

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2017

Bc. JIŘÍ RÝZNAR



Agronomická
fakulta

Mendelova
univerzita
v Brně



**Vliv tlaku v pneumatikách na výstupní parametry
orební soupravy**

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Ing. Adam Polcar, Ph.D.

Vypracoval:

Bc. Jiří Rýznar

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Vliv tlaku v pneumatikách na výstupní parametry orební soupravy** vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu své práce panu Ing. Adamu Polcarovi, Ph.D. za zrealizování měření, cenné rady, odbornou pomoc, konzultace při zpracování a vyhodnocení mé diplomové práce. Dále děkuji kamarádům, kteří se podíleli na měření diplomové práce Bc. Tomáši Dubovi, Bc. Václavu Kašparovi, Bc. Dávidu Petrekovi, Bc. Ondřeji Brychtovi. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat společnosti Silyba a.s za půjčení traktoru a poskytnutí pozemku pro měření.

ABSTRAKT

S neustálým rozvojem techniky dochází k nárustu pracovního záběru nářadí a hmotností traktorů. Těžká technika a následné přejezdy po pozemcích způsobují negativní zhutnění, které se projevuje ztrátou produkce, špatným zadržováním vody, živin a vzduchu. Zmíněné faktory způsobují snížení peněžní hodnoty z vyprodukovaných plodin. Orba patří mezi energeticky a finančně náročné operace, přičemž v současné době je stále používána. Jedním z úsporných opatření je vybavení stroje centrálním systémem huštění pneumatik, čímž dochází ke snížení spotřeby paliva a rovněž i ke snížení utužení půdy, zvýšení hektarové výkonnosti soupravy, snížení prokluzu, časové náročnosti na obsluhu.

Teoretická část práce pojednává o konvenčním zpracování půdy, kde součástí je rozdělení jednotlivých pluhů, dále popisuje regulaci třibodového závěsu, systémy centrálního huštění pneumatik a konstrukční řešení pneumatik.

Praktická část je zaměřena na sledování vlivu tlaku huštění pneumatik traktoru, které ovlivňují výstupní parametry orební soupravy. Mezi prvky ovlivňující ekonomickou náročnost operace patří správně zvolené pneumatiky, které umožní pracovat při takto sníženém tlaku vzduchu, dále pak správně zvolená orební souprava a nastavení regulační hydrauliky traktoru. Při polním měření byla zjišťována spotřeba paliva, výkonnost soupravy, objemová výkonnost, objemová spotřeba paliva a prokluz kol u orební soupravy traktoru Case 1170 CVX a návěsného pluhu Overum. Jak bylo zjištěno, snížením tlaku vzduchu v pneumatikách došlo ke snížení spotřeby paliva, prokluzu a objemové spotřeby paliva, dále pak ke zvýšení výkonnosti soupravy a objemové výkonnosti.

Klíčová slova: systém centrálního huštění, utužení půdy, spotřeba paliva, hektarová výkonnost, prokluz, konstrukce pluhů.

ABSTRACT

With the continuous development of the technology leads to an increase in working engagement of the tool and the tractor weight. Heavy machinery and then crossing over land causing negative compaction, resulting in loss of production, poor water retention, nutrient air. These factors result in reduced monetary values of produced crops. Plowing is one of the most energy and resource intensive operations, while at present it is still

used. One of austerly machine is equipped with a central tire inflation system, thereby reducing the fuel efficiency per hectare sets increase, reducing slippage, time required for the operator as well as to reduce soil compaction. Theoretical part discusses conventional tillage where part split the plows, describes linkage control systems a central tire inflation tire design solutions. The practical part is focused on monitoring the impact of the inflation pressure of the tires of tractors that affect the result output parameters Plow kit. Among the factors affecting the economic cost operations include correctly chosen tires which allows to work at such a reduced air pressure, then the correctly chosen adjustment of the plow set of tractors. In the field measurements were determined fuel consumption, performance sets, volumetric efficiency, volumetric fuel consumption for wheel slip of the tractor the plow 1170 Case CVX coupling plow verified. As found by lowering the tire pressure decreased fuel consumption, fuel consumption slippage displacement, as well as increased performance kit volumetric efficiency.

Keywords: central tire inflation system, soil compaction, fuel consumption, performance per hectare, slip, construction plows

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	CÍL PRÁCE	11
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	12
3.1	Radličné pluhy.....	12
3.1.1	Konstrukce pluhů.....	12
3.1.1.1	Návěsné pluhy.....	13
3.1.1.2	Nesené pluhy.....	14
3.1.2	Odhřnovačky pluhu.....	16
3.1.3	Části orebního tělesa.....	17
3.1.4	Jištění pluhů.....	19
3.2	Regulace třibodového závěsu.....	21
3.2.1	Třibodový závěs traktoru.....	21
3.2.2	Mechanická regulace.....	23
3.2.3	Elektrohydraulická regulace třibodového závěsu BOSCH.....	23
3.2.4	Druhy regulací.....	24
3.2.4.1	Silová regulace.....	24
3.2.4.2	Polohová regulace.....	25
3.2.4.3	Směšená regulace.....	26
3.2.4.4	Tlaková regulace.....	27
3.2.4.5	Regulace na mezní prokluz.....	27
3.2.4.6	Tlumení kmitů při přepravě.....	28
3.3	Traktorové pneumatiky.....	28
3.3.1	Požadavky na pneumatiky.....	28
3.3.1.1	Požadavky na zemědělské pneumatiky.....	29
3.3.2	Konstrukce a výroba pneumatik.....	29
3.3.3	Značení pneumatik.....	30
3.3.4	Konstrukce pneumatik využívaných u traktorů.....	32
3.3.5	Regulace tlaku vzduchu v pneumatikách.....	33
3.3.5.1	Fendt VarioGrip Pro.....	37
4	EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ A METODIKA	40
4.1	Polní měření.....	40
4.1.1	Charakteristika pozemku.....	40
4.1.2	Měření penetrometrického odporu půdy.....	41
4.1.3	Vlhkost půdy.....	43
4.1.4	Charakteristika měřené soupravy.....	44
4.1.5	Postup měření.....	44
4.1.6	Měření záběru pluhu.....	46
4.1.7	Měření prokluzu.....	46
4.1.8	Měření spotřeby paliva.....	47
4.1.9	Vztahy použité při vyhodnocení.....	48
4.2	Postup při vyhodnocení dat.....	49
5	VÝSLEDKY	50
6	DISKUZE	55

7	ZÁVĚR.....	57
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
10	SEZNAM TABULEK	63

1 ÚVOD

Úrodnost půdy je jeden z hlavních cílů, které se snaží rostlinná výroba nejenom udržet, ale i zvyšovat. Jedním z úkonů pro zachování úrodnosti půdy patří její zpracování pomocí orby. Orba je mechanické zpracování půdy, které spočívá v odkrojení, obrácení, rozdrobení a provzdušnění skývy. Při orbě se do půdy zapravují hnojiva, mezi něž patří hnůj, zelené hnojení, průmyslová hnojiva, ničí se vzešlý plevel a zaorávají se semena, která nemají možnost vyklíčit. Orbu lze rozdělit na mělkou (do 18 cm), střední orbu (od 18 do 24 cm), hlubokou orbu (od 24 do 30 cm) a velmi hlubokou (nad 30 cm). Tradiční zpracování půdy, které je známo po mnoho let, je zajištěno pomocí radličného pluhu. Vedle orby se pro eliminaci utužení půdy využívá podrývání. Podrývání je zpracování, které má rozrušit a nakypřit utužené podbrázdí, které vytváří nepříznivé podmínky pro růst a následně výnos rostlin. Půda se neobrací, nevynáší do vyšších vrstev, dochází pouze k prokypření. Podrývání probíhá v hloubce od 30 – 50 cm. Mezi další značně používané a v současnosti rozšířené operace patří podmítka, kde probíhá míšení půdy v celé hloubce. Podmítka je prováděna náradím, jako jsou podmítače, kypřiče, kultivátory a plečky, kde se hloubka zpracování pohybuje od 10 cm do 25 cm. (Neubauer, 1989)

V dnešní době zpracování půdy závisí na mnoha faktorech, mezi ně zejména patří ekonomická stránka, členitost pozemků, počasí, podloží půdy a atd. Traktor spolu s radličným pluhem tvoří klíčový článek v orbě. Můžeme ho spojit s neseným nebo návěsným pluhem. Zmíněné faktory mají vliv na prokluz, s tím je spojená hektarová výkonnost a také spotřeba paliva. Hektarovou výkonnost ovlivňuje dotížení hnacích náprav stroje, zařazený převodový stupeň a tlak vzduchu v pneumatikách.

Orba ovlivňuje zhutnění půdy a je jedním z postupů plnění agrotechnických operací. Při orbě jsou kladeny vysoké požadavky na tahovou sílu, pokud je pluh nesprávně seřízen dochází k zvýšenému prokluzu hnacích kol traktoru. Orba je operace, která probíhá převážně v podzimním období, kdy je výskyt vyššího množství srážek a proto podmínky pro tuto operaci jsou značně ztížené. Nežádoucí zhutnění půdy se projeví, pokud je půda zpracovávána ve stejné hloubce několik let po sobě.

Také použitím malého pracovního záběru orebního tělesa 35 cm, dochází ke zvýšenému počtu přejezdů po pozemku koly traktoru. Snížením počtu přejezdů po pozemku lze předejít využitím oboustranného pluhu s větším počtem orebních těles. I přes mnoho nepříznivých parametrů patří orba mezi stále rozšířené druhy zpracování

půdy. V zemědělství přetrvává stále díky rychlému zapravení rostlinných zbytků, rozrušování plevelů a omezování škůdců vyskytujících se v půdě. Půdu je vhodné v horizontu např. 5 let zpracovat hlouběji 35 – 40 cm pod povrchem hloubkovým kypřičem. Následně dojde k rozrušení utužené vrstvy a k promísení půdního profilu. (BEDNAR FMT, s.r.o., 2017)

Dalším opatřením pro eliminaci nežádoucího ztuhnutí je např. využití orby on - land, (viz obr. 1). Mezi výhody patří použití pásových traktorů, či traktorů s dvoumontážními pneumatikami, což je u klasické orby omezeno šířkou brázdy. Při tomto způsobu orby se celý traktor pohybuje pásy či koly po pozemku. Traktor se tedy nepohybuje v brázdě, což má za následek zlepšení jízdních vlastností a komfortu řidiče. Pro tento způsob orby se používají speciální pluhy, které jsou např. polonesené oboustranné a nedají se použít pro konvenční orbu. Klasická orba ve srovnání s on - land orbou má vyšší vertikální zatížení pod kolem, které jede v brázdě.



Obr. 1 Ukázka orby s on - land pluhem: (Google, 2017)

Zlepšením týkající se ztuhnutí půdy patří snižování tlaku vzduchu v pneumatikách, pomocí centrálního systému dohušťování. Tímto způsobem dojde k zvýšení styčné plochy pneumatiky. Nadměrné utužení půdy omezuje kořenový systém, zabraňuje růstu a následný kontakt s půdou, což snižuje schopnosti rostlinám přijímat vodu a živiny. V suchém období dochází k zakrnění rostlin vlivem omezeného kořenového růstu. V případě období vlhkých roků je vlivem ztuhnutí snižena prodyšnost půdy, což má za

následek ztráty dusíku. Mezi hluboko kořenící plodiny patří například jeteloviny a jetelotravní směsky, které mají pozitivní vlastnosti na strukturu půdy, jak uvádí DeJong - Hughes et al. (2001). Mezi další pozitiva patří celkové zatížení náprav. Na rozložení hmotnosti náprav má vliv správné zapojení a seřízení pluhu. (Moitzi G. et al., 2013)

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je vypracovat ucelený přehled o konstrukčních řešeních pluhů, moderních trendech a systémech centrálního huštění pneumatik. Cílem praktické části je vypracovat metodiku měření pro zjištění vlivu tlaku v pneumatikách na výstupní parametry orební soupravy u traktoru Case 1170 CVX a návěsného pluhu Overum. Výsledky získané při experimentálním měření zpracovat do grafů a následně vyhodnotit závěr pro praxi.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Radličné pluhy

3.1.1 Konstrukce pluhů

Pluhy lze rozdělit do tří kategorií podle druhu přepravy. Pluhy návěsné, přívěsné a nesené. Návěsné pluhy bývají nazývány jako polonesené. Pluhy lze dále rozčlenit podle konstrukce pracovních ústrojí na radličkové, talířové, speciální a kombinované. Dle použití za účelem orby, podmítky a rigolování, které nachází uplatnění v sadech a vinicích. Dále rozdělení podle způsobu obracení brázdové skývy a to oboustranné a jednostranné. (Neubauer, 1989)

Jednostranné vyžadují princip orby do skladu a rozvoru. Oboustranné rozdělujeme na překlopné, otočné a výkyvné. Konečným dělením je podle změny pracovního záběru. Pluhy se vyrábí s konstantním záběrem, kde nelze měnit pracovní záběr v závislosti na podmítkách terénu. Pokud traktor nemůže pluh utáhnout, obsluha přizvedne pluh za pomoci regulační hydrauliky traktoru, přičemž ale nemusí být dodrženy agrotechnické požadavky.



Obr. 2 Oboustranný návěsný 6 radličný pluh Overum CLV (Pekass, 2016)

Pluhy s proměnným záběrem jsou mechanické a automatické. Mechanická změna záběru je řešena za pomoci čepů, které lze vložit do různých otvorů. Automatická změna pracovního záběru je řešena za pomoci přímočarého hydromotoru, což vytváří velkou výhodou při změně členitosti a náročnosti terénu. Záběr orebního tělesa lze nastavit v rozsahu od 30 - 55 cm během orby a tím přizpůsobit záběr pluhu podle podmínek. Mezi další výhody patří snadněji objíždět překážky. (Pekass, 2016)

Další možností je využití dynamického dotížení hnacích kol traktoru, které se odvíjí z Gorjačkinovy rovnice, o tomto řešení bude pojednáno později. Je to částečné přenesení odporu půdy na orební tělesa pluhu a následné přenesení na tříbodový závěs a poté na kola traktoru. Dynamické navýšení vertikálních sil zvyšuje přenos síly z hnacích kol na půdu. Traktor má tedy při práci v obtížných podmínkách menší prokluz kol, což má vliv na hektarovou výkonnost, spotřebu paliva a tedy i na ekonomiku provozu.

3.1.1.1 Návěsné pluhy

Návěsné otočné pluhy jsou v současné době agregovány s tříbodovým závěsem, připojeným za pomoci čepů na pravé a levé straně dolních táhel a táhlem horním, (viz obr. 11). Mezi tříbodovým závěsem pluhu a hlavním rámem je použit mechanismus, který zajišťuje vertikální a horizontální otočný pohyb. Slouží k tomu svislý a vodorovný kloub, který zajišťuje natáčení pluhu vůči traktoru, při otáčení na souvrátí je pohyb zajištěn za pomoci svislého kloubu. Nastavení hloubky prvního orebního tělesa je zajištěno za pomoci kloubu vodorovného. Pro otáčení hlavního rámu vůči podvozkovému rámu je použito dvou přímočarých hydromotorů. Přímočaré hydromotory jsou připevněny na jedné straně k hlavnímu rámu a na druhé straně k podvozkovému rámu. Na podvozkovém rámu je umístěno přepravní kolo, které je na podvozkovém rámu výkyvně. Při nastavení hloubky orby je použito opěrné kolo. Opěrné kolo při provozu na silnici zajišťuje snížení hmotnosti pluhu a zbývající část hmotnosti je nesena za pomoci tříbodového závěsu traktoru. (Páltik a kol., 2005).

