

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

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

Bakalářská práce

Stanovení poloměru otáčení u traktorů Zetor 6911, Zetor 7745
a Zetor 7711 pro potřeby počítačových modelů

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Filip

Autor bakalářské práce: Šťastný Filip

České Budějovice, 2018

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

Jméno a příjmení: **Filip ŠŤASTNÝ**
Osobní číslo: **Z15117**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**
Název tématu: **Stanovení poloměru otáčení u traktorů Zetor 6911, Zetor 7745 a Zetor 7711 pro potřeby počítačových modelů**
Zadávací 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 :

Cíl práce:

Student v bakalářské práci stanoví poloměry otáčení u vybraných traktorů Zetor 6911, Zetor 7745 a Zetor 7711 měřené na odlišných typech povrchů a při různých jezdových rychlostech.

Struktura hlavní části práce bude následující:

1. Stručný úvod do problematiky
2. Úvod do trakční teorie
3. Popis metodiky pokusů
4. Výsledky terénních měření
5. Diskuse
6. Závěr

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

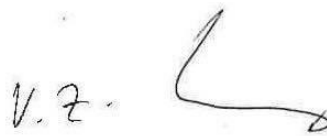
Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:


ČSN 30 0552: Zjišťování stopových a obrysových průměrů zatáčení a průjezdnosti kruhovým obloukem silničních vozidel pro motorovou dopravu Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1970. 12 s.
GREČENKO, Alexandr. Trakční teorie pro kolová vozidla v terénu. 1992. 53 s.
BAUER, František a kol. Traktory. 1. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. 192 s. ISBN 80-86726-15-0.
PASTOREK, Zdeněk a kol. Zemědělská technika dnes a zítra: rádce při výběru a efektivním využívání zemědělských strojů a technologií. [Praha]: Martin Sedláček, 2002. 144 s. ISBN 80-902413-4-4.
KUMHÁLA, František a kol. Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. 426 s. ISBN 978-80-213-1701-7.
DÖRFLINGER, Michael. 1000 zemědělských strojů. 1. vyd. [Praha]: Knižní klub, 2009. 336 s. ISBN 978-80-242-2461-9.
BAUER, František a kol. Traktory a jejich využití. 2. vyd. [Praha]: Profi Press, 2013. 224 s. ISBN 978-80-86726-52-6.
PASTOREK, Zdeněk a kol. Traktory. Praha: František Savov - Agrospoj, 2001. 356 s.
materiály přístupné přes databáze (např. Web of Knowledge, ScienceDirect atp.)
propagační materiály prodejců zemědělské techniky
internet

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

Datum zadání bakalářské práce: 16. ledna 2017
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2018


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


JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentůvák 1888, 370 05 České Budějovice


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

V Českých Budějovicích dne 22. března 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s využitím informací z literatury, jejíž seznam je součástí této práce.

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

V Českých Budějovicích dne

vlastnoruční podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Martinu Filipovi za pomoc a cenné rady při zpracování této bakalářské práce. Dále děkuji firmám Autodoprava Šťastný a Zemědělské družstvo Nemějice které mi zapůjčily stroje pro naměření hodnot a umožnily vstup na pozemek.

Abstrakt

Tato bakalářská práce je na téma Stanovení poloměrů otáčení u vybrané zemědělské techniky. Zabývá se analýzou pracovních strojů, rozdělením traktorů z více úhlů pohledu a faktory, které ovlivňují provoz vozidel v terénu, kterým je například prokluz kol, odpor valení, odpor vzduchu nebo pevnost podkladového materiálu.

Praktická část práce se zabývá vyhodnocením naměřených výsledků u kolových traktorů Zetor 6911, Zetor 7711 a Zetor 7745 a stanovení poloměrů otáčení. Práce zohledňuje skutečné poloměry otáčení jednotlivých traktorů a povětrnostní podmínky, které panovaly při sbírání dat. Pro zlepšení přehlednosti jsou výsledky zapsány v tabulkách.

Klíčová slova

traktor, kolový traktor, pásový traktor, prokluz, zatáčení, řízení, poloměr otáčení

Abstract

The subject of the bachelor's thesis is Determining the turning radius of selected agricultural machinery. It deals with the analysis of working machines, sorting the tractors out according to multiple aspects and factors that influence the operation of vehicles in the field, such as wheel slipping, rolling resistance , air resistance or strength of the underlying material.

Practical part deals with evaluation of measured results of Zetor 6911, Zetor 7711 and Zetor 7745 wheeled tractors and determination of turning radius. Work reflects the actual turning radius of particular tractors and weather conditions during the data collection. For better clarity, the results are written in the tables.

Keywords

tractor, wheeled tractor, crawler tractor, wheel slipping, turning, steering, turning radius

Obsah

Úvod.....	1
1. Literární přehled.....	1
1.1 Traktor.....	1
1.2 Rozdělení traktorů.....	2
1.3 Pohyb vozidel v terénu.....	23
1.3.1 Prokluz kol.....	25
1.3.2 Potřebný výkon pro překonání odporu vzduchu.....	26
1.3.3 Síla pro překonání odporu valení.....	28
1.3.4 Řiditelnost a zatáčení vozidel.....	30
1.4 Firma Zetor.....	32
2. Cíl práce.....	34
3. Metodika.....	34
4. Vlastní práce.....	35
4.1 Zemědělské družstvo Nemějice.....	35
4.2 Autodoprava Šťastný.....	36
4.3 Použité stroje při měření.....	36
4.3.1 Zetor 6911.....	36
4.3.2 Zetor 7711.....	37
4.3.3 Zetor 7745.....	38
4.4 Protokoly z měření.....	38
4.4.1 Průběh při měření s traktorem Zetor 6911.....	42
4.4.2 Průběh při měření s traktorem Zetor 7711.....	47
4.4.3 Průběh při měření – Zetor 7745.....	52
Závěr a diskuse.....	54
Seznam použité literatury.....	57
Přílohy.....	59
Seznam obrázků.....	59
Seznam tabulek.....	60

Úvod

V současné době neustále dochází ke zvyšování populace na planetě Zemi. Se zvyšujícím se počtem populace může dojít k problému nedostatku potravy. Vývoj se tedy snaží zabezpečit budoucí generace a vyřešit problém s nedostatkem potravy. Je zapotřebí zvýšit výnosy jednotlivých komodit aby nedošlo k tomuto problému. Řešením je precizní zemědělství, které se řídí zásadou provést pěstební zásah v pravý čas na správném místě a se správnou intenzitou. To znamená, že dochází ke snížení dávek hnojiv a pesticidů a tudíž je tento způsob také ekologicky šetrnější. Základem precizního zemědělství jsou nejnovější systémy. Systémy umožňující přesný pohyb po pozemku a ty nejpřesnější informace o něm. Je nutné znát například složení půdy na daném místě a přiřadit k nim data o poloze k GPS přijímačům. Podle těchto informací je možné aplikovat hnojivo a pesticidy jen tam, kde je to skutečně nutné. Pohyb po pozemku je tedy důležitým faktorem při precizním zemědělství a poloměr otáčení v něm hraje nemalou roli.

1. Literární přehled

1.1 Traktor

Slovo traktor pochází z latinského „trahere“ což v překladu znamená tahat. Traktor je tedy tažný stroj, který je svojí stavbou určený především k tahání, tlačení, nesení a pohonu různých přípojných strojů. Prvotní uplatnění traktoru je důvod jeho existence, a tím je zemědělství. Avšak neztratí se ani v jiných odvětvích, kterými jsou například lesní hospodářství, stavebnictví, nebo přeprava materiálu ve spojení s přívěsy [2] [3].

Právní norma ES/EU 86/415/EHS ve znění 97/54/ES definuje zemědělský anebo lesní traktor jako motorové vozidlo s koly, popřípadě s nekonečnými pásy, které má alespoň dvě nápravy. Hlavní funkcí má být ve využití tažné síly, která může

být dána právě tažením nebo také tlačáním, nesením anebo poháněním určitého nářadí, strojů či přívěsů určených zemědělskému nebo lesnickému použití [2].

Možnosti koncepce přípojného nářadí s traktorem je následující:

- přívěsné
- návěsné
- polonesené
- nesené

Spojením traktoru a přípojného nářadí nám vzniká tzv. souprava. Souprava je tedy dočasné spojení traktoru a pracovního nářadí. Vhodnost soupravy ovlivňuje takřka všechny cenové a provozní náklady mechanizované tahové práce [1].

Efektivnost a vhodnost soupravy je dána podle následujících pravidel:

Efektivnost a vhodnost soupravy by měla mít co největší výkonnost při co možná největší hospodárnosti, tj. nejdokonalejší využití výkonu motoru v jeho hospodárném režimu spotřeby na vytvoření tahového výkonu v oblasti vysoké tahové účinnosti. Dále by měla mít vhodná souprava dobrou řiditelnost vozidla při práci s nářadím a bezpečnost při jeho přepravě, zachovat určitou potřebnou část tíhy vozidla na jeho řídicích kolech. Pneumatiky zadních kol by neměly být přetěžovány při dotěžování vozidla nářadím. Měly by být dodrženy agrotechnické podmínky bez zvláštních nároků na pozornost operátora vozidla. Efektivní a vhodná souprava mít dobrou otáčivost, co nejnižší pracovní hmotnost, jednoduché připojení nářadí k vozidlu, neměla by přetěžovat motor a tak podobně [3].

1.2 Rozdělení traktorů

Traktory se dají rozdělit z několika hledisek, jejich využití je různorodé:

- 1) Podle účelu

Zemědělské traktory mají největší využití v zemědělství. Mají speciální záběrové pneumatiky se šípovým vzorem, proto jsou vhodné do polních podmínek. Na poli je však možné využít i pneumatiky speciální či kultivační. Zemědělské traktory se vyznačují především univerzálností. Dají se k nim připevnit různé druhy pracovního nářadí. Tyto traktory mají různé možnosti upevnění pracovního nářadí k rámu traktoru. Používají se například tři bodové závěsy, jak v zadní části traktoru, tak v přední části. Další možnost připevnění nářadí k traktoru je do závěsného zařízení, které je v zadní části traktoru. Dále jsou vybaveny zadním (někdy také i předním) vývodovým hřídelem. Tento hřídel je určený k pohánění pracovního nářadí, které je k traktoru připojeno [2].



Obrázek 1 – Zemědělský traktor [12]

Univerzální traktory jsou obdobné konstrukce jako zemědělské traktory. Tyto stroje jsou konstruovány tak, aby vyhovovali více účelům, například k orbě, nebo na obdělávání půdy mezi řádky. Dále se hodí i pro silniční přepravu, vše je řešeno pouhou výměnou pneumatik. Většina dnes vyráběných traktorů jsou univerzální traktory [2].



Obrázek 2 – Univerzální traktor

Speciální traktory jsou upravené pro daný druh práce. Mohou to být práce zemní, stavební, lesní, nebo jiné práce, tahání návěsů či přívěsů a podobně. Konstrukce těchto strojů může být kolová, pásová či polopásová ke speciálním účelům. Každá z těchto prací si žádá danou konstrukci. Ať už z hlediska podvozku, řízení či druhu. Například traktory pro lesní hospodářství mohou být kloubové kolové traktory, jako najdeme na obrázku. Jejich výbava se skládá z rampovače pro skladování klád, lanových navijáků pro přibližování dřeva a ochranného rámu kvůli bezpečnosti [2].



Obrázek 3 – Lesní kolový traktor (LKT) [13]

Traktor pro vinice a chmelnice je varianta speciálního traktoru. Je to malý, kolový, pásový nebo polopásový traktor s rozchodem maximálně 1000mm a s malým poloměrem otáčení. Z popisu je jasné že jeho uplatnění je na vinicích a chmelnicích kde zemědělské ani univerzální traktory nemají možnost vstupu kvůli jejich rozměrům [2].



Obrázek 4 – Viniční traktor [14]

Bažinový traktor je další možná varianta speciálního traktoru. Je to pásový nebo kolový traktor s velmi širokými pásy nebo se širokými pneumatikami pro práci v málo únosných půdách. Půda zde není ani trochu stabilní a proto musí být podvozek osazen velmi širokými ať už pásy nebo pneumatikami. Většinou je bažinový traktor osazen právě pásy ze dvou důvodů. Prvním důvodem je větší styčná plocha s podložkou a omezí se tím zapadání stroje do terénu. A druhý důvod, který jde ruku v ruce s prvním důvodem je lepší prostupnost terénem [2].

Svahový traktor je speciální traktor, převážně kolový, popřípadě i pásový nebo polopásový. Má proměnlivou výšku kol nebo pásů na obou stranách traktoru. To umožňuje, aby těžiště traktoru bylo na svahu přibližně uprostřed mezi stopami kol nebo pásů. Podobným způsobem byly také konstruovány motorové pluhy na začátku 20. století, které měli pravé kolo o cca 150mm níže neboť jelo v brázdě [2].



