

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vyhodnocení exploatačních parametrů vybraných pluhů
v porovnatelných podmínkách

Vedoucí diplomové práce: Ing. Antonín Dolan, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Martin Kukla

České Budějovice, 2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin KUKLA**
Osobní číslo: **Z17101**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Zemědělská a dopravní technika**
Název tématu: **Vyhodnocení exploatačních parametrů vybraných pluhů v porovnatelných podmínkách**
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je změřen a vyhodnocení vybraných druhů pluhů v konkrétních podmínkách zemědělského podniku v ČR a odpovědět na otázky:

1. Který druh radličného pluhu má prokazatelný vliv na úsporu nákladů?
2. Má tato technologie vliv na stav porostu kulturní plodiny?

V práci se zaměřte na:

1. Sledování a vyhodnocení používaných pluhů a způsobů zpracování půdy.
 2. Vyhodnocení hlavních exploatačních parametrů z měření.
 3. Odpovědět na otázky z cílů této práce.
 4. Zhodnocení výsledků a uvést závěry pro praxi.
-

Rozsah grafických prací: obrázky, fotografie, grafy dle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: 50 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:


- GERHARDS R., SÖKEFELD M., KNUF D., KÜHBAUCH W. (1996): Kartierung und geostatistische Analyse der Unkrautverteilung in Zuckerrübenschlägen als Grundlage für eine teilschlagspezifische Bekämpfung. Journal of Agronomy and Crop Science. Vol. 176, p. 259-266. Print ISSN: 0931-2250 Online ISSN: 1439-037X.
- HAMOUIZ P., SOUKUP J., HOLEC, J. NOVÁKOVÁ K. (2004): Field-scale variability of weed distribution on arable land. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Sonderheft. Vol. XIX, 2004, p. 445 - 452. ISSN 1618-7938.
- KUNISCH M. (2002): Precision Farming in der Unkrautbekämpfung? Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Sonderheft. Vol. XVIII, p. 415-420. ISSN 1618-7938.
- LUKAS V. NEUDERT L. KŘEN J. (2010). Precizní zemědělství a jeho přínosy. Zemědělec, Profi Press Praha, 6. 8. 2010, ISSN 1211-3816.
- SOPOUŠEK V. (2011). Ověření práce navigačních systémů v zemědělství, Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra Využití strojů, vedoucí doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.
- Firemní literatura a propagační materiály.
- Omezeně internetové zdroje: www.scholar.google.com,
<http://zemedelec.cz/tema-tydne/zemedelec-402014-precizni-zemedelstvi-a-jeho-koncepce/>,
<http://www.elsevier.com/online-tools/scopus>, <http://www.mjm.cz/>
<http://www.phytopathology.org/project.php?idp=62>, <http://www.lpis.cz/>
<http://cdesign.zive.cz/Clanky/Precizni-hospodareni/sc-3-a-20017/default.aspx>

Vedoucí diplomové práce: Ing. Antonín Dolan, Ph.D.

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Datum zadání diplomové práce: 18. ledna 2018

Termín odevzdání diplomové práce: 15. dubna 2019


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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Elisabětská 1508, 370 05 České Budějovice


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

V Českých Budějovicích dne 26. března 2018

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 (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou) 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:

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Antonínu Dolanovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky v průběhu vypracování mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat jednateři společnosti Agrospol Útěchovice s.r.o. panu Václavu Páralovi a mechanizátorovi panu Jaroslavu Opicovi za propůjčení techniky, prostor pro měření a za cenné informace z oblasti zpracování půdy, které jsem využil při sepisování práce. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za podporu při psaní diplomové práce a umožnění studia na vysoké škole.

Abstrakt

V diplomové práci jsou uvedeny jednotlivé druhy zpracování půdy a jejich možné využití. Práce se zaměřuje na porovnání vybraných pluhů v exploatačních podmínkách. Pluhy byly porovnávány podle výkonnosti, možností typu otáčení na souvrati, spotřeby paliva a životnosti opotřebitelných dílů. Pro měření hodnot byly vybrány pozemky s co nejmenší svahovitostí a s co možná nejdelší brázdou, aby bylo minimalizováno zkreslení výsledků.

Klíčová slova: radličný pluh; konvenční zpracování půdy; minimalizační zpracování půdy; výkonnost pluhů; spotřeba paliva

Abstract

In this diploma thesis, there are described different types of soil tillage and options of their use. The thesis focuses on comparison selected plow in comparable conditions. Plows were compared by efficiency, possibilities of the type of rotation on headlands, fuel consumption and durability of wearing parts. For measuring were chosen lands with a slope as small as possible and with furrow that should be as long as possible to minimize distortion of the results.

Keywords: coulter plow; conventional soil cultivation; soil minimization; plow performance; fuel consumption

Obsah:

Úvod	10
1. Literární přehled řešené problematiky	11
1.1 Počátky zemědělské činnosti	11
1.2 Význam zpracování a stav půdy v ČR	13
1.3 Způsoby zpracování půdy	15
1.3.1 Konvenční zpracování	15
1.3.2 Minimalizační zpracování	16
1.3.3 Půdoochranné zpracování	16
1.3.4 Přímé setí	17
1.4 Pluhy	18
1.4.1 Agrotechnické požadavky orby	18
1.4.2 Historický vývoj pluhů	19
1.4.3 Klady a zápory orby	20
1.4.4 Součásti pluhu	20
1.4.5 Rozdělení pluhů	22
1.5 Hloubka orby	26
1.6 Agrotechnické lhůty orby	26
1.7 Orební poměr	27
1.8 Pohyb klínu v půdě a obracení skývy	27
1.9 Seřízení pluhu	28
1.10 Pohyb po pozemku	29
1.11 Energetická náročnost při zpracování půdy	30
1.12 Současné trendy v orbě	31
1.12.1 Čelně nesené pluhy	31
1.12.2 Kloubový rám	31

1.12.3	Orba ON-LAND (záhonová)	32
1.12.4	Traction control	33
1.12.5	Section control	33
1.12.6	Pluhy s plynulou změnou záběru	34
1.12.7	Agregace pluhu se zařízením pro dodatečnou úpravu povrchu pozemku	34
1.12.8	Pásový podvozek	36
1.12.9	Půdní senzor Top soil Mapper	36
1.12.10	Krojídlo pro tvorbu širší orební brázdy	37
1.12.11	Dláta typu Knock-on	37
2.	Cíl	38
3.	Metodika	39
3.1	Použité stroje	39
3.1.1	New Holland T8.390	39
3.1.2	Kverneland PB 100	40
3.1.3	Opall Agri Europa II 180	41
3.1.4	Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	42
3.2	Pozemek	43
3.3	Postup měření	44
3.3.1	Výkonnost soupravy	44
3.3.2	Spotřeba paliva	44
3.3.3	Šíře souvrati a časová náročnost na otáčku	45
3.3.4	Časová náročnost na výměnu opotřebitelných dílů	48
3.3.5	Náklady na opotřebitelné díly	48
3.3.6	Náklady na orbu	50
4.	Výsledky	51

4.1	Vliv klimatických podmínek na zpracování půdy.....	51
4.2	Spotřeba paliva a výkonnost soupravy.....	52
4.3	Časová náročnost otočení soupravy na souvrati.....	55
4.4	Časová náročnost na výměnu opotřebitelných dílů.....	59
4.5	Náklady a živostnost opotřebitelných dílů.....	60
4.6	Náklady na orbu.....	63
4.7	Vzcházení a růst řepky ozimé.....	64
4.8	Vzcházení a růst pšenice ozimé.....	65
	Diskuse.....	66
	Závěr.....	69
	Přehled použité literatury a zdrojů.....	70
	Seznam vzorců.....	74
	Seznam tabulek.....	75
	Seznam obrázků.....	76
	Seznam grafů.....	76

Úvod

Půda vzniká přeměnou matečné horniny tzv. zvětráváním. Zvětrávání je pomalý proces, který závisí na podnebí a složení hornin. V našich podmínkách by se zvětráváním měl 1 cm půdy vytvořit za přibližně 100 let. Ročně se ztrácí v České republice díky erozím přibližně 0,5 mm za rok. Rychlost eroze je závislá na sklonu pozemku, druhu vegetace, složení půdy, druhu a způsobu zpracování půdy (http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=jak_vznika_a_kde_se_ztraci_puda &site=puda „staženo dne: 3. 12. 2018“).

Z tohoto hlediska je nutné půdu chránit a s pečlivostí vhodně volit agrotechnické postupy. V posledních letech se začínají prosazovat půdochranné a minimalizační technologie. Dané technologie mohou přinést efektivní hospodaření s vláhou na pozemku, ale je potřeba připustit si rizika s těmito technologiemi spojená.

Jednotlivé systémy zpracování půdy se odlišují různými parametry při práci. Rozdílná bývá intenzita, hloubka zpracování a druh akčních členů. Jednotlivé technologie mají rozdílné způsoby zacházení s posklizňovými zbytky (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2008).

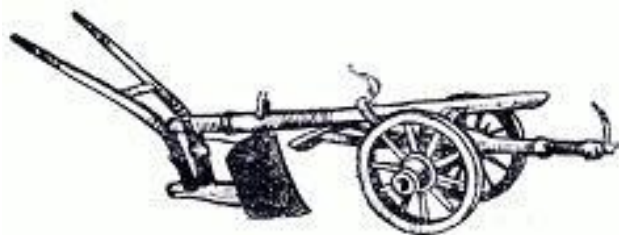
1. Literární přehled řešené problematiky

1.1 Počátky zemědělské činnosti

V průběhu evoluce lidstva se začínají rozvíjet prvopočátky zemědělské činnosti, které sahají až do 10. tisíciletí před naším letopočtem. Člověk začíná měnit způsob získávání potravy a namísto sběru postupně přechází na primitivní obdělávání půdy a pěstování obilnin. Než však vznikla první pole, musel člověk zničit ohněm část lesa. Až potom následně mohli zemědělci zasít semena. V počátcích se jednalo o náhodný rozhoz semen po pozemku. Poté, za pomoci větví, daná semena zapravili do země. První zmínka o zemědělské činnosti sahá do oblasti teplých lesů a do stepních poloh. Přibližně ve 4. tisíciletí před naším letopočtem vzniká na březích Eufratu a Tigridu tzv. náplavový systém. Zemědělci zde začali pěstovat pšenici, ječmen, luskoviny a len. Setkáváme se zde také s první snahou o zpracování půdy, kdy pomocí rýčů v naplavených oblastech zemědělci rozrývají půdu.

V Evropě se zemědělství začíná rozmáhat až kolem 4. tisíciletí před naším letopočtem na Balkánském poloostrově a v oblasti Podunají. Zemědělci zde využívají předchůdce rouchadla. Jedná se o dřevěná oradla okutá železem. Expanzí Římanů se tato technologie dostává až na naše území. První radlice, která byla na našem území použita, pochází z 1. století před naším letopočtem. Konstrukce radlic umožňovala rozrývání a částečné obracení půdy. Původně byla radlice dřevěná a bez plazu, později přibyl plaz a dřevo bylo nahrazeno kovem. Tato technologie vydržela v Evropě až do 18. století.

S vývojem společnosti se začínají také zdokonalovat používané stroje. Z pohledu zemědělství se zdokonalují především pluh, kypřiče a brány. U pluhů se začíná řešit kvalita a proces obracení skývy. Na popud tohoto vývoje mezi lety 1824 až 1827 vzniká rouchadlo bratranců Veverkových (viz obrázek č. 1). Název získává podle svého účelu – rouchání (archaický výraz pro orbu). Rouchadlo bylo revolučním a důležitým mezníkem ve vývoji tehdejších nástrojů. Mělo zesílenou slupici, kovovou ve spodní části vydutou odhrnovačku. Radlice byla vůči směru jízdy mírně natočena a tím byl zajištěn posuv skývy (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2008).



Obrázek č. 1 - Ruchadlo bratranců Veverkových, zdroj: <https://rybitvi.cz/bratraci-veverkove-a-jejich-vynalez-ruchadla/> „staženo dne: 8. 12. 2018“

Devatenácté století přineslo do zpracování půdy mnoho nových aspektů. V případě orby se jednalo například o tzv. lanové využití orby. Jistý mezník v zemědělství přinesla 2. světová válka. Před válkou převládalo potažní obdělávání. Po válce se začala vyvíjet zemědělská technika. Pokrok se dostavil ve tvorbě agregací, jako variabilní kombinační systémy a systémy zpracování půdy. Toto jednání vedlo k myšlence sestavení takových strojů a kombinací, aby docházelo k co nejnížšímu počtu nutných přejezdů po pozemku.

Orba byla brána jako základní způsob zpracování půdy. V USA a ve východní Evropě se začaly v 19. století rozvíjet systémy zpracování půdy, které půdu povrchově kypřily, ale minimálně obracely, aby nedocházelo ke ztrátám vláhy. Tento směr dal zrod novému systému tzv. dry farming. Ten spočíval v užití mělké až středně hluboké orby po následném ošetření kroužkovými válci (pěchy). Dále vznikl v USA systém Stubble – mulch farming. Tento systém orbu vynechával a nahrazoval ji pouze kultivátory se šípovými radličkami. V průběhu let vznikaly další systémy zpracování půdy zabraňující ztrátě vody a ornice z pozemku.

V třicátých letech dvacátého století se v obilnářských oblastech USA díky intenzivnímu zpracování půdy a velkému suchu začaly vyskytovat velmi silné větrné eroze s katastrofálním dopadem na okolí (viz obrázek č. 2). Tento jev dal podnět k velkému rozmachu a propagaci minimalizačních technik. Rozdíl ve výnosech plodin nebyl tak velký. Problém nastal se zaplevelováním pozemků. Proto minimalizační technologie byla více uplatňována až po roce 1990, kdy se herbicidní přípravky dostaly na vyspělejší úroveň a mohly tak ničit plevele v minimalizačním systému zpracování půdy (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2008).



Obrázek č. 2 - Větrná eroze v USA 1936, zdroj:

<https://www.farmcollector.com/farm-life/u-s-farmers-during-great-depression>

„staženo dne: 8. 12. 2018“

V dnešní době díky vývoji a dostupnosti techniky, zažívají minimalizační technologie vysoký rozvoj. V České republice je tímto systémem zpracováváno přibližně 30 % celkové obdělávané plochy (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2008).

1.2 Význam zpracování a stav půdy v ČR

Půda je neobnovitelný přírodní zdroj, který tvoří charakteristickou složku krajiny. Pro lidstvo je půda prostředkem k výrobě potravin, krmiv, ale i surovin sloužících k nepotravinářskému využití. Zemědělci se proto snaží o co nejšetnější zacházení v zájmu zachování úrodnosti půdy a bezpochyby také k udržení jejích ekologických funkcí.

Každá změna způsobu zpracování půdy vede, mimo jiné, ke změnám půdního prostředí. Velikost změn je dána především v intenzitě zpracování půdy, hloubce a stupni redukce. Rozdílné agrotechnické postupy a stroje pro zpracování půdy působí odlišně na fyzikální stav půdy. Nejvíce stroje působí na objemovou hmotnost půdy a její změna se odráží ve struktuře, pórovitosti a infiltračních vlastnostech půd.

Změny půdního prostředí a s tím spojené změny fyzikálního stavu půdy ovlivňují vývoj rostlin, především z hlediska kořenové soustavy. Vývoj rostlin je ovlivněn zadržením a přístupností vody v půdě. Rostliny jsou také ovlivňovány

biologickými a chemickými přeměnami v půdě. Lze sem zahrnout obsah živin, pH půdy a biologické činnosti (SMUTNÝ, 2015).

Z dlouhodobého hlediska se za posledních 100 let snížila zemědělská produkční plocha v České republice o 1 600 000 ha. Nyní je obhospodařováno 3 500 000 ha, z čehož je 2 500 000 ha osevních ploch, což je přibližně o třetinu méně než před sto lety (<https://www.czso.cz/csu/czso/za-sto-let-ubyla-tretina-zemedelske-pudy> „staženo dne: 8. 12. 2018“).

V letech 2016 a 2017 nechalo Ministerstvo zemědělství udělat výzkum na zhodnocení stavu půdy v České republice a přesto, že se technologie stále zdokonalují, byly dosažené výsledky neuspokojivé.

V průběhu měření bylo odebráno 170 půdních sond, které byly podrobeny detailnějšímu popisu půdy, což posloužilo jako zhodnocení změn zemědělského půdního fondu za posledních 40 let. Dále bylo odebráno více než 1300 půdních vzorků, ve kterých byly analyzovány fyzikálně-chemické parametry při stejné metodice jako v 70. letech. Za pomoci těchto nových dat lze vyhodnotit půdní vlastnosti v České republice za posledních 40 let. Výzkum se zaměřil především na utužení půdy, erozi, zastavování území, půdní sorpci, půdní struktury, půdní reakce a organickou hmotu.

Utužení půdy je dle výsledků alarmující. Statisticky se prokázalo, že jde o celkové snížení objemové hmotnosti a pórovitosti půdy. K zhoršování fyzikálních vlastností půd dochází, dle výzkumníků, používáním těžké zemědělské techniky. Vyšší procento erozí ovlivněných půd se nachází především na jižní Moravě. Výzkum poukazuje na snižující se úroveň sorpčního komplexu. Tato vada by mohla do budoucna snížit půdní úrodnost. Z hlediska organické hmoty bylo dokázáno, že stav organické hmoty je v orniční vrstvě je stabilní. Mírný pokles organické hmoty byl zaznamenán v podorničí. Celkový obsah organické hmoty ukazuje na zásobu zdrojů strukturálního uhlíku, neodráží však obsah humusu tolik potřebného k tvorbě stabilních, erozně odolných a vysoce produkčních půd.

Souhrnem lze říci, že v České republice dochází ke značnému utužování půd. Tento jev vede k rapidnímu snižování infiltrační schopnosti půdy, zrychleným projevům eroze a snížení zásob podzemní vody (<http://eagri.cz/public/web/mze/puda/novinky/trendy-pud-v-cr-vysledky-vyzkumu.html> „staženo dne: 8. 12. 2018“).

Zhutňování půd způsobuje nižší pórovitost půdy, a proto je nutné pórovitost zvýšit. V suchých a polosuchých oblastech je vhodné používat některé zásady. Je vhodné provádět správné hnojení půdy organickou hmotou, vyhnout se zbytečným přejezdům po pozemku, využívat hloubkové kypření a sestavovat vhodné osevní postupy, ve kterých budou zastoupeny hluboko kořenicí plodiny. Je doporučeno kontrolovat stav půdy, zejména pak zastoupení organické složky. Všechny tyto postupy napomáhají udržet vhodné půdní podmínky (HAMZA, ANDERSON, 2005).

1.3 Způsoby zpracování půdy

Zemědělské podniky mají možnost rozdělit zpracování půdy do čtyř možných skupin. Jedná se o metody s orbou (tzv. konvenční zpracování půdy) nebo technologií bez orby (někdy označováno jako minimalizační). Do této skupiny lze zařadit zjednodušené zpracování půdy, minimální zpracování půdy a půdoochranné zpracování. Při využití bezorebných systémů, zvláště pak půdoochranného, je nejvíce zemědělci oceňováno snížení nákladů. Ekologické přínosy tohoto zpracování zatím nejsou tak dalece docenovány (PASTOREK, 2002).

Není vhodné z důvodu vysokých pořizovacích nákladů kombinovat jednotlivé metody, ale snažit se zaměřit zpracování půdy na jeden typ (HŮLA, BLANKA, 2008).

