence je rozdílná z důvodu pohybu satelitů nebo pohybem samotného přijímače. Rozdíl frekvence přijímaného oproti vysílanému signálu lze určit pomocí Dopplerova jevu. Pomocí těchto dvou parametrů lze určit polohu, rychlost a směr pohybu přijímače. Tyto hodnoty jsou potřeba alespoň od čtyř satelitů, kde je třeba dále znát polohu satelitu v době vyslání signálu. Poloha satelitu je vygenerována v navigační zprávě komunikujícího satelitu. Jak již bylo zmíněno k určení polohy je potřeba znát vzdálenost zařízení a satelitu. Měří se čas letu signálu, satelit vyšle pseudonáhodný kód, který je předem známý i pro přijímač, ten ho v dalším kroku porovnává s kopií, kterou si generuje stejně jako satelit. Poté na řadu přichází vyhodnocení korelace signálů, přijímač generovaný signál postupně zpožďuje, až nalezne shodu (hodnotu zpoždění), kdy si oba signály odpovídají. Definice o šíření elektromagnetických vln se aplikuje při převedení hodnoty zpoždění na vzdálenost. Rychlost pohybu přijímače se vypočte pomocí vektoru rychlosti, tato početní operace je založena na prostém sčítání vektorů. Vhodný způsob, jak stanovit vektor rychlosti, je měření pomocí dopplerovského posunu frekvence. [9]

Globální navigační satelitní systémy se dělí na tři části a pro zjednodušení budou tyto části popsány souhrnně pro všechny systémy.

2.1.2 Vesmírný segment

Vesmírná část se skládá z definovaných orbitálních rovin a satelitů, které po těchto rovinách obíhají kolem Země. Satelity vysílají signál, který na základě vyhodnocení zabezpečí přijímačům určit polohu. Satelity obíhají kolem země

v několika kruhových rovinách, které jsou skloněné vůči rovníku o 55°. Kruhové roviny (oběžné dráhy) musí být vůči sobě pootočený, to ovlivňuje osa otáčení Země, z důvodu rovnoměrného pokrytí vysílaným signálem. Musí platit to pravidlo, aby z kteréhokoli místa na Zemi bylo v každém okamžiku viditelných co nejvíce satelitů. [1]

Oběžné dráhy jsou umístěny v různých výškách, dle druhu určení. Pro kosmickou komunikaci se využívají základní čtyři:

- HEO (High Elliptical Orbit) Vysoká eliptická dráha
- GEO (Geostationary Earth Orbit) Geostacionární dráha
- MEO (Medium Earth Orbit) Střední kruhová dráha
- LEO (Low Earth Orbit) Nízká kruhová dráha

Družice GNSS jsou umístěny ve Střední kruhové rovině. Uvedené parametry v Tabulce 2 znázorňují, že má oběžná dráha MEO poměrně široké rozpětí udávaných výšek, ale nejčastěji je používána oblast okolo výšky 20 200 km a oběžná doba družice činí 11 hodin a 58 minut.

Tabulka 2 Oběžné dráhy [12]

Oběžná dráha	Výška	Doba oběhu	Zpoždění signálu
HEO	>36 000 km	2 – 12 h	≥300 ms
GEO	36 000 km	23 h 56 min	250 ms
MEO	10 – 35 000 km	5 h	100 ms
LEO	160 – 1 400 km	80 – 120 min	50 ms

Jednotlivé GNSS systémy mají své satelity umístěny v jiných výškách: Galileo – 23 222 km, GPS NAVSTAR – 20 200 km a GLONASS – 19 100 km. Kromě družic GNSS jsou v MEO střední kruhové dráze umístěny také družice, které mají za úkol zajišťovat rádiovou komunikaci v polárních oblastech. [11]

Systém GPS potřebuje ke své funkci minimálně 24 funkčních satelitů, na který byl také projektován. Ke dni 14. 2. 2020 má GPS 33 družic v konstelaci a z toho 31 v provozu. Ruský systém Glonass má ke dni 14. 2. 2020 celkový stav konstelace v souhvězdí 28 družic a z toho 23 provozních. Čínský systém Beidou má celkově 48 družic v souhvězdí. [10] 12 Nejmladší, a to Evropský systém Galileo má k datu 14. 2. 2020 aktivních 22 satelitů, další jsou testovány nebo v odstavce. [13]

2.1.3 Pozemní řídicí segment

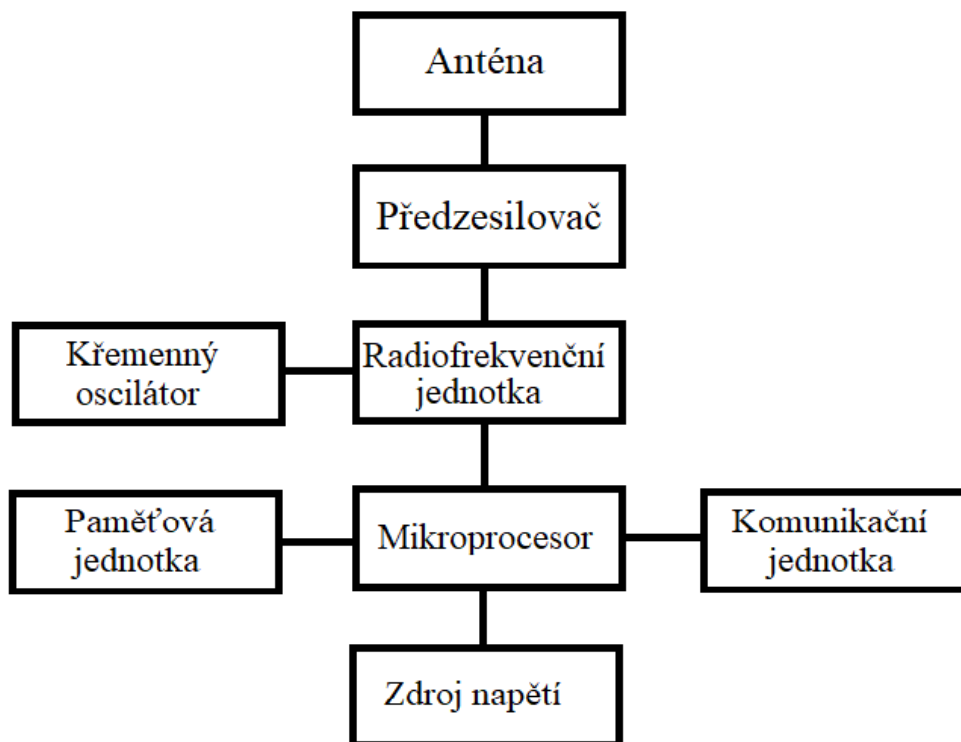
Řídicí segment se skládá z celosvětové sítě pozemních stanic, které monitorují stav vesmírného segmentu (stav, poloha, rychlost družic) a provádí jeho údržbu a seřizování. Řídicí segment je rozdělen do několika center, které se dále dělí na jednotlivé stanice. [4]

Probíhá korekce orbitálních parametrů, monitoring satelitů a jejich polohy. Získaná data se poté zpracovávají a vyváří se z nich krátkodobé předpovědi dráhy každého satelitu nazývané efemeridy, ty jsou však platné 2 až 4 hod. Pozemní stanice vysílají tyto efemeridy do satelitu a satelit je spolu s dalšími daty vysílá do přijímačů. Další činností pozemních stanic je úprava nastavení palubních hodin satelitu. Jako hlavní čas se používá GPS čas, který není shodný s koordinovaným světovým časem (UTC) a liší se o přestupné vteřiny, které kompenzují zpomalování rotace Země. Koordinovaný světový čas UTC byl oproti GPS času v roce 2010 zpět o 15 přestupných vteřin.[1]

Souhrnem činností řídicího segmentu je tedy generování obsahu navigační zprávy, generování systémového času, synchronizace na systémový čas, monitorování správné činnosti družice, údržbu konstelace, řízení systémů a nahrávání aktuální navigační zprávy. [4]

2.1.4 Uživatelský segment

Uživatelský segment je zastoupen samotnými přijímači, které umožňují zpracovávat GPS signál a poté i určit polohu. Nejčastěji jsou přijímače složeny z antény s nízkým šumovým zesilovačem, procesoru přijímače a zdrojem přesného hodinového signálu, celé schéma je na Obrázku 2. Jako hlavní parametr přijímačů se uvádí počet kanálů, který určuje maximální počet zpracovávaných družic. [7]



Obrázek 2 Schéma přijímače GNSS signálu [7]

Jedná se tedy o konečné uživatele vlastníci přijímače GNSS, kdy tuto skupinu zastupují nejpočetněji vlastníci mobilních telefonů, které jsou přijímačem vybaveny. Mobilní i počítačové aplikace pracují velmi často s GNSS signálem, používají určení polohy z hlediska navigace na cestách, vykreslení ujeté trasy, měření vzdáleností, ale i k identifikaci místa, kde se daný uživatel zařízení nachází. Data o poloze se dále zpracovávají, například ve spojení s tím, co daná skupina v určité oblasti nejčastěji vyhledává, nebo například pokud se tvoří silniční kolony. Díky tomu mohou firmy zajistit efektivnější nabídku pro zákazníky v dané oblasti, nebo pomoc ve formě doporučení vhodné objízdny problémové oblasti. [6]

Klíčovým požadavkem přijímačů je správné zpracování informací a dat ze satelitů. Jedná se především o vyřešení navigačních rovnic, které se využívají k získání souřadnic polohy přijímače. Dalším parametrem je stanovení přesného času. Schopnosti určit přesnou polohu se využívá v široké škále odvětví, od samotné letecké navigace, přes zemědělství, geodézii, geologii, až po stavebnictví či záchranné práce.

Přijímače se dělí podle počtu kanálů na Jednokanálové, Vícekanálové a Hybridní. Jednokanálový přijímač přijímá a zpracovává data odeslané z jedné družice a až po dokončení tohoto procesu se přepne na druhou, kdy čas přepínání činí přibližně 20 ms. To znamená, že je schopen pracovat v jeden moment pouze s jednou

družicí. Čas potřebný k přepnutí mezi družicemi se nazývá jako tzv. sekvenční režim. Často bývá přijímač doplněn ještě druhým kanálem, který ovšem není schopen samotného příjmu dat, nicméně slouží k vyhledávání dalších družic, které jsou v dosahu. Vícekanálový přijímač umí přijímat signály na více kanálech a pro každou družici má vyhrazený jeden kanál. Přijímač tedy pracuje s určitým počtem družic v daný čas. Panuje zde závislost, kolik kanálů přijímač má s tolika družicemi je schopen pracovat. Přijímače mají standardní počet kanálů v rozmezí od 4 do 12, v současné době až 20 kanálové přijímače. Oproti jednobanálovým jsou vícekanálové přijímače rychlejší a přesnější. Hybridní (multiplexní) přijímače postupně přepínají pseudonáhodné posloupnosti během jednoho bitu navigační zprávy, přijímač je tedy schopen přijmout data od více satelitů najednou. [7]

2.1.5 NAVSTAR GPS

GPS – NAVSTAR (Global Positioning System) je americký navigační systém, který je v současnosti pokládán za nejrozšířenější. GPS poskytuje poziční data ve dvou režimech, a to ve standardním režimu (veřejný) nebo v přeném určení polohy (armádní složky).

Standart Positioning Service (SPS) přeloženo do češtiny jako „standartní poziční služba“ je služba veřejně dostupná všem uživatelům. i když jde o globálně dostupnou službu, její přesnost ani dostupnost není garantována. Tato služba záměrně měla bezpečnostní opatření, z důvodu jejího zneužití pro bojové účely. Bezpečnostní opatření spočívalo v záměrném určení nepřesné polohy, to se označuje jako Selective Availability (SA) a tento režim byl účinný do května roku 2000. Pokud byla aktivní SA přesnost určení pozice se pohybovala cca 100 m. v současné době je díky službě SPS přesnost určení polohy cca 5 m a při použití techniky DGPS se přesnost zvětší, a to až na 0,5 m. Signál služby SPS je vysílán na jedné frekvenci, která se jmenuje L1.

Precise Positioning Service (PPS) přeloženo jako „přesná poziční služba“. Využití této služby je pouze pro armádní složky USA a jejich spojence. Nejedná se o veřejnou službu a dále se liší v bezpečnosti a vysílaného signálu. Bezpečnost zajišťuje šifrování, tedy ochrana bezpečnostním kódem, který se každý týden mění. Šifrování zároveň brání přenosu proti úmyslnému rušení (anti – spoofing). PPS má vysokou přesnost díky vysílání signálu na dvou frekvencích L1 a L2, kde se přenáší dálkoměrný kód s větším počtem bitů za sekundu. [9]

V dnešní době většina dostupných přijímačů používá službu SPS. Fázové přijímače vyhodnocují kód služby SPS i nosné vlny frekvencí L1 nebo L2. Není použita žádná konkrétní služba GPS, pouze se využívá toho, že satelity vysílají na těchto frekvencích, aniž by prozkoumávaly vysílaný kód. [1] Od 14. března 2018 je v souhvězdí GPS celkem 31 družic v plném provozu. [20]

2.1.6 Glonass

Jedná se o ruský navigační systém. Princip je téměř shodný se systémem GPS NAVSTAR. Vývoj systému GLONASS začal v osmdesátých letech dvacátého století. v devadesátých letech dvacátého století začaly problémy, zejména nedostatek zdrojů a celý vývoj a údržba systému se zpomalili. Začátkem 21. století se postupně začali doplňovat satelity na oběžnou dráhu, v březnu 2010 bylo dosaženo počtu 21 satelitů a zbylé 3 satelity byli v plánu vypustit do roku 2011.[9]

Pokud porovnáme systém GLONASS a GPS k roku 2010 z hlediska přesnosti určení polohy, byla u obou systémů srovnatelná, ovšem GLONASS z důvodu nižšího počtu satelitů poskytoval nižší dostupnost. v praxi se tento systém využívá výjimečně, proto přijímače GLONASS nejsou tak rozšířené. Pro vědecké účely se používá speciální zařízení, které pracuje se signály GPS a GLONASS. Podobně jako GPS má také GLONASS několik druhů signálů, veřejné a soukromé pro vojenské účely.

Trend do budoucnosti je kompatibilita vysílaných signálů s přijímači GPS a Galileo, tím bude zajištěna větší dostupnost a přesnost, byl by to tzv. kombinovaný systém GPS/GLONASS/Galileo. Tento trend by měl být naplňován od konce roku 2010. [1]

2.1.7 Galileo

Galileo je evropský globální družicový navigační systém (GNSS), který poskytuje vylepšené informace o poloze a časování s pozitivními důsledky pro mnoho evropských služeb a uživatelů. [13]

Družicový navigační systém Galileo je provozován komerčně, nestojí za ním vývoj z hlediska vojenských účelů. Systém je rozdělen do čtyř služeb: Základní služba (Open Service – OS), Komerční služba (Commercial Service – CS), Veřejně regulovaná služba (Public Regulated Service – PRS), Vyhledávací a záchranná služba (Search And Rescue service – SAR). Po zprovoznění systému Galileo došlo

ke kombinování přijímačů Glonass, GPS a Galileo, které využívají k určování polohy všechny systémy. [7]

2.1.8 Beidou

Na rozdíl od systémům GPS, GLONASS a Galileo, které využívají družice pohybující se vůči zemskému povrchu na střední oběžné dráze (tzv. MEO-Medium Earth Orbit), Beidou využívá geostacionární družice. To znamená, že systém nepotřebuje takové množství družic jako např. GPS, ale zároveň je signálem pokryta pouze ta oblast, nad kterou je družice pevně umístěna. [20] 21 Na oběžné dráze má systém Beidou 42 funkčních satelitů. Poslední satelit byl implementován koncem června 2019 z kosmodromu Si-čchang pomocí rakety Dlouhý pochod 3 B. Od roku 2007 funguje druhá generace nazvaná BDS-2 využívající nové satelity, které pokrývají celou Asii a Pacifik. v roce 2015 byl uveden systém BDS-3 s cílem pokrýt celou planetu. Beidou je zároveň jediný systém, který kombinuje přítomnost satelitů ve třech oběžných rovinách. v plné konstelaci 35 satelitů jich 27 obíhá na střední oběžné dráze (MEO), 5 na geostacionární dráze (GEO) a 3 na nakloněné geosynchronní dráze (IGSO) [22]

3 Navigace a řízení strojů

Základním cílem přesného řízení zemědělské techniky po pozemku je ušetřit jak osivo při setí, množství minerálních i statkových hnojiv nebo postřiků, tak zmenšit spotřebu pohonných hmot a samotného opotřebení stroje. Při aplikaci minerálních hnojiv a chemických postřiků jde i o šetrnost vůči pěstované plodině a vůči celému životnímu prostředí. Další úspora je čas práce, kdy je dosaženo lepšího využití stroje a zvýšení jeho efektivity. Navádění strojů je dnes na velmi vysoké úrovni, ale i přes to se neustále vyvíjí, disponuje opakovatelností linií, přesným setí, Section-Control a mnoho dalšími funkcemi. Dnes se už zcela opustilo od starých způsobů navádění strojů a využívá se navádění pomocí GNSS. Firmy vyrábějící navigační zařízení nabízejí různé typy navigačních prostředků, ale princip navigátorů je podobný. Navádění pomocí GNSS se dělí na manuální navádění, asistované řízení a automatické navádění. [7]

3.1 Manuální navádění

Řízení stroje je prováděno manuálně obsluhou. Obsluha se řídí pomocí LCD displeje nebo pomocí naváděcí LED diodové lišty. Lišta je složena z LED diod, které se při vychýlení stroje z liniové dráhy rozsvítí na levé nebo pravé straně, při správném směru svítí zelené a při vychýlení červené pruhy. Lišta je nejčastěji umístěna před čelním sklem v ose středu stroje, tak aby měla obsluha stroje dostatečný výhled. [7]

3.2 Asistované řízení

Princip systému asistovaného řízení probíhá tak, že přijímač pracuje s informacemi o vlastní poloze stroje a propojuje je s daty pozemku. Vyhodnocené informace jsou vysílány k řídicí jednotce, ta na jejich základě vysílá impulzy, kterými ovládá elektromotor pro otáčení volantu. Přesnost a plynulost zatačení celého řízení stroje závisí na kvalitě přijímače a na frekvenci přijímaného signálu. Pokud má signál frekvenci 5 Hz dochází 5krát za sekundu k aktualizaci polohy, tedy i ke stejnému počtu posílání impulzů z řídicí jednotky do elektromotoru. Výhodou této technologie je její flexibilita, lze použít na všechny druhy traktorů, sklízecích mlátiček, samohodných postřikovačů a dalších strojů, ovšem podmínkou je zabudovaný posilovač řízení. [7]

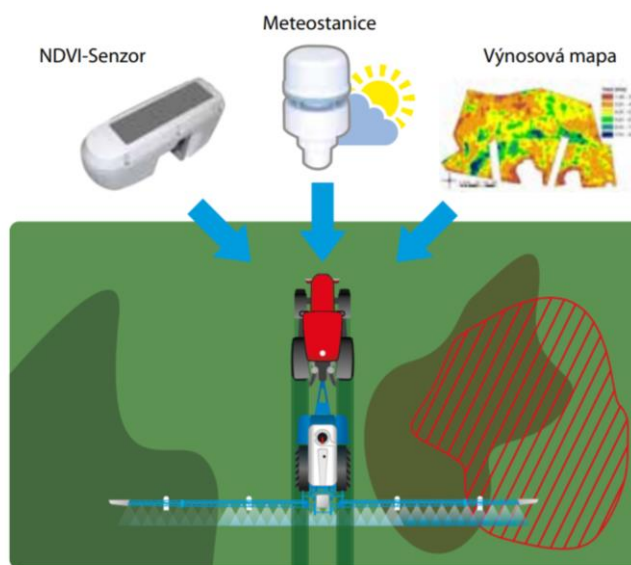
3.3 Automatické navádění

Implementace automatického navádění u zemědělských strojů má za cíl nahradit obsluhu stroje jednotkou řízení. Systémy pro získávání a vyhodnocování dat jsou podobné jako u manuálního a asistovaného navádění s výjimkou některých způsobů řízení. Zemědělský Stroj musí být vybaven polohovým snímačem volantu, snímačem natočení kol, hydraulickými ventily řízení, řídicí jednotkou ventilu řízení, spínačem aktivace automatického navádění, GPS přijímačem, ovládacím terminálem a navigačním počítačem [1]

4 Variabilní provádění pěstitelských zásahů

Vývoj systémů pro variabilní dávkování pesticidů a hnojiv na základě sensorového monitoringu porostních podmínek, je stále rozvíjející se odvětví. Nelze s jistotou říci, jakou úsporu variabilní dávkování poskytne vzhledem k následnému výnosu. Další neznámou jsou metody sběru dat. Okolní vlivy a nekonstantní podmínky jsou natolik silné, že některé senzory a čidla nemusí pracovat zcela správně. Vznikají tak odchylky, které ubírají pomyslné kladné body této technologie.