Konstrukce návěsných otočných pluhů umožňuje změnu pracovního záběru a to mechanicky nebo hydraulicky. Svislý a vodorovný kloub umožňuje přenášet moment působící okolo podélné osy pluhu a tahovou sílu traktoru. Horizontální kloub, kloub s osou otáčení okolo osy Y, ale nedokáže využít statického ani dynamického dotížení hnací nápravy. U návěsných pluhů se tak v dnešní době využívá přímočarého

hydromotoru, který je nazýván jako trakční válec, který spojuje upínací část závěsu pluhu s rámem pluhu. (Pöttinger Servo 6.50 2014, Slimařík, 2015).

Konstrukce návěsného otočného pluhu s trakčním válcem je stejná s konstrukčním řešením zmíněným v předchozí kapitole. Trakční válec je přímočarý jednočinný hydromotor, který je umístěn za třibodovým závěsem pluhu. Pomocí něj dochází k přenesení části hmotnosti pluhu rovnoměrně na zadní kola traktoru, což má výrazný vliv na prokluz hnacích kol. Do trakčního válce je přepuštěn olej z vnějšího okruhu traktoru, který určuje výsledné dotížení. Pro kopírování nerovností a tlumení rázů jsou součástí konstrukce vzdušníky. Vzdušníky mají za úkol tlumit kmity, které vznikají při orbě. Hydraulické zásobníky jsou konstruovány na hydraulický tlak do hodnoty 15 MPa. (agportal - Pöttinger SERVO 6.50, 2015).

3.1.1.2 Nesené pluhy

Na obr. 3 je nesený otočný pluh, který se skládá ze závěsného těla, které je přímo přichyceno na třibodový závěs traktoru. V konstrukci těla pluhu je osazen ložisky, která jsou spojena s hlavní hřídelí a spojeny s osou pluhu. Mezi hlavním rámem a tělem pluhu je připevněn přímočarý hydromotor, který plní funkci otáčení na souvratích, zajištění polohy při přepravě na komunikaci a natočení do pracovní polohy. Přímocharý hydromotor je na jedné straně připevněn k závěsnému tělu a druhý konec je uložen excentricky. Na těle závěsu jsou umístěny dorazové čepy, které slouží k správnému seřízení levé a pravé strany pluhu.



Obr. 3 Čtyřradličný otočný nesený pluh Kuhn Multi - Master (foto autor)

➤ **Nesené otočné pluhy s manuálním nastavením pracovního záběru**

Některé typy pluhu bývají vyrobeny z jednoho kusu profilu. Hlavní rám je opatřen slupicemi, orebními tělesy a ostatním příslušenstvím. Další výrobci nabízí řešení pluhu, kde hlavní rám je složen z více kusů profilů, tedy pluh si můžeme zkompletovat podle vlastních představ a pracovních podmínek. Jednotlivé dílce jsou spojeny pomocí šroubových spojů. Nesené pluhy jsou tvořeny opěrným kolem, které plní funkci pro nastavení pracovní hloubky a vedení pluhu. Změna pracovního záběru je realizována za pomoci mechanismu, který se nachází mezi tělem závěsu a rámem. Manuální nastavení orebních těles lze zajistit za pomoci šroubových spojů. V rámu pluhu se nachází několik otvorů pro různé nastavení pracovního záběru.

➤ **Nesené otočné pluhy s variabilní změnou pracovního záběru**

Odlišnou částí variabilního pluhu je hydraulický válec, který umožňuje plynulou změnu pracovního záběru, mezi rámem pluhu a tělem uchycení závěsu, (viz obr. 4). Systém je řešen přes pákový mechanismus, za pomoci svislého kloubu a přímočarého hydromotoru. Změna úhlu nám zajišťuje změnu pracovního záběru a také nastavení pluhu z přepravní polohy do pozice pracovní.



Obr. 4 *Nesený otočný pluh s plynulou změnou záběru Lemken VariOpal (Lemken, 2016)*

3.1.2 Odhrnovačky pluhu

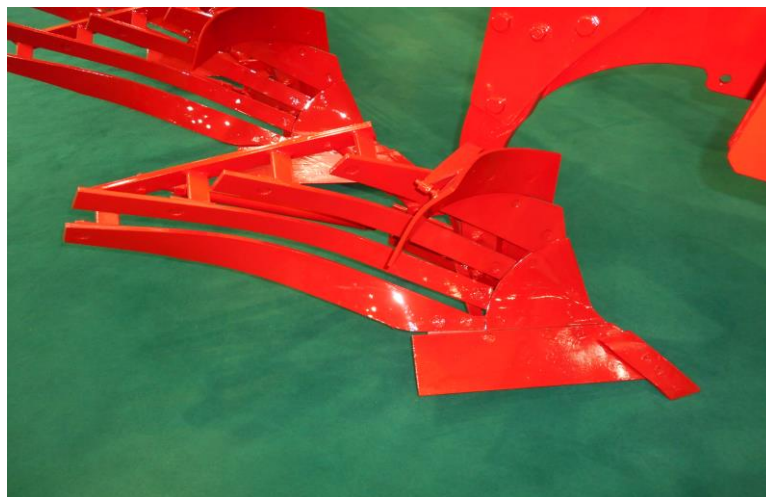
Pracovní částí orebního tělesa je radlice. Podle tvaru pracovního povrchu, lze rozdělit radlice na: kulturní, válcové, pološroubové a šroubové. Kulturní radlice jsou vhodné pro střední a hlubokou orbu do lehkých a středních půd. Odhrnovačka dobře kypří a drobí a obrací. Tyto odhrnovačky se používají pro orbu běžných půd. Válcová odhrnovačka dobře kypří, drobí, ale její nevýhodou je, že špatně obrací. Nejčastěji se používá u předradliček, u pluhů pro zpracování lehké a písčité půdy a výkyvných pluhů. Pološroubová odhrnovačka se vyznačuje tím, že dobře obrací oproti kulturním radlicím, hůře drobí a kypří půdu. Šroubové odhrnovačky nachází využití pro orbu luk a pastvin, jejich pracovní plocha se utváří ze šroubové plochy. Odhrnovačka velmi dobře obrací, proto nachází využití pro zpracování těžkých, lepivých půd a zaplevelených pozemků. Vrstvu drnu obrací v souvislých pásech. Mezi její nevýhody patří špatné drobení a kypření zeminy. Odhrnovačky se dále dají rozdělit na páskové nebo plné. (Neubauer, 1989)



Obr. 5 Detail plné odhrnovačky od společnosti Amazone (foto autor)

Páskové odhrnovačky nachází uplatnění na těžkých jílovitých a lepivých půdách. Při použití páskových odhrnovaček, dochází ke snížení tahového odporu a měrného orebního odporu až o 26 %. Pluh s plnými odhrnovačkami vytváří větší prokluz kol pro srovnání s páskovými. Orba s páskovými odhrnovačkami dosahuje vyšší rychlosti oproti odhrnovačkám plným. Podstatně vyššího drobicího účinku dosahují odhrnovačky páskové a také lepší zaklopení zeleného porostu. Práce s páskovými odhrnovačkami

dosahuje vyšší výkonnosti a tím nižší spotřebu paliva na hektar zoraného pozemku. (pottinger, 2016)



Obr. 6 Ukázka páskové odhrnovačky od společnosti Kuhn (foto autor)

Páskové odhrnovačky a hrudě odhrnovaček zaručují rychlou výměnu komponentů a to bez použití nářadí, jsou zajištěny pouze kolíky. Při použití v extrémně lepivých půdách jsou využívány páskové odhrnovačky z plastu. Ty zaručují skvělé kluzové vlastnosti a tím nedochází k zalepení tělesa. (Lemken, 2016)

3.1.3 Části orebního tělesa

Na obr. 7 je zobrazeno **radličné orební těleso**, které se skládá z hlavních a pomocných částí. Pracovní část tvoří čepel, odhrnovačka, plaz, pero a zahrnovač rostlinných zbytků. Mezi pomocné části patří slupice, střížné šrouby a vzpěra. Orební těleso je zkompletováno za pomoci šroubových spojů a připevněno k rámu pluhu šrouby, čepy nebo třmeny.

Čepel zajišťuje funkci, že odřezává skývu ve vodorovné rovině, ke slupici je přišroubována za pomoci šroubů. Po opotřebení ji lze snadno demontovat a vyměnit za novou, popřípadě kováním naostřit a vytvarovat do původního stavu, což se v současné době nepoužívá. Pro zvýšení životnosti tělesa se na povrch nanáší tvrdokov. Konstrukce čepelí lze rozdělit na lichoběžníkové a dlátovité. Čepele dlátovité nebo s výměnným dlátem nachází uplatnění v kamenitých a těžkých půdách. Odhrnovačka plní funkci, že obrací, drobí a zvedá skývu.

Odhrnovačka je rozdělena na hruď a křídlo. Po lepší překlápění skývy je ke křídlu připevněno stavitelné péro.

Péro se využívá u některých typů kratších odhrnovaček, zlepšuje obracení a drobení brázdové skývy.

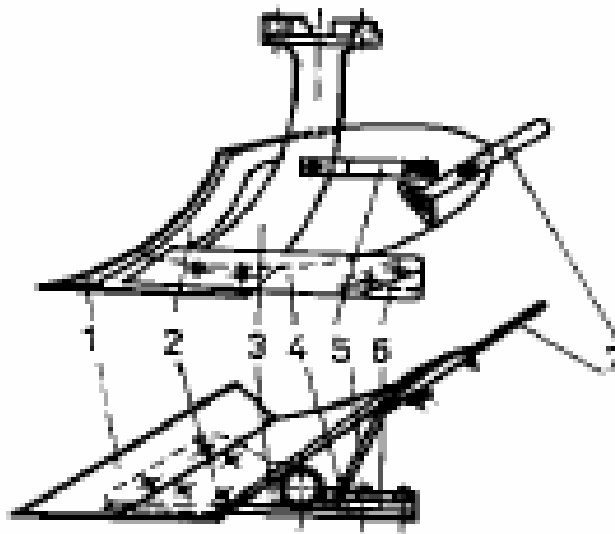
Zahrnovač rostlinných zbytků je konstrukčním řešením u většiny dnešních pluhů, se používá pro kvalitní zaklopení rostlinných zbytků.

Plaz zlepšuje stabilitu pluhu, opírá se dno a stěnu brázdy, částečně zachycuje boční a svislé tlaky. Plaz je vyroben z otěruvzdorného materiálu obdélníkového průřezu, délka závisí na rozestupu mezi orebními tělesy.

Slupice spojuje pracovní část pluhu s rámem pluhu. Na ní je upevněna předradlička a zahrnovač rostlinných zbytků. Je konstrukčně řešena jako jednodílná či vícedílná, zpracovává se kováním, litím nebo svařováním. K rámu je připevněna za pomoci šroubů, otočných čepů nebo pevných třmenů.

Krojidlo má za úkol odříznout část půdy od záhonu, zabraňuje porušení půdní stěny a zlepšuje práci orebního tělesa. Krojidla se na trhu nachází kotoučová nebo nožová. Kotoučové krojidlo má výhodu v tom, že v půdě vytváří malý odpor, odřezává půdní brázdu kvalitně a nedochází k ucpávání rostlinnými zbytky, na půdu působí tlakem shora. V kamenitých půdách může nastat případ vyštípnutí kotouče. Nožové krojidlo má příznivý vliv na stabilitu pluhu, jeho nevýhodou je, že se rychleji ucpává rostlinnými zbytky a vyžaduje vyšší tažnou sílu.

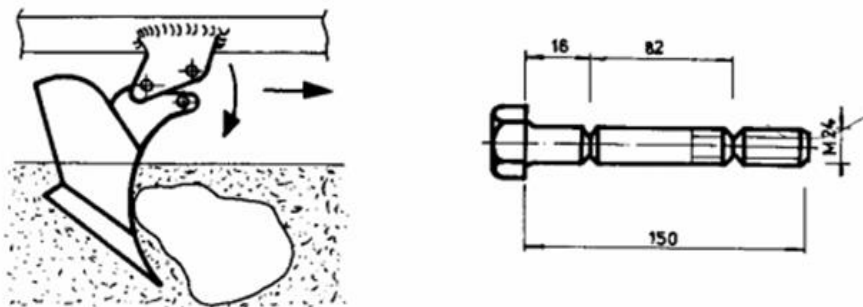
Předradlička je malé válcové orební těleso, umístěné za slupici a spojené pomocí šroubů nebo třmenů k slupici hlavního orebního tělesa, což umožňuje výškové nastavení předradličky v rozmezí 8 - 12 cm. Jejím úkolem je odříznout přibližně jednu třetinu půdní skývy a tím snížit odpor na orební těleso (kzt.zf.jcu, 2017). Složení orebního tělesa je patrné na obr. 7.



Obr. 7 *Jednotlivé části orebního tělesa (Neubauer, 1989), 1- čepel, 2 - odhrnovačka, 3 - slupice, 4 - plaz, 5 - vzpěra, 6 - patka, 7 - péro*

3.1.4 Jištění pluhů

Jištění u pluhu slouží k tomu, aby nedošlo k poškození orebního tělesa, při naražení na cizí předmět v půdě. Další části jako jsou předradličky a krojidla, které se nejistí. Orební tělesa jsou zajištěna pomocí pojistek, které mohou být mechanické (střížné, pákové, třecí a pružinové), pneumatické a hydraulické. Orební těleso jištěné střížnými šrouby, které zajišťují spojení slupice a rámu pluhu. Přední šroub je na své délce na dvou místech zeslaben, plní funkci pojistky (viz obr. 8). Při najetí na překážku, dojde v zeslabených místech k ustřížení a orební těleso se otočí na druhém šroubu směrem dozadu, tím se zajistí vyhloubení z půdy. Obsluha traktoru musí pluh vyhloubit, položit pluh na zem a zajistit opravu novým střížným šroubem. Toto konstrukční řešení nachází nevýhodu v kamenitých půdách, kde velké množství času je spotřebováno výměnou za nové šrouby. Obsluha tím nedosáhne požadované výkonnosti během dne. Jištění pružinové může být za pomoci spirálových, listových pružin, či silentbloků. Jištění za pomoci pákového mechanismu umožňuje podstatně vyšší využití pružiny, tím že síla působící na orební těleso je větší, než jakou je schopna dosáhnout samotná pružina (viz obr. 9).



Obr. 8 Jištění orebního tělesa za pomoci střižného šroubu (kzt.zf.jcu, 2017)



Obr. 9 Jištění pluhu Kverneland za pomoci listové pružiny (foto autor)

Hydraulické jištění orebních těles se v dnešní době používá častěji. Konstrukční řešení je založeno na principu, že jednočinný hydromotor je připojen do okruhu vnější hydrauliky traktoru, které je znázorněno na obr. 10. Olej pro činnost hydromotoru je odebírán z převodovky traktoru. Může se vyskytnout případ samostatného hydraulického okruhu, který má vlastní nádobu na olej. Jednočinný hydromotor orebního tělesa je na jednom konci uchycen ke slupici a na opačné straně k rámu pluhu. Mezi příslušenství v okruhu patří i manometr, který ukazuje nárůst tlaku po najetí na překážku. Tento typ jištění zajišťuje práci při vyšším odporu půdy, než je tomu u jištění střižným šroubem.