1.3.1 Konvenční zpracování

Konvenční zpracování patří mezi tradiční způsoby zpracování půdy. Jedná se o způsob s opakovaným kypřením a obracením ornice za pomoci radličných pluhů. Správné načasování a rozvržení jednotlivých operací vede k ničení plevelů. Dnes se uplatňují metody, při nichž se jednotlivé operace spojují, jako jsou sečí kombinace, branosmyky, kompakторы a jiné. Tímto stylem se docílí nižších přejezdů po pozemku. Orba je často agregována se systémem na urovnání povrchu a rozmačkání hrud. Orba je ovšem nákladná operace, která se za nepříznivých

podmínek ještě prodražuje. Projevuje se zvýšenou spotřebou paliva a nižší výkonností soupravy. Při orbě za vlhka dochází i k utužení dna brázdy a vytvoření nepříznivých fyzikálních vlastností půdy v podorničí. Výhoda orby však spočívá v dokonalosti srovnání povrchu. Vhodné je použití například po sklizni okopanin, kdy povrch pozemku není urovnán (HŮLA, 1997).

1.3.2 Minimalizační zpracování

Přechod z orebných systémů na minimalizační technologie je zemědělskými společnostmi oblíben, zejména díky úspoře nákladů v průběhu zpracování půdy. Ekologické přínosy této metody nejsou zatím příliš doceňovány. Minimalizační technologie se vyznačuje především vysokou plošnou výkonností při nižších provozních nákladech. Konvenční způsob lépe ničí plevele, avšak plošná výkonnost postřikovačů je vyšší. Tím, že je zpracování půdy rychlejší, umožňuje podnikům vyčkat na vhodné podmínky přípravy půdy s nižším rizikem opožděného výsevu plodin. Tento fakt je využíván především pro setí ozimých plodin či meziplodin, z důvodu blízkých, po sobě navazujících agrotechnických lhůt.

Do systému s mělkým zpracováním půdy je nutné zařadit hloubkové kypření. Hloubkové kypření je prováděno hloubkovými kypřiči, které prokypřují podorničí až do hloubky 0,3 až 0,4 m. Pro vyšší prokypření jsou slupice kypřičů osazovány křídly. Hojně se také využívají kypřiče s prokypřením půdy v několika úrovních během jednoho přejezdu (PASTOREK, 2002).

1.3.3 Půdoochranné zpracování

Význam půdoochranného zpracování spočívá v ponechání zbytků rostlin předplodiny nebo meziplodiny na povrchu půdy jako mulče. Jedná se o technologii, jejímž cílem je zanechání nejméně 30 % posklizňových zbytků na povrchu půdy. Vzniklý mulč, který leží na povrchu půdy, ochraňuje půdu a půdní prostředí.

V podmínkách, kdy půda trpí stresovým suchem, může tato technologie, díky mulči, zachovat předpokládaný výnos plodiny. Jedná se především o oblasti s nízkými srážkami a omezenou zásobou vody. V prostředí, kde je nadměrné množství dešťových srážek, může být tento systém zpracování nevýhodný (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2008).

Největší zastoupení půdoochranného zpracování je v USA. Zde bývá toto zpracování dále děleno na pět dalších podskupin. Patří sem no-till, ridge-till, strip-till, mulch-till a reduced-till. (<https://www.agrojournal.cz/clanky/soucasne-trendy-zpracovani-pudy-327> „staženo dne: 9. 12. 2018“).

No-till (někdy označován zero-tillage) je zpracování půdy s minimálním narušením půdního profilu. Půda je narušována pouze při setí. Tento způsob hospodaření zadržuje v půdě více vláhy, snižuje možnost erozních vlivů a svým principem nenarušuje život půdních organismů. Je dokázáno, že časté kypření půdního profilu má neblahý dopad na základy půdních zdrojů a životní prostředí (NARDALI, 2010).

Ridge-till je systém zpracování půdy s vytvořením hrůbků. V hrůbkách o výšce 0,15 až 0,2 m se vysévají širokořádkové plodiny. Hrůbky mohou na pozemku zůstat i několik let nebo je možné vytvořit hrůbky každý rok nové. Z jara se hrůbky ohřívají rychleji než zbylý pozemek a to o 2 až 5 °C. Výsledkem je dřívější možnost výsevku kulturní plodiny. Výnos plodin je v systému ridge-till vyšší než u systému no-till. Ridge-till je vhodný do vlhčích podmínek. Hrůbky vytváří suché zóny, čímž zlepšují půdní podmínky pro založení porostu (BLANCO, LAL, 2008).

Strip-till je technologie zpracovávající půdu v pásích. Do těchto úzkých pásů je uloženo osivo. Mezi jednotlivými pásy není půda zpracovávána žádnou mechanizací.

Mulch-till je systém zpracování půdy spočívající v zanechání části posklizňových zbytků na povrchu pole, a to minimálně v 30 %. Využívají se talířové, radličkové nebo dlátové nástroje.

Reduced-till je obdobný systém jako mulch-till. Také zanechává na povrchu pozemku 30 % rostlinných zbytků, ale využívá jiný způsob zpracování půdy a setí (<https://www.agrojournal.cz/clanky/soucasne-trendy-zpracovani-pudy-327> „staženo dne: 9. 12. 2018“).

1.3.4 Přímé setí

Přímé setí je systém bez použití strojů pro zpracování půdy. Tento systém je hojně využíván ve světě. V Evropě se neuchytil. Pro setí plodin se využívají secí stroje s diskovými, nebo radličkovými secími botkami. Secí stroje jsou nastaveny tak, aby osivo bylo uloženo v přesně stanovené hloubce s co nejmenším

prokypřením půdy. Semeno musí být uloženo do vzniklé rýhy botkou a musí být zahrnuto půdou, nikoliv posklizňovými zbytky. Stroj musí být dobře konstrukčně proveden tak, aby bylo možné provádět výsev jak do suchých, tak i do vlhkých půd s velkým množstvím posklizňových zbytků.

Pro zefektivnění setí je možné před secí botky vložit zařízení, které bude posklizňové zbytky řezat nebo odhrnovat mimo budoucí secí drážku. Za secí botku bývají umístěny kotouče nebo pěchy k zatlačení a zakrytí osiva. Secí stroj botka bývá dovybavena aplikační trubicí pro hnojiva (pevná, kapalná, plynná). Tento systém se hlavně využívá v Americe a Austrálii (KÖLLER, LINKE, 2006).

1.4 Pluhy

Z dlouhodobého hlediska se ukazuje, že zaměření zemědělců pouze na jednu technologickou linku není vhodné pro všechny typy půd. Zemědělské podniky se proto snaží zakoupit techniku různých typů na zpracování půdy a setí. Tím dokáží včas založit porost za různých podmínek. Svou roli zde sehrává i volba správného pluhu (BENEŠ, 2010).

1.4.1 Agrotechnické požadavky orby

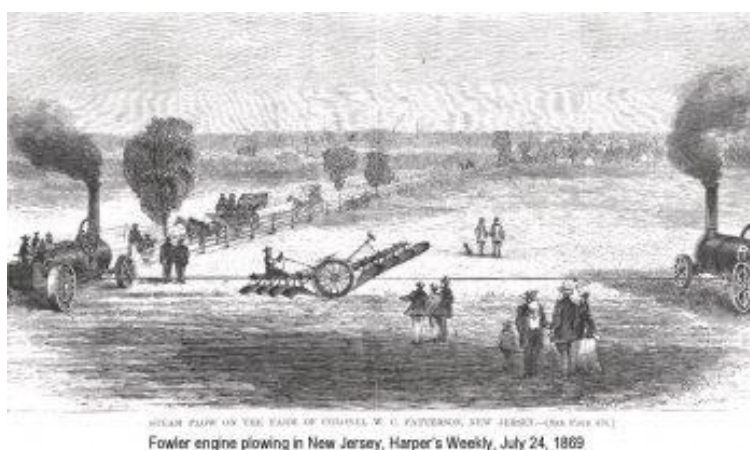
Pro správně a kvalitně provedenou orbu je zapotřebí dodržovat různé agrotechnické požadavky. Hloubka orby na každém orebním tělese nesmí přesáhnout odchylku $\pm 10\%$. Záběr pluhu by se neměl samovolně měnit, přičemž přípustná hranice je na rovině $\pm 5\%$, na svazích $\pm 10\%$.

Povrch pole při seťové orbě by měl být rovný, zatímco podzimní orba vyžaduje mírně hřebenovitý tvar. Návaznost jednotlivých pluhů by měla být bez terénních nerovností, přičemž by v ideálním případě neměl být poznat záběr pluhu. Při správném seřízení pluhu je dno brázdy rovnoběžné s povrchem pozemku. Odorek za poslední radlicí zůstává čistý, přičemž stěna brázdy je rovná a kolmá na dno brázdy. Ve stěně brázdy nezůstává výrazný otěr plazu. Při zaorávání posklizňových zbytků nesmí zůstat na povrchu více jak 5 % této hmoty, či organických hnojiv. Zahlubovací úhel by neměl být větší než 6° (http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/zpracovani_pudy.pdf „staženo dne: 3. 1. 2019“).

1.4.2 Historický vývoj pluhů

Z historického hlediska byl první pokus o zmechanizování orby v r. 1837, kdy John Heathcote zkonstruoval první funkční zařízení primárně určené na rekultivaci rašelinišť. Mobilní parní stroj, který byl určen na tzv. lanovou orbu, vyrobil William Tuxford Boston v r. 1839. Parní stroj ale využíval výkon motoru pouze pro orbu, a ne pro přepravu.

Lanová orba byla prvotně tvořena jedním parním strojem, kotvícím vozem a pluhem na laně. Tento systém byl později nahrazen systémem s dvěma parními stroji, které stály každý na jednom kraji pole a mezi sebou na laně tahaly pluh (viz obrázek č. 3). Při každém dojetí pluhu na okraj pole parní stroje popojely o záběr pluhu. Lanová orba se udržela až do konce druhé světové války. (<https://www.agrojournal.cz/clanky/historie-traktoru-v-zemedelstvi-parni-stroje-30> „staženo dne: 9. 12. 2018“).



Obrázek č. 3 - Lanová orba, zdroj: <https://www.agrojournal.cz/clanky/historie-traktoru-v-zemedelstvi-parni-stroje-30> „staženo dne: 9. 12. 2018“

První motorový pluh byl sestaven v Německu Robertem Stockem. V Čechách se v roce 1912 spojila firma Laurin a Klement s firmou Rudolf Bächer v Roudnici. Společně začali vyrábět benzínový pluh (https://www.tyden.cz/rubriky/media/stolety-kuryr/mladoboleslavska-automobilka-zacala-s-vyrobou-pluhu_235069.html „staženo: 9. 12. 2018“).

V roce 1913 přišel na trh od firmy Praga pluh Praga K, který byl vyráběn s mírnými úpravami až do roku 1925. Později společnost představila verzi pro menší podniky s označením X a X20 se silnějším motorem. Společnost Praga vyrobila přes 6 000 motorových pluhů (<https://www.pragaglobal.com/cs/motorovy-pluh-praga/> „staženo: 9. 12. 2018“).

1.4.3 Klady a zápory orby

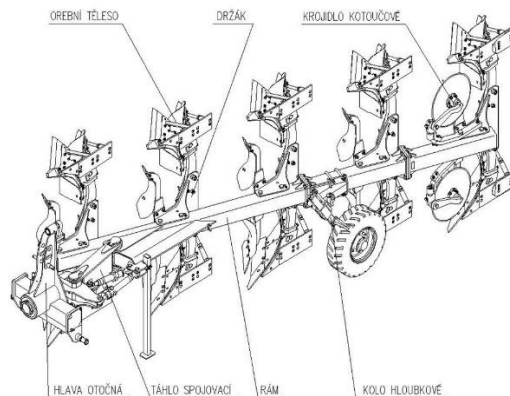
Kvalitně provedená orba potlačuje plevel, choroby a škůdce rostlin. Hluboká orba je doceňována především z hlediska zapravení oddenků pýru, který je tímto způsobem výrazně zeslaben. Tím, že je orba vedena na principu „otočení půdy“, zapravuje plevel a výborně si poradí i s posklizňovými zbytky, může však z hloubky vynést na povrch pozemku semena plevelů, které by mohly začít klíčit (HŮLA, 1997).

Je tedy zřejmé, že pomocí orby se vytváří na pozemku tzv. čistý stůl. Díky potlačení plevelů orbou je možné používat méně herbicidů. Ve vlhkých obdobích, zejména v jarních, není nově založený porost zatěžován písňemi z posklizňových zbytků jako např. při minimalizaci. Orba tedy vede k nižším výskytům plísňových chorob a nižšímu používání fungicidů. V jarních měsících dochází na zoraném pozemku k rychlejšímu vysoušení a ohřevu půdy, výsledkem je včasné splnění agrotechnických termínů za vhodných podmínek společně s kvalitním založením porostu (http://www.agropark.sk/assets/uploads/files/profitableploughing_brochure_czech.pdf „staženo dne: 9. 12. 2018“).

Orba má i nežádoucí vliv především na půdní organismy. Svoji činností způsobuje snižování počtu žížal a chvostoskoků v půdě. Lze říci, že orbou bývá narušována přirozená tvorba strukturních agregátů (HŮLA, 1997).

1.4.4 Součásti pluhu

Rám a základní části pluhu jsou znázorněny na obrázku č. 4. Pluh může být dále dovybaven prostředky pro drcení hrud, urovnání povrchu, či pro aplikaci hnojiv (http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/zpracovani_pudy.pdf „staženo dne: 18. 1. 2019“).



Obrázek č. 4 - Popis radličného pluhu, zdroj: <http://www.agratech.sk/nesene-pluhy-jupiter-ii/> „staženo dne: 8. 1. 2019“

Pracovní část pluhu je tvořena čepelí, odhrnovačkou, plazem, slupicí, vzpěrou, patkou a pérem. Každá část pluhu plní svojí specifickou funkci.

Čepel je pomocí šroubů uchycena ke slupici a odřezává skývu (horizontálně) v nastavené hloubce. Jelikož se jedná o nejvíce namáhanou součást pluhu na tření, je povrch čepel zakalen nebo na povrch nanesen tvrdokov. Čepel má různé tvary. Používají se lichoběžníkové, dlátové čepel a čepel s výměnným dlátom.

Odříznutá skýva následně přechází na odhrnovačku, kde se zvedá, drobí a obrací. Odhrnovačka je pomyslně rozdělena na dvě oblasti. Oblast nad čepelí se označuje jako hrud', zbytku se říká křídlo. Někdy bývá dovybavena pérem. Péro umožňuje dokonalejší překlopení skývy. Odhrnovaček je několik typů. Liší se především v konstrukčním provedení a velikosti jednotlivých uhlů. Rozlišuje se odhrnovačka válcová ($\gamma_0 = 45$ až 50° a $\Delta\gamma = 0$), kulturní ($\gamma_0 = 40^\circ$ až 50° a $\Delta\gamma = 5^\circ$ až 7°), pološroubová ($\gamma_0 = 35^\circ$ až 40° a $\Delta\gamma = 7^\circ$ až 15°), šroubová ($\gamma_0 = 30^\circ$ až 35°) a šroubová pro rychloorbu ($\gamma_0 = 25^\circ$ až 30°), $\Delta\gamma$ se u tohoto typu v různé výšce mění. Z uvedených parametrů odhrnovaček je patrné, že válcová odhrnovačka má největší drobicí schopnost. Plaz je tvořen svisle postavenou deskou, která se opírá o kolmou stěnu vzniklého odorku. Zachycuje síly vyvolané tlakem odhrnovačky a čepel při odřezávání a obracení skývy. Podrývák se používá k rozrušení podorniční vrstvy. Bývá tvořen šípovou nebo jednostrannou radlicí. Podrývák se nastavuje na hloubku 5 až 15 cm pod dno brázdy. Osazení pluhu tímto doplňkovým systémem zvyšuje energetickou náročnost na práci. Z tohoto důvodu se začaly používat podrývák jako samostatný stroj. Plaz, podrývák, čepel a odhrnovačka jsou napevno spojeny se slupicí. Slupice spojuje orební těleso a rám pluhu. U starších pluhů byla

slupice tvořena odlitkem. Z důvodu přetížení orebního tělesa a možného porušení konstrukce rámu pluhu, např. narazí-li čepel na větší kámen, je zapotřebí zátěžových pojistek. Pojistky mohou být střižné (střižný kolík), pružné (listová pera nebo soustava lanek s perem), případně pneumaticko-hydraulické, kde jako médium působí kapalina (převážně hydraulický olej) a jako akumulátor tlaku nádoba s dusíkem. Pluh může být dále osazen předradličkou, která je tvořena čepelí, odhrnovačkou a slupicí. Záběr předradličky by měl být roven dvěma třetinám záběru orebního tělesa. Hloubka by měla odpovídat přibližně jedné třetině celkové hloubky orby. Předradlička se umísťuje přibližně 0,2 až 0,3 m před orební těleso. Součástí pluhu je krojidlo. Je konstrukčně řešeno jako nožové nebo kotoučové. Krojidlo odřízne skývu od záhonu v místě, kde by orební těleso bylo nuceno povrch pozemku nekvalitně rozrušovat. Krojidlo tak zaručuje čistý a kolmý odorek (ROH, 2003).

1.4.5 Rozdělení pluhů

1.4.5.1 Rozdělení dle orebních členů

Pluhy lze dělit podle způsobu obracení a drobení skývy, a to na pluhy s obracením půdy, s frézováním půdy a na pluhy s kombinovaným způsobem zpracování půdy.

Radličné pluhy jsou v dnešní době nejrozšířenějším a nejběžnějším pluhem. Skýva je těmito pluhy obrácena, rozmělněna a promísena. Jedná se o poměrně značné zásahy do stavu půdy, avšak své opodstatnění stále mají. Svojí činností zapravují posklizňové zbytky, plevele či vzešlý výdrol, čímž vytváří na povrchu pozemku tzv. čistý stůl. Orbou lze dále zapravovat zelené hnojení, chlévský hnůj, močku nebo kejdu, čímž se zvyšuje organická hodnota v půdě (HŮLA, 1997).

Talířové pluhy jsou tvořeny talíři, které jsou jednotlivě zavěšeny k hlavnímu rámu. Průměr talířů je od 0,5 do 0,8 m. Talíře jsou vybaveny škrabkami, které mají účel čistit talíř a zlepšovat obracecí účinek, podobně jako škrabky u radličných pluhů. Úhel natočení talířů lze měnit, a to v rozsahu 5 až 30°. Pootáčení disků dovoluje ideálně nastavit pluh pro dané půdní podmínky a druh práce. Talířové pluhy jsou vhodné do lehčích půd. Primárně jsou určeny pro podmítku či mělkou orbu. Hloubka orby je regulovatelná od 0,12 do 0,3 m. Pluhy hůře převrací skývu a špatně zapravují posklizňové zbytky a hnojiva. Rovněž nejsou vhodné pro kamenité půdy, kdy může docházet k poškozování talířů vylamováním. Pluhy vytváří

nerovné dno brázdy. Mezi jednotlivými talíři vznikají hřebeny. Velikost hřebenů je závislá na úhlu natočení talířů, průměru a jejich rozmístění. Talířové pluhy se vyznačují vyšší tahovou silou, a to až o 45 % oproti konvenčním radličným pluhům. Naopak mají velmi dobrou drobcí schopnost, lepší než radličné pluhy.