Variabilní dávkování slouží ke stanovení diferencovaných dávek při hnojení porostů a aplikaci přípravků na ochranu rostlin v precizním zemědělství. Měřením pomocí sensorového systému je hodnocen stav porostu, čímž lze pružněji reagovat na potřebu výživy rostlin a detekovat rozdíly v rámci jednotlivých pozemků. Sensorové měření probíhá online a lze doplnit o mapový podklad, který koriguje intenzitu zásahu podle výnosového potenciálu daného místa. Kombinace online měření a korekce na potenciální výnos vede k efektivnějšímu využití vstupů. Vyšší intenzita u slabších porostů je provedena pouze za předpokladu očekávaného nadprůměrného výnosu na daném místě. Podkladová mapa je vytvořena z řady družicových snímků za stanovené období a je uložena na serveru. Inovativním prvkem této technologie je úprava podkladové mapy dle aktuálního stavu povětrnostních podmínek z lokálního meteorologického měření. Lokální měřicí síť se skládá z měřicích stanic rozmístěných v porostech, které zachycují rozdíly mikroklima porostu na sledovaném území. Měřenými údaji jsou teplota a vlhkost vzduchu, ovlhčení listů, tlak vzduchu, vlhkost a teplota půdy a další. Schéma systémů pro variabilní dávkování je zobrazeno na Obrázku 3. [23]



Obrázek 3 Variabilní dávkování [23]

4.1 Získávání dat při sklizni

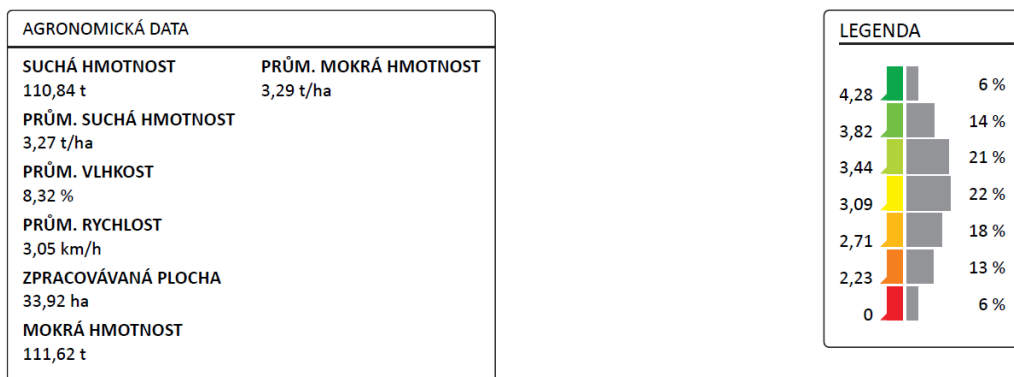
Při sklizni dokáže sklízecí mlátička zaznamenat mnoho důležitých dat pro dané místo pozemku v reálném čase. z těchto dat následně vytváří výnosové mapy, od kterých se odvíjejí další agronomické zásahy, a to tvorba aplikačních map, popřípadě úprava dávky aplikovaných hnojiv. Může být vykresleno několik vrstev, a to výnosová

mapa, mapa vlhkosti zrna, mapa rychlosti sklizně a další. Na Obrázku 4 je znázorněna výnosová mapa po sklizni řepky, každá barva má svou hodnotu a vyobrazuje procentuální zastoupení na pozemku [9]



Obrázek 4 Výnosová mapa zobrazující suchý výnos řepky ($t \cdot ha^{-1}$) [30]

Zelená barva znázorňuje nejvyšší hodnotu, (zde se jedná o nejvyšší hodnotu výnosu), červená barva značí nejnižší hodnotu výnosu. Celkové hodnoty výnosu, rychlosti sklizně, zpracované plochy jsou uvedeny na Obrázku 5, kde je také zobrazena legenda k výnosové mapě uvedené na Obrázku 4. [9]



Obrázek 5 Agronomická data a legenda k Obrázku 4 [30]

Díky výnosovým mapám je možné vypracovat následný plán agronomických operací. Stále je ale důležité sledovat pozemek zejména fyzicky, a poté doplnit informacemi z výnosových map a dalších. Jak je vidět červená místa jsou nejčastěji na souvratích, na svazích, v mokřadech a mezi remízky. [9]

4.2 HarvestLab

Firma John Deere ve spolupráci s firmou Carl Zeiss vyvinula a patentovala systém HarvestLab 3000. Jedná se o sensor, který využívá blízké infračervené (NIR) spektroskopie za účelem analýzy různých složek sklizených plodin, siláže nebo kejdy. Snímač je nyní schopen zlepšit přesnost zabráním o 12 % širšího spektra vlnových délek a zajistí více než 4000 měření za vteřinu, to se běžně rovná zhruba 1 milionu měření na náklad. Již v roce 2009 byla tato technologie certifikována společností Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft (DLG) pro analýzu obsahu sušiny v siláži kukuřice se zanedbatelnými odchylkami mezi 0,67 až 1,85 %. v průběhu dalších let se systém zdokonaloval přidáváním vzorků více typů plodin/kejdy, odrůd i různorodosti regionů, čímž následně probíhala celková kalibrace přístroje. Nový hardware HarvestLab 3000 reflektuje moderní technologie a opírá se o miliony hodin zkušeností z provozu na poli, díky tomu jsou výsledná data statisticky spolehlivá. Chyby, které se obvykle vyskytují během manuálního sběru vzorků, jsou zde zcela eliminovány. Výsledná data se zobrazují a dokumentují v reálném čase, to obsluze umožňuje okamžitě upravovat nastavení a řídit automatizovanou optimalizaci stroje přímo na poli, bez toho, aniž by musela obsluha stroje čekat několik dní na výsledky rozboru z laboratoře. HarvestLab je všestranné zařízení, které může být použito při provádění třech různých operací. [15]

4.2.1 Využití u samohodné řezačky

Vlhkost plodin se může lišit na jednom poli až o 20 %, což vyžaduje pro zajištění ideálního zhutnění bez vzduchových kapes různou délku řezu. Za účelem automatického nastavení délky řezu v závislosti na obsahu sušiny lze samohodnou řezačku John Deere vybavit systémem HarvestLab 3000. Automatické úpravy poměru silážního inokulantu pomáhají optimalizovat fermentaci a ušetří až 10 % silážních aditiv.

TYP PLODINY	VLHKOST/ SUŠINA (DM)	HRUBÝ PROTEIN (XP)	ŠKROB	HRUBÁ VLÁKNINA (XF)	NDF _{DM}	ADF _{DM}	CUKR (XZ)	HRUBÝ POPEL (XA)
Kukuřice	■	■	■	-	■	■	-	-
Traviny	■	■	-	■	■	■	■	■
Vojtěška	■	-	-	-	-	-	-	-
Ostatní siláž	■	-	-	-	-	-	-	-

Obrázek 6 Měřené hodnoty při sklizni dané plodiny [15]

Mimo sušiny může také v reálném čase získat vysoce přesné hodnoty N-látek, škrobu, vlákniny, NDF a ADF složek, cukru a popelovin (Obrázek 6). Díky zobrazení

a srovnání všech lokálních dat dokumentace v Operačním středisku John Deere může uživatel činit rozhodnutí týkající se výběru odrůdy a péče o plodiny. Během období mimo sezónu lze všechna data analyzovat a díky získaným výsledkům zvolit vhodnější postup při provádění pěstování nebo jiných operací v dalším roce. [15]

4.2.2 Použití u aplikace kejdy

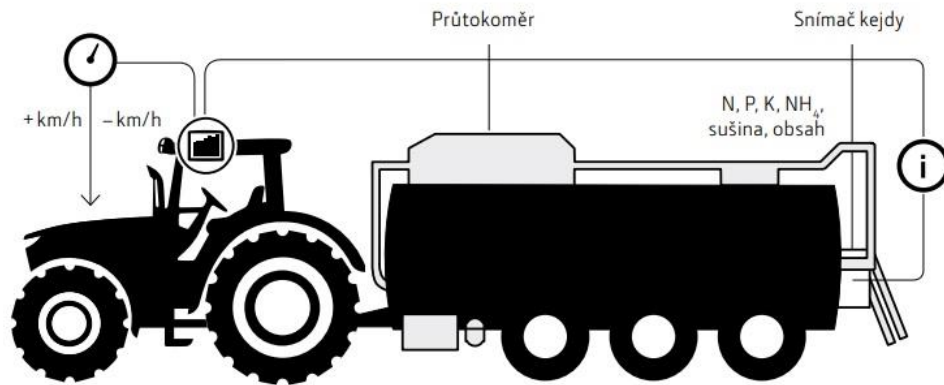
Kejda je organické hnojivo bohaté na živiny (Obrázek 7). Dosud byl však úspěch organického hnojení kvůli přirozené proměnlivosti a rychlému usazování kejdy spíše náhodný. Díky aplikaci variabilních dávek organického hnojiva pomocí tohoto systému lze aplikovat N, P, K na základě stanoveného množství živin a limitní dávky v kg/ha, a využívat i lokální předpisové mapy.

TYP ORGANICKÉHO HNOJIVA	SUŠINA (DM)	N _{celkem}	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Prasata	■	■	■	■	■
Mléčný skot / skot	■	■	■	■	■
Digestát z bioplynové stanice	■	■	■	■	■

Obrázek 7 Měřené hodnoty u aplikace kejdy [15]

Aplikace variabilních dávek organického hnojiva může analyzovat složky nejenom během plnění, ale také během aplikace, vteřinu před tím, než se živiny dostanou do půdy. Dvojitá analýza složek představuje neocenitelnou výhodu oproti jiným systémům, protože jsou brány v potaz výkyvy živin a sedimentace během přepravy. Variabilní aplikace je poté řízena automatickým nastavením rychlosti nebo nastavením průtoku v reálném čase. Data z aplikace variabilních dávek organického hnojiva lze navíc pro další zpracování bezdrátově přenášet do Operačního střediska John Deere.

Snadné nastavení aplikace, systém HarvestLab 3000 společnosti John Deere na snímání obsahu organického hnojiva se ovládá intuitivně pomocí displeje 4600/4640 4. generace nebo displeje GS3 2630. Před aplikací je definována cílová dávka jedné z živin, poté může být nastavena limitní dávka pro druhou živinu. Ještě vyšší úroveň přesnosti lze dosáhnout nahráním předpisové mapy aplikace. Snímač NIR neustále porovnává aktuální úroveň živin s přednastavenou hodnotou a automaticky řídí rychlost a regulaci průtoku, aby zajistil aplikaci požadované dávky (Obrázek 8). Ve vztahu k jednotlivým místům lze zdokumentovat až 4 různé druhy živin, vše je pak možné odeslat do Operačního střediska John Deere. Díky těmto informacím mohou být založeny budoucí mapy předpisů pro druhotnou aplikaci minerálních hnojiv, ty se poté odešlou zpět do stroje. Zde je patrné ušetření za náklady na minerální hnojiva a optimalizace přísunu živin k daným plodinám.



Obrázek 8 Schéma soupravy pro aplikaci kejdy [15]

Společnost John Deere uzavřela smlouvu s firmou Kotte Landtechnik, která chce systém využívat u svých aplikátorů. Systém již nyní je možné nalézt u výrobků společností Fliegl, Joskin, Pichon, Samson a Vervaet. [15]

4.2.3 Mobilní laboratoř

Systém HarvestLab 3000 může být také použit jako laboratorní zařízení při tvorbě krmných dávek nebo kontrole obsahu složek dané komodity, díky čemuž je hodnota jeho využití po celý rok. HarvestLab provádí detailní rozbor siláže/senáže přímo u žlabu, kde je možné zjistit obsah sušiny, bílkovin, kyselý detergentní vlákniny (ADF), neutrální detergentní vlákniny (NDF), cukru a škrobu. Na základě získaných dat v reálném čase se následně připraví konkrétní krmná dávka podle množství obsažených látek. Zařízení lze připojit k auto zásuvce vozidla či stroje, to zaručuje plnou mobilitu a zajištění veškerých informací okamžitě na daném místě. Výsledkem je tedy úspora nákladů na doplňky při současném dosažení vyšších výnosů z produkce hovězího masa, mléčných produktů nebo bioplynu a následné zvýšení ziskovosti. Webové rozhraní John Deere poskytuje přesný postup vysvětlující každý krok a vizualizaci dat, nabízí vhodné řešení, nebo je jen pomůckou při rozhodování o dalších postupech. [15]

5 Software pro technickou podporu řízení podniku

Řízení podniku je závislé na počtu a kvalitě získaných dat. Aktuální data jsou důležitá zejména k rychlé a včasné reakci na vzniklý problém. Papírové záznamy, které jsou stále nezbytnou součástí celkové evidence dějů uvnitř podniku, ale nedokáží

poskytnout tyto informace včas a mnohdy se na vzniklý problém přijde až zpětně po delším časovém úseku. Proto jsou velmi přínosnou pomůckou softwary, které evidují aktuální stav strojů jejich pohyb a nastavení při prováděné pracovní operaci, zpracovávají agronomická data, výnosy, počasí, kvalitu sklizené hmoty a dalších. Dnes (květen 2020) je zřejmé, že nezbytnou součástí pro řízení podniku jsou i komunikační a plánovací softwary (např. Microsoft Teams, Dynamics 365, Skype a další), kdy komunikace uvnitř i v rámci podniků probíhá virtuálně. Velký přínos poskytují i sdílené kalendáře, kde může například agronom zaznamenat požadavek na provedení pracovní operace (sklizeň píce) a mechanizátor následně připraví k tomu určené stroje na daný termín. Jsou-li stroje připraveny k provedení operace, mechanizátor v kalendáři tento fakt zaznamená a agronom má následně informaci, že může začít danou operaci provádět.

5.1 MyJohnDeere

MyJohnDeere je software společnosti John Deere, který běží na internetové platformě <https://myjohndeere.deere.com/>. Pro mobilní telefony a tablety je dostupný v mobilních aplikacích. Software zabezpečuje komunikaci a sledování celkového průběhu prováděné operace, dále pak plánování a konfiguraci agronomických dat a mnoho dalších. [16]

5.1.1 Operační středisko

Usměrňováním a řízením jednotlivých úkonů se velmi dobře zvýší celková efektivita. K tomu je zapotřebí spojení všech strojů a nářadí, které slouží jako dílčí články pro celkový ekosystém. Operační středisko na webovém portálu MyJohnDeere.com všechny dílčí články (stroje a nářadí) spojuje a řídí. Zajistí připojení ke strojům, řidičům a polím z jednoho místa. Umožní také snadnou výměnu informací s prodejcem (například z hlediska servisu, a další), případným smluvním dodavatelem a dalšími obchodními partnery. [16]

5.1.2 Správa pole

Operační středisko John Deere v podstatě znamená, že si řídicí pracovník nosí farmu stále s sebou v kapse. Pomáhá tak dosáhnout maximálního výnosu z půdy a rovnoměrnou kvalitu výnosu při podstatném snížení vstupních nákladů: Je možné naplánovat střídání plodin a další úkoly na nadcházející sezónu pomocí strukturovaného přehledu, který usnadní tvorbu souborů, nastavení displeje

a pracovních příkazů. Po dokončení konkrétní práce na poli budou data pro dokumentaci automaticky nahrána z displeje v kabině (funkce WDT) na osobní účet v Operačním středisku. Všechny podrobnosti jsou odtud jednoduše zobrazeny na přehledně strukturované časové linii. Kdykoli, kdekoli, z jakéhokoli zařízení s přístupem k internetu je možné zobrazení map nebo srovnání různých vrstev map (například výnos, sušina, složky, aplikační dávky a dalších).

Díky zisku cenných agronomických poznatků může řídicí pracovník učinit kvalifikovaná rozhodnutí založená na faktech a snadněji definovat nápravná opatření. Integrované nástroje umožní tato data snadno převést na budoucí předpisy variabilních dávek a spolupracovat se zemědělskými experty tím, že jim budou poskytnuta zvláštní přístupová práva. Dále se pak ulehčí pořizování dokumentace, neboť zprávy lze snadno vytvářet, tisknout i sdílet. [16]

5.1.3 Aplikace MyOperations

Aplikace John Deere MyOperations posune vzdálené řízení strojů a provozů v terénu na další úroveň. Spojí se s Operačním střediskem John Deere a umožní vyhodnotit porovnání mezi očekávaným a skutečným výkonem realizace úkolu a využití stroje. [16]

5.1.4 Správa strojového parku

Pokud podnik využívá více strojů, a to třeba i ve více oblastech, je možné mít všechny aktuální informace o prováděných pracích po ruce, přístupné na mobilním zařízení. Na jediné mapě lze získat komplexní přehled o polích a strojích, zobrazit si aktuální polohu GPS jakéhokoliv stroje a sledovat historii polohy. Pomocí nastavení hranic vybraného území je možné aktivovat upozornění ve chvíli, kdy se některý ze strojů dostane mimo určenou oblast. Kdykoliv lze na dálku vyhledat nastavení stroje, informace o využití a výkonnosti i dokonce srovnat data z různých strojů. Pokud je zjištěn jakýkoli potenciál optimalizace výkonu, může být pomocí vzdáleného přístupu k displeji (RDA) zajištěno spojení s obsluhou a pomoc s nastavením stroje a nářadím ISOBUS. s daty ve vizualizované podobě se mnohem snadněji pracuje, jasnost zobrazení barevných polí, která snadno umožní sledovat, zda byla práce na všech polích dokončena nebo bylo některé vynecháno. [16]

5.1.5 Řízení prací

Pomocí MyJobConnect je možné lépe koordinovat zaměstnance a zvýšit produktivitu díky minimalizaci příčin chyb. MyJobConnect obsahuje balíček dvou aplikací pro chytrá zařízení: MyJobsManager a MyJobs. Příprava a synchronizace dat na účtu Operačního střediska i plánování nové práce zabere několik minut a zajistí sjednocení a aktualizaci informací. Díky MyJobsManager lze plánovat práce dopředu digitálně v intuitivním náhledu kalendáře. Pokud se harmonogram změní, stačí všechny jeho položky přesunout na jiný datum. Řídicí panel poskytuje přehled denních prací pro jednoduché sledování postupu prací a rychlou identifikaci oblastí vyžadujících zvláštní pozornost. Aplikace MyJobs poskytuje pracovníkům z řad obsluhy přehled prací, které mají provést ve stanoveném pořadí a čase. Všechny potřebné údaje jsou neustále k dispozici v přehledných tabulkách a grafech, to pomáhá eliminovat chyby vzniklé v důsledku nedostatků v komunikaci, a tím i potřebu neplánovaných telefonických hovorů. Po dokončení práce stačí pro vytvoření reportu provést v aplikaci několik úkonů, jedná se o velmi krátký časový úsek. Díky tomu, že se veškerá data v reálném čase nahrávají do Operačního střediska, je možné si vytvořit souhrnnou zprávu o provedených pracích a přeposlat ji dál za účelem fakturace. [16]

5.2 Claas Telematics

Systém firmy Claas umožňuje sledování stroje přenosem svých provozních a pozičních dat pomocí GPRS na server telemetrie a pomocí internetu dále až k uživateli. Pomocí analýz výkonnosti a využití pracovních časů vytváří detailní přehled o provozu stroje, kde po vizualizaci těchto dat napomáhá k optimalizaci nastavení stroje a organizace sklizňových prací. Hlavním cílem je zvýšení sezónní výkonnosti stroje bez nutnosti investic do zvyšování jeho kapacity. Dálkové sledování strojů probíhá online nebo se ukládá pro následné využití. Jedná se o vyhodnocování jejich pracovních výkonů a efektivity využití pracovní doby. Systém dále umožňuje monitorování polohy stroje na několika mapových podkladech, rovněž online nebo dodatečně pro účely pozdějších vyhodnocování, přenášet data výnosů pro potřeby mapování bez použití přenosných datových nosičů (PCM CIA karty) a dálkovou diagnostiku elektrických a elektronických závad (otáčky, čidla, kabely, motor a další) pro odborný servis. Zpracování dat může probíhat v jakémkoliv internetovém prohlížeči (Microsoft Internet Explorer, Netscape Navigator, Opera, Mozilla FireFox a další) nebo systém nabízí data v CSV formátu, např. pro Microsoft Excel nebo jiné

tabulkové programy. Systém dále umožňuje správu veškerých strojů a jejich sledování v čase i prostoru s uvedením různých provozních parametrů jednotlivých strojů. Dálková diagnostika má také za cíl zkrátit ztrátové časy potřebné k diagnostice závad na minimum a tím i přispět ke zvýšení sezónní výkonnosti stroje a snižovat provozní náklady majitele. Celý systém je založen na získávání provozních dat ze strojů. Umožňují to stále vyspělejší vozidlové datové CAN sítě a obslužný palubní software. v případě sklízecí mlátičky CLAAS Lexion je ukládáno a přenášeno 36 provozních veličin stroje, např.: zeměpisná šířka a délka polohy stroje, výška strniště, otáčky všech rotujících agregátů (motor, šikmý dopravník, mláticí ústrojí, separační rotory nebo vytřásadla, ventilátor sít, drtič slámy a další), využitý pracovní záběr, okamžitá rychlost, okamžitý výnos, vlhkost, množství hmoty v kláskovém dopravníku, ztráty separace i čistidel, stav naplnění zásobníku, status vysypávání a mnoho dalších parametrů, ze kterých se dále vypočítává plošná a hmotnostní výkonnost, údaje o spotřebě paliva vzhledem k výnosu, času a podle jednotlivých sklizených plodin během sezóny (tzv. kniha plodin). [17]

5.2.1 Charakteristika funkce systému

Hlavním komponentem systému je datová karta, na které po zasunutí do mechaniky palubního počítače běží příslušný program, který ukládá každých 15 sekund všech 36 provozních veličin, které odebírá z CAN sběrnice. Vždy po 15 minutách jsou data odeslána GSM modemem pomocí GPRS přenosu na server firmy CLAAS v Harsewinkelu. Dostatečně malý objem dat zajišťuje jejich plynulé odesílání a v případě přerušení z důvodu slabého signálu nebo jiných příčin, dochází k uložení dat a jejich odeslání je uskutečněno v příštím cyklu. Kapacita úložiště datového média je dostatečně velká pro práci i několika týdnů bez odeslání dat (drahý GSM roaming, výpadky signálu v nepřístupném terénu a další).

Pokud chce uživatel využít i funkci mapování výnosů, je potřebný ještě programový balíček AGRO-MAP firmy Agrocom pro tvorbu, zobrazování a vyhodnocování výnosových a následných aplikačních map. Telemetrie nabízí uživatelům zvýšení uživatelského komfortu v podobě stahování výnosových hrubých dat přímo bez zdlouhavého načítání a dekomprimace souborů z paměťových karet palubního počítače. [17]

5.3 365FarmNet

365FarmNet je softwarový nástroj, který poskytuje určitou formu zjednodušení řízení společnosti a vede k efektivnímu digitálnímu pokrytí většiny provozních procesů. Pomocí rychlého zadávání kmenových a dokumentačních dat, lze provádět jednotlivé analýzy v dané oblasti, uživatel dále může sledovat prioritní a důležitá data, díky tomu lze dosáhnout rychlejšího a přesnějšího rozhodování, tedy dosažení maximálních výsledků s minimálním úsilím. Je k dispozici několik forem služeb od zjednodušené analýzy až po plně automatickou dokumentaci: Zvyšuje se stupeň automatizace týkající se dokumentace, aby vyhovoval individuálním potřebám uživatelů, k tomu dochází zcela nezávisle na strojích, které zemědělský podnik používá. Dále poskytuje informace pro zemědělce od odborných partnerů, kteří se zabývají problematikou ve sledovaném odvětví. Schéma funkcí je vyobrazeno na Obrázku 9. [14]



Obrázek 9 Schéma funkcí počítačového softwaru 365FarmNet [14]

365FarmNet spolupracuje s velkým počtem partnerských společností pomocí holistického přístupu, je tedy možné spravovat všechny výrobce používaných značek pomocí jediného softwaru. 365FarmNet poskytuje základní software zdarma a každý uživatel jej pak může přizpůsobit svým vlastním specifickým potřebám. Žádné odvětví ani funkce nejsou obsazeny výhradně jedním partnerem. Celkem více než 40 zemědělských partnerů již podporuje 365FarmNet svým know-how a zpřístupněním dalších inteligentních součástí, včetně výrobců strojů, výrobců hnojiv, chovatelů, dodavatelů krmiv a výrobců zařízení pro živočišnou produkci. Všichni jsou

součástí moderní a na budoucnost orientované online platformy, která spojuje aplikace různých výrobců dohromady. [14]

5.4 AFS Connect

AFS je počítačový software od firmy Case IH, který má širokou škálu využití. Může kontrolovat jízdy strojů po pozemku, vytvořit aplikační mapy, zaměřit jednotlivé pozemky, zpracovávat získaná data, provádět analýzu a získaná data vyhodnotit. Pomocí získaných dat o výkonnosti stroje, spotřebě paliva, vlhkosti produktu a dalších lze vytvořit plán na další (budoucí) plánované pracovní operace, tzv. optimalizovat náklady a dosáhnout v budoucnosti vyšších zisků.