Obr. 10 *Hydraulické jištění orebních těles od společnosti Kuhn (foto autor)*

Dalším konstrukčním řešením je hydro - pneumatické jištění, které tvoří hydraulický akumulátor, zpětný ventil, jednočinné hydraulické hydromotory, centrální tlakové trubky a tlakové spojovací hadice. Hydraulický akumulátor je tlaková nádoba naplněna z jedné strany inertním plynem, zpravidla dusíkem a oddělen pryžovou membránou, tlak dosahuje hodnot 4,5 MPa. Akumulátor plní funkci pneumatické pružiny, zachycuje rázy a kmity. Při najetí orebního tělesa na překážku, dojde k zvednutí slupice, která zasune píst do válce. Následně vytlačený olej z hadice a centrální trubky, směřuje do hydraulického akumulátoru. V akumulátoru dochází k prohnutí pryžové membrány. Po překonání překážky dojde k navrácení oleje do nádoby a tělesa do půdy. (Neubauer, 1989).

3.2 Regulace tříbodového závěsu

3.2.1 Tříbodový závěs traktoru

Orební soupravu tvoří traktor a pluh s libovolným počtem orebních těles, což vytváří jeden celek. Traktor je spolu s pluhem připojen za pomoci mechanismu, který se nazývá tříbodový závěs. Tříbodový závěs je prostorové zavěšení, které tvoří dolní pravé a levé táhlo, zvedací ramena spolu se zvedacími táhly a horní táhlo, nazývané třetí bod, (viz

obr. 11). Tyto součásti se mohou pohybovat v omezené výšce a jsou dány zdvihem přímočarých hydromotorů.

Mechanismus umožňuje správné nastavení geometrie závěsu, což splňuje předpoklad kvalitní orby, bez vyvození bočních sil na traktor. Dobře seřízený pluh nesmí vyvozovat boční síly na traktor, tedy přední kola traktoru se musí pohybovat v přímém směru. Při orbě musí být všechna orební tělesa ve stejné hloubce. Podélné vyrovnání je řešeno za pomoci horního táhla tříbodového závěsu a příčné vyrovnání zajišťují zvedací táhla. Horní táhlo lze připojit do několika otvorů na stojanu pluhu i traktoru. (Bauer et al., 2013).



Obr. 11 *Detail tříbodového závěsu traktoru (foto autor)*

Harry Ferguson v roce 1925 uvedl první tříbodový závěs, jeho princip řešení se používá i v dnešní době. Navýšením vertikálních sil, dojde k zlepšení tahových vlastností traktoru a zmenšení prokluzu kol traktoru. Přidáním přídavného závaží u hnacích kol dojde k přenesení části hmotnosti z taženého nářadí na hnací kola traktoru přes tříbodový závěs. Připojené nářadí nemůže být udržováno v pevné poloze vůči traktoru, příčina je měnící se hloubka způsobená nerovným povrchem. Z následujících důvodů byl vytvořen proměnný systém, který reaguje na měnící se podmínky a vytváří

manipulaci s neseným nářadím. Harry Ferguson použil regulační systém, který pracuje na principu snímání velikosti tahové síly v třibodovém závěsu.

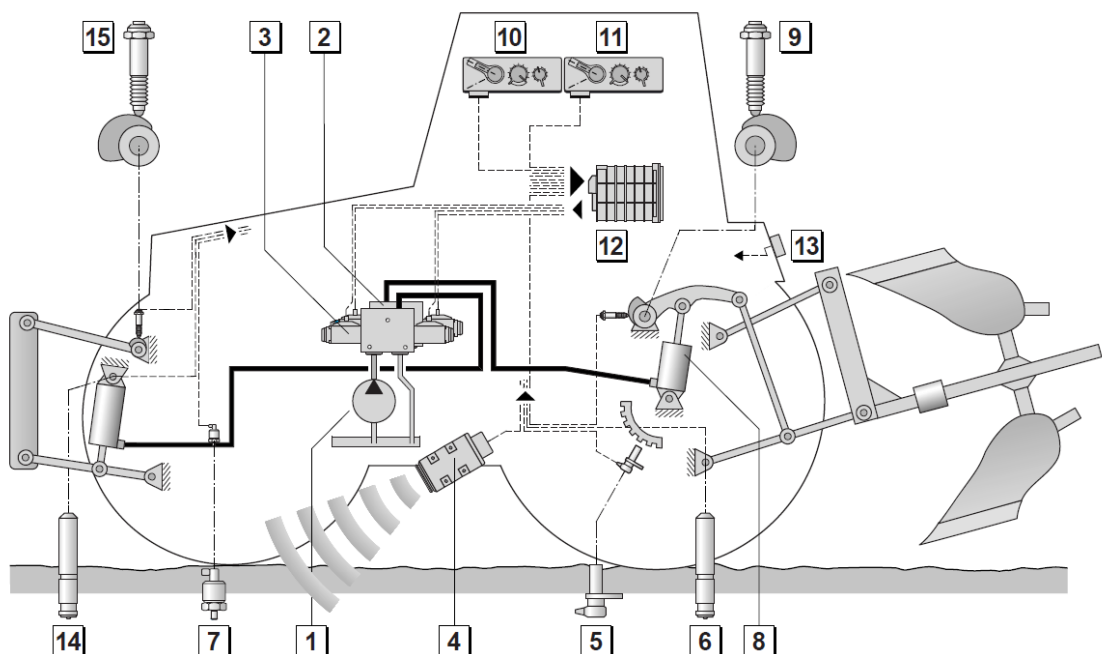
Regulace třibodového závěsu se rozděluje na dvě skupiny:

3.2.2 Mechanická regulace

Mezi prvními byla mechanickohydraulická regulace, která pracovala na principu snímání polohy nebo velikosti působící síly v třibodovém závěsu za pomoci složitých mechanismů. Mechanismy vytváří články, které přenastavují šoupátko přímočarého hydromotoru. Přenastavují polohu neseného nářadí na základě nepřímé regulace ze snímaných hodnot. Tento systém je využíván u traktorů nižších výkonových řad.

3.2.3 Elektrohydraulická regulace třibodového závěsu BOSCH

Elektronická regulace, jejíž součástí jsou elektronické snímače, které slouží pro monitorování polohy, činnosti radaru, snímání otáček kol a silové, polohové, smíšené regulace. Za použití snímačů je zajištěna lepší kvalita práce a tím i následná produktivita.



Obr. 12 Schéma senzoru elektrohydraulické regulace systému (BOSCH ERH, 2012,),:

1 - Hydraulické čerpadlo, 2 - Kontrolní ventil zadního TBZ, 3 - Kontrolní ventil předního TBZ, 4 - Radar pro snímání rychlosti, 5 - Snímač otáček kol, 6 - Snímač

tahové síly - zadní TBZ, 7 - Snímač tahu, 8 - Přímočarý hydromotor, 9 - Senzor polohy TBZ, 10 - Panel ovládání zadního TBZ, 11 - Panel ovládání předního TBZ, 12 - Řídící jednotka, 13 - Vnější ovládání TBZ, 14 - Snímač tahové síly - přední TBZ, 15 - Induktivní senzor polohy TBZ.

Dnešní traktory mají součástí tříbodového závěsu sérii snímačů, které zajišťují kontrolu a správnou funkci elektrohydraulické regulace. Hydraulické čerpadlo (1) dodává olej do hlavních řídicích ventilů, ty se nejenom rozdělují na větve pro ovládání předního a zadního tříbodového závěsu. Přední a zadní tříbodový závěs traktoru je ovládán přes přímočarý hydromotor, za pomoci ventilů a za pomoci řídicí jednotky dochází k následnému pohybu. Ovládací panel v traktoru slouží k nastavení citlivosti a zvedání nebo spouštění ramen, na kterých je zavěšeno nářadí. Ovládací panel dále obsahuje funkce pro nastavení regulačního systému či vnějšího okruhu hydrauliky. V případě zdvihu nářadí a spouštění dojde k navrácení do původní nastavené polohy, kterou nastavila obsluha traktoru. Součástí traktoru je i většinou radarový snímač, což zařízení sloužící pro zaznamenávání skutečné rychlosti traktoru, daná rychlost vychází ze snímání otáček kol a určení teoretické rychlosti. Řídící jednotka porovná skutečnou a teoretickou rychlost a na základě rozdílu je poté stanoven prokluz kol traktoru, tato veličin se zobrazuje na přístrojovém panelu. Pro snímání síly jsou tenzometrické snímače uloženy v čepech dolních táhlech, při orbě či jiných operacích je snímána síla, která je převedena na výstupní napětí. Elektrický signál směřuje do řídicí jednotky, kde plní funkci pro ovládání tříbodového závěsu.

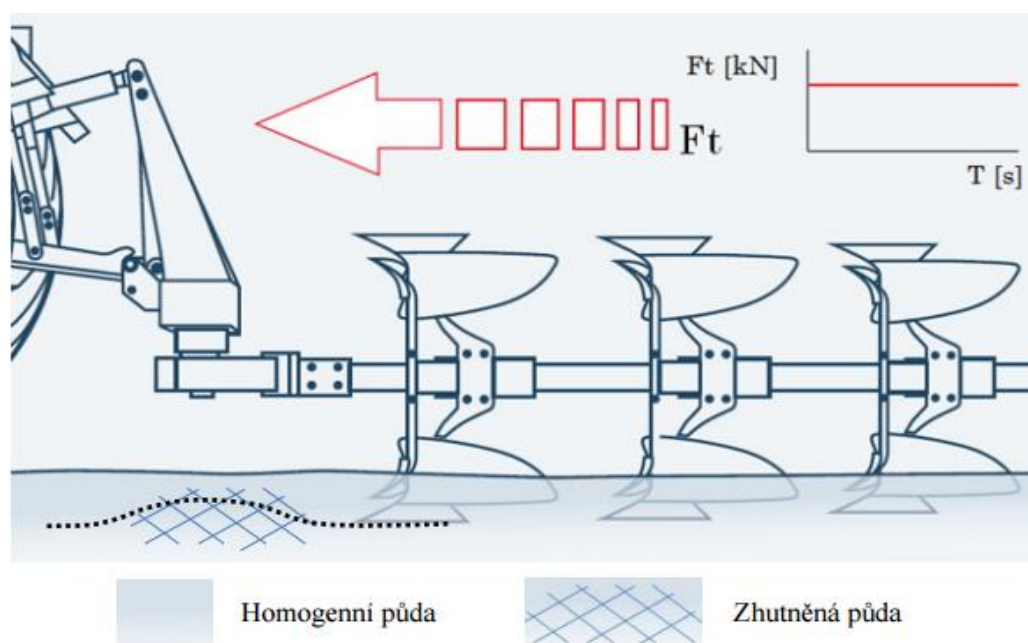
Elektrohydraulická regulace se dále skládá z hydrogenerátoru, který zajišťuje proudění oleje ve vnitřním okruhu hydrauliky. Tlakový olej je rozváděn do větví a ovládán elektromagnetickým ventilem. Elektromagnetický ventil zajišťuje ovládání přímočarého hydromotoru tříbodového závěsu. Podle zadaných hodnot obsluhou a vstupních signálů ze senzorů je tříbodový závěs nastaven do určité polohy. (BOSCH EHR, 2012).

3.2.4 Druhy regulací

3.2.4.1 Silová regulace

Silová regulace je založena na principu vytváření konstantní síly s možností vyhloubení či zahloubení pluhu. (viz obr. 13). Pokud nastane případ, že traktor najede

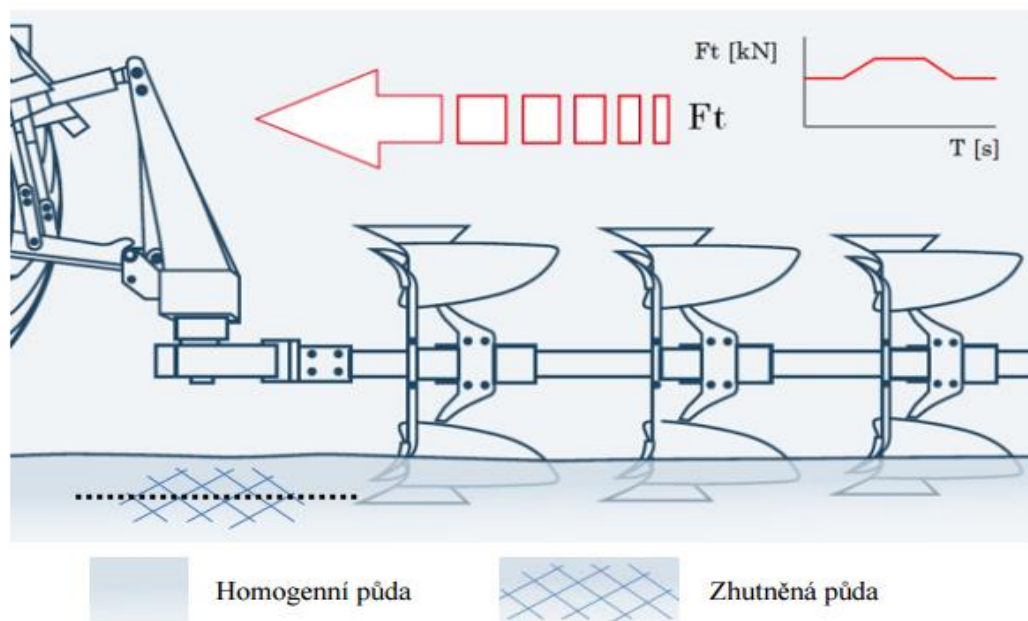
do utuženého pásu zeminy, dojde k navýšení sil působících na nářadí a nastane případ, že je pluh vyhlouben ze země. Signál je získáván z dolních táhel tříbodového závěsu, kde součástí jsou tenzometrické čepy. Řídicí jednotka zajistí zpracování elektrického signálu a předá požadavek řídicímu rozvaděči, kde dojde k přepuštění hydraulického tlaku. Následně se přizvedne hlavní hydraulický píst válce a nastane vyhloubení nářadí. Udržení konstantní síly je řešeno pomocí změny hloubky realizované operace. V opačném případě pokud najedeme do půdy s nižším odporem, dojde k zahloubení daného nářadí. (Bauer a kol., 2013, BOSCH EHR, 2012)



Obr. 13 Schéma silové regulace traktoru (Slimařík, 2015)

3.2.4.2 Polohová regulace

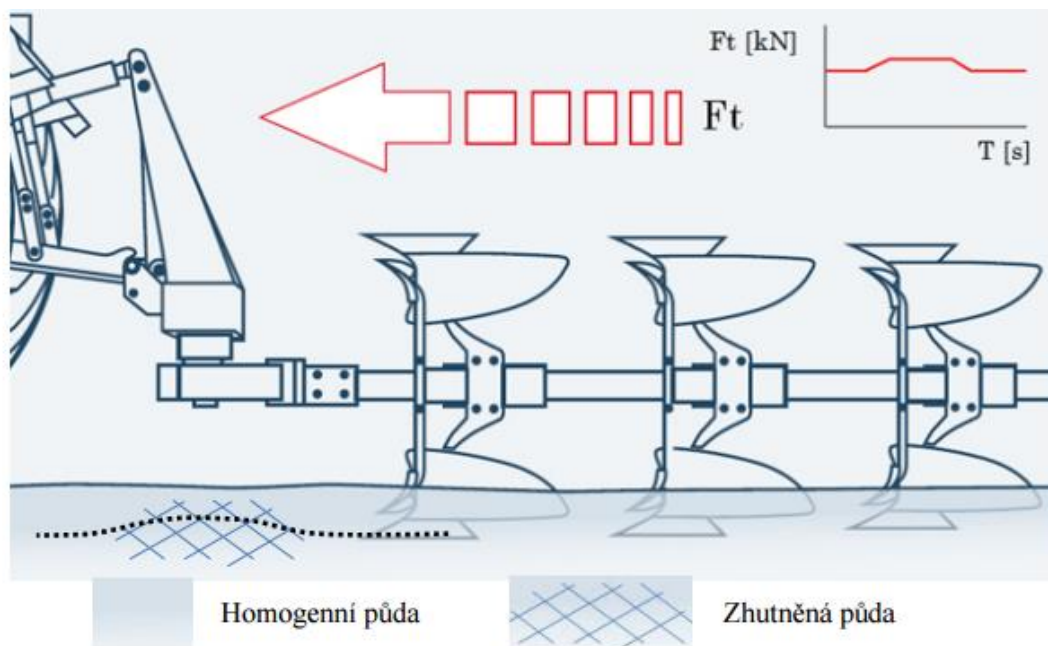
V tomto nastavení regulace je snímána poloha tříbodového závěsu za pomoci indukčního snímače polohy. Poloha tříbodového závěsu je snímána přes vačku umístěnou na ramenech zvedacího ústrojí. Dále je převáděna do elektronického signálu, který směřuje do řídicí jednotky EHR. Tahová síla vystupující z nářadí neovlivňuje regulaci. (BOSCH EHR 2012, Bauer F. a kol 2013)



