

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Porovnání traktorů výkonové třídy do 200 kW

(John Deere, Massey Ferguson, Claas a Valtra)

bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Ondřej Šařec, CSc.

Autor bakalářské práce: Tomáš Kabíček

PRAHA 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Kabíček

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Porovnání traktorů výkonové třídy do 200 kW (John Deere, Massey Ferguson, Claas a Valtra)

Název anglicky

Comparison of tractors power range up to 200 kW (John Deere, Massey Ferguson, Claas and Valtra)

Cíle práce

Porovnání traktorů výkonové třídy do 200 kW podle zvolených technických, ekonomických a exploatačních parametrů (porovnat zejména značky traktorů John Deere, Massey Ferguson, Claas a Valtra).

Metodika

Metody analýzy současného stavu. Metody porovnání z hlediska technických, ekonomických a exploatačních ukazatelů (spotřeby paliva, výkonnosti, spotřeby práce atp.).

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

traktor, technické charakteristiky, otáčková charakteristika motoru, metody porovnání

Doporučené zdroje informací

BAUER, F. – SEDLÁK, P. – ŠMERDA, T.: Traktory. Praha: Profi Press, 2006. 192 s. ISBN 80-86726-15-0.

BROŽOVÁ, H. – ŠUBRT, T. – HOUŠKA, M.: Modely pro vícekritériální rozhodování. Praha: Credit, 2003. 172 s. ISBN 80-213-1019-7.

CET, M.: Traktory (encyklopedie). Čestlice: Rebo, 2010. 299 s. ISBN 978-80-7234-935-7.

Firemní prospekty.

KAVKA M. et al.: Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu. ÚZPI, Praha, 2003, 376 s. ISBN 80-7271-164-4.

KUMHÁLA, F. a kol. Zemědělská technika stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. 1. vyd. Praha: ČZU v Praze, 2007. 426 s. ISBN 978-80-213-1701-7.

PÍCHA, V.: Katalog traktorů 2013. Agromachinery, 2013. 344 s. ISBN 978-80-904879-2-5.

ŠAŘEC P., ŠAŘEC, O.: Využití mobilních strojů- podklady k přednáškám a cvičením. ČZU, Praha, 2007, 99 s. ISBN 978-80-213-1681-2.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Ondřej Šařec, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra využití strojů

Elektronicky schváleno dne 9. 1. 2014

prof. Ing. Miroslav Kavka, DrSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 2. 2014

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Porovnání traktorů výkonové třídy do 200 kW“ vypracoval pod vedením prof. Ing. Ondřeje Šarče, Csc. samostatně a použil jsem jen zdroje, které uvádím v seznamu literatury.

V Praze dne 4.4.2016

Podpis:

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce prof. Ing. Ondřeji Šařci, CSc. za poskytnutí rad a odbornou pomoc při její tvorbě. Dále bych chtěl poděkovat rodině za podporu a distributorům vybraných značek za poskytnutí všech požadovaných materiálů.

Abstrakt: Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním vybraných traktorů výkonové třídy do 200 kW z hlediska technických, ekonomických a exploatačních parametrů. V úvodu je krátce charakterizován historický vývoj traktorů. V další části je popsána a charakterizována základní konstrukce traktoru. Hlavní část se zaměřuje na vybrané traktory a jejich parametry. Dále pokračuje porovnání vybraných parametrů pomocí vícekriteriální analýzy variant. Poslední část této práce vyhodnocuje výsledky porovnání traktorů.

Klíčová slova: traktor, technické charakteristiky, otáčková charakteristika motoru, metody porovnání

Comparison of tractors of power range up to 200 kW

Summary: This bachelor thesis is comparison of chosen tractors of power range up to 200kW from the point of view in technical, economical and exploitation parameters. In the introduction there is briefly summed up historical development of tractors. In the next part, there is characterized basic construction of tractor. Main part is focused on the chosen tractors and their parameters. This part is followed with comparison of chosen parameters with multicriterial analysis of variations. The last part of this bachelor thesis evaluates results of comparison tractors.

Key words: tractor, technical characteristics, motor's rotation speed characteristic, comparison methods

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce a metodika	2
2.1 Cíl práce.....	2
2.2 Metodika	2
3. Historie	3
4. Konstrukce traktorů	4
4.1 Motor	4
4.1.1 Požadavky na traktorový motor	5
4.1.2 Palivová soustava vznětového motoru	5
4.1.3 Přepínání	6
4.1.4 Chlazení.....	7
4.1.5 Měření parametrů traktorových motorů	8
4.1.6 Charakteristika motorů.....	10
4.2 Převodové ústrojí.....	11
4.2.1 Převodovky	12
4.2.2 Spojky	13
4.2.3 Rozvodovka.....	14
4.2.4 Diferenciál.....	14
4.2.5 Koncové převody	14
4.2.6 Vývodová hřídel.....	14
4.3 Podvozky	15
4.3.1 Brzdové ústrojí.....	15
4.4 Kabiny	16
4.5 Elektrohraulické systémy (EHS)	16
5. Charakteristika porovnávaných traktorů	17
5.1 Valtra T234 Active	17

5.1.1 Motor.....	18
5.1.2 Hydraulika.....	19
5.1.3 Převodovka.....	19
5.2 John Deere 7250R	20
5.2.1 Motor.....	21
5.2.2 Hydraulika.....	21
5.2.3 Převodovka.....	21
5.3 Claas Axion 830 Cmatic.....	22
5.3.1 Motor.....	22
5.3.2 Hydraulika.....	23
5.3.3 Převodovka.....	24
5.4 Massey Ferguson 7724	25
5.4.1 Motor.....	26
5.4.2 Hydraulika.....	26
5.4.3 Převodovka.....	26
6. Porovnání jednotlivých parametrů	28
6.1 Zvolená kritéria a jejich označení.....	28
6.2 Saatyho metoda.....	29
6.3 Metoda váženého součtu	30
6.4 Výsledné pořadí porovnávaných traktorů.....	31
7. Závěr.....	32
8. Použitá literatura	34
Seznam značek	36
Seznam obrázků.....	36
Seznam tabulek	37
Seznam vzorců.....	37

1. Úvod

Toto téma jsem si vybral, jelikož zasahuje skoro do všech předmětů, které jsem na oboru Obchod a podnikání s technikou studoval a myslím si, že je to další skvělá příprava k možnému budoucími povolání. Zvolil jsem výkonnostní třídu traktorů do 200 kW z toho důvodu, že mě vždy zajímalo, jak tyto velké stroje fungují a k čemu se používají.

Na počátku práce jsem se musel rozhodnout, kteří výrobci traktorů budou nevhodnější v porovnané výkonnostní třídě. V dnešní době se na trhu objevuje spousta výrobců a tak výběr nebyl jednoduchý. Nakonec jsem se rozhodl pro porovnávání výrobců John Deere, Massey Ferguson, Claas a Valtra z důvodu zajímavosti porovnání čtyř docela známých značek. Další problematikou v rozhodování které traktory budu porovnávat, byly typy jednotlivých značek, jelikož každý výrobce nabízí velké množství v mé výkonnostní třídě. Dnešní traktory jsou stále více vybaveny různými elektronickými systémy, které automatizují mnohé funkce, starají se o menší emise, menší spotřebu paliva a umožňují komfortnější ovládání stroje. Například ovládání zadního a předního tříbodového závěsu na loketní opěrci umožňuje rychlé a přesné nastavení pro ideální pracovní podmínky.

Práce je rozdělena na pět částí. V první části je stručně popsán historický vznik a vývoj traktoru ve světovém měřítku. V další části je popsána základní konstrukce traktoru, jako motor, převodové ústrojí, podvozek, kabina a elektrohydraulické systémy, pro bližší seznámení s porovnanými parametry. Ve třetí části práce si blíže představíme čtyři porovnané traktory z hlediska historického vývoje, jejich specifikace a jednotlivé parametry. Vybrané parametry vyhodnocuje část čtvrtá pomocí vícekritériální analýzy variant. V poslední části se dozvíte výsledek porovnání a závěr.

2. Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je stručné seznámení s historií, základní konstrukcí traktorů a porovnání vybraných traktorů, které se nachází ve výkonové třídě do 200 kW, podle zvolených parametrů a následné vyhodnocení.

2.2 Metodika

K porovnání byly vybrány traktory u nás známé ale i méně známe. Byly vybrány tyto výrobci – John Deere, Massey Ferguson, Claas a Valtra. Pro popis teoretické části, jako popis motoru, převodového ústrojí apod. jsem čerpal z knižní literatury uvedené v seznamu zdrojů. Popis jednotlivých porovnávaných traktorů jsem prováděl z firemních katalogů a firemních webů. Porovnávané parametry byly čerpány také z katalogových zdrojů, prospektů a konzultace s prodejcem.

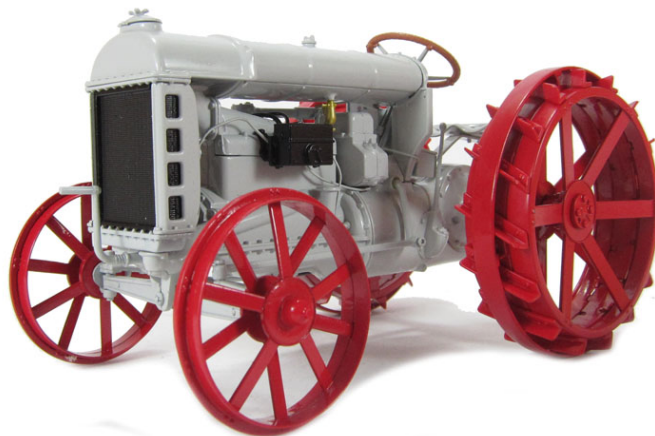
Pro porovnání vybraných parametrů jsem zvolil metodu vícekriteriální analýzy variant. Nejprve jsem musel jednotlivá kritéria označit, určit jejich povahu a prioritu od nejdůležitější po méně důležité. Dále jsem přes Saatyho matici vypočítal váhu každého kritéria. Poté přišla na řadu metoda váženého součtu, kde jsem využil vypočítané váhy, které jsem dosadil do matice kriteriálních hodnot a společně s hodnotami ideální a bazální varianty jsem vypočítal hodnoty pro kriteriální matici funkce užitku. Z té jsem dostal podobu konečného výsledku.