Protokolování dat AccuGuide CASE IH, navigace EZ-Guide, FM-750 i FM-1000, umožňuje tvorbu záznamů o činnosti prováděné na daném pozemku. Obsahem zprávy je zahájení a ukončení operace, celková doba práce na pozemku, jméno obsluhy, obdělaná plocha, výměru pozemku, aplikovaný druh hnojiva, postřiku a jeho množství. Tyto protokoly lze otevírat v jakémkoliv textovém editoru, např. Word. Zaznamenané hranice, překážky nebo navigační křivky lze nahrávat a zpracovat v PC, ale i naopak je nahrávat zpět do stroje. GPS navigace podporuje datové formáty shp. Software pro precizní zemědělství Case IH AFS Software 11.0 prochází neustálým vývojem a aktualizací, nyní umožňuje práci s daty ze sklízecích mlátiček, traktorů, samojízdných strojů i strojů různých výrobců. Pomocí softwaru lze zobrazovat mapy výnosu, vlhkosti, spotřeby, zatížení motoru a prokluzu kol. Data získaná na základě rozboru půdy, satelitních snímků trojrozměrného zobrazení pozemku, GPS souřadnic, dále pak tvorba variabilních map pro hnojení, setí, aplikace postřiků, tvorba navigačních křivek, lze exportovat na jakýkoliv stroj firmy Case, ale i konkurenčních výrobců. [18]

5.5 PLM Connect

PLM Connect je software od firmy New Holland. Komplexní softwarový balíček umožní spravovat všechny aspekty farmy za účelem zvýšení produktivity a snížení prudce rostoucích vstupních nákladů. Telematická technologie umožňuje správcům vozového parku připojení ke strojům a odesílat nebo přijímat informace v reálném čase, z kanceláře, popřípadě z jakéhokoli místa díky mobilní aplikaci. Je možné vybrat mezi základní úrovní Essential Package nebo upgradovat na Advanced Professional Package v závislosti na individuálních potřebách uživatelů. PLM

Connect Professional umožňuje vzdálené sledování podrobných informací o stroji obsažených v zařízení CANBUS. Uživatel může s autorizovaným servisem aktivně předcházet problémům s údržbou nebo rychle řešit problémy v terénu. Systém umožňuje i zabezpečení svého počítače pomocí geoflotů a zákazů vycházení. Díky technologii geo-oplocení je možné předdefinovat pracovní oblasti strojů a poté dostat upozornění, pokud stroj opustí tuto oblast. Zákaz vycházení znamená získávat upozornění, pokud jsou stroje používány mimo předdefinovanou pracovní dobu. Další chytrá funkce je upozornění na plánovanou údržbu v dostatečném předstihu, aby mohla být naplánována na nejvhodnější dobu, mimo sezonní špičku. Dále je možné sledovat stav vozidla v reálném čase prostřednictvím virtuálního ovládacího panelu PLM Connect, který umožní sledovat klíčové provozní parametry.



Obrázek 10 Řízení strojového parku z operačního střediska [19]

Technologie PLM Connect Essential umožňuje porovnat výsledky z různých polí a s různými operátory. Analýzou těchto údajů pak lze zajistit, že osvědčené postupy budou implementovány v celé farmě. Pokud jsou traktory nebo jiné stroje někde přes noc zaparkované, systém okamžitě upozorní uživatele, pokud se přesunou. Pomocí PLM Connect Professional lze okamžitě komunikovat mezi kanceláří a operátorem v terénu, prostřednictvím online portálu. Jedná se o získávání dat v reálném čase při provádění operaci nebo udílení přímo pokynů obsluze. [19]

5.6 Společné rozhraní DataConnect

Doposud mohli zemědělci a poskytovatelé služeb v zemědělství se smíšeným strojovým parkem svá data zaznamenávat, zpracovávat a dokumentovat pouze s využitím příslušného vybavení a webových portálů jednotlivých výrobců. Chyběla kompatibilita jednotlivých programů mezi výrobcí zemědělské techniky. v rámci

nového systému DataConnect společnosti CLAAS, 365FarmNet a John Deere vytvořily přímé, na výrobci nezávislé, cloudové řešení. Podobně jako u systému ISOBUS si mohou nyní uživatelé sdílet svá data prostřednictvím společného rozhraní a mohou také ovládat a sledovat celý svůj strojový park na svém oblíbeném portálu. Díky systému DataConnect si mohou uživatelé vybrat upřednostňovanou datovou platformu od konkrétního výrobce a zároveň mohou díky novému rozhraní přenášet data z ostatních strojů. Data tedy jsou stále k dispozici na portálech John Deere Operační středisko, CLAAS TELEMATICS a 365FarmNet, ale lze je také v reálném čase přenášet mezi jednotlivými portály (Obrázek 11). Klíčový přínos pro uživatele spočívá v tom, že všechny potřebné informace o strojích jsou implementovány v jednom systému.



Obrázek 11 Systém DataConnect [31]

Systém DataConnect umožňuje získání všech důležitých údajů o strojích, včetně současné a historické polohy stroje, hladiny paliva v nádrži, aktuálního pracovního stavu a rychlosti. Plánuje se další upgrade systému, kde bude možný přenos i agronomických dat. Svě zkušenosti s cloudovým propojením systémem DataConnect chtějí výrobci sdílet v rámci probíhajícího vývoje s nadací AEF (Agricultural Industry Electronics Foundation). [31]

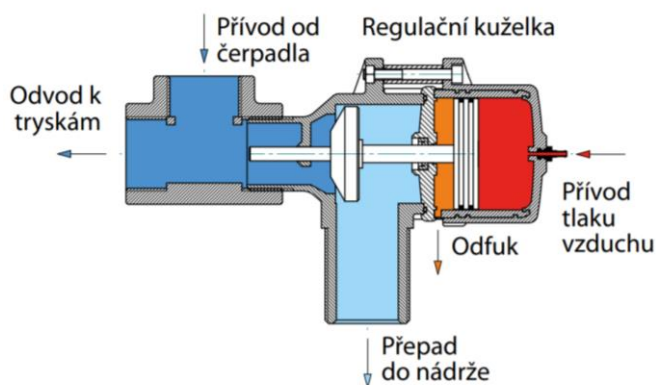
6 Postřikovače

V dnešní době je pojem chemická ochrana rostlin velmi kontroverzní téma. Někteří zemědělci mají k této činnosti odpor, avšak jiní si bez ní nedokážou představit hospodařit. Pěstování zemědělských plodin bez chemického ošetřování je ekonomicky

velmi náročné, jelikož dosažený výnos je značně pod celkovým průměrem dané oblasti. Naopak zemědělci, kteří chemicky ošetřují plodiny, dosahují mnohdy nadprůměrných výnosů. Tendence ochránců přírody a ekologů zakázat používání některých chemických přípravků jsou velmi silné. Samotné nakládání s chemickými přípravky je nebezpečné a při nesprávném nakládání s nimi může dojít k nechtěným důsledkům. Chemická ochrana rostlin je proto pozorně sledována ekology i veřejností, díky čemuž je kladen vyšší důraz na správný průběh celé operace. Nedůležitějším bodem je tedy samotná aplikace přípravku. o aplikaci chemických látek na ochranu rostlin se starají postřikovače, které se dělí na nesené, návěsné a samochodné. Vybavení postřikovačů dosahuje velmi vysoké úrovně, přesné dávkování, stálost dávky a přesná aplikace jsou dnes už standardem, díky tomu se aplikuje přesná požadovaná dávka přípravku na danou plochu. Tento fakt velmi pozitivně zasáhl, jak ekonomiku technologie, tak životní prostředí. Níže bude popsán samotný princip funkce postřikovačů a nové technologie, kterými mohou být dnes postřikovače vybaveny. [25]

6.1 Princip funkce postřikovačů

Cisterna postřikovače je naplněna čistým roztokem H_2O , přimícháním předepsaného množství koncentrovaného roztoku vznikne účinná látka tzv. postřiková jícha. Ta je pomocí čerpadla pod určitým tlakem dopravována k aplikačnímu zařízení. Tlak kapaliny, který je v okruhu upravuje regulační ventil (Obrázek 12). Rychlost a tlak kapaliny ve výstřikovém otvoru způsobí náraz na okolní vzduch nebo nárazovou destičku, tím dojde k vytvoření malých kapiček, které vytvářejí výstřikový obrazec, ten je dán typem použité trysky a tlakem kapaliny. Tento princip aplikace se nazývá hydraulický rozptyl. Výstřikové otvory (trysky) jsou umístěny na rámu v různých variantách pracovních záběrů, kde následně vytvářejí postřikovou clonu, která dopadá na ošetřovaný porost.



Obrázek 12 Regulační ventil postřikovače [23]

Další možný způsob aplikace je hydropneumatický rozptyl (rosení). Jedná se tedy o obdobný způsob jako u postřikovačů, postřiková jícha je dopravovaná pod tlakem do výstřikových otvorů, kde dochází k tvorbě výstřikového obrazce. Aplikační zařízení neboli rosič, je vybaven výkonným ventilátorem, který vytváří proud vzduchu působící na postřikovou clonu. Kapénky jsou tříštěny a unášeny do porostu nebo do prostoru. Tato technologie se využívá ve chmelnicích, vinicích a sadech.

Poslední možný způsob aplikace účinné látky je pomocí zmlžovačů, které vytvářejí lehké a těžké mlhy. Jedná se o stejný princip aplikace jako u rosení, jen do postřikové jíchy je přidáno vhodné rozpouštědlo (methylchlorid). U tvorby lehkých mlh dochází k odpařování účinné látky vlivem vysoké teploty termochemický děj. Při spalování tekutého paliva je účinná látka vstřikovávána do proudu spalin, kde dochází k roztržení kapének a částečnému odpaření. Roztržené kapénky dosahují velikosti jednotek mikrometrů. Po opuštění výfukového potrubí pára kondenzuje a ulpívá na listech rostlin. Tento způsob ošetření je vhodný v uzavřených prostorech, kde je eliminován vliv počasí a větru a nedochází tak k velkým ztrátám. [25]

6.2 Čerpadla postřikovačů

Čerpadlo v postřikovači plní několik funkcí, dopravuje postřikovou jíchu k tryskám, míchá koncentrovaný přípravek s vodou, plní hlavní nádrž čistou vodou, udržuje homogení postřikovou jíchu neustálým hydraulickým mícháním a zabezpečuje oplach nádrže.

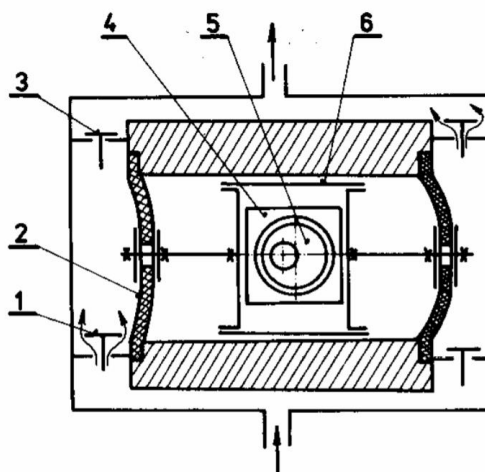
Pohon čerpadla je zajištěn od vývodového hřídele traktoru přímo, od kola postřikovače nebo rotačním hydromotorem. Spojení postřikovače a traktoru pomocí

rozhraní ISOBUS je výhodné jak z hlediska jednoduchosti připojení (méně přípojných prostředků), tak z hlediska eliminace několika ovládacích terminálů, vše je možné řídit z hlavního interního terminálu traktoru. [25]

6.2.1 Hydrostatická čerpadla

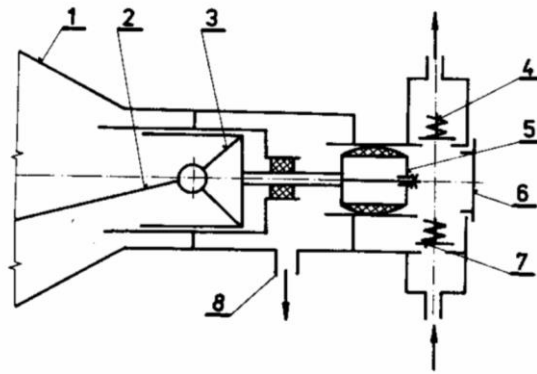
Typy hydrostatických čerpadel s přímovratným pohybem: pístová, plunžrová, membránová, křídlová.

Běžně užívané středotlaké membránové čerpadlo pracuje s pracovním tlakem 2 MPa. Výkonější dosahují tlaku 4 MPa a průtoku $4,2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Výhoda membránových čerpadel je zamezení styku postříkové kapaliny s mechanickou částí čerpadla díky membránám. Nejčastěji se využívají čerpadla s 2 až 6 hvězdicovitě uloženými membránovými hlavami. Stabilita dodávaného množství a tlaku je regulována pomocí vzušníku. Schéma dvoumembránového čerpadla je na Obrázku 13.



Obrázek 13 Dvoumembránové čerpadlo [25]

Pístová čerpadla pracují s tlakem od 1 do 10 MPa. Píst vykonává přímočarý vratný pohyb, kdy se na pracovní straně pístu střídá proces sání s vytlačováním ve směru pohybu pístu. Tlak ve výtlačném otvoru pulzuje, vlivem nestejně rychlosti pohybu pístu, proto se před sací otvor a za výtlačný otvor instaluje vzdušník. Vzdušník pracuje na principu možnosti stlačení vzduchu. Skládá se z uzavřené komory, kde je nad hladinou čerpané kapaliny vzduch. Schéma pístového čerpadla je na Obrázku 14. [26]



Obrázek 14 Pístové čerpadlo [25]

Typy hydrostatických čerpadel s rotačním pohybem: zubová, válečková.

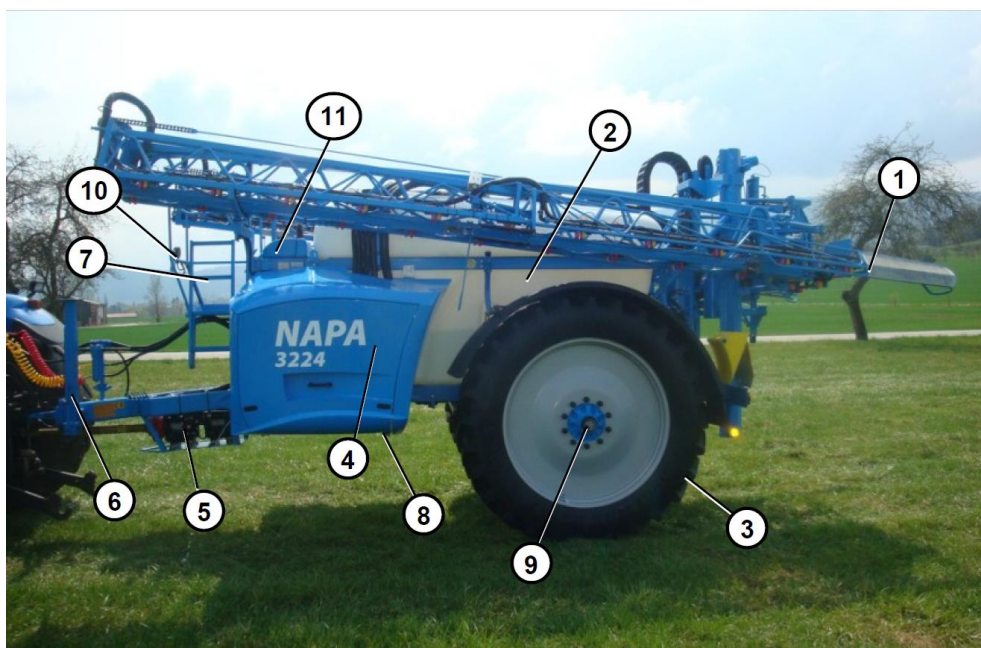
Hydrostatická čerpadla se též označují jako objemová. Jejich průtok má přímou závislost na otáčkách, toho se využívá u pohonu čerpadla od kola postřikovače, kdy se přímoúměrně mění měrná dávka vzhledem k rychlosti.

6.2.2 Hydrodynamická čerpadla

Oběžné kolo s lopatkami se otáčí a vykonává tak mechanickou energii, ta se přeměňuje na kinetickou energii kapaliny a poté na tlakovou energii. Obecně se hydrodynamická čerpadla využívají pro čerpaní velkých objemů a pracují s menšími tlaky. Hydrodynamická čerpadla jsou konstrukčně méně jednodušší a také levnější. Dokáží pracovat s maximálním tlakem do 500 kPa. Závislost průtoku postřikové jichy na otáčkách má kvadratickou závislost, proto musí být množství postřikové dávky řízeno počítačem. Pracovní otáčky zabezpečující dostatečnou účinnost se pohybují nad $1500 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$, proto jsou často poháněny od vývodové hřídele traktoru s převodem do rychla nebo pomocí rotačního hydromotoru. [27]

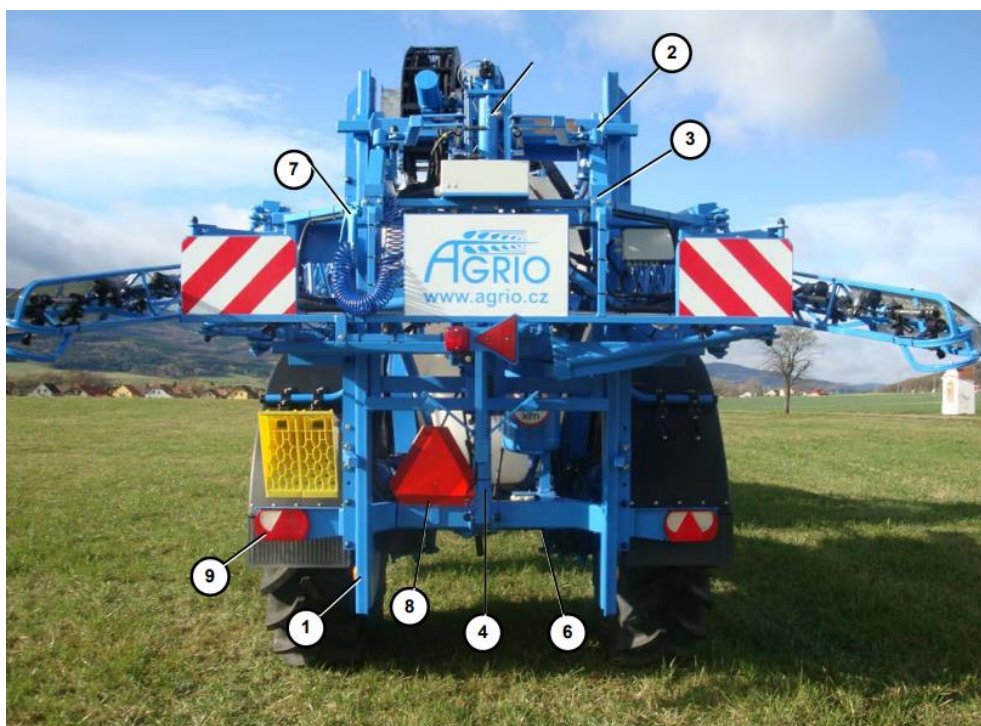
6.3 Vybavení postřikovačů pro precizní zemědělství

Postřikovače a jejich konstrukce je zásadní pro správnou aplikaci chemických ochranných látek. Hlavní části postřikovače jsou vyobrazeny na Obrázku 15, a to 1 Ramena, 2 Nádrž hlavní, 3 kola (pláště), 4 Nádrž na chemikálie (ekomixér), 5 Čerpadlo, 6 Odstavná noha, 7 Schůdky, 8 Filtry tlakové, 9 Náprava, 10 Manometry postřiku a čerpadla a 11 Nádrž na čistou vodu. [24]



Obrázek 15 Základní části postřikovače [24]

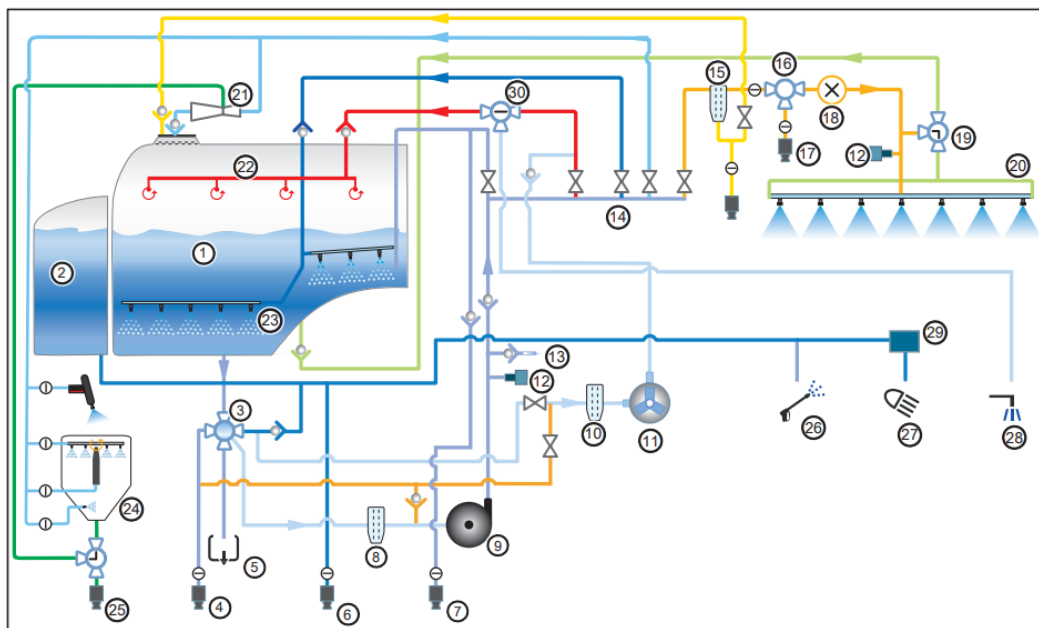
Obrázek 16 vyobrazuje zadní část postřikovače a jeho hlavní části 1 Věž, 2 Vozík, 3 Houpačka, 4 Píst zdvihu, 5 Píst rozkládání ramen, 6 Parkovací brzda, 7 Vzduchová pistole, 8 Výstražný trojúhelník a 9 Koncová světla