Obr. 14 Nastavení polohové regulace traktoru (Slimářik, 2015)

3.2.4.3 Smíšená regulace

Regulační nastavení umožňuje využití obou režimů a to silové a polohové současně. Obsluha stroje si může procentuálně nastavit zastoupení dané regulace. Na obr. 15 je zobrazení smíšené regulace při orbě. Pokud obsluha najede do hutnější půdy, dojde k vyhloubení pluhu na základě elektronických pulzů v dolních ramenech. Silová regulace je však regulována polohovou regulací, pokud je dosaženo krajní polohy tříbodového závěsu zamezí se dalšímu vyhlubování pluhu. Smíšená regulace má za úkol udržet konstantní tahovou sílu v předem stanovené hloubce zpracování. Zahlubování pluhu pokračuje do doby, než se poloha tříbodového závěsu dostane do místa řízeného polohovou regulací. Zahlubení pluhu je zajištěno správným nastavením tříbodového závěsu a geometrie pluhu. Výhoda smíšené regulace oproti silové regulaci je v tom, že dochází k vyhloubení pluhu o menší hodnotu. (Bauer a kol. 2013, BOSCH EHR, 2012)



Obr. 15 Zobrazení smíšené regulace při zpracování půdy (Slimářík, 2015)

3.2.4.4 Tlaková regulace

Tlaková regulace má za úkol udržení tlaku v přímočarém hydromotoru, na hodnotě kterou si nastaví obsluha stroje. Dnešní traktory například značka Fendt má v běžné výbavě tlakovou regulaci, která je vhodná při zpracování utužené zeminy. Ve vnitřním hydraulickém okruhu je umístěn senzor, jehož úkolem je snímání tlaku. Snímaná hodnota je převedena na elektrický signál, s kterým dále pracuje řídicí jednotka.

Po potvrzení tlakové regulace udržuje v okruhu nastavený tlak. Tlaková regulace umožňuje přenesení vertikálního zatížení z připojeného nářadí a tříbodový závěs na hnací kola traktoru. Výhodou tlakové regulace je, že dochází ke snížení prokluzu kol traktoru a navýšení tahového výkonu při zpracování půdy. Snížení ztrát prokluzu kol má vliv na snížení spotřeby paliva a zvýšení hektarové výkonnosti. (Bauer a kol. 2013).

3.2.4.5 Regulace na mezní prokluz

Jak již bylo zmíněno v úvodu orba je operace, která probíhá v obdobích se zvýšenou vlhkostí půdy, čímž dochází ke zvýšenému prokluzu hnacích kol. Regulace se skládá ze senzoru pro snímání okamžité rychlosti traktoru a ze senzoru pro snímání teoretické rychlosti traktoru, který je umístěn na výstupním hřídeli z diferenciálu. Z obou signálů je vypočten prokluz, který zajišťuje řídicí jednotka. Pokud je skutečná hodnota prokluzu vyšší než nastavená, dojde k přizvednutí nářadí, což zvýší vertikální síly působící na

hnací kola traktoru. Snížením prokluzu nedochází ke ztrátě rychlosti a tím i tahového výkonu. Daná regulace zajišťuje výhodu v oblasti snížení spotřeby paliva, ovlivňuje pracovní zátěž obsluhy a hektarovou výkonnost orební soupravy. (Bauer a kol. 2013).

3.2.4.6 Tlumení kmitů při přepravě

Při přepravě nesených strojů či nástrojů vznikají na nerovném povrchu rázy a kmity. Dochází k odlehčování přední nápravy, což má vliv na říditelnost nápravy, může také dojít ke ztrátě říditelnosti a ohrožení bezpečnosti provozu na pozemní komunikaci. Elektrohydraulická regulace umožňuje nastavení tlumení kmitů při přepravě. Regulace má za úkol udržet nářadí v transportní výšce a zároveň tlumit kmity, které jsou příčinou odlehčení nápravy. Princip činnosti je založen na sledování síly v dolních táhlech za pomoci tenzometrických čepů. Induktivní snímač polohy zajišťuje sledování tříbodového závěsu. Hodnoty jsou předány do řídicí jednotky EHR, která řídí kontrolní ventil. Úkolem ventilu je spuštění či zvednutí tříbodového závěsu okolo transportní polohy. Tříbodový závěs není zajištěn v pevné poloze, aby docházelo k eliminaci přenosu hmotnosti mezi nápravami. Výhodou této funkce je, že zajišťuje vyšší bezpečnost jízdy, snížení dynamického namáhání traktoru a stabilizaci absolutní výšky nářadí na zemi. Obsluha má zajištěný vyšší komfort jízdy a tím i přepravní rychlost po pozemní komunikaci. (Bauer a kol. 2013, BOSCH EHR, 2012)

3.3 Traktorové pneumatiky

3.3.1 Požadavky na pneumatiky

Pneumatika je hlavní složkou, která vytváří spojení mezi vozidlem a podložkou, zajišťuje vzájemnou adhezi, přičemž dochází k přenosu hnací a brzdě síly. Důležitou funkcí pneumatiky je přenést hmotnost vozidla na podložku a zajistit částečné tlumení rázů vznikajících při jízdě po podložce. Pneumatika musí zajistit stabilitu vozidla při jízdě. Důraz je kladen na nízkou hlučnost při provozu na silnici, nízký valivý odpor, odolnost vůči cizím předmětům a v neposlední řadě vysokou životnost. Pneumatika u silničních vozidel vytváří při jízdě až 70 % hluku. Spotřebitelé požadují od pneumatik příznivou cenu a jak již zmiňovanou vysokou životnost, proto výrobci pneumatik musí hledat kompromisní řešení při jejich výrobě. (Bauer et al., 2006)

3.3.1.1 Požadavky na zemědělské pneumatiky

Pneumatiky v zemědělství jsou obzvláště specifické. Jejich úkolem je přenášet tahovou sílu na podložku. Tuto funkci zastávají traktory a samojízdné prostředky (sklizňové stroje). Nesprávně zvolené pneumatiky mohou způsobit ztrátu optimálních tahových vlastností soupravy, což se projeví v ekonomické stránce. Pneumatiky v zemědělství mají vliv na techniku, která je provozována po půdě. Požadavky na zemědělské pneumatiky:

- pneumatika by neměla poškozovat polní porost,
- schopnost přenést velký moment za nepříznivých adhezních podmínek,
- zajištění velké kontaktní plochy pneumatiky s povrchem,
- odolnost vůči poškození,
- samočisticí efekt,
- možnost přenesení vysokého zatížení i při nízkém tlaku.

3.3.2 Konstrukce a výroba pneumatik

Mezi hlavní komponenty, z kterých se pneumatika skládá je pryž (80 – 85 %), vlákna různého druhu (12 – 16 %) a ocelový drát (2 – 3 %). Přísady, které se používají k výrobě pneumatik jsou saze, textilie, oleje a další suroviny.

Pneumatika se skládá z běhounu, nárazníku, boční stěny, kostry, vnitřní gumové vrstvy, patky a patního lana (viz obr. 16). Kostra vytváří nosnou část a nejvíce ovlivňuje vlastnosti pneumatiky jako je valivý odpor, nosnost, styčná plocha a jiné. Pneumatika je tvořena z pogumovaných vložek kordové tkaniny, která je vyrobena z nylonu, oceli, polyesteru či aramidu.

Diagonální pneumatika je tvořena z jednotlivých vložek, která jsou kladena ve vrstvách přes sebe a svírají s podélnou osou pneumatik úhel 30 až 40 °. Na obr. 16 je zobrazena radiální pneumatika, pro kterou je typické, že vlákna jsou kladena kolmo na podélnou osu a u vnější vrstvy svítají s podélnou osou úhel 10 až 30 °. Vlákna kostry vedou až ráfku, přičemž patní lana jsou zavulkanizována a pevně spojena s kostrou. Mezi běhounem a horní částí kostry je umístěn nárazník. Skládá se z několika vrstev pogumovaných vložek z polyamidového, aramidového, textilního a ocelového kordu. Pneumatiky, které jsou konstruovány na vyšší rychlost, mohou být vybaveny nárazníky pro zlepšení celkové stability. Úkolem nárazníku i výztužného pásu je tlumení rázů od vozovky. (Bauer et al., 2006)



Obr. 16 Řez pláštěm radiální traktorové pneumatiky (Google, 2017)

Výstupky traktorových pneumatiky bývají vysoké 30 – 50 mm. Příliš velký dezén by způsoboval zhoršení provozních vlastností na silnici a zvýšení odporu valení po pozemku. Výstupky běhounu mají opodstatnění pouze na půdách s dostatečnou kohezí, což jsou půdy střední a těžké. Na písčitém podloží si pneumatika vytváří hlubokou stopu a zhoršuje hnací vlastnosti traktoru. Proto se na těchto půdách využívá hladkých pneumatik a pneumatik se speciálním jemným dezénem. Pneumatiky otočené šípky dozadu takzvané kalichové osazení se používá v podmínkách, kde je nízká koheze. Zuby pneumatiky si vytváří v ose stopy umělý ztužený (hřeben) půdy, který zlepšuje tahové vlastnosti. Kalichové nasazení je vhodné jsou - li stroje provozovány na silnici z důvodu malého opotřebení běhounu. (Grečenko, 1963)

3.3.3 Značení pneumatik

Rozměry pneumatiky jsou dány třemi základními parametry, mezi něž patří výška profilu, šířka nezatížené a huštěné pneumatiky a průměr ráfku, přičemž musí odpovídat předpisům Evropské hospodářské komise. Profilové číslo vyjadřuje poměr výšky profilu k šířce pneumatiky. Dojde-li ke snížení profilového čísla při zachování vnějšího

průměru a průměru ráfku, zvětšuje se šířka pneumatiky a tím i objem vzduchu. Pneumatiky používané v zemědělství mají hodnotu profilového čísla v rozmezí 65 – 70 %. Na pneumatice jsou vyznačeny další informace jako konstrukce kostry, bývá označena jako D (diagonální pneumatika) či R (radiální pneumatika). Vyznačení TT (tube type) jedná se tedy o pneumatiku s duší, více používané jsou pneumatiky bezdušové označované jako TL (tubeless). Dalším značením je index rychlosti SI (speed index), vyjadřuje rychlostní index, pro kterou je pneumatika konstruována.

Hodnoty rychlostního indexu, (viz. tab. 1) a vybrané hodnoty hmotnostního indexu jsou vyobrazeny v tab. 2. Hmotnostní index je označován LI (load index) a příslušnými čísly. Na pneumatice nebývá zobrazena velikost tlaku, protože tlak je závislý na rozměrech, jejím zatížení a provozní hmotnosti. (Bauer et al., 2006)

Tab. 1 Vybrané hodnoty rychlostního indexu SI (*e – agropneu, 2017*)

Hodnoty rychlostního indexu pneumatiky										
SI	B	C	D	E	F	G	J	K	L	M
Rychlost [km.h ⁻¹]	50	60	65	70	80	90	100	110	120	130

Tab. 2 Značení hmotnostního indexu LI (*e – agropneu, 2017*)

LI	Zatížení [kg]	LI	Zatížení [kg]	LI	Zatížení [kg]
151	3450	161	4625	171	6150
152	3550	162	4750	172	6300
153	3650	163	4875	173	6500
154	3750	164	5000	174	6700
155	3850	165	5150	175	6900
156	4000	166	5300	176	7100
157	4125	167	5450	177	7300
158	4250	168	5600	178	7500
159	4375	169	5800	179	7750
160	4500	170	6000	180	8000

Pneumatika označená 650/65 R42 TL 168 B udává následující informace:

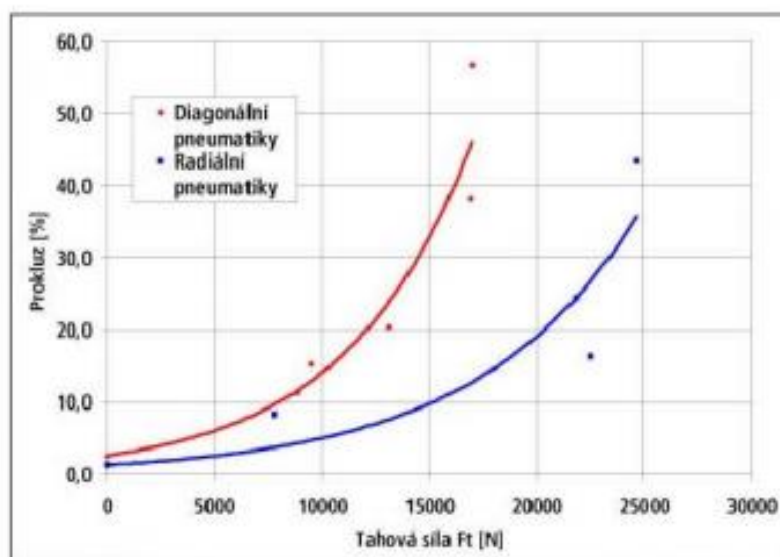
- číslo 650 označuje šířku pneumatiky v mm,
- hodnota 70 značí profilové číslo pneumatiky udávané v %,
- písmeno R udává informaci, že se jedná o pneumatiku radiální,
- 42 průměr ráfku v palcích, (1'' = 2,54 cm),
- značka TL udává, že se jedná o bezdušovou pneumatiku,
- písmeno B značí rychlostní index, tedy pneumatika je konstruována do 50 km.h⁻¹,

- pneumatika snese zatížení 5600 kg, čemuž odpovídá číslo 168.

3.3.4 Konstrukce pneumatik využívaných u traktorů

Současné traktory a samojízdné stroje jsou osazeny především radiálními pneumatikami, které mají mnoho pozitivních vlastností oproti pneumatikám diagonálním. Diagonální pneumatiky se na trhu stále objevují, své uplatnění ale nachází u traktorů nejmenších výkonových řada a stavební techniky, následná konstrukce byla již popsána v kapitole 3.3.2. Mezi výhody radiální pneumatiky patří, že zajišťuje větší kontaktní plochu s půdou až 20 – 25 % ve srovnání s diagonálními. Zvětšením styčné plochy pneumatiky, je docíleno menšího měrného tlaku na půdu a tím i nižšího zhutnění půdy. Zvětšením kontaktní plochy se dostane do záběru větší část běhounu, která zajistí lepší tahové vlastnosti. (Jurtík, 2004)

Radiální pneumatiky umožňují lepší přenos hnací síly na podložku a následný menší prokluz kol traktoru, jak je zřejmé z obr. 17. Radiální pneumatiky mají výhodu díky vyšší rychlosti a nosnosti. Při odvalování diagonálních pneumatik dochází k deformaci boční části, což je příčinou opotřebení. (Bauer et al., 2006)



Obr. 17 Prokluzová charakteristika při rozdílné konstrukci pneumatik (Syrový et al., 2004)

3.3.5 Regulace tlaku vzduchu v pneumatikách

Jak již bylo zmíněno v úvodu, tlak vzduchu v pneumatikách významně ovlivňuje utužení půdy. Z tohoto důvodu se využívají na traktoru systémy, které mají za úkol upravit tlak huštění v závislosti na podmínkách (požadavcích obsluhy).