3. Historie

Slovo traktor je původem z latinského výrazu "trahere", což znamená táhnout. Přelom 18. a 19. století se označuje jako počátek náhrady zvířecí tažné síly mnohem výkonnější mechanizovanou silou, kdy James Watt sestrojil první dvojčinný vahadlový parní stroj s rotačním pohybem. V roce 1832 byl představen parní pluh, kde byl za lokomobilem pomocí navinovacího lana táhán vlastní pluh po poli. V Severní Americe se dávala přednost velmi výkonným jednotkám, až o výkonu 82,1 kW, které dokázali utáhnout, až 30 t. Nevýhoda parní techniky byla především v její velké hmotnosti, špatné manévrovací schopnosti i velkých pořizovacích nákladech. [21]

Díky vyvinutí čtyřtaktního spalovacího motoru byla v roce 1876 zahájena éra motorů s vnitřním spalováním. Jako palivo zde sloužil svítiplyn. V Americe se objevil první provozuschopný benzinový motor v roce 1892 a byl využit tak, že na konstrukci z ocele a dřeva byl umístěn jednoválcový dvoudobý benzinový motor. Celá konstrukce vážila 4,1 t a měla výkon 22,4 kW, což byly příznivější parametry v porovnání s parním strojem. [21]

Hromadná výroba klasických traktorů je spjata se jménem Henry Ford, který svůj první experimentální traktor vyrobil v roce 1907. O rok později zahájil výrobu modelu T, který na trhu dominoval 20 let. V roce 1918 vyrobil přes 34000 traktorů modelu F, který pro zajímavost vážil 1250 kg, obsah motoru 4100 cm³ a dosahoval výkonu 13,4kW. [21]



Obrázek 1 - Fordson model F [20]

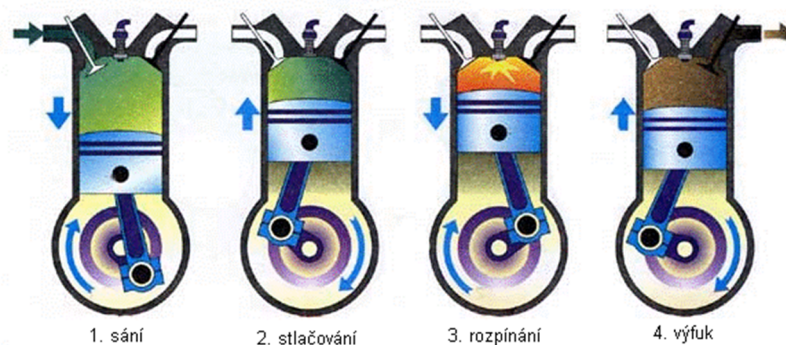
4. Konstrukce traktorů

Traktory jsou univerzální stroje vhodné pro dopravu, tlačení, nesení i tažení zemědělských strojů. Díky své univerzálnosti jsou tak potřebné. Jsou určeny na dopravu i na práci zejména v zemědělství, v lese, na poli nebo jiném nerovném či nezpevněném terénu. Mohou být kolové nebo pásové. Traktory kolové s pohonem na čtyři kola se využívají tam, kde je zapotřebí velká tažná síla. Pásové traktory mají menší prokluz, nízký měrný tlak na půdu, ale jejich provoz je nákladnější. [2]

4.1 Motor

Spalovací motory jsou od svého objevení pod stálým zájmem konstruktérů, což umožňuje jejich přizpůsobování novým požadavkům, které vyplývají z rostoucích nároků kladených uživateli a mezinárodními normami omezujícími negativní vlivy provozu motorů na životní prostředí. Výrobci vznětových motorů mají snahu vyrábět výkonný a přitom energeticky přijatelný motor, který bude vhodný pro celou modelovou řadu a v některých případech se stane základní koncepcí výrobního programu. [1]

U traktorů jsou v současné době používány téměř výhradně čtyřdobé vznětové motory. Výjimku však tvoří dvoudobé vznětové popř. zážehové motory, které se montují do některých malotraktorů. My se ovšem zaměříme na ty nejpoužívanější a to pístové motory s vnitřním spalováním, u nichž se energie přenáší přes píst a ojnici na klikový hřídel. [1]



Obrázek 2 - Pracovní oběh čtyřdobého vznětového motoru [13]

Pístový spalovací motor je tepelný stroj, u něhož se získává mechanická energie termochemickým uvolňováním energie z přivedeného paliva, což se projeví zvýšením teploty a tlaku plynu ve spalovacím prostoru. Zvýšený tlak působící na píst při expanzi koná

užitečnou práci. Pracovní oběh čtyřdobého vznětového motoru, zobrazen na obrázku 1, probíhá během dvou otáček klikového hřídele a skládá se ze čtyř fází - sání, komprese, expanze a výfuk. [1]

4.1.1 Požadavky na traktorový motor

Podle současného světového trendu jsou na traktorový motor kladeny kromě obecných požadavků (např. výfukové emise, výkon, cena, zisk atp.) kladeny také speciální požadavky. Zejména důraz na trvalý provoz při maximálním výkonu motoru, práce motoru v širokém rozmezí otáček s konstantním výkonem, vysoké převýšení točivého momentu motoru, nízká spotřeba paliva v provozní oblasti motoru, startovatelnost při nízkých teplotách, hladina vnějšího hluku traktorů, snadná a rychlá diagnostika poruch, vysoká spolehlivost, vysoká životnost motoru a dlouhé servisní intervaly. V neposlední řadě musí motor splňovat předpisy EHK a směrnic ES/EHS a jejich aplikace na kategorie vozidel T podle požadavků zákonů a vyhlášek MDS, jako je kouřivost vznětových motorů, emise výfukových plynů a regulátor otáček. [1] [2]

Příprava palivové směsi je velice důležitým požadavkem, protože má vliv na mnoho faktorů. Cílem je přivést palivo společně se vzduchem ve správný okamžik do spalovacího prostoru, kde dochází ke vznícení a uvolnění tepelné energie, která se poté mění na práci mechanickou pomocí klikového hřídele. Příprava směsi má tak přímý vliv na regulaci výkonu motoru. U vznětových motorů probíhá regulace změnou množství paliva ve vzduchu, nikoliv změnou množství vzduchu. [1]

4.1.2 Palivová soustava vznětového motoru

Podle způsobu vstřikování paliva se vznětové motory dělí na motory s přímým vstřikováním paliva nebo s nepřímým vstřikováním paliva. Většina traktorů má motory s přímým vstřikováním paliva (do spalovacího prostoru vytvořeného v pístu). K nevýhodám těchto motorů patří vibrace, vyšší nároky na vstřikovací zařízení a vyšší hlučnost. U moderních traktorů se využívá vstřikovacího systému s tlakovým zásobníkem Common Rail, u kterého je odděleno vstřikování paliva a vytváření tlaku. Vstřikovací tlak je vytvářen čerpadlem nezávisle na otáčkách motoru a polohou pedálu je řízeno množství

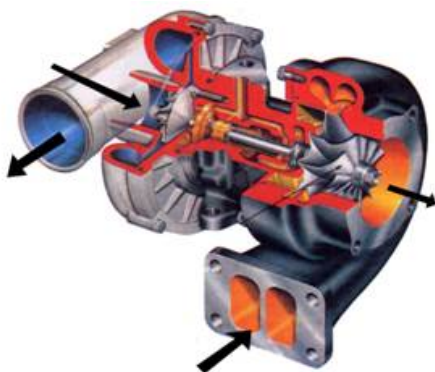
paliva, přičemž elektronická řídicí jednotka zde řídí dobu stříku a velikost tlaku. Mezi výhody patří:

- vysoký vstřikovací tlak až 140 MPa
- široký rozsah použití (osobní automobily až pro motory s výkonem 300 kW na válec)
- přizpůsobení vstřikovacího tlaku provoznímu stavu motoru
- možnost rozdělení dávky na úvodní, hlavní a následný vstřík
- proměnný předvstřík [1]

4.1.3 Přepřňování

Konstruktéři všech výrobců traktorů se zabývají otázkou zvyšování výkonu motoru a jeho průběhu. Hledají možnosti, jak zvýšit výkon motoru, aniž by vzrostla spotřeba paliva a současně se neměnili charakteristické parametry motoru. [1]

Výkon čtyřdobého motoru lze zvýšit pomocí otáček, ale to se projeví zvýšením spotřeby paliva, zvýšenými požadavky na mazání motoru a nárůstem hluku. Dále zvýšením počtu válců díky čemuž dosáhneme úměrnému růstu výkonu, ale po konstrukci zaznamenáme nárůst hmotnosti a velikosti motoru. Další možnost jak zvýšit výkon je přes střední efektivní tlak, což je průměrný tlak ve válci během celého cyklu, když odečteme ztráty při mechanické činnosti motoru. Posledním ze čtyř základních možností je přes zdvihový objem motoru, u kterého nedosáhneme úměrného zvýšení motoru. Tato možnost je efektivní pouze v případě, je-li střední efektivní tlak vyšší než 1 MPa. [1]



Obrázek 3 – Turbodmychadlo [14]

Nejčastěji se však používá ke zvýšení výkonu motoru přepřňování, kde nemusí docházet ke změnám základních charakteristických parametrů. Přepřňováním se do válce dostane větší množství vzduchu s tlakem vyšším než atmosférickým, a tak je možno zvětšit i množství paliva. Nejčastějším způsobem přepřňování je pomocí dmychadel, které se dělí na turbodmychadla a mechanicky poháněná. Další možnosti jsou

pomocí tlakových vln (rotační rozdělovač Comprex, laděná sací potrubí) nebo náporem vzduchu (při rychlostech vyšších než 100 km/h). V přeplňování najdeme i další výhody, např.