Obrázek 5 – Svahový traktor [15]

Samohybný podvozek nebo také nosič sklízecích strojů, je speciální traktor, ke kterému si připevňují různé zemědělské stroje poháněné motorem stroje. Jedná se o složité sklízecí stroje, které se používají jen v průběhu několika málo měsíců v roce [2].



Obrázek 6 – Samohybný podvozek [30]

2) Podle druhu

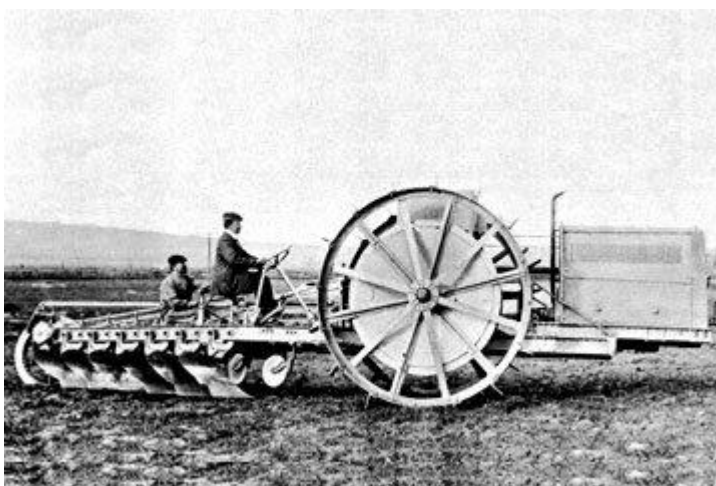
Kolový traktor vyvíjí tahovou sílu spojením hnacích kol s podložkou. Obvykle je opatřen čtyřmi koly s pneumatikami. Zadní kola jsou vždy hnací a přední řídící. U kolového traktoru se využívá co největší podíl vlastní hmotnosti k získání adhezni hmotnosti na hnacích kolech. Největší výhodou kolových traktorů je jejich jednoduchost, spojená také s levnější výrobou a nižšími náklady na údržbu. Důležitá je taky jejich univerzálnost. Nevýhodou je větší měrný tlak na půdu, asi tak $1,5 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ a větší prokluzování hnacích kol. Kvůli těmto nevýhodám vznikly traktory polopásové a traktory s pohonem všech kol. Pro zmenšení měrného tlaku na půdu, menšímu prokluzování kol a celkové vyšší účinnosti (poměr tahového výkonu v poměru k výkonu motoru) která je přibližně 50-60%. Kolové traktory jsou nejčastěji dvojnápravové čtyřkolové, třínápravové šestikolové, dvojnápravové trojkolové (s jedním jednoduchým anebo dvojitým řídícím kolem vpředu a se dvěma hnacími koly vzadu – kultivační traktory). Dále existují traktory jednonápravové (se dvěma koly na jedné nápravě, pohybující se jen ve spojení s pracovním strojem anebo jiným dopravním prostředkem - většinou se jedná o malé zahradní traktory) [2] [3].



Obrázek 7 – Kolový traktor [17]

Kolové traktory můžeme dále rozdělit:

- **orbový traktor** je kolový traktor se širokými hnacími koly s vysokým záběrovým dezénem a někdy také s dvojitou montáží pneumatik. Dříve se používali na kolech kovové obruče s ostruhami. Světlá výška tohoto typu traktoru bývá minimálně 250 milimetrů. Jak už z názvu vyplývá, je tento traktor používán v hluboké orbě nebo k jiným zemědělským pracím, které vyžadují větší tahovou sílu traktoru. Pracovní nářadí je umístěno vzadu jako nesené, přivěsné nebo závěsné. Využívá se tedy pouze párkrát do roka při těžších polních pracích [2].



Obrázek 8 – Orbový traktor [26]

- **kultivační traktor** je lehký kolový traktor s úzkými pneumatikami se světlou výškou minimálně 400 milimetrů. Je určený především pro práci, jako je obdělávání půdy mezi řádky. Pracovní nářadí se zde může různě kombinovat, lze jej umístit klasicky dozadu, dopředu, ale také doprostřed traktoru mezi nápravy. Díky umístění vpředu či uprostřed bylo obdělávání v zorném poli řidiče. Kultivační traktor je proto určený a použitelný pouze pro kultivační práce a není vhodný na jiné práce, proto se používá pouze párkrát v roce. Často je takovýto traktor pouze tříkolový, vpředu s jednoduchým nebo zdvojeným kolem. Tato varianta je běžná pro Severní Ameriku [2] [7].



Obrázek 9 – Kultivační traktor [29]

- **nosič nářadí** je obvykle menší kolový traktor s méně výkonným motorem a s velkou světlou výškou (až 700 milimetrů) s možností upevnění pracovního nářadí na rám vozidla mezi nápravy. Díky tomuto má obsluha stroje výborný přehled o právě vykonávané práci. Toto se hodí například při meziřádkovém obdělávání plodin [2].



Obrázek 10 – Nosič nářadí [16]

- **jednonápravový traktor** je malý kolový traktor pouze s jednou nápravou řízený pomocí prodloužených trubkových řídítek. Řidič buďto kráčí za strojem anebo sedí na přívěsu či stroji upevněném za traktorem. Používán je zejména v zelinářství, sadovnictví, lesnictví a podobně. Traktor je zejména dvukolový, výjimečně také jednokolový [2] [3].



Obrázek 11 – Jednonápravový traktor [27]

- **traktor s pohonem všech kol** má poháněné obě nápravy (všechny tři), přičemž zadní kola jsou větší než přední, nebo také mohou být obě kola stejně velká. Takový traktor je schopný vyvinout větší tahovou sílu, protože může na přenos výkonu použít celou svou hmotnost. Toto konstrukční řešení má jednu nevýhodu. Současně dochází k pohonu a řízení předních kol (což je dnes běžné pro osobní nebo užitkové automobily). Dnes považujeme za klasický typ kolového traktoru právě dvounápravový se zadními hnacími a předními říditelnými a současně také hnacími koly. Možné řešení pro řízení traktorů s pohonem všech kol je následující:
 - a. **změnou rychlosti kol** – traktor má všechna kola stejně velká a je řízený změnou obvodové rychlosti kol jedné strany traktoru vůči obvodové rychlosti kol druhé strany [2] [3].



Obrázek 12 – Traktor se stejně velkými koly [31]

- b. „zlomením“ rámu okolo kloubu - setkáme se s tímto druhem většinou u moderních malotraktorů nebo u velkých kolových nebo i pásových traktorů [2] [3].



Obrázek 13 – Kloubový traktor [32]

Řízení můžeme rozdělit na tři druhy. V minulosti se vyrábělo mechanické řízení bez posilovače. U tohoto řízení bylo zapotřebí velké ovládací síly a obsluha musela být fyzicky zdatná. Pro lepší ovládání bylo zkonstruováno mechanické řízení s posilovačem. Zde pomocnou sílu při ovládání vykonává dvojčinný přímočarý hydromotor. Hydromotor potřebuje k činnosti tlakový olej.

Tlakový olej je tvořen v hydrogenerátoru. Avšak stále zůstává mechanická vazba mezi volantem a řídicími koly. V dnešní době se ale u moderních kolových traktorů setkáváme s hydrostatickým řízením. Je tvořené hydrostatickou jednotkou, jenž je ovládaná volantem. I zde je zapotřebí hydrogenerátoru pro tlakový olej. Řídicí jednotka díky tlakovému oleji natáčí koly nápravy přes dvojčinný přímočarý hydromotor a řídicí tyče [1] [2].

- a) **kolopásový traktor** je kolový traktor s pohonem zadních kol a s řízením změnou obvodové rychlosti kol druhé strany traktoru proti obvodové rychlosti kol na druhé straně. Tento traktor je tedy osazen předními neřiditelnými koly. Každá dvojice kol na obou stranách je opásána nosnými gumovými pásy, které snižují měrný tlak na půdu a současně také prokluz kol [2] [4].

- b) **pásový traktor** - díky velké hmotnosti traktorů a malé průchodnosti terénem byl vyvinut pásový podvozek, který byl patentovaný už v roce 1904. Pásový traktor se pohybuje a vyvíjí tahovou sílu pomocí nosných článkových pásů napnutých přes hnací a napínací kolo. Zároveň jsou potřeba pojezdové a nosné kladky na každé z obou stran traktoru. Řízení je zapříčiněno změnou rychlosti pásu na jedné straně traktoru oproti rychlosti pásu na druhé straně traktoru. I přes nepříznivou cenu, jsou pásové traktory v dnešní době oblíbené především díky menšímu měrnému tlaku na půdu (asi $0,5\text{kg}\times\text{cm}^{-2}$), malým prokluzem a vyšší celkovou účinností traktorů (až 70-80%). Jedním z důvodů použití pásového podvozku je také splnění transportní šířky do 3 metrů. Pro eliminaci nižší účinnosti a velkého měrného tlaku na půdu se u kolových traktorů využívají dvojmontáže kol. Takto upravené stroje nesplňují normu, týkající se transportní šířky. Pojezdové ústrojí pásových traktorů (ocelové gumové anebo umělohmotné pásy) podléhá většímu opotřebení než u klasických kolových traktorů. Pásové traktory mají složitější konstrukci. Jejich podvozek je rámový nebo polorámový a je také náročnější údržba omezující používání pásových traktorů pouze na některé specifické druhy prací. Takové práce jsou převážně ty nejtěžší při zpracování půdy. V minulých dobách se používali ocelové skládané pásy,

ale to neslo jeden velký problém. Pásky nebyly ničím mazány. V prostředí ve kterém se pohybovali, bylo značně prachu a nečistot a tudíž docházelo k silnému opotřebením, a náklady na opravy a údržbu byly vysoké. V dnešní době se používají gumové nekonečné pásky. Bohužel ale i v tomto případě je nutno počítat s vyššími náklady díky značnému opotřebením oproti kolovému traktoru [1] [2] [3].



Obrázek 14 – Pásový traktor [19]

- c) **Polopásový traktor** se pohybuje pomocí kol a gumových pásů s kovovými příčkami, natáhnutými přes hnací kola na zadní nápravě a napínací kola na obou stranách traktoru. Napínací kola jsou umístěna mezi zadní a přední nápravou traktoru. Traktor je řízený předními koly a také přibrzdováním jednoho nebo druhého hnacího kola a polopásu. Polopásový traktor má nižší měrný tlak na půdu než kolový, menší prokluz a lehce se pohybuje na méně únosných půdách a i v terénu [2].



Obrázek 15 – Polopásový traktor [18]

3) Podle konstrukce podvozku

Rámový podvozek má jako hlavní nosný prvek rám, který spolu s nápravami a dalším příslušenstvím tvoří podvozek. Motor a další potřebné agregáty jsou na rámu upevněny samostatně a mohou se demontovat bez narušení nosného systému. To je velká výhoda oproti bezrámové konstrukci. Konstrukčně je tento podvozek složitější vyrobit. S touto konstrukcí se nejčastěji setkáme u pásových traktorů [1] [2].



Obrázek 16 – Rámový podvozek [20]

Polorámový podvozek je nejméně běžná konstrukce podvozku, má obvykle vidlici na upevnění motoru, napojenou na převodovku. Díky tomuto je možné demontovat motor bez zásahu do nosné části traktoru. V některých případech se může jednat také o lepší demontáž převodové skříně. Jedná se o lepší možnost oproti bezrámové konstrukci, alespoň z hlediska oprav [1] [2].



Obrázek 17 – Polorámový podvozek [21]

Bezrámový podvozek nebo také se můžeme setkat s pojmem bloková konstrukce, je nejběžnější řešení kolových traktorů. Nosný systém je vytvořen spojením motoru, převodovky a skříně zadní nápravy. Není možné demontovat nějakou část traktoru bez narušení nosného systému. Kolový traktor blokové konstrukce má vždy tyto hlavní ústrojí: motor, pojezdovou spojku, převodovku, převody, podvozek, vybavení (vývodové hřídele, řemenice, hydraulické zdvihací ústrojí a podobně) a elektrickou výstroj. S tímto typem podvozku se setkáme především u traktorů nižších výkonových tříd [1] [2].



Obrázek 18 – Bezrámový podvozek [22]

4) Podle typu motoru a paliva

V minulosti se také používaly pohony s parním motorem, elektromotorem, či na pohon na tzv. „dřevoplyn“. S těmito možnostmi pohonu není dnes běžné se setkat, proto nebudou blíže popisovány, až na výjimku pohonu na dřevoplyn, který je pro zajímavost a opomíjení přiblížen [2].