Systém centrální regulace tlaku v pneumatikách (CTIS - Central tire inflation system), je konstrukčním řešením, které vede k úsporám paliva, snížení utužení, zmenšení prokluzu kol, efektivitě souprav a k menšímu opotřebení pneumatik při jízdě po pozemní komunikaci. U zemědělských strojů jsou kladeny rozdílné nároky na jiný tlak v pneumatikách při jízdě po pozemní komunikaci a jiný při práci na pozemku. Na poli je kladen důraz, aby pneumatika měla nižší tlak, čímž jsou zajištěny lepší trakční vlastnosti traktoru. Příliš podhuštěné pneumatiky mohou způsobit, že vznikne nedostatečný kontakt mezi patkou pneumatiky a ráfkem. Následně může dojít k protočení pláště a ráfku kola, přičemž se může poškodit patka pláště a nelze ji použít k opětovné montáži. Značně podhuštěné a zatížené pneumatiky přispívají k vzniku trhlin na bočních stěnách.

Společnost Michelin nabízí pneumatiky, které významnou částí ovlivňují utužení půdy a ekonomiku provozu stroje. Pneumatiky provozované při nízkém tlaku jsou rozšířené zejména u traktorů u vyšších výkonových řad. Na trhu se můžeme setkat s pneumatikami pod označením IF (Improved Flexion) nebo VF (Very High Flexion), což v překladu znamená pneumatiky se zlepšenou či vysokou ohebností. Tyto pneumatiky zajistí o 20 % až 40 % větší zatížení při stejném tlaku nahuštění než radiální pneumatika (viz obr. 18). Zejména bočnice těchto pneumatik jsou vyrobeny z pružnějšího a pevnějšího materiálu. Pro lepší ovladatelnosti na silnici jsou pneumatiky na širokých ráfcích o průměru 42 či 46". Gumová směs s hysterezním činitelem, která má zajistit snížení teploty, při valení kola. Při sníženém tlaku a zvýšeném zatížení je obsluha stroje omezena přepravní rychlostí, přičemž by mohlo dojít k poškození pneumatik. (michelin, 2017)

Traktory využívané k ošetřování porostu jsou osazovány pneumatikami úzkořádkovými. Úzké pneumatiky nachází uplatnění v podmínkách, kde jsou vysety kolejové řádky a zabraňují tak poškození porostu. Tlak se u těchto rozměrů pneumatik pohybuje v rozmezí 200 kPa až 300 kPa. Úzké rozměry pneumatik značně ovlivňují manévrovatelnost a stabilitu a to zejména v kopcovitém terénu. Průměr ráfku 38 až 54". (michelinag, 2017)



Obr. 18 Nízkotlaká radiální pneumatika konstrukce IF o šířce 900 mm a průměru ráfku 46'' (obrazky, 2017)

V zemědělských podnicích jsou rovněž traktory využívány pro přepravu komodit, přičemž časté spojení je s přívěsy nebo návěsy. Soupravy se pohybují po silnici, na čemž závisí správné zvolení pneumatik. Pro toto využití výrobci nabízejí průmyslové pneumatiky, pro které je typické velké množství dezénových drážek. Dezén průmyslových pneumatik je hluboký 20 až 25 mm. Ve srovnání s šípovými, kde hloubka dosahuje 40 až 60 mm. Mezi výhody průmyslového dezénu patří menší valivý odpor, menší opotřebení, lepší stabilita traktoru při brzdění. Průmyslové pneumatiky mohou být alternativou pro zemědělské podniky, pro které se nevyplatí nákladní automobil.

Pro eliminaci nežádoucího ztuhnutí půdy se flotační pneumatiky osazují na rozmetadla, aplikátory kejdy, překládací vozy, aplikační a sklizňovou techniku.

Flotační a Terra pneumatika je druh radiální nízkotlaké pneumatiky. Jedná se o velkoobjemové pneumatiky s malým průměrem ráfku 25 až 32'' a velkou šířkou až 1050 mm, (viz obr. 19). Díky velké styčné ploše lze pneumatiky provozovat při nízkém tlaku huštění 40 kPa. (Prikner, 2016)



Obr. 19 Využití flotačních pneumatik pro velkoobjemové vozy. (obrazky, 2017)

Na pozemní komunikaci je vyžadován tlak vyšší, což zajistí menší valivý odpor a umožní větší přepravní rychlosti. Výhodou systému CTIS spočívá v nastavení optimálního tlaku pneumatik při rozdílných podmínkách. Jednou z nevýhod tohoto systému je vyšší pořizovací cena u nevytíženého stroje opatřeného tímto systémem. (Bauer a kol., 2006)

Mezi hlavní komponenty systému centrálního huštění patří přídavný kompresor, rozvod vzduchu, ovládací a řídicí ventily, otočné převodníky, tlakové snímače, ovládací panel v kabině a řídicí jednotka. Otočný převodník tvoří hlavní komponent, přičemž umístění může být řešeno dvojitým způsobem. Jednoduché systémy regulace tlaku mají přívod vzduchu řešen vzduchovým potrubím přes blatník kola.



Obr. 20 Řešení rozvodu vzduchu ke kolům (ptg.info, 2016)

Dané potrubí vstupuje do otočného převodníku umístěného na náboji kola, který vzduch přepouští do pneumatiky za pomoci potrubí a speciálního ventilku. Nevýhoda tohoto systému huštění je, že se zvětšuje šířka stroje a hrozí riziko následného poškození. Otočný převodník je u propracovanějších systémů umístěn přímo v nápravové trubici a vzduch je k němu přiváděn skrze nápravu. Systémy CTIS jsou konstrukčně řešeny jako jedno – okruhové nebo dvou – okruhové. Mezi nevýhody

jedno – okruhového systému patří, že některé součásti jsou namáhány stejným tlakem, jako je tlak v pneumatice (viz obr. 21).

Uzavření přívodu vzduchu je řešeno přes mechanické ventily, které jsou součástí hadic. Obsluha při každé změně tlaku musí vystoupit a ventily uzavřít či otevřít, což snižuje efektivitu stroje. Mezi výhody dvou – okruhového systému patří, že ovládání uzavíracího ventilu je ovládáno druhým vedením, čímž nejsou součásti tlakově namáhány, v době nečinnosti regulace tlaku. V případě poškození systému nemůže dojít k vyprázdnění všech pneumatik traktoru. (Beneš, 2009)



Obr. 21 Jedno - okruhový systém CTIS (ptg.info, 2016)

Nahuštění a následná rychlost změny tlaku v pneumatikách závisí na velikosti pneumatik, velikosti a typu kompresoru, hmotnosti stroje a systému centrální regulace tlaku vzduchu. Mezi hlavní výrobce a dodavatele těchto systémů patří firmy PTG, Steuerungstechnik Stg, Krude, které zajišťují dodatečnou montáž systému CTIS, či zajišťují dodávku komponentů pro výrobní závody zemědělské techniky.

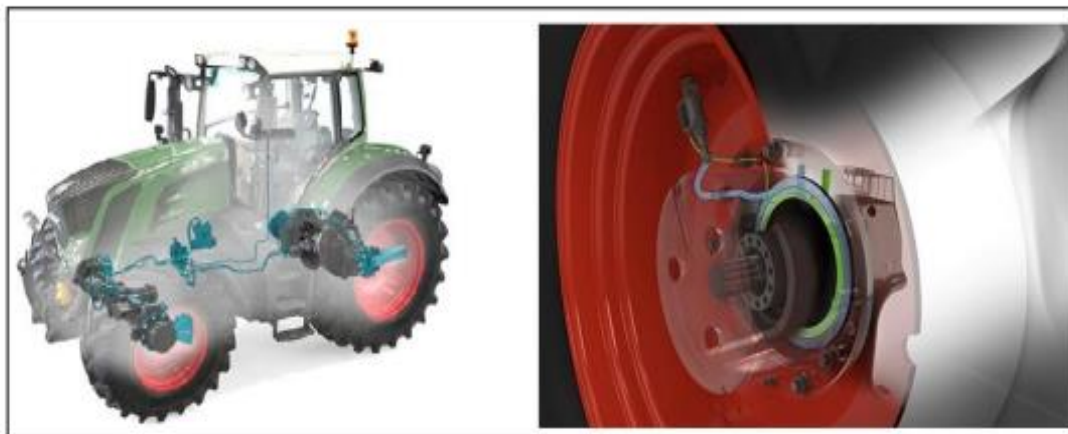
Systémy centrálního huštění pneumatik využívají nejenom traktory, ale i návěsná technika, sklizňové stroje, dopravní a aplikační technika. Firma Fendt je jednou z prvních společností, která začala osazovat vlastní traktory systémem centrálního huštění pneumatik. Systém huštění je uváděn pod obchodním názvem Vario Grip, který má zajistit eliminaci nežádoucího zhutnění půdy, zvýšení efektivity a produktivity práce a spotřeby paliva.

3.3.5.1 Fendt VarioGrip Pro

Verze vznikla ve spolupráci s firmou Fendt a českého výrobce pneumatik Mitas a.s. Konstrukce VarioGrip Pro je vylepšená verze systému VarioGrip, přičemž v roce 2009 získala stříbrnou medaili na mezinárodním veletrhu Agritechnica v Hannoveru. Jedná se o plně integrovaný systém centrálního huštění traktoru, který je vyráběn přímo v závodu. Tlak a rozvod vzduchu je zajištěn pomocí samostatného kompresoru a ventilové techniky, čímž je možné regulovat tlak vzduchu jak při jízdě, tak i v klidové poloze a to díky rotačnímu členu PTG (viz obr. 22). Systém VarioGrip umožňoval zvýšení tlaku o 100 kPa během deseti minut a naopak snížení tlaku během dvou minut.

Deseti minutová prodleva při huštění byla nahrazena efektivnějším systémem ve spolupráci obou firem. (Paulová, 2010)

Verze Pro je tvořena novou konstrukcí pneumatiky, která je složena z vnitřního akumulčního zásobníku AirCell, v překladu vzduchová baňka. V daném akumulčním zásobníku je udržován konstantní tlak 800 kPa, který je v případě potřeby přepuštěn do vnější části pneumatiky.



Obr. 22 Systém VarioGrip a konstrukční řešení (*agricolturanews.it*, 2017)

Oproti deseti minutám je navýšení tlaku o 100 kPa za 30 s, což vytváří značnou časovou úsporu. Rychlá změna tlaku vzduchu je zajištěna pomocí vnitřního zásobníku v pneumatice, který zaujímá třicet procent (viz obr. 23). (Prikner, 2016)



Obr. 23 Detail akumulčního zásobníku AirCell v pneumatice Mitas (*agricolturanews.it*, 2016)

Obsluha může během jízdy regulovat tlak vzduchu za pomoci tlačítka, které je součástí palubního počítače traktoru. Součástí je i asistenční software Fendt Grip Assistan, který v závislosti na typu půdy, agregovaném nářadí, zatížení traktoru a pracovní rychlosti zajišťuje informace řidiči, jaký správný tlak si má nastavit v daných podmínkách. Systém zajišťuje neustálou kontrolu tlaku vzduchu v pneumatikách, což se dá označit jako bezpečnostní prvek. Výhoda tohoto systému je, že dokáže nahustit každé kolo na rozdílný tlak, což se dá uplatit při klasické orbě, kdy každé zadní kolo je zatíženo jinou silou.

Klasické konstrukce regulačních systémů musí při zvyšování tlaku zajistit vysoké otáčky, aby kompresor vyvinul vysoký výkon a změna byla co nejrychlejší. Výrobce udává, že investice v hodnotě 10000 € je návratná do dvou až čtyř let, záleží však na využití a efektivitě stroje. Systém VarioGrip Pro je dodáván pouze jako volitelná výbava pro modely řady 900 Vario, s rozměry pneumatik 710/75R42. Do budoucna se plánuje, že bude tento systém osazen na jiné rozměry pneumatik.(fendt.com, 2015)

4 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ A METODIKA

4.1 Polní měření

Polní měření bylo provedeno za účelem zjištění vlivu tlaku huštění na výstupní parametry orební soupravy. Měření bylo provedeno s traktorem Case 1170 CVX a návěsným oboustranným pětiradličným pluhem Overum CLV, přičemž byla zjišťována spotřeba paliva na hektar zpracovaného pozemku, efektivní hektarová výkonnost, prokluz kol, objemová spotřeba paliva a objemová výkonnost soupravy, při rozdílných tlacích huštění pneumatik: 100 kPa, 150 kPa a 200 kPa.

4.1.1 Charakteristika pozemku

Polní měření proběhlo dne 3. 11. 2016 na pozemku nacházející se v katastrálním území obce Dolní Dobrouč v okrese Ústí nad Orlicí. Výměra daného pozemku činí 10,5 ha jeho průměrná sklonitost je 2° a nadmořská výška 346 m.n.m. Půda, na které bylo měření prováděno je písčitohlinitá až hlinitopísčítá. Na obr. 24 je satelitní snímek pozemku s vyznačením místa, na kterém bylo měření uskutečněno.



Obr. 24 Detailní zobrazení zpracované části pozemku (cuzk, 2017)

Podle bonitační půdně ekologické jednotky - BPEJ (bpej.vumop.cz, 2017) leží pozemek v mírně teplém, vlhkém regionu, jehož průměrná roční teplota činí 6 – 7 °C,

roční úhrn srážek se pohybuje v rozmezí 650 – 750 mm. Reliéf pozemku tvoří rovinu. Náchylnost na utužení je výrazná až střední, kde limitní měrný odpor je 4,5 – 6 MPa. Pozemek dále vykazuje drobtovitou strukturu a sklon k vytváření hrudovitosti je nízký.

Z hlediska osevního postupu byl pozemek v předešlých letech oséván kukuřicí a zapravení do půdy bylo za pomoci přesného secího stroje s roztečí řádků 75 cm.