Obrázek 16 Základní části postřikovače zadní pohled [24]

Kompletní schéma kapalinového okruhu CCS Pro postřikovače Horsch splňující prvky precizního zemědělství je znázorněno na Obrázku 17. Jednotlivé části jsou 1. nádrž na jíchu, 2. nádrž na čistou vodu, 3. elektrický 5cestný kohout strana sání,

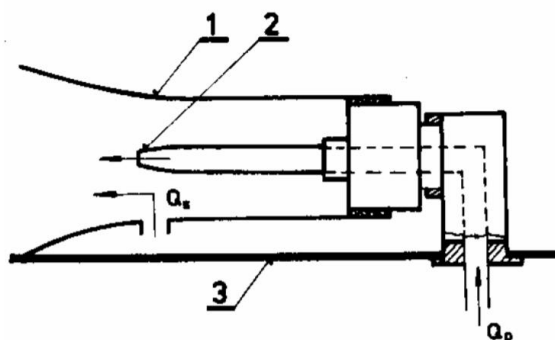
4. nádrž na jichu plnění přes nasávání, 5. vypouštění zbytků, 6. čistá voda plnění, 7. přímé plnění, 8. sací filtr s vypouštěcím kohoutem, 9. odstředivé čerpadlo, 10. filtr čisté vody, 11. pístové membránové čerpadlo, 12. tlakový senzor, 13. funkce air, 14. elektrická spínací jednotka, 15. tlakový filtr 16. 3cestný kohout výstup tlaku, 17. výstup tlaku, 18. průtokoměr, 19. 3cestný kohout cirkulace, 20. ramena, 21. injektor, 22. vnitřní čištění, 23. mísič, 24. naplavovací šachta, 25. eco fill, 26. vysokotlaký čistič, 27. čištění night light, 28. vnější čištění, 29. elektrické čerpadlo a 30. přepínací kohout vnitřní/vnější čištění [28]



Obrázek 17 Kapalinový okruh LT CCS Pro postřikovačů Horsch [28]

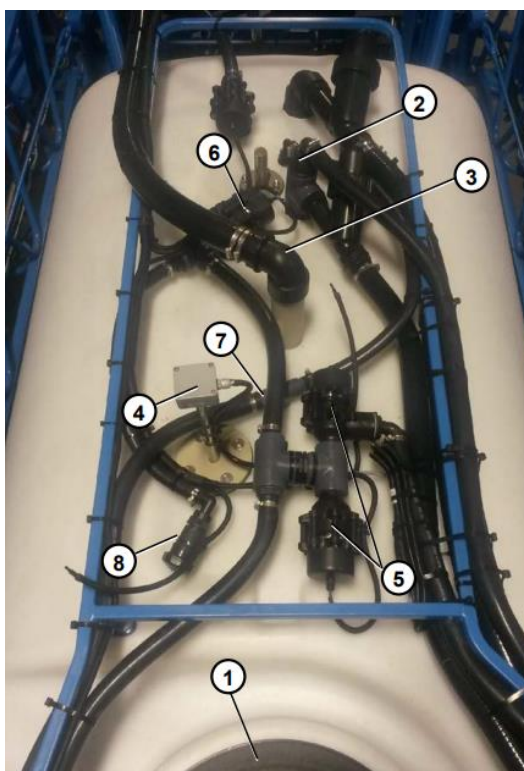
6.3.1 Nádrže

V současné době se nádrže vyrábí převážně z plastů, a to z polyethylenu a polyesteru, v malé míře jsou nádrže vyráběny z ocelového antikorozičního plechu. Hlavní nádrž může být vybavena několika systémy míchání a oplachů. Míchání může být mechanické, pneumatické nebo hydraulické pomocí trysek. Pro míchání se také využívá injektorové zařízení, které je na Obrázku 18 Pro správnou funkci musí rychlost pracovní kapaliny dosahovat $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na výstupu a při poměru přísávané k pracovní kapalině $Q_s : Q_p \geq 9$, schéma znázorňuje 1. těleso injektoru, 2. tryska, 3. nádrž, Q_s přísávaná kapalina a Q_p pracovní kapalina. [25]



Obrázek 18 Injektorová tryska [25]

Další výbavou nádrže jsou rotační oplachové trysky, které čistí nádrž od nečistot a zbytků chemických přípravků. Běžná výbava obecně všech nádrží na přepravu kapalných látek jsou vlnolamy, které eliminují nárazy a přelívání kapaliny vlivem nerovností. Pohled shora na Obrázku 19, znázorňuje další části nádrže a systémy kontroly dopravy kapaliny. Jednotlivé části jsou 1 víko nádrže, 2 injektor, 3 vzdušník, 4 tank control, 5 hlavní ventil, 6 regulační ventil, 7 trysky oplachu nádrže – ramena a 8 sekční ventil [24]

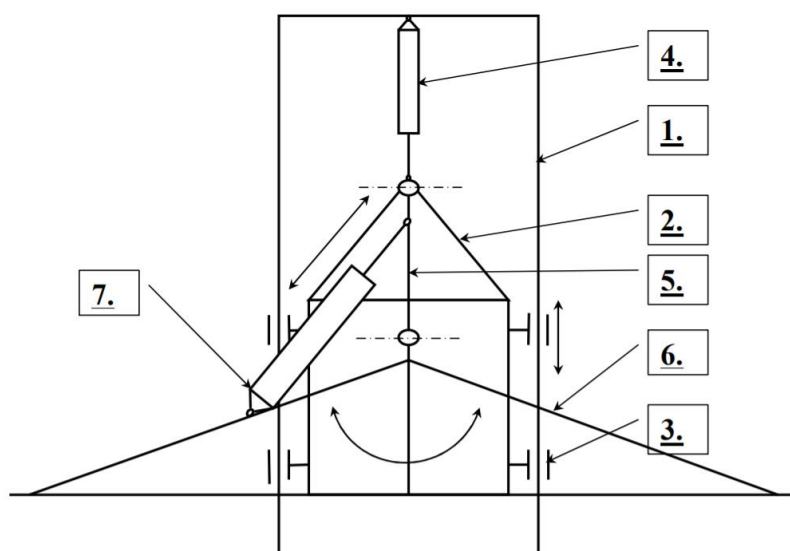


Obrázek 19 Základní části postřikovače pohled shora [24]

6.3.2 Ramena

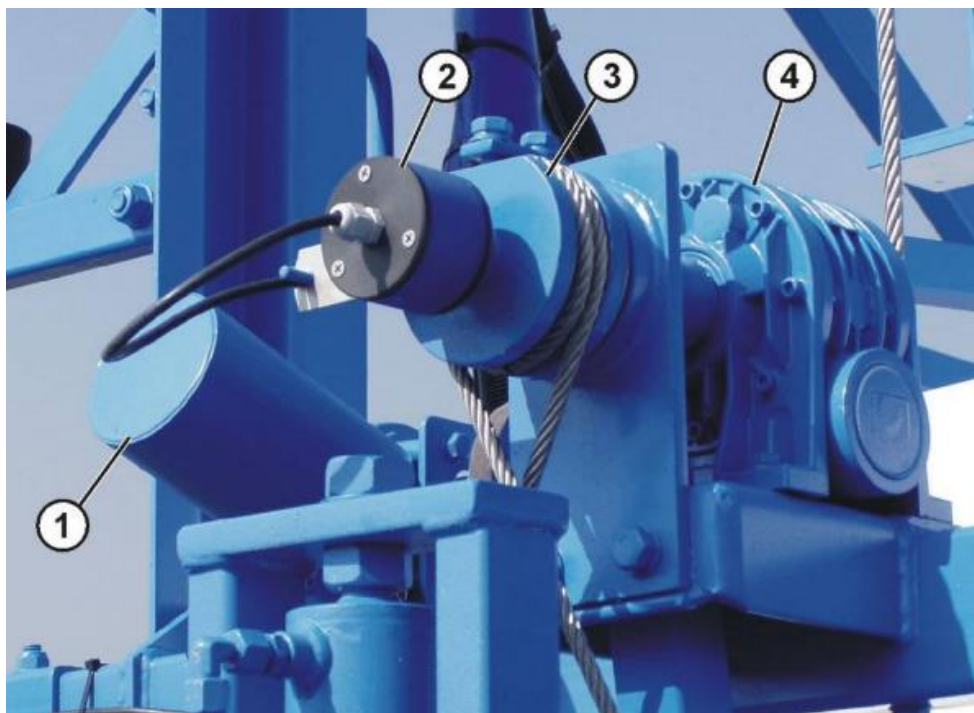
Jedním z nejdůležitějších vlastností postřikovačů je funkce ramen, jejich celková stabilita a vyrovnaní vůči horizontální a vertikální rovině. Ramena slouží jako

nosná část trysek a aplikačních vstřikovačů. Poloha trysky vůči porostu zásadně ovlivňuje měrnou dávku Q . Štěrbínové trysky s úhlem rozptylu 110° fungují optimálně ve výšce 0,5 m a trysky s úhlem rozptylu 80° v pracovní výšce 0,7m. Při nesprávné výšce ramen může dojít k překrývání obrazců nebo k tomu, že se obrazce vůbec nedotýkají, vzniknou tak nerovnoměrně ošetřená místa. Při vyšší výšce ramen může dojít vlivem větru k nadměrnému úletu kapének. Energie kapének menších než 100 μm dosahuje při bezvětrí dolet 0,4m, poté kapénky padají už jen vlastní tíží. Automatické vyrovnávání ramen zabezpečuje rovnoběžnou polohu s terénem. Princip automatického vyrovnání a celkového zavěšení ramen je na Obrázku 20, kde 1. hlavní rám, 2. pomocný rám, 3. vodící kladky, 4. přímočarý hydromotor, 5. závěs, 6. plošný rám a 7. regulační vzpěra (pohon naklápění ramen). [25]



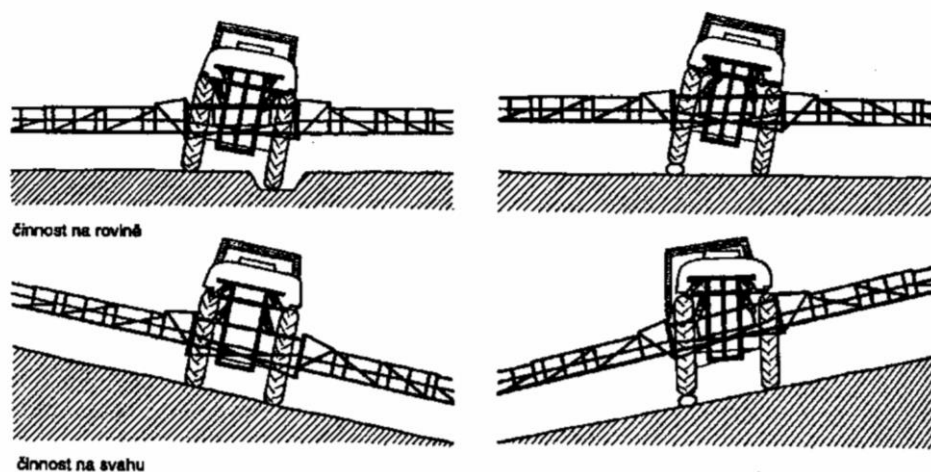
Obrázek 20 Automatické vyrovnávání ramen [25]

O naklápění ramen se stará hydromotor, nebo zde může být elektromotor s převodovkou (Obrázek 21), kde 1 je elektromotor naklápění, 2 potenciometr naklápění, 3 hřídel naklápění (šnekovice) a 4 převodovka naklápění [24]



Obrázek 21 Ovládání ramen [24]

Princip vyrovnání vůči svahu a nerovnostem terénu je znázorněn na Obrázku 22.

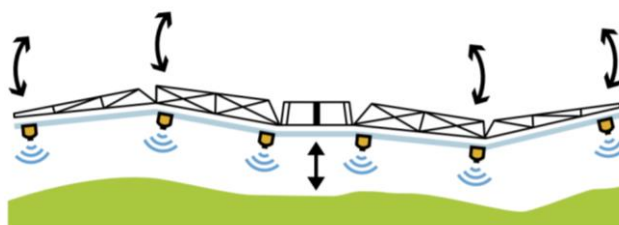


Obrázek 22 Vyrovnávání ramen vůči svahu a nerovnostem [25]

Ramena jsou nejčastěji vyrobená z tenkostěnných profilů a tvoří tzv. příhradovou konstrukci. Materiál, z kterého jsou profily vyrobeny, bývá nejčastěji ocel nebo hliník. Další možností jsou karbonová ramena, které jsou díky uhlíkovým vláknům dostatečně pevná. Mají mnoho výhod oproti klasické ocelové konstrukci, a to nižší hmotnost, odolnost vůči chemickým látkám a dále nepodléhají vlivům únavy materiálu. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena. [25]

DC-TOP je systém automatického vyrovnávání ramen. Vylepšené kopírování i při nižší výšce nad porostem, nové umístění čidel, Optimalizace parametrů pro jednotlivé pracovní záběry, Klidnější práce ramen i při vyšší pojezdové rychlosti, Přesnější udržování obou konců ramen v požadované výšce, Vedení ramen nízko nad porostem, Stabilnější ramena při otáčení na souvrati, Rychlejší reakce na změnu náklonu pole [23]

BoomControl ProPlus aktivně přizpůsobuje výšku ramen pomocí vedení středové části, díky tomu lze dosáhnout stabilní vedení i při výšce menší 40 cm. Křídla ramen jsou nezávisle kloněna, možné je i nezávislé klonění nahoru a dolů obou krajních částí křídel (Obrázek 23). [28]



Obrázek 23 Polohování ramen pomocí šesti senzorů [28]

6.3.3 Aplikační trysky

Aplikační trysky (rozptylovače) jsou konečnou a zároveň nejdůležitější částí celého postřikovače. Jejich úkolem je rovnoměrně dopravit ochranou látku k ošetřovanému porostu.

Rozdělení trysek:

1. Dle tlaku:

- Nízkotlaké (do 0,6 MPa)
- Vysokotlaké (nad 0,6 MPa)

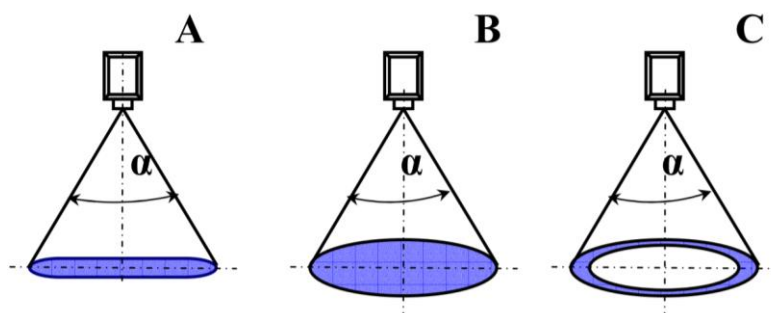
2. Dle způsobu rozptylu:

- a) Hydraulické
- b) Mechanické
- c) Pneumatické
- d) Termické
- e) Kombinované [25]

Celý rozptylovač se skládá z držáku trysek, filtračního sítka, protiúkapového ventilu a samotné trysky. Držáky trysek mohou být jednoduché pro jednu trysku nebo vícenásobné. Prvkem precizního zemědělství jsou automaticky ovládané držáky trysek (SELEJET). Nejvhodnější čtyřnásobný držák trysek obsahuje čtyři ovládací ventily pro každou trysku. Automatické ovládní vždy zapíná danou trysku vzhledem k aktuální rychlosti. Systém reaguje na zpomalení a zrychlení spuštěním jedné nebo více trysek, aby byla dodržena měrná dávka aplikovaného přípravku. [23]

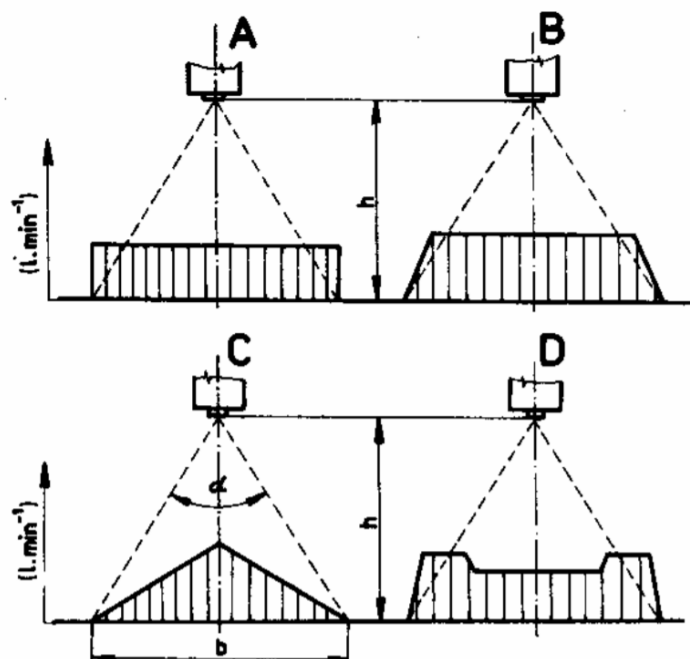
Upevnění trysky k držáku je zajištěno pomocí převlečné matice nebo bajonetového uchycení. Šterbinové trysky musí být správně instalovány vzhledem k postřikovému rámu a směru jízdy. Trysky jsou od sebe odlišeny barevným provedením, aby nedošlo k jejich záměně.

Pro jednotlivé druhy trysek je charakteristický vodní paprsek rozptylu kapaliny, ten je definovaný výstřikovým úhlem, nástřikovou plochou, rozptylovým obrazcem (profilem). Dle Obrázku 24 mohou trysky vytvářet plochý výstřikový paprsek (A) nebo kuželovitý, který může být plný (B) nebo ve tvaru pláště (C). [25]



Obrázek 24 Tvary výstřikových paprsků [25]

Výškové nastavení ramen je důležité pro zabezpečení příčné rovnoměrnosti dávkování. To je ovlivněno rozptylovými obrazci jednotlivých trysek, vzájemným překrytím a nastavením vzhledem k ošetřované ploše. Rozptylové obrazce udávají rovnoměrnost aplikované látky v příčném směru kolmo na směr jízdy. Na Obrázku 25 jsou znázorněny rozptylové obrazce: obdélníkový (A), lichoběžníkový (B), trojúhelníkový (C) a lichoběžníkový s rozšířenými okraji (D).



Obrázek 25 Tvary rozptylových obrazců [25]

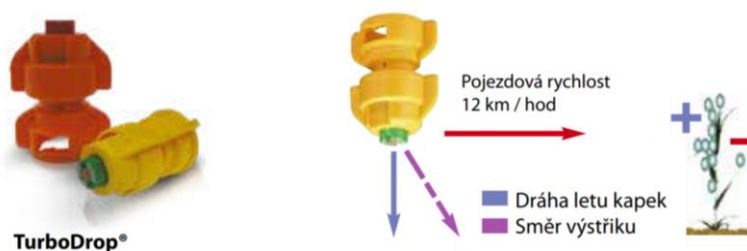
U obdélníkového obrazce je dávka v celé šířce stejná, proto musejí paprsky jednotlivých trysek na sebe vzájemně navazovat. Tento obrazec vytvářejí vířivé trysky nebo trysky s plochým výstřikovým paprskem. Lichoběžníkový výstřikový obrazec dosahuje stejné dávky až v určité vzdálenosti od osy trysky. Lichoběžníkový obrazec je charakteristický pro vířivé s plochým výstřikovým obrazcem s úhlem výstřikového paprsku $\alpha < 90^\circ$. Pro většinu trysek s úzkým výstřikovým paprskem, zejména štěrbinových je charakteristický trojúhelníkový rozptylový obrazec, kdy se dosáhne příčné rovnoměrnosti dávkování překrytím celého záběru trysky. [25]

TurboDrop HiSpeed je dvou-štěrbinová injektorová tryska s asymetrickým úhlem rozptylového obrazce (Obrázek 26). Díky tomu je dosaženo ošetření rostlin z obou stran i při vyšší rychlosti. „Růžové“ keramické jádro prodlužuje celkovou životnost trysky. Tato tryska je vhodná pro aplikaci za větrného počasí. Využitelný tlak je 2,5-8 atm a optimální v rozmezí 4-8 atm. Velikosti trysek 025 a 04 jsou zařazené v třídě omezení úletu (TOU) 90 % i při vyšší rychlosti (max. 15 km/h). [23]



Obrázek 26 Výstřikové úhly trysky TurboDrop HiSpeed [23]

TurboDrop je injektorová tryska s minimálním odnosem a odpařením, vhodná pro aplikaci za větrného počasí (Obrázek 27). Využitelný tlak je 3-10 atm, optimální pracovní tlak se pohybuje v rozmezí 5-8 atm. [23]



Obrázek 27 Trysky TurboDrop [23]

6.3.4 Filtry

Vysoké požadavky na aplikační trysky mohou být splněny za předpokladu splnění několika parametrů. Jedním z hlavních kritérií je čistota postřikové jichy, proto musí být postřikovače vybaveny filtračním systémem. Systém se skládá z několika čističů (filtrů). První filtrace probíhá při plnění postřikovače, kde je umístěn filtr se světlostí 1 mm na plnicím potrubí. Pokud plnění probíhá přes vrchní otvor nádrže, o filtraci se stará filtrační síto o velikosti otvorů 1 mm. Při plnění přípravku prostřednictvím ekomixéru, prochází kapalina přes síto o velikosti otvorů 20 mm. Při práci postřikovače prochází postřiková jícha přes sací filtr o světlosti 0,4 mm a dále pak přes dvojitý tlakový filtr o světlosti 0,3 až 0,15 mm. Poslední filtrací je sítko v těle rozptylovače (trysky). [25]

6.3.5 Elektronika

Hlavní elektronické části postřikovačů jsou pracovní počítače, terminály, navigace, antény, ultrazvukové senzory a ovládací software.