Parapluchy se využívají především k odstranění zhutnění půdy v hloubkách do 0,3 až 0,5 m. Rám pluhu je konstruován, tak že je odkloněný od směru jízdy nebo do šípového tvaru. Pluh je opatřen podrývací nožovou radlicí, která je na konci zahnutá. Před každou radlicí je umístěno rozřezávací krojidlo, které prořezává rostlinné zbytky v ose radlice, čímž zabraňuje zachytávání posklizňových zbytků na radlici. Rozestup radlic je volitelný. Lze tak provádět hloubkové kypření v průběhu vegetace širokořádkových rostlin. Záběr bývá od 1,5 po 4 m, přičemž je pluh osazen 3 až 8 nožovými radlicemi.

Pluh lze použít na všechny typy půd. Povrch pole zůstává nepromísený a rovný. Parapluch lze využít v bezorebných či půdoochranných technologiích. Někdy bývají parapluhy označovány jako hloubkové kypřiče.

Rýčové pluhy jsou určeny k rozrušení a prokypření půdního horizontu. Pracovní části jsou rýče, které jsou uchyceny ve dvou otočných bodech klikového mechanismu. Tímto způsobem je zajištěn pohyb rýčů po křivkové dráze, podobně jako při ručním rytí. Rýčové pluhy umožňují provzdušnění hlubšího horizontu při zachování půdní struktury. Rýče mohou pracovat až v hloubce 0,35 m. Rýče je možné nastavit čepelemi. Tehdy je pluh schopen kypřit půdu až do 0,65 m. Rýčové pluhy mají nižší energetickou náročnost než metody pro hloubkové kypření. Záběry pluhů jsou od 1,5 do 3 m. Jejich nevýhodou je velmi malá pracovní rychlost ($0,416 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Pluhy se záběrem 3 m dosahují výkonnosti od 0,75 po $1,5 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$. Rýčové pluhy se vyznačují velice kvalitním zpracováním půdy, nižší tažnou silou, ale vyššími vstupními náklady. Tento typ pluhů se využívá v místech, kde není vhodné přemísťovat skývu do boku. Jedná se zejména o oblast zelinářskou, vinařskou a sadařskou.

Dlátové pluhy jsou osazeny slupicemi, na jejichž konci jsou dláta s křídly. Slupice jsou ve dvou až třech řadách, za nimiž mohou být hrotové válce. Dláta provádí intenzivní hloubkové kypření s částečným promícháním rostlinných zbytků. Slupice jsou jištěné střižným kolíkem, pružinou nebo hydropneumaticky.

Kypření lze provádět až do hloubky 0,65 m. Někdy bývají dlátové pluhy označovány jako hloubkové kypřiče.

Rotační pluhy jsou konstruovány jako stroje s horizontální osou rotace. Na hřídeli je spirálovitý rotor, na němž jsou uloženy nože. Jako pojistka proti přetížení a poškození je zde třecí spojka. Rotory mívají zpravidla záběr 0,8 až 1,6 m v průměru. Maximální pracovní hloubka pluhu je mezi 0,3 až 0,7 m. Záběry těchto pluhů bývají kolem 3 m, přičemž otáčky rotoru lze nastavovat v rozmezí 2,5 – 5 ot.s⁻¹. Pluhy nejsou příliš rozšířeny kvůli poměrně vysoké spotřebě paliva, vysokým tahovým nárokům na energetický prostředek a nerovnoměrnému dnu brázdy.

Půdní frézy bývají konstruovány jako nože upevněné na slupicích či discích, které rotují na vodorovné hřídeli. Půda je noži rozřezávána na pásy, které jsou následně obráceny a drobeny. Pracovní hloubka fréz bývá v rozmezí 0,3 až 0,5 m. Hloubka je závislá na průměru kotouče. Otáčky disků je možné nastavovat. Pracovní rychlost stroje musí být sladěna s pojezdovou, aby zpracování půdy bylo kvalitní. Pracovní rychlost bývá kolem 2 m.s⁻¹. Půdní frézy se vyznačují rovnoměrným mísením půdy a dobrým zapravováním posklizňových zbytků. Někdy bývají užity jako doplněk k radličným pluhům. Jejich využití je vhodné v oblastech, kde je radličný pluh na hranici svých možností. Především se jedná o extrémně utužené půdy či půdy jílovité změkklé. V těchto podmínkách dochází k velkým prokluzům energetického prostředku. Díky principu činnosti půdní frézy lze tento prokluz snižovat. Frézy umožňují zpracování půdy ve větší hloubce, přičemž skýva není zcela promísená, ale je velmi dobře prokypřena. Kvůli vysokým energetickým náročnostem se frézy používají pouze lokálně, v místech s velmi náročnými podmínkami.

Šroubicové pluhy jsou nejméně rozšířeným typem pluhu. Jejich rotační ústrojí je konstruováno tvarem šroubovice s vodorovnou nebo svislou osou rotace. Pracují na obdobném principu jako půdní frézy.

Kombinované pluhy využívají postup odříznutí skývy klínovým tělesem, které může být zjednodušené, přičemž se využívá kulturní tvar odhrnovaček. Skýva je odříznuta a následně drobená frézovacím bubnem. Fréza může být s vodorovnou, ale častěji se využívá se svislou osou rotace. Kombinované pluhy dobře

pracují v extrémních podmínkách, zejména při velmi vysoké či velmi nízké půdní vlhkosti středních a těžkých půd.

Rygolační pluhý jsou speciální pluhý určené pro velmi hlubokou orbu od 0,5 do 0,7 m. Lze najít i pluhý určené do větší hloubky. Rygolace je totiž termín, který je určen pro nejhlubší orbu od 0,6 do 1,2 m. Pluhý jsou vhodné pro orbu pod víceleté kultury jako jsou např. vinice, chmelnice a lesní školky.

Motykové kypřiče jsou nazývány podle pohybu ručních motyk. Motyky jsou spojeny čtyřkloubovým mechanismem tvořeným klikovou hřídelí. Motyky se pohybují po elipse, čímž dochází k zařiznutí motyky do půdy a následně ji odříznou a vyhodí vzad. Na klikovém mechanismu bývá umístěno více motyk a nejčastější záběr kypřiče dosahuje 3 m. Kypřič pracuje do hloubky 0,35 m, čímž může narušit zhutnělé podorničí. Motykové kypřiče mají velmi malou pracovní rychlost. Využívají se při zpracování půdy v sadovnictví, zelinářství a vinařství (STANĚK, 2014).

1.4.5.2 Rozdělení dle konstrukce

Jednostranné pluhý s klasickou koncepcí zvedají, obrací a drobí půdu, přičemž ji posouvají doprava ve směru jízdy o záběr jednoho orebního tělesa. Jednostranné pluhý jsou koncipovány pro orbu do skladu či rozoru. Princip jednotlivých způsobů je popsán v kapitole 1.10. Jednostranné pluhý jsou vhodné na rovná a dlouhá pole. Jejich hlavní předností je nižší hmotnost oproti otočným pluhům a také nižší pořizovací cena.

Otočné pluhý Jsou vybaveny pravostrannými a levostrannými orebními tělesy. Jelikož umožňují orbu od jednoho kraje pozemku, kdy nevytváří sklady ani rozory, jsou velmi často využívány v zemědělství pro orbu, zejména předseťovou (HŮLA, 1997).

Výkyvné pluhý jsou osazeny symetrickými odhrnovačkami válcovitého tvaru. Na krajích může být odhrnovačka vykrojena. Pluh může být osazen i válcovou předradličkou. Otáčení pluhu se provádí vyosením hlavního rámu, přičemž dochází i k natočení odhrnovaček. Výkyvný pluh je vhodný pro lehké a suché půdy pro využití zejména k podμίtkce a orbě. Na těžkých a lepivých půdách pluh vykazuje špatné drobení půdy s tvorbou velkých hrud, nepřevrácení skývy a vysokou energetickou náročnost. Jejich výhody jsou společné s otočnými pluhý jako je

například orba bez rozhonů a svorů. Kvalita orby je však závislá na pojezdové rychlosti. Výkyvné pluhy jsou vhodné do hloubky 0,1 m. Jejich konstrukce však umožňuje orbu do hloubky až 0,3 m. Obvykle se používají s 2 až 7 orebními tělesy se záběrem až 0,45 m. Oproti klasickým pluhům, mají výkyvné pluhy o 20 % vyšší nároky na tahový výkon, ale při orbě vykazují jemnější drobení půdy (STANĚK, 2014).

1.5 Hloubka orby

Hloubka orby je volena podle stavu půdy a následné plodiny dle osevního plánu. Orbu lze rozdělit na mělkou, střední, hlubokou a velmi hlubokou. Ve výjimečných případech lze využít rygolovací orbu.

Mělká orba se provádí do hloubky 0,18 m. Využívá se při orbě na pozemcích s mělkým orničním profilem. Na půdách s hlubším orničním profilem se mělká orba využívá k výsevu meziplodin.

Střední orba je uplatňována k přípravě půdy pro obilniny, řepu olejku a luskoviny. Její hloubka je 0,18 až 0,24 m. Větší hloubka by mohla způsobovat větší hrudkovitost, což má negativní vliv na náklady pro další osetí a následné nepravidelné vzcházení porostů.

Hluboká orba je nazýváno pro zpracování půdy v hloubce od 0,24 až 0,3 m. Využívána je především pro plodiny s kuželovým kořenem, například cukrovou řepu, krmnou řepu a některou zeleninu. Hluboká orba výrazně přispívá k potlačení růstu víceletých plevelů (HŮLA, 1997).

1.6 Agrotechnické lhůty orby

Doba provedení orby je závislá na agrotechnických lhůtách při následných operacích. Orbu lze rozdělit na letní, seťovou, podzimní a jarní orbu. Letní orba je zpravidla mělkého zpracování. Využívá se pro následné setí meziplodin, či k druhé plodině (po sklizni ranných brambor, nebo ozimých směsek). Seťová orba je prováděna k ozimým plodinám, především pak k ozimým obilninám a ozimé řepce. Podzimní orba se provádí k jarním plodinám (k jarním obilninám, kukuřici, cukrové řepě, bramborám, luskovinám a dalším plodinám). Jarní orba je užívána pouze v nouzovém opatření (pouze tehdy, kdy nebylo možné provést podzimní orbu). Jarní orba nepřispívá k dobrému hospodaření s vláhou. Tato orba oddaluje následné jarní zpracování půdy, čímž oddaluje možný termín osetí půdy. Někdy lze užít

tzv. zimní orbu. Jedná se o opožděnou podzimní orbu, kdy půda zamrzla, ale následně rozmrzla. Orba je prováděna v nevhodné době, kdy půda má vysokou vlhkost. Z hlediska hospodaření s vodou je zimní orba vhodnější než jarní (HŮLA, 1997).

1.7 Orební poměr

Pro zjištění maximální možné hloubky zpracování daným pluhem se používá vzorec tzv. orební poměr, který lze spočítat pomocí vztahu č. 1, jehož mezní hodnota k je rovna číslu 1,27. Při překročení orebního poměru je orba prováděna hlouběji, než konstrukce orebního tělesa umožňuje. Pluh pak provádí nekvalitní orbu. Vznikají hroudy, a je malá obracecí schopnost atd.

$$k = \frac{b}{a} \quad (1)$$

Kde:

k =	orební poměr	[-]
b =	záběr orebního tělesa	[m]
a =	hloubka orby	[m]

Aby se mohla provádět hlubší orba, a přitom byl dodržen orební poměr, jsou pluchy vybavovány předradličkou. Pro zjištění maximální hloubky orby s předradličkou je sestaven vztah č. 2

$$k = \frac{b}{a-a_1} \quad (2)$$

Kde:

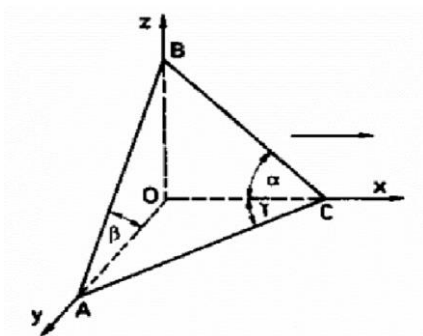
a_1 =	hloubka orby předradličky	[m]
---------	---------------------------	-----

(ROH, 2003).

1.8 Pohyb klínu v půdě a obracení skývy

Stroje na zpracování půdy mají různé tvary akčních členů dle toho, zda mají skývu obracet, drobit, kypřit, nebo pouze podřezávat plevel. Většina těchto členů je konstruována na principu pohybu klínu v půdě buď jako jednostranný, dvojstranný nebo trojstranný. Jednostranný klín je znázorněn na obrázku č. 5. Tvar klínu je definován pomocí tří úhlů α , β a γ . Každý z těchto úhlů zastává specifický pohyb skývy po tělese. Úhel α je umístěn ve svislé rovině ve směru jízdy,

β se nachází v rovině svislé kolmé na směr jízdy a úhel γ je ve vodorovné pozici. Jednotlivé úhly zpracovávají půdu určitým způsobem. Úhel α , označovaný také jako elevační (drobící), nadzvedává a odřezává půdu. Úhel β , označovaný jako radličný, určuje schopnost stroje obrátit půdu. Lze si jej představit jako nekonečné množství úhlu za sebou, po kterých je půda překlápěna. Úhel α společně s β ovlivňují drobící účinek. Úhel γ posouvá půdu do strany (ROH, 2003).



Obrázek č. 5 - Třístranný klín, zdroj: (http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/zpracovani_pudy.pdf „staženo dne: 8. 1. 2019“)

Pohyb klínu v půdě úzce souvisí s orebním odporem. Ten lze zjistit pomocí vztahu č. 3, přičemž velikost měrného odporu (k_o) je závislá podle druhu půdy, stavu půdy a typu pracovního nástroje. Tento způsob měření je zjednodušený, ale v praxi se hojně využívá

$$F_p = k_o \cdot h \cdot b \cdot n \quad (3)$$

Kde:

k_o = měrný orební odpor [N.m⁻²]

h = hloubka orby [m]

b = záběr orebního tělesa [m]

n = počet orebních těles [m]

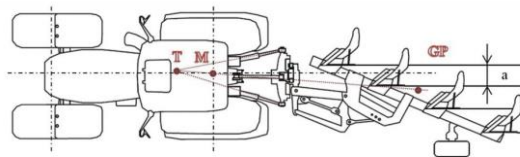
(http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/zpracovani_pudy.pdf

„staženo dne: 8. 1. 2019“).

1.9 Seřízení pluhu

Pro správné nastavení pluhu je nutné dodržet agrotechnické požadavky pro orbu. Ty jsou popsány v kapitole 1.4.1. S ní také souvisí kapitola 1.5 o orebním poměru. Správné seřízení pluhu snižuje potřebu tažné síly při orbě až o 30 %.

Optimální nastavení vede ke kvalitnímu zpracování půdy, lepší ovladatelnosti pluhu a úspoře pohonných hmot. Na orbu je dobré připravit i traktor. Nejčastější úpravou je zatížení přední nápravy přidavným závažím neseným v čelní hydraulice a dotížení zadní nápravy montáží závaží kol, či napuštění kola vodou. Nutné je i správné dohuštění pneumatik traktoru. Vyšší tlak pneumatik zvyšuje prokluz kol a měrný tlak na podložku. Pluh je nutné seřídit tak, aby orební těleso mělo při orbě stejnou hloubku. Není vhodné jej stavět na patu či špičku. Nutné je také zabezpečit, aby celý pluh pracoval ve stejné hloubce. Nutné je seřízení záběru prvního orebního tělesa. Všechna orební tělesa by měla pracovat se stejným záběrem. Pokud by seřízení nebylo v pořádku, pluh by vytvářel mezi jednotlivými záběry pluhu mezerovitost. Nejzásadnější vliv na spotřebu paliva má tahový bod, který je znázorněn na obrázku č. 6. Je nutné, aby tah pluhu (GP) procházel středem zadní nápravy (M) a spojnice spodních táhel se nacházela blíže k pravému přednímu kolu (T).



Obrázek č. 6 - Tahový bod, zdroj: <https://www.agrojournal.cz/clanky/pluh-rozhodujici-clanek-konvencniho-zpracovani-pudy-122> „staženo dne: 3. 1. 2019“

Je-li bod tahu správně seřízen, je tahový odpor rovnoměrně rozložen na obě zadní kola. Při špatném seřízení je traktor vytahován silou pluhu z odorku a otisk plazů ve stěně odorku je značný. U oboustranných pluhů je navíc důležité zajistit stejnou hloubku a nastavení pro obě strany pluhu. Proto je žádoucí mít stejnou výšku spodních ramen traktoru. Důležitá je stejná vzdálenost kol zadní nápravy od středu traktoru (<https://www.agrojournal.cz/clanky/pluh-rozhodujici-clanek-konvencniho-zpracovani-pudy-122> „staženo dne: 3. 1. 2019“).

1.10 Pohyb po pozemku

U jednostranných pluhů je orba prováděna do skladu či rozoru. Při způsobu orby do skladu je v polovině šířky pozemku proveden sklad. Pro vytvoření skladu se postupuje následovně. Nejprve je vytvořena rozorávka, která je tvořena několika orebními tělesy. Teprve pak vznikne sklad. Účel rozorávky tkví především v následném rovnání povrchu. Při tako provedeném

skladu je následné urovnání povrchu snazší, jelikož sklad není tak veliký. Při orbě do rozoru je orba zahájena na krajích pozemků. Uprostřed pozemku vzniká rozor, tedy prostor vytvořený dvěma odkorky. Pokud je pozemek široký, je vhodné tyto metody kombinovat, čímž se snižují přejezdy po pozemku.

Otočné či výkyvné pluhu umožňují orbu od jedné strany pozemku. Při tomto způsobu orby odpadá vytváření skladů a rozorů, s čímž zároveň odpadá jejich následné urovnání. Jsou vhodné na orbu s rozmanitým půdorysem.

Při orbě ve svazích je nutné postupovat podle jistých pravidel. Orba je vždy zahajována na vrchním okraji pozemku, přičemž se orba provádí po vrstevnicích. Na orbu ve svahu je vhodné využít otočné pluhu, které umožňují orbu s klopením skývy proti kopci na celé ploše pozemku. Takto praktikovaná orba má pozitivní vliv na snížení erozních účinků. Brázdy vytvořené ve směru vrstevnic kladou vodě větší odpor (HŮLA, 1997).

1.11 Energetická náročnost při zpracování půdy

Základní zpracování půdy spojené s orbou je energeticky velmi náročné. Při středně hluboké orbě musí pluh zpracovat přibližně tři až čtyři tuny půdy na jednom hektaru. Snižování intenzity kypření půdy, hloubky zpracování, zlepšení přenosu výkonu na podložku atd. jsou soudobé trendy, které snižují energetickou náročnost na zpracování půdy. Při podmítce v průměrných podmínkách je spotřeba paliva 11 až 13 l.ha⁻¹. Střední orba spojená se zaorávkou organických hnojiv nebo mezplodin dosahuje spotřeby přibližně 20 l.ha⁻¹. Pokud se bude jednat o orbu hlubokou, může se spotřeba vyšplhat až ke 30 l.ha⁻¹, při velmi hluboké až ke 38 l.ha⁻¹. Je prokázáno, že snížením hloubky orby z 0,22 m na 0,15 m lze ušetřit až 40 % paliva. Avšak takováto opatření je potřeba dobře zvážit. Při dodržení agrotechnických lhůt a vhodné mechanizaci, především při použití minimalizačních metod, lze snížit spotřebu paliva, aniž by klesl výnos pěstovaných plodin či se zvýšila spotřeba agrochemikálií.