V sezóně 2015/2016 byly na pozemku provedeny tyto operace:

- září 2015 - podryvání za pomoci dlátového kypřiče v hloubce 40 cm
- duben 2016 - navážení digestátu, dávkování pomocí hadicového aplikátoru v množství 30 m³ na hektar pozemku
- duben 2016 - po aplikaci digestátu zapravení do hloubky 5 – 10 cm pomocí hřebových bran
- květen 2016 - setí kukuřice 6 řádkovým přesným secím strojem s přihnojováním
- červen 2016 - aplikace postřiků proti škůdcům a přihnojování umělými hnojivy
- září 2016 - sklizeň kukuřice na siláž, výška strniště 10 cm
- říjen 2016 - mulčování zbytků plodiny proti škůdci zavíječe kukuřičného

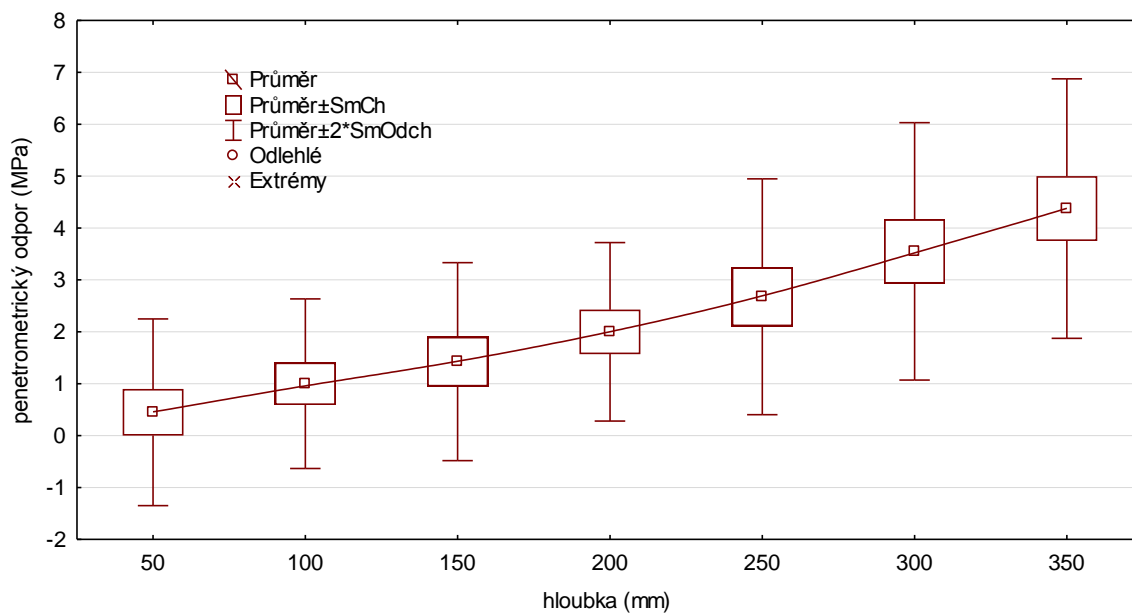
4.1.2 Měření penetrometrického odporu půdy

Za účelem zjištění utužení půdy na měřeném pozemku bylo provedeno měření penetrometrického odporu pomocí penetrometru. Penetrometr pracuje na principu vtlačování kuželového tělíska do půdy při konstantní rychlosti. Čím je odpor půdy vyšší, musí obsluha vyvinout větší sílu pro zatlačení hrotu do země. S rostoucím odporem dochází k průběžnému vykreslování vyššího odporu půdy na záznamový papír (viz obr. 25). Maximální měřitelná hloubka je do 0,8 m. Odpor půdy byl zjišťován v různých částech pozemku, přičemž záznam hodnot byl proveden celkem čtyřikrát.



Obr. 25 Praktická ukázka měření odporu půdy za pomoci penetrometru (foto autor)

Na obr. 26 jsou výsledky měření penetrometrického odporu. Graf představuje závislost penetrometrického odporu na hloubce. Součástí grafu je i krabicový graf, který popisuje variabilitu měřených dat. Na pozemku je půda tvořena hlinitopísčitou až písčitolhinitou strukturou. Limitní hodnoty pro tyto půdy jsou 4,5 – 5,5 MPa. Z grafu je patrné, že nežádoucí zhutnění vzniká v hloubce 300 mm a více. Na nežádoucí zhutnění mají zejména vliv četné přejezdy s těžkými stroji po pozemku, či nedostatečné zpracování půdy ve spodních vrstvách. Tento problém je důsledek zanedbání zpracování půdy z předešlých let.



Obr. 26 Závislost penetrometrického odporu na hloubce

4.1.3 Vlhkost půdy

Pro zjištění vlhkosti půdy byly na měřené parcele odebrány čtyři vzorky půdy (hmotnost odebíraného vzorku činila 1,5 kg). Tyto vzorky byly následně vysušeny. Vysušené vzorky byly opět zváženy. Hmotnosti vzorků jsou zobrazeny v tab. 3, přičemž byla stanovena hmotnostní vlhkost w podle vztahu (1):

$$w = \frac{m_v}{m_z} \times 100 = \% \quad (1)$$

kde: m_v - hmotnost vody ve vzorku [kg]

m_z - hmotnost vzorku před vysušením [kg]

Tab. 3 Výsledky vysušených vzorků půdy

naváženo $m_z = 1,5$ kg	hmotnostní vlhkost
vzorek 1 $m_v = 0,3$ kg	20 %
vzorek 2 $m_v = 0,28$ kg	19 %
vzorek 3 $m_v = 0,27$ kg	18 %
vzorek 4 $m_v = 0,29$ kg	19 %

4.1.4 Charakteristika měřené soupravy

Výstupní parametry byly naměřeny na traktoru Case 1170 CVX a vybraného návěsného pěti radličného pluhu Overum. Jak již z názvu vyplývá, traktor byl osazen převodovkou CVX, s plynulou změnou převodového poměru. Traktor v době měření měl doplněné veškeré provozní kapaliny. Na dotížení traktoru bylo v předním třibodovém závěsu připevněno závaží. Hodnoty soupravy jsou zobrazeny v tab. 4.

Tab. 4 Základní parametry soupravy

Parametry soupravy	
Hmotnost traktoru [kg]	6680
Hmotnost závaží [kg]	750
Délka [mm]	4766
Šířka [mm]	2430
Výška [mm]	3000
Rozvor [mm]	2832
Rozměr předních pneu traktoru[kg]	540/65R30
Rozměr zadních pneu traktoru [kg]	650/65R42
Max výkon motoru [kw]	128 (174 koní)
Počet válců	6
Maximální točivý moment [ot.min-1]	1400
Zdvihový objem [cm ³]	6595
Kompresní poměr	18,5:1
Vrtání [mm]	108
Zdvih [mm]	120
Objem palivové nádrže [l]	310
Průtok olejového čerpadla [l.min-1]	130
Převodovka	plynulá změna př. poměru CVX
Hmotnost pluhu [kg]	2280
Počet orebních těles	5
Typ pluhu	návěsný oboustranný
Délka [mm]	7000
Šířka [mm]	1600
Šířka radlic [mm]	55

4.1.5 Postup měření

Na pozemku byl vybrán úsek s minimální svažitostí. Příprava pozemku spočívala ve vytyčení měřeného úseku za pomoci výstražných kolíků. Délka měřicího úseku činila 50 m. Pro výpočet prokluzu byly rovněž na zadních pneumatikách traktoru za pomoci

výstražného spreje vytvořeny značky, pro odpočet otáček kol. Pro měření záběru pluhu následovalo odměření 5 metrů od brázdy vytvořené zkušebním přejezdem orební soupravy, kde byly umístěny kovové poziční značky (viz kap. 4.1.6). Před jízdou soupravy bylo nezbytné nastavit tříbodový závěs a režim práce motoru traktoru. Zvolený režim práce traktoru byl v oblasti maximálního točivého momentu. Pro měření byla nastavena smíšená regulace (z 80 % polohová), která zajišťuje udržení pluhu v požadované hloubce.



Obr. 27 Ukázka pluhu při práci (foto autor)

K měřeným a vypočteným hodnotám patřila **spotřeba paliva, prokluz kol, výkonnost soupravy, objemová spotřeba paliva a objemová výkonnost soupravy**. Zpracování půdy a měření zmíněných parametrů probíhalo při rychlosti 6 km.h^{-1}

Během průjezdu soupravy měřeným úsekem bylo nejenom provedeno měření záběru, ale i hloubky a času na projetí měřeného úseku. Měření záběru pluhu, hloubky bylo provedeno celkem ve 3 opakováních. Hloubka byla měřena souběžně se záběrem pluhu pomocí hloubkoměru (viz obr. 28).



Obr. 28 Měření hloubky zpracované půdy (foto autor)

4.1.6 Měření záběru pluhu

Od předem vytvořené brázdy došlo k odměření 5 metrů, kde byla umístěna poziční značka. Značky byly rozmístěny po 2 metrech od sebe. Po projetí traktoru měřeným úsekem došlo k odečtení hodnoty od nově vytvořené brázdy, čímž byl zjištěn pracovní záběr pluhu. Počet značek v jednom měřeném úseku činil 10. Stejný postup byl prováděn pro i další tlaky.

4.1.7 Měření prokluzu

Prokluz byl vypočten pomocí vztahu (2):

$$\rightarrow \delta = \frac{n_s - n_t}{n_t} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2)$$

Kde: n_s - skutečný počet otáček kola [-]

n_t - teoretický počet otáček kola [-]

$$\rightarrow \delta = \frac{l}{l_0} = \frac{n_s}{n_t} \quad (3)$$

Jak je ze vztahu (3) patrné, prokluz kola je podíl zatíženého (l) a nezatíženého kola (l_0), lze to také vyjádřit jako podíl skutečných otáček a teoretických otáček kola. Za pomoci vzorce ze vztahu (3) vypočteme skutečné otáčky kola (n_s), které dosadíme do vztahu (2).

Zjišťování dráhy nezatíženého traktoru bylo prováděno mimo měřený úsek, kdy traktor nezpracovával půdu, tudíž nebyl zatížen. Po odečtu 10 otáček byla následně změřena ujetá dráha traktoru. Měření počtu otáček probíhalo za pomoci značek na pneumatice.

Skutečně ujetá vzdálenost při samotném zpracování půdy byla prováděna již v měřicím úseku při zpracování půdy. Výpočet prokluzu byl prováděn pro levé a pravé kolo (viz obr. 29). Měření prokluzu bylo prováděno celkem třikrát. Výsledky byly zprůměrovány.



Obr. 29 Ukázka měření otáček kol (foto autor)

4.1.8 Měření spotřeby paliva

Měření spotřeby paliva bylo prováděno za pomoci odměrného válce o objemu 2000 ml. Před měřením při daném tlaku v pneumatikách došlo k doplnění nafty v nádobě po vyznačenou hranici. Celkový počet jízd měřeným úsekem na jedno doplnění

nádrže bylo 6. Po těchto jízdách byl zjištěn úbytek paliva v nádrži a zároveň i zjištěn celkový čas (čas na projetí úseku + čas otočení soupravy na souvrati) potřebný na ujetí zmíněných 6ti jízd.

4.1.9 Vztahy použité při vyhodnocení

Při vyhodnocení měření respektive pro zjištění vlivu tlaku pneumatik na výstupní parametry byly vypočítány následující veličiny:

➤ **Efektivní výkonnost soupravy**

Efektivní výkonnost soupravy byla vypočtena podle vztahu: (4)

$$W_1 = \frac{0,36 \cdot s \cdot b}{T_1} \text{ [ha.h}^{-1}\text{]} \quad (4)$$

Kde: T_1 - čas ujetí dráhy při daném nahuštění [s]

s - celková dráha ujetá během práce [m]

b - záběr stroje [m]

➤ **Efektivní objemová výkonnost**

Efektivní objemovou výkonnost lze vypočítat podle rovnice: (5)

$$W_{10} = \frac{s \cdot b \cdot h}{T_1} \text{ [m}^3\text{.s}^{-1}\text{]} \quad (5)$$

Kde: T_1 - hlavní čas [s]

s - celková dráha ujetá během práce [m]

b - záběr stroje [m]

h - hloubka orby [m]

➤ **Hektarová spotřeba paliva**

Se znalostí hodinové spotřeby paliva, času, záběru pluhu a celkové dráhy lze vypočítat rovnici podle vztahu: (6)

$$Q_1 = \frac{Q_p \cdot T}{0,36 \cdot s \cdot b} \text{ [l.ha}^{-1}\text{]} \quad (6)$$

Kde: T - čas měření spotřeby paliva 6 jízd [s]

s - dráha ujetá při 6 jízdách [m]

b - záběr stroje [m]

Q_p - průměrná hodinová spotřeba paliva [l.h⁻¹]

$$Q_p = \frac{3600 \cdot Q_6}{T} \text{ [l.h}^{-1}\text{]}$$

Q_6 - spotřeba paliva při 6 jízdách [l]

➤ **Objemová spotřeba paliva**

Objemovou spotřebu lze vypočítat ze vztahu: (7)

$$Q_m = \frac{Q_1}{h} \cdot 10^{-1} \text{ [ml.m}^{-3}\text{]} \quad (7)$$

Kde: Q_1 - hektarová spotřeba paliva [l.ha^{-1}]

h - hloubka orby [m]

4.2 Postup při vyhodnocení dat

Data penetrického odporu půdy, hmotnostní vlhkosti půdy, prokluzu, efektivní výkonnosti soupravy, efektivní objemové výkonnosti, hektarové spotřeby paliva a objemové spotřeby paliva, byly zpracovány v programu Excel. Statistické vyhodnocení bylo provedeno v programu Statistica 12. Pro zjištění statistických rozdílů pro různé tlaky huštění byla provedena jednofaktorová ANOVA.

V programu Excel byly vytvořeny průměry naměřených hodnot pro jednotlivé tlaky pomocí sloupcových grafů. U sloupcových grafů bylo zobrazení procentuální hodnoty.

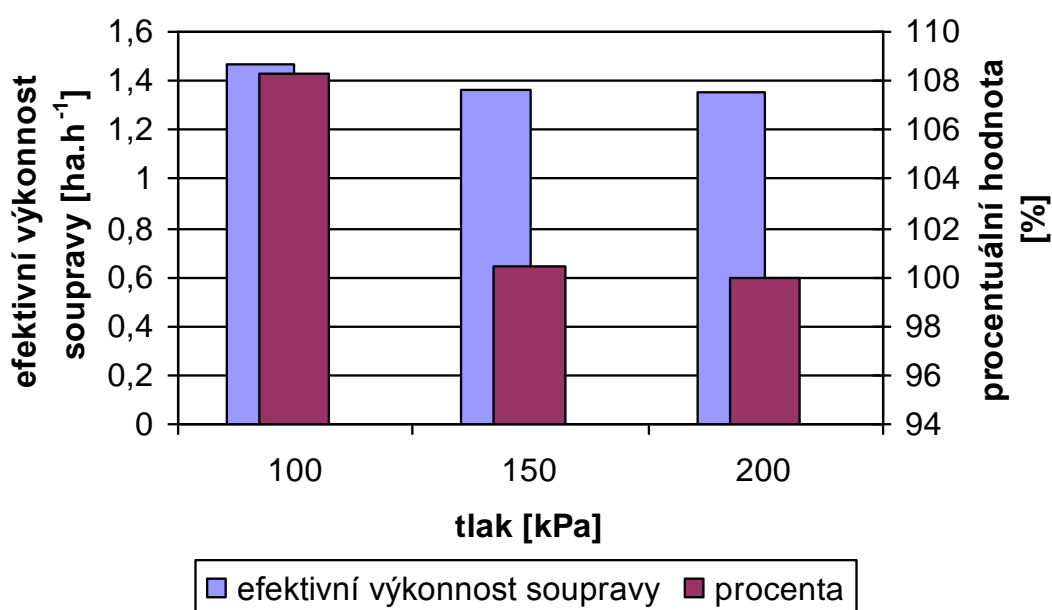
5 VÝSLEDKY

Jak již bylo zmíněno v metodice měření opakovaná měření byla zprůměrována. Zprůměrované naměřené hodnoty jsou uvedeny v souhrnné tab. 5.