TANK-Control III je systém který dokáže vypočítat požadovaný objem postřiku na danou plochu, přepínat mezi sáním z hlavní nádrže a z nádrže na čistou vodu, oplach hlavní nádrže, ovládání vysunutí/zasunutí ekomixéru, ukazuje aktuální hladinu hlavní a vedlejší nádrže, zapínání postřikového čerpadla s možností nastavení dvou rychlostí potáček a automaticky nastavit mycí programy.

Topline zabezpečuje možnost dálkového ovládání funkcí postřikovače z kabiny nebo pomocí vnějšího ovládacího panelu. Jednotlivé kohouty jsou ovládány pomocí vzduchových pístů a v případě poruchy vzduchového pístu lze páku kohoutu snadno otočit ručně.

Ovládací Terminály jsou základní výbavou každého stroje, často jen v systému Basic, pro rozšíření možností ovládaní je nutné zvolit dražší terminál.

ISOBUS je standardizovaný komunikační protokol určený pro zemědělské stroje založený na CAN sběrnici. Zajišťuje kompatibilitu mezi stroji od různých výrobců. Jedním terminálem lze ovládat více ISOBUS kompatibilních strojů a naopak, je tak usnadněna obsluha použitím jediného kabelu mezi traktorem a postřikovačem, ale i dalších strojů.

SECTION-Control je software automatického vypínání sekcí u strojů s ISOBUS ve spojení s terminálem. SECTION-Control lze použít pro postřikovače, secí stroje a rozmetadla průmyslových hnojiv.

CURVE-Control zajišťuje konstantní aplikaci v rámci celého pracovního záběru, při zatáčení. To je možné přepínáním různých kombinací trysek v rámci každé sekce, k tomu je nutné mít na postřikovači vícenásobné, přepínatelné držáky trysek.

MULTI-Rate umožňuje přenos více cílových dávek současně pomocí funkce TASK-Controller. Při používání podkladových map v precizním zemědělství lze cílovou dávku upravit přímo pro každou sekci. Dosud toto bylo možné jen pomocí celé šíře ramen postřikovače. Tuto funkci lze použít také pomocí online metody s využitím N-senzorů. [23]

6.4 Automatický bodový postřikovač

Bodový postřikovač WeedSeeker 2 nové generace uvedla firma Trimble Agriculture. Systém používá moderní optiku pro rozpoznání plevelů, díky které je následně spínán patřičný rozptylovač. Jakmile dojde k zaznamenání plevelu, je vyslán signál k rozptylovači, který přesně zasáhne plevel cílenou dávkou přípravku. Objem použitých přípravku se snižuje až o 90 %. [32]

7 Cíl práce

Cílem práce je navrhnout a zakomponovat vhodné moderní technologie precizního zemědělství, pro vybraný podnik. Jedná se tedy o efektivnější hospodaření při aplikaci hnojiv, ochranných prostředků, setí plodin, dále pak organizace samotného pohybu strojů po pozemku, zjednodušení řídicích úkonů a také kvalita vyráběných krmiv pro živočišnou výrobu. Nedílnou součástí je mapování a sběr dat obhospodařovaných pozemků, tvorba výnosových a následně aplikačních map. Návrh nové technologie ekonomicky zhodnotit a posoudit správnost návržení.

8 Metodika

Vlastní práce bude realizována ve vybraném podniku, a to v Zemědělském družstvu Chyšky. Zemědělské družstvo Chyšky se zabývá rostlinou a živočišnou výrobou. Rostlinná výroba je zaměřena na pěstování obilnin převážně pro potřeby živočišné výroby, trav na semeno, řepky, kukuřice a krmných plodin. Živočišná výroba je zaměřena na produkci mléka, chov masného dobytka, výkrm býků a výkrm prasat.

Hlavním cílem je navrhnout vhodné moderní technologie precizního zemědělství tedy vytvořit vhodný kompromis mezi precizním zemědělstvím a klasickým konvenčním hospodařením, vše ekonomicky zhodnotit a posoudit správnost návržení. Důležitým aspektem pro správné a co nejpřesnější navrhnutí daných technologií je zapotřebí dostatečně znát daný podnik.

V prvním bodě je důležité zmapovat aktuálně dostupnou techniku, kterou podnik disponuje. Ze zjištěných dat, které daný podnik poskytne, bude analyzován celkový stav strojů pro jednotlivé pracovní operace. Jednotlivé pracovní operace, a to setí, sklizeň obilnin, sklizeň kukuřice a travních porostů, příprava půdy, aplikace kejdy, aplikace přípravků na ochranu rostlin a průmyslových hnojiv, lisování pícnin budou obodovány v číselném rozmezí od 1 do 10, přičemž 10 je nejlepší hodnocení a 1 nejhorší. Bodovány budou všechny dílčí části dané operace, například traktor i sečí stroj. Závislost hodnocení se bude odvíjet od stáří stroje, počtu najetých motohodin, stupně opotřebení, technické podpory moderních technologií a celkové spolehlivosti v průběhu užívání. Dále bude ke každému stroji přidělena váha ve škále od 1 do 5, tedy důležitost stroje pro podnik. Váha je závislá na nahraditelnosti stroje a její přidělení provedou řídicí pracovníci podniku. Hodnocení bude konzultováno s vedoucími pracovníky podniku. Celkový výsledek bude promítnut do grafu, který ukáže zastaralou a již technicky nevyhovující technologii.

V druhém bodě bude podrobněji popsána vybraná nevyhovující technologie, tedy stávající. Poté bude vytvořen návrh nové technologie, která nahradí stávající. Návrh nové technologie, bude závislý na kritériích, které musí stroj splňovat, aby bylo dosaženo co nejefektivnějšího využití. Stroj musí obsahovat prvky precizního zemědělství. Na navrhované nové stroje bude zhotovena ceníková nabídka, která bude poskytnuta od prodejců dané techniky. Na konec bude tento návrh ekonomicky zhodnocen, kde budou vybrány a aplikovány dvě možnosti financování.

Pro základní popis a hodnocení stávající a nové technologie, tak aby byly zjištěny hlavní rozdíly, budou využity následující početní vztahy.

Velikost ošetřené plochy S_c v rámci celého pěstitelského cyklu dle vztahu (1).

$$S_c = S_{jo} + S_p + S_{jj} + S_{ov} + S_{ř} + S_k \quad [\text{ha}] \quad (1)$$

S_c celková ošetřená plocha [ha]

S_{jo} ošetřená plocha ječmenu ozimého [ha]

S_p ošetřená plocha pšenice ozimé [ha]

S_{jj} ošetřená plocha ječmenu jarního [ha]

S_{ov} ošetřená plocha ovsa [ha]

$S_{ř}$ ošetřená plocha řepky [ha]

S_k ošetřená plocha kukuřice [ha]

kde:

$$S_{jo} = S_o \cdot A \quad [\text{ha}] \quad (2)$$

S_{jo} ošetřená plocha ječmenu ozimého [ha]

S_o osetá plocha ječmenu ozimého [ha]

A počet aplikací

Dle vztahu (2) se takto dopočítají všechny ošetřené plochy jednotlivých plodin.

Doba ošetřování jednoho hektaru pro jednotlivé dávky a průměrné rychlosti vztah (3).

$$t_{ha} = \frac{10000}{v_p \cdot B_p \cdot k_p} \quad [\text{s}] \quad (3)$$

t_{ha} čas ošetřování jednoho hektaru [s]

v_p průměrná rychlost při aplikaci [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

B_p pracovní záběr [m]

k_p koeficient využití pracovního záběru

Výpočet plošné výkonnosti Q_p postřikovače v hektarech za hodinu vztah (4).

$$Q_p = \frac{3600 \cdot S_n}{t_o} \quad [\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4)$$

Q_p plošná hodinová výkonnost [$\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}$]

S_n ošetřená plocha při jednom cyklu [ha]

t_o celkový čas jednoho cyklu [s]

Dle vztahu (5) se vypočte plošná denní výkonnost.

$$Q_d = \frac{t_d \cdot S_n}{t_o} \quad [\text{ha} \cdot \text{den}^{-1}] \quad (5)$$

Q_d plošná denní výkonnost [$\text{ha} \cdot \text{den}^{-1}$]

S_n ošetřená plocha při jednom cyklu [ha]

t_o celkový čas jednoho cyklu [s]

t_d doba denní směny [h]

Výpočet celkového času jedné obrátky soupravy t_o dle vztahu (6).

$$t_o = t_n + t_{jn} + t_s + t_{jp} + t_m + t_r \quad [s] \quad (6)$$

t_o celkový čas obrátky [s]

t_n čas plnění postřikovače [s]

t_{jn} doba jízdy s plným postřikovačem [s]

t_{jp} doba jízdy s prázdným postřikovačem [s]

t_m doba manipulace (příprava plnění) [s]

t_s doba aplikace postřikové jíchy [s]

t_r doba skládání a rozkládání stroje [s]

Čas plnění postřikovače se vypočte dle vztahu (7).

$$t_n = \frac{V}{Q_m} \quad [s] \quad (7)$$

t_n čas plnění postřikovače [s]

V objem nádrže postřikovače [l]

Q_m průtok plnicího potrubí [$l \cdot s^{-1}$]

Doba jízdy s plným postřikovačem se vypočte dle vztahu (8).

$$t_{jn} = \frac{L_1}{v_{p1}} \quad [s] \quad (8)$$

t_{jn} doba jízdy s plným postřikovačem [s]

L_1 délka dopravní trasy do místa aplikace [m]

v_{p1} průměrná rychlost jízdy do místa vykládky [$m \cdot s^{-1}$]

Doba jízdy s prázdným postřikovačem vztah (9).

$$t_{jp} = \frac{L_2}{v_{p2}} \quad [s] \quad (9)$$

t_{jp} doba jízdy s prázdným postřikovačem [s]

L_2 délka dopravní trasy do místa plnění [m]

v_{p2} průměrná rychlost jízdy do místa plnění [$m \cdot s^{-1}$]

Doba manipulace pracovníka před a po plnění byla manuálně naměřena.

$t_m = 63 \text{ s}$ naměřený čas [s]

t_m doba manipulace (příprava plnění) [s]

Doba aplikace celého objemu postřikové jíchy vztah (10).

$$t_s = \frac{S_n}{B_p \cdot k_p \cdot v_p} \quad [s] \quad (10)$$

t_s doba aplikace postřikové jíchy [s]

v_p	průměrná rychlost při aplikaci	$[m \cdot s^{-1}]$
B_p	pracovní zátěž	$[m]$
S_n	ošetřená plocha při jednom cyklu	$[ha]$
k_p	koeficient využití pracovního zátěru	

Ošetřená plocha při aplikování celého objemu nádrže s postřikovou jíchou se vypočte dle vztahu (11).

$$S_n = \frac{V}{Q} \quad [ha] \quad (11)$$

S_n	ošetřená plocha při jednom cyklu	$[ha]$
Q	dávka postřikové jíchy	$[l \cdot ha^{-1}]$
V	objem nádrže postřikovače	$[l]$

Náklady podniku za mzdu obsluhy jsou vypočteny dle vztahu (12), kdy náklady podniku na hodinovou mzdu obsluhy činí 200 Kč.

$$C_o = T_{cp} \cdot M_h \quad [Kč] \quad (12)$$

C_o	celkové náklady za mzdu obsluhy	$[Kč]$
M_h	hodinová mzda obsluhy	$[Kč]$
T_{cp}	čas sklizně všech ploch podniku	$[h]$

Ve třetím bodě bude stručně popsáno softwarové zajištění pro jednodušší a přehlednější vedení podniku. Tím je myšlena správa strojového parku, vzájemná komunikace mezi stroji, poskytování aktuálních dat o prováděné operaci, výnosové mapy a sjednocení jízdnic linií pro všechny stroje. Zde bude analyzována stávající situace a navrhována možná zlepšení, aby se tak docílilo co nejefektivnějšího využití technologií s prvky precizního zemědělství.

9 Uvedení do problematiky daného podniku

Zemědělské družstvo Chyšky leží v severovýchodní části okresu Písek (Jihočeský kraj), 10 km severně od Milevska v nadmořské výšce 530-670 m n. m. zeměpisné souřadnice 49°31'25" s. š., 14°25'39" v. d a je tedy nejvýše položenou obcí v okrese. Družstvo hospodáří na ploše 2000 ha v bramborářsko-ovesné výrobní oblasti s průměrným ročním úhrnem srážek 690 mm. Travní porosty zaujímají 60 % zemědělské půdy a 40 % připadá na ornou půdu.

Zemědělské družstvo se zabývá rostlinou a živočišnou výrobou. Hlavní kapitálový příjem vychází z živočišné výroby, zejména z prodeje mléka, je to také

nejnadřazenější činnost. Všechny následující činnosti a prováděné úkony jsou podřízeny produkci mléka a celé živočišné výrobě. z toho vyplývají velké nároky na kvalitu krmiva, které podnik sám vyrábí pro své účely. Jedná se o kvalitu a obsah živin v zrna sklizených obilnin, kvalitu senážní hmoty a silážované kukuřice. Neméně důležitá je i kvalita sena a slámy. Výroba krmiv je narušována mnoha negativními vlivy, které musí být snaha co nejvíce eliminovat. Nejprve je důležité lokalizovat daný problém, získat informace o nápravných řešení, výběr vhodného řešení a jeho aplikace. Konzervace travních porostů a jetelotravních směsek pěstovaných na orné půdě, tedy senáž. U senáže je kladen velký důraz na délku řezanky, obsah sušiny, stáří sklizeného porostu, rychlost naplnění silážního žlabu a udusání (vytlačení vzduchu) navezené hmoty. Výše uvedené parametry doplněné o mačkání zrna (corn – cracker) z důvodu uvolnění živin a lepší stravitelnosti, jsou shodné i u silážování kukuřice. Další krmnou komoditou jsou obilniny sklizené v plné zralosti. Podnik disponuje posklizňovou linkou, která je vybavena i šrotovacím a míchacím zařízením krmných směsí. K drcení obilí se využívá kladívkový šrotovník, pracující na principu úderu rotující části do drceného materiálu. Každá komodita je přesně navážena dle předem stanoveného složení celé krmné směsi a následně dojde k samotnému promíchání všech přidaných složek. Namíchaná směs se poté naváží do sil umístěných u daného objektu živočišné výroby, kde je přimíchávána do konečné krmné dávky, nebo přímo vedena do automatické míchačky a dávkovače krmné směsi (chov prasat). Poslední krmnou složkou je seno a sláma, která se pro krmné účely využívá jen okrajově. Zrno obilnin je uskladněno v silech a v halách s odvětráním. Seno je zpracováno do válcových balíků a uskladněno ve velkých skladovacích halách. Většina slámy se také lisuje do válcových balíků, které jsou uskladněny ve zbylých prostorách skladovacích hal a po naplnění kapacity ve venkovních stozích. z důvodu používání starších strojů pro stlaní, které pracují pouze s volně loženou slámou, se malá část slámy sbírá sběracím vozem a sváží se do stohu.

Druhotnou činností podniku je pěstování řepky, trav na semeno a obilnin. Semena řepky se po sklizni vyčistí na posklizňové lince a expedují k prodeji. Podnik disponuje i posklizňovou linkou (suškou a čističkou) pro travní semena. Sklizená trvaní semena se dosoušejí čistí od nežádoucích příměsí a poté balí do pytlů. Pytle se skládají na palety a jsou tak i expedovány k prodeji. Poslední je prodej obilnin, které se nevyužijí pro krmné účely.

K uskutečnění výše popsaných činností a udržení efektivního chodu celého podniku je zapotřebí dostatečné technické zázemí. Jedná se o stroje a zařízení, prostřednictvím nichž jsou prováděny dané úkony. Každý rok přicházejí firmy s novými technologiemi od technických úprav strojů po vylepšenou a přesnější navigaci strojů po pozemku. Zemědělské družstvo se ubírá směrem technického pokroku a postupně aplikuje nové technologie do své činnosti. Nejde ovšem o razantní nastolení dané technologie, nýbrž o pozvolné implementaci nových technologií, které nejsou společně vázány. To s sebou nese velkou rezervu a neefektivní využití pořízených systémů, které by se tak mohli stát investičně nenávratné. Jejich potenciál využití je mnohem vyšší, níže budou tyto systémy analyzovány a bude vytvořen návrh jejich zefektivnění. Níže bude popsán návrh nové technologie pro zefektivnění některých činností.

9.1 Analýza stavu strojů pro jednotlivé pracovní operace

Nejprve je důležité analyzovat aktuální stav strojového parku a technickou vyspělost. Jedná se o stroje pracující převážně v rostlinné výrobě a vzhledem k velikosti podniku zabezpečuje danou operaci obvykle jeden stroj, jako například u sklizně obilnin a píce. Nejdůležitější operace, které jsou stěžejní pro chod podniku a kde tedy mohou vznikat možná rizika, jsou popsány v Tabulce 3. Ke každé operaci jsou vypsány stroje, kterými podnik dané operace provádí. U některých operaci jsou vypsány jen nejdůležitější stroje, které přímo ovlivňují chod celých pracovních linek. Například u sklizně travních porostů je zařazena pouze sklízecí rezačka, která plní hlavní roli, podřadné a nahraditelné jsou dále odvozy sklizené komodity, s kterými se v tomto hodnocení neuvažuje. První hodnocení je váha, tedy důležitost daného stroje pro podnik. Provedené hodnocení tvoří škála od 1 do 5, přičemž 5 má nejvyšší váhu. Samotné hodnocení je závislé na dostatečné znalosti problematiky podniku a referencích řídicích pracovníků. Dále se odvíjí od způsobu samotného hospodaření (např. konvenční, minimalizační, ekologické, a další). Druhé hodnocení je bodování jednotlivých strojů. Škála bodování se pohybuje od 1 do 10, přičemž 10 je nejvyšší možný počet bodů, a tedy i nelepší možné hodnocení. Bodování je závislé na více veličinách: stáří stroje, celkový technický stav, stupeň opotřebení, technická podpora moderních technologií a výkon.

Tabulka 3 Prováděné operace, stroje a jejich hodnocení

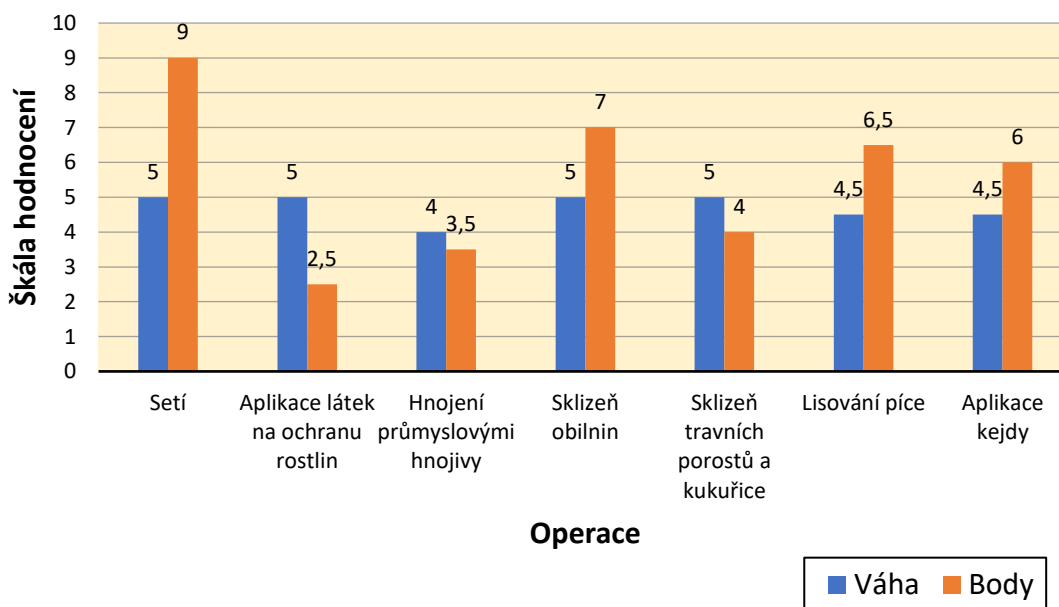
Operace	Stroje	Váha	Body
Příprava a zpracování půdy	Traktor John Deere 7310R	4	10
	Talířový kypřič Terradisc 5001	5	6
	Podrývák Terraland	3	7
	Radličkový kypřič Fenix 4 FN	4	8
Setí	Traktor John Deere 7310R	5	10
	Secí stroj Terrasem C6	5	8
Aplikace látek na ochranu rostlin	Traktor John Deere 5720	5	3
	Postřikovač AKP 2500/18	5	2
Hnojení průmyslovými hnojivy	Traktor John Deere 5720	3	2
	Rozmetadlo prům. hnojiv Amazone	5	6
Sklizeň obilnin	Sklízecí mlátička John Deere T660	5	7
Sklizeň travních porostů a kukuřice	Řezačka Krone BigX 500	5	4
Lisování píce	Traktor John Deere 6830	4	8
	Lis Krone Fortima v 1500 MC	5	5
Aplikace kejdy	Traktor John Deere 7820	4	6
	Aplikátor Zuhammer SKE 18500 PU	5	6

Všechny stroje jsou hodnoceny samostatně, po zprůměrování těchto hodnot vyjde celkové hodnocení prováděných operací. v Tabulce 4 je shrnuto celkové hodnocení operací. Barevně jsou pak označeny operace, které překročili kritickou hranici a jsou tak nevyhovující.