Tahový odpor pluhů a kypřičů je výrazně ovlivněn stavem čepelí. Pokud se břit čepele otupí z 1 mm na 5 mm, vzroste spotřeba paliva až o čtvrtinu. Proto jsou dnes kypřiče a pluhu osazovány čepelími s břity z kvalitních, otěruvzdorných materiálů. Výrazný vliv na energetickou náročnost zpracování půdy má i momentální stav půdy. Ten může být zhoršen např. předchozím způsobem zpracování půdy,

nebo vysokými přejezdy během sklizně plodin. K navýšení spotřeby paliva při orbě dochází, mimo jiné tehdy, když je orba prováděna za nepříznivé vlhkosti půdy (např. velké sucho). Tento nevhodný způsob orby vytváří na pozemku hroudy, které je nutné následně rozmělnit, čímž se celý postup zpracování půdy prodražuje, zejména pokud se jedná o orbu předseťovou. Zvyšování nákladů mohou zapříčinit i nezvládnuté agrotechnické lhůty na podzim, kdy nejsou pozemky včas uvolněny. Podzimní orba pod jařiny se musí provádět i v nevhodných podmínkách, kdy je vlhkost půdy vysoká a energetický prostředek má problém přenést výkon motoru na podložku. Tehdy se zvyšuje prokluz a tím i spotřeba paliva (HŮLA, 1997).

1.12 Současné trendy v orbě

1.12.1 Čelně nesené pluh

Agregace čelně nesených pluhů s klasickými pluhy určenými do zadní hydrauliky traktoru má souprava lépe rozloženou hmotnost. Výhoda této agregace spočívá při orbě v těžkých podmínkách, kdy lze orat pouze zadním pluhem a čelní pluh působí jako závaží. Když se sníží prokluz, může obsluha bez problémů orat i čelním pluhem. Tento systém lze také nazvat jako stupňovitá změna záběru (https://www.pekass.eu/celni-nesene-pluhy-xcelsior-fx_699.html „staženo dne: 11. 12. 2018“).

1.12.2 Kloubový rám

Kloubový rám je využíván především při větších záběrech pluhů. Zpravidla se jedná o osmi a více radličné pluh. Tím, že tyto pluhy jsou delší, hůře kopírují terén a hloubka orby není stejnoměrná. Proto se začaly vyrábět pluhy s jednou nápravou, kde je uložen kloub, který „rozděluje“ pluh na dva menší. Tím je zajištěno lepší kopírování terénu (HŮLA, 1997).

Dnes se jako kloub používá tříbodový závěs, který umožňuje plynulejší zahlubování pluhu. Tyto pluhy mohou být také využity pro orbu On-land a doplněny systémem půdních pěchů. Ovládání pluhu je provedeno systémem ATS/ISOBUS, který zjednoduší práci obsluze (<https://www.agrocentrumzs.cz/produkty/produkty/zavesna-technika/kverneland/pluhy/polonesene-otocne/kverneland-pwrw> „staženo dne: 11. 12. 2018“).

1.12.3 Orba ON-LAND (záhonová)

Jedná se o netradiční způsob vedení pluhu, kdy traktor jede mimo brázdu. Orbu on-land lze provádět s pluhem, který je na tento způsob určen. Musí mít zesílený rám a hydraulicky ovládaný výkyvný paralelogram. S touto netypickou výbavou se jedná o poměrně komplikovanější, dražší a těžší pluh. U moderních pluhů, které umožňují tento druh orby, lze také nastavit pluh pro standardní orbu v brázdě, pokud má někdy své opodstatnění.

U standardní orby při použití pluhů s menšími záběry (3 a 4 radličné), dochází utužení podorníci díky kolům jedoucím v brázdě až na 2/3 celkové plochy. U pluhů s větším počtem radlic je toto číslo menší, avšak nelze jej zanedbat. Výhody orby on-land tkví především v tom, že nenarušuje podorníci, neutužuje je, nepůsobuje poškozování pórů, čímž není narušena cirkulace půdní vláhy a vzduchu. Při takovéto orbě je pak možné využít traktory s dvoumontážemi nebo s širokými pneumatikami, jelikož traktor svojí jízdou nenarušuje stěnu brázdy.

Vedení takového pluhu v brázdě je hodně náročné. Je pouze na schopnostech obsluhy udržet první orební těleso v takové vzdálenosti od odorku, aby byl orební poměr ideální a orba tak byla prováděna kvalitně. Zprvu se tento problém řešil různými znaménky zavěšenými na přední části traktoru. Nyní je možné použít samonaváděcí pluh. Navádění může být provedeno například ultrazvukovým senzorem Furchen Scout od firmy Lemken, případně od výrobce Gregorie Besson systémem Pilot Systém R. Tento systém rovněž používá dva bezdotykové ultrazvukové senzory, kdy měří vzdálenost mezi stěnou brázdy a rámem pluhu. Tento systém umožňuje obsluze toleranci 0,5 m. Pokud se obsluha neudrží v tomto rozsahu, vydá počítač upozorňovací akustický signál (BENEŠ, 2008).

Další možností vedení soupravy v ideální vzdálenosti od odorku při orbě on-land je pomocí GPS navigace. Při použití satelitního navádění je nutné využívat co nej přesnější signál, tedy signál RTK (BENEŠ, 2014).

Orba on-land je náchylná na správné seřízení pluhu. Výsledná tahová linie pluhu by měla procházet středem zadní nápravy traktoru. Výsledkem tohoto nastavení je rovnoměrné působení sil. Při nevyváženosti sil je traktor, v případě klasické orby, vytahován z brázdy. Jev je vidět ihned při orbě, kdy se obsluha snaží přemoci tyto síly natočením kol přední nápravy. Při orbě on-land však není traktor

„držen“ v brázdě a takovému vychýlení sil má za následek nestabilní směr traktoru a nekvalitní orbu s nerovným odorkem. Pokud se zhorší podmínky pro orbu, kdy je půda například silně rozmáčená a je nutné pozemek zorat (přesto že se taková orba nedoporučuje), tehdy je možné využít přestavění pluhu na standardní nastavení, kdy traktor jede brázdou. Souprava má tak lepší trakci (BENEŠ, 2008).

1.12.4 Traction control

Z důvodu lepšího využití výkonu traktoru a zvýšení výkonnosti soupravy jsou některé pluky vybaveny systémem Traction control. Systém využívá hmotnost pluhu a přenáší jej na zadní pojezdová kola traktoru.

Systém využívá vložený přímočarý hydromotor mezi rámem pluhu a stojánkem závěsu. Hydromotor je opatřen vzdušníky se stlačeným dusíkem, který umožňuje kopírování terénu a minimální kolísání tlaku v hydromotoru. Tlak v soustavě je možné regulovat. Po přivedení tlaku do přímočarého hydromotoru je část tíhy převedena na zadní nápravu traktoru. Při dotížení traktoru se snižuje prokluz kol.

Traction control byl podroben testu na soupravě John Deere 8295R o výkonu motoru 190 kW a pluhu Pöttinger SERVO 6.50 NOVA. Pokud byl ponechán přímočarý hydromotor v plovoucí poloze, byl prokluz na záhonovém kole 21,8 % a na brázdovém kole 6,5 %. Po přivedení tlaku 11 MPa do systému traction control se snížil prokluz kol u brázdového na 4,7 % a u záhonového na 5,3 %.

Výsledky výzkumu prokázaly, že dotěžováním zadní nápravy traktoru se nechá docílit až 17 % úspory paliva, přičemž výkonnost soupravy se zvýší až o 12,5 % (<http://www.agportal.cz/cz/novinky/test-pluhu-servo-6-50-nova.html> „staženo dne: 11. 12. 2018“).

1.12.5 Section control

Se stále se zvyšujícími se záběry pluhů vznikají problémy s plynulým zahlubováním pluhů. Jistou výhodou mají pluky polonesené, které umožňují zahloubit pluh nejprve hydraulickými rameny traktoru a poté až opěrným kolečkem pluhu. Přesto ale na pozemku vznikají nezorané cípy ve tvaru „Z“. Tento problém vyřešila firma Kuhn. Za systém Section control získala firma stříbrnou medaili Agritechnica.

Selection control je plně integrovaný elektrohydraulický systém, který umožňuje zahlubování jednotlivých orebných těles samostatně, tedy individuálně. Systém tak ulehčuje práci obsluze. Selection control je řízen pomocí GPS, přičemž nezáleží na tvaru pozemku. Tím, že je každé orebné těleso individuálně ovládáno, lze za těžkých podmínek měnit počet radlic, čímž nedochází k přetěžování tažného prostředku (<https://www.agroportal24h.cz/foto-video/inteligentni-pluh-sam-zarovna-okraj-pole-jak-to-funguje> „staženo dne: 11. 12. 2018“).

1.12.6 Pluhy s plynulou změnou záběru

Pluhy s plynulou změnou záběru, dnes označované také jako Vario, usnadňují přizpůsobení záběru hloubce orby. Při změně záběru a zachované hloubce lze změnit i stupeň drobení skývy. Menší záběry umožňují nižší lepší drobicí efekt, který lze využít při předset'ové orbě (<https://www.bvv.cz/techagro/aktuality/novy-i-pluh/> „staženo dne: 20. 2. 2019“).

Plynule měnitelný záběr umožňuje vyhnout se překážce na pozemku (sloupy, stožáry, stromy) s možností kvalitního zpracování půdy. Některé pluhy umožňují nastavení jejich záběru před samotnou orbou, pomocí natočení slupic. Jedná se o zdlouhavý proces, kterým se obvykle nechají orební tělesa nastavit od záběru 0,3 m po 0,5 m, a to buď s překrytím, nebo nedokrytím záběru jednotlivých radlic (HŮLA, 1997).

1.12.7 Agregace pluhu se zařízením pro dodatečnou úpravu povrchu pozemku

Při provádění orby je možné povrch pozemku ještě dodatečně upravovat. Nejpoužívanějším systémem na urovnávání pozemku při orbě je agregace pluhu s drtiči hrud a půdními pěchy. Tato metoda umožňuje hroudy vytvořené pluhem ihned rozmělnovat. Takto ošetřený povrch pozemku prosychá rychleji a následnou operaci lze provést dříve. Půdní pěchy se využívají především při orbě pod ozimy, kdy je nutné dodržovat agrotechnické lhůty. Konstrukce půdních pěchů je řešena litinovými koly v jedné či dvou řadách. Kola mají podpovrchový utužovací účinek, čímž je sléhávání půdy rychlejší. Dle půdních podmínek je možné volit půdní pěchy a drtiče s různou intenzitou účinku. Výrobci nabízí různé typy drtičů hrud s rozdílnou hmotností a provedením. Je uváděno, že dvouřadé půdní pěchy vyžadují energetický

příkon 4 až 7 kW na metr záběru. Při agregaci navíc s kroskilskými válci stoupá výkonová náročnost na 6 až 9 kW na metr záběru (HŮLA, 1997).

Dříve byly půdní pěchy transportovány z pozemku na pozemek v čelní hydraulice nebo samostatně. V roce 2002 byl podroben půdní pěch Packomat firmy Kverneland testu na tahové síly při orbě a na spotřebu paliva. Výjimečnost tohoto pěchu tkví v principu připojení pěchu k pluhu. Tento pěch je pevně spojen s pluhem přes rameno, přičemž jeho otáčení je prováděno hydromotorem. Tento princip uchycení pěchů snížil, dle měření, tahovou sílu až o 20 %, jelikož boční síly zachytil pěch, a ne dno brázdy. Společně s tím se snížilo tření mezi plazy a půdou. Tento systém má ale negativní dopad na přenos výkonu tahového prostředku, kdy činností pěchu byla nadlehčována zadní náprava. Následek tohoto působení vedl ke zvýšení prokluzu kol a tím pádem i spotřeby paliva o 12 %.

Půdním pěchem Packomat však lze nahradit předseťovou přípravu. Tímto způsobem lze, dle měření, ušetřit minimálně 2,5 l.ha⁻¹ oproti konvenčnímu zpracování půdy (HŮLA, 2002).

Pluhy je též možné agregovat s hrudořezy dle obrázku č. 7. Jedná se o rovnací lištu, která je osazena noži, jejichž úhel je nastavitelný. Hrudořezy se vyznačují velmi nízkým zvýšením spotřeby paliva při orbě, dobrou kvalitou řezání hrud spojenou s urovnáním povrchu pozemku a šetřením půdní vláhly (<https://www.opall-agri.cz/hrudorezy> „staženo dne: 2. 1. 2019“).



Obrázek č. 7 - Hrudořezy, zdroj: <http://www.arbo-kt.cz/produkty/lesnicka-technika/pluhy/detail-700.html> „staženo dne: 2. 1. 2019“

1.12.8 Pásový podvozek

Společnost Kverneland nabízí pluh řady 2500 i-plough ve spojení s technologií ISOBUS. Pluh je možné osadit novým typem hloubkového kola, které využívá pás. Pojezdový pás má svoji funkci přispět k snadnému doorání k hranici pozemku (<https://www.bvv.cz/techagro/aktuality/novy-i-pluh/> „staženo dne: 20. 2. 2019“).

1.12.9 Půdní senzor Top soil Mapper

Jedná se o půdní radar (viz obrázek č. 8), který je instalován na čelní hydraulice traktoru. Jeho úkolem je v reálném čase snímat data o aktuálním stavu půdy. Radar zaznamenává informace o vlhkosti půdy, zbytcích plodin v horních vrstvách půdy a vodivost. Získaná data zasílá pomocí sběrnice ISO BUS do počítače. Pokud se zadané parametry začnou lišit od naměřených, systém upraví nastavení stroje bez zásahu obsluhy (hloubka zpracování půdy, výsevek). Při setí tak lze nastavit minimální a maximální tlak na secí botky a poté už systém sám vyhodnocuje podmínky a operuje v rozmezí těchto limitních hodnot. Půdní senzor tak umožňuje optimální zpracování půdy na pozemcích s rozdílným utužením, typem půdy a obsahem vody (www.agrics.cz/novinka-pudni-senzor „staženo dne: 28. 12. 2018“).



Obrázek č. 8 - Top Soil Mapper, zdroj: www.agrics.cz/novinka-pudni-senzor „staženo dne: 28. 12. 2018“

Pravděpodobně se tento systém bude hojně využívat v oblasti minimalizačního a půdoochranného zpracování, a ne při technologiích spojených s orbou. Pokud by se nadále vyvíjely pluhy podobným směrem jako již zmíněný systém selection control (viz kapitola 1.10.6) je pravděpodobné, že podobné zařízení bude možné využívat i při orbě (poznámka autora).

1.12.10 Krojidlo pro tvorbu širší orební brázdy

V současné době se stále častěji využívají k orbě traktory s širokými flotačními pneumatikami. Takováto orba má negativní dopad na napojování jednotlivých pluhů. Traktor svým pohybem přejíždí část zorané půdy a utužuje ji. Krojidlo pro tvorbu širší orební brázdy odřezává část stěny brázdy a ukládá jej na dno brázdy, čímž je odorek rozšiřován. Dané krojidlo je umístěno na posledním orebním tělese, na konci plazu. Dle šířky pneumatiky je možné krojidlo nastavit ve více polohách (https://www.poettinger.at/sk_sk/Newsroom/Artikel/6936/pluh-servo-krojidlo-pro-tvorbu-sirsi-orebni-brazdy „staženo dne: 8. 1. 2019“).

1.12.11 Dláta typu Knock-on

Součástí orebního tělesa je dláto, které může být samostatně výměnné, nebo provedeno jako součást ostří. Dláto, mimo jiné, výrazně usnadňuje zahlubování pluhu, především pak na suchých a těžkých půdách.

Pro rychlou výměnu se nabízí na trhu systém dlát Knock-on. Jedná se o systém, kdy je na čepel uchycen držák dláta a samotné dláto je pouze naráženo do držáku. Systém je méně časově náročný na výměnu dlát oproti běžným dlátům (http://www.cskagro.cz/media/PROSPEKTY/Polonesene_pluhy_2014.pdf „staženo dne: 8. 1. 2019“).

2. Cíl

Cílem práce je změření a vyhodnocení vybraných druhů pluhů v konkrétních podmínkách zemědělského podniku v ČR a odpovědět na otázky:

1. Který druh radličného pluhu má prokazatelný vliv na úsporu nákladů?
2. Má tato technologie vliv na stav porostu kulturní plodiny?

V práci se zaměřím na:

Sledování a vyhodnocení používaných pluhů a způsobů zpracování půdy.

1. Vyhodnocení hlavních exploatačních parametrů z měření.
2. Odpovědi na otázky z cílů této práce.
3. Zhodnocení výsledků a uvedení závěrů pro praxi.

3. Metodika

Veškeré měření bude provedeno ve spolupráci s podnikem Agrospol Útěchovice s. r. o. (<http://www.agrospolutechovice.cz/>), se sídlem v obci Útěchovice v okrese Pelhřimov, Kraj Vysočina.

Firma se zabývá rostlinnou a živočišnou výrobou, přičemž hospodaří na rozloze 1 250 ha. V rostlinné výrobě se zabývá především množением sadbových brambor, pěstováním obilovin, řepky olejné a pícnin. V živočišné výrobě je podnik zaměřen na chov skotu s kombinovanou užitkovostí. Informace z oblasti zaplevelenosti pozemku a vitality rostlin, které jsou potřebné k sepisování diplomové práce, budou získány z vnitropodnikových dat v průběhu konzultací.

3.1 Použité stroje

3.1.1 New Holland T8.390

Jako energetický prostředek bude společností poskytnut kolový traktor New Holland T8.390 (viz obrázek č. 9). Bližší informace traktoru jsou popsány v tabulce č. 1.



Obrázek č. 9 - New Holland T8.390

Tabulka č. 1 - New Holland T8.390 - technické údaje

rok výroby	2014
počet mth	3853
počet válců [-]	6
zdvihový objem [cm ³]	8 700
výkon [kW]	275
kroučící moment [Nm]	1 671 při 1 500 ot.min ⁻¹
převodovka	Full PowerShift s 19 rychlostmi vpřed a 4 vzad
hmotnost [kg]	11 865

Zdroj: http://www.arbo-kt.cz/images_users/t8_140306_pro_web.pdf

„staženo dne: 30. 12. 2018“

3.1.2 Kverneland PB 100

Kverneland PB 100 (viz obrázek č. 10) je polonesený pluh, jehož technická specifikace je uvedena v tabulce č. 2.



Obrázek č. 10 - Kverneland PB 100, zdroj: <https://cz.kverneland.com/Zpracovani-pudy/Pluhy/Polonesene-otocne-pluhy/Pluh-Kverneland-PB>

„staženo dne: 30. 12. 2018“

Tabulka č. 2 - Kverneland PB 100 - technické údaje

rok výroby	2013
hmotnost [kg]	4100
rozestup orebných těles [m]	1
pracovní záběr jednoho or. tělesa [m]	0,3 – 0,5
počet orebných těles	8 (tento typ umožňuje 4 až 8)
jištění orebných těles	listová pera
světlá výška pod nosníkem [m]	0,7/0,75
vario systém	ano
nastavení záběru první radlice z traktoru	ano
mechanismus otáčení pluhu	dvěma hydraulickými písty usazenými na kolébkovém mechanismu

Zdroj: <https://cz.kverneland.com/Zpracovani-pudy/Pluhy/Polonesene-otocne-pluhy/Pluh-Kverneland-PB> „staženo dne: 30. 12. 2018“

3.1.3 Opall Agri Europa II 180

Radličný, polonesený pluh Europa II 180 (viz obrázek č. 11) je konstruován jako stavebnicové provedení od pěti po devíti orebných těles. Technická dokumentace pluhu je uvedena v tabulce č. 3.



