

THE RESULTS OF METERING OF JOHN DEERE 7920 AUTOPOWR ENGINE PASSED OVER IN LABORATORY OF VEHICLES IN MZLU BRNO

VÝSLEDKY MĚŘENÍ SPALOVACÍHO MOTORU TRAKTORU JOHN DEERE 7920 AUTOPOWR V LABORATOŘÍCH VOZIDEL MZLU BRNO

Šmerda T., Bauer F.

Ústav základů techniky a automobilové dopravy, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: Smerda.T@seznam.cz, Bauer@mendelu.cz

ABSTRACT

There are the results and procedure of metering of chosen engine parameters of tractor John Deere 7920 AutoPowr in the contribution. The metering passed over in laboratory of vehicles in MZLU Brno. Engine power was metering through rear P.T.O . according to methodology OECD. Recorded data were analysed and graphically processed to the form of the engine graph and the complete engine characteristic. The engine characteristic was measured at full of fuel feed. For needs of practice is preferable to dispose of the complete engine characteristic, because parameters of engine in regulator branches by other delivery of fuel are resulting from this characteristic. From the complete engine characteristics of measured engine results that most economic optimal is running in the area of upper-most torque.

Keywords: tractor, engine, engine power, consumption, engine graph, dynamometer

ABSTRAKT

V příspěvku jsou uvedeny výsledky a postup měření vybraných parametrů motoru u traktoru John Deere 7920 AutoPowr. Měření proběhlo v laboratořích vozidel MZLU v Brně. Výkon motoru byl měřen přes zadní vývodový hřídel dle metodiky OECD. Výsledky měření byly vyhodnoceny a graficky zpracovány do podoby jmenovité a úplné charakteristiky. Jmenovitá charakteristika byla naměřená při plné dodávce paliva. Pro potřeby praxe je výhodnější disponovat úplnou charakteristikou, neboť z ní vyplývají parametry motoru v regulátorové větvi při jiné dodávce paliva. Z úplné charakteristiky měřeného motoru vyplývá, že ekonomicky nejvýhodnější je provoz v oblasti nejvyššího točivého momentu.

Klíčová slova: traktor, motor, výkon, spotřeba, charakteristika motoru, dynamometr

ÚVOD

Zemědělská prvovýroba je charakterizována od počátku 90 let rostoucími vstupními náklady, které od roku 1989 (index 100 %) stouply k roku 2003 na 350 %, zatímco ceny výstupů pouze o 150 % [7]. Z toho vyplývá, že pro udržení konkurenceschopnosti je nutné hledat cesty pro snížení nákladů. Z pohledu celého zemědělství je kladen důraz na snižování energetické náročnosti a zvyšování produktivity práce prováděných operací. V rostlinné výrobě jde především o mobilních energetické prostředky, které spotřebují až 75 % z celkové spotřeby paliva [3]. Nasazení traktorů vyšších výkonových tříd v České republice se pohybuje v rozmezí 1 200 až 1 500 hodin, existují zemědělské podniky které vykazují roční nasazení ještě vyšší. Energetická náročnost provozu, bereme-li v úvahu pouze náklady na spotřebovanou naftu, připadající na jeden traktor vyšší výkonové třídy představuje finanční náklady přesahující milion korun. Náklady na nákup pohonných hmot představují v současnosti nejvyšší náklady na provoz mobilní techniky v zemědělství. Pokud dokážeme v podmínkách praxe využít technických možností traktorů, dokážeme snížit náklady na spotřebu nafty až o 20 % [1].

U traktorů se výhradně používají vznětové čtyřdobé spalovací motory, které jsou charakterizovány vysokým převýšením točivého momentu, konstantním průběhem výkonu, navýšením výkonu atd. Z pohledu provozu je ovšem důležité, při jakém provozním zatížení bude motor pracovat s nejnižší spotřebou paliva nebo nejvyšším výkonem. K tomu účelu je nutné disponovat jmenovitou otáčkovou charakteristikou, nejlépe však úplnou charakteristikou. Teprve tehdy lze smysluplně využít potenciálu motoru a technických možností traktoru při udržitelné kvalitě práce.

V letošním roce byla ve spolupráci s firmou AGCO s.r.o Markoberdorf provedena v laboratořích vozidel MZLU Brno rozsáhlá měření vlastností motoru a převodovky traktorů Fendt 920 Vario TMS a John Deere 7920 AutoPowr.