- snížení výkonové hmotnosti
 - motor přeplňovaný je při stejném výkonu cenově přijatelnější než nepřeplňovaný
 - snížení hluku až od 4 dB
- hospodárnější provoz motoru [1] [2]

Přeplňování lze rozdělit do tří skupin podle plnicího přetlaku a nárůstu výkonu, viz tab. 1:

Tab. 1 Druhy přeplňování podle tlaku [1]

Přeplňování	Plnicí tlak [MPa]	Zvýšení výkonu [%]
Nízkotlaké	do 0,1	méně než 50
Středotlaké	0,1-0,18	50-70
Vysokotlaké	nad 0,18	nad 75

4.1.4 Chlazení

Chladicí souprava zajišťuje odvod přebytečného tepla, které vzniká při běhu motoru. Při vysokých teplotách by mohlo dojít k poškození motoru, Mimo to odvádí teplo z tekutin používaných u traktorů. Hlavním úkolem chladicího systému je především:

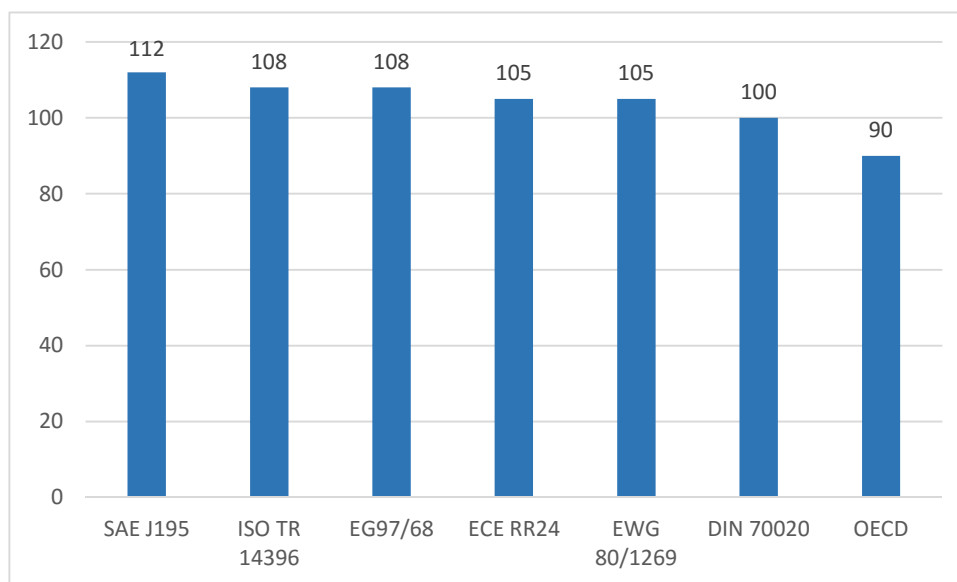
- udržovat přípustnou teplotu v nejvíce namáhaných místech (hlava válců, vložky válců, ventily, písty a další)
- odvod tepla z plnicího vzduchu u přeplňovaných motorů, paliva, hydraulického oleje, mazacího oleje, chladicí kapaliny apod.

zajistit co nejrychlejší ohřev motoru na provozní teplotu [1]

4.1.5 Měření parametrů traktorových motorů

Jedním z nejdůležitějších parametrů je posuzování výkonu motoru, provádět ho lze několika způsoby. Jednak lze posuzovat efektivní výkon na klikové hřídeli, jednak výkon na vývodovém hřídeli. Měření efektivního výkonu se provádí dynamometrem na samotném motoru. Podmínky měření se definují mezinárodními, popřípadě národními normami, např. DIN, SAE, ECE (česky EHK), ISO, OECD. Nejpoužívanější normou měření výkonu motoru je podle předpisu EHK č. 24-03. V této zkoušce je motor vybaven čerpadlem chladicí kapaliny, filtrem vzduchu, zdrojem elektrického proudu, ventilátorem a výfukovým potrubím s tlumičem. Motor, který je zbaven příslušenství, se používá pro měření výkonu podle normy SAE J1995. Pro měření podle normy ISO se také používá motor zbaven příslušenství. [1]

Mezi zkoušky prováděné na vývodovém hřídeli patří metoda OECD Code 1 a 2, výhodou těchto metod je velice rychlé zjištění parametrů bez jakékoli demontáže. Jednotlivé normy pro měření výkonu motoru se od sebe liší v předepsané teplotě a tlaku vzduchu, typu a teplotě předepsaného paliva, viz tab. 2. Rozdíly v naměřených výkonech traktorového motoru mezi vybranými normami jsou uvedeny v grafu na obr. 1. [1]



Obrázek 4 - Porovnání výkonů motoru měřených podle různých norem [1]

Tab. 2 Porovnání měření výkonu motoru u vybraných norem [1]

Norma	SAE J1955	ISO TR 14396	SAE J1349	ECE R 24	DIN 70020	EEC 80/1269	OECD
Určení výkonu motoru	úplný	úplný	čistý	čistý	čistý	čistý	čistý
Místo měření výkonu	setrvačník	setrvačník	setrvačník	setrvačník	setrvačník	setrvačník	setrvačník
Turbo	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Mezichladič	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Dopravní čerpadlo	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Vstřikovací čerpadlo	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Čerpadlo chladicí kapaliny	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Čerpadlo oleje	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Chladič oleje	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Chladič	volitelný		ano	ano	ano	ano	ano
Vzduchový filtr (ekvivalent)	restrikce vol.	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Tlumič (ekvivalent)	protitlak vol.	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Alternátor (nenabíjí)		ano	ano	ano	ano	ano	ano
Ventilátor	-	-	ano	ano/max. prokluz, plně vypnut	ano/min. prokluz, plně sepnut	ano/min. prokluz, plně sepnut	ano
Čerpadla hydrauliky přímo na motoru	-	-	-	-	-	-	ano
Klimatizace (kompresor)	-	-	-	-	-	-	ano
Spojky, převody	-	-	-	-	-	-	ano
Atmosférický tlak vstupujícího suchého vzduchu	0,99 baru	0,99 baru	0,99 baru	0,99 baru	1,027 baru	0,99 baru	Ne méně než 0,996 baru
Teplota vstupujícího vzduchu	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	20 °C	25 °C	mezi 16 až 30 °C
Typ paliva	40 CFR 86	CEC RF 75 t 96	40 CFR 86	CEC RF 03 A 84	doporučeno výrobcem	CEC RF 03 A 84	doporučeno výrobcem

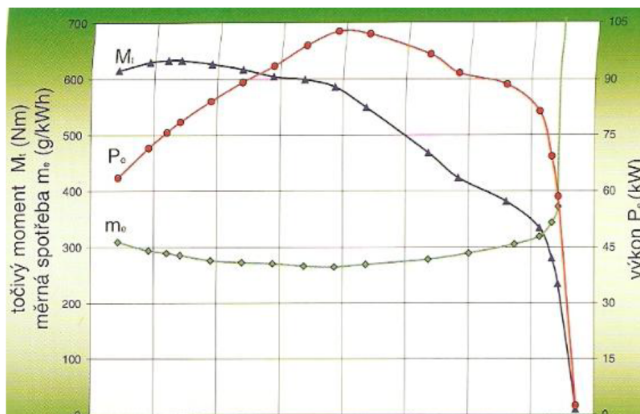
4.1.6 Charakteristika motorů

Pro přesné posuzování vlastností spalovacích motorů je důležitá znalost jejich charakteristik. Jedná se především o grafické znázornění základních parametrů jako je výkon, hodinová spotřeba paliva, točivý moment, měrná spotřeba paliva, otáčky motoru a dalších. Dělíme je podle nezávisle proměnné veličiny:

- 1) otáčkové – ukazují závislost výkonu, popř. dalších parametrů na otáčkách motoru
- 2) zatěžovací – ukazují závislost měrné spotřeby, popř. dalších parametrů na veličině charakterizující zatížení motoru, výkon, střední efektivní tlak nebo točivý moment
- 3) regulační (seřizovací) – znázorňují závislost provozních veličin, např. točivý moment, na některé provozní nebo konstrukční veličině, např. úhel předstihu
- 4) úplné (celkové) – diagramy, znázorňující soustavou křivek, kde jedna vynesená veličina závisí na dvou jiných vynesených veličinách
- 5) zvláštní – ukazují vlastnosti motoru z jiných hledisek [1]