Obrázek č. 11- Europa II 180, zdroj: <https://www.opall-agri.cz/poloneseny-otocny-pluh-europa-ii-180> „staženo dne: 30. 12. 2018“

Tabulka č. 3 - Opall Agri Europa II 180 - technické údaje

rok výroby	2007
hmotnost [kg]	4435
rozestup orebných těles [m]	1
pracovní záběr jednoho or. tělesa [m]	0,35 / 0,4 / 0,45
počet orebných těles	7
jištění orebných těles	pružinový mechanismus
světlná výška pod nosníkem [m]	0,8
vario systém	ne (pouze skokové nastavení záběru)
nastavení záběru první radlice z traktoru	ano
mechanismus otáčení pluhu	dva protilehlé písty spojené hřebenovou tyčí, která zasedá do ozubeného kola hlavního rámu

Zdroj: <https://www.opall-agri.cz/poloneseny-otocny-pluh-europa-ii-180>

„staženo dne: 30. 12. 2018“

3.1.4 Pöttinger Servo 45 S Plus Nova

Pöttinger servo 45 S plus nova (viz obrázek č. 12) je nesený otočný pluh. Technická dokumentace pluhu je uvedena v tabulce č. 4.



Obrázek č. 12 - Pöttinger Servo 45 S Plus Nova

Tabulka č. 4 - Pöttinger Servo 45 S Plus Nova - technické údaje

rok výroby	2017
hmotnost [kg]	2540
rozestup orebných těles [m]	0,95
pracovní záběr jednoho or. tělesa [m]	0,3 – 0,49
počet orebných těles	6
jištění orebných těles	NONSTOP hydraulické
světlá výška pod nosníkem [m]	0,8
vario systém	ano
mechanismus otáčení pluhu	pomocí dvojčinného hydromotoru

Zdroj: https://www.poettinger.at/cs_cz/Produkte/Detail/535/nesene-pluhy-servo-45-s#modelle „staženo dne: 30. 12. 2018“

3.2 Pozemek

Pro měření spotřeby paliva a výkonnosti souprav budou vybrány dva pozemky. Jeden pozemek na letní, předset'ovou orbu pro následnou plodinu řepku olejnou a druhý pozemek pro podzimní orbu pro jařiny. Oba pozemky budou pečlivě vybrány s ohledem na co nejdelší rovnou líchu a co nejmenší svažitosť. Měření na jednom pozemku bude probíhat v jeden den, aby byly zaručeny stejné parametry půdy a počasí. Jejich rozdílnost v průběhu měření by mohli zkreslovat naměřená data. Při letní předset'ové orbě bude stanovena hloubka zpracování 0,18 m a v případě podzimní orby se zaorávkou hnoje bude hloubka 0,28 m.

Pozemek určený pro letní orbu k následné plodině řepce olejné, bude stanoven v katastru obce Útěchovičky s místním názvem Lipka. Pozemek má 41 ha, je členitějšího charakteru s mírným převýšením. Jeho přibližná nadmořská výška je 585 m n. m. Z důvodu členitosti terénu bude na pozemku vytvořen pomyslný obdélník, v němž se bude měření provádět. Délka brázdy bude 590 m.

Pozemek určený pro jařiny bude vybrán v katastru obce Čížkov. Pozemek, s místním názvem Za Benzinou má rozlohu 38,2 ha. V rámci podniku patří mezi pozemky s nejlepším hodnocením BPEJ. Charakter pozemku je rovný, s délkou brázdy 1 074 m a nadmořskou výškou 608 m n. m.

Pro vyhodnocení vlivu zpracování půdy na stav růstu hlavních plodin bude využit již zmíněný pozemek s následným osetím řepky ozimé, a navíc bude použit třetí pozemek s místním názvem Za Hospodou, který leží taktéž v katastru obce Čížkov. Po provedení orby všemi porovnávanými pluhy bude tento pozemek oset pšenicí ozimou. V průběhu vegetace rostlin bude zaznamenávána hustota porostu.

3.3 Postup měření

3.3.1 Výkonnost soupravy

Pro výkonnost soupravy bude počítáno s časem T_1 (čas hlavní na vykonávání práce). Po seřízení pluhu bude spuštěna časomíra, která se na každou otáčku zastavuje, aby byl čas měřen pouze při orbě. Každý pluh bude provádět orbu přesně po dobu jedné hodiny. Při orbě se obsluha bude snažit udržovat konstantní rychlost $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Z počtu brázd vytvořených během hodiny orby bude spočítána zoraná plocha a výkonnost W . K výpočtu výkonnosti souprav bude použit vztah č. 4.

$$W = \frac{b \cdot n_R \cdot n_j + s \cdot b \cdot n_R}{10\,000} [\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}] \quad (4)$$

Kde:

W =	výkonnost	$[\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}]$
b =	záběr jedné radlice	$[\text{m}]$
n_R =	počet radlic na pluhu	$[-]$
n_j =	počet dokončených jízd	$[-]$
s =	délka nedokončené brázdy	$[\text{m}]$

3.3.2 Spotřeba paliva

Před odjezdem z areálu podniku, bude traktor doplněn palivem. Po seřízení pluhu na pozemku, bude traktor opět plně doplněn palivem. Plnění se bude provádět na takovém místě, aby bylo zabezpečeno 100% naplnění bez vzduchových kapes v nádrži. S plnou nádrží bude souprava vykonávat orbu přesně jednu hodinu. Po uplynutí této doby bude práce zastavena a traktor bude doplněn opět palivem do plného stavu nádrže. Toto plnění se bude odměřovat odměrným válcem.

Jelikož bude vypočtena dle vztahu č. 4 zoraná plocha za jednu hodinu, bude možné v tomto případě použít vypočtenou výkonnost W ke zjištění spotřeby paliva Q . Výpočet bude proveden dle vztahu č. 5.

$$Q = \frac{q_{hod}}{W} [\text{l.ha}^{-1}] \quad (5)$$

Kde:

Q = spotřeba paliva $[\text{l.ha}^{-1}]$

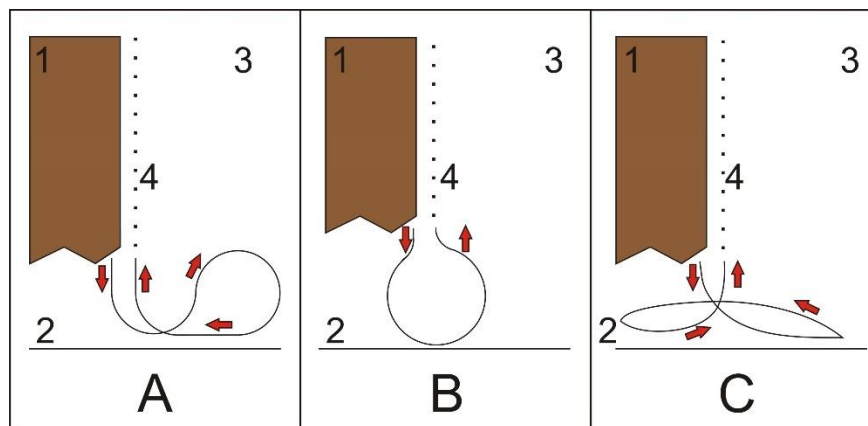
q_{hod} = hodinová spotřeba paliva $[\text{l.h}^{-1}]$

W = výkonnost $[\text{ha.h}^{-1}]$

3.3.3 Šíře souvratí a časová náročnost na otáčku

Pro měření potřebné šíře souvratě a časové náročnosti na otočení soupravy bude potřeba použít pásmo a stopky. Čas T_{21} , neboli čas vedlejší- na otáčení, bude měřen od doby, kdy se začne vyměščit poslední orebné těleso. Časomíra poběží až do okamžiku, kdy se poslední orebné těleso pluhu neustálí na požadované hloubce. V tento okamžik všechny orebná tělesa pluhu provádí orbu v požadované hloubce. Tento bod je také důležitý pro měření minimální šířky souvratě. Od okraje pozemku se za pomoci pásma změří vzdálenost k tomuto bodu.

Způsoby otáčení souprav jsou znázorněny na obrázku č. 13. Na obrázku je číslem 1 znázorněna oblast s již provedenou orbou, číslo 2 znázorňuje prostor na souvrat', číslo 3 prostor potřebný zorat a číslem 4 je znázorněna následná jízda soupravy po provedení otáčky. Červené šipky znázorňují směr a tenká čára trajektorii soupravy při obracení se na souvratí.



Obrázek č. 13 - Schéma otáčení soupravy na souvratí

Metoda otáčení soupravy označena na obrázku písmenem A, je způsob otáčení, kdy souprava vyjíždí do nezoraného prostoru a tam provádí otáčku. Následně se vrací po souvratí k odorku. Přetáčení pluhu bude prováděno v místě samotné otáčky.

Při způsobu označeným písmenem B, se souprava otáčí bez vyjíždění do prostoru č. 3. Převrácení pluhu bude provedeno ihned po vymělení pluhu. Poloměr otáčení soupravy je co nejmenší (dle technických možností soupravy). V ideálním případě se obsluha bude snažit pojezdové kolo pluhu (u polonesených pluhů) donutit k co nejmenšímu poloměru otáčení, či k úplnému zastavení kola a otočení na místě.

Metoda označena písmenem C, popisuje způsob otočení s couváním soupravy po souvrati. Traktor s pluhem vyjede z odorku a stočí se rovnoběžně se souvrati. Pak souprava couvá po souvrati minimálně tak daleko, aby bylo zabezpečeno správné nasměrování pluhu při následném zahlubování. Poté souprava jede vpřed a zajíždí do odorku. Obracení pluhu bude prováděno ihned po vyjetí z brázdy.

Z naměřených dat bude zjištěno, jaký způsob otáčení je pro daný pluh nejefektivnější. Pro výpočet je zapotřebí získat plochu souvratě S_s , která bude nutná následně doorat dle vztahu č. 6.

$$S_s = 2 \cdot B \cdot A \text{ [m}^2\text{]} \quad (6)$$

Kde:

$$S_s = \text{plocha souvratě} \quad [\text{m}^2]$$

$$B = \text{záběr pluhu} \quad [\text{m}]$$

$$A = \text{šířka souvratě} \quad [\text{m}]$$

Následně bude potřeba vypočítat čas potřebný na zorání souvratě t_s dle vztahu č. 7.

$$t_s = \frac{S_s}{\frac{W \cdot 10000}{3600}} \text{ [s]} \quad (7)$$

Kde:

$$t_s = \text{čas na zorání souvratě} \quad [\text{s}]$$

$$S_s = \text{plocha souvratě} \quad [\text{m}^2]$$

$$W = \text{plošná výkonnost} \quad [\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}]$$

Celkový čas t_c bude vypočítán pomocí vztahu č. 8. Jedná se o čas potřebný na otáčku a doorání souvratě. Tímto časem lze porovnat různé metody otáčení souprav.

$$t_c = t_s + t_o \text{ [s]} \quad (8)$$

Kde:

$$t_c = \text{čas celkový} \quad [\text{s}]$$

$$t_s = \text{čas na zorání souvratě} \quad [\text{s}]$$

$$t_o = \text{čas potřebný na otočení} \quad [\text{s}]$$

Díky třem metodám otáčení (A, B a C), vzniknou i tři hodnoty celkových časů (t_{cA} , t_{cB} a t_{cC}). Čím menšího času souprava dosahuje, tím efektivněji otáčku provádí.

Za pomoci hodinové výkonnosti soupravy W , celkového času na otočení a zorání souvratě t_c , lze vypočítat kolik času bude nutné vynaložit na zorání souvratě a otáčení soupravy při celodenní orbě. Výpočty budu probíhat podle vztahů č. 9, 10 a 11. Výsledky budou vycházet z ideálního tvaru pozemku přibližující se tomu, na kterém bylo prováděno měření pro orbu pro jařiny, tzn., že délka jedné brázdy l_b bude brána jako 1 074 m. Výsledek více přiblíží rozdílnost vlivu otáčení na výkonnost soupravy.

Podle vztahu č. 9 bude spočítána délka souvratě l_s vytvořené během jednoho pracovního dne. Čas orby za den t_d bude brán jako 7 h.

$$l_s = \frac{W \cdot t_d \cdot 10000}{l_b} \text{ [m]} \quad (9)$$

Kde:

$$l_s = \text{délka souvratě} \quad [\text{m}]$$

$$W = \text{výkonnost soupravy} \quad [\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}]$$

$$t_d = \text{čas orby za den} \quad [\text{h}]$$

$$l_b = \text{délka jedné brázdy} \quad [\text{m}]$$

Dle vztahu č. 10 bude vypočten počet nutných otáček n_{od} na souvrati v průběhu jednoho dne.

$$n_{od} = \frac{l_s}{b \cdot n_R} - 1 \quad [-] \quad (10)$$

Kde:

n_{od} = počet otáček soupravy za den [-]

b = záběr jedné radlice [m]

n_R = počet radlic na pluhu [-]

Vztahem č. 11 bude zjištěn čas na zorání souvratě a otáčení soupravy na pozemku t_{sd} za jeden pracovní den. Díky třem metodám otáčení vzniknou i tři velikosti těchto časů. Tento ukazatel bude využit pro porovnání jednotlivých druhů otáčení v delším časovém úseku.

$$t_{sd} = n_{od} \cdot \frac{t_c}{3600} \quad [\text{h}] \quad (11)$$

Kde:

t_{sd} = čas na orbu souvratě a otáčení za den [h]

Při výpočtech vzniknou 3 varianty časů t_{sdA} , t_{sdB} a t_{sdC} . Jednotlivé časy se mezi sebou porovnají.

3.3.4 Časová náročnost na výměnu opotřebitelných dílů

Při získávání dat bude měřen čas na výměnu t_v . Měření bude vztaženo na výměnu dlát, ostří, patek, odhrnovacích desek a trojúhelníků.

Pluhy Opall Agri Europa II a Pöttinger Servo 45 S Plus Nova budou osazeny otočnými dláty. Pluh Kverneland PB 100 bude osazen výměnným systémem dlát Knock – on a poté i otočnými dláty. Narážecí dláta typu Knock – on mají možnost na jednu životnost držáku, užít dvě dláta. Proto čas na výměnu dlát bude zprůměrován. Prvně bude měřen čas na demontáž a montáž držáku a naražení dláta, podruhé bude měřen čas pouze na vyražení starých a naražení nových dlát.

3.3.5 Náklady na opotřebitelné díly

Pluhy budou hodnoceny z hlediska životnosti opotřebitelných dílů. Životnost jednotlivých dílů pluhů se mezi sebou porovnají a použijí se ke stanovení nákladů na orbu.

Pro zjištění nákladů na výměnu opotřebitelných dílů N_v bude využit vztah č. 12.

Náklady na mzdy N_m činí v průměru v České republice 9,6 €. (<https://www.finance.cz/zpravy/finance/455334-eu-jak-vysoke-jsou-mzdove-naklady/> „staženo dne: 6. 3. 2019“).

Kurz měny je 25,62 Kč za 1 € k 6. 3. 2019 (<https://www.kurzy.cz/kurzy-men/nejlepsi-kurzy/EUR-euro/> „staženo dne: 6. 3. 2019“).

Po přepočtu činí v České republice náklady na mzdy N_m 245,95 Kč.h⁻¹. Tato hodnota bude užita v následujících vzorcích.

$$N_v = \frac{t_v}{3600} \cdot N_m \text{ [Kč]} \quad (12)$$

Kde:

N_v = náklady na výměnu [Kč]

t_v = čas na výměnu dílu [s]

N_m = náklady na mzdy [Kč.h⁻¹]

Náklady na opotřebitelné díly N budou vypočítány dle vztahu č. 13. Pro výpočet bude nutné změřit životnost opotřebitelných dílů \check{Z} . Hodnoty \check{Z} budou převzaty z vnitropodnikové evidence. Cena držáků, při použití systému Knock – on, bude rozdělena k cenám narážecích dlát.

$$N = \frac{N_v + C_d}{\check{Z}} \text{ [Kč.ha}^{-1}\text{]} \quad (13)$$

Kde:

N = náklady na opotřeb. díly [Kč.ha⁻¹]

C_d = cena dílu [Kč.ks⁻¹]

N_v = náklady na výměnu [Kč]

\check{Z} = životnost dílu [ha]

Vzhledem k nutnosti zohlednit zvýšené náklady na výměnu dláta (otáčení v půli své životnosti) byl pro výpočet nákladů na otočná dláta použit vztah č. 14.

$$N = \frac{2.N_v + C_d}{\check{z}} \quad [\text{Kč.ha}^{-1}] \quad (14)$$

Kde:

N = náklady na opotřeb. díly [Kč.ha⁻¹]

N_v = náklady na výměnu [Kč]

C_d = cena dílu [Kč.ks⁻¹]

\check{z} = životnost dílu [ha]

3.3.6 Náklady na orbu

Z dat, které budou získány v předešlých bodech, lze zjistit náklady soupravy při orbě N_o dle vztahu č. 15. Spotřeba paliva a výkonnost budou převzaty z měření podzimní orby. U pluhu Kverneland bude spotřeba paliva a výkonnost měřena při osazení klasickými otočnými dláty. Pro výpočet nákladů na orbu u pluhu Kverneland s osazením dlát typu knock-on, budou tyto hodnoty převzaty.