Princip činnosti spalovacích motorů je zde popsán pouze zjednodušeně:

Traktory se zážehovým motorem - zážehové motory pracují s benzinovým palivem. U čtyřdobého zážehového motoru se zápalná směs dostane do válce přes sací ventily, je v něm stlačena, zapálena zapalovací svíčkou, a následně jsou spálené plyny vytlačeny ven přes výfukový ventil. Zápalná směs se vytváří buďto v karburátoru, nebo v sacím potrubí. Tam je palivo pod tlakem vstříknuto vstříkovačem. Nejprve se píst pohybuje z horní úvratě do dolní a je otevřen sací ventil a směs je nasávána do válce. Při pohybu pístu do horní úvratě jsou ventily uzavřené a směs se stlačuje do kompresního prostoru nad pístem. Tam je směs zapálena elektrickou jiskrou a tlakem plynů vzniklých při hoření se píst stlačuje do dolní úvratě. Před ukončením expanzního zdvihu se začne otvírat výfukový ventil, kterým jsou odvedeny zplodiny pohybem pístu zpátky do horní úvratě. Dvoudobý zážehový motor pracuje bez ventilů a celý pracovní cyklus zde proběhne pouze ve

dvou po sobě jdoucích zdvizích pístu – během jedné otáčky klikové hřídele. Nasávání zápalné směsi a následné vyplachování zplodin je provedeno díky kanálům ve válci. U dvoudobého motoru je využíván také prostor pod pístem. Kanály, které ve válci rozeznáváme, jsou sací, přepouštěcí a výfukové. Všechny tyto kanály jsou v určitém uspořádání, samotný pohyb pístu určuje který kanál je momentálně „v provozu“ [1] [2].



Obrázek 19 – Traktor se zážehovým motorem [23]

Traktory se vznětovým motorem - zde je palivem motorová nafta. V dnešní době se do traktorů montují pouze vznětové motory. Pracovní cyklus u čtyřdobého vznětového motoru je podobný jako u zážehového motoru. Rozdíl je, že do pracovního prostoru ve válci není nasávána směs, ale pouze čistý vzduch. Do toho je pod vysokým tlakem vstříkováno palivo až ke konci kompresního zdvihu. Dnešní vstříkovací systémy dokáží vstříkovat palivo pod tlakem až 140 MPa. Vzduch ve válci je v tuto dobu ohřátý na 800-900 °C. Rozprášené palivo se samo zvětšujícím se tlakem a teplem vznítí a vzniklé plyny rozpohybují píst do dolní úvratí jako u zážehového motoru. Dvoudobé vznětové motory mají obdobný pracovní cyklus jako zážehové dvoudobé motory. Vyrábí se jako přeplňované se souproudovým

vyplachováním s výfukovými ventily u jednopístových motorů ve válci anebo s kanálovým rozvodem u motorů s protiběžnými písty v jednom válci [1] [2].

Traktory s vícepalivovým motorem - vícepalivový motor spalující benzín, benzol, petrolej a podobná paliva je stejné konstrukce jako zážehový motor. Liší se ale nižším kompresním poměrem. Motor startujeme na benzín, uložený ve zvláštní přepínací nádrži, a na druhé palivo se přepnou, až když je motor dostatečně zahřátý. Například petrolej se odpaluje hůře než benzín, a proto je potřebné nasávanou směs před vstupem do válců předehřívát, aby spalování bylo dokonalejší. Nespálený petrolej totiž rychle znehodnocuje olej v motoru. Proto jsou nutné častější výměny oleje, cca po šedesáti až sedmdesáti pracovních hodinách [2].



Obrázek 20 – Traktor s vícepalivovým motorem [24]

Motory se žárovou hlavou pracují jako dvoudobé motory. Jejich kompresní poměr je přibližně stejný jako u zážehových motorů. Tyto motory nevyužívají ke svému chodu zapalování ani elektrickou jiskru, ani kompresní teplo, jako je tomu u vznětových motorů. Pracují následujícím způsobem. Jednoduché čerpadlo vstřikuje palivo (motorová nafta, petrolej, surová ropa, olej) poměrně nízkým tlakem do žárové hlavy motoru, s větším předvstříkem než u vznětového motoru. Takto vyrobená směs je zapalována žárovou hlavou válce, která není chlazená, a tak je stále

rozžhavená, neboť v sobě zadržuje část tepla vytvořeného během spalování paliva. Před nastartováním motoru je nutno žárovou hlavu rozžhavit benzínovou letlampou. Takovéto motory jsou zpravidla ležaté jednoválce s otáčkami pouze do $800 \text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$ (vzhledem k jejich pomalému spalování) [2].



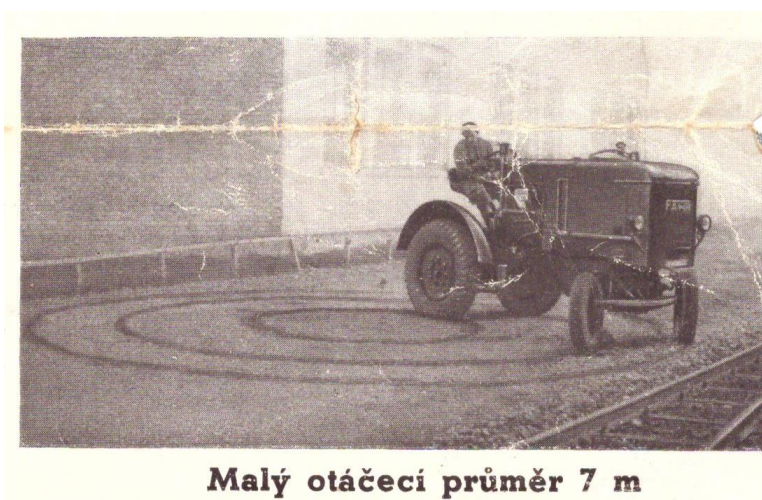
Obrázek 21 – Traktor s motorem se žárovou hlavou [25]

Motor na dřevoplyn - během druhé světové války, kdy byla ropa a její produkty především k dispozici vojenským účelům, byl vyvinut motor, který spaloval tzv. dřevoplyn. Dnes není možné se běžně s takovýmto motorem setkat. Dřevoplyn vzniká při zplyňování biomasy, kdy uhlík v molekulách reaguje za teploty vyšší než 500°C s párou nebo kyslíkem, čímž vzniká směs více plynů a oxidů. Jedná se o oxid uhličitý (CO_2), oxid uhelnatý (CO), vodík (H_2) a metan (CH_4). Takový motor byl běžný spalovací motor, k němuž byl připojen zplyňovací generátor. V tomto případě znamená, že dřevoplyn byl generátorový plyn. Startování motoru mělo více úloh. První byla vyčištění generátoru od popele a nasypání nového paliva. Palivo tvořilo dřevěné špalíky o velikosti cca 7 cm délky, 5 cm šířky a 5 cm tloušťky, vše bylo individuální podle druhu traktoru, motoru, nebo generátoru. Dřevo nesmělo být shnilé, ztrouchnivělé, znečištěné nebo moc vlhké (maximálně 20% vlhkosti). Směly se použít veškeré druhy dřeva, vyjma vrby, osiky a lípy. Dubové dřevo se používalo

v poměru 1:1 s jiným druhem dřeva. Druhá úloha byla zapálit palivo v generátoru. Stalo se tak pomocí dřevěných zápalek. Když bylo v generátoru již poměrně velké množství tepelné energie, přišlo nastartování na benzínový pohon. Třetí úlohou bylo po zahřátí motoru zastavit benzinový kohout a přepnout na plyn, který se spaloval v generátoru. Pro přestavbu motoru na pohon dřevoplynem museli být splněny jisté podmínky. Mezi nimi byly například dobrý mechanický stav klikového a rozvodového ústrojí, obsah válců nejméně 2000 cm³ a přestavba byla prováděna vždy ze zážehového motoru. K dosažení předepsaného výkonu musela být zvýšená komprese až na 1:9. Taková komprese byla dosažena výměnou hlav válců nebo její snížení frézováním. Pokud stále nebylo dosaženo této předepsané komprese, druhou z možností byla výměna pístů, které byli rozměrově vyšší. Místo karburátoru byl připojen na sacím potrubí mísící ventil, ve kterém došlo k mísení generátorového plynu se vzduchem (1:1) a vznikala zápalná směs. Na mísící ventil bylo napojené také plynové potrubí. Zapalovací soustava musela být překontrolována a seřízena na trošku jiné hodnoty než u klasického paliva. Dalo by se tedy považovat, že motor, který spaloval dřevoplyn, byl vlastně vícepalivový motor, díky startu na benzin a následné přepnutí na generátorový plyn [5] [6].



Obrázek 22 – Prospekt traktoru na dřevoplyn [5]



Obrázek 23 – Otáčecí poloměr traktoru [5]

5) Podle převodového ústrojí

Volba převodového ústrojí je jedním z nejdůležitějších faktorů při koupi stroje. Je zapotřebí definovat danou práci a pro ni zvolit vhodnou převodovku. V posledních letech prodělal tento obor velký rozvoj. Největší rozvoj je z hlediska hospodárnosti celého stroje, tzn. aplikace řídicí elektroniky jak pro motor, tak pro převodové ústrojí. Tyto elektronické systémy spolu neustále komunikují a to vede ke zlepšení ekonomických a výkonnostních parametrů souprav [1].

Mechanické převodovky - mechanické převody jsou stále nejrozšířenějším způsobem přenosu výkonu motoru. Jejich největší výhody spočívají v jejich vysoké účinnosti, provozní spolehlivosti a nízké ceně. Samozřejmě disponují i nedostatky, kterými jsou omezené možnosti využití výkonu motoru. Nejčastěji jsou koncepčně uspořádány z hlavní, skupinové a reverzační převodovky. Mechanické převodovky jsou často doplněné násobičem točivého momentu, který dovoluje řazení pod zatížením [1].

Bez možnosti řazení pod zatížením - takovéto převodovky mohou být jak nesynchronizované, tak plně synchronizované a také i rezervační. Jako příklad můžeme uvést převodovku Shuttle Command 12/12. Tato převodovka je konstrukčně uspořádána z rezervační, hlavní a skupinové převodovky. Má k dispozici 12 převodových stupňů vpřed, a 12 vzad. Stupně ve skupinové převodovce dávají přesné možnosti pro silniční, střední a polní využití [1].

S omezeným počtem stupňů řazených při zatížení - tato varianta převodovky je nejrozšířenější ve skupině mechanických převodovek. Využívaná je prakticky ve všech výkonnostních třídách traktorů. Avšak největší zastoupení má v nižší až střední výkonnostní třídě traktorů kde jsou také nabízeny ve více typech pro danou modelovou řadu. Největší počet převodových stupňů, kterých je možno dosáhnout při řazení pod zatížením, dosahuje osmi stupňů. Ty vzniknou využitím

čtyřstupňového násobiče točivého momentu a skupinové převodovky se dvěma stupni řazenými při zatížení [1].

Se všemi stupni řazenými pod zatížením - od převodovek s násobiči točivého momentu se liší v tom, že dovolují řazení v hlavní i skupinové převodovce při zatížení. Díky tomu při řazení nedojde k poklesu rychlosti v důsledku vykonání řadicího úkonu spojeného s přesunem synchronizační spojky. Tato varianta převodovky se využívá u traktorů vyšší výkonové třídy, neboť přeřazení při přenosu vysokého točivého momentu, který motor vyvine, by znamenalo hlavně zastavení soupravy, ale také tepelné namáhání spojkových kotoučů [1].

Hydrodynamické převodovky - největší rozvoj těchto převodovek byl zaznamenán v období 80. až 90. let minulého století. Hydrodynamická převodovka je tvořená kombinací hydrodynamické spojky nebo hydrodynamického měniče a mechanické převodovky. Hlavní výhodou hydrodynamického měniče je zvyšující se točivý moment turbíny s rostoucím zatížením a plynulý rozjezd [1].

Diferenciální hydrostatické převodovky - jsou převodovky umožňující plynulou změnu pojezdové rychlosti CVT (Continuously Variable Transmission). Tyto převodovky mají u traktorů již svojí historii (první byla vyrobena v roce 1942), a to u traktorů s elektrickým pohonem. Nabízí se celá řada možností řešení plynulé změny pojezdové rychlosti. Můžeme využít např. hydrostatický převodník, elektrický pohon, řemenový variátor nebo diferenciální hydrostatickou převodovku. Hydrostatická převodovka je založená na kombinaci hydraulického a mechanického přenosu točivého momentu. Tyto typy převodovek jsou základním kamenem pro nejnovější technologie přenosu točivého momentu u traktorů. U současných traktorů můžeme konkrétně jmenovat Vario převodovku od značky Fendt, od značky John Deere převodovku AutoPowr [1].