Tabulka 4 Souhrn celkového hodnocení

Operace	Celkem bodů	Celková váha
Příprava a zpracování půdy	7,75	4
Setí	9	5
Aplikace látek na ochranu rostlin	2,5	5
Hnojení průmyslovými hnojivy	3,5	4
Sklizeň obilnin	7	5
Sklizeň travních porostů a kukuřice	4	5
Lisování píce	6,5	4,5
Aplikace kejdy	6	4,5
Maximální možný počet	10	5

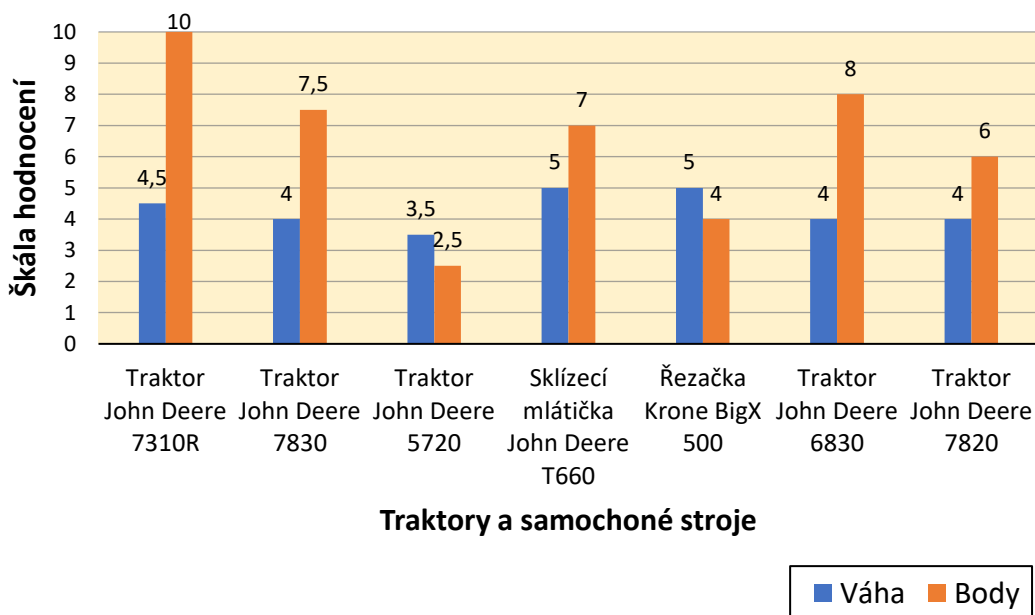
V grafickém znázornění váhy a bodů hodnocených operací (Graf 1) jsou patrné tři nevyhovující operace, kdy bodové hodnocení je pod hranicí důležitosti. Hranici vyhovujících a nevyhovujících operací tvoří rovnost mezi váhou a body. Pokud je bodová hranice pod škálou důležitosti, jedná se o nevyhovující a rizikovou technologii. Naopak, čím vyšší je kladný bodový rozdíl od škály důležitosti, tím nižší je riziko selhání.



Graf 1 Grafické znázornění hodnocených operací

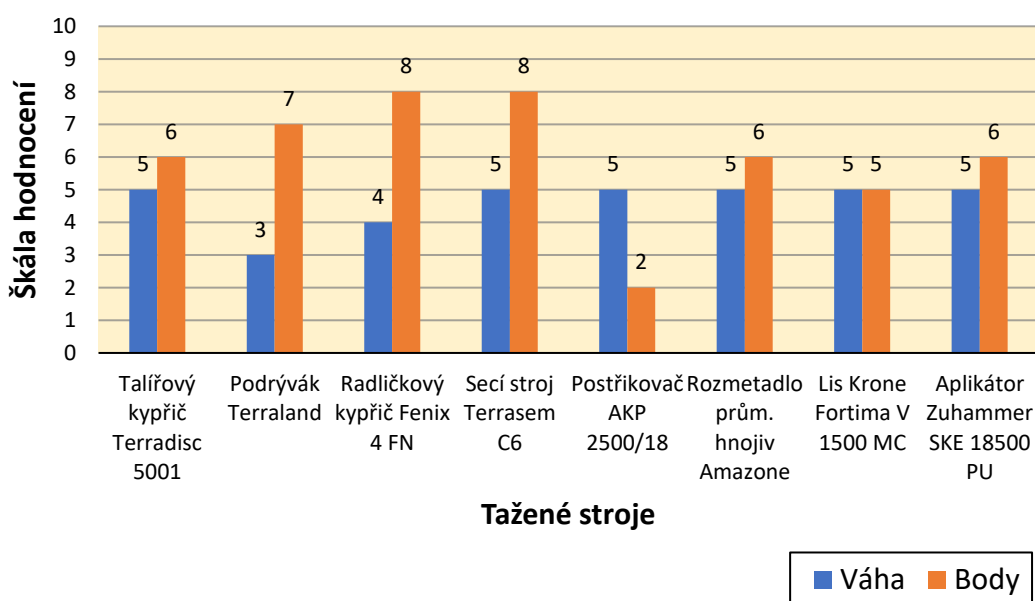
V Grafu 2 je znázorněno hodnocení traktorů, sklízecí mlátičky a sklízecí řezačky. Pokud traktor provádí více operací, jsou hodnoty zprůměrovány a započteny

do celkového hodnocení. Výsledky ukazují, že traktor John Deere 5720 a také řezačka Krone BigX 500 jsou nevyhovující a značně rizikové v budoucí činnosti.



Graf 2 Hodnocení traktorů a samochoďných strojů

Zbývá hodnocení tažených strojů, které je zobrazeno v Grafu 3. Jako značně nevyhovující vychází postřikovač AKP 2500/18, kde je velký rozdíl mezi váhou a získanými body. Další možné riziko představuje lis na válcové balíky Krone Fortima v 1500 MC, který je v bodové rovnováze, to znamená, že riziko není vyšší, než 50 %, stroj tedy zatím vyhovuje. Ovšem je třeba předpokládat jeho obměnu v nejbližších letech.



Graf 3 Hodnocení tažených strojů

Z celkové analýzy stavu zemědělské techniky, která provádí stěžejní operace pro fungování samotného podniku je patrné několik nevyhovujících strojů a možných rizik, které představují. Značně nevyhovující vycházejí stroje, které provádějí aplikaci látek na ochranu rostlin a hnojení průmyslovými hnojivy. Jedná se o traktor John Deere 5720 v kombinaci s postřikovačem AKP 2500/18, dále ten samý traktor v kombinaci s neseným rozmetadlem průmyslových hnojiv Amazone, kde nesené rozmetadlo není pod kritickou hranicí hodnocení a je tak vyhovující. Zde hodnocení ovlivnilo jak stáří stroje a jeho opotřebení, tak hlavně absence moderních technologií, které jsou dnes u postřikovače nutností, ať už z ekonomických důvodů, tak z důvodu ochrany přírody. v pořadí hodnocení jako druhý nevyhovující stroj vychází řezačka Krone BigX 500, kde hodnocení nejvíce ovlivnilo stáří a opotřebení.

Díky výsledkům analýzy bude proveden návrh nové technologie u nejhůře hodnocené operace. Bude tedy zhotoven návrh nových strojů pro aplikaci látek na ochranu rostlin a průmyslových hnojiv.

10 Návrh soupravy pro aplikaci přípravků na ochranu rostlin

Z hlediska velikosti podniku, počtu obhospodařovaných ploch danou technologií, časové náročnosti a vedlejších požadavků bude navržena nejvhodnější varianta. U nově navrhované soupravy bude vybrán vždy jeden a ten nejvhodnější stroj pro daný podnik. Hlavní kritéria výběru je dlouholetá spolupráce podniku s některými firmami z hlediska dostupnějšího servisu, lepší možné ceny a jednoty užívaných značek.

10.1 Stávající technologie

Aplikace přípravků na ochranu rostlin provádí souprava složená s tažného a taženého prostředku. Jako tažný prostředek je zde implementován již několik let traktor John Deere 5720 o jmenovitém výkonu 58,9 kW (80 hp) s předovkou PowerQuad 16x16 (40 km/h), pohon kol 4 WD, (viz. Obrázek 28).



Obrázek 28 Traktor John Deere 5720

Taženým strojem je zde postřikovač AKP 2500/18, rok výroby 2006, viz Obrázek 29. Celkový objem nádrže postřikovače je 2 500 l a o chod systému se stará čerpadlo AR 250 BP, Arag Triplet. Pracovní záběr činí 18 m, který je rozdělen na 5 sekcí. Sekce jsou ručně ovládány obsluhou z kabiny traktoru, je zde podepsán velký ovlivňující faktor obsluhou.



Obrázek 29 postřikovač AKP 2500/18

10.1.1 Hodnocení stávající technologie

Jak již bylo zmíněno energetický zdroj plní traktor John Deere 5720 a aplikaci provádí tažený návěsný postřikovač AKP 2500/18. Celková plocha, kterou musí tato souprava ošetřit je vypočítána součtem ošetřených ploch jednotlivých plodin, vztah pro výpočet (1).

$$S_c = S_{jo} + S_p + S_{jj} + S_{ov} + S_{ř} + S_k \quad [\text{ha}]$$

Jednotlivé plochy ošetřených plodin jsou vypočteny vynásobením oseté plochy dané plodiny s počtem aplikací (2).

$$S_{jo} = S_o \cdot A \quad [\text{ha}]$$

Stejně jsou vypočteny ostatní plochy daných plodit, výsledky jsou uvedeny v Tabulce 5.

Tabulka 5 Zastoupení jednotlivých plodin a počet aplikací

Plodina	Plocha [ha]	Počet aplikací [A]	Ošetřená plocha celkem [ha]
Ječmen ozimý	100	5	500
Pšenice ozimá	250	5	1250
Ječmen jarní	100	5	500
Oves	60	5	300
Řepka	130	5	650
Kukuřice	150	5	750
Celkem	790	-	3 950

Ze zjištěných údajů je vypočtena doba ošetřování jednoho hektaru, pro jednotlivé dávky v litrech na hektar, a to při naměřených průměrných rychlostech. Výpočet pro jednotlivé dávky dle vztahu (3).

$$t_{ha} = \frac{10000}{v_p \cdot B_p \cdot k_p} \quad [\text{s}]$$

Tabulka 6 Základní zjištěné údaje při aplikaci

Pracovní záběr [m]	Dávka [$\text{l} \cdot \text{ha}^{-1}$]	Průměrná rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]	Doba ošetřování 1 ha [s]
18	100	2,77	211,121
18	150	2,5	233,92
18	200	2,22	263,42

Výpočet celkového času pracovního cyklu, při samostatném plnění. Plnění je prováděno v areálu podniku, a to z vodovodního řádu z hlediska čistoty a známého složení vody. Průměrná rychlost prázdné soupravy činí $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a rychlost plné soupravy $22 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Vzdálenost pozemků, které jsou ošetřovány, se pohybuje v rozmezí 1 až 10 kilometrů od areálu podniku. z důvodu složitosti měření jednotlivých časů a vzdáleností, je počítáno s celkovým průměrem vzdáleností, který činí 5,5 km. Výpočet celkového času jednoho cyklu při dávce $200 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ je proveden dle vztahu (6).

$$t_o = t_n + t_{jn} + t_s + t_{jp} + t_m + t_r \text{ [s]}$$

Výpočet času plnění postřikovače t_n při známém objemu nádrže 2500 l a průtoku plnicího potrubí Q_m , který činí $1,67 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.(7)

$$t_n = \frac{V}{Q_m} \text{ [s]}$$

$$t_n = 1497 \text{ s}$$

Další časová prodleva je manipulační čas t_m , tedy doba, za kterou po příjezdu obsluha stroje začne plnit nádrž. Tento čas byl manuálně změřen.

$$t_m = 63 \text{ s}$$

Čas přípravy postřikovače k aplikaci, tedy rozložení do pracovní polohy a po skončení aplikace zpět do transportní polohy t_r . Tento čas byl manuálně změřen a jeden cyklus obsahuje dvakrát tento čas (rozkládání, skládání).

$$t_r = 55 \text{ s}$$

Doba, za kterou ujede dopravní zařízení danou vzdálenost s plným postřikovačem (8).

$$t_{jn} = \frac{L_1}{v_{p1}} \text{ [s]}$$

$$t_{jn} = 900 \text{ s}$$

Doba, za kterou ujede dopravní zařízení danou vzdálenost s prázdným postřikovačem (9).

$$t_{jp} = \frac{L_2}{v_{p2}} \text{ [s]}$$

$$t_{jp} = 660 \text{ s}$$

Celkový čas aplikace postřikové jíchy, tedy doba, za kterou je aplikováno 2500 l při dávce $200 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$, průměrné rychlosti $2,22 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ koeficientu využití pracovního záběru 0,95, vztahy pro výpočet (10) a (11).

$$t_s = \frac{S_n}{B_p \cdot k_p \cdot v_p} \quad [\text{s}]$$

$$S_n = \frac{V}{Q} \quad [\text{ha}]$$

$$S_n = 12,5 \text{ ha}$$

$$t_s = 3292,77 \text{ s}$$

Pro získání celkového času t_o se všechny vypočtené dílčí časy sečtou. Jednotlivé výsledky časových prodlev jsou uvedeny v Tabulce 7.

$$t_o = 1497 + 900 + 660 + 3292,77 + 63 + 110 \quad [\text{s}]$$

$$t_o = 6577,77 \text{ s}$$

Tabulka 7 Dílčí časy jednoho cyklu při samostatném plnění

Čas cyklu t_o [s]	Doba plnění t_n [s]	Manipulační čas t_m [s]	Doba jízdy s nákladem t_{jn} [s]	Doba aplikace t_s [s]	Doba skládání, rozkládání t_r [s]	Doba jízdy bez nákladu t_{jp} [s]
6577,77	1497	63	900	3292,77/	110	660

Výpočet výkonnosti při samostatném plnění postřikovače v areálu podniku. Nejprve v hektarech za hodinu (4) a poté za směnu, kde bude brán v úvahu čistý čas, bez přestávek a jiných prodlev. (5)

$$Q_h = \frac{3600 \cdot S_n}{t_o} \quad [\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4)$$

$$Q_h = 6,84 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$Q_d = \frac{3600 \cdot T_d \cdot S_n}{t_o} \quad [\text{ha} \cdot \text{den}^{-1}] \quad (5)$$

$$Q_d = 54,73 \text{ ha} \cdot \text{den}^{-1}$$

Z výsledků vychází, že za směnu (celkově 8 hodin čisté práce) souprava ošetří 54,73 ha při dávce $200 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$. Po přepočtení na celkově ošetřenou plochu podniku za rok vychází celkový čas 577,49 hodin.

Tento početní vztah hodnotil výkonnost postřikovače při plnění v areálu podniku. U tohoto postřikovače je tento systém neefektivní z důvodu malého objemu nádrže. Proto je potřeba doplnit linku ošetřování plodin o dopravní zařízení s cisternou, které bude zabezpečovat plnění postřikovače přímo u ošetřovaného pozemku. Výrazně se krátí trasa s prázdným postřikovačem k plnicí cisterně a následně trasa s plným postřikovačem zpět k místu ošetřování. Výpočet výkonnosti při plnění postřikovače přímo na okraji pozemku z dopravního zařízení. o dovážku

vody pro plnění postřikovače se stará nákladní automobil Liaz s kontejnerovým nosičem pro různé nastavby, v tomto případě se jedná o nastavbu cisterny s plnicím mechanismem (vývěva). Objem cisterny, která dováží vodu, činí 8000 l a vychází tak na tři plnicí cykly postřikovače. Dovážkou vody přímo k pozemku se budou výrazně lišit časy a prodlevy a tím dojde i ke změně plošné výkonosti. Výpočet celkového času jednoho cyklu při dávce $200 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ je proveden dle vztahu (6).

$$t_o = t_n + t_{jn} + t_s + t_{jp} + t_m + t_r \quad [\text{s}]$$

Výpočet času plnění postřikovače t_n při známém objemu nádrže 2500 l a průtoku plnicího potrubí Q_m , který činí $8,9 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. (7)

$$t_n = \frac{V}{Q_m} \quad [\text{s}]$$

$$t_n = 280,89 \text{ s}$$

Další časová prodleva je manipulační čas t_m , tedy doba, za kterou po příjezdu obsluha stroje začne plnit nádrž. Tento čas je shodný s plněním v areálu.

$$t_m = 63 \text{ s}$$

Čas přípravy postřikovače k aplikaci, tedy rozložení do pracovní polohy a po skončení aplikace zpět do transportní polohy t_r . Tento čas byl manuálně změřen a jeden cyklus obsahuje dvakrát tento čas (rozkládání, skládání). Při plnění u pozemku není vždy postřikovač uveden do transportní polohy, v tomto hodnocení se ale vždy počítá s touto variantou.

$$t_r = 55 \text{ s}$$

Doba, za kterou ujede dopravní zařízení vzdálenost s plným postřikovačem (8) od plnicího zařízení k místu aplikace při průměrné rychlosti $14 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Průměrná vzdálenost zde činí 1000 m.

$$t_{jn} = \frac{L_1}{v_{p1}} \quad [\text{s}]$$

$$t_{jn} = 257,14 \text{ s}$$

Doba, za kterou ujede dopravní zařízení vzdálenost s prázdným postřikovačem (9) od místa aplikace k plnicímu zařízení při průměrné rychlosti $16 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Průměrná vzdálenost zde činí 1000 m

$$t_{jp} = \frac{L_2}{v_{p2}} \quad [\text{s}]$$

$$t_{jp} = 225 \text{ s}$$

Celkový čas aplikace postřikové jíchy, tedy doba, za kterou je aplikováno 2500 l při dávce 200 l·ha⁻¹ a průměrné rychlosti 2,22 m·s⁻¹, vztahy pro výpočet (10) a (11).

$$t_s = \frac{S_n}{B_p \cdot k_p \cdot v_p} \quad [\text{s}]$$

$$S_n = \frac{V}{Q} \quad [\text{ha}]$$

$$S_n = 12,5 \text{ ha}$$

$$t_s = 3292,77 \text{ s}$$

Pro získání celkového času t_o se všechny vypočtené dílčí časy sečtou. Jednotlivé výsledky časových prodlev jsou uvedeny v Tabulce 8.

$$t_o = 280,89 + 257,14 + 225 + 3292,77 + 63 + 110 \quad [\text{s}]$$

$$t_o = 4228,8 \text{ s}$$

Tabulka 8 Dílčí časy jednoho cyklu při asistovaném plnění

Čas cyklu t_o [s]	Doba plnění t_n [s]	Manipulační čas t_m [s]	Doba jízdy s nákladem t_{jn} [s]	Doba aplikace t_s [s]	Doba skládání, rozkládání t_r [s]	Doba jízdy bez nákladu t_{jp} [s]
4228,8	280,9	63	257,14	3292,77	110	225

Výpočet výkonnosti při samostatném plnění postřikovače v areálu podniku. Nejprve v hektarech za hodinu (4) a poté za směnu, kde bude brán v úvahu čistý čas, bez přestávek a jiných prodlev. (5)

$$Q_h = \frac{3600 \cdot S_n}{t_o} \quad [\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4)$$

$$Q_h = 10,64 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$Q_d = \frac{3600 \cdot T_d \cdot S_n}{t_o} \quad [\text{ha} \cdot \text{den}^{-1}] \quad (5)$$

$$Q_d = 85,13 \text{ ha} \cdot \text{den}^{-1}$$

Z výsledků vychází, že za směnu (celkově 8 hodin čisté práce) souprava ošetří 85,13 ha při dávce 200 l·ha⁻¹. Po přepočtení na celkově ošetřenou plochu podniku za rok vychází celkový čas 371,24 hodin.

10.2 Návrh nové soupravy pro aplikaci přípravků na ochranu rostlin.

U nově navrhované soupravy bude vybrán vždy jeden a ten nejvhodnější stroj pro daný podnik. Hlavní kritéria výběru je dlouholetá spolupráce podniku s některými firmami z hlediska dostupnějšího servisu, lepší možné ceny a jednoty užívaných značek.

Výkonnost samohodných postřikovačů činí od 10 000 do 20 000 ošetřených hektarů ročně a u tažených postřikovačů se roční výkonnost pohybuje do 10 000 ha. Prvním bodem je volba samotného postřikovače, a to taženého nebo samohodného. z výše uvedených informací je patrné, že samohodný postřikovač by pro podnik byl ztrátový a nebyl by zdaleka využit jeho potenciál, další nevýhodou je monotónnost stroje. Naopak výhodou je světlá výška postřikovače, nedochází k poškození porostu při aplikaci, například při lepení a desikaci řepky. Pro daný podnik bude zvolen tažený postřikovač, kde traktor jako tažný prostředek bude moci být využit i při provádění dalších operací, a tak se zvýší jeho efektivita, a to i v ekonomickém zhodnocení celkových nákladů. Oproti samohodnému postřikovači je zde nevýhodou nižší světlá výška traktoru i postřikovače, ale po zkušenostech zemědělců a při dodržování několika zásad, jako například jízda stejným směrem, montáž ochranné desky na čelní stranu traktoru (lze nahradit plachtou) a dalších, je zde míra poškození porostů zanedbatelná.

Nejprve bude navrženo vhodné dopravní zařízení (tažný stroj). z analýzy stávajícího stavu a ze zjištěných cílů, které má tažný prostředek plnit je důležité zdůraznit několik stěžejních požadavků. Jedná se o střední podnik, kde musí být každá investice dobře promyšlená, aby tak mohla plnit několik operací. Při výběru traktoru je důležité identifikovat, jaké operace jím budou prováděny. Nejdůležitějším faktorem je jmenovitý výkon motoru, dále pak typ převodovky, rozměry nebo také maximální povolená hmotnost přípojného vozidla. Další důležitou výbavou jsou prvky precizního zemědělství konkrétně GPS navigace a příprava ISOBUS připojení. Prioritní využití traktoru bude aplikace látek pro ochranu rostlin a pevných průmyslových hnojiv. v době mezidobí bude traktor využit i k jiným účelům, a to v dopravě zemědělských komodit (senáž, siláž, zrno obilnin), vozy ZDT Mega 20, sběrací vůz Pottinger Jumbo a do budoucna bude předpoklad k využití při aplikaci kejdy s variabilním dávkováním dle obsahu obsažených látek v kejdě. z důvodu všestranného využití byl vybrán traktor

John Deere 175R, základní specifikace je možné vidět v Tabulce 9. Vyšší výkon traktoru odpovídá jeho všestrannosti. Při srovnání rozměrů, celkové hmotnosti a šířky pneumatik nejsou velké rozdíly od traktorů nižší výkonnostní třídy.

Tabulka 9 Základní parametry traktoru John Deere 175R

Jmenovitý výkon motoru	kW/koní	129/175
Jmenovitý výkon motoru s IPM	kW/koní	158/215
Maximální výkon motoru při 1900 ot/min	kW/koní	142/193
Maximální točivý moment při 1600 ot/min	Nm	817
Záloha točivého momentu	%	40
Maximální zdvihací síla ramen	kg	8 500
Největší povolená hmotnost traktoru	kg	12 700
Max. povolená hmotnost přípojného vozidla	kg	31 750
Nádrž paliva / AdBlue	l	405/20

V podniku už se po několik let osvědčila značka výrobce zemědělské techniky John Deere, ať už z důvodu spolehlivosti strojů, tak z dostupnosti servisu v dané lokalitě, proto byl i pro tento projekt vybrán traktor této značky. v Tabulce 10 je uvedena celková cena traktoru.