Náklady na pohonné hmoty N_{PHM} budou odpovídat hodnotě 29,80 Kč.l⁻¹ (<http://www.jakpodnikat.cz/prumerne-ceny-phm.php> „staženo dne: 6. 3. 2019“).

$$N_o = N_D + N_{OD} + N_P + N_{\check{c}} + N_T + (Q \cdot N_{PHM}) + \left(\frac{N_m}{W}\right) [\text{Kč.ha}^{-1}] \quad (15)$$

Kde:

N_o = náklady na orbu [Kč.ha⁻¹]

N_D = náklady na dláto [Kč.ha⁻¹]

N_{OD} = náklady na odhrnovací desku [Kč.ha⁻¹]

N_P = náklady na patku [Kč.ha⁻¹]

$N_{\check{c}}$ = náklady na čepel [Kč.ha⁻¹]

N_T = náklady na trojúhelník [Kč.ha⁻¹]

Q = spotřeba paliva [l.ha⁻¹]

N_{PHM} =náklady na pohonné hmoty [Kč.l⁻¹]

N_m = náklady na mzdy [Kč.h⁻¹]

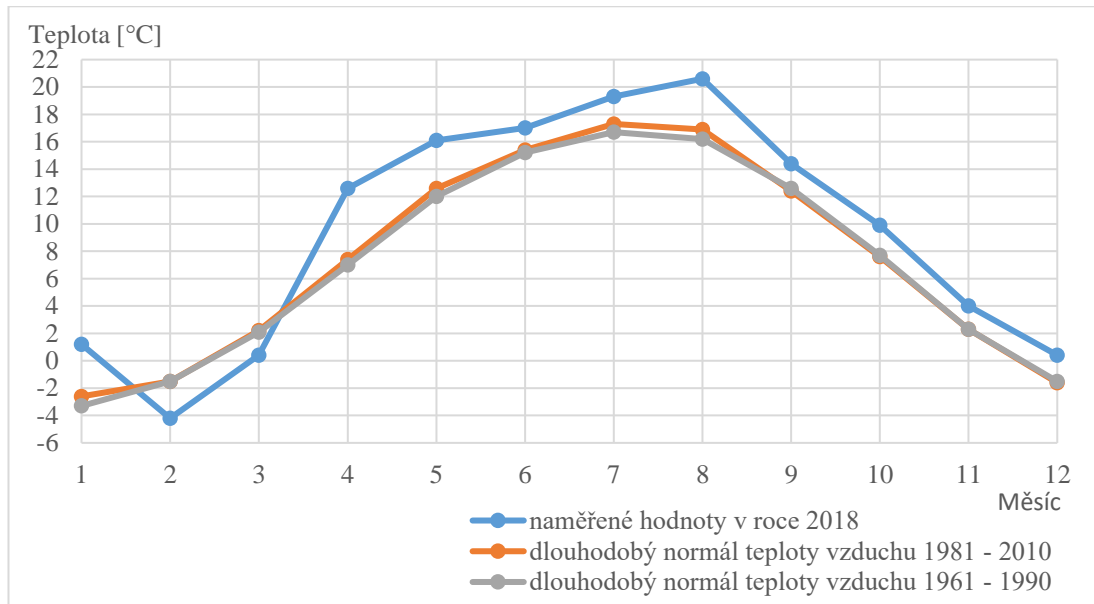
W = výkonnost [ha.h⁻¹]

4. Výsledky

4.1 Vliv klimatických podmínek na zpracování půdy

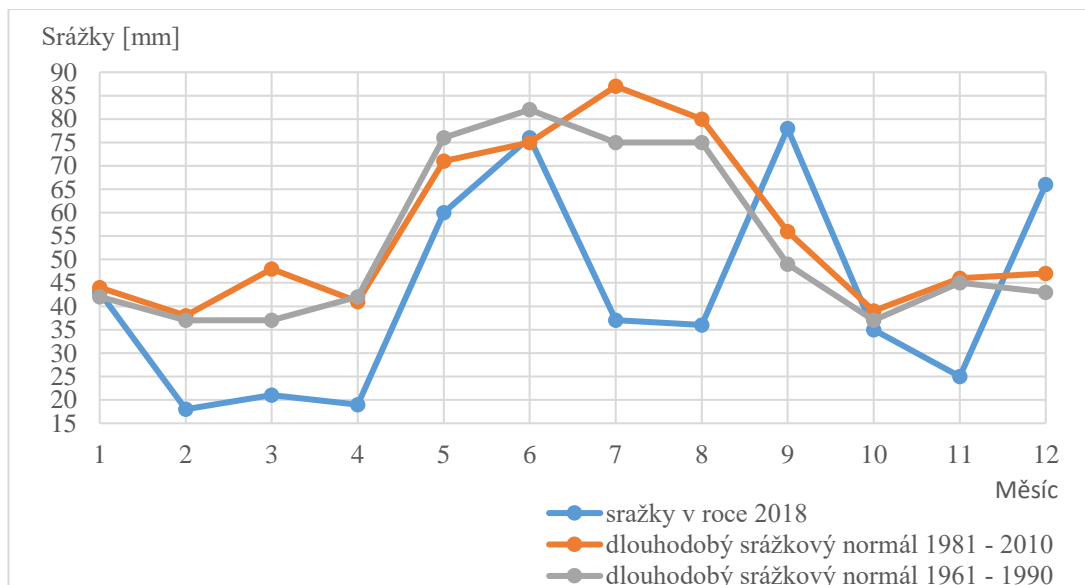
Z grafů č. 1 a 2 vyplývá, že zejména v letních měsících panovalo oproti dlouhodobému normálu velké sucho a teplo. Tento stav klimatu se podepsal i na stavu půdy a jejím následném zpracování.

Graf č. 1 – Vývoj teplot v kraji Vysočina



Zdroj: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>
„staženo dne: 19. 2. 2019“

Graf č. 2 – Vývoj srážek v kraji Vysočina



Zdroj: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>
„staženo dne: 19. 2. 2019“

Z důvodu špatných klimatických podmínek nedocházelo při orbě v letních, ale ani v podzimních měsících v určitých místech k ideálnímu drobení skývy. Docházelo k tvoření hrud, které někde dosahovaly velikosti až 0,4 m (viz obrázek č. 14).



Obrázek č. 14 - Hroudy na pozemku

4.2 Spotřeba paliva a výkonnost soupravy

Letní orba byla provedena v termínu 8. 8. 2018. Získané hodnoty jsou zapsány v tabulce č. 5.

Tabulka č. 5 - Letní orba: naměřené hodnoty

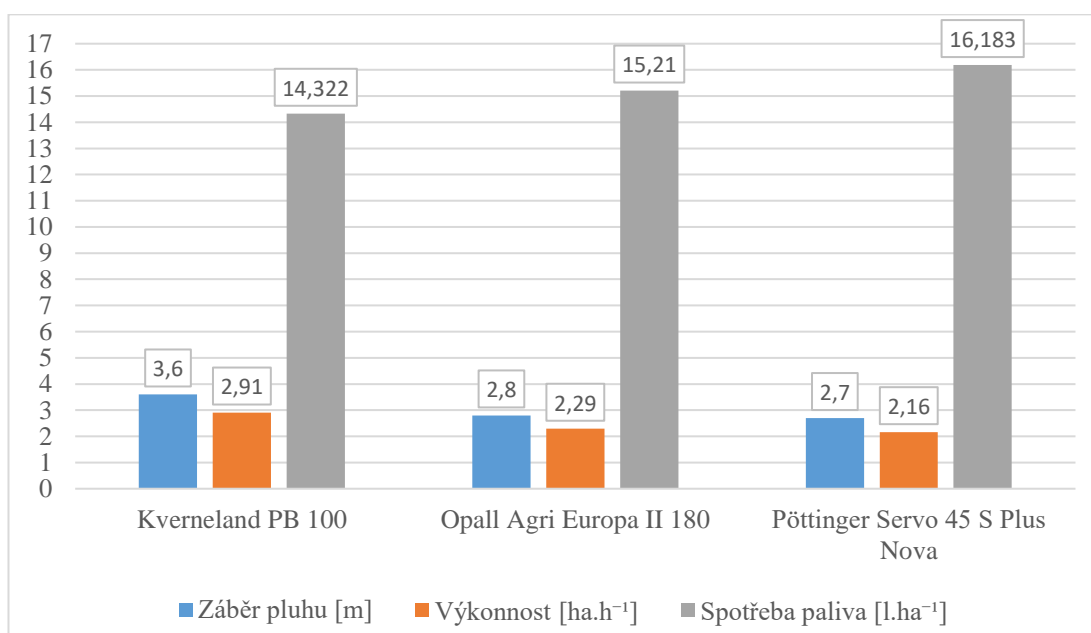
Pluh	Poč. dokončených jízd n_j [-]	Délka nedokončené brázdy s [m]	Hodinová spotřeba paliva q_{hod} [l.h ⁻¹]
Kverneland PB 100	13	413,30	41,677
Opall Agri Europa II 180	13	508,57	34,831
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	13	330	34,955

Za pomoci vztahů č. 4 a 5 byly získány hodnoty o výkonnosti soupravy a spotřebě paliva. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č. 6 a grafu č. 3.

Tabulka č. 6 - Letní orba: spotřeba paliva a výkonnost

Pluh	Záběr jednoho orebného tělesa [m]	Záběr pluhu [m]	Výkonnost W [ha.h ⁻¹]	Spotřeba paliva Q [l.ha ⁻¹]
Kverneland PB 100	0,45	3,6	2,91	14,322
Opall Agri Europa II 180	0,40	2,8	2,29	15,210
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	0,45	2,7	2,16	16,183

Graf č. 3 - Letní orba: spotřeba paliva a výkonnost



Podzimní orba byla provedena v termínu 19. 10. 2018. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulce č. 7.

Tabulka č. 7 - Podzimní orba: naměřené hodnoty

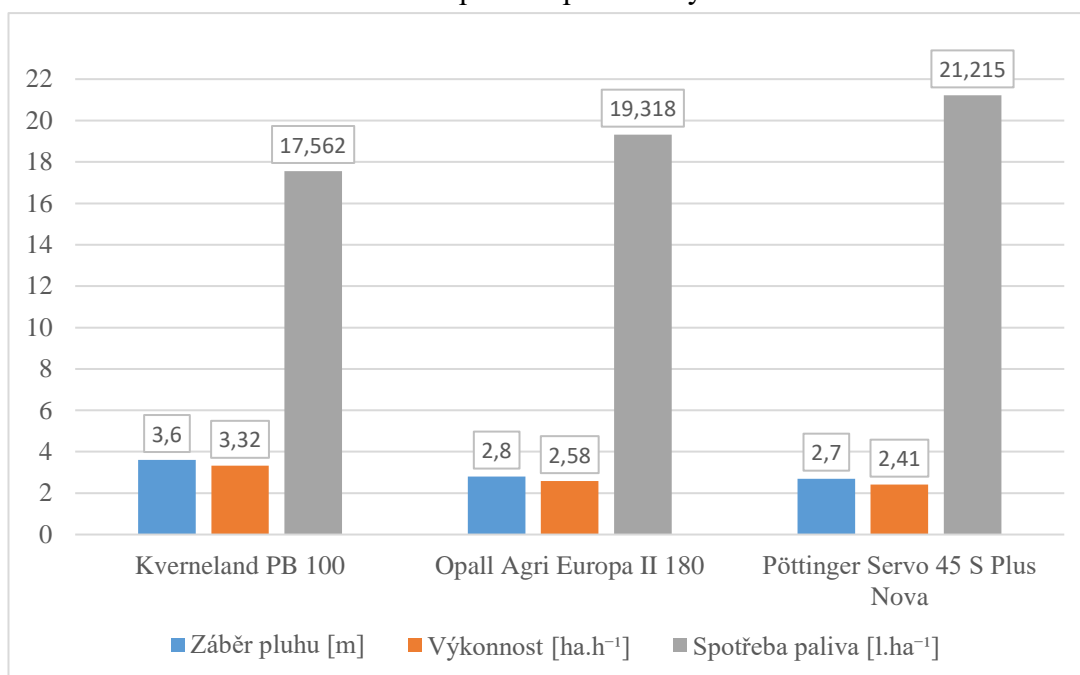
Pluh	Poč. dokončených jízd n_j [-]	Délka nedokončené brázdy s [m]	Hodinová spotřeba paliva q_{hod} [l.h ⁻¹]
Kverneland PB 100	8	630,20	58,306
Opall Agri Europa II 180	8	622,28	49,840
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	8	333,90	51,128

Za pomoci vztahů č. 4 a 5 byly získány hodnoty o spotřebě paliva a výkonnosti soupravy. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 8 a grafu č 4.

Tabulka č. 8 - Podzimní orba: spotřeba paliva a výkonnost

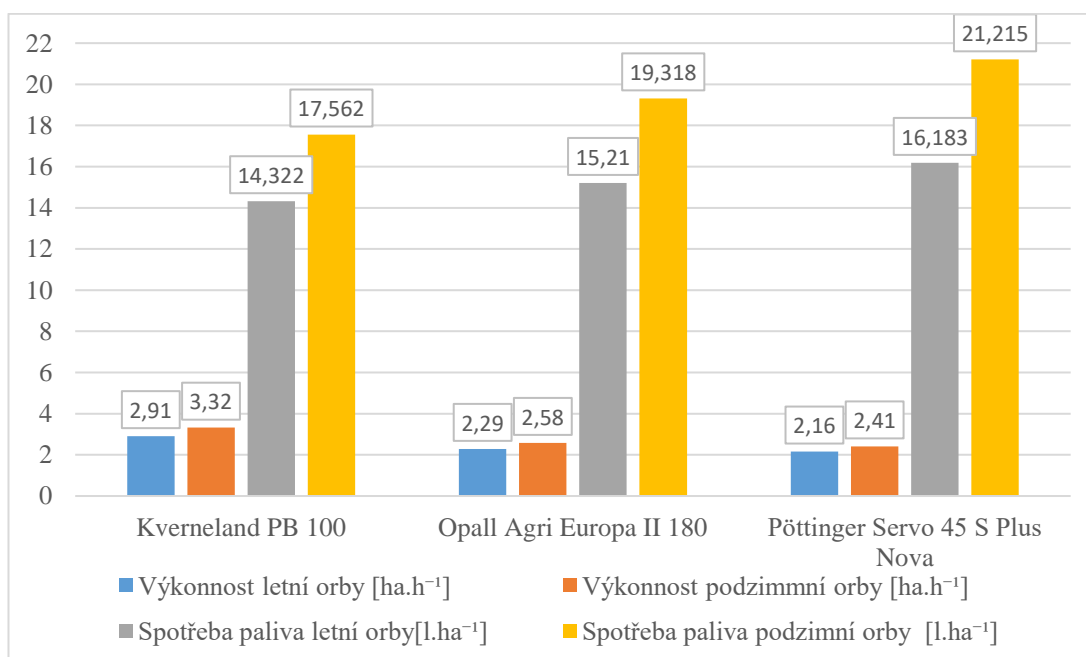
Pluh	Záběr jednoho orebného tělesa [m]	Záběr pluhu [m]	Výkonnost W [ha.h ⁻¹]	Spotřeba paliva Q [l.ha ⁻¹]
Kverneland PB 100	0,45	3,6	3,32	17,562
Opall Agri Europa II 180	0,40	2,8	2,58	19,318
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	0,45	2,7	2,41	21,215

Graf č. 4 - Podzimní orba: spotřeba paliva a výkonnost



V grafu č. 5 je znázorněna rozdílnost spotřeb a výkonností při letní a podzimní orbě u testovaných pluhů.

Graf č 5 - Porovnání spotřeb a výkonností letní a podzimní orby



4.3 Časová náročnost otočení soupravy na souvrati

Pluhy byly porovnány z pohledu třech nejčastějších způsobů otáčení na souvrati. Naměřené hodnoty z otáčení soupravy podle metody A na obrázku č. 13 jsou zaznamenány v tabulce č. 9.

Tabulka č. 9 - Otáčení soupravy: varianta A (naměřené hodnoty)

pluh	Šíře souvratě A [m]	Čas potřebný na otočení t_o [s]
Kverneland PB 100	15,2	54,37
Opall Agri Europa II 180	17,7	50,39
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	13,5	45,32

Dle vztahu č. 6, 7 a 8 byly získány výsledné hodnoty této metody, které jsou zaznamenány v tabulce č. 10.

Tabulka č. 10 - Otáčení soupravy: varianta A (výsledné hodnoty)

pluh	Plocha souvratě S_s [m ²]	Čas na zorání souvratě t_s [s]	Čas celkový t_{cA} [s]
Kverneland PB 100	109,4	11,87	66,24
Opall Agri Europa II 180	99,4	13,87	64,26
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	72,9	10,89	56,21

Hodnoty naměřené pro typ otáčení soupravy variantou B (dle obrázku č. 13) jsou uvedeny v tabulce č. 11.

Tabulka č. 11 - Otáčení soupravy: varianta B (naměřené hodnoty)

Pluh	Šíře souvratě B [m]	Čas potřebný na otočení t_o [s]
Kverneland PB 100	22,80	32,83
Opall Agri Europa II 180	20,45	31,19
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	22	27,10

Dle vztahu č. 6, 7 a 8 byly získány výsledné hodnoty této metody, které jsou zaznamenány v tabulce č. 12.

Tabulka č. 12 - Otáčení soupravy: varianta B (výsledné hodnoty)

Pluh	Plocha souvratě S_s [m ²]	Čas na zorání souvratě t_s [s]	Čas celkový t_{CB} [s]
Kverneland PB 100	164,16	17,80	50,60
Opall Agri Europa II 180	114,52	15,97	47,16
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	118,80	17,75	44,85

Hodnoty naměřené pro typ otáčení soupravy variantou C (dle obrázku č. 13) jsou uvedeny v tabulce č. 13.

Tabulka č. 13 - Otáčení soupravy: varianta C (naměřené hodnoty)

Pluh	Šíře souvratě C [m]	Čas potřebný na otočení t_o [s]
Kverneland PB 100	15,4	40,5
Opall Agri Europa II 180	14,1	37,2
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	13,2	33,0

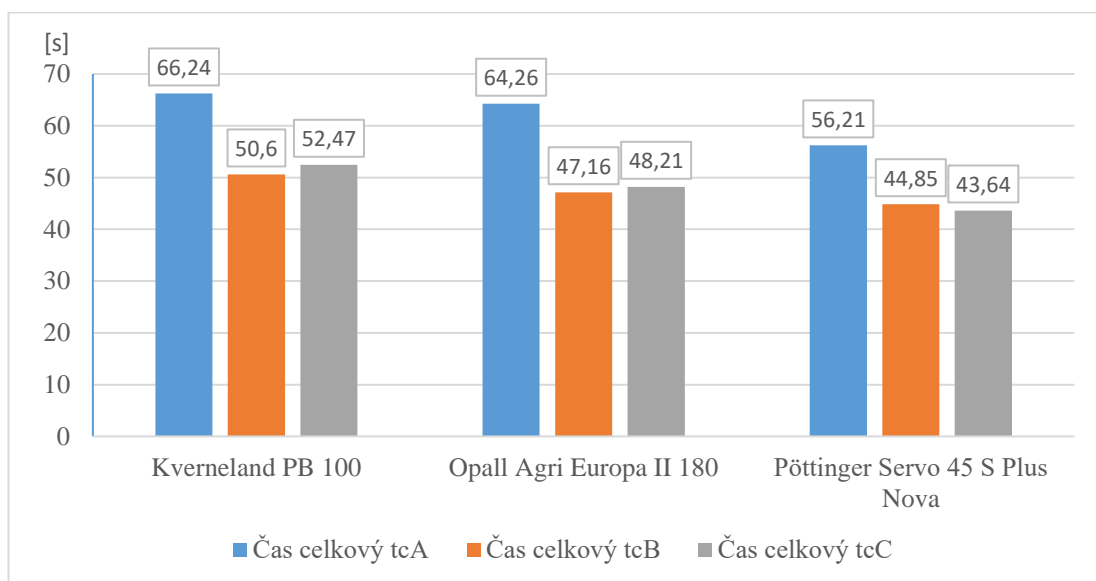
Dle vztahu č. 6, 7 a 8 byly získány výsledné hodnoty této metody, které jsou zaznamenány v tabulce č. 14.

Tabulka č. 14 - Otáčení soupravy: varianta C (výsledné hodnoty)

Pluh	Plocha souvratě S_s [m ²]	Čas na zorání souvratě t_s [s]	Čas celkový t_{CC} [s]
Kverneland PB 100	110,88	12,02	52,47
Opall Agri Europa II 180	78,96	11,01	48,21
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	71,28	10,65	43,64

V grafu č. 6 jsou zaznamenány časy potřebné na otočení soupravy a doorání souvratě u zkoumaných způsobů otáčení vybraných pluhů.