MATERIÁL A METODIKA

Cílem bylo změřit a vyhodnotit vlastnosti spalovacího motoru traktoru John Deere 7920 AutoPowr. Za tímto účelem byla naměřena jmenovitá a úplná charakteristika. Základní parametry motoru jsou uvedeny v tabulce č.1. Měření se uskutečnilo na vozidlové zkušebně MZLU, která disponuje technickým vybavením pro měření charakteristik spalovacích motorů přes zadní vývodový hřídel traktoru podle metodiky OECD. Pro měření točivého momentu a otáček motoru se používá vířivý dynamometer V500 s integrovaným pulzním snímačem otáček. Spotřeba paliva se měřila objemově, průtokoměrem Flowtronic 206 s výměníkem tepla Flowtronic Flowjet-Ventil 4705. Pro přepočítání na hmotnost spotřeby byla naměřena charakteristika závislosti měrné hmotnosti paliva na teplotě.

Tab.1 Vybrané konstrukční parametry měřeného motoru

Výrobce		Deere&Company
Počet válců		6
Vrtání	[mm]	116 mm
Zdvih	[mm]	129 mm
Objem válců	[dm ³]	8,1
Vstřikovací systém		Common Rail
Vysokotlaké čerpadlo		Denso RE 69704
Počet motohodin		17,8

Připojením na digitální sběrnice CAN-Bus byly získávány data z interní sítě traktoru, kterými disponuje řídicí jednotka motoru ECU (Elektronic Control United) při jeho řízení. Jednalo se např. o hodinovou spotřebu paliva, otáčky motoru, zatížení motoru, činnost ventilátoru atd. V sací soustavě byly umístěny snímače s termočlánky NiCr-Ni pro měření teploty vzduchu na vstupu do sání a za výměníkem vzduch/vzduch. Tlak vzduchu za turbodmychadlem se měřil tenzometrickým snímačem tlaku. Všechna měřená data byla snímána s frekvencí 18 Hz a průběžně ukládána na paměťovou jednotku počítače zkušebny.

Každé měření se zahájilo po ustálení teplot a tlaků provozních náplní motoru dle zásad doporučených výrobcem.

Nejprve byla naměřena jmenovitá otáčková charakteristika s navýšením (s Power Boost) a bez navýšení výkonu, při plné dodávce paliva a vypnuté klimatizaci. Obsluha traktoru nastavila ručním akcelerátorem plnou dodávku paliva a zapla pohon zadního vývodového hřídele. Vířivý dynamometr pracoval v otáčkové regulaci, která umožnila odměřit celý rozsah momentové charakteristiky. Velikost zatěžujícího momentu dynamometru je úměrná točivému momentu motoru, převodovému poměru a mechanické účinnosti podle rovnice (1).

$$M_{kd} = M_{km} \cdot i_c \cdot \eta_m \quad [N.m] \quad (1)$$

kde:

M_{kd}		zatěžující točivý moment dynamometru [N.m]
M_{km}		točivý moment motoru [N.m]
i_c		převodový poměr [-]
η_m		mechanická účinnost převodových ústrojí při přenosu točivého momentu na vývodový hřídel [-]

Z této rovnice je automaticky dopočítáván točivý moment motoru. Velikost mechanických ztrát převodových ústrojí se pohybuje mezi 4 až 14 % [5]. Hmotnostní hodinová spotřeba M_{ph} byla dopočítána z objemové spotřeby podle rovnice (2), která zohledňuje vliv teploty paliva na změnu měrné hmotnosti.

$$M_{ph} = V_{ph} \cdot 0,0006 \cdot t^3 - 0,0594 \cdot t^2 + 1,192 \cdot t + 824,46 \quad [\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (2)$$

kde:

$$\begin{array}{ll} V_{ph} & \dots\dots\dots \text{objemová hodinová spotřeba } [\text{l} \cdot \text{h}^{-1}] \\ t & \dots\dots\dots \text{teplota paliva } [^{\circ}\text{C}] \end{array}$$

Z hodinové hmotnostní spotřeby a známého výkonu se vypočte měrná spotřeba motoru ze vztahu:

$$m_p = \frac{M_{ph}}{P} \cdot 10^3 \quad [\text{g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (3)$$

kde: P výkon motoru na vývodovém hřídeli [kW]

Vybrané měřené a vypočítané parametry byly graficky zpracovány do výsledné jmenovité otáčkové charakteristiky.