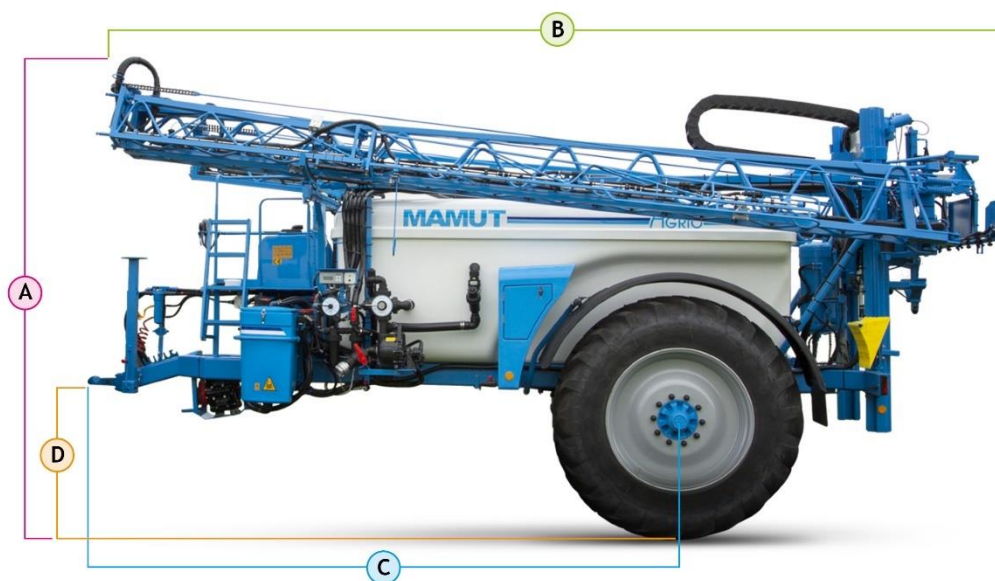
Tabulka 10 Cenová nabídka traktoru John Deere 175R

	Ceníková cena vybrané specifikace EUR	150 851
Kč/EUR		
25,20	Nabídková cena vybrané specifikace po slevě v Kč	3 118 715

V druhém bodě bude navrhnout aplikátor přípravků na ochranu rostlin, tedy tažený návěsný postřikovač. Základními požadavky na postřikovač jsou pracovní záběr, objem nádrže, automatické vypínání sekcí podle GPS, rozdělení na více sekcí, automatická regulace dávky dle rychlosti (selejet), nádrž na chemikálie (ekomixér), automatické vyrovnávání a odpružení ramen, odpružený podvozek, zatáčecí náprava a kompatibilita s taženým zařízením. Pracovní záběr musí být zvolen dle velikosti pozemků podniku, tak aby mohl ošetřit veškeré části pozemku. Dalším důležitým kritériem je pracovní záběr secího stroje, tak aby rozteč kolejových řádků odpovídala pracovnímu záběru postřikovače. Podnik disponuje secím strojem Pottinger Terrasem C6 s pracovním záběrem 6 metrů, kde je využit jako energetický zdroj traktor

John Deere 7310R s automatickým naváděním pomocí GPS. Díky přesnému navádění stroje je zde eliminován častý problém s překrýváním pracovních záběrů sečky, tedy snižování skutečné rozteče kolejových řádků, kde dochází ke dvojitému ošetření krajních ploch. o tuto plochu se následně zvětší skutečná výměra ošetřovaného pozemku, proto namíchaný přípravek na přesně stanovenou plochu nevystačí. Tento problém je možné řešit několika způsoby, buď už v samotném počátku, tedy u zakládání porostu, nebo výbavou postřikovače automatickým vypínáním sekcí, pomocí GPS, s tím že krajní trysky jsou samostatně vypínatelné a další sekce se postupně zvětšují. i když v podniku probíhá zakládání porostů pomocí přesných navigačních systémů, bude nový postřikovač vybaven samostatně vypínatelnou krajní tryskou s postupně se zvětšujícími sekcemi ke středové ose. Uchycení trysek bude pomocí systému SELEJET, který zabezpečuje stálost nastavené dávky při měnící se jezdové rychlosti. z hlediska členitosti pozemků může být maximální pracovní záběr postřikovače 24 metrů s možností přenastavení na 18 metrů. Ramena postřikovače budou disponovat odpružením a automatickým naklápěním pomocí ultrazvukových čidel. Objem nádrže postřikovače bude činit 5000 litrů, díky tomu tato práce zaměstná pouze jednoho pracovníka, který bude jezdit plnit nádrž do areálu podniku, celkové porovnání se stávající technologií bude popsáno níže. Nejdůležitějším prvkem je kompatibilita postřikovače s traktorem. Jelikož podnik využívá navigaci a program na správu strojů od firmy John Deere, bude i tato souprava řízena právě touto navigací. Celý řídicí proces bude řízen počítačem traktoru, který bude s postřikovačem komunikovat přes rozhraní ISOBUS. Další dnes už samozřejmou výbavu tvoří ekomixér splňující bezpečnostní předpisy, digitální počítadlo objemu (Tnak – control) a odpružená a říditelná náprava. Možnost plnění je pomocí hydrantu, horního víka nebo čerpadla postřikovače. Na trhu působí několik renomovaných firem, vyrábějící aplikační techniku, jako například Agrio, AKP, Amazone, Horch, Hardi. Při výběru značky jsou důležité vlastní zkušenosti, reference ostatních uživatelů, dostupnost servisu a splnění všech požadavků. Jelikož zemědělský podnik hospodaří v jižních Čechách a v tomto kraji sídlí i firma Agrio Křemže s. r. o., která se zabývá výrobou tažených i samohodných postřikovačů, dostupnost servisu a náhradních dílů této značky vychází nejlépe ze všech. Reference uživatelů techniky od firmy Agrio jsou velmi kladné a uživatelé jeví spokojenost se spolehlivostí těchto strojů. Velmi kladně hodnocen byl i servis a profesionální jednání servisních

pracovníků. Díky výše uvedeným referencím byl vybrán tažený návěsný postřikovač Mamut od firmy Agrio Křemže s. r. o., který je zobrazen na Obrázku 30.



Obrázek 30 Postřikovač Mamut od firmy Agrio [23]

Základní technické parametry pořizovaného postřikovače Mamut 5000/24/18 jsou: hydraulické překlápění ramen 1,0 až 3,0 m s jištěním ramen, DISTANCE-Control TOP 4 pro polehlý porost (4x ultrazvukové čidlo), Wandlerbox ISOBUS pro BT, CT, T-800; T-1200 (max. 18 záběrových sekcí), SECTION-Control automatické vypínání sekcí u strojů s ISOBUS, Náprava ADR 9,5t vzduchem odpružená říditelná, dvojhadicové brzdy jednookruhové, automatické kopírování stopy s TRAIL - Control, nerezový kluzák pod nápravu, TANK-Control s ukazatelem na postřikovači, Selejet, TurboDrop HiSpeed, Rozvaděč hydraulický s Load Sensingem 4 sekce. Cenová nabídka je následně uvedena v Tabulce 11. Všechny tyto informace poskytla přímo firma Agrio.

Tabulka 11 Cenová nabídka postřikovače Mamut 5000/24/18

Cena	EUR
Cena bez DPH	109 513,63
Náklady na dopravu a zprovoznění stroje bez DPH	0,00
Celková cena bez DPH	109 513,63
Celková cena bez DPH Kč/EUR 25,2	2 759 743 Kč

10.2.1 Hodnocení navržené technologie

Pro porovnání stávající a navrhované technologie je důležité také provést hodnocení navrhované technologie. Některé časy a průměrné rychlosti budou vycházet z referencí ostatních uživatelů, kteří mají obdobný stroj. Průměrné rychlosti jízdy s prázdným a s plným postřikovačem jsou nasimulovány výkonnostně stejným traktorem se stejnou zátěží, jak s plným, tak s prázdným. Ostatní parametry jsou shodné se stávající technologií. Je počítáno s celkovým průměrem vzdáleností, který činí 5,5 km. Výpočet celkového času jednoho cyklu při dávce $200 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ je proveden dle vztahu (6).

$$t_o = t_n + t_{jn} + t_s + t_{jp} + t_m + t_r \quad [\text{s}]$$

Výpočet času plnění postřikovače t_n při známém objemu nádrže 5000 l a průtoku plnicího potrubí Q_m , který činí $1,67 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.(7)

$$t_n = \frac{V}{Q_m} \quad [\text{s}]$$

$$t_n = 2994 \text{ s}$$

Manipulační čas t_m , tedy doba, za kterou po příjezdu obsluha stroje začne plnit nádrž je shodný se stávající technologií.

$$t_m = 63 \text{ s}$$

Čas přípravy postřikovače k aplikaci, tedy rozložení do pracovní polohy a po skončení aplikace zpět do transportní polohy t_r . Tento čas byl manuálně změřen a jeden cyklus obsahuje dvakrát tento čas (rozkládání, skládání).

$$t_r = 55 \text{ s}$$

Doba, za kterou ujede dopravní zařízení danou vzdálenost s plným postřikovačem (8) při průměrné rychlosti $31 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

$$t_{jn} = \frac{L_1}{v_{p1}} \quad [\text{s}]$$

$$t_{jn} = 638,7 \text{ s}$$

Doba, za kterou ujede dopravní zařízení danou vzdálenost s prázdným postřikovačem (9) při průměrné rychlosti $34 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

$$t_{jp} = \frac{L_2}{v_{p2}} \quad [\text{s}]$$

$$t_{jp} = 582,4 \text{ s}$$

Celkový čas aplikace postřikové jichy, tedy doba, za kterou je aplikováno 5000 l při dávce $200 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$, koeficientu využití pracovního záběru 1 a průměrné rychlosti $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, vztahy pro výpočet (10) a (11).

$$t_s = \frac{S_n}{B_p \cdot k_p \cdot v_p} \quad [\text{s}]$$

$$S_n = \frac{V}{Q} \quad [\text{ha}]$$

$$S_n = 25 \text{ ha}$$

$$t_s = 3472,22 \text{ s}$$

Pro získání celkového času t_o se všechny vypočtené dílčí časy sečtou. Jednotlivé výsledky časových prodlev jsou uvedeny v Tabulce 12.

$$t_o = 2994 + 638,7 + 582,35 + 3472,22 + 63 + 110 \quad [\text{s}]$$

$$t_o = 7860,27 \text{ s}$$

Tabulka 12 Dílčí časy jednoho cyklu při samostatném plnění

Čas cyklu t_o [s]	Doba plnění t_n [s]	Manipulační čas t_m [s]	Doba jízdy s nákladem t_{jn} [s]	Doba aplikace t_s [s]	Doba skládání, rozkládání t_r [s]	Doba jízdy bez nákladu t_{jp} [s]
7860,27	1497	63	900	3472,22	110	660

Výpočet výkonnosti při samostatném plnění postřikovače v areálu podniku. Nejprve v hektarech za hodinu (4) a poté za směnu, kde bude brán v úvahu čistý čas, bez přestávek a jiných prodlev. (5)

$$Q_h = \frac{3600 \cdot S_n}{t_o} \quad [\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}]$$

$$Q_h = 11,44 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$Q_d = \frac{3600 \cdot T_d \cdot S_n}{t_o} \quad [\text{ha} \cdot \text{den}^{-1}]$$

$$Q_d = 91,6 \text{ ha} \cdot \text{den}^{-1}$$

Výpočet výkonnosti při plnění postřikovače přímo na okraji pozemku z dopravního zařízení. o dovážku vody pro plnění postřikovače se stará nákladní automobil Liaz s kontejnerovým nosičem pro různé nástavby, v tomto případě se jedná o nástavbu cisterny s plnicím mechanismem (vývěva). Objem cisterny, která dováží vodu, činí 8000 l. Jelikož má postřikovač objem nádrže 5000 l bude muset jezdit nákladní automobil pro vodu po každém plnění. Dovážkou vody přímo k pozemku se budou výrazně lišit časy a prodlevy a tím dojde i ke změně plošné výkonnosti. Výpočet celkového času jednoho cyklu při dávce $200 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ je proveden dle vztahu (6).

$$t_o = t_n + t_{jn} + t_s + t_{jp} + t_m + t_r \quad [\text{s}]$$

Výpočet času plnění postřikovače t_n při známém objemu nádrže 5000 l a průtoku plnicího potrubí plnicího zařízení Q_m , který činí $8,9 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.(7)

$$t_n = \frac{V}{Q_m} \quad [\text{s}]$$

$$t_n = 561,8 \text{ s}$$

Manipulační čas t_m , tedy doba, za kterou po příjezdu obsluha stroje začne plnit nádrž je shodný s časem při plnění v areálu podniku.

$$t_m = 63 \text{ s}$$

Čas přípravy postřikovače k aplikaci, tedy rozložení do pracovní polohy a po skončení aplikace zpět do transportní polohy t_r . Tento čas byl manuálně změřen a jeden cyklus obsahuje dvakrát tento čas (rozkládání, skládání). Při plnění u pozemku není vždy postřikovač uveden do transportní polohy, v tomto hodnocení se ale vždy počítá s touto variantou.

$$t_r = 55 \text{ s}$$

Doba, za kterou ujede dopravní zařízení vzdálenost s plným postřikovačem (8) od plnicího zařízení k místu aplikace při průměrné rychlosti $16 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Průměrná vzdálenost zde činí 1000 m.

$$t_{jn} = \frac{L_1}{v_{p1}} \quad [\text{s}]$$

$$t_{jn} = 225 \text{ s}$$

Doba, za kterou ujede dopravní zařízení vzdálenost s prázdným postřikovačem (9) od místa aplikace k plnicímu zařízení při průměrné rychlosti $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Průměrná vzdálenost zde činí 1000 m.

$$t_{jp} = \frac{L_2}{v_{p2}} \quad [\text{s}]$$

$$t_{jp} = 200 \text{ s}$$

Celkový čas aplikace postřikové jichy, tedy doba, za kterou je aplikováno 5000 l při dávce $200 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ a průměrné rychlosti $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, vztahy pro výpočet (10) a (11).

$$t_s = \frac{S_n}{B_p \cdot k_p \cdot v_p} \quad [\text{s}]$$

$$S_n = \frac{V}{Q} \quad [\text{ha}]$$

$$S_n = 25 \text{ ha}$$

$$t_s = 3472,22 \text{ s}$$

Pro získání celkového času t_o se všechny vypočtené dílčí časy sečtou. Jednotlivé výsledky časových prodlev jsou uvedeny v Tabulce 13.

$$t_o = 561,8 + 225 + 200 + 3472,22 + 63 + 110 \text{ [s]}$$

$$t_o = 4632,02 \text{ s}$$

Tabulka 13 Dílčí časy jednoho cyklu při asistovaném plnění

Čas cyklu t_o [s]	Doba plnění t_n [s]	Manipulační čas t_m [s]	Doba jízdy s nákladem t_{jn} [s]	Doba aplikace t_s [s]	Doba skládání, rozkládání t_r [s]	Doba jízdy bez nákladu t_{jp} [s]
4632,02	561,8	63	225	3472,22	110	200

Výpočet výkonnosti při asistovaném plnění postřikovače na okraji ošetřovaného pozemku. Nejprve v hektarech za hodinu (4) a poté za směnu, kde bude brán v úvahu čistý čas, bez přestávek a jiných prodlev. (5)

$$Q_h = \frac{3600 \cdot S_n}{t_o} \text{ [ha} \cdot \text{h}^{-1}]$$

$$Q_h = 19,43 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$Q_d = \frac{3600 \cdot T_d \cdot S_n}{t_o} \text{ [ha} \cdot \text{den}^{-1}]$$

$$Q_d = 155,44 \text{ ha} \cdot \text{den}^{-1}$$

Z výsledků vychází, že za směnu (celkově 8 hodin čisté práce) souprava ošetří 155,44 ha při dávce 200 l·ha⁻¹. Po přepočtení na celkově ošetřenou plochu podniku za rok vychází celkový čas 203,3 hodin.

10.3 Porovnání stávající a navrhované technologie

Hodnocení stávající a navrhované technologie ukázalo mnoho viditelných rozdílů. Stávající technologie sice dle výsledků odpovídá minimální výkonnostní potřebě daného podniku, ale z hlediska ekonomiky, životního prostředí a zajištění aplikace v nejvhodnější době z hlediska agronomických požadavků, neodpovídá. Nově navrhovaná technologie již odpovídá požadavkům moderní doby, a to zejména díky přesné aplikaci a vypínání sekcí pomocí GPS, kdy postřiková jícha vychází na přesně stanovené množství, což uvádí i mnoho zemědělců využívající tuto technologii. Výsledky obou technologií z hlediska výkonnosti jsou uvedeny v Tabulce 14.

Tabulka 14 Výsledné hodnoty stávající a navrhované technologie

Stávající technologie		Navrhovaná technologie	
Výkonnost hodinová [ha·h ⁻¹]	Výkonnost směnová [ha·den ⁻¹]	Výkonnost hodinová [ha·h ⁻¹]	Výkonnost směnová [ha·den ⁻¹]
Plnění postřikovače v areálu podniku			
6,84	57,73	11,44	91,06
Celkový čas [h·rok⁻¹]			
577,49		345,28	
Plnění postřikovače na okraji pozemku			
10,64	85,13	19,43	155,44
Celkový čas [h·rok⁻¹]			
371,24		203,3	

Celkový čas stávající technologie při plnění na okraji pozemku činí 371,24 hodin, což je 47 dnů při pracovní směně osm hodin nepřetržité práce. U navrhované technologie je celkový čas ošetřování pozemku 203,3 hodiny za rok, to je 26 dnů při pracovní směně osm hodin nepřetržité práce. Výkonností rozdíl mezi stávající a navrhovanou technologií činí 45,24 %.

Z výsledků vyplývá, že stávající technologie oproti navrhované je v několika faktorech nevýhodná. První faktor je množství spotřebovaných ochranných látek, kdy dochází k přestřikům, to je dáno koeficientem využití pracovního záběru. Druhý faktor je spotřeba pohonných hmot a třetí celkový čas prováděné aplikace.

V době hlavní sezóny je velký problém s personálním obsazením, proto je nutností, aby výkonnost při samostatném plnění byla co největší, a tak byla celá operace prováděna jedním pracovníkem. z výsledku při samostatném plnění se jeví jako největší slabina výkon plnicího zařízení. Tento problém je potřebné eliminovat, protože výrazně ovlivňuje výslednou výkonnost postřikovače. Jedno z možných řešení je vybudování nádrže pro zachytávání dešťové vody. Voda by tak byla svedena ze střech dílny a okolních hal do sběrné nádrže, odkud by se voda využívala pro plnění postřikovače, ale také k napájení skotu. Toto řešení by bylo velmi efektivní, zejména v boji proti suchu, které zužuje zemědělství v České republice již několik let.

10.4 Ekonomické zhodnocení

Obměnou strojového parku a jeho technické vylepšení přináší velké počáteční investice. Důležité je si uvědomit, zda se vůbec daná technologie vyplatí pořizovat, nebo zdali nejsou stroje předimenzované až by způsobovali ztrátu vlivem nevyužití jejich potenciálu.

Zde je navržena nová technologie skládající se z dopravního zařízení traktoru a z dopravního prostředku postřikovače. Celková cena nového traktoru John Deere 6175R činí 3 118 715 Kč, cenovou nabídku poskytla firma Strom Praha a.s. Celková cena nového postřikovače Mamut 5024 činí 3 759 743 Kč, cenovou nabídku zde poskytla firma AGRIO MZS s.r.o. Celkové ceny jsou uvedeny v Tabulce 15, přepočítáno z EUR na koruny je počítáno s kurzem 25,20 Kč.

Tabulka 15 Pořizovací ceny vybraných strojů

Typ stroje	Celková cena EUR	Celková cena Kč
John Deere 175R	150 851	3 118 715
Mamut 5024	109 513,63	2 759 743

Součtem ceny traktoru a postřikovače vychází celkové pořizovací náklady soupravy na 5 878 458 Kč.

10.4.1 Možnosti financování

Pořízení nových strojů lze financovat pomocí několika variant:

1. platba v hotovosti na účet prodávajícího
2. úvěr
3. finanční leasing
4. operativní leasing
5. možnost individuálního financování přímo od prodávajícího

Platba v hotovosti přináší výhody nijak se nezvyšující částky vlivem úrokových sazeb. Tato možnost je ale pro mnoho zemědělců nereálná, z důvodu náhlého uvolnění velkého finančního obnosu. Pro menší nebo nestabilní podniky toto může být velkým rizikem.

Pokud chce podnik využít některé z možných dotačních titulů na pořízení stroje, je jasným řešením úvěr, kdy se předmět financování stává ihned majetkem kupujícího a celá výše DPH se z kupní ceny odečte na počátku splácení.

10.4.2 Kalkulace

Jelikož se souprava skládá z dopravního zařízení (traktoru) a dopravního prostředku (postřikovače) je obtížné financovat starou technologii na protiúčet prodávajícího. Podnik chce navíc zachovat traktor John Deere 5720, který bude využívat k jiným pracím. Jediným ovlivňujícím článkem nákupní ceny je tedy postřikovač. Odhad ceny starého postřikovače činí 200 000 Kč. Kalkulace při platbě v hotovosti je uvedena v Tabulce 16.

Tabulka 16 Celkové náklady při platbě v hotovosti

Technika	Náklady [Kč]
Traktor John Deere 175R	3 118 715
Postřikovač Mamut 5024	2 759 743
Starý postřikovač	-200 000
Celková cena	5 678 458

Jako druhou možnost financování byl zvolen finanční úvěr přímo určený k pořízení zemědělských strojů. Poskytnutím úvěru na cílenou věc, (zde pořízení zemědělských strojů) nese mnoho výhod, ať ve výši úroku, tak v možnosti pojištění. Úrok byl stanoven dle finančního poradce ve výši 2,5 %, splátky jsou uvedeny v Tabulce 17.

Tabulka 17 Splátky finančního úvěru [29]

Roky/Měsíce	Úrok [%]	Měsíční splátka [Kč]	Roční splátka [Kč]
5/60	2,5	104 327	1 251 924

Celková částka vynaložená na pořízení dané technologie činí 6 259 620 Kč při úroku 2,5 %. Při započtení zisku z prodeje starého postřikovače vychází konečná cena 6 059 620 Kč (Tabulka 18).