1.3 Pohyb vozidel v terénu

Terramechanika je vědní obor, vznikl již v roce 1944, zkoumá pohyb a výkonnost vozidel v terénu. Spojuje parametry podloží (zemín), mechaniky vozidel a jejich následných jevů při styku pojezdového ústrojí a dané podložky. Konkrétně se například jedná o jevy:

- stlačování půdy
- jízdní odpory
- záběrové vlastnosti
- vytváření stopy
- ostatní jízdní vlastnosti

Půda je složena z anorganického a organického materiálu. Jsou v ní obsaženy složky kapalné, plynné a tuhé (pevné). Složení jednotlivých frakcí půdy (zeminy) zkoumáme odebráním daného vzorku. Můžeme jej odebrat buďto v původním složení, nebo v rozrušeném složení, a to kopáním. Rozdíl spočívá v tom, že odebraný vzorek kopáním, rozrušením půdy, nazýváme zemina. Vzorek, který je přirozeně uležený, je půda. Každá zemina má své charakteristické znaky. Charakterizujeme ji druhem a stavem. Druh zeminy určují údaje, kterými jsou:

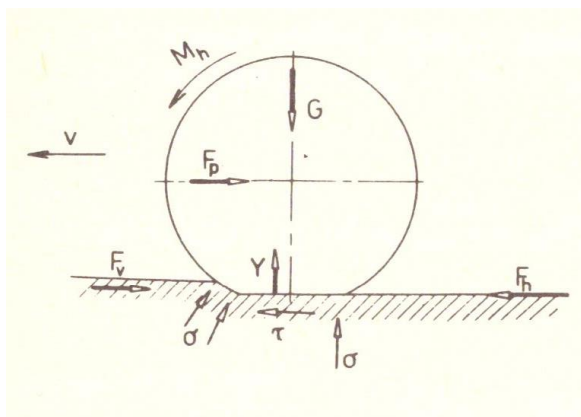
- popis zeminy
- konzistenční meze a index plasticity
- zrnitost zeminy s ohledem na index plasticity

Stav půdy je poté daný:

- měrnou hmotností zrn
- měrnou hmotností zeminy
- měrnou hmotností suché zeminy [4].

Mobilní energetický prostředek, konkrétně jeho pojezdové ústrojí, se stýká s půdou v „dosedací ploše“, která je obecnou prostorovou plochou. Její délka ve směru pohybu se nazývá účinnou délkou nebo také délkou záběru. Je-li pneumatika zabořena v půdě až po boky pláště, je dosedací plochou vytlačená celá plocha. Obrysová plocha (plocha otisku), je plocha rovinná, to znamená, že je omezená na obrys vtlačení vzhledem k povrchu půdy. Bude-li pneumatika zabořena do terénu pouze co částí výšky zubů pneumatik, vytvoří se v půdě

pouze otisk dezénu běhounu, jehož plocha je plocha styku. Poměr plochy styku a plochy otisku se nazývá plností vzorky běhounu. U terénních pneumatik na tuhé podložce se tento údaj pohybuje v rozmezí 30 – 60%. Na měkké podložce se prostorový problém valení pneumatik většinou obměňuje problémem rovinným, což znamená, že rovina souměrnosti je svislá rovina uvažovaná ve směru jízdy [3] [4].



Obrázek 24 – Valení pneumatiky po měkké podložce [4]

Z obrázku 24 je patrné, jak dosedací plocha se stává v tomto případě rovinnou křivkou, popřípadě částí válcové plochy, jejíž proměnná výška (šířka dosedací plochy) se má měřit kolmo na tuto svislou rovinu souměrnosti. V každé části dosedací plochy působí v obecném směru elementární síla, jejíž poměr k elementu plochy, blíží-li se nule, nazývá se tato síla tlak nebo napětí. Takovýto tlak můžeme rozložit na normálové (napětí) a na smykové napětí. Normálový tlak může být dále rozložen (nepůsobí-li svisle vzhůru) na složku svislou a složku vodorovnou. V podstatě totéž lze učinit se smykovým napětím. Výsledné svislé napětí (v elementární plošce) se nazývá kontaktní tlak a působí vždy kolmo na rovinu podložky. Součet všech kontaktních tlaků pro celou plochu otisku je rovný normálové reakci na kolo. Dále pak součet výsledných vodorovných složek napětí je rovný rozdílu hnací síly a síly odporu valení (tzn. surné síly kola). Pokud není kolo poháněno, platí, že jedinou vodorovnou silou, je síla odporu valení [4].

1.3.1 Prokluz kol

Prokluz kol je jeden z největších problémů vozidel v terénu. Energetický prostředek při něm ztrácí část energie, kterou musí vynaložit. Při prokluzu dochází také k deformaci podloží. U pásových podvozků rozhoduje deformace podložky, naopak u kolových traktorů se k deformaci podložky musí počítat ještě s deformací pneumatiky. Prokluz vzniká deformací pneumatiky na podložce, při níž vznikne skluz pneumatiky na měkkém podloží a jejích styčných plochách. V rámci teorie se dá uvažovat také o nulovém prokluzu. Takový jev by nastal za předpokladu, že žádné kolo energetického prostředku nebude poháněno. Samozřejmě ale tento jev nenastane, protože i kdyby vozidlo nebylo poháněno, ale taženo či jinak uvedeno do pohybu, pořád se v terénu musí vypořádat s jízdními odpory, z čehož je zřejmé, že prokluzu se nedokážeme nikterak zbavit. Při velkých tahových silách tvoří ztráty prokluzem největší část celkových ztrát. Mimo jiné ovlivňuje velikost prokluzu nejen hodnotu výkonu nevyužitelného k tahu, ale zároveň působí nepříznivě na strukturu půdy a stav porostu. V tabulce 1 nalezneme jednotlivé prokluzy, se kterými je možné se setkat na určitých površích [4] [11].

Tabulka 1 - prokluz energetického stroje [8]

Povrch	Prokluz v %
beton	2-8
asfalt	2-8
strniště	10-15
zrypřené pole	15-20

1.3.2 Potřebný výkon pro překonání odporu vzduchu

Existuje souvislost mezi velikostí čelní plochy vozidla a potřebného výkonu pro překonání vzduchu. Čím větší je čelní plocha vozidla (S_v), tím roste také výkon potřebný k překonání odporu vzduchu (P_w). Tuto problematiku řeší aerodynamika, fyzikální obor zabývající se odporem vzduchu. Mezi hlavní faktory ovlivňující potřebný výkon pro překonání odporu vzduchu patří např.: tvar stroje, rychlost stroje, součinitel odporu vzduchu a rychlost větru. Tabulka 2 obsahuje jednotlivé odpory vzduchu u daných automobilů [4].

Ve vzorci 1 je uvedený výpočet pro potřebný výkon na překonání odporu vzduchu. Je zapotřebí znát čelní plochu stroje, rychlost a směr větru, rychlost jízdy a samozřejmě součinitel odporu vzduchu. Díky těmto veličinám je možné zjistit jak velký výkon je zapotřebí pro překonání odporu vzduchu vozidlem.

Vzorec pro vypočtení velikosti odporu vzduchu:

$$P_w = 0,013 \cdot c_w \cdot (v + v_w)^3 \cdot S_v \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

Kde:

P_w [kW] -výkon potřebný na překonání odporu vzduchu

c_w [kg/m³] -součinitel odporu vzduchu

v [km/h] -rychlost jízdy

v_w [km/h] -rychlost větru

S_v [m²] -čelní plocha stroje

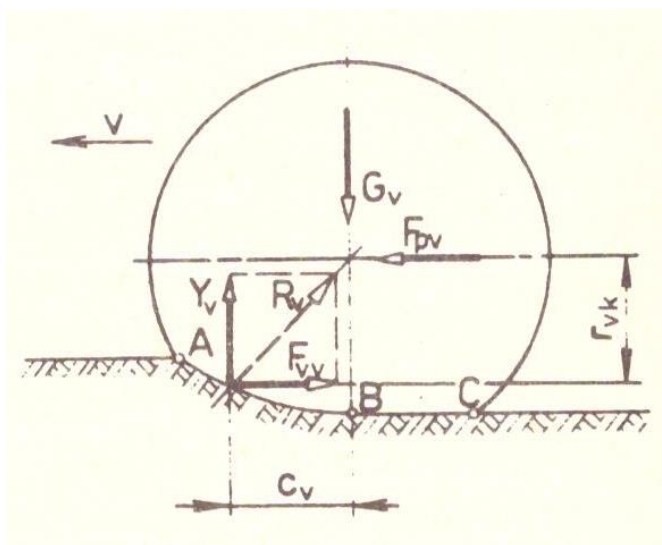
Tabulka 2 - součinitel odporu vzduchu [8]

Druh vozidla	Součinitel odporu vzduchu (c_w)
Osobní automobily	0,35-0,50
Dodávkové automobily	0,40-0,50
Nákladní automobily:	
Nákladní automobily nezakryté	0,80-1,00
Nákladní automobily zakryté	0,60-0,80
Nákladní automobily s přívěsem	1,00-1,20
Traktorové dopravní soupravy	0,80-1,00

Tyto jízdní odpory mají své opodstatnění u vozidel jedoucích rychlostmi vyšší než 40 km/hod. U takovýchto vozidel má odpor vzduchu nemalou váhu při jejich konstrukci, ale u zemědělských strojů se alespoň prozatím s velkým vlivem na jejich konstrukci nesetkáme [4].

1.3.3 Síla pro překonání odporu valení

Síla při odporu valení kolového energetického prostředku je dána součtem odporu valení kol jednotlivých náprav. Také v tomto případě se deformuje podložka, po které se energetický prostředek pohybuje a zároveň se deformuje také pneumatika. Největší deformace je v přední části stopy a dochází zde ke stlačení obvodu pneumatiky do roviny podloží. Plocha dotyku se dá rozdělit na dvě části. První část bude křivková AB, druhá přímková BC. Reakce R_v prochází přibližně středem kola. Při stejné tíze G_v je také normálová reakce Y_v totožná, ale přemísťuje se více před střed kola ve směru jízdy, velikost c_v se zvětšuje. Vše je znázorněno na obrázku 25. Tímto se také zvětšuje i velikost odporu valení. Dále se mezi důležité znaky při velikosti síly pro překonání odporu valení řadí součinitel odporu valení pneumatik a normálové zatížení energetického prostředku. Energetické ztráty pneumatiky se přeměňují na teplo a v daných situacích se pneumatika zahřívá. Místo styku podloží s pneumatikou nazýváme stopou [4].



Obrázek 25 – Schéma valení pneumatiky v terénu [4]

Součinitel odporu valení (f) je bezrozměrné číslo, které se určuje poměrem síly mezi odporem valení (F_v) a zatížením kola (F_k). Údaje potřebné ke zjištění součiniteli odporu valení jsou udány v newtonech. Tento výpočet je uvedený ve vzorci 2 [4].

Vzorec pro zjištění velikosti součiniteli odporu valení:

$$f = F_v \cdot F_k^{-1} \quad (2)$$

Kde platí:

f [-]	-součinitel odporu valení
F_v [N]	-síla odporu valení
F_t [N]	-zatížení kola

Jak už bylo výše zmíněno, součinitel odporu valení se může měnit vlivem více činitelů. Mezi ty podstatnější můžeme zařadit rozměry pneumatik, ty hrají nejdůležitější roli při odporu valení. Pneumatiky s větším průměrem a větší šířkou, mají větší styčnou plochu s podložkou a méně se tím zahlubují do měkkých povrchů a samozřejmě je tím i dané, že se součinitel valení zmenšuje. Již méně podstatnou roli hraje huštění pneumatik. Při větším huštění zamezíme deformaci pneumatiky, snižujeme tím ztráty a také odpor valení. Další z činitelů také úzce souvisí s pneumatikami. Při odporu valení počítáme se zatížením pneumatiky. Při vyšším zatížení pneumatiky se součinitel valení nepatrně mění a to do vyšších hodnot. Další činitel ovlivňující odpor valení je prokluz. Při vyšším prokluzu opět vzrůstají hodnoty odporu valení. Také rychlost jízdy vozidla ovlivňuje odpor valení. Avšak do rychlosti 14 km/hod není potřeba se tímto jevem zabývat, protože čísla jsou opravdu zanedbatelná. Poslední z nejdůležitějších vlastností při odporu valení je deformace podložky. Čím více bude podložka měkká a neúnosná tím více bude narůstat součinitel valení [4].