Pro sestavení úplné charakteristiky bylo naměřeno dalších 12 regulátorových větví s postupným snižováním dávky paliva. Postup měření a použitá měřicí technika byla shodná s měřením jmenovité otáčkové charakteristiky. Pro nakreslení izochar konstantních měrných spotřeb bylo nutné použít dvou regresních funkcí u každé z regulátorových větví. Polynomická interpolace se použila u naměřených dat uspořádaných do funkční závislosti měrné spotřeby na točivém momentu. Stupeň polynomu byl zvolen s ohledem na index determinance. Z rovnice polynomu se dopočítal točivý moment pro zvolené měrné spotřeby.

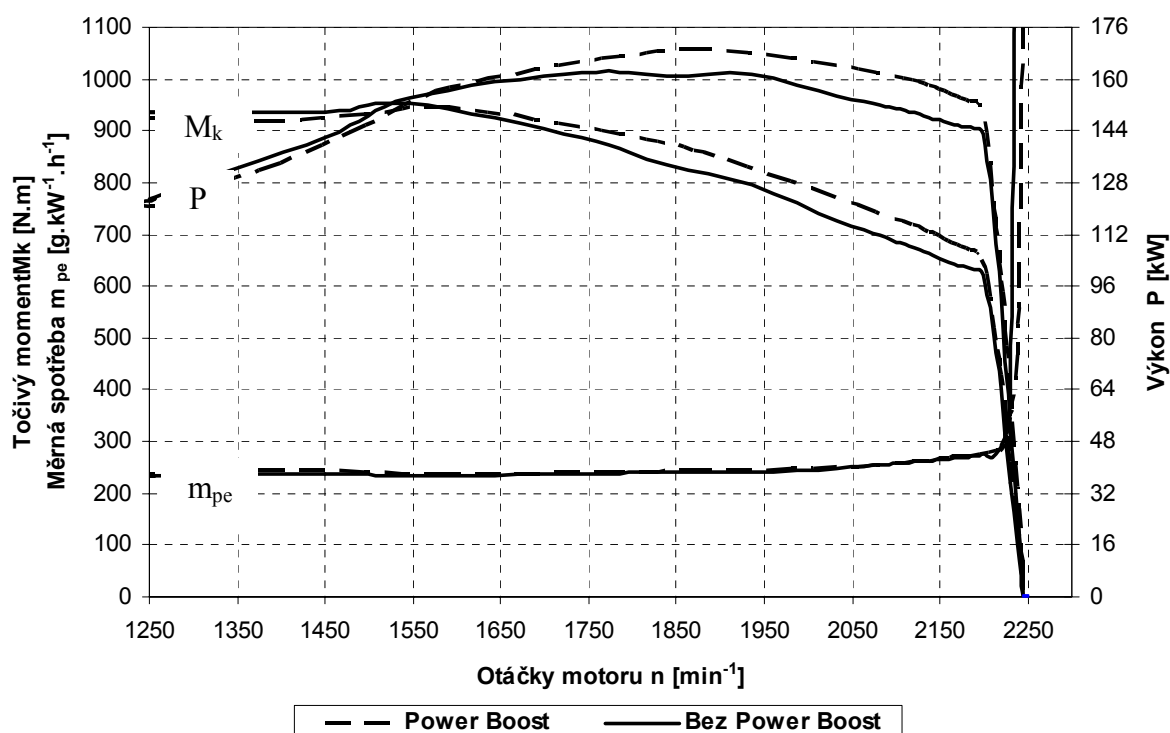
Naměřená data uspořádaná do funkční závislosti točivého momentu na otáčkách motoru byla proložena přímkou, metodou nejmenších čtverců. Dosazením vypočítaného točivého momentu z rovnice polynomu do rovnice přímky jsme získali otáčky motoru.

Stejným způsobem se postupovalo u ostatních regulátorových větví. V úplné charakteristice se pak proložily hodnoty konstantních měrných spotřeb plynulou křivkou. Tímto způsobem se získaly izočary konstantních měrných spotřeb. Obalovou křivku úplné charakteristiky tvoří točivý moment jmenovité otáčkové charakteristiky. Dále byly vyneseny izočary konstantního výkonu.