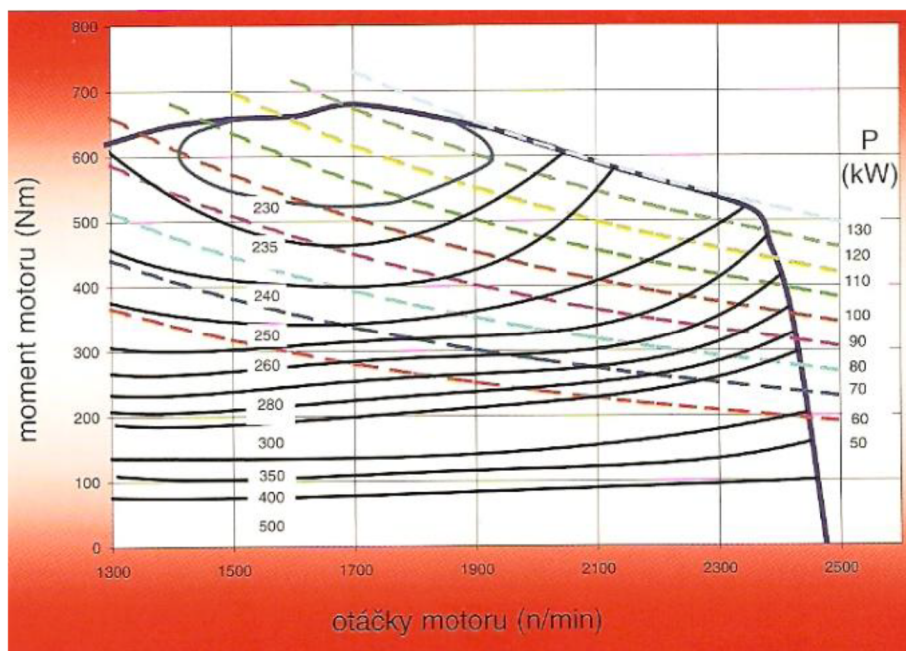
V praxi se se nejvíce využívají dvě, a to jmenovitá otáčková charakteristika a úplná charakteristika, ty jsou pro praktické využití nejdůležitější. [1] [2]

„Jmenovitá otáčková charakteristika vznětového motoru je dle normy ČSN 09 0851 definována jako charakteristika, která přísluší takovému nastavení dodávky paliva, při němž se při jmenovitých otáčkách dosahuje trvale přetžitelného výkonu jakožto výkonu jmenovitého.“ V této charakteristice se zobrazuje závislost točivého momentu, výkonu měrné spotřeby, popř. dalších důležitých veličin motoru na otáčkách motoru při dodávce paliva, která odpovídá jmenovité dodávce. [1]



Obrázek 5 - Jmenovitá otáčková charakteristika traktorového motoru [1]

„Úplná otáčková charakteristika je diagram znázorňující soustavu křivek závislost sledované provozní veličiny na dvou veličinách základních, vynesných na osách souřadnic. Každé křivce diagramu přísluší určitá stálá hodnota sledované veličiny jako parametr.“ Do úplné charakteristiky jsou stálé hodnoty sledovaných parametrů motoru, např. měrná spotřeba, stejný výkon, vynášeny jako izočáry. Úplná (celková nebo univerzální) otáčková charakteristika slouží pro posouzení ekonomiky práce spalovacího motoru. [1]



Obrázek 6 - Úplná charakteristika motoru [1]

4.2 Převodové ústrojí

V posledních letech prodělala ústrojí pro přenos výkonu motoru velký rozvoj, jejíž výsledkem je lepší přizpůsobivost k požadavkům praxe. Velký vliv této součásti na provozní a pracovní parametry traktorových souprav si výrobci začali uvědomovat především v 90. letech 20. století a díky tomu si nejenom spojka prošla velkou řadou změn. [1]

Převodová ústrojí spojují spalovací motor s koly hnacích náprav a vývodovým hřídelem traktoru. Jedná se hlavně o spojovací a kloubové hřídele, diferenciály, rozvodovky, spojky umožňující krátkodobé přerušování točivého momentu, a koncové převody. Další důležitá část je převodovka, která umožňuje traktoru přenos točivého momentu, jeho

přerušení, smyslu otáčení nebo jeho zastavení. Spalovací motor společně s převodovým ústrojím tvoří hnací ústrojí. [1]

Převodová ústrojí lze rozdělit podle způsobu přenosu točivého momentu:

- převodovky (pro změnu smyslu otáčení a velikosti točivého momentu)
- spojky (pro krátkodobé přerušování točivého momentu)
- kloubové a spojovací hřídele (pro stálé spojení)
- rozvodovka, diferenciál (rozdělení hnacího momentu na pravé a levé kolo)
- koncové převody (pro zvýšení převodového poměru na hnacím kole) [1]

Převodová ústrojí jsou uloženy v rámu podvozkové skupiny traktoru nebo jsou vzájemně spojována do společných celků a řešena jako samonosná konstrukce. V současné době se aplikuje řídicí elektronika na převodová ústrojí, to umožňuje společné řízení převodového ústrojí a spalovacího motoru, a vytváří tak podmínky směřující ke zlepšení ekonomických a výkonnostních parametrů traktorových souprav. Ovládání probíhá nejčastěji elektrohydraulicky pomocí proporcionálních ventilů (lze i mechanicky táhly a lanovody). [1]

Ergonomické požadavky spotřebitelů, mít ovladač na dosah ruky, nutí výrobce ke slučování ovladačů na jedno nebo dvě místa. Díky zavedení elektrohydraulického ovládání došlo i ke snížení fyzické námahy. U mnoha traktorů se dnes používají automatické řadící systémy, které umožňují např. měnit pojezdový poměr v závislosti na zatížení podle požadavků obsluhy nebo výrobcem přednastavených řadících diagramů. Každý výrobce přihází s vlastním řešením převodového ústrojí, a tudíž ho nelze popsat jediným schématem. Určité shody lze pozorovat mezi traktory stejné výkonové třídy. [1] [2]

4.2.1 Převodovky

Jeden z nejrychleji vyvíjejících se technických směrů je vývoj převodovek. Především díky aplikaci elektronických systémů, které umožňují automatické řízení změny převodového stupně, se hodně usnadnila práce oproti manuálně ovládané převodovce. [1]

V poslední době se u traktorů vyšších výkonových řad používá plynulá převodovka – automatická, která kombinuje spojení hydraulického a mechanického přenosu točivého

momentu. Moderní převodovky komunikují s ostatními částmi traktoru pomocí digitální sběrnice CAN-Bus. U moderních konstrukcí traktoru je ovládání převodovek převážně elektrohydraulické pomocí proporcionálních prvků. Při výrobě je snaha vyhovět ergonomickým požadavkům spotřebitelů. [2]

4.2.2 Spojky

Do převodového ústrojí se pojezdové spojky dostali v okamžiku, kdy bylo nutné krátkodobě přerušit točivý moment mezi převodovkou a motorem. S modernizací převodovek začali plnit i další funkce:

- tlumení torzních kmitů od motoru
- ochranu motoru
- řazení převodových stupňů [1]

Pojezdové spojky fungují na principu rychlého přerušení a opětovného spojení hnací a hnané části. Aby došlo k vyrovnání rozdílných otáček na hnacím a hnaném hřídeli, dochází při jejich spojování k prokluzování. Tento princip zajišťuje plynulé rozjíždění a řazení jednotlivých převodových stupňů bez přenesení rázů. Spojky se dělí na lamelové, hydrodynamické (hydraulické) a kotoučové. [1]

Kotoučová spojka bývá nejčastěji umístěna v těle setrvačnicku, který je spojen s klikovým hřídelem motoru. Pro spouštění motoru je zde ozubený věnec. Mezi hnací a hnanou částí vzniká teplo, které odvádí setrvačnick, ten slouží i jako jedna z třecích ploch. Aby se snížil přenos vibrací, je spojka často opatřena odpruženými vinutými pružinami. [1]

Lamelová spojka je tvořena několika lamelami, které jsou řazený za sebou, postupně hnací a hnaná část spojené prostřednictvím ozubení. Ke spojení částí dochází pomocí tlaku oleje v pístu, který přitlačuje lamely na opěrnou plochu. Zpětný pohyb nám zaručuje vratná pružina. Tato spojka nám dovoluje přenášet velký točivý moment v omezeném prostoru. Lamelová spojka může být řadicí nebo reverzační. [1]

Hydrodynamická (hydraulická) spojka je tvořena čerpadlovým a turbínovým lopatkovým kolem, prostor mezi nimi je vyplněn kapalinou (olejem). Pomocí odstředivé síly je kapalina od čerpadlového kola usměřována do kola turbínového, které je díky tomu

uváděno do pohybu nebo udržováno v pohybu, poté se kapalina vrací zpět do čerpadlového kola. [1]

4.2.3 Rozvodovka

Rozvodovka se skládá z diferenciálu a stálého převodu. Má za úkol rozvod točivého momentu z podélného na příčnou osu, zvětšit točivý moment na hnacích kolech, snížit zatížení předcházejících převodových ústrojí a snížit otáčky hnacích hřídelů kol. Nejčastěji se u traktorů využívá převod s jedním párem kuželových převodových kol. [1]

4.2.4 Diferenciál

Diferenciál je další převodové ústrojí, nemění však převodový poměr, ale umožňuje rozdílné otáčky na hnacích kolech nápravy. Diferenciál je zkrácený název pro diferenciální planetové soukolí se dvěma stupni volnosti. Podle provedení můžeme diferenciály rozdělit na kuželové, šnekové, čelní a kolíčkové. Podle svornosti na samosvorné a nesamosvorné. [1]

4.2.5 Koncové převody

Z diferenciálu vystupuje určitý točivý moment, který je před hnacími koly zvyšován pomocí koncových převodů. Koncové převody tvoří převodové ústrojí se stálým převodovým poměrem. Koncové převody se podle konstrukce dělí na čelní a planetové. [2]