Tabulka 3 - součinitel odporu valení pneumatiky pro traktory [4]

Druh a stav podložky	Součinitel odporu valení (f)
Asfalt (beton)	0,018 - 0,02
Polní cesta:	
s hlinitým podkladem	0,03 - 0,06
s písčítým podkladem	0,10 - 0,20
s makadamem (podklad)	0,02 - 0,04
Suchá	0,03 – 0,05
s utlačeným sněhem	0,03 – 0,04
Ornice:	
Připravené k setí	0,12 - 0,16
Při sklizni okopanin (čerstvá)	0,15 - 0,18
Strniště:	
Suché	0,04 - 0,08
Vlhké	0,08 - 0,12
Trvalé travní porosty:	
Neposečené	0,08-0,14
Posečené	0,06-0,12

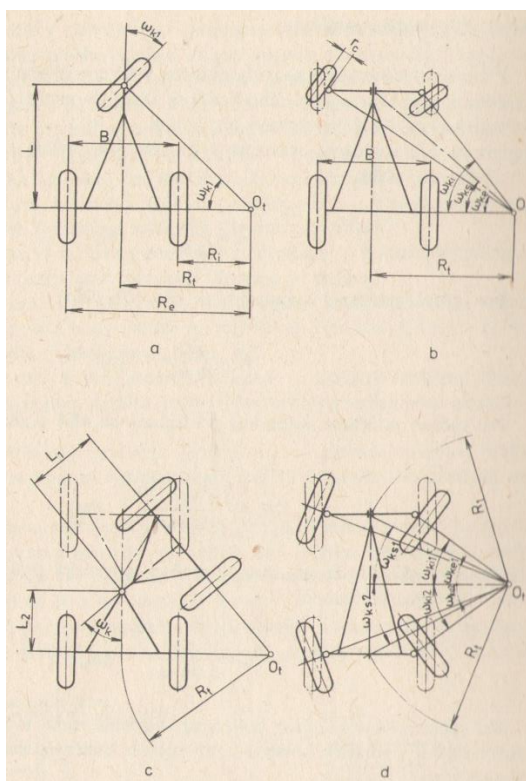
1.3.4 Řiditelnost a zatáčení vozidel

Při pohybu vozidel je třeba soustavně udržovat určitý směr jízdy, případně směr měnit vzhledem na tvar dané trajektorie, po které se vozidlo pohybuje. Trajektorie pohybu vozidla se skládá ze soustavy různých úsečků, oblouků různých délek a zakřivení. Zaměříme se pouze na křivočarý pohyb vozidel, z hlediska kinematického a dynamického. Všechny tyto otázky je možno dále aplikovat při pohybu polních souprav [3] [4].

Pod pojmem řiditelnost vozidel chápeme směrovou ovladatelnost, tzn. schopnost vozidla udržet požadovaný směr pohybu, kterým chce řidič či obsluha jet. Z hlediska řiditelnosti vozidel by bylo ideální, aby se kola vozidla, za každých podmínek odvalovali po podložce ve směru, který je dán podélnou rovinou souměrnosti kol.

Takovýto ideální případ by mohl nastat za předpokladu, že výsledná síla, která působí na kolo, bude ležet přesně v podélné rovině souměrnosti kol [3].

V každém případě, když se vozidlo reprezentované soustavou hmotných bodů pohybuje po dráze ve tvaru oblouku, mluvíme o zatáčení. U kolových vozidel rozeznáváme vícero způsobů zatáčení. Vždy se jedná o vytočení řídicích kol do požadovaného směru pohybu a zřídka se při zatáčení současně přibrzdí jedno z hnacích kol [3].



Obrázek 26 – Schéma možných způsobů zatáčení [3]

Nejběžnější způsob, se kterým se setkáme u automobilů i u traktorů je znázorněn na obrázku 26b. Řídící kola mohou být umístěna jak vpředu, tak i vzadu na vozidle. Častější způsob je s předními řídicími koly, ale u určitých zemědělských či stavebních strojů je možné, aby byla řídicí kola umístěna na zadní nápravě. V zemědělství se můžeme setkat s případy, kdy mají stroje pouze jedno řídicí kolo umístěné vpředu. Tento případ je znázorněn na obrázku 26a. V dnešní době je stále častější možnost zatáčení znázorněna na obrázku 26d. Tato možnost je konstrukčně náročnější, nicméně nabízí se jedna velká výhoda, kterou je malý poloměr otáčení a možnost tzv. „krabího chodu“. Tato varianta řízení je běžná u manipulátorů, které jsou nezastupitelné v zemědělství a u různých stavebních strojů. Poslední variantou

znázorněnou na obrázku 26c je kloubové řízení. Řízení pomocí kloubu je vcelku konstrukčně jednoduché, lze také dosáhnout malého poloměru otáčení. Jeho využití je u malých traktorů, ale také u velkých kolových (i pásových) traktorů [3] [4].

1.4 Firma Zetor

Historie firmy Zetor sahá až do roku 1919. Konkrétně do ledna, kdy byla v Brně založena Československá státní zbrojovka, která dodávala armádě dlouhé ruční zbraně. V tomto podniku se vyráběla celá řada věcí. V meziválečném období např. letecké motory, kuličková ložiska, psací stroje, automatické váhy, obráběcí stroje, nástroje a jízdní kola. Mezi lety 1924 a 1936 dokonce Česká zbrojovka a.s., dodávala osobní a užitkové automobily s dvoudobými motory. Tyto automobily dostaly také svou vlastní značku, avšak velmi strohou, „Z“. Ne vždy tento podnik konstruoval jen Československé výrobky. V rámci akce UNRRA se v letech 1945 – 1946 v Brně montovala americká nákladní vozidla značek Ford, Dodge a terénní vozidla značky Jeep Willys. Dokonce zde bylo vyrobeno přibližně 100 traktorů značky Farmall. Tento podnik mnohokrát změnil své jméno či název, avšak nikdy své působiště [2].

ZKL – Závody na kuličková ložiska a traktory, n.p., ZPS – Závody přesného strojírenství, n.p., Zetor, n.p., Brno Diesel, a.s., to všechno a ještě více byly názvy toho současného, Zetor Tractors, a.s.. Název Zetor vznikl slovním spojením. Základem slova bylo písmeno Z – **Zet**. Druhým slovem bylo slovo **traktor**. Tento podnik vyrobil či zkonstruoval mnoho modelů traktorů k různým účelům. Dokonce Polský výrobce traktorů Ursus viděl Československé kvality, odkoupil licenci Zetoru a pokračoval ve výrobě po boku Brněnské firmy. Další z výrobců chtějící Zetor byl světoznámý John Deere. Dále pak probíhala montáž Zetorů v Brazílii pod názvem Agrale, v Indii pod značkou HMT, v USA pod značkou Zebra a také v Iráku pod názvem Antar [2].

V roce 1946 vyjel na svět první Zetor 25. Výročí slaví 15. března, kdy bylo vyrobeno prvních šest traktorů. Za jejím vznikem stojí konstruktéři Dr. Ing. Jaroslav Miksch a Ing. František Musil. První funkční prototyp „pěťadvacítky“ konstruktéry byl zhotoven již 14. listopadu 1945. Později došlo k sériové výrobě a došlo i na různé druhy, jako kultivační traktor či polopásový traktor Zetor 25. Motor podával výkon

27 koní a rychlost traktoru byla až 32 km/hod. Dále byly vyrobeny např. jednoválcové traktory s výkonem 15 koní (Zetor 15), Zetor 35 Super, v kolové a pásové verzi, Zetor 50 Super a další. Poté přišla unifikovaná řada traktorů, jejímž cílem bylo použití co možná nejvíce totožných součástí a dílů, pro snížení nákladů při údržbě a opravách. Do této řady spadají traktory 2011, 3011, 4011 a jejich různé modifikace [2] [7].

Světovým trendem bylo zvyšování výkonů a na to již první unifikovaná řada (UŘ) nestačila. Přesto se unifikace velmi osvědčila a konstruktéři se rozhodli v tomto trendu pokračovat. Přišla tedy modernizace první UŘ. A s ní modely jako 2511, 3511, 4511 a 5511. To proběhlo v letech 1966 až 1976, objevil se nárůst výkonu a hranatý design. Ale ani to nestačilo pro trh a tak přišla další, druhá modernizace UŘ I. Ta s sebou nesla opět zvyšování výkonu ale také jisté nároky na bezpečnost a pohodlí obsluhy. Traktory typu 4711, 5711 a 6711 mohly být na přání vybaveny bezpečnostní kabinou s teplovzdušným topením. Tyto traktory byly vyráběny v letech 1972 – 1977. V dalších modernizacích se zrodily traktory, např. 6911, 7011, 7211, 7711 a další. Jsou to traktory, se kterými se nyní stále běžně setkáváme [2].

Druhá unifikovaná řada přinesla více změn, ale asi nejzásadnější byla přesunutí výroby do ZŤS Martin n.p.. Zde se vyráběli traktory s označením Crystal, které se mimo jiné objevily již ve zmíněném Polsku. Např. Zetor 8011 se v Polsku vyráběl pod názvem Ursus C-385. Traktory této unifikované řady byly výkonově mnohem dál než první unifikovaná řada. Jednalo se o výkony od 80 koňských sil až po 160 koňských sil a byly vyráběny v letech 1968 – 1985. Třetí unifikovaná řada traktorů Zetor, známá pod názvem Forterra je nová generace modelu Crystal. Tyto traktory jsou vyráběny dodnes, jedná se o modely Proxima, Proxima Plus, Proxima Power, Forterra, Forterra HD, Forterra HSX, Major a mnoho dalších [2].

2. Cíl práce

Cílem práce je naměření a zhodnocení poloměřů otáčení u vybrané zemědělské techniky (traktorů Zetor) v praxi ve skutečných podmínkách a porovnání s údaji od výrobce, které jsou uvedeny ve firemních materiálech. Pro objektivní porovnání nejenom s hodnotami výrobce, proběhne měření na více površích, více rychlostí, zatočení na obě dvě strany a každá zkouška bude třikrát zopakována. Celkem proběhne tedy 162 měření.

Dalším z cílů je nastínit danou problematiku pohybu vozidel v terénu a popsání jednotlivých faktorů, které problematiku ovlivňují. Součástí práce je také rozdělení traktorů podle různých hledisek.

3. Metodika

Hodnoty budou naměřeny na pozemcích podniku Autodoprava Šťastný. Jedná se o pozemky s TTP a na orné půdě. Celkem proběhne 162 měření. Každý traktor bude měřen na druhý, třetí a čtvrtý převodový stupeň. Zároveň proběhne měření otáčení na levou i pravou stranu a na třech površích – travnatá plocha, strniště a předset'ové lůžko. Každé měření proběhne třikrát z důvodu přesnosti měření, a následně z těchto hodnot uděláme průměrnou hodnotu pro dané měření. Z těchto naměřených hodnot zjistíme vlastnosti pohybu vozidel v terénu. Vozidlo musí odpovídat ve všech svých částech a dílech údajům výrobce. Před zahájením zkoušky je zapotřebí zkontrolovat, zda se informace ve velkém technickém průkazu neliší od skutečností. To samé platí o parametrech řízení kol, geometrii a jejich seřízení, vše musí být dané od výrobce. Při zkoušce musí být kola vytočena do rejdu (ať už levého nebo pravého) na maximum až na dorazy řízení. Při tomto úkonu nesmí pneumatiky zachycovat o karoserii vozidla či o jeho podvozek.

Jako první z úkonů bude měření rychlosti, jelikož u traktorů nejsou známy pojezdové rychlosti. Měření bude probíhat na zkušební dráze 50 metrů, a vozidla jej budou projíždět na druhý, třetí, a čtvrtý převodový poměr s proměnnými otáčkami motoru. Jedna zkušební dráha bude v areálu zemědělského družstva Nemějice,

a druhá v obci Slabčice na odlehle pozemní komunikaci. Časové údaje budou zapisovány, a podle vzorce na výpočet rychlosti dostaneme výslednou rychlost při měření na stanovení poloměrů otáčení.

Poté přijde druhá a zároveň hlavní část celého měření. Pro provedení zkoušky k zjištění stopových poloměrů zatáčení bylo vybráno vhodné místo do maximálního povoleného sklonu 1,5% s rovným povrchem. Hodnoty budou měřeny na kříž na vnějším stopovém poloměru zatáčení a vnitřním stopovém poloměru zatáčení. Směry otáčení budou doprava i doleva. Měření proběhne ve třech rychlostních stupních, na druhý, třetí a čtvrtý převodový stupeň. Všechny pozemky pro měření budou připraveny až po sklizni plodiny, aby nedošlo k znehodnocení cenného materiálu, ať už krmiva nebo steliva. Termíny měření mohou být odlišné, kvůli sklizni, která neprobíhá u každé plodiny ve stejný čas.

Travnatý povrch bude vybrán pro první měření. Porost bude sklizen v suché formě a slisován do malých hranatých balíků. Pozemek, na kterém měření proběhne, bude louka (TTP) s obdobnou BPEJ jako pozemky na kterých proběhne ostatní měření. Druhé měření proběhne na strništi. Plodinou na pozemku je ozimá pšenice. Sklizená bude v suché formě na zrno a vymláčená sláma slisovaná do malých hranatých balíků odvezená z pozemku. Třetí měření bude měření na půdě připravený pro setí plodiny. Bude se jednat o stejný pozemek jako u měření na strništi. Naměřené údaje budou zaznamenány v milimetrech. Záznamy o měření budou celkem v devíti protokolech. Každý traktor bude mít tři protokoly dle měřeného povrchu.