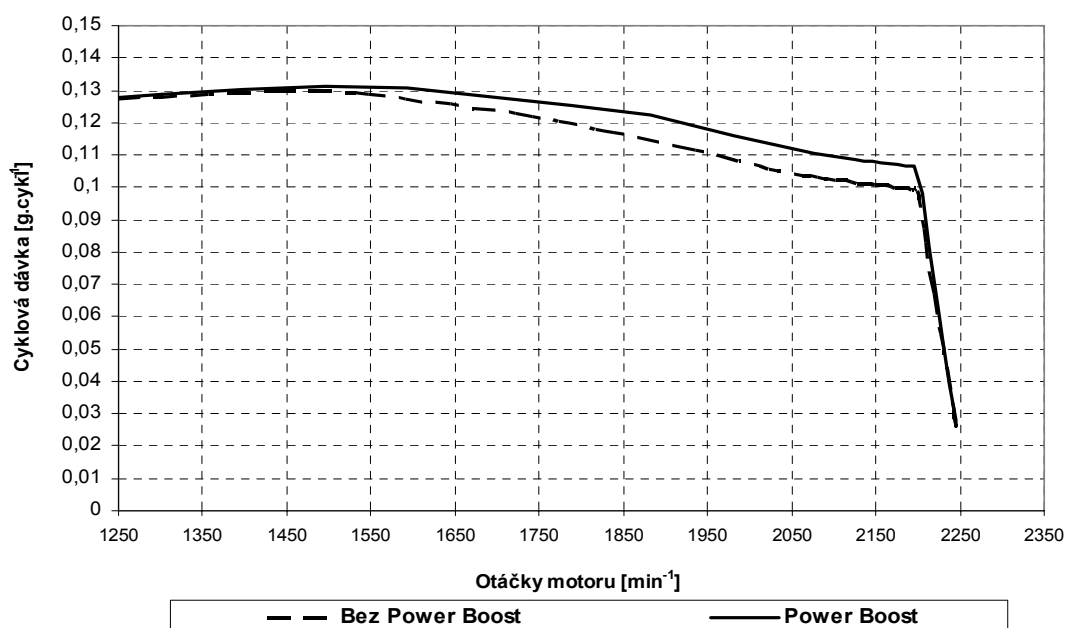
VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky měření jsou uvedeny v grafech na obr.1,2,3. Nejvyšší naměřený výkon (bez Power Boost) 161,9 kW byl naměřen při otáčkách 1741 min^{-1} . Při zapnutí systému navýšení výkonu PowerBoost se zvýšil o 7,4 kW na 169,3 kW při otáčkách 1883 min^{-1} . Z (obr.1) je patrné, že k navýšení výkonu došlo v celé části zatěžující větve (1550 až 2200 min^{-1}), a nikoliv v oblasti nejvyššího výkonu jak je tomu obvykle. Navýšení výkonu je dosaženo zvýšením cyklové dávky (obr.2) a plnicího tlaku za turbodmychadlem (obr.3). V celé zatěžující větvi byl naměřen výkon vyšší než 150 kW, což odpovídá 92,6 % maximálního výkonu. Nejvyšší točivý moment (bez Power Boost) 952 N.m byl naměřen při otáčkách 1547 min^{-1} . Motor tak pracoval s nadprůměrným převýšením 51 % při poklesu otáček o 29,5 %. Nejnižší naměřená měrná spotřeba $232,3 \text{ g.kW}^{-1}.\text{h}^{-1}$ byla dosažena při maximálním točivém momentu. Její hodnota se při zapnutí PowerBoost zvýšila na $238,4 \text{ g.kW}^{-1}.\text{h}^{-1}$. Měrná spotřeba nepřesáhla v zatěžující větvi hranici $260 \text{ g.kW}^{-1}.\text{h}^{-1}$.