4.2.6 Vývodová hřídel

Vývodová hřídel slouží k pohonu strojů, připojených za traktorem, vyžadujících mechanismus točivého momentu. Točivý moment od spalovacího motoru jde nejčastěji přímo k vývodovému hřídeli přes jeden nebo dva páry ozubených kol, díky tomu se zmenší mechanické ztráty. Vývodová hřídel je standardní vybavení traktoru, podle přání spotřebitele může mít traktor i přední vývodovou hřídel. Pro zapínání vývodového hřídele slouží lamelové spojky, dále se převodové ústrojí vývodové hřídele skládá z redukčních soukolí. Ovládání vývodového hřídele je většinou elektrohydraulické, přes páku nebo tlačítko v kabině. Může mít tři polohy: zapnuto, vypnuto nebo doběhová brzda. [2]

4.3 Podvozky

Všechny mechanismy sloužící k jízdě a řízení traktoru jsou součástí podvozku, který je nejenom nosnou částí traktoru, ale musí například umožňovat rozchod kol, dobrou stabilitu a říditelnost a v neposlední řadě i nést pracovní nářadí a stroje. [2]

U většiny traktorů nižších výkonových řad jsou podvozky bezrámové, u kterých jsou jednotlivé části od motoru až po koncové převody sešroubovány v jeden celek. V takto složeném celku mají jednotlivé části velkou hmotnost, což je jednou z nevýhod této konstrukce. Další nevýhodou je často nevyhovující rozložení hmotnosti. [2]

Dále se využívá konstrukce polorámová. Na té jsou nesené některé součásti a ty v tom případě nemusí být tak robustní, nejčastěji je to motor a převodovka. V dnešní době se u traktorů využívá rámová konstrukce z důvodu mnoha výhod např. rozložení hmotnosti, připojení čelního nakladače nebo možnost zvýšené zátěže. [2]

4.3.1 Brzdové ústrojí

Pro zajištění bezpečného provozu traktoru při pohybu na silnicích nebo při práci na poli je povinnou výbavou brzdové ústrojí. To zajišťuje především snížení rychlosti jízdy traktoru nebo jeho úplné zastavení. V dnešní době jsou traktory vybaveny brzdami jak na přední tak zadní nápravě. Brzdové ústrojí se také používá k zatáčení traktoru, a to díky oddělenému ovládání pravého a levého kola, čímž dosahujeme minimálního poloměru otáčení. [1]

Nejčastěji se u traktorů používají brzdy třecí, dvouokruhové, kotoučové, hydraulické. Pro snadnější obsluhu jsou brzdy vybaveny hydraulickým posilovačem. Traktor také zajišťuje brždění připojených přívěsů a návěsů, nejčastěji pomocí pneumatickými nebo hydraulickými brzdami. [1]

4.4 Kabiny

Celý stroj je ovládaný z kabiny, proto výrobci dbají na co nejlepší ergonomické umístění vybavení pro co nejjednodušší ovládání spotřebiteli. Velká prosklená plocha je v dnešní době samozřejmostí, stejně jako umístění ovládacích prvků, nebo ocelový rám, který chrání řidiče při překlopení nebo nárazu. Dále se může v kabině nacházet vzduchem odpružená sedačka s aktivním povrchem, výkonná klimatizace apod. V moderních traktorech se také zlepšila hladina hluku, která se pohybuje okolo 80 dB. Celá kabina je také odpružená, pro ještě větší pohodlí obsluhy. [1] [2]

V zadní části je kabina uložena na hydraulických jednotkách nebo na vinutých pružinách s tlumiči, v přední části se většinou používají pryžové silentbloky. Většina ovládacích prvků je uložena na loketní opěrce sedadla, dále se tam může nacházet grafické zobrazení činnosti na LCD terminálu. K plnohodnotnému využití traktoru začali výrobci nabízet otočné řízení. V jednodušším případě se otáčí pouze sedadlo k menšímu přídatnému volantu. V tom složitějším lze otočit sedadlo i s přídatnými prvky pro opětovné dosažení komfortu obsluhy. Nejmodernější traktory nabízí možnost otočení celé kabiny. [1]

4.5 Elektrohydraulické systémy (EHS)

Elektrohydraulické systémy (dále EHS) zlepšují výkonnost, přesnost a automatizaci traktorů. EHS jsou využívány u traktorů středních a vyšších výkonových tříd. Tyto systémy v dnešní době využívají především tříbodový závěs a vnější okruhy hydrauliky (stroje připojené k traktorům). První traktor s hydraulicky ovládaným tříbodovým závěsem představila firma Massey Ferguson v roce 1920. O 30 let déle představila tříbodový hydraulický závěs se smíšenou regulací polohy a síly. To jsou dodnes základní regulační polohy. Polohová zajišťuje konstantní polohu připojeného stroje, silová zajišťuje jeho konstantní sílu a smíšená zajišťuje kombinaci silové a polohové regulace. Vhodným nastavením těchto systému dosahujeme lepší kvality práce, výkonnosti a menší spotřeby nafty. [1]

První představení elektrohydraulického systému provedla firma Bosch v roce 1979, od té doby však prošel značným zdokonalením. Elektrohydraulické regulační systémy umožňují nastavit regulační systémy jako polohovou, silovou a smíšenou. Navíc umí nastavit regulaci na mezní prokluz (dojde-li k překročení nastaveného prokluzu, nářadí se přizvedne) a tlakovou regulaci (zajišťuje trvalé nadlehčování nářadí konstantní silou). Je-li tříbodový závěs v neutrální (volné) poloze, je v celém rozsahu volný a opěrná kola připojeného stroje mohou kopírovat terén. [1]

Pro ovládání přímočarých motorů nebo k pohonu hydraulických motorů jsou určeny vnější okruhy hydrauliky. Traktory jsou zpravidla vybaveny třemi samostatnými okruhy hydrauliky většinou umístěných v zadní části traktoru. K připojení v přední části mohou být rychlospojky umístěny i zde. Každý okruh zakončený rychlospojkou je označen jinou barvou a je ovládán pákou se stejnou barvou pro lepší orientaci. Šoupátko rozvaděče hydrauliky má čtyři základní polohy: N – neutrální, dvě polohy s vyznačeným smyslem průtoku a tzv. polohu plovoucí, která umožňuje volný průtok oleje. [1]

5. Charakteristika porovnávaných traktorů

V této části se zaměříme na vybrané traktory nacházející se ve výkonové třídě do 200 kW. Popíšeme si jednotlivé parametry, které v další části porovnáme. Vybral jsem takové traktory, které jsou si podobné svým výkonem

5.1 Valtra T234 Active

Společnost Valtra byla založena v roce 1951. Základním kamenem výroby traktorů Valtra je to, že sami zákazníci si mohou navrhnout traktor, jaký potřebují a jaký jim vyhovuje. Společnost vznikla spojením dvou firem, finským Valmet a švédskou firmou Volvo BM. První traktor Valmet 15 měl označení podle koňských sil a měl sloužit hlavně na farmách a lesích ve Finsku. V roce 1955 přišel na trh traktor Valmet 20. Tato finská firma vyrábí více než 23 000 traktorů ročně a prodává je ve více než 75 zemích. Například od roku 1960 působí v Brazílii kde je nejvýznamnějším prodejcem. [3]



Obrázek 7 - Valtra T234 Active [15]

Traktory v sérii T se vyznačují vysokou spolehlivostí a kvalitní konstrukcí. Hlavní součásti traktorů – převodovka, kabina a podvozek, jsou vyráběny a vyvíjeny přímo společností Valtra. Motory AGCO Power jsou se značkou Valtra spjaty již od počátku. Ovládací panely jsou v této sérii umístěny více ergonomicky, takže se zvětšilo pohodlí při obsluze. Dále zaměřili pozornost místům každodenní údržby např. kontrola oleje a čištění filtrů zabírají méně času. [4]

5.1.1 Motor

V sérii T máme možnost zvolit si motor o objemu 6,6 l nebo 7,4 l s výkonem od 114 do 183,9 kW a točivým moment až 1000 Nm. Výrobce uvádí servisní čas na 600 hodin. Zvolený model T234 má jmenovitý výkon 173 kW je vybaven katalyzátory DOC a SCR, které čistí výfukové plyny bez nutnosti používat filtry pevných částic. Nové turbodmychadlo se vstřikovacím tlakem 2000 bar velice dobře reaguje na přidání plynu v celém rozsahu otáček, a zároveň je velmi úsporný. Při 1500 ot./min. dosahuje maximálního točivého momentu. Díky upravenému sání vzduchu, optimalizovanému odvodu tepla, ventilátoru s viskózní spojkou, novému chladicímu systému se dosáhlo snížené spotřeby paliva. [4]

5.1.2 Hydraulika

Řada Active obsahuje vysoce výkonnou hydrauliku se systémem Load Sensing. Dosahuje výkon čerpadla až 160 l/min. Průtok oleje vnějšími hydraulickými okruhy je 80 l/min. Může mít až 4 zadní mechanicky ovládané vnější okruhy a až 2 zadní On/Off okruhy. [4]

5.1.3 Převodovka

Model Active je vybaven převodovkou Powershift, která nabízí 30 převodových stupňů pro jízdu vpřed i vzad. Ovládání převodovky je automatizováno, řazení se provádí pomocí joysticku v automatickém nebo manuálním režimu. V automatickém režimu máte ovládání pod kontrolou i bez sešlápnutí spojkového pedálu. Převodovka řady Active je vybavena funkcí Hill-hold, která pomáhá s rozjezdem v kopci pouze se sešlápnutým pojezdovým pedálem. Je vybaven hydraulickým systémem Load Sensing s mechanicky ovládanými hydraulickými okruhy, hydraulickým asistentem a oddělenými náplněmi hydraulického a převodového oleje. [4]

Tab. 3 Parametry traktoru Valtra T234 Active [4] [22]

