

Možnosti snižování provozních nákladů při přepravě zemědělských plodin

POSSIBILITIES TO REDUCE OPERATING COSTS IN TRANSPORT OF AGRICULTURAL CROPS

Adam Polcar, Vít Marek, Jiří Čupera – Mendelova univerzita v Brně

Významnou částí výrobního a celého reprodukčního procesu je doprava. V národním hospodářství České republiky patří zemědělství mezi největší přepravce a disponuje i značnou dopravní kapacitou. Zemědělská doprava a manipulace s materiálem představuje více jak polovinu ze zemědělských činností. V současné době se ročně v zemědělství přepraví asi 100 mil. t nejrůznějších materiálů. Zemědělská výroba se vyznačuje složitým časovým a prostorovým uspořádáním pracovních a dopravních operací ve výrobním procesu. Výrobní procesy v