Obr.1 Jmenovitá otáčková charakteristika

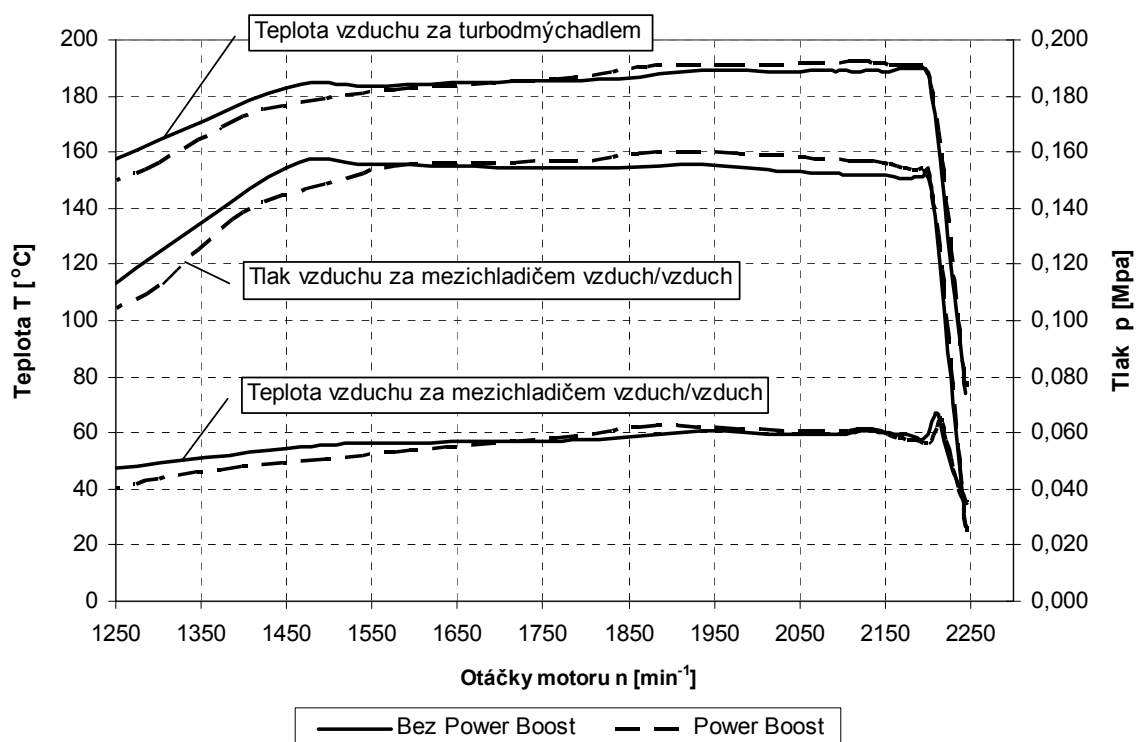


Obr.2 Charakteristika cyklové dávky



Teplota vzduchu za turbodmychadlem se pohybovala mezi 180 až 190 °C. Tyto hodnoty byly naměřeny v zatěžující větvi. Po průchodu mezichladičem vzduch/vzduch se teplota snížila o více než 120 °C.

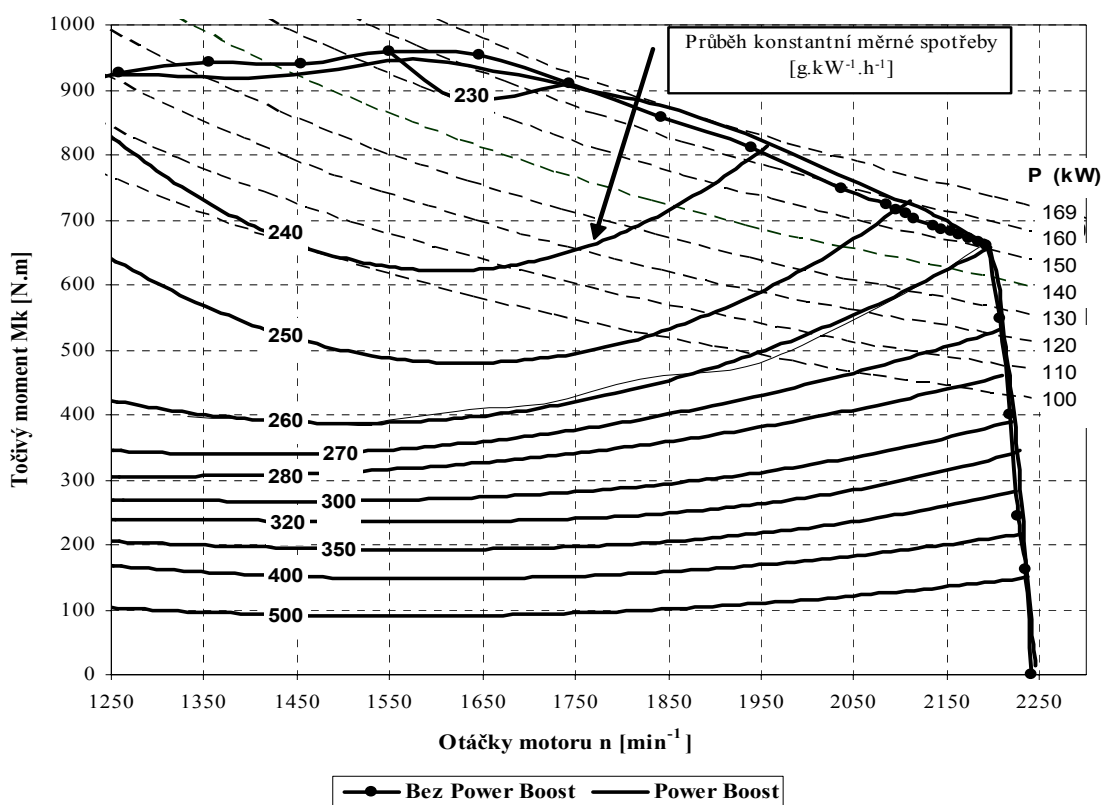
Obr.3 Průběh teplot a tlaků vzduchu plnicí soustavy při měření jmenovité otáčkové charakteristiky