Valtra T234 Active	
Zdvihový objem [cm ³]	7400
Jmenovité otáčky [ot./min]	2100
Jmenovitý výkon [kW]	173
Maximální výkon [kW]	184
Maximální točivý moment při 1500 ot./min. [Nm]	930
Maximální konstrukční rychlost [km/h]	43
Objem palivové nádrže [l]	380
Hlučnost [dB]	70
Poloměr otáčení [m]	5,25
Maximální průtok hydraulického čerpadla [l/min]	160
Maximální počet vnějších hydraulických okruhů	2
Maximální zdvihací síla v zadním třibodovém závěsu [kN]	95
Maximální zdvihací síla v předním třibodovém závěsu [kN]	51
Délka x šířka x výška [mm]	5800 x 2550 x 3130
Světlá výška [mm]	600
Pohotovostní hmotnost [kg]	7300
Cena porovnávaného traktoru bez DPH [Kč]	4 240 766

5.2 John Deere 7250R

Psal se rok 1837, když teprve 33 letý americký kovář, jménem John Deere, sestrojil první ocelový pluh na světě, zajímavostí bylo, že již tehdy byl samočistící a využíval se dobře v lepkavých půdách. Do roku 1942 vyrobil dohromady 200 pluhů. V roce 1943 uzavřel John Deere velice důležité partnerství s Leonardem Andrussem při výrobě a obchodě pluhů. V roce 1858 nastupuje do vedení syn Johna Charles Deere, který firmu řídil příštích 49 let. První pluh, kde řidič nejde za koňmi, ale obsluhuje se ze sedačky, byl vyroben v roce 1875, byl to nejúspěšnější výrobek firmy v 19. století. [5]

V roce 1914, v té době už firma pod názvem Deere & Company, zahajuje výrobu traktorů pod názvem Waterloo Boy, který se ihned stal hlavním produktem společnosti. První traktor s diesellovým motorem vyrobený firmou přišel na trh v roce 1949. Po různých problémech a stávkách se firma v roce 2013 umístila v TOP 100 nejhodnotnějších značek, jako jediná ze zemědělství. [5]



Obrázek 8 - John Deere 7250R [16]

5.2.1 Motor

V modelové řadě 7R se objevují motory o objemu 6,8 a 9,0 l se sériovými turbodmychadly zaručují vyšší točivý moment, lepší reakci a zároveň splňují emisní normy stupně IV. Dále díky snížené spotřebě paliva při jmenovitých otáčkách je úspornější, zejména pak při částečném zatížení. Traktory řady 7R využívají novou chladicí soustavu Visitronic Fan, která zvyšuje provozní účinnost. Automaticky upravuje otáčky jejího ventilátoru tak, aby zachovala optimální provozní teplotu. Rozdíl je v tom, že vzduch je přes sestavu chladičů tlačěn, namísto tažen. Motory John Deere 7R využívají nejnovější vysokotlaké vstřikování CommonRail, který umožňuje neustálé sledování všech důležitých parametrů (tlak, dobu stříku atd.). [6] [7]

5.2.2 Hydraulika

Modelová řada 7R využívá hydraulický systém Load Sensing s kompenzací tlaku a průtoku. Mezi výhody patří kratší hydraulické vedení a méně spojů. Výsledkem toho je vyšší spolehlivost a výkon. V námi vybraném typu 7250R si můžeme vybrat mezi hydraulickým čerpadlem o výkonu 174 l/min. nebo 227 l/min. Počet vnějších hydraulických okruhů v řadě 7R je standardně v počtu 3, ovšem lze navýšit až na 6. Dále jde na traktor pro větší univerzálnost umístit až 3 hydraulické okruhy vpředu. Hydraulickou soustavu celého traktoru lze monitorovat na ergonomicky umístěném širokoúhlém displeji CommandCenter. [6] [7]

5.2.3 Převodovka

V modelové řadě 7R je na výběr velké množství převodovek, ovšem do našeho typu 7250R se používají převodovky AutoPowr a Převodovka e23. Převodovka AutoPowr je zcela nové konstrukce s cílem zaručit maximální produktivitu a účinnosti pro každou aplikaci, umožňuje hladkou změnu z nulové na maximální rychlost bez použití spojky. [6] [7]

Tab. 4 Parametry traktoru John Deere 7250R [7] [22]

John Deere 7250R	
Zdvihový objem [cm ³]	6800
Jmenovité otáčky [ot./min]	2100
Jmenovitý výkon [kW]	183,9
Maximální výkon [kW]	197
Maximální točivý moment při 1500 ot./min. [Nm]	1171
Maximální konstrukční rychlost [km/h]	50
Objem palivové nádrže [l]	503
Hlučnost [dB]	68
Poloměr otáčení [m]	6,7
Maximální průtok hydraulického čerpadla [l/min]	223,3
Maximální počet vnějších hydraulických okruhů	6
Maximální zdvihací síla v zadním třibodovém závěsu [kN]	73
Maximální zdvihací síla v předním třibodovém závěsu [kN]	52
Délka x šířka x výška [mm]	5905 x 2550 x 3357
Světlá výška [mm]	420
Pohotovostní hmotnost [kg]	7300
Cena porovnávaného traktoru bez DPH [Kč]	5 502 000

5.3 Claas Axion 830 Cmatic

Nové traktory řady Axion 800 slučují úspěšné řady ARION 600 / 500 a AXION 900 a splňuje tak veškeré požadavky pro zákazníka. Firma Claas byla založena v Německu v roce 1913 Augustem Claasem. V roce 1921 získali první patent na uzlovací aparát k vázání slámy. O 9 let později začali vyvíjet první sklízecí mlátičku speciálně pro evropské podmínky. První sklízecí mlátičku uvedli na trh v roce 1936. V roce 1953 zkonstruovali první samochodnou sklízecí mlátičku. Nový závod v obci Bellen vznikl v roce 1992 a začala se zde používat nová výrobní technika. V roce 1995 uvedli na trh nejvýkonnější kombajn na světě řady Lexion. [8]

5.3.1 Motor

Traktory řady Axion 800 využívají motory pod názvem Class Power Systems (CPS), který kombinuje nejlepší komponenty do jednoho hnacího systému. Pod kapotou motoru pracuje šestiválcový motor Fiat Power Train NEF-6 se zdvihovým objemem 6,7l.

Splňuje emisní normy Stage IV (Tier 4). Je vybaven nejmodernější technologií vstřikování Common-Rail, turbodmychadlem s variabilní geometrií nastavení lopatek a chladičem plnicího vzduchu. Turbodmychadlo VGT dává motoru schopnost dodat 70% maximálního krouticího momentu při volnoběžných otáčkách. Námí zvolený traktor Axion 830 Cmatic dosahuje jmenovitého výkonu 168 kW. [10]



Obrázek 9 - Claas Axion 830 Cmatic [17]

5.3.2 Hydraulika

Pro všechny modely Axion 800 je použita hydraulika Load-Sensing s výkonem 110 nebo 150 l/min. Claas nabízí dvě možnosti vybavení – CIS a CEBIS. CIS poskytuje čtyři mechanické rozvaděče na pravé konzoli a electropilot, který má dva elektronicky ovládané rozvaděče na loketní opěrce. CEBIS může ovládat na loketní opěrce až sedm elektronicky ovládaných rozvaděčů, z toho dva mohou být ovládané pákou electropilot. Pro odpojování a připojování i pod tlakem všech pěti hydraulických rychlospojek v zadní části traktoru, je modelová řada 800 opatřena odlehčovacími spojkami. Pro čelní zapojení hydrauliky jsou k dostání až čtyři čelní přípojky. [10]

5.3.3 Převodovka

CMATIC představuje plynulou techniku převodovky, ale u výrobní řady 800 ji nahradila převodovka ZF Terramatic. Je to bezstupňová převodovka s větvením výkonu, která využívá čtyři mechanické rozsahy řazené automaticky. Změna rychlostí manuálně zde není potřeba. Dosahuje průměrně 90% mechanického přenosu sil při přepravní práci po silnici. Při jezdové rychlosti 50 km/h dosahuje 1600 ot./min. Převodovka Cmatic nabízí tři způsoby obsluhy – jezdový pedál, Cmotion a manuální režim. U prvních dvou se převodový poměr a otáčky motoru nastavují automaticky. U manuálního režimu si převodový poměr a otáčky reguluje řidič sám. [10]

Tab. 5 Parametry traktoru Claas Axion 830 Cmatic [10] [11] [22]

Claas Axion 830 Cmatic	
Zdvihový objem [cm ³]	6728
Jmenovité otáčky [ot./min]	2150
Jmenovitý výkon [kW]	168
Maximální výkon [kW]	173
Maximální točivý moment při 1500 ot./min. [Nm]	1016
Maximální konstrukční rychlost [km/h]	50
Objem palivové nádrže [l]	455
Hlučnost [dB]	74
Poloměr otáčení [m]	5,19
Maximální průtok hydraulického čerpadla [l/min]	150
Maximální počet vnějších hydraulických okruhů	5
Maximální zdvihací síla v zadním třibodovém závěsu [kN]	96
Maximální zdvihací síla v předním třibodovém závěsu [kN]	58
Délka x šířka x výška [mm]	5201 x 2500 x 3260
Světlá výška [mm]	530
Pohotovostní hmotnost [kg]	8912
Cena porovnávaného traktoru bez DPH [Kč]	5 400 000