Tabulka 18 Celková kalkulační s úvěrovým řešením

Zisk z prodeje starého postřikovače	200 000 Kč
Celkový finanční obnos za 5 let při úroku 2,5 %	6 259 620 Kč
Celková cena	6 059 620 Kč

10.4.3 Úspora nákladů za mzdu

Celkový výkonnostní rozdíl mezi stávající a navrhovanou technologií je velmi znatelný. Výsledný čas provádění aplikace se přímo promítne do nákladů za mzdu obsluhy. Výpočet nákladů za mzdu obsluhy stávající technologie dle vztahu (12), kdy náklady na hodinovou mzdu obsluhy činí 200 Kč, zaměstnanec může tedy reálně pobírat 150 Kč·h⁻¹ hrubého příjmu.

$$C_{oc} = T_{cp} \cdot M_h \quad [\text{Kč}]$$

$$C_{oc} = 577,49 \cdot 200$$

$$C_{oc} = 115\,498 \text{ Kč}$$

U navrhované technologie je celkový čas potřebný k ošetření ploch podstatně nižší. Výsledné náklady za mzdu jsou vypočteny dle vztahu (12).

$$C_{oc} = T_{cp} \cdot M_h \quad [\text{Kč}]$$

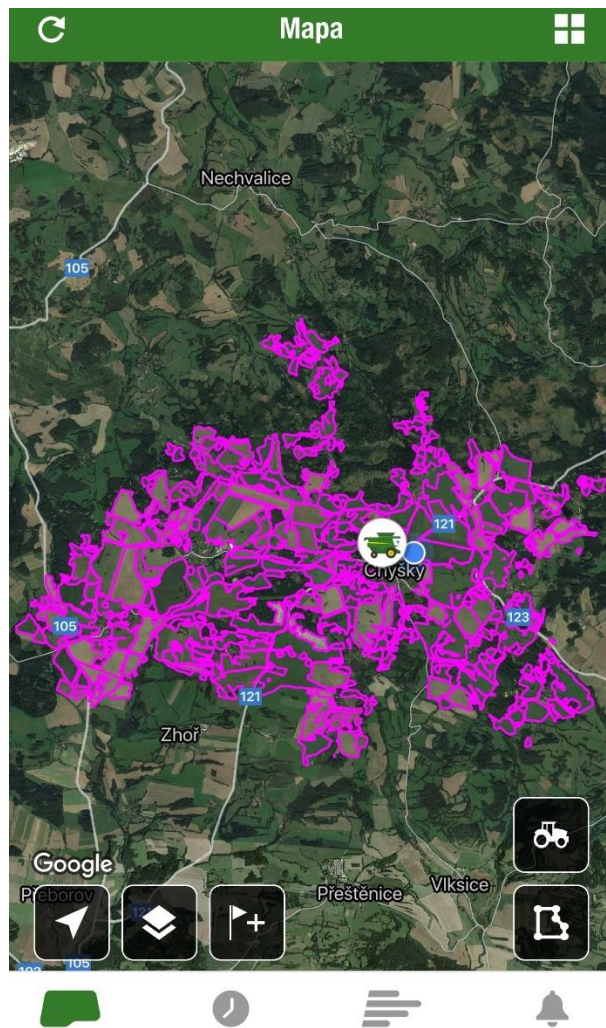
$$C_{oc} = 345,28 \cdot 200$$

$$C_{oc} = 69\,056 \text{ Kč}$$

Celkový rozdíl v nákladech za mzdu obsluhy tedy činí **46 442 Kč·rok⁻¹**. To je velmi výrazná úspora. Při plnění postřikovače na okraji pozemku, tedy nutnosti zařazení další obsluhy, bude rozdíl v nákladech narůstat. Rozdíl mezi stávající a navrhovanou technologií v nákladech za obsluhu při plnění na okraji pozemku činí **67 176 Kč rok⁻¹**.

11 Návrh Softwaru pro řízení pracovních operací

Vzhledem k tomu, že podnik využívá stroje značky John Deere, byl vybrán i software od téže firmy. Je to v celku logický krok vzhledem ke kompatibilitě se všemi stroji, a k velmi vysoké úrovni uživatelského využití. Navrhovaný software se nazývá MyJohnDeere a běží na internetové platformě: <https://myjohndeere.deere.com/>. v tomto programu jsou zakomponovány další aplikace pro správu strojového parku nebo agronomických dat a polí. Podnik získal licenci na pět let díky zakoupení nového traktoru John Deere s GPS navigací. Jedná se o program se základními funkcemi, a to sledování stavu strojů a analýzu agronomických dat. Licence na některé rozšiřující funkce mohou být dokoupeny, ale pro aktuální stav v podniku je tato platforma dostačující. Náhled aplikace Operačního střediska je zobrazen na Obrázku 31.



Obrázek 31 Zobrazovací okno aplikace Operační středisko [30]

V nejbližší době bude nutné nahrát nové hranice polí, aby se tak zpřesnily všechny výměry a obhospodařované plochy. Dále je nutné nahrát naváděcí linie pro všechny pozemky, po kterých budou stroje naváděny. Všechny nově vytvořené naváděcí linie se poté nahrají do všech strojů využívajících GPS navigaci. Vzniknou tak sjednocené pracovní linie pro všechny stroje. Hlavní výhodou bude zpřesnění prováděných operací, snížení utužení půdy a usnadnění práce obsluhy.

12 Diskuse

Analýzou stavu strojového parku byla identifikována již nevyhovující a zastaralá technologie, kterou je souprava provádějící aplikaci přípravků na ochranu rostlin. Poté byl zhotoven návrh nové moderní technologie, která byla porovnána z hlediska výkonnosti se stávající technologií. Celý návrh byl ekonomicky zhodnocen, kde byly výsledkem celkové pořizovací náklady. z výsledků vyplývá, že stávající technologie oproti navrhované je v několika faktorech nevýhodná. První faktor je množství spotřebovaných ochranných látek, kdy dochází k přestřikům, to je dáno koeficientem využití pracovního záběru. Druhý faktor je spotřeba pohonných hmot a třetí celkový čas prováděné aplikace. i když jsou počáteční náklady vysoké, nahrazení stávající technologie je z hlediska dlouhodobého hodnocení výhodné.

Výběr a hodnocení strojů byl proveden u operací, které jsou stěžejní pro celou rostlinnou výrobu a jsou v podniku nenahraditelné. Hodnocení probíhalo dle jednotlivých bodů, zejména opotřebením, celková spolehlivost a výkonnost. Jako nejslabší článek byla vyhodnocena technologie pro ochranu rostlin, která se skládá z traktoru a taženého postřikovače. Vedl k tomu celkový technický stav, stáří a nedostatečná výkonnost soupravy. Hodnocením výkonnosti staré soupravy, při samostatném plnění, byl čas potřebný k ošetření celkové plochy za rok 577,49 hodin. To odpovídá počtu 73 dnů při pracovní směně osm hodin nepřetržité práce. Plošná výkonnost zde byla $54,73 \text{ ha} \cdot \text{den}^{-1}$ při dávce $200 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$. Hodnocením výkonnosti navrhované technologie při samostatném plnění vychází čas potřebný k ošetření celkové plochy za rok 345,28 hodin. To odpovídá počtu 44 dnů při pracovní směně osm hodin nepřetržité práce. Zde byl výsledek plošné výkonnosti $91,6 \text{ ha} \cdot \text{den}^{-1}$ při dávce $200 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$. Výkonností rozdíl mezi stávající a navrhovanou technologií činí 45,24 %. Další rozdíl mezi technologiemi je úspora chemických přípravků, kdy bylo při staré technologii aplikováno o 5-10 % přípravku navíc. Navrhovaná technologie zabezpečí aplikaci přesného množství na danou výměru. Celkové pořizovací náklady nové technologie při okamžité platbě činí 5 678 458 Kč a při finančním úvěru budou konečné náklady činit 6 059 620 Kč. Porovnáním nákladů za mzdu obsluhy při samostatném plnění činí úspora nové technologie $46\,442 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}$. To je velmi výrazná úspora. Při plnění postřikovače na okraji pozemku, tedy nutnosti zařazení další obsluhy, rozdíl v nákladech narůstal. Rozdíl mezi stávající a navrhovanou technologií v nákladech za obsluhu při plnění na okraji pozemku tedy činil $67\,176 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Pro realizaci přesné aplikace a maximálního využití nové technologie byl navrhnut i software MyJohnDeere, který zabezpečí správné fungování a celkovou kompatibilitu. Pořizovací cena softwaru je zahrnuta v pořizovací ceně traktoru.

Někteří zemědělci hodnotí používání moderních technologií velmi pozitivně a uvádějí i reálné ekonomické výhody. Například firma Gröbner DE obhospodařuje 5000 ha a vlastní tažený postřikovač Agrio se záběrem 30-36 metrů a samochodný postřikovač s nástavbou Agrio. Samochodný postřikovač ročně ošetří 15 – 20 000 ha a tažený kolem 10 000 ha ročně (varianta 6000 l se záběrem 36 m). Využíván je signál SF 1 s automatickým vypínáním sekcí, to ušetření 5-10 % chemie. Plně dostačuje traktor o výkonu 150 PS. Obsluha uvádí průměrnou rychlost 10 km·h⁻¹. [33] Další reference je od ZD Šatov hospodařícího na ploše 1350 ha. Vlastní postřikovač Agrio Mamut o objemu nádrže 6000 l a záběrem 30 m. Za den ošetří až 200 ha při dávce 200 l·ha⁻¹. Moderní technologie nepořizují jen velké podniky, ale i malí zemědělci. [34] Nejmenovaný soukromý zemědělec obhospodařuje 330 ha orné půdy, kde pěstuje obiloviny, řepku a cukrovku. Vlastní postřikovač Napa 3800 l se záběrem 24 m. Uvádí, že je lepší více aplikací než míchání přípravků do jedné dávky. Velmi oceňuje říditelnou a vzduchem odpruženou nápravu. Jeho denní výkonnost se pohybuje mezi 100-150 ha. Určité plodiny stříká v noci za optimálnějších podmínek. Postřiková jícha vychází přesně na litr, kupuje proto postřiky přesně na výměru, kterou bude ošetřovat. Aplikaci provádí v rychlostech 13-14 km·h⁻¹. [35] Jiný soukromý zemědělec obhospodařuje 150 ha a vlastní postřikovač Alka s objemem nádrže 2700 l a záběrem 21 m. Tímto systémem ušetří 10 % nákladů. [36] Poslední reference je od ZOD Brniště hospodařím na 2400 hektarech. Vlastní postřikovač Mamut s objemem nádrže 8000 l a záběrem 30 m. Provádí lepení i desikaci řepky taženým postřikovačem, mechanické poškození není tak markantní. Denní výkonnost se pohybuje v rozmezí 150-200 ha. Dávka přesně vychází na ošetřovanou plochu. Pracovní rychlost je 6-8 km·h⁻¹ v řepce a v obilí 8-12 km·h⁻¹. [37]

Závěr

Precizní zemědělství je směr, kterým se dnes snaží ubírat většina zemědělců. Výhody a ekonomické přínosy jsou nesporné, ovšem je důležité správně celý systém uchopit a vést. Implementace celého portfolia technologií, tak aby celý systém dával smysl a byl ekonomicky výhodný je pro některé zemědělce stále nedostatečně přesvědčující. K tomu vedou vysoké pořizovací náklady na úkor nedostatku informací o ekonomických výhodách.

Precizní zemědělství dnes už netvoří pouze Globální navigační systémy a řízená kontrola přejezdů po pozemku, ale tvoří ho několik dílčích systémů, kde je stěžejní právě samotná navigace a řízení přejezdů po pozemku. Automatické navádění stroje na pozemku je dnes samozřejmostí, pracující stroj se tedy řízeně pohybuje po pozemku. v tomto okamžiku přichází rozšiřování pracovní operace o další systémy. Sleduje se zejména co se aplikuje nebo sklízí, jaké je složení aplikované látky nebo sklizené komodity, a charakter pozemku tedy jeho nehomogenost. Pro tento směr hospodaření jsou důležitá data, jejich získávání a zpracování. Pro zpracování dat a jejich následného využití je nezbytný některý z dostupných softwarů pro zemědělce. Implementací těchto dílčích systémů a vzájemné synchronizace dojde k maximálnímu využití moderních technologií a snížení ekonomických nákladů.

Vlastní práce se zabývala právě implementací moderních technologií ve vybraném zemědělském podniku. Jako první byl zmapován celkový stav strojů provádějících důležité operace v rostlinné výrobě. Provedená analýza ukázala hned dva nevyhovující stroje, a to sklízecí řezačku a soupravu provádějící aplikaci látek na ochranu rostlin, kde tato operace dopadla nejhůře a byla tak vybrána pro obměnu nevyhovujícího systému. U stávající technologie byla vypočítána plošná i hodinová výkonnost, pro dva způsoby plnění. Celkový čas aplikace látek na ochranu rostlin v jednom roce při samostatném plnění činil 577,49 hodin při zpracované ploše 3950 ha. Poté byla navržena nová technologie, která se skládala z dopravního zařízení (traktoru) a dopravního prostředku (postřikovače). Tento systém byl obdobně hodnocen jako stávající. Celkový čas aplikace látek na ochranu rostlin v jednom roce při samostatném plnění činil 345,28 hodin při zpracované ploše 3950 ha. Došlo také k ušetření chemických přípravků v řádu 5-10 %. Celý navržený systém byl doplněn o vhodný software, který zajistí vyšší efektivitu a využití celého stroje.

V zemědělském podniku ještě není celý systém uzavřen tak, aby využití všech moderních technologických prvků bylo co nejefektivnější. Ukazuje se, že přechod k moderním systémům je ekonomicky i časově velmi náročný. Ovšem úspora pohonných hmot, osiv, chemických látek, při používání automatického navádění a řízené aplikace je velmi znatelná.

Seznam použité literatury

- [1] NEUDERT, Lubomír a Vojtěch LUKAS. *Precizní zemědělství: technologie a metody v rostlinné produkci*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 9788075093110.
- [2] RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy*. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita, 2002. ISBN 80-248-0124-8.
- [3] ŠEBESTA, Jiří. *Globální navigační systémy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2012. ISBN 978-80-214-4500-0
- [4] KOVÁŘ, Pavel. *Družicová navigace: od teorie k aplikaci v softwarovém přijímači*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2016. ISBN 978-80-01-05989-0.
- [5] ŠEBESTA, Jiří. *Radiolokace a radionavigace: přednášky*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2004. ISBN 80-214-2482-6.
- [6] STEINER, Ivo a Jiří ČERNÝ. *GPS od a do Z. 4., aktualiz. vyd.* Praha: eNav, 2006. ISBN 8023975161.
- [7] KUMHÁLA, František. *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. v Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 9788021317017.
- [8] *Mechanizace zemědělství: Odborný recenzovaný časopis obsahující odborné a vědecké články z oblasti zemědělské a lesní mechanizace*. (5) LXIX. Praha: Profi Press s.r.o, 2019. ISSN 03736776.
- [9] LÍVANEC, Lukáš. *Mapování pohybu zemědělské techniky s využitím a bez využití GPS*. České Budějovice, 2018. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

Internetové zdroje

- [10] *InetDaemon Enterprises* [online]. 2012 [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.inetdaemon.com/tutorials/satellite/orbits/>
- [11] *Kosmonautix* [online]. 2020 [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.kosmonautix.cz/2013/02/maly-pruvodce-po-obeznych-drahach/>

- [12] *Information and Analysis Center for Positioning, Navigation and Timing, Korolyov, Russia* [online]. 2020 [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/>
- [13] *European GNSS Service Centre* [online]. 2020 [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.gsc-europa.eu/galileo/what-is-galileo>
- [14] *365FarmNet* [online]. 2020 [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.365farmnet.com/de/>
- [15] *STROM PRAHA a.s.: HarvestLab* [online]. 2017 [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <https://www.strompraha.cz/zemedelska-technika/ams-precizni-zemedelstvi/reseni-precizniho-zemedelstvi/online-sprava-farmy>
- [16] *STROM PRAHA a.s.: Online správa farmy* [online]. 2017 [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <https://www.strompraha.cz/zemedelska-technika/ams-precizni-zemedelstvi/reseni-precizniho-zemedelstvi/online-sprava-farmy>
- [17] *Agrall* [online]. 2020 [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <https://www.agrall.cz/produkt/172/telemetrie>
- [18] *Case Agriculture* [online]. 2020 [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <https://www.caseih.com/northamerica/en-us/products/advanced-farming-systems/afs-connect>
- [19] *New Holland Agriculture* [online]. 2020 [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <https://www.caseih.com/northamerica/en-us/products/advanced-farming-systems/afs-connect>
- [20] *The Global Positioning System* [online]. 2020 [cit. 2019-12-20]. Dostupné z: <https://www.gps.gov/>
- [21] *Český kosmický portál* [online]. 2020 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/gnss-mimo-evropu/cinsky-beidou---compass/>
- [22] *Cnews* [online]. 2020 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://www.cnews.cz/beidou-gps-glonass-galileo-pocet-satelitu>
- [23] *Agrio* [online]. 2020 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <http://www.agrio.cz/share/download/prospekty-agrio-2019/457.pdf>
- [24] *Agrio: Návod k použití* [online]. 2017 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <http://www.agrio.cz/share/download/navody/329.pdf>
- [25] *Mechanizace ochrany rostlin* [online]. 2016 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/ochrana_rostlin.pdf

- [26] *Čerpadla: Pistová čerpadla* [online]. 2008 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: https://katedry.osu.cz/kpv/cerpadla-jh/Jan_Hruska_MUC_soubory/page0004.htm
- [27] *Čerpadla: Hydrodynamická čerpadla* [online]. 2008 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: https://katedry.osu.cz/kpv/cerpadla-jh/Jan_Hruska_MUC_soubory/page0013.htm
- [28] *Horch: Návod k obsluze* [online]. 2016 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: https://www.horsch.com/fileadmin/user_upload/downloads/cz_czech/Leeb/Leeb_LT_manual/NO_Leeb_4_5_LT__03_2016_cs.pdf
- [29] *Kurzycz* [online]. 2020 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/pujcky/kalkulacka-splatky-pujcky>
- [30] *Deere & Company* [online]. 2020 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://my.deere.com/map#map>
- [31] *STROM PRAHA a.s.: Nová éra v precizním zemědělství* [online]. 2017 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.strompraha.cz/novinky/nova-era-v-preciznim-zemedelstvi>
- [32] *Trimble: Agricultural Intelligence in your hands* [online]. 2020 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://agriculture.trimble.com/>
- [33] Agrio Mzs: Gröbner DE-Reference Agrio Postřikovač Mamut. *YouTube* [online]. 2016 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Ad9Ep6DdpXA>
- [34] Agrio Mzs: ZD Šatov-Reference AGRIO postřikovač Mamut. *YouTube* [online]. 2017 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=z3qsieVYN54&t=8s>
- [35] Agrio Mzs: Miloš Stejskal-Reference Agrio Postřikovač Napa. *YouTube* [online]. 2016 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=4H4vwfEjuTQ>
- [36] Agrio Mzs: SHR Demko Štefan SK-Reference AGRIO Postřikovač Alka. *YouTube* [online]. 2016 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=hmgZUBJgFx8>
- [37] Agrio Mzs: ZOD Brniště-Reference Agrio Postřikovač Mamut. *YouTube* [online]. 2016 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Ui69fTRA38A&t=19s>

Seznam obrázků

- Obrázek 1 Mapa zatížení pozemku pojezdovými mechanismy [8]
- Obrázek 2 Schéma přijímače GNSS signálu [7]
- Obrázek 3 Variabilní dávkování [23]
- Obrázek 4 Výnosová mapa zobrazující suchý výnos řepky ($t \cdot ha^{-1}$) [30]
- Obrázek 5 Agronomická data a legenda k Obrázku 4 [30]
- Obrázek 6 Měřené hodnoty při sklizni dané plodiny [15]
- Obrázek 7 Měřené hodnoty u aplikace kejdy [15]
- Obrázek 8 Schéma soupravy pro aplikaci kejdy [15]
- Obrázek 9 Schéma funkcí počítačového softwaru 365FarmNet [14]
- Obrázek 10 Řízení strojového parku z operačního střediska [19]
- Obrázek 11 Systém DataConnect [31]
- Obrázek 12 Regulační ventil postřikovače [23]
- Obrázek 13 Dvoumembránové čerpadlo [25]
- Obrázek 14 Pístové čerpadlo [25]
- Obrázek 15 Základní části postřikovače [24]
- Obrázek 16 Základní části postřikovače zadní pohled [24]
- Obrázek 17 Kapalinový okruh LT CCS Pro postřikovačů Horsch [28]
- Obrázek 18 Injektorová tryska [25]
- Obrázek 19 Základní části postřikovače pohled shora [24]
- Obrázek 20 Automatické vyrovnávání ramen [25]
- Obrázek 21 Ovládání ramen [24]
- Obrázek 22 Vyrovnávání ramen vůči svahu a nerovnostem [25]
- Obrázek 23 Polohování ramen pomocí šesti senzorů [28]
- Obrázek 24 Tvary výstřikových paprsků [25]
- Obrázek 25 Tvary rozptylových obrazců [25]
- Obrázek 26 Výstřikové úhly trysky TurboDrop HiSpeed [23]
- Obrázek 27 Trysky TurboDrop [23]
- Obrázek 28 Traktor John Deere 5720
- Obrázek 29 postřikovač AKP 2500/18
- Obrázek 30 Postřikovač Mamut od firmy Agrio [23]
- Obrázek 31 Zobrazovací okno aplikace Operační středisko [30]

Seznam tabulek

- Tabulka 1 Frekvenční pásma rádiových vln [2]
- Tabulka 2 Oběžné dráhy [12]
- Tabulka 3 Prováděné operace, stroje a jejich hodnocení
- Tabulka 4 Souhrn celkového hodnocení
- Tabulka 5 Zastoupení jednotlivých plodin a počet aplikací
- Tabulka 6 Základní zjištěné údaje při aplikaci
- Tabulka 7 Dílčí časy jednoho cyklu při samostatném plnění
- Tabulka 8 Dílčí časy jednoho cyklu při asistovaném plnění
- Tabulka 9 Základní parametry traktoru John Deere 175R
- Tabulka 10 Cenová nabídka traktoru John Deere 175R
- Tabulka 11 Cenová nabídka postřikovače Mamut 5000/24/18
- Tabulka 12 Dílčí časy jednoho cyklu při samostatném plnění
- Tabulka 13 Dílčí časy jednoho cyklu při asistovaném plnění
- Tabulka 14 Výsledné hodnoty stávající a navrhované technologie
- Tabulka 15 Pořizovací ceny vybraných strojů
- Tabulka 16 Celkové náklady při platbě v hotovosti
- Tabulka 17 Splátky finančního úvěru [29]
- Tabulka 18 Celková kalkulace s úvěrovým řešením

Seznam grafů

- Graf 1 Grafické znázornění hodnocených operací
- Graf 2 Hodnocení traktorů a samohodných strojů
- Graf 3 Hodnocení tažených strojů