Tab. 5 Zprůměrované hodnoty měření

	Hodnota		
	200	150	100
tlak huštění [kPa]	200	150	100
dráha [m]	1324	1261	1314
čas projetí úsekem [s]	804,2	767	727,7
spotřeba paliva při měření [l]	6	5,5	4
prokluz [%]	11,14	8,67	7,37
pracovní záběr [cm]	224	227	224
hloubka zpracování [cm]	23,4	22,7	23,6
hodinová spotřeba [$l \cdot h^{-1}$]	26,68	25,81	19,78
efek. objemová hmotnost [$m^3 \cdot s^{-1}$]	0,86	0,88	0,97
efek. výkonnost soupravy [$ha \cdot h^{-1}$]	1,35	1,36	1,47
hektarová spotřeba paliva [$l \cdot ha^{-1}$]	20,19	19,17	13,57
objemová spotřeba paliva [$ml \cdot m^3$]	8,63	8,44	5,75

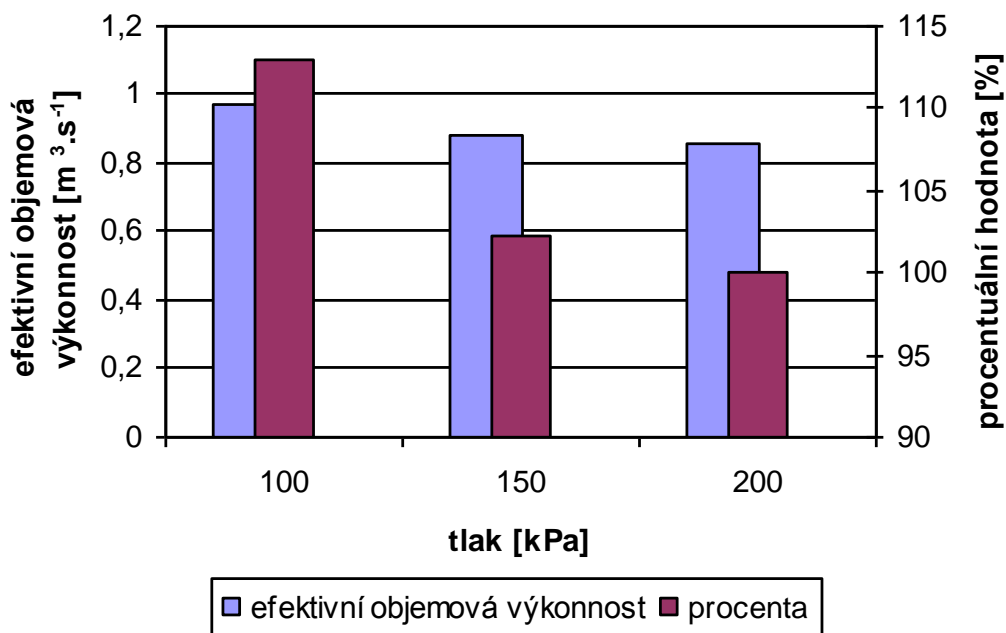
Výsledkem statistických testů a hodnot zpracovaných v programu Excel, jsou interpretovány v grafické podobě. Rozdílné tlaky v pneumatikách jsou porovnávány v grafech mezi sebou.



Obr. 30 Závislost výkonnosti soupravy na tlaku vzduchu

Mezi první hodnocené výsledky patřila efektivní výkonnost soupravy. Grafické výsledky jsou zobrazeny na obr. 30 snížením tlaku vzduchu z 200 kPa o 50 kPa dojde ke zvýšení výkonnosti soupravy z $1,357 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$ na $1,363 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$. Snížením tlaku vzduchu o polovinu na hodnotu 100 kPa dojde k navýšení výkonnosti na $1,47 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$, což je rozdíl $0,11 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$. Při tlaku 150 kPa dojde k procentuálnímu nárustu o 0,4 % a při změně na 100 kPa ke zvýšení o 8,3 % (ve srovnání s tlakem 200 kPa). Na základě výsledků jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že změna huštění neměla statisticky významný vliv (na hladině významnosti 95 %) na efektivní výkonnost soupravy. Vezmeme - li ale v úvahu, že traktor pracuje deset hodin denně zpracuje o 1,1 ha více než při tlaku 200 kPa, což již představuje významný rozdíl. Nárůst výkonnosti je tak zejména zajímavý pro podniky, které zpracovávají větší počet hektarů v řádech tisíců, což má vliv na úsporu času, snížení pracovníků a využití stroje.

Další hodnoceným parametrem byla efektivní objemová výkonnost, (viz obr. 31) která udává, jaké množství zeminy souprava zpracuje.



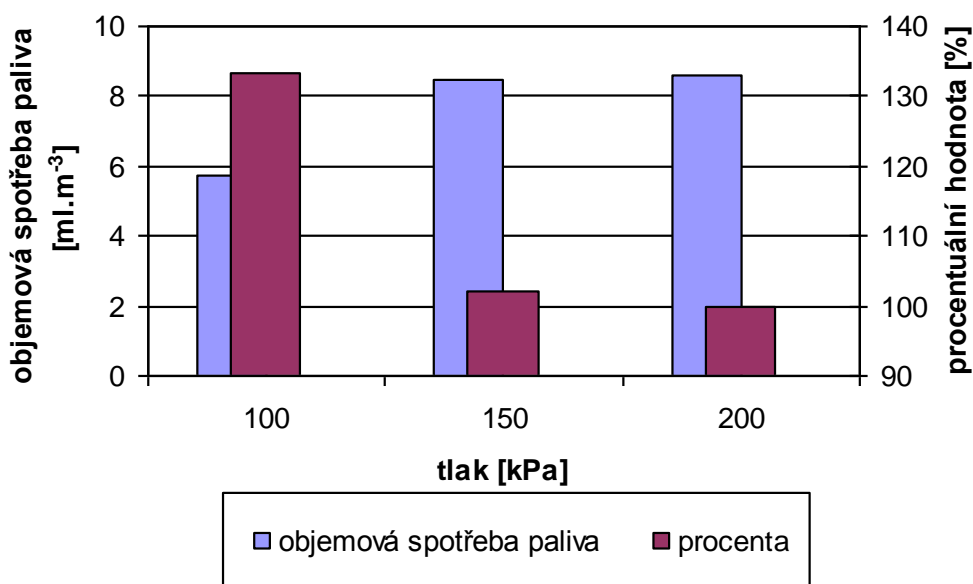
Obr. 31 Vliv tlaku vzduchu na objemovou výkonnost

Jak je z obr. 33 při tlaku 100 kPa v pneumatikách souprava zpracuje $0,97 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ zeminy, oproti tlaku 200 kPa je rozdíl o $0,11 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ více, při hloubce zpracování 22 - 23

cm. Pro lepší zobrazení traktor zpracuje o $396 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ více než při tlaku 200 kPa. Při tlaku 150 kPa zpracuje souprava $0,88 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což oproti hodnotě 100 kPa činí rozdíl o $0,02 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. K největšímu nárůstu zpracované zeminy dochází při tlaku 100 - 150 kPa. Z grafu je patrné, že z hlediska procentuálního vyjádření dochází při tlaku 100 kPa k nárůstu až o 13%. Ve srovnání hodnot tlaků 150 a 200 kPa je rozdíl pouze 2,3 %, vztáhnuto na jeden hektar zpracované půdy.

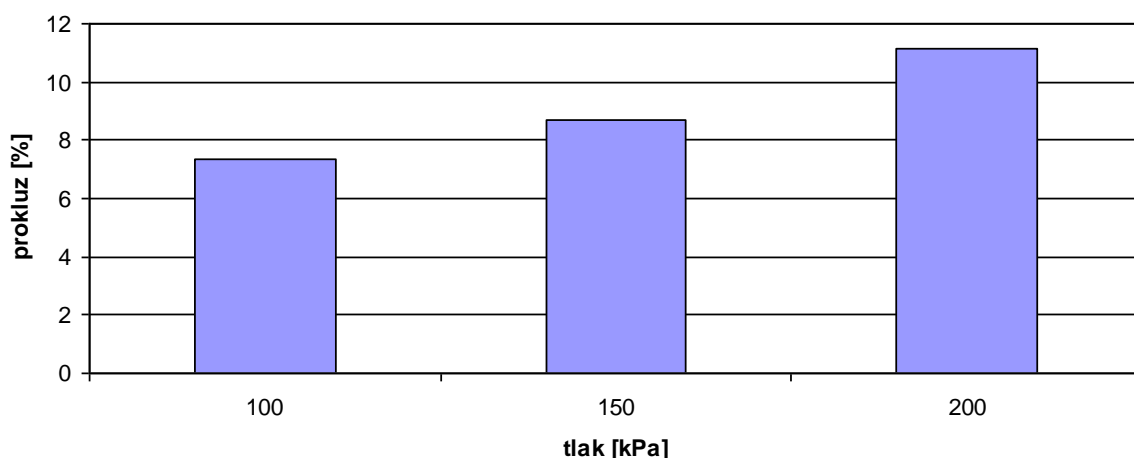
Na základě výsledků jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že huštění nemělo statisticky významný vliv (na hladině významnosti 95 %) na efektivní objemovou výkonnost.

Na obr. 32 je uveden sloupcový graf objemové spotřeby paliva. Na obr. 32 je patrné, že se snižujícím se tlakem vzduchu v pneumatikách dochází ke snížení objemové spotřeby paliva, přičemž hloubka zpracování se pohybovala v rozmezí 22 - 23 cm. Při tlaku 200 kPa činí hodnota $8,63 \text{ ml} \cdot \text{m}^{-3}$. Ve srovnání s tlakem 100 kPa dochází k poklesu objemové spotřeby paliva na m^3 o hodnotu 5,75 ml. Jak již bylo zmíněno v předešlých grafech k největším změnám efektivity a úsporám dochází mezi tlaky 100 a 150 kPa. Z hlediska procent dochází mezi tlaky 200 kPa a 150 kPa ke zvýšení o 2,2 %. K nárůstu o 33,4 % dochází při tlaku pneumatik na 100 kPa.



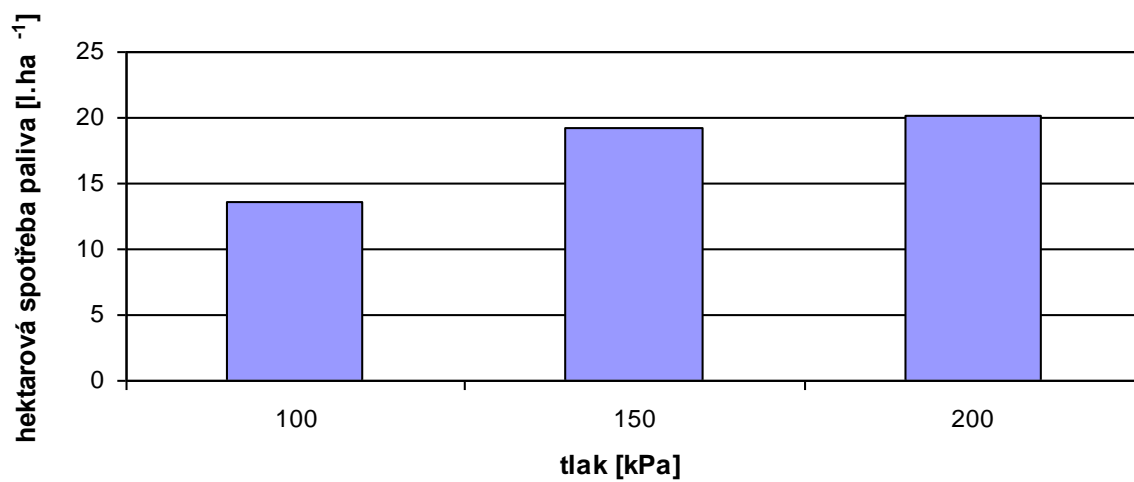
Obr. 32 Závislost objemové spotřeby paliva na tlaku vzduchu

Na obr. 33 je uveden sloupcový graf poklesu při změně tlaku huštění. Na obr. 33 je zřejmé, že při tlaku 200 kPa je prokluz 11,14 %, snížením tlaku v pneumatikách traktoru na 100 kPa dochází ke snížení prokluzu až na hodnoty 7,37 %. Snížením tlaku v pneumatikách dojde ke snížení prokluzu, což je způsobeno zvětšením styčné plochy, přičemž jsou zajištěny lepší trakční vlastnosti soupravy. Dále dochází k výrazné úspoře času, což má vliv na hektarovou výkonnost soupravy. Prokluz při 150 kPa činí 8,67 %, což je rozdíl o 2,5% než při tlaku 200 kPa.



Obr. 33 Vliv prokluzu na rozdílný tlak v pneumatikách

Na obr. 34 je uveden sloupcový graf hektarové spotřeby paliva. Ze sloupcového grafu na obr. 34 je patrné, že se snižujícím se tlakem vzduchu v pneumatikách dochází k poklesu spotřeby paliva na hektar zpracovaného pozemku. Při tlaku 200 kPa spotřeba paliva činí 20,19 l.ha⁻¹, při snížení o 50 kPa je spotřebované množství 19,17 l.ha⁻¹ a snížením o poloviční tlak z prvního měření stroj spotřebuje 13,57 l.ha⁻¹. Úspora paliva na hektar zpracované zeminy v těchto podmínkách činí 6,62 l.ha⁻¹. Následná úspora paliva se bude odvíjet od svahovitosti, půdní vlhkosti, dotížení hnacích kol traktoru předním závažím, seřízením pluhu a následným spojením traktoru s úměrným počtem radlic. Úspora paliva mezi tlaky 200 - 150 kPa je 1,02 l. ha⁻¹. Pneumatiky značky Michelin mohou být provozovány i při tlaku 80 kPa. Během měření byl stroj provozován v oblasti maximálního točivého momentu tj. oblast minimální měrné spotřeby paliva. Úspora paliva na hektar bude zejména významná pro všechny zemědělské podniky obhospodařující velký počet hektarů.



Obr. 34 *Závislost hektarové spotřeby paliva na tlaku*

6 DISKUZE

Z výsledků měření vyplývá, že při rozdílném tlaku vzduchu v pneumatikách dochází ke snížení prokluzu kol, díky zvětšení styčné plochy pneumatiky. Tento faktor má pak vliv na hektarovou výkonnost soupravy a v neposlední řadě na spotřebu paliva vztažené na hektar resp. na množství zpracované půdy. Podobné měření provedl Serrano et al. (2008), který se zaměřil na spotřebu paliva traktoru v agregaci s talířovým kypřičem. První měření provedl s tlakem v pneumatikách 140 kPa, druhá varianta měření probíhala při tlaku 100 kPa. Na zadních pneumatikách byl tlak snížen na 70 kPa. Provozováním stroje při nižším tlaku v pneumatikách bylo dosaženo menšího prokluzu až o 18 % a úspory paliva hektar o 15 %.

Vliv huštění pneumatik, jak uvádí Katrenčík et al. (2013), se promítne i do tahových vlastností traktoru. Ve svém článku popisuje měření traktoru s tlakem huštění 180 kPa a následně s tlakem huštění 75 kPa (v předních pneumatikách) a 65 kPa (v zadních pneumatikách). Při tlaku 180 kPa dosažený tahový výkon činil 72,6 kW při prokluzu 56,3%. Výsledek druhého měření tahového výkonu bylo stejné, ale došlo ke snížení prokluzu kol o 16,2 %. Obě experimentální měření se shodují s diplomovou prací resp. nižšího prokluzu a spotřeby paliva dosáhneme při nižším tlaku vzduchu v pneumatikách, což má vliv i na lepší tahové vlastnosti traktoru. Mezi další příznivé vlastnosti patří šetrnější přístup k půdě a její struktuře s následným menším utužením pozemku při četné přepravě zemědělských komodit.

Snížení tlaku vzduchu v pneumatikách má, ale i vliv na valivý odpor vozidla. Závislost vlivu tlaku huštění a valivého odporu se věnoval kolektiv autorů Čupera a Šmerda (2010). Měření provedli v laboratorních podmínkách na válcovém dynamometru i v zemědělské dopravě. Snížením tlaku v předních pneumatikách z 200 kPa na 160 kPa došlo k nárůstu odporu o 0,54 kN, (měřeno v laboratorních podmínkách). Součinitel odporu valení se v průměru zvýšil o hodnotu 0,136. Měření v reálných podmínkách bylo zjišťováno na plně naloženém tandemovém návěsu při tlaku huštění 210 kPa a 270 kPa. Souprava se pohybovala rychlostí 35 km.h⁻¹, přičemž celkový odpor soupravy byl 0,71 kN. Při tlaku 270 kPa vytvářela souprava o 12,1 % nižší odpor a potřebný výkon soupravy byl 57,06 kW. Při nahuštění návěsu na 210 kPa byl potřebný výkon 64 kW. Pro srovnání s měrnou spotřebou paliva při vyšším tlaku došlo k úspoře paliva o 10 g.kW⁻¹.h⁻¹.