5.4 Massey Ferguson 7724

Počátky firmy Massey Ferguson sahají do roku 1847, kdy Daniel Massey otevřel dílnu pro zemědělské zařízení v kanadském Ontariu. V roce 1891 se spojil s Alanson Harrisem, který měl v Ontariu slévárnu pro zemědělské stroje. První prototyp „Černý Ferguson“ přišel na trh v roce 1933 a jako první disponoval zadním třibodovým závěsem pro připojení pracovního nářadí. 1938 to byl rok, kdy se spustil vývoj celosvětově prvního sériově vyráběného samojízdného kombajnu s označením MH č. 20. [19]

Od roku 1946 do roku 1956 se ve Velké Británii vyrobilo 520 000 traktorů Ferguson TE 20. V roce 1957 bylo poprvé zveřejněno trojúhelníkové logo společnosti. Přejmenování na dnešní název Massey Ferguson proběhlo v roce 1958. V roce 1972 uvedla firma na trh největší kombajn v Severní Americe s označením MF 760. První „inteligentní“ traktor s názvem MF 3000 předvedla firma v roce 1986. V roce 1994 byl Massey Ferguson převzat společností AGCO Corporation. V roce 2013 měl nejkomplexnější produktový program v historii. [19]



Obrázek 10 - Massey Ferguson 7724 [18]

5.4.1 Motor

Celá modelová řada MF 7700 používá renomovaný motor AGCO Power s technologií SCR, který je navíc dodáván se systémem EPM pro zvýšení požadovaného výkonu. Šestiválcové motory s objemem 6,6 a 7,4 l dosahují výkonu od 104 kW do 190 kW s EPM dosahuje až 206 kW. K dosažení vyšších výkonů a optimální reakce motoru při všech otáčkách je zde turbodmychadlo s elektronicky řízenou odpouštěcí klapkou. Dále je motor vybaven systémem automatické regulace nízkých otáček volnoběhu, který snižuje otáčky nezatíženého motoru a šetří tak palivo a snižuje hladinu hluku v kabině. [12]

5.4.2 Hydraulika

Traktory řady MF 7700 jsou dodávány s hydraulickou soustavou s uzavřeným okruhem a snímáním zatížení. Mají vysoké průtočné množství, 110, 150 nebo 190 l/min díky kterému je dosahováno rychlejších reakcí hydraulických funkcí. Kromě systému snímání zatížení se používá hydrogenerátor s výkyvnou deskou s proměnným geometrickým objemem. Digitální systém ELC představuje nejvyšší standard silové regulace, který zaručuje přesnější nastavení pracovní hloubky a dokonalejší kopírování terénu. [12]

5.4.3 Převodovka

Traktory řady MF 7700 využívají převodovky typu Dyna. Nejoblíbenější převodovkou je Dyna-VT s plynulým proměnným převodovým poměrem, která nabízí komfort řidiči, maximální produktivitu a efektivitu. Dalšími typy jsou Dyna-4 a Dyna-6, které nabízí řazení šesti, respektive čtyř rychlostních stupňů pod zatížením. Mezi výhody převodovek typu Dyna patří např. ovládání bez použití spojkového pedálu, funkce autodrive, přeřazení na neutrál při stlačení brzdového pedálu nebo progresivní nastavení převodových stupňů Dynashift. [12]

Tab. 6 Parametry traktoru Massey Ferguson 7724 [12] [22]

Massey Ferguson 7724	
Zdvihový objem [cm ³]	7400
Jmenovité otáčky [ot./min]	2100
Jmenovitý výkon [kW]	175
Maximální výkon [kW]	191
Maximální točivý moment při 1500 ot./min. [Nm]	1030
Maximální konstrukční rychlost [km/h]	50
Objem palivové nádrže [l]	432
Hlučnost [dB]	61
Poloměr otáčení [m]	5,7
Maximální průtok hydraulického čerpadla [l/min]	-
Maximální počet vnějších hydraulických okruhů	7
Maximální zdvihací síla v zadním třibodovém závěsu [kN]	97,5
Maximální zdvihací síla v předním třibodovém závěsu [kN]	39,2
Délka x šířka x výška [mm]	5868 x 2550 x 3179
Světlá výška [mm]	529
Pohotovostní hmotnost [kg]	7 800
Cena porovnávaného traktoru bez DPH [Kč]	6 049 060

6. Porovnání jednotlivých parametrů

Pro porovnání vybraných traktorů byla zvolena metoda vícekritériální analýza variant, která umožní porovnat jednu nebo více variant a tu doporučit. Výhodou této varianty je skutečnost, že analytik nebývá zainteresován na konečném výsledku. Prvním krokem této analýzy bývá stanovení vah pro jednotlivé kritéria. Mezi nejpodstatnější kritéria, které jsem zvolil, patří maximální točivý moment [Nm], maximální rychlost [km/h], objem palivové nádrže [l], maximální zdvihací síla v zadním třibodovém závěsu [kN], cena bez DPH [Kč], pohotovostní hmotnost [kg], poloměr otáčení [m] a maximální výkon [kW].

6.1 Zvolená kritéria a jejich označení

Tab. 7 Vybraná kritéria a označení

Kritérium	Označení	Povaha
Maximální točivý moment [Nm]	K ₁	MAX
Maximální rychlost [km/h]	K ₂	MAX
Objem palivové nádrže [l]	K ₃	MAX
Max. zdvihací síla v zadním třibodovém závěsu [kN]	K ₄	MAX
Cena bez DPH [Kč]	K ₅	MIN
Pohotovostní hmotnost [kg]	K ₆	MIN
Poloměr otáčení [m]	K ₇	MIN
Maximální výkon [kW]	K ₈	MAX

Vybrané kritéria seřazené od nejvyšší priority po nejnižší prioritu:

$$K_5 > K_1 > K_8 > K_4 > K_6 > K_7 > K_2 > K_3$$

6.2 Saatyho metoda

Tato metoda určuje váhy jednotlivých kritérií a hodí se, posuzuje-li pouze jeden expert. Jedná se o metodu kvantitativního párového porovnávání kritérií. Používá se 9-ti bodová stupnice, která porovnává párové kritéria navzájem. K jednotlivým párům kritérií přiřazujeme body podle jejich preferencí. Saatyho matice je čtvercová, proto musí být v druhém směru porovnávaného kritéria udělena převrácená hodnota, než jakou jsme přiřadili kritériu v prvním směru. Stejná kritéria mezi sebou nemají žádné preference, proto se na diagonále matice vyplňuje hodnota jedna. Poté na každém řádku vypočítáme geometrický průměr, poslední hodnotou v Saatyho matici jsou váhy, které dostaneme vydělením každého řádku s celkovou sumou geometrických průměrů. [22]

Rovnice 1 - Geometrický průměr [22]

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}$$

Rovnice 2 - Váhy kritérií [22]

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

Tab. 8 Saatyho matice

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	b _i	Váhy	
K ₁	1	6	7	3	0,5	4	5	2	2,66	0,23	
K ₂	0,17	1	2	0,25	0,14	0,33	0,5	0,2	0,38	0,03	
K ₃	0,14	0,5	1	0,2	0,11	0,25	0,33	0,17	0,26	0,02	
K ₄	0,33	4	5	1	0,25	2	3	0,5	1,22	0,11	
K ₅	2	7	9	4	1	5	6	3	3,82	0,33	
K ₆	0,25	3	4	0,5	0,2	1	2	0,33	0,82	0,07	
K ₇	0,2	2	3	0,33	0,17	0,5	1	0,25	0,55	0,05	
K ₈	0,5	5	6	2	0,33	3	4	1	1,82	0,16	
									Σ	11,52	1,00

6.3 Metoda váženého součtu

Pro metodu váženého součtu jsou za potřebí kardiální informace, kritériální matice Y a vektor vah. Tato metoda lze použít jak pro zjištění nejlepší varianty, tak pro zjištění pořadí od nejlepšího po nejhorší. Do matice kritériálních hodnot, viz. tab. 9, dosazujeme vybraná kritéria a jejich hodnoty z tabulek 3, 4, 5 a 6. [22]

Tab. 9 Matice kritériálních hodnot

	K ₁ [Nm]	K ₂ [km/h]	K ₃ [l]	K ₄ [kN]	K ₅ [Kč]	K ₆ [kg]	K ₇ [m]	K ₈ [kW]
Valtra	930	43	380	95	4 240 766	7300	5,25	184
John Deere	1171	50	503	73	5 502 000	7300	6,7	197
Claas	1016	50	455	96	5 400 000	8912	5,19	173
Massey Ferguson	1030	50	432	97,5	6 049 060	7800	5,7	191
Váhy	0,23	0,03	0,02	0,11	0,33	0,07	0,05	0,16
Povaha	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN	MAX

Pro sestavení lineární funkce užitku je zapotřebí určit nejideálnější variantu H a nejhorší variantu D z každého sloupce kritérií, které následně dosadíme do vzorce a použijeme pro výpočet výsledné matice. [22]

Tab. 10 Hodnoty ideální a bazální varianty

	[Nm]	[km/h]	[l]	[kN]	[Kč]	[kg]	[m]	[kW]
H	1171	50	503	97,5	4 240 766	7300	5,19	197
D	930	43	380	73	6 049 060	8912	6,7	173

Hodnoty z tabulek 9 a 10 dosadíme do vzorce pro výpočet r_{ij} a dosadíme do kritériální matice, viz. tabulka 11, díky které určíme funkci užitku přes vzorec $u(a_i)$. Podle velikosti hodnoty této funkce určíme konečné pořadí. [22]

Rovnice 3 - Prvek kriteriální matice [22]

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j}$$

Rovnice 4 - Funkce užítku [22]

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij}$$

Tab. 11 Kriteriální matice funkce užítku

	K1 [Nm]	K2 [km/h]	K3 [l]	K4 [kN]	K5 [Kč]	K6 [kg]	K7 [m]	K8 [kW]	FU	Pořadí
Valtra	0,00	0,00	0,00	0,90	1,00	1,00	0,96	0,46	0,62	1
John Deere	1,00	1,00	1,00	0,00	0,30	1,00	0,00	1,00	0,61	2
Claas	0,36	1,00	0,61	0,94	0,36	0,00	1,00	0,00	0,40	4
Massey Ferguson	0,41	1,00	0,42	1,00	0,00	0,69	0,66	0,75	0,45	3
Váhy	0,23	0,03	0,02	0,11	0,33	0,07	0,05	0,16		

6.4 Výsledné pořadí porovnávaných traktorů

Konečná tabulka porovnávaných traktorů s výkonem do 200 kW, která vyplývá z tabulky 11, kde jsme vypočítali funkci užítku a podle toho stanovili pořadí.