Graf č. 6 - Zhodnocení časů na provedení otočky a zorání souvratě

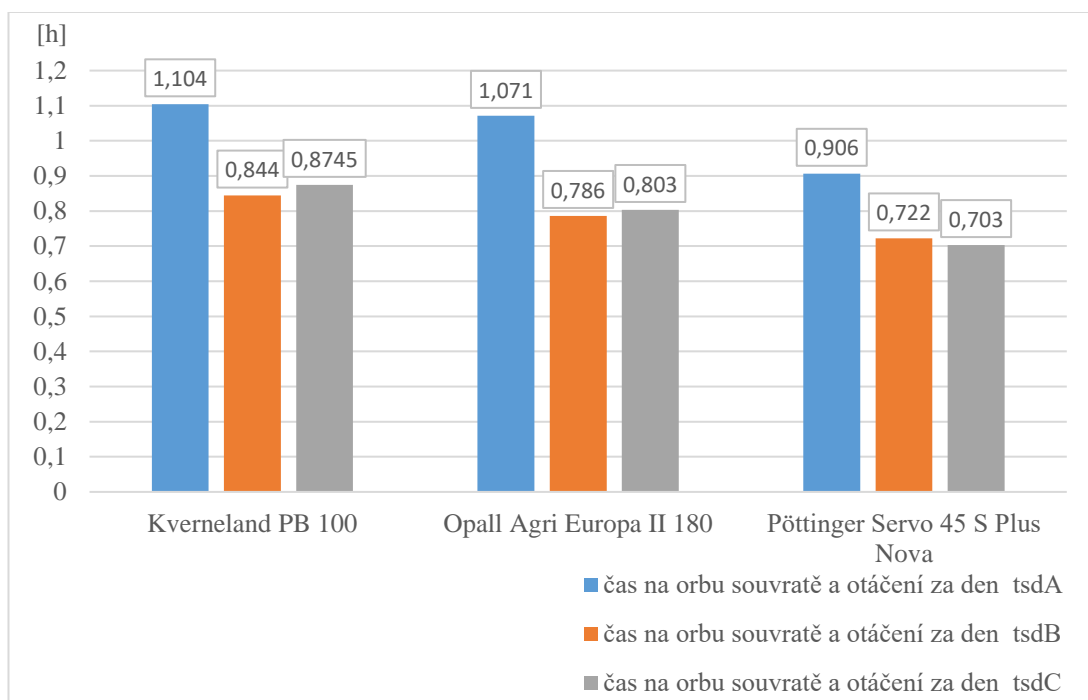


Pro zvýraznění rozdílnosti otáčení je možné jednotlivé metody porovnat v delším časovém spektru. V tomto případě byla využita získaná data pro teoretický výpočet časové náročnosti na doorání souvratě a otáčení soupravy za jeden pracovní den na ideálním pozemku s délkou brázdy 1 074 m. Pro výpočet byly využity vztahy č. 9, 10 a 11. Výsledné hodnoty jsou zaznamenány v tabulce č. 15 a grafu č. 7.

Tabulka č. 15 - Čas na orbu souvratě a otáčení za den

pluh	Čas na orbu souvratě a otáčení za den t_{sdA} [h]	Čas na orbu souvratě a otáčení za den t_{sdB} [h]	Čas na orbu souvratě a otáčení za den t_{sdC} [h]
Kverneland PB 100	1,104	0,844	0,8745
Opall Agri Europa II 180	1,071	0,786	0,803
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	0,906	0,722	0,703

Graf č. 7 – Čas na orbu souvratě a otáčení za den



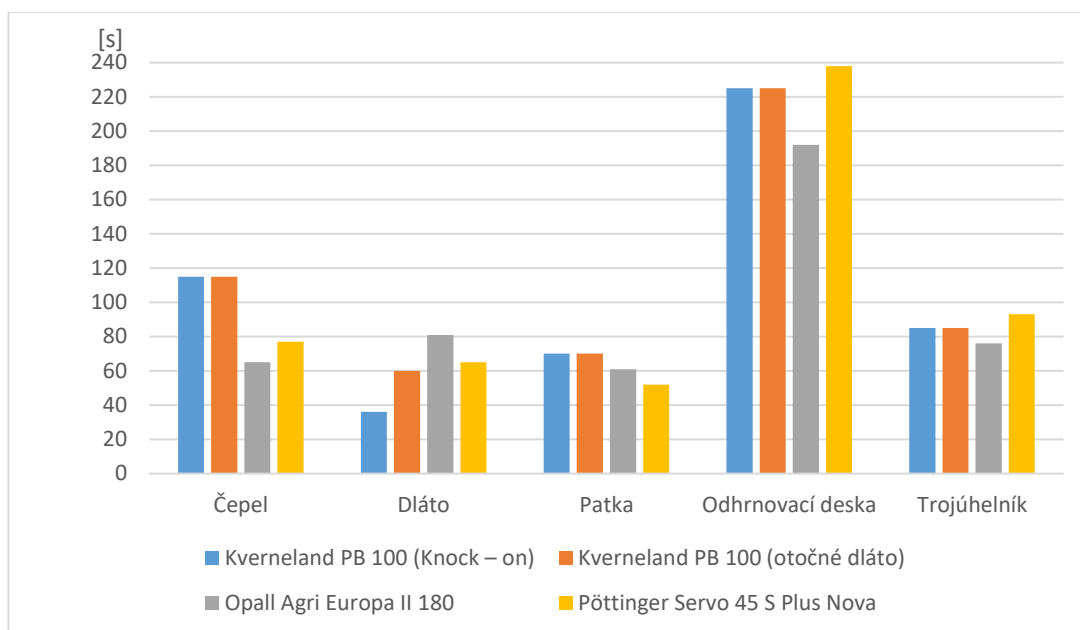
4.4 Časová náročnost na výměnu opotřebitelných dílů

U pluhů byl měřen čas na výměnu opotřebitelných dílů. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 16 a grafu č. 8.

Tabulka č. 16 - Porovnání pluhů dle času na výměnu opotř. dílů

Pluh	Čas na výměnu opotřebitelných dílů t_v [s]				
	Čepel	Dláto	Patka	Odhrnovací deska	Trojúhelník
Kverneland PB 100 (Knock – on)	115	36	70	225	85
Kverneland PB 100 (otočné dláto)	115	60	70	225	85
Opall Agri Europa II 180	65	81	61	192	76
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	77	65	52	238	93

Graf č. 8 – Čas na výměnu opotřebitelných dílů



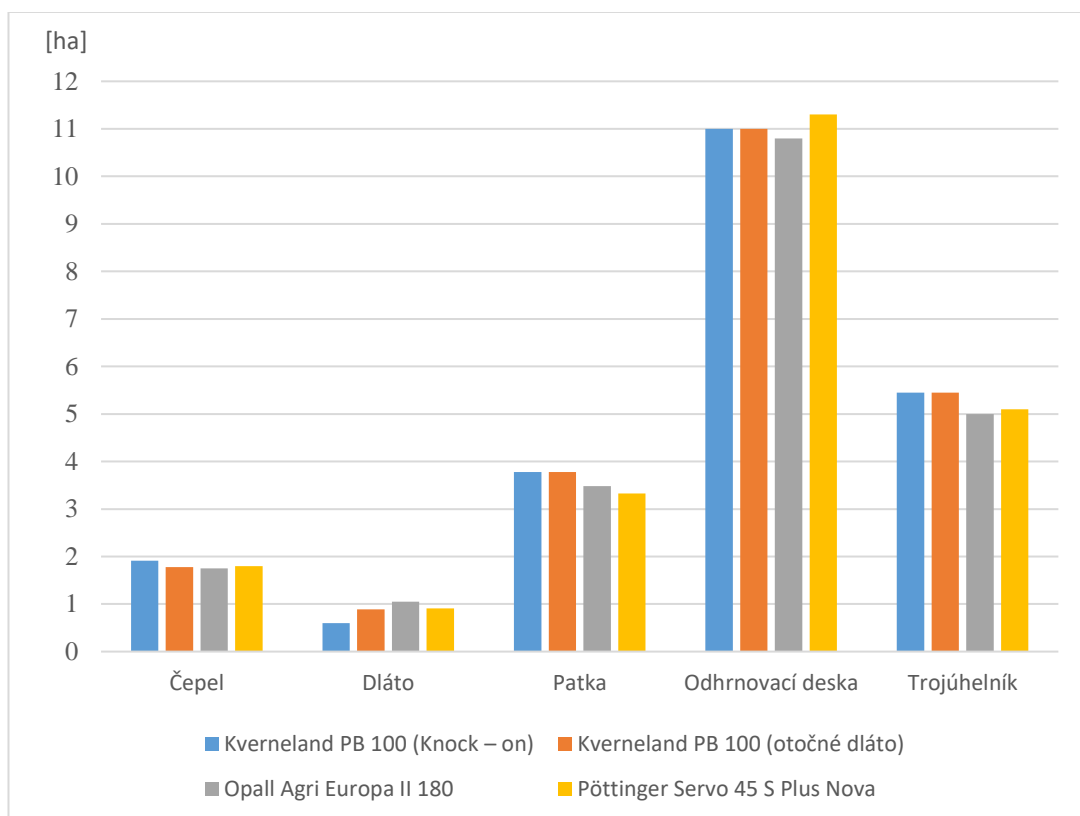
4.5 Náklady a živostnost opotřebitelných dílů

Pro výpočet nákladů bylo nutné zjistit živostnost jednotlivých komponentů. Životnost a cena jednotlivých dílů byla převzata interních podnikových dat. Získané informace jsou obsaženy v tabulkách č. 17 a 18.

Tabulka č. 17 - Životnost opotřebitelných dílů

Pluh	Životnost opotřebitelných dílů Ž [ha]				
	Čepel	Dláto	Patka	Odhrnovací deska	Trojúhelník
Kverneland PB 100 (Knock – on)	1,91	0,6	3,78	11	5,45
Kverneland PB 100 (otočné dláto)	1,78	0,89	3,78	11	5,45
Opall Agri Europa II 180	1,75	1,05	3,48	10,8	5
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	1,8	0,91	3,33	11,3	5,1

Graf č. 9 – Životnost opotřebitelných dílů



Tabulka č. 18 - Ceny opotřebitelných dílů pluhů

Pluh	Cena dílu C_d [Kč.ks ⁻¹]				
	Čepel	Dláto	Patka	Odhrnovací deska	Trojúhelník
Kverneland PB 100 (Knock – on)	549,90	282,5	215	2038,40	250
Kverneland PB 100 (otočné dláto)	549,90	137,2	215	2038,40	250
Opall Agri Europa II 180	348	424	215	2108	375
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	421,90	204,80	351	1860	305,60

Dle vztahu č. 12, byly zjištěny náklady na výměnu opotřebitelných dílů. Výsledky jsou obsaženy v tabulce č. 19.

Tabulka č. 19 - Náklady na výměnu opotřebitelných dílů

Pluh	Náklady na výměnu N_v [Kč]				
	Čepel	Dláto	Patka	Odhrovací deska	Trojúhelník
Kverneland PB100 (Knock – on)	7,9	2,5	4,8	15,4	5,8
Kverneland PB100 (otočné dláto)	7,9	4,1	4,8	15,4	5,8
Opall Agri Europa II 180	4,4	5,5	4,2	13,1	5,2
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	5,3	4,4	3,6	16,3	6,4

Dle vztahů č. 13 a 14 byly vypočteny náklady na opotřebitelné díly. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 20.

Tabulka č. 20 - Náklady na opotřebitelné díly

Pluh	Náklady na opotřebitelné díly N [Kč.ha ⁻¹]				
	Čepel	Dláto	Patka	Odhrovací deska	Trojúhelník
Kverneland PB100 (Knock – on)	292	474,9	58,1	186,7	46,9
Kverneland PB100 (otočné dláto)	313,3	163,4	58,1	186,7	46,9
Opall Agri Europa II 180	201,4	414,4	63	196,4	76
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	237,3	234,8	106,5	166	61,2

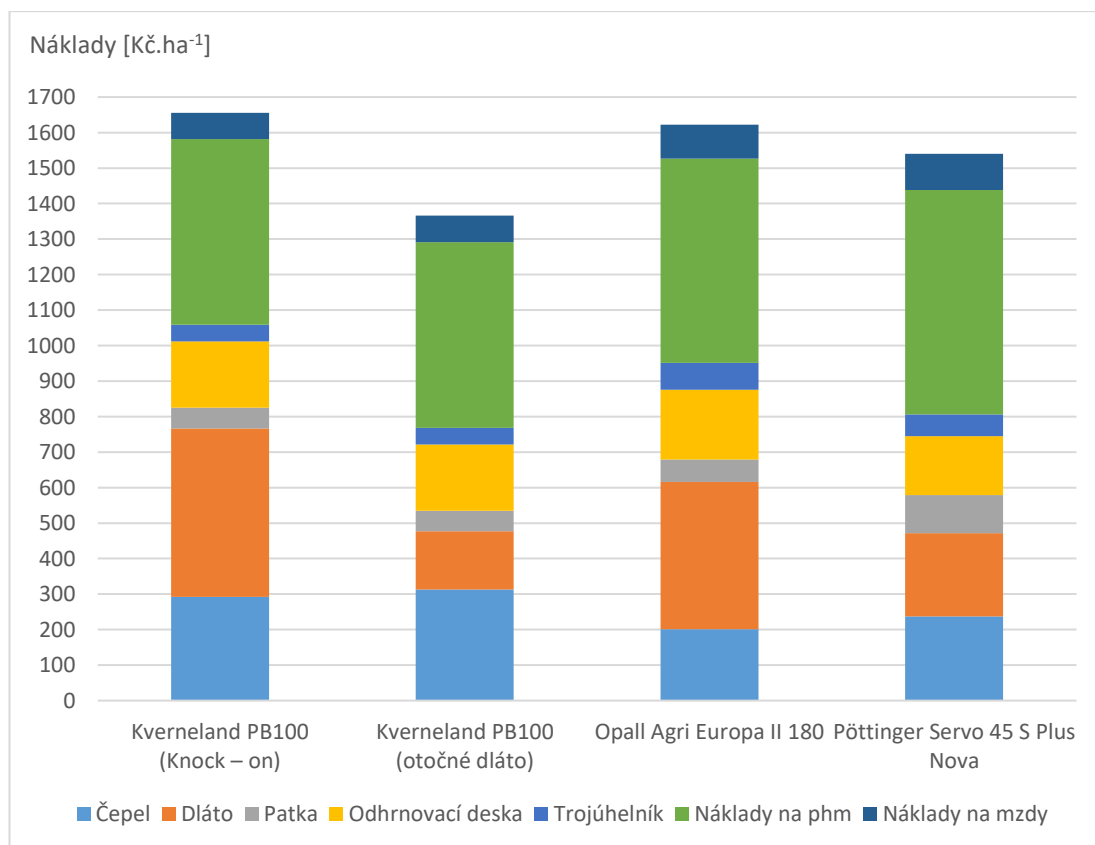
4.6 Náklady na orbu

Dle vztahu č. 15 bylo docíleno výsledků, které jsou popsány v tabulce č. 21 a v grafu č. 10. Dosažené hodnoty znázorňují reálné náklady jednotlivých souprav při orbě. Do nákladů se promítly nejvíce opotřebovávající se díly pluhu, spotřeba paliva a cena lidské práce.

Tabulka č. 21 - Náklady na orbu

Pluh	Náklady na orbu N_o [Kč.ha ⁻¹]
Kverneland PB 100 (Knock – on)	1 656,2
Kverneland PB100 (otočné dláto)	1 365,9
Opall Agri Europa II 180	1 622,6
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	1 540,1

Graf č. 10 – Náklady na orbu



4.7 Vzházení a růst řepky ozimé

Setí řepky ozimé na zkoumaném pozemku proběhlo dne 14. 8. 2018 s výsevkem 2,75 kg.ha⁻¹. Standartně je řepka ozimá vysévána v hustotě 30 až 40 rostlin na 1 m². Podnik se zaměřuje na pěstování hybridů, přičemž vysévá 75 % výsevní jednotky. Při takovémto zakládání porostu by měla být výsledná hustota 22 až 30 rostlin na 1 m².

Vzhledem k již zmíněným extrémním klimatickým podmínkám, byla vzházivost řepky velmi nevyrovnaná. Ve stinných místech na okrajích pozemku vzházela řepka dříve než na otevřeném prostranství. Vzhledem k těmto okolnostem bylo měření vzešlých rostlin nutné odložit do doby, než bude porost vyrovnaný. Výsledky měření jsou zaznamenány v tabulce č. 22.

Podnik se pokusil nevyrovnaný porost podpořit přípravkem pro stimulaci růstu a roztokem močoviny. Tento postup se osvědčil. V průběhu vegetace nebyl zaznamenán žádný rozdíl v zaplevelenosti pozemku ani ve vitalitě rostlin v závislosti na použitých typech pluhů.

Tabulka č. 22 - Řepka ozimá

Pluh	Datum měření	Počet rostlin [ks.m ⁻²]
Kverneland PB 100	2. 9. 2018	28
	6. 10. 2018	27
	1. 3. 2019	27
Opall Agri Europa II 180	2. 9. 2018	29
	6. 10. 2018	26
	1. 3. 2019	25
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	2. 9. 2018	29
	6. 10. 2018	29
	1. 3. 2019	27

4.8 Vzcházení a růst pšenice ozimé

Setí pšenice ozimé proběhlo na pozemku dne 20. 9. 2018 s výsevkem $210 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, což odpovídá hodnotě 3,5 MKS. Výsledky o počtu rostlin v průběhu vegetace jsou uvedeny v tabulce č. 23. V průběhu vegetace nebyl zaznamenán žádný rozdíl v zaplevelenosti pozemku ani ve vitalitě rostlin v závislosti na použitých typech pluhů.

Tabulka č. 23 - Pšenice ozimá

Pluh	Datum měření	Počet rostlin [ks.m ⁻²]
Kverneland PB 100	25. 10. 2018	340
	30. 11. 2018	340
	1. 3. 2019	335
Opall Agri Europa II 180	25. 10. 2018	348
	30. 11. 2018	346
	1. 3. 2019	340
Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	25. 10. 2018	342
	30. 11. 2018	341
	1. 3. 2019	338

Diskuse

Na základě naměřených a vypočtených hodnot lze zodpovědět otázky z cíle této práce.

Který druh radličného pluhu má prokazatelný vliv na úsporu nákladů?

Ano, z naměřených a vypočtených hodnot je patrné, že jednotlivé agregace traktoru New Holland T.8 390 s pluhu Kverneland PB 100, Europa II a Pöttinger Servo 45 S Plus Nova vykazovaly výrazně rozdílné spotřeby a výkonnosti. Nejvýkonnější agregace traktoru byla s pluhem Kverneland PB 100, kdy při letní orbě byla naměřena $2,9 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$ a při podzimní orbě $3,32 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$.

Z hlediska spotřeby paliva byla i tato agregace nejspornější. Při letní orbě byla naměřena spotřeba $14,3 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ a při podzimní orbě $17,6 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$. Z naměřených hodnot vyplývá, že výkon motoru je vhodné ideálně zatěžovat a volit tak vhodné spojení pracovním nářadím, kdy souprava vykazuje nejvyšší výkonnost a nejnižší spotřebu. Velký zálohový výkon energetického prostředku soupravy není žádoucí.

BAUER (2006) uvádí, že nejčastější chyba vzniká při agregaci traktorů vyšší výkonové třídy s nářadím nižší výkonové náročnosti. Vzniká tak nevyužitý potenciál výkonu motoru. Pro udržení nízké spotřeby paliva a vysoké plošné výkonnosti je nutné zvolit adekvátní záběr stroje a udržovat motor v optimálních otáčkách, kdy je dosaženo maximálního točivého momentu při nízké spotřebě paliva.

Firma Agropol Útěchovice se agregací energetických prostředků s nářadím snaží optimálně využívat výkon motoru. V případě pluhů agreguje pluh Kverneland s traktorem New Holland T8.390, Opall Agri s Case IH 195 CVX a Pöttinger s Fendt 936 Vario. U této soupravy bych rád zmínil, že záběr pluhu je srovnatelný s pluhem Europa II. Tento nesený pluh je nejtěžší možná verze, kterou výrobce nabízí. Pluh je nutné agregovat s energetickým článkem, který má dostatečnou hmotnost pro bezpečné ovládání pluhu. V tomto případě není výkon motoru efektivně využit. Firma se pokusila agregovat pluh s kolovým traktorem New Holland T7.270, ale ani při použití 900 kg závaží v čelní hydraulice nebyla bezpečnost zajištěna.