4. Vlastní práce

4.1 Zemědělské družstvo Nemějice

Jeden ze zapůjčených strojů byl zapůjčen z podniku zemědělské družstvo Nemějice. Podnik má sídlo v jižních Čechách v okrese Písek a podniká v zemědělské prvovýrobě. Družstvo vzniklo 11. července 1973 a do obchodního rejstříku bylo

zapsáno 11. prosince 1992. Hospodaří celkem na 1380 hektarech půdy, celkem v deseti katastrálních území. Orná půda má výměru 1162,07 ha a TTP 216,22 ha. Ve vlastnictví družstva je též 1,71 ha lesní půdy. Podnik pěstuje ozimou pšenici, oves, ozimý ječmen, kukuřici, řepku olejnou a jetel luční. Z živočišné výroby se podnik zaměřuje na chov skotu plemene český strakatý skot. Jeho stavy činí celkem 612 kusů. Z toho je 262 dojnic, 271 jalovic a 79 telat.

4.2 Autodoprava Šťastný

Tento podnik zapůjčil dva stroje a pozemky pro měření. Nachází se také v jižních Čechách v okrese Písek. Jedná se o malou rodinnou firmu. První, hlavní činností je nákladní a osobní doprava. Druhá, vedlejší činnost je zemědělství. Vykonává se zde zemědělská prvovýroba a hospodaří se na 7,6 hektarech. Ornou půdu tvoří 4,2 ha, TTP 2,5 ha a 0,9 ha lesní půdy. Hlavní komoditou jsou rané brambory. Dále je zde pěstována ozimá pšenice, triticales, jarní ječmen, oves, jetel luční a vojtěška setá. Z živočišné výroby je zde zastoupení masného skotu plemena Limousine. Dále je zde také zastoupeno plemeno Charolais.

4.3 Použité stroje při měření

4.3.1 Zetor 6911

Výkonově nejslabší z použitých traktorů je Zetor 6911. Traktor byl vyráběn v letech 1977 až 1980. Motor je čtyřválcový, vodou chlazený, dosahuje výkonu 47,8 kW při 2200 ot/min, a je úsporný a spolehlivý. Maximálního kroučícího momentu lze dosáhnout již při nízkých otáčkách. Jedná se o traktor konstrukce 4x2, tzn. bez pohonu předních kol. Tento daný traktor není vybaven posilovačem řízení a jeho obsluha musí být fyzicky zdatná. Traktor je blokové konstrukce, tzn. bezrámový a má odpruženou přední nápravu pomocí vinutých pružin. Převodovka je zde mechanická pěti stupňová s dvoustupňovým násobičem kroučícího momentu. Zadní vývodový hřídel dosahuje 540 ot/min a 1000 ot/min. Traktor je také vybaven redukčními převody. Celkem tedy má traktor k dispozici (i s násobičem kroučícího momentu) 20 rychlostí vpřed a 4 vzad. Brzdového ústrojí je zde čelist'ové na zadních kolech [9].

Tabulka 4 – parametry traktoru Zetor 6911 [9]

Parametr	
Obrysová délka se závěsným zařízením	3720 mm
Šířka při standartním rozchodu zadních kol 1425mm se závažím	1848 mm
Největší výška s kabinou	2493 mm
Standartní rozchod předních kol	1430 mm
Standartní rozchod zadních kol	1425 mm
Rozvor	2247 mm
Vnější stopový průměr zatáčení s přibrzděním jednoho kola	7000+500 mm
Hmotnost	3040 Kg

4.3.2 Zetor 7711

Zetor 7711 se vyráběl v letech 1986 až 1992. Jde tedy o mladší traktor a je ergonomicky lépe vybavený. Oproti Zetoru 6911 má např. odpruženou a lépe odhlučněnou kabinu a lepší výbavu. Použitý motor je vodou chlazený, čtyřválcový, s výkonem 49,2 kW při 2200 ot/min. Stejně jako u předchozího traktoru se jedná o konstrukci 4x2, bez pohonu předních kol. Traktor má odpruženou přední nápravu vinutými pružinami. Zetor 7711 je vybaven posilovačem řízení, a proto již zde není zapotřebí tolik ovládací síly při obsluze stroje. Traktor má kotoučové brzdy na zadních kolech. Převodové ústrojí je totožné jako u předchozího modelu, 20 rychlostní vpřed, a 4 vzad. Otáčky vývodového hřídele mají dvě rychlosti, jak základních 540 ot/min, tak 1000 ot/min [10].

Tabulka 5 – parametry traktoru Zetor 7711 [10]

Parametr	
Obrysová délka se závěsným zařízením	3780 mm
Šířka při standartním rozchodu zadních kol 1425mm se závažím	1841 mm
Největší výška s kabinou	2654 mm
Standartní rozchod předních kol	1425 mm
Standartní rozchod zadních kol	1425 mm

Rozvor	2257 mm
Vnější stopový průměr zatáčení s přibržděním jednoho kola	6700+500 mm
Hmotnost	3400 Kg

4.3.3 Zetor 7745

Jako jediný z měřených traktorů je tento traktor vybaven pohonem předních kol. Tento typ je odvozen od základního typu Zetor 7711. Oba mají vše společné, motor, převody, hydraulické ústrojí i brzdy. Období výroby je též shodné, byl vyráběn v letech 1986 až 1992. Tento traktor je velmi oblíbený pro použití čelního nakladače. Poháněná přední náprava je robustní konstrukce, a proto je vhodná pro práci s čelním nakladačem [10].

Tabulka 6 – parametry traktoru Zetor 7745 [10]

Parametr	
Obrysová délka se závěsným zařízením	3780 mm
Šířka při standartním rozchodu zadních kol 1425mm se závažím	1980 mm
Největší výška s kabinou	2707 mm
Standartní rozchod předních kol	1610 mm
Standartní rozchod zadních kol	1610 mm
Rozvor	2222 mm
Vnější stopový průměr zatáčení s přibržděním jednoho kola	8700+500 mm
Hmotnost	3965 Kg

4.4 Protokoly z měření

ZJIŠŤOVÁNÍ STOPOVÝCH POLOMĚRŮ ZATÁČENÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

ZKUŠEBNÍ PROTOKOL č. 1

Zkušební místo: **Katastrální území Slabčice (okres Písek)**

Jméno zkoušejícího: **Šťastný Filip**

Datum: **16. 8. 2017**

TECHNICKÉ ÚDAJE VOZIDLA

Značka, typ a druh vozidla: **Zetor 6911**, Rok výroby: **1978**

Celková hmotnost vozidla: **3040 Kg**

Pneumatiky:

vpředu: rozměr: **7,5 - 16 (Mitas)** huštění: **3,0 MPa**

vzadu: rozměr: **16,9 - 30 (Seha)** huštění: **1,5 MPa**

Stav pneumatik: **70%**

Stav počítáče kilometrů (motohodin): **4823,5 Mth**

Povětrnostní podmínky: **polojasno, teplota 31°C, bezvětrno**

Popis zkušební dráhy: **strniště (orná půda po sklizni obilovin)**

Tabulka 7 -záznam o zkoušce na strništi se Zetorem 6911

ZÁZNAM O ZKOUŠCE (STRNIŠTĚ)		
ZATOČENÍ VPRAVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	7850	3800
9	7925	3900
10	8350	4475
ZATOČENÍ VLEVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	7350	3250
9	7575	3445
10	7650	3675

ZJIŠŤOVÁNÍ STOPOVÝCH POLOMĚRŮ ZATÁČENÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

ZKUŠEBNÍ PROTOKOL č. 2

Zkušební místo: **Katastrální území Slabčice (okres Písek)**

Jméno zkoušejícího: **Šťastný Filip**

Datum: **16. 8. 2017**

TECHNICKÉ ÚDAJE VOZIDLA

Značka, typ a druh vozidla: **Zetor 6911** Rok výroby: **1978**

Celková hmotnost vozidla: **3040 Kg**

Pneumatiky:

vpředu: rozměr: **7,5 - 16 (Mitas)** huštění: **3,0 MPa**

vzadu: rozměr: **16,9 - 30 (Seha)** huštění: **1,5 MPa**

Stav pneumatik: **70 %**

Stav počítáče kilometrů (motohodin): **4823,5 Mth**

Povětrnostní podmínky: **polojasno, teplota 31°C, bezvětrno**

Popis zkušební dráhy: **trvalý travní porost**

Tabulka 8 - záznam o zkoušce na TTP se Zetorem 6911

ZÁZNAM O ZKOUŠCE (trvalý travní porost)		
ZATOČENÍ VPRAVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	7800	3550
9	8025	4050
10	8500	4500
ZATOČENÍ VLEVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	7125	2900
9	7350	3200
10	7900	3800

ZJIŠŤOVÁNÍ STOPOVÝCH POLOMĚRŮ ZATÁČENÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

ZKUŠEBNÍ PROTOKOL č. 3

Zkušební místo: **Katastrální území Slabčice (okres Písek)**

Jméno zkoušejícího: **Šťastný Filip**

Datum: **16. 9. 2017**

TECHNICKÉ ÚDAJE VOZIDLA

Značka, typ a druh vozidla: **Zetor 6911** Rok výroby: **1978**

Celková hmotnost vozidla: **3040 Kg**

Pneumatiky:

vpředu: rozměr: **7,5 - 16 (Mitas)** huštění: **3,0 MPa**

vzadu: rozměr: **16,9 - 30 (Seha)** huštění: **1,5 MPa**

Stav pneumatik: **70 %**

Stav počítáče kilometrů (motohodin): **4823,5 Mth**

Povětrnostní podmínky: **skoro zataženo, teplota 23°C, mírný vítr**

Popis zkušební dráhy: **orná půda připravená na setí (seťové lůžko)**

Tabulka 9 -záznam o zkoušce na orné půdě pro setí se Zetorem 6911

ZÁZNAM O ZKOUŠCE (orná půda)		
ZATOČENÍ VPRAVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	8800	4950
9	9350	5500
10	9725	5890
ZATOČENÍ VLEVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	8725	4850
9	9050	5350
10	9900	5920

4.4.1 Průběh při měření s traktorem Zetor 6911

Traktor zapůjčený podnikem Autodoprava Šťastný byl měřen i na pozemcích daného podniku. Je využíván jak v rostlinné, tak v živočišné výrobě. Je využíván v soupravách s vlekem na odvoz obilí a brambor, s fekálním vozem, s žacím strojem, se stroji k přípravě půdy, s pluhem pro orbu nebo podmítku, se sběracím vozem, lisem na malé hranaté balíky a s rozmetadlem chlěvské mrvy.

Popis zkušební dráhy na strništi – pozemek byl vybrán dle daných kritérií, které museli být dodrženy, rovnost terénu a maximální svahovitost 1,5% byly jedny z nich; jednalo se o pozemek s jílovitohlinitou půdou, těžkou na obhospodařování a pravidelně hnojenou organickými hnojivy; potřebný počet měření pro zapsání do protokolu bylo 54 hodnot, ale vlivem sušší půdy v letním období nebyl otisk pneumatiky na půdě dostatečně znatelný a tak bylo zapotřebí 13 pokusů zopakovat

Popis zkušební dráhy na trvalém travním porostu – tento pozemek je sousední pozemek, na kterém proběhlo měření na strništi a zároveň se nachází velice blízko mokřadů, tudíž je pozemek vlhký i při slunečném počasí; na pozemku se vyskytovala jetelotravní směs a opět proběhlo celkem 54 měření, s rozdílem dobré znatelnosti otisku na podložce a proto žádné měření nemuselo být opakováno

Popis zkušební dráhy na orné půdě připravenou pro setí (seťové lůžko) – po podmítce a orbě dojde k urovnání pozemku a přípravě pro setí ozimé obiloviny, pozemek je totožný, na kterém již v předešlé době došlo měření na strništi; stroj, který pozemek připraví na setí je kombinovaný stroj slučující radličkový kypřič a v zadní části stroje uložené dvě řady drobicích válců drobí a urovnají povrch; při měření byl viditelný prokluz, který se tvořil v měkké půdě připravené pro setí; během měření docházelo k usmýkání kol a celkem 7 měření muselo být zopakováno; po naměření hodnot byl povrch znovu urovnán do předchozího stavu, aby došlo k rovnoměrnému povrchu a vhodnému seťovému lůžku.



Obrázek 27 – Traktor Zetor 6911 na TTP



Obrázek 28 – Traktor Zetor 6911 na TTP

ZJIŠŤOVÁNÍ STOPOVÝCH POLOMĚRŮ ZATÁČENÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

ZKUŠEBNÍ PROTOKOL č. 4

Zkušební místo: **Katastrální území Slabčice (okres Písek)**

Jméno zkoušejícího: **Šťastný Filip**

Datum: **16. 8. 2017**

TECHNICKÉ ÚDAJE VOZIDLA

Značka, typ a druh vozidla: **Zetor 7711** Rok výroby: **1987**

Celková hmotnost vozidla: **3400 Kg**

Pneumatiky:

vpředu: rozměr: **7,5 - 16** huštění: **3 MPa**

vzadu: rozměr: **16,9 - 30** huštění: **1,2 MPa**

Stav pneumatik: **60 %**

Stav počítáče kilometrů (motohodin): **5829,8 Mth**

Povětrnostní podmínky: **polojasno, teplota 31°C, bezvětrno**

Popis zkušební dráhy: **strniště**

Tabulka 10 -záznam o zkoušce na strništi se Zetorem 7711

ZÁZNAM O ZKOUŠCE (orná půda)		
ZATOČENÍ VPRAVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	8050	3650
9	8700	5150
10	10000	5800
ZATOČENÍ VLEVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	8000	4350
9	8500	5050
10	9900	5925

ZJIŠŤOVÁNÍ STOPOVÝCH POLOMĚRŮ ZATÁČENÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

ZKUŠEBNÍ PROTOKOL č. 5

Zkušební místo: **Katastrální území Slabčice (okres Písek)**

Jméno zkoušejícího: **Šťastný Filip**

Datum: **16. 8. 2017**

TECHNICKÉ ÚDAJE VOZIDLA

Značka, typ a druh vozidla: **Zetor 7711** Rok výroby: **1987**

Celková hmotnost vozidla: **3400 Kg**

Pneumatiky:

vpředu: rozměr: **7,5 - 16** huštění: **3 MPa**

vzadu: rozměr: **16,9 - 30** huštění: **1,2 MPa**

Stav pneumatik: **60 %**

Stav počítáče kilometrů (motohodin): **5829,8 Mth**

Povětrnostní podmínky: **polojasno, teplota 31°C, bezvětrno**

Popis zkušební dráhy: **trvalý travní porost**

Tabulka 11 -záznam o zkoušce na TTP se Zetorem 7711

ZÁZNAM O ZKOUŠCE (trvalý travní porost)		
ZATOČENÍ VPRAVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	7800	3975
9	7900	3975
10	8200	4450
ZATOČENÍ VLEVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	7450	3500
9	8400	4250
10	8500	4500

ZJIŠŤOVÁNÍ STOPOVÝCH POLOMĚRŮ ZATÁČENÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

ZKUŠEBNÍ PROTOKOL č. 6

Zkušební místo: **Katastrální území Slabčice (okres Písek)**

Jméno zkoušejícího: **Šťastný Filip**

Datum: **16. 9. 2017**

TECHNICKÉ ÚDAJE VOZIDLA

Značka, typ a druh vozidla: **Zetor 7711** Rok výroby: **1987**

Celková hmotnost vozidla: **3400 Kg**

Pneumatiky:

vpředu: rozměr: **7,5 - 16** huštění: **3 MPa**

vzadu: rozměr: **16,9 - 30** huštění: **1,2 MPa**

Stav pneumatik: **60 %**

Stav počítáče kilometrů (motohodin): **5829,8 Mth**

Povětrnostní podmínky: **skoro zataženo, teplota 23°C, mírný vítr**

Popis zkušební dráhy: **orná půda připravená na setí (seťové lůžko)**

Tabulka 12 -záznam o zkoušce na orné půdě pro setí se Zetorem 7711

ZÁZNAM O ZKOUŠCE (orná půda)		
ZATOČENÍ VPRAVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	8325	5250
9	8925	5675
10	9925	5975
ZATOČENÍ VLEVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	8375	5375
9	8975	5675
10	9825	6075

4.4.2 Průběh při měření s traktorem Zetor 7711

Traktor byl zapůjčený podnikem Zemědělské družstvo Nemějice. Je využíváný v rostlinné výrobě, pro odvoz obilí při sklizni, dále v zimě pro úklid sněhu a podobné práce. Není tedy využíváný při těžkých polních pracích. Vyroben byl v roce 1987.

Popis zkušební dráhy na strništi – při měření panovali stejné podmínky jako při měření předešlého traktoru, všechna měření na strništi proběhla v jeden den; proces měření se také zkomplikoval a bylo nutno opakovat 4 měření z důvodu špatné viditelnosti otisku v půdě

Popis zkušební dráhy na trvalém travním porostu – také měření na trvalém travním porostu proběhlo ve stejný den jako u předešlého traktoru, takže při měření byli totožné podmínky, bylo bezvětří a otisk pneumatik byl značně znatelný

Popis zkušební dráhy na orné půdě připravenou pro setí (set'ové lůžko) – totožné podmínky jako v předešlém měření se Zetorem 6911, byl znatelný prokluz a během měření docházelo ke značným problémům, 9 měření muselo být zopakováno, ve vyšší rychlosti došlo k usmýkání předních kol a měření nebyla prokazatelná



Obrázek 29 – Traktor Zetor 7711 na TTP



Obrázek 30 – Traktor Zetor 7711 na orné půdě připravené pro setí



Obrázek 31 – Traktor Zetor 7711 na strništi

ZJIŠŤOVÁNÍ STOPOVÝCH POLOMĚRŮ ZATÁČENÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

ZKUŠEBNÍ PROTOKOL č. 7

Zkušební místo: **Katastrální území Slabčice (okres Písek)**

Jméno zkoušejícího: **Šťastný Filip**

Datum: **16. 8. 2017**

TECHNICKÉ ÚDAJE VOZIDLA

Značka, typ a druh vozidla: **Zetor 7745** Rok výroby: **1989**

Celková hmotnost vozidla: **3965 Kg**

Pneumatiky:

vpředu: rozměr: **12,4 - 24** huštění: **2 MPa**

vzadu: rozměr: **18,4 - 30** huštění: **1,5 MPa**

Stav pneumatik: **70%**

Stav počítáče kilometrů (motohodin): **1729,8**

Povětrnostní podmínky: **polojasno, teplota 31°C, bezvětrno**

Popis zkušební dráhy: **strniště**

Tabulka 13 -záznam o zkoušce na strništi se Zetorem 7745

ZÁZNAM O ZKOUŠCE (strniště)		
ZATOČENÍ VPRAVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	9600	6200
9	10300	7225
10	10225	7125
ZATOČENÍ VLEVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	9800	6325
9	10150	6775
10	10225	7200

ZJIŠŤOVÁNÍ STOPOVÝCH POLOMĚRŮ ZATÁČENÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

ZKUŠEBNÍ PROTOKOL č. 8

Zkušební místo: **Katastrální území Slabčice (okres Písek)**

Jméno zkoušejícího: **Šťastný Filip**

Datum: **16. 8. 2017**

TECHNICKÉ ÚDAJE VOZIDLA

Značka, typ a druh vozidla: **Zetor 7745** Rok výroby: **1989**

Celková hmotnost vozidla: **3965 Kg**

Pneumatiky:

vpředu: rozměr: **12,4 - 24** huštění: **2 MPa**

vzadu: rozměr: **18,3 - 30** huštění: **1,5 MPa**

Stav pneumatik: **70 %**

Stav počítáče kilometrů (motohodin): **1729,8 Mth**

Povětrnostní podmínky: **polojasno, teplota 31°C, bezvětrno**

Popis zkušební dráhy: **trvalý travní porost**

Tabulka 14 -záznam o zkoušce na TTP se Zetorem 7745

ZÁZNAM O ZKOUŠCE (trvalý travní porost)		
ZATOČENÍ VPRAVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	9900	6550
9	10375	6975
10	10450	7350
ZATOČENÍ VLEVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	9900	6475
9	9700	6775
10	10675	7250

ZJIŠŤOVÁNÍ STOPOVÝCH POLOMĚRŮ ZATÁČENÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

ZKUŠEBNÍ PROTOKOL č. 9

Zkušební místo: **Katastrální území Slabčice (okres Písek)**

Jméno zkoušejícího: **Šťastný Filip**

Datum: **16. 9. 2017**

TECHNICKÉ ÚDAJE VOZIDLA

Značka, typ a druh vozidla: **Zetor 7745** Rok výroby: **1989**

Celková hmotnost vozidla: **3965 Kg**

Pneumatiky:

vpředu: rozměr: **12,4-24** huštění: **2 MPa**

vzadu: rozměr: **18,4 - 30** huštění: **1,5 MPa**

Stav pneumatik: **70 %**

Stav počítáče kilometrů (motohodin): **1729,8 Mth**

Povětrnostní podmínky: **polojasno, teplota 28°C, mírný vítr**

Popis zkušební dráhy: **orná půda připravená na setí (seťové lůžko)**

Tabulka 15 -záznam o zkoušce na půdě pro setí se Zetorem 7745

ZÁZNAM O ZKOUŠCE (orná půda)		
ZATOČENÍ VPRAVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	10400	6600
9	11150	7150
10	12325	7475
ZATOČENÍ VLEVO		
Rychlost stroje (km/h)	Vnější stopový průměr zatáčení (mm)	Vnitřní stopový průměr zatáčení (mm)
8	10550	6750
9	10650	6725
10	11075	6950

4.4.3 Průběh při měření – Zetor 7745

Tento traktor byl zapůjčený podnikem Autodoprava Šťastný. Využití má především v rostlinné výrobě, nicméně v malém měřítku také v živočišné výrobě. Traktor je využíván především v orbě, přípravě pro setí a při práci s čelním nakladačem. Dále je využíván také v již zmiňované autodopravě pro přepravu materiálu na krátkých vzdálenostech. Jedná se především o přepravu sypkého a stavebního materiálu nebo dřevní hmoty. Kvůli čelnímu nakladači je traktor osazen většími pneumatikami pro vyšší únosnost. Aby nedošlo k rozdílným obvodovým rychlostem při zapojení předního pohonu kol, bylo nutno zaměnit nejenom přední, ale také zadní pneumatiky. Zde použitá varianta pneumatik není uvedena v manuálu, ale v praxi je běžně dostupná.

Popis zkušební dráhy na strništi – během měření na strništi se Zetorem 7745 byli opět stejné podmínky jako u ostatních traktorů, vlivem sucha nebylo možné naměřit 7 měření a proto museli být opakovány, aby bylo možné na pozemku rozeznat stopy pneumatik; celkem tedy proběhlo 54 úspěšných, plus 7 neúspěšných měření

Popis zkušební dráhy na trvalém travním porostu – ani při tomto měření jako u předchozích traktorů za stejných podmínek nedošlo k problému při viditelnosti otisku a žádné z měření nemuselo být opakováno, celkem tedy proběhlo úspěšných 54 měření

Popis zkušební dráhy na orné půdě připravenou pro setí (seťové lůžko) – měření proběhlo stejně jako u předchozích traktorů 16. 9. 2017 a i zde docházelo k viditelnému prokluzu kol ale ani jedno z měření nemuselo být opakováno, traktor s pohonem všech kol má jiné rozložení hmotnosti a k usmýkání předních kol nedocházelo, alespoň ne v tak velkém rozsahu jako u Zetorů 6911 a 7711



Obrázek 32 – Traktor Zetor 7745 na strništi



Obrázek 33 – Traktor Zetor 7745 na TTP

Závěr a diskuse

Naměřené hodnoty naznačují, že se vzrůstající rychlostí dochází ke zvětšování poloměru otáčení. Naměřené hodnoty ve většině případů traktoru Zetor 6911 neodpovídaly údajům deklarovaným výrobcem. Výrobce udává poloměr otáčení 7000+500 mm, této hodnoty však mnohokrát dosaženo nebylo. Na travnatém povrchu na druhý převodový stupeň bylo dosaženo 7460 mm. Při tomto jediném měření bylo dosaženo hodnoty, kterou deklaruje výrobce. Další měření ať už na strništi nebo na zpracovaném poli pro setí ukázala vyšší hodnoty než ty deklarované výrobcem. Největší rozdíly byly naměřeny na seťovém lůžku. Zde se hodnoty zvýšily až o 31%. Při měření na strništi byly hodnoty vyšší maximálně o 7%. Trvalý travní porost jako jediný na nejmenší rychlostní stupeň splnil hodnoty výrobce. Na čtvrtý rychlostní stupeň se hodnota lišila o 9%. U Zetoru 6911 byly naměřeny nejvyšší rozdíly mezi zatočením doleva a doprava. Průměrné hodnoty při měření doprava a doleva se lišily. Rozdíly při měření doprava činily 13% a rozdíly při zatočení doleva 8%.

Hodnoty mohli být ovlivněny jinými pneumatikami. Zetor 6911 byl osazen zadními pneumatikami většími, než které standardně montoval výrobce. Výrobce stanoví standardní parametr pneumatik je 16,9 – 28, ale použita byla kola o velikosti 16,9 – 30. Opotřebením pneumatik již bylo znatelné, přesto vzorek byl stále dostatečně velký (přibližně 70 %). Další faktor, který mohl ovlivnit naměřené hodnoty, je stáří stroje. Stroj byl vyroben v roce 1987 a jeho míra využití byla značná. V době kdy probíhalo měření, měl stroj již odpracováno 4823,5 Mth. Při měření na půdě zpracované pod setí byl viditelný prokluz a měření jím bylo značně ovlivněno.

Hodnoty traktoru 7745 deklarované výrobcem mají činit 8700+500 mm. Této hodnoty nebylo při měření nikdy dosaženo. Ve všech případech byly hodnoty vyšší než ty uvedené v manuálu. Největších rozdílů bylo dosaženo při měření na seťovém lůžku. Zde se hodnoty lišily až o 27%. Naopak nejmenších rozdílů bylo naměřeno při druhém převodovém stupni na strništi. Zde byla hodnota zvýšena pouze o 5%. Při zařazení čtvrtého rychlostního stupně byla naměřena hodnota na strništi vyšší o 11%. Hodnoty na trvalém travním porostu byly zvýšeny od 8% do 15%. Rozdíly při

zatočení doleva a doprava Zetoru 7745 činily 14% při měření doprava a 12% při měření doleva. Měření mohla nejvíce ovlivnit montáž pomocného rámu pro čelní nakladač. Hodnoty mohli být také ovlivněny nestandardním použitím pneumatik. Při měření byly na traktoru osazeny pneumatiky: přední – 12,4 – 24 a zadní – 18,4 – 30. V manuálu Zetoru 7745 tato varianta použití pneumatik není, přesto nedochází k velkým rozdílným obvodovým rychlostem na předních a zadních kolech, proto je tato varianta také v praxi běžná. Stav opotřebení pneumatik činil 70 %. Při měření na půdě připravené pro setí byl také viditelný prokluz a měření jím bylo značně ovlivněno. Traktor byl vyroben v roce 1989 a jeho stav odpracovaných motohodin při měření byl 1729 Mth. Stáří stroje a jeho opotřebení také mohlo ovlivnit do jisté míry naměřené hodnoty.

Při měření se Zetorem 7711 bylo naměřeno nejvyšších rozdílů oproti hodnotám výrobce. Výrobce zde deklaroval hodnotu 6700+500 mm. Největších rozdílů bylo naměřeno na seťovém lůžku a strništi na čtvrtý rychlostní stupeň. Rozdíly zde dosahovaly hodnot lišících se až o 38 %. Naopak nejmenší rozdíly byly zaznamenány na trvalém travním porostu na druhý převodový stupeň. Tam bylo naměřeno rozdílů pouze 6 %. Maximální odchylka na travnatém porostu byla při čtvrtém převodovém stupni, ta činila 16 %. Jediný Zetor 7711 měl zanedbatelné rozdíly mezi zatočením doleva a doprava. Jeho průměrné hodnoty při všech měřeních doleva a doprava činily 20 %. Hodnoty mohli být ovlivněny větším opotřebením pneumatik než u ostatních strojů. Vzorek pneumatik činil 60 %. Velký vliv mohlo mít stáří stroje a jeho opotřebení. Traktor byl vyroben v roce 1987 a stroj měl při měření odpracováno již 5829 Mth. Další faktor, který mohl ovlivnit měření, byla jistá nezkušenost obsluhy tohoto stroje. Obsluha stroje nikdy před měřením se strojem nepracovala. Všechny stroje při měření byly obsluhovány autorem práce, proto nebylo možno porovnat, jak by v daných podmínkách pracoval jiný operátor stroje. Řidič stroje mohl být významným faktorem, který ovlivnil naměřené hodnoty. Rozhodující byli jeho zkušenosti, stupeň pozornosti, ostražitosti a schopnost rychle reagovat na vzniklé situace.

Během práce se stroji si i obsluha všímá proměnlivého poloměru otáčení. Při polních pracích a na zpevněném povrchu jsou rozdíly nejvíce znatelné. Na

zpevněném povrchu jako je asfalt nebo betonové panely je poloměr otáčení menší než třeba u zpracovaného pole pro setí. V této práci se však setkáme s porovnáním jiných povrchů než těch zpevněných, které jsou uvedené ve firemních materiálech. V dnešní době je viditelná snaha ulehčit lidem práci i v zemědělství. Stále častěji se setkáváme u zemědělské techniky s GPS technologiemi, které usnadňují a zpřesňují pohyb na poli. V současnosti se stále častěji setkáváme s autonomními traktory. Takové stroje pracují bez obsluhy a pro jejich správnou funkci musí znát řídicí program přesnou hodnotu poloměru otáčení. Zemědělství 4.0 je reálný pojem jak v živočišné tak v rostlinné výrobě. V dnešní době veškerá technika podstupuje digitalizaci, důkazem tomu jsou bezobslužné traktory, dojící roboty a spoustu další techniky.

Seznam použité literatury

- [1] BAUER, František, Pavel SEDLÁK a Tomáš ŠMERDA. *Traktory*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. ISBN 80-86726-15-0.
- [2] ŠUMAN-HREBLAY, Marián. *Encyklopedie českých traktorů: od r. 1912 do současnosti*. Brno: Computer Press, 2011. Autosalon (Computer Press). ISBN 978-80-251-2685-1.
- [3] *Traktory a automobily 3 : Celoštátní vysokoškolská učebnice pro mechanizační fakulty pol'nohospodárskych vysokých škôl v ČSSR*. 2. vyd. Bratislava: Príroda, 1986.
- [4] *Mobilné energetické prostriedky 3: Celoštátní vysokoškolská učebnice pro mechanizační fakulty pol'nohospodárskych vysokých škôl v ČSSR*. 2. vyd. Bratislava: Príroda, 1986.
- [5] FIREMNÍ LITERATURA Fahr (1945)
- [6] VÁŠA, Alois. *Rukověť pro řidiče motorových vozidel*. 6. vydání. Praha: Naše vojsko, 1951.
- [7] DÖRFLINGER, Michael. *Traktory: ilustrované dějiny techniky*. Přeložil Milada BURIANOVÁ. Praha: Knižní klub, 2017. Universum (Euromedia Group). ISBN 978-80-242-5810-2.
- [8] OTAKAR SYROVÝ A KOLEKTIV. *Doprava v zemědělství*. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 9788086726304.
- [9] *Dílenská příručka traktorů Zetor 4911, 5911, 5945, 6911, 6945*. Brno: Zetor, 1978.
- [10] FIREMNÍ LITERATURA Zetor

[11] GREČENKO, Alexandr. *Terramechanika*. Praha: Ústav vědeckotechnických informací Ústředí zemědělského a potravinářského výzkumu, 1967.

Internetové zdroje:

[12] <http://agrozet.mcdev.cz/nase-spolecnost/aktuality/vyvrtati-testovani-vsechny-pochyby.aspx> „citováno dne: 10. 3. 2018“

[13] <http://zts-stroje.autopes.cz/lesni-traktor-lkt-81-turbo-8469.htm> „citováno dne: 10. 3. 2018“

[14] <http://nabidky.edb.cz/Nabidka-80267-prodej-techniky-do-vinic-a-sadu-stroje-na-sklizen-hroznu-specialni-traktor-do-sadu-a-vinic> „citováno dne: 10. 3. 2018“

[15] <http://www.agrocar.cz/technika-v-detailech/stroje-sauerburger/svahovy-nosic-naradi-grip-4/> „citováno dne: 10. 3. 2018“

[16] <http://www.akp.cz/portalovy-nosic-naradi/> „citováno dne: 10. 3. 2018“

[17] <http://www.designmag.cz/technika/39606-lamborghini-uvadi-moderni-cernobily-traktor-nitro.html> „citováno dne: 10. 3. 2018“

[18] http://www.zetorworld.com/history_R1.html „citováno dne: 10. 3. 2018“

[19] <https://www.technikboerse.com/cs/view/nov-stroj/p-sov-traktor/4930454/challenger-mt765.html> „citováno dne: 10. 3. 2018“

[20] <http://agrometall.cz/pasovy-traktor-john-deere-8345rt> „citováno dne: 15. 3. 2018“

[21] <http://www.fotocommunity.de/photo/ein-fortschritt-zt-303-xxwaltiixx/27777798> „citováno dne: 15. 3. 2018“

[22] <http://www.agroseznam.cz/cz/agrobazar/detail-inzeratu/51637-zetor-7745-7745.html> „citováno dne: 15. 3. 2018“

[23] http://skodaps.wz.cz/skoda_galerie.php?foto=26&index=02 „citováno dne: 15. 3. 2018“

[24] <http://skoda30.webgarden.cz/rubriky/skoda-30 Škoda 30> „citováno dne: 15. 3. 2018“

[25] <https://www.mascus.cz/auction/zemedelske-stroje/traktory/lanz-bulldog-9506/9u6ycxiv.html> „citováno dne: 15. 3. 2018“

[26] <http://skoda.majestat.cz/menu/historie-motociklu-a-automobilu/1920-1925> „citováno dne: 15. 3. 2018“

[27] http://www.profistroje.cz/jednonappravovy-malotraktor-ferrari-360-powersafe_3157.html „citováno dne: 17. 3. 2018“

[28] <http://www.agrocentrumzs.cz/produkty/komunal/komunalni-traktory-malotraktory/malotraktory-kubota/rada-stw/univerzalni-traktor-kubota-stw37> „citováno dne: 17. 3. 2017“

[29] <https://cs.agrionline.com/kultivacni-traktor/s118> „citováno dne: 17. 3. 2018“

[30] <http://mechanizaceweb.cz/tradicni-vystava-pradedeckuv-traktor/> „citováno dne: 26. 3. 2018“

[31] https://www.pekass.eu/jcb-fastrac-4000_834.html „citováno dne: 15. 3. 2018“

[32] <https://www.toko.cz/Novinky-2017/Novinka-na-trhu-pro-rok-2017--Kirovets-K-424/> „citováno dne: 15. 3. 2018“

Přílohy

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Zemědělský traktor John Deere v soupravě s pluhem

Obrázek 2 – Univerzální traktor Kubota

Obrázek 3 – Speciální traktor pro lesní hospodářství

Obrázek 4 – Viniční traktor Case

Obrázek 5 – Kolový svahový traktor

Obrázek 6 - Univerzální samohybný podvozek PkUS-45

Obrázek 7 - Kolový traktor Lamborghini

Obrázek 8 – Orbový traktor Excelsior P4

Obrázek 9 – Kultivační traktor

Obrázek 10 – Nosič nářadí MAZZOTTI MULTI

Obrázek 11 – Jednonápravový traktor Ferrari 360

Obrázek 12 – JCB Fastrac

Obrázek 13 - Kloubový traktor Kirovets

Obrázek 14 - Pásový traktor Caterpillar Challenger

Obrázek 15 - Polopásový traktor Zetor 4016

- Obrázek 16 - Rámový podvozek - John Deere 8345RT**
- Obrázek 17 - Polorámový podvozek - Fortschritt ZT 303**
- Obrázek 18 - Bezrámový podvozek - Zetor 7745**
- Obrázek 19 - Škoda HT 20 se zážehovým motorem**
- Obrázek 20 - Škoda 30 s vícepalivovým motorem**
- Obrázek 21 - Lanz Bulldog, motor se žárovou hlavou**
- Obrázek 22 - Prospekt traktoru na dřevoplyn značky Fahr**
- Obrázek 23 - Otáčecí poloměr traktoru na dřevoplyn Fahr**
- Obrázek 24 - Valení pneumatiky po měkké podložce**
- Obrázek 25 - Schéma valení pneumatiky v terénu**
- Obrázek 26 - Schéma možných způsobů zatáčení**
- Obrázek 27 – Traktor Zetor 6911 při měření na TTP**
- Obrázek 28 – Traktor Zetor 6911 při měření na TTP**
- Obrázek 29 – Traktor Zetor 7711 při měření na TTP**
- Obrázek 30 – Traktor Zetor 7711 při měření na orné půdě připravené pro setí**
- Obrázek 31 – Traktor Zetor 7711 při měření na strništi**
- Obrázek 32 – Traktor Zetor 7745 při měření na strništi**
- Obrázek 33 – Traktor Zetor 7745 při měření na TTP**

Seznam tabulek

- Tabulka 1 – Prokluz energetického stroje**
- Tabulka 2 – Součinitel odporu vzduchu**
- Tabulka 3 – Součinitel odporu valení pneumatiky pro traktory**
- Tabulka 4 – Parametry traktoru Zetor 6911**
- Tabulka 5 – Parametry traktoru Zetor 7711**
- Tabulka 6 – Parametry traktoru Zetor 7745**

Tabulka 7 – Záznam o zkoušce na strništi se Zetorem 6911

Tabulka 8 – Záznam o zkoušce na TTP se Zetorem 6911

Tabulka 9 – Záznam o zkoušce na orné půdě pro setí se Zetorem 6911

Tabulka 10 – Záznam o zkoušce na strništi se Zetorem 7711

Tabulka 11 – Záznam o zkoušce na TTP se Zetorem 7711

Tabulka 12 – Záznam o zkoušce na orné půdě pro setí se Zetorem 7711

Tabulka 13 – Záznam o zkoušce na strništi se Zetorem 7745

Tabulka 14 – Záznam o zkoušce na TTP se Zetorem 7745

Tabulka 15 – Záznam o zkoušce na orné půdě pro setí se Zetorem 7745