Práce traktorů není zaměřena pouze na práci v polních podmínkách. Velkou část v dnešní době tvoří přeprava komodit s přívěsy a návěsy po pozemních komunikacích. Tyto soupravy jsou provozovány z části po poli a části po pozemní komunikaci. Mezi důležité aspekty tak patří nejenom správně zvolené pneumatiky, ale nastává rozhodnutí, zda provozovat soupravu s nižšími tlaky a tím chránit půdu před zhutněním, nebo s vyšší hodnotou tlaku huštění, čímž je zajištěno snížení valivého odporu. V tomto případě je opodstatněné použití systému, který upraví tlak pneumatik v závislosti na provozních podmínkách, resp. na přání řidiče.

7 ZÁVĚR

Orba patří mezi jednu z energeticky náročných operací, přičemž dochází k obracení zeminy a tím i zahrnování rostlinných zbytků, statkových hnojiv a plevelů. Finanční náklady na orbu jsou tvořeny spotřebou paliva na hektar zpracované zeminy, opotřebením pracovních částí pluhu jako jsou čepele, špice a odhrnovačky. Díky malému plošnému záběru a pracovní rychlosti dochází k malé hektarové výkonnosti a časové náročnosti na operace. Orební operaci lze zaměnit např. s hloubkovým kypřením, která má příznivý vliv k lepšímu prosakování vody do půdy. V současné době díky provozu těžkých strojů a častým přejezdům poli, dochází k výraznému utužení půdy, což má vliv na produkci rostlin a kořenový systém.

Vhodným řešením ke snížení nákladů je vybavení traktoru centrálním huštěním pneumatik. Snížením tlaku vzduchu v pneumatikách dojde ke zvětšení styčné plochy pneumatiky. Snížením tlaku v pneumatikách dochází tak ke zvýšení hektarové výkonnosti soupravy a snížení prokluzu kol. Na trhu se nachází dvě konstrukční řešení centrálního huštění pneumatik. Jednou z nich je vybavení traktoru rozvodem vzduchu vedením přes blatníky kol, přičemž nevýhodou tohoto řešení je velmi snadné poškození o cizí předmět. Výhodou tohoto systému je nízká pořizovací cena a rychlá montáž na traktor. Druhou variantou je instalace rozvodu vzduchu středem kola, což nabízí například firma Fendt. Při jízdě soupravy po pozemní komunikaci dojde v řádech sekund k nahuštění pneumatik na tlak vyšší, čímž dochází ke zmenšení valivého odporu kol. Výrobci pneumatik Michelin, Trelleborg, Continental umožňují pneumatiky provozovat již při tlaku 100 až 80 kPa. Centrální huštění pneumatik je vhodné pro podniky obhospodařující velký počet hektarů nebo provozují - li stroj při dopravě materiálu po pozemní komunikaci, což zajišťuje rychlý návrat investice. Mezi faktory ovlivňující ekonomický provoz orební soupravy patří nejenom správný tlak huštění pneumatik, ale i správné dotížení traktoru, nastavení regulační hydrauliky, seřízení pluhu a zručnost řidiče. Další činitelé, které mají vliv na spotřebu paliva je i vlhkost půdy, druh zpracované zeminy a svahovitost pozemku.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AGRO PNEUMATIKY., 2017: *Rozměry pneumatik*, online [cit. 12. 3. 2017]. Dostupné [http://www.e – agropneu.cz](http://www.e-agropneu.cz)

AGRICOLTURA., 2015: *Revoluce v pneumatikách*, online [cit. 24. 10. 2016]. Dostupné <http://www.agricolturanews.it>

BAUER F. A KOL., 2013: *Traktory a jejich využití*, Profi Press s.r.o., Praha, 224 s, ISBN 978- 80-86726-52-6

BAUER, F. -- SEDLÁK, P. -- ČUPERA, J. -- SLIMAŘÍK, D. -- POLCAR, A. -- SKŘIVÁNEK, A. Testování pluhu Pöttinger Servo 6.50 s posilovačem trakce. *Mechanizace zemědělství*. 2014. sv. 64, č. 6, s. 24-27. ISSN 0373-6776. URL: http://www.poettinger.at/landtechnik/download/cz/140602_M_SERVO.pdf

BAUER F., SEDLÁK P., 2006: *Na co má vliv tlak vzduchu v pneumatikách*. *Mechanizace zemědělství* č. 6, 2006; Profi Press s.r.o., Praha, ISSN 0373-6776

BEDNAR FMT, s.r.o., 2017: *Machinery - zpracování půdy* online [cit. 19. 2. 2017]. Dostupné [http://www.bednar - machinery.com](http://www.bednar-machinery.com)

BENEŠ P., 2009: *Přínos změny tlaku v pneumatikách*, online [cit. 31. 12. 2016]. Dostupné <http://zemedelec.cz/prinos-zmeny-tlaku-v-pneumatikach>.

BENEŠ P., 2008: *Orba on-land*. *Mechanizace zemědělství* č. 5, 2008; Profi Press s.r.o., Praha, ISSN 0373-6776

BOSCH EHR, 2012: *Electro hydraulic hitch control for tractors*, online [cit.31.12.2016]

[http://www.airlinehyd.com/pdfs/Hydraulic/RexrothBosch/Bosch_PDF/Moble%20hydraulic s/Electronic-hydraulic%20hitch%20control%20for%20tractors%201_0.pdf](http://www.airlinehyd.com/pdfs/Hydraulic/RexrothBosch/Bosch_PDF/Moble%20hydraulic%20Electronic-hydraulic%20hitch%20control%20for%20tractors%201_0.pdf) 56 pp.

ČUPERA J., ŠMERDA T., 2010: *Vliv huštění pneumatik na pasivní ztráty traktoru*. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, Sv. LVII, č. 1, ISSN 1211-8516.

ČÚZK, 2017: *Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky*, online [cit. 28. 10. 2016]. Dostupné <http://www.cuzk.cz>

DEJONG-HUGHES J., MONCRIEF J. F., VOORHEES W. B., SWAN J. B., 2001: *Soil compaction: causes, effects and control*, online [cit. 23. 12. 2016]. Dostupné <http://www.extension.umn.edu/agriculture/tillage/soil-compaction/>.

FENDT AGCO GMBH, 2015: www.fendt.com, online [cit. 23. 12. 2016]. Dostupné <http://www.fendt.com/int/11342.asp>.

FERGUSON H. G, Apparatus for coupling agricultrual implements to tractors and automatically regulating the depth of work, Patent GB No. 253566 (1926)

GOOGLE, 2017: *Řez radiální pneumatikou*, online, [cit. 12. 3. 2017]. Dostupné <http://www.google.cz>

GREČENKO A., 1963: *Kolové a pásové traktory*. Státní zemědělské nakladatelství ve spolupráci s Ústředním vědeckotechnických informací MZLVH Praha, 402 s.

JURTÍK T., 2004: *Proč používat radiální traktorové pneumatiky?* Mechanizace zemědělství č. 1, 2004; Profi Press s.r.o., Praha, ISSN 0373-6776.

KATEDRA ZEMĚDĚLSKÉ, DOPRAVNÍ A MANIPULAČNÍ TECHNIKY., 2013: *Zpracování půdy*, online, [cit. 10. 3. 2017]. Dostupné <http://www.kzt.zf.jcu.cz>

KATRENČÍK J., BAUER F., DOSTÁL P., 2013: *The influence of the tire inflation on pull properties of agriculture tractors*. Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, sv. 61, č. 6, ISSN 1211-8516.

KUMHÁLA F., 2007 *Zemědělská technika, stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*
Praha: Česká zemědělská univerzita, 2007. 426 s. ISBN 978-80-213-1701-7

LEMKEN, 2016: *Nesené pluhý VariOpal*, online [cit. 18. 10. 2016]. Dostupné
<http://www.lemken.cz>

MICHELIN ČR, 2011: www.michelin.cz, Veletrh SIMA 2011 - Tiskový balíček.
Databáze online [Citace: 1. 3. 2017]. Dostupné z: http://www.michelin.cz/content/pdf/PressKit_MICHELIN_SIMA2011_CZ_new.pdf.

MICHELIN, 2016: www.michelinag.com. online [cit: 1. 3. 2017]. Dostupné z:
<http://www.michelinag.com/Agricultural-tires/Tractors/MICHELINAGRIBIB-Row-Crop>.

MITAS A.S., 2015: www.mitas-tyres.com, online [cit. 15. 12. 2016]. Dostupné
<http://www.mitas-tyres.com/cz/o-nas/tiskove-zpravy/mitas-planuje-vestpneutrac-na-trh-do-dvou-let/>.

MOITZI G., HAAS M., WAGENTRISTL H., BOXBERGER J., GRONAUER A. 2013:
Energy consumption in cultivation and ploughing with traction improvement system
and consideration of the rear furrow wheel-load in ploughing, *Soil & Tillage Research*
134: 56-60 s

NEUBAUER. K, 1989: *Stroje pro rostlinnou výrobu*. Státní zemědělské nakladatelství
Praha, 716 s. ISBN 80 - 209 - 0075 - 6.

NEGATIVNÍ VLIVY ZHUTNĚNÍ PŮD, 2008: online [cit. 19. 2. 2016]. Dostupné
<http://www.agro.basf.cz>

OVERUM, 2016: *Polonesené otočné pluhý*, online [cit. 18. 10. 2016]. Dostupné
<http://www.Pekass.eu>

PÁLTIL J. A KOL., 2005: *Stroje pre rastlinnú výrobu, obrábanie pôdy, sejba*, SPU Nitra, 241s, ISBN 80-8069- 200-9.

PAULOVÁ M., 2010: *Překvapením byla sklízecí řezačka*. Zemědělec č. 41, 2010; Profi Press s.r.o., Praha.

POTTINGER., 2015: *Test pluhu Servo 6.50*, online [cit. 18. 10. 2016]. Dostupné [http://www. agportal.cz](http://www.agportal.cz)

PRIKNER P., 2016: *Moderní zemědělské pneumatiky snižují zhutnění půdy*. Mechanizace zemědělství č. 1, 2016; Profi Press s.r.o., Praha, ISSN 0373-6776

SERRANO J. M., PEÇA J. O., SILVA J. R., MÁRQUEZ L., 2008: *The effect of liquid ballast and tyre inflation pressure on tractor performance*. Biosystems Engineering 2009 Vol. 102, No. 1., ISSN 1537-5110.

SLIMARČÍK D., 2015: *Disertační práce - Analýza silových účinků pluhů na výstupní parametry orebních souprav*, Mendelova univerzita Brno, 144 s.

ŠMERDA T., BAUER F., 2007: *Vliv zatížení hnacích náprav a výšky závěsu na tahové vlastnosti traktoru*. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, č. 4, ISSN 1211-8516

SYROVÝ O. ET AL., 2004: *Radiální, nebo diagonální pneumatiky?* Mechanizace zemědělství č. 7, 2004; Profi Press s.r.o., Praha, ISSN 0373-6776.

TYRE INFLATION SYSTEMS., 2009: *PTG-Reifendruck-Regelsysteme*, online [cit. 24. 10. 2016]. Dostupné [http://www. ptg.info](http://www.ptg.info)

VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V.V.I., 2015: [bpej.vumop.cz](http://www.bpej.vumop.cz), online [cit. 27. 10. 2016]. Dostupné [http://www. bpej.vumop.cz](http://www.bpej.vumop.cz).

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1 *Ukázka orby s on - land pluhem: (Google, 2017)*
- Obr. 2 *Oboustranný návěsný 6 radličný pluh Overum CLV (Pekass, 2016)*
- Obr. 3 *Čtyřradličný otočný nesený pluh Kuhn Multi - Master (foto autor)*
- Obr. 4 *Nesený otočný pluh s plynulou změnou záběru Lemken VariOpal (Lemken, 2016)*
- Obr. 5 *Detail plné odhrnovačky od společnosti Amazone (foto autor)*
- Obr. 6 *Ukázka páskové odhrnovačky od společnosti Kuhn (foto autor)*
- Obr. 7 *Jednotlivé části orebního tělesa (Neubauer, 1989), 1- čepel, 2 - odhrnovačka, 3 - slupice, 4 - plaz, 5 - vzpěra, 6 - patka, 7 - péro*
- Obr. 8 *Jištění orebního tělesa za pomoci střížného šroubu (kzt.zf.jcu, 2017)*
- Obr. 9 *Jištění pluhu Kverneland za pomoci listové pružiny (foto autor)*
- Obr. 10 *Hydraulické jištění orebních těles od společnosti Kuhn (foto autor)*
- Obr. 11 *Detail tříbodového závěsu traktoru (foto autor)*
- Obr. 12 *Schéma senzorů elektrohydraulické regulace systému (BOSCH ERH, 2012,),:*
- Obr. 13 *Schéma silové regulace traktoru (Slimařík, 2015)*
- Obr. 14 *Nastavení polohové regulace traktoru (Slimařík, 2015)*
- Obr. 15 *Zobrazení smíšené regulace při zpracování půdy (Slimařík, 2015)*
- Obr. 16 *Řez pláštěm radiální traktorové pneumatiky (Google, 2017)*
- Obr. 17 *Prokluzová charakteristika při rozdílné konstrukci pneumatik*
- Obr. 18 *Nízkotlaká radiální pneumatika konstrukce IF o šířce 900 mm a průměru*
- Obr. 19 *Využití flotačních pneumatik pro velkoobjemové vozy. (obrazky, 2017)*
- Obr. 20 *Řešení rozvodu vzduchu ke kolům (ptg.info, 2016)*
- Obr. 21 *Jedno - okruhový systém CTIS (ptg.info, 2016)*
- Obr. 22 *Systém VarioGrip a konstrukční řešení (agricolturanews.it, 2017)*
- Obr. 23 *Detail akumulčního zásobníku AirCell v pneumatice Mitas (agricolturanews.it, 2016)*
- Obr. 24 *Detailní zobrazení zpracované části pozemku (cuzk, 2017)*
- Obr. 25 *Praktická ukázka měření odporu půdy za pomoci penetrometru (foto autor)*
- Obr. 26 *Závislost penetrometrického odporu na hloubce*
- Obr. 27 *Ukázka pluhu při práci (foto autor)*
- Obr. 28 *Měření hloubky zpracované půdy (foto autor)*
- Obr. 29 *Ukázka měření otáček kol (foto autor)*
- Obr. 30 *Závislost výkonnosti soupravy na tlaku vzduchu*

- Obr. 31 *Vliv tlaku vzduchu na objemovou výkonnost*
Obr. 32 *Závislost objemové spotřeby paliva na tlaku vzduchu*
Obr. 33 *Vliv prokluzu na rozdílný tlak v pneumatikách*
Obr. 34 *Závislost hektarové spotřeby paliva na tlaku*

10 SEZNAM TABULEK

- Tab. 1 *Vybrané hodnoty rychlostního indexu SI (e – agropneu, 2017)*
Tab. 2 *Značení hmotnostního indexu LI (tyreteam.co.nz, 2017)*
Tab. 3 *Výsledky vysušených vzorků půdy*
Tab. 4 *Základní parametry soupravy*
Tab. 5 *Zprůměrované hodnoty měření*