Pluhy byly dále porovnávány dle způsobu otáčení na souvrati. Z dosažených výsledků vyplývá, že způsob otáčení soupravy na souvrati má prokazatelný vliv na celkovou výkonnost. Závěry z měření ukazují, že nejvýhodnějším otáčením

s polonesenými pluhy je otočka bez vyjíždění do nezorané části pozemku s otočením kolmo k brázdě (varianta B, viz obrázek č. 13). Nesený pluh vykazoval nejvhodnější otočku s nacouváním po souvrati (varianta C, viz obrázek č. 13). Tento výsledek spočívá především v konstrukci pluhu. Obsluha, v případě neseného pluhu, nemusí korigovat při reverzaci směr couvání pluhu jako u polonesených konstrukcí.

Při porovnávání pluhů z hlediska nákladů při orbě, u kterých byly započítány nejčastěji opotřebovávající se díly pluhu, cena lidské práce a spotřeba paliva během orby, vyšla nejlépe agregace traktoru s pluhem Kverneland PB 100 při ceně 1 365,9 Kč.ha⁻¹ při užití standartních otočných dlát. Při využití dlát typu Knock – on byla cena 1 656,2 Kč.ha⁻¹.

Na stránkách http://www.cskagro.cz/media/PROSPEKTY/Polonesene_pluhy_2014.pdf („staženo dne: 8. 1. 2019“) je uvedeno, že uchycení dlát systémem Knock – on je efektivní řešení při výměně, kdy je dláto vyměněno v řádech sekund. Dále je uvedeno, že tato dláta lépe vnikají do půdy i v extrémních podmínkách.

Dle měření se toto tvrzení potvrdilo, avšak pořizovací cena dílů je znatelně vyšší než u běžných typů dlát. Jejich životnost je také o něco vyšší, avšak výslednou cenu tento fakt ovlivní jen mírně. Přesto že rozdíly jednotlivých pluhů v nákladech při orbě nebyly extrémně rozdílné, z pohledu agrotechnických postupů a agrotechnických lhůt je nutné zohlednit především výkonnost soupravy.

Má tato technologie vliv na stav porostu kulturní plodiny?

Ne, z naměřených hodnot v průběhu vegetace kulturních plodin nebyl zaznamenán žádný vliv na hustotu porostu při využití rozdílných typů pluhů. V průběhu vegetace nebyly zaznamenány rozdíly v druhu zaplevelení jak u řepky ozimé, tak u pšenice ozimé. Stejně tak nebyl zpozorován rozdíl v množství rostlin napadených škůdci či plísňemi.

V loňském, extrémně suchém létě, byla vzcházivost řepky ozimé výrazně narušena. Vzcházení bylo nevyrovnané. Nejrychleji vzcházela ve stinných místech. Tento stav však nelze přičítat rozdílným druhům pluhů, ale klimatu a typu zpracování půdy. Řepku ozimou bylo nutné podpořit stimulatory růstu. Během podzimu se hustota porostu vyrovnala.

V AŠÁK (2001) uvádí, že v případě setí řepky ozimé je nutné se vyvarovat hrud na povrchu pozemku. Semena řepky ozimé neklíčí jako obiloviny za pomoci kapilárně aktivního seťového lůžka. Semena řepky získávají vlhkost ke klíčení z povrchové vody, rosy, deště. Hrudky vytvořené na povrchu pozemku v noci rychle vystydnou, a jelikož se rosa vytváří na chladném povrchu, rosu do sebe nasakují hroudy a k semenu řepky se vlhkost nedostává. Říká se: „hrudka, řepky hrobka“. Na pozemcích s hrudkami vzchází řepka jen v případě dešťů. Proto se doporučuje v suchých oblastech využít spíše minimalizačních metod pro založení porostu.

Podnik se v některých úsecích setkával s tvorbou velkých hrud při orbě. V těchto úsecích bylo nutné půdu nejprve rozdrobit za pomoci cambridských válců a až poté kompaktozem provést předseťovou přípravu půdy. Tento postup byl však neefektivní a ekonomicky náročný. Za účelem snížení velikosti hrud byly sníženy záběry pluhů. V tomto případě se u porovnávaných pluhů velmi osvědčil vario systém, který umožnil nastavit maximální záběr s přijatelnými drobíci vlastnostmi.

Závěr

Cílem mé práce bylo porovnat ve srovnatelných podmínkách pluhu a dojít tak k závěru, zda mají rozdílné typy pluhů vliv na náklady a na stav porostu kulturních plodin. Pro umožnění měření jsem oslovil firmu Agrospol Útěchovice spol. s r. o., s kterou již řadu let spolupracuji a jež vlastní všechnu potřebnou techniku. Experimentální pozemky, na nichž bylo prováděno měření, firma vlastní, nebo je má v pronájmu. Podnik tak nebyl výrazně blokován v průběhu polních prací při dodržování agrotechnických lhůt v průběhu měření.

Z dosažených výsledků je patrné, že vhodná agregace traktoru s ideálním záběrem náradí a výkonnostními nároky, může zvýšit výkonnost soupravy při udržení nízké spotřeby paliva. V praxi je možné zjistit, že volba agregace energetického prostředku s náradím probíhá pouze odhadem. Často se stává, že výkon motoru energetického článku není vhodně využit, má vyšší spotřebu a nízkou výkonnost, čímž se provoz takové soupravy prodražuje.

Druh pluhu nemá na zdravotní stav a hustotu porostu kulturní plodiny vliv. Velký vliv na průběh vzcházení, především řepky ozimé, mělo letošní počasí, kdy srážky v letních měsících byly minimální a teploty extrémní. Tento jev se také projevil na nízké životnosti opotřebitelných dílů pluhů, čímž se zvýšily náklady na zpracování půdy.

Závěry této práce mohou být cenným prostředkem pro zemědělské společnosti zabývající se rostlinnou výrobou a to především v konvenčním systému zpracování půdy. Závěry práce napomáhají při sestavování souprav a optimalizování nákladů či zvyšování výkonnosti souprav při orbě.

Přehled použité literatury a zdrojů

BAUER F., SEDLÁK P., ŠMERDA T. (2006): *Traktory*. Praha: Profi Press, 192 s. ISBN 80-867-2615-0

BENEŠ P. (2008). Orba on-land – diskutované téma. Profi Press Praha, *Mechanizace zemědělství*. LVIII/5, s. 11-12, ISSN 0373-6776, dostupné také z: <https://profipress.cz/archiv/mechanizace-zemedelstvi-052008/?text=orba%20on%20land#page/13> „staženo dne: 29. 12. 2018“

BENEŠ P. (2010). Jít s dobou je určitě správná volba. Profi Press Praha, *Zemědělec*. XVIII/26, s. 10, ISSN 1211-3816, dostupné také z: <https://zemedelec.cz/jit-s-dobou-je-urcite-spravna-volba/> „staženo dne: 9. 12. 2018“

BENEŠ P. (2014). Novinka mezi pluhů Överum. Profi Press Praha, *Mechanizace zemědělství*. LXIV/2, s. 65, ISSN 0373-6776, dostupné také z: <https://profipress.cz/archiv/mechanizace-zemedelstvi-22014/?text=orba%20GPS#page/65> „staženo dne: 20. 2. 2019“

BLANCO H., LAL R. (2008). *Principles od Soil Conservation and Management*. Springer Dorfrecht Heidelberg London New York, 617 s. ISBN 978-1-4020-7808-0, také dostupné z: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40791558/Humberto_Blanco-Canqui_Rattan_Lal_auth.-Principles_of_Soil_Conservation_and_Management-Springer_Netherlands_2010.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1553113989&Signature=c3iMey5xCcSPJcmcW0gRU%2Bgq0bA%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DHumberto_Blanco_Canqui_Rattan_Lal_auth_P.pdf „staženo dne: 10. 3. 2019“

HAMZA M. A., ANDERSON W. K. (2005). Soilcompaction in croppingsystems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Trillage Research*, vol. 82, no. 2, 2005. ISSN: 0167-1987, také dostupné z: <http://beyondagronomy.com/cmsFiles/documents/document576af26740b85.pdf>

HŮLA J., ABRHAM Z., BAUER F. (1997): *Zpracování půdy*. Praha: Nakladatelství Brázda, s. r. o., 144s. ISBN 80-209-0265-1

HŮLA J., PODPĚRA V., STEHNO L. (2002). Test pčhu Kverneland Packomat. Profi Press Praha, *Mechanizace zemědělství*. LII/2, s. 26-31, ISSN 1212-9984, dostupné také z:

<https://profipress.cz/archiv/mechanizace-zemedelstvi-22002/?text=p%C4%9Bch%20test#page/31> „staženo dne: 2. 1. 2019“

HŮLA J., PROCHÁZKOVÁ B., BADALÍKOVÁ B., DOVRTĚL J., DRYŠLOVÁ T., HARTMANN I., HRUBÝ J., HRUDOVÁ E., JAVŮREK M., KASAL P., KLEM K., KOVAŘÍČEK P., KROULÍK M., KUMHÁLA F., MAŠEK J., NEUDERT L., RŮŽEK P., SMUTNÝ V., VÁŇOVÁ M., WINKLER J. (2008): *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Vydavatelství Profi Press, s. r. o., 248 s. ISBN 978-8086726-28-1

KÖLLER K., LINKE CH. (2006): *Úspěch bez pluhu*. Praha: Vydavatelství ZT, 192 s. ISBN 80-87002-00-8

NARDALI E. T. (2010): *No-till Farming: Effects on Soil, Pros and Cons and Potential*. Nova Science Publishers, 214 s. ISBN 16-07414-02-3

PASTOREK Z., MATĚJKA J., SAIDL M., CEMPÍREK M., VEGREIT J., SYROVÝ O., HOLUBOVÁ V., HŮLA J., FÉR J., SKLAICKÝ J., BARTOLOMĚJEV A., ABRHÁM Z. (2002): *Zemědělská technika dnes a zítra*. Praha: Nakladatelství Martin Sedláček, 144 s. ISBN 80-902413-4-4

ROH J., KUMHÁLA F., HEŘMÁNEK P. (2003): *Stroje používané v rostlinné výrobě*. Praha: CEREDIT Praha, 270 s. ISBN 80-213-0614-9

SMUTNÝ V., DRYŠLOVÁ T., HANDLÍČOVÁ M., HOUŠŤ M., LUKAS V., MATUŠINSKY P., NEUDERT P., PROCHÁZKOVÁ B., STRAŠIL Z., VACH M. (2015): *Význam technologií zpracování půdy a dalších agrotechnických opatření při pěstování obilnin*. Reklamní studio REIS Brno, 56 s. ISBN 978-80-7509-369-1

STANĚK L. (2014): Zapomenuté druhy pluhů? Profi Press Praha, *Mechanizace zemědělství*. LXIV/8, s. 46-49, ISSN 0373-6776, dostupné také z: <https://profipress.cz/archiv/mechanizace-zemedelstvi-82014/?text=zapomenute#page/2> „staženo dne: 2. 1. 2019“

VAŠÁK J. (2001): Hlavní principy zakládání porostů řepky ozimé Profi Press Praha, *Úroda*. II/7, s. 22-23, ISSN 0139-6013, dostupné také z: <https://profipress.cz/archiv/uroda->

72001/?text=Principy%20zakl%C3%A1d%C3%A1n%C3%AD%20porost%C5%AF%20ozim%C3%A9%20C5%99epky#page/38 „staženo dne: 3. 1. 2019“

Internetové zdroje:

http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=jak_vznika_a_kde_se_ztraci_puda&site=puda „staženo dne: 3. 12. 2018“

<https://www.farmcollector.com/farm-life/u-s-farmers-during-great-depression>
„staženo dne: 8. 12. 2018“

<https://rybitvi.cz/bratraci-veverkove-a-jejich-vynalez-ruchadla/>
„staženo dne: 8. 12. 2018“

<https://www.czso.cz/csu/czso/za-sto-let-ubyla-tretina-zemedelske-pudy>
„staženo dne: 8. 12. 2018“

<http://eagri.cz/public/web/mze/puda/novinky/trendy-pud-v-cr-vysledky-vyzkumu.html> „staženo dne: 8. 12. 2018“

http://www.agropark.sk/assets/uploads/files/profitableploughing_brochure_czech.pdf
„staženo dne: 9. 12. 2018“

<https://zemedelec.cz/jit-s-dobou-je-urcite-spravna-volba/> „staženo dne: 9. 12. 2018“

<https://www.pragaglobal.com/cs/motorovy-pluh-praga/> „staženo: 9. 12. 2018“

https://www.tyden.cz/rubriky/media/stolety-kuryr/mladoboleslavska-automobilka-zacala-s-vyrobou-pluhu_235069.html „staženo: 9. 12. 2018“

<https://www.agrojournal.cz/clanky/historie-traktoru-v-zemedelstvi-parni-stroje-30>
„staženo dne: 9. 12. 2018“

<https://www.agrojournal.cz/clanky/soucasne-trendy-zpracovani-pudy-327>
„staženo dne: 9. 12. 2018“

<https://zemedelec.cz/jit-s-dobou-je-urcite-spravna-volba/> „staženo dne: 9. 12. 2018“

<http://eagri.cz/public/web/mze/puda/novinky/trendy-pud-v-cr-vysledky-vyzkumu.html> „staženo dne: 8. 12. 2018“

<http://www.agportal.cz/cz/novinky/test-pluhu-servo-6-50-nova.html>
staženo dne: „11. 12. 2018“

<https://www.agroportal24h.cz/foto-video/inteligentni-pluh-sam-zarovna-okraj-pole-jak-to-funguje> „staženo dne: 11. 12. 2018“

www.agrics.cz/novinka-pudni-senzor „staženo dne: 28. 12. 2018“

https://www.poettinger.at/cs_cz/Produkty/Detail/535/nesene-pluhy-servo-45-s#modelle „staženo dne: 30. 12. 2018“

<https://www.opall-agri.cz/poloneseny-otocny-pluh-europa-ii-180>
„staženo dne: 30. 12. 2018“

http://www.arbo-kt.cz/images_users/t8_140306_pro_web.pdf
„staženo dne: 30. 12. 2018“

<https://cz.kverneland.com/Zpracovani-pudy/Pluhy/Polonesene-otocne-pluhy/Pluh-Kverneland-PB> „staženo dne: 30. 12. 2018“

http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/zpracovani_pudy.pdf
„staženo dne: 3. 1. 2019“

<https://www.agrojournal.cz/clanky/pluh-rozhodujici-clanek-konvencniho-zpracovani-pudy-122> „staženo dne: 3. 1. 2019“

[http://www.agratech.sk/nesene-pluhy-jupiter-ii/ zdroj: „staženo dne: 8. 1. 2019“](http://www.agratech.sk/nesene-pluhy-jupiter-ii/)

http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/zpracovani_pudy.pdf
„staženo dne: 8. 1. 2019“

https://www.poettinger.at/sk_sk/Newsroom/Artikel/6936/pluh-servo-krojidlo-pro-tvorbu-sirsi-orebni-brazdy „staženo dne: 8. 1. 2019“

http://www.cskagro.cz/media/PROSPEKTY/Polonesene_pluhy_2014.pdf
„staženo dne: 8. 1. 2019“)

<https://www.bvv.cz/techagro/aktuality/novy-i-pluh/> „staženo dne: 20. 2. 2019“

<http://www.jakpodnikat.cz/prumerne-ceny-phm.php> „staženo dne: 6. 3. 2019“

<https://www.finance.cz/zpravy/finance/455334-eu-jak-vysoke-jsou-mzdove-naklady/>
„staženo dne: 6. 3. 2019“

<https://www.kurzy.cz/kurzy-men/nejlepsi-kurzy/EUR-euro/> „staženo dne: 6. 3. 2019“

Seznam vzorců

Vztah č. 1 - Orební poměr	27
Vztah č. 2 - Orební poměr s předradličkou	27
Vztah č. 3 - Měrný odpor	28
Vztah č. 4 - Výkonnost	44
Vztah č. 5 - Spotřeba paliva	45
Vztah č. 6 - Plocha souvratě	46
Vztah č. 7 - Čas na zorání souvratě	46
Vztah č. 8 - Čas celkový	47
Vztah č. 9 - Délka souvratě	47
Vztah č. 10 - Počet otáček soupravy za den	48
Vztah č. 11 - Čas na orbu souvratě a otočení za den	48
Vztah č. 12 - Cena výměny	49
Vztah č. 13 - Náklady na opotřebitelné díly	49
Vztah č. 14 - Náklady na opotřebitelné díly	50
Vztah č. 15 - Náklady na orbu	50

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 - New Holland T8.390 - technické údaje	40
Tabulka č. 2 - Kverneland PB 100 - technické údaje.....	41
Tabulka č. 3 - Opall Agri Europa II 180 - technické údaje	42
Tabulka č. 4 - Pöttinger Servo 45 S Plus Nova - technické údaje.....	43
Tabulka č. 5 - Letní orba: naměřené hodnoty	52
Tabulka č. 6 - Letní orba: spotřeba paliva a výkonnost	53
Tabulka č. 7 - Podzimní orba: naměřené hodnoty	54
Tabulka č. 8 - Podzimní orba: spotřeba paliva a výkonnost	54
Tabulka č. 9 - Otáčení soupravy: varianta A (naměřené hodnoty)	56
Tabulka č. 10 - Otáčení soupravy: varianta A (výsledné hodnoty).....	56
Tabulka č. 11 - Otáčení soupravy: varianta B (naměřené hodnoty).....	56
Tabulka č. 12 - Otáčení soupravy: varianta B (výsledné hodnoty).....	57
Tabulka č. 13 - Otáčení soupravy: varianta C (naměřené hodnoty).....	57
Tabulka č. 14 - Otáčení soupravy: varianta C (výsledné hodnoty).....	57
Tabulka č. 15 - Čas na orbu souvratě a otáčení za den	58
Tabulka č. 16 - Porovnání pluhů dle času na výměnu opotř. dílů.....	59
Tabulka č. 17 - Životnost opotřebitelných dílů	60
Tabulka č. 18 - Ceny opotřebitelných dílů pluhů.....	61
Tabulka č. 19 - Náklady na výměnu opotřebitelných dílů	62
Tabulka č. 20 - Náklady na opotřebitelné díly	62
Tabulka č. 21 - Náklady na orbu	63
Tabulka č. 22 - Řepka ozimá.....	64
Tabulka č. 23 - Pšenice ozimá.....	65

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 - Ruchadlo bratranců Veverkových	12
Obrázek č. 2 - Větrná eroze v USA 1936.....	13
Obrázek č. 3 - Lanová orba	19
Obrázek č. 4 - Popis radličného pluhu	21
Obrázek č. 5 - Třístranný klín	28
Obrázek č. 6 - Tahový bod	29
Obrázek č. 7 - Hрудоřezy	35
Obrázek č. 8 - Top Soil Mapper	36
Obrázek č. 9 - New Holland T8.390	39
Obrázek č. 10 - Kverneland PB 100.....	40
Obrázek č. 11- Europa II 180	41
Obrázek č. 12 - Pöttinger Servo 45 S Plus Nova	42
Obrázek č. 13 - Schéma otáčení soupravy na souvrati.....	45
Obrázek č. 14 - Hroudy na pozemku.....	52

Seznam grafů

Graf č. 1 – Vývoj teplot v kraji Vysočina	51
Graf č. 2 – Vývoj srážek v kraji Vysočina	51
Graf č. 3 - Letní orba: spotřeba paliva a výkonnost.....	53
Graf č. 4 - Podzimní orba: spotřeba paliva a výkonnost	55
Graf č 5 - Porovnání spotřeb a výkonností letní a podzimní orby	55
Graf č. 6 - Zhodnocení časů na provedení otočky a zorání souvratě	58
Graf č. 7 – Čas na orbu souvratě a otáčení za den.....	59
Graf č. 8 – Čas na výměnu opotřebitelných dílů.....	60
Graf č. 9 – Životnost opotřebitelných dílů	61
Graf č. 10 – Náklady na orbu	63