Z grafu úplné charakteristiky vyplývá, že ekonomicky nejvýhodnější je provoz v oblasti nejvyššího točivého momentu. Přitom je tato oblast ohraničena výkonem 150 až 165 kW. Z toho plyne, že motor může pracovat s nejvyššími výkony také při nejnížší spotřebě paliva. Proto je nezbytné, aby obsluha účelně využila technických možností traktoru a provozovala motor v ekonomické oblasti úplné charakteristiky. Pouze tak lze dosáhnout úspory nákladů, což bylo při polních měřeních opakovaně prokázáno [2].

Největším problémem však zůstává, jak trvale udržet zatížení motoru v ekonomické oblasti úplné charakteristiky při měnících se pracovních odporech. Proto jsou traktory vybavovány automatizované systémy např. změna převodového poměru podle zatížení, nebo elektrohydraulické regulační systémy, s jejichž pomocí je reálně trvale pracovat v ekonomickém režimu.

Obr.4 Úplná charakteristika motoru



ZÁVĚR

Cílem bylo změřit a vyhodnotit vybrané parametry traktorového motoru John Deere 7920 AutoPowr. Dále se ověřovala funkce navýšení výkonu PowerBoost. Z výsledků vyplývá, že motor disponuje v zatěžovací větvi (1550 až 2200 min^{-1}) výkonem nad 150 kW, což odpovídá 92,6 % maximálního výkonu. Motor tedy umožňuje odebírat vysoký výkon v celé zatěžovací větvi, což odpovídá moderním trendům traktorových motorů. Z toho důvodu se

zvyšuje převýšení točivého momentu, které se měřením potvrdilo. Díky tomu může traktor překonávat proměnlivé zatížení bez časté změny převodového poměru. Vyšší hodnota navýšení snižuje také ztrátovou plochu nevyužití výkonu motoru. Velmi nízká je hodnota poklesu otáček, což je výhodné zejména při dopravě a práci s vývodovým hřídelem. Z úplné charakteristiky je nejlépe vidět, jak velké mohou být rozdíly ve spotřebě paliva při odebíraném konstantním výkonu, což je velmi důležité pro praxi.

LITERATURA:

Bauer, F.: Problematika využití traktorů vyšších výkonových tříd, Vydal Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1999.

Bauer, F., Sedlák, P.: Vliv zatížení spalovacího motoru na ekonomiku provozu traktorových souprav. Acta univ. agric. et silvic. č.1. Mendel. Brun. (Brno), 2004

Pastorek, Z.: Motorová nafta – důležitý zdroj energie v zemědělství, Mechanizace zemědělství 5, Nakladatelství Martin Sedláček, 2005.

Sedlák, P. - Bauer, F. – Šmerda, T.: Zpráva z měření traktorů Fendt 920 Vario a John Deere 7920 AutoPowr na válcové zkušebně MZLU Brno, Brno 2005

Sedlák, P.: Otáčková a tahová charakteristika traktoru New Holland TM 165, Mechanizace zemědělství 9, Nakladatelství Martin Sedláček, 2001.

Vlk, F.: Převodová ústrojí motorových vozidel, Nakladatelství VLK, Brno 2002

Zpráva o stavu zemědělství ČR za rok 2003, Vydalo Ministerstvo Zemědělství, Praha 2004