Tab. 12 Konečné pořadí traktorů

Konečné pořadí	Název
1.	Valtra T234 Active
2.	John Deere 7250 R
3.	Massey Ferguson 7724
4.	Claas Axion 830 Cmatic

7. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo porovnat zvolené traktory výkonové třídy do 200 kW. Vybrané traktory byly tyto John Deere 7250R, Massey Ferguson 7724, Claas Axion 830 Cmatic a Valtra T234 Active. V první části je krátce shrnut historický vývoj traktoru. V další části se zaměřuji na popis jednotlivých konstrukčních prvků traktoru. V následující části jsou blíže charakterizovány vybrané konstrukční prvky jednotlivých strojů. Za každým porovnávaným traktorem jsou pro přehlednost vybrány charakterizující parametry. Na závěr jsem vybral osm parametrů a pomocí vícekritériální analýzy variant, jsem vybrané traktory seřadil podle výsledné hodnoty od nejlepšího po nejhorší.

Nejlepší varianta z vybraných traktorů mi podle tabulky 11. vyšel traktor od výrobce Valtra, konkrétně typ Valtra T234 Active. Ten vyhrál hlavně díky své nízké ceně, která je téměř o 1,3 milionu Kč nižší než cena traktoru John Deere, který se umístil na místě druhém. Traktor se sice umístil třikrát na posledním místě, ovšem dvakrát to jsou kritéria nejméně důležitá pro výběr.

Na druhém místě se umístil traktor John Deere 7250R, i přes to, že ve většině porovnávaných parametrů je nejlepší. Rozhodující a nejdůležitější faktor při výběru traktoru jsem vybral cenu, a ta, jak je zmíněno v odstavci výše, je u traktoru John Deere výrazně vyšší. Tento traktor má ze všech porovnávaných traktorů největší maximální výkon.

Na třetím místě se umístil Massey Ferguson 7724, který byl ve většině porovnávaných parametrech průměrný, avšak jeho nejvyšší cena, více než 6 milionů Kč, způsobila, že se neucházel o příčky nejvyšší. Traktor zvítězil v jediném kritériu, kterým je maximální zvedací síla na zadním třibodovém závěsu.

Na posledním, 4. místě, se umístil traktor Claas Axion 830 Cmatic. Ten vyhrál pouze v jednu z parametrů a to poloměru otáčení, který jsem ovšem považoval za méně důležitý při výběru vhodného traktoru. Úspěšně se umístil na druhém místě v kritériu maximální zvedací síly na zadním třibodovém závěsu. Tento traktor je nejtěžší ze všech, proto se umístil na posledním místě v kritériu hmotnost.

Na závěr bych rád podotkl, že porovnávané parametry traktorů jsem čerpal od prodejců a z prospektů jednotlivých výrobců, tudíž se parametry mohou od skutečnosti lišit. Aby bylo porovnávání co nejpřesnější, musel bych provést měření vybraných traktorů v jedné zkušebně a při stejných podmínkách. Dále by bylo zapotřebí provést porovnání od více expertů na sobě nezávislých.

8. Použitá literatura

- [1] BAUER, František. *Traktory a jejich využití*. 2. vyd. Praha: Profi Press, 2013, 224 s. ISBN 978-80-86726-52-6
- [2] KUMHÁLA, František. *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007, 426 s. ISBN 978-80-213-1701-7.
- [3] Valtra CZ: O společnosti [online]. [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: http://www.valtra.cz/?page_id=5
- [4] Valtra série T. In: *Valtra CZ* [online]. [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: http://www.valtra.cz/download/Valtra_serie_T4.pdf
- [5] *Historie John Deere* [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <http://www.strompraha.cz/o-nas/novinky/historie-john-deere>
- [6] ŘADA 7R. *DISTRIBUTOR JOHN DEERE* [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <http://johndeeredistributor.cz/Zemedelska-technika/Produkty/Traktory/Rada-7R>
- [7] Traktory řady 7R. In: *STROM Praha* [online]. [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: <http://viewer.zmags.com/publication/001c6266#/001c6266/36>
- [8] Historie firmy Claas. *Mechanizace zemědělství* [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <http://mechanizaceweb.cz/historie-firmy-claas/>
- [9] Axion 850-810. *Agrall zemědělská technika* [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <http://www.agrall.cz/produkt/33/axion-850-810>
- [10] AXION 850-810 Prospekt. In: *Agrall zemědělská technika* [online]. [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: <http://www.agrall.cz/upload/1392971694.pdf>
- [11] Dlz agrarmagazin. In: *Claas* [online]. [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: <http://www.claas.de/blueprint/servlet/blob/353320/96907837017fc4f038d99e1fb25c7006/228888-dataRaw.pdf>

- [12] Mf 7700 cz. In: *ServisMF* [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: http://www.servismf.cz/katalog/massey-ferguson.raw?task=callelement&item_id=44&element=9fc8ca68-0d19-4357-8b6f-08fdbb80955c&method=download
- [13] Pracovní oběh čtyřdobého vznětového motoru. In: *F-motory* [online]. [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: <http://f-motory.webzdarma.cz/zazehovemotory.png>
- [14] Turbodmychadlo. In: *Termodynamika* [online]. [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: http://fikus.omaska.cz/~bojkovsm/termodynamika/Obrázky/2_TD_obrazky/2_TD_zakon_clip_image004.jpg
- [15] Valtra T234 Active. In: *AGportal* [online]. [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: <http://www.agportal.cz/cz/novinky/ctvrta-generace-traktoru-valtra-serie-t.html>
- [16] John Deere 7250R. In: *Traktory John Deere řady 7R* [online]. [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: <http://www.strompraha.cz/assets/gallery/76/34.jpg>
- [17] *Claas Axion 830 Cmatic* [online]. [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: <http://uploads.tapatalk-cdn.com/20140224/ube6yme6.jpg>
- [18] Massey Ferguson 7724. In: *MF 7700* [online]. [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: http://int.masseyferguson.com/360images/360_mf7700_3.png
- [19] Austrodiesel: Historie. *Austro Diesel* [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <http://www.austrodiesel.at/cz/firma/dejiny-mf/historie.html>
- [20] Fordson Model F. In: *Ehattons* [online]. [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: https://hattonsimages.blob.core.windows.net/products/J2917_31926_Qty1_1.jpg
- [21] Milníky v historii zavádění traktorů. In: *Muzeum starých strojů* [online]. [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: <http://www.starestroje.cz/historie/zavadeni.traktoru.php>
- [22] Brožová, Helena-Houška Milan-Šubrt Tomáš. *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 2009. ISBN: 978-80-213-1019-3

Seznam zkratek

DIN – Deutsche Industrie Norm	
SAE – Society of Automotive Engineers	
ECE – Economic Commission for Europe	
EHK – Evropská hospodářská komise OSN	
ISO – International Organisation for Standardisation	
OECD – Organisation for Economic Cooperation and Development	

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1 - Fordson model F [20]</i>	3
<i>Obrázek 2 - Pracovní oběh čtyřdobého vznětového motoru [13]</i>	4
<i>Obrázek 3 – Turbodmychadlo [14]</i>	6
<i>Obrázek 4 - Porovnání výkonů motoru měřených podle různých norem [1]</i>	8
<i>Obrázek 5 - Jmenovitá otáčková charakteristika traktorového motoru [1]</i>	10
<i>Obrázek 6 - Úplná charakteristika motoru [1]</i>	11
<i>Obrázek 7 - Valtra T234 Active [15]</i>	18
<i>Obrázek 8 - John Deere 7250R [16]</i>	20
<i>Obrázek 9 - Claas Axion 830 Cmatic [17]</i>	23
<i>Obrázek 10 - Massey Ferguson 7724 [18]</i>	25

Seznam tabulek

<i>Tab. 1 Druhy přeplňování podle tlaku [1]</i>	<i>7</i>
<i>Tab. 2 Porovnání měření výkonu motoru u vybraných norem [1].....</i>	<i>9</i>
<i>Tab. 3 Parametry traktoru Valtra T234 Active [4] [22].....</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 4 Parametry traktoru John Deere 7250R [7] [22]</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 5 Parametry traktoru Claas Axion 830 Cmatic [10] [11] [22].....</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 6 Parametry traktoru Massey Ferguson 7724 [12] [22].....</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 7 Vybraná kritéria a označení</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 8 Saatyho matice</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 9 Matice kritériálních hodnot</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 10 Hodnoty ideální a bazální varianty</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 11 Kritériální matice funkce užítku.....</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 12 Konečné pořadí traktorů.....</i>	<i>31</i>

Seznam vzorců

<i>Rovnice 1 - Geometrický průměr [22]</i>	<i>29</i>
<i>Rovnice 2 - Váhy kritérií [22]</i>	<i>29</i>
<i>Rovnice 3 - Prvek kritériální matice [22]</i>	<i>31</i>
<i>Rovnice 4 - Funkce užítku [22]</i>	<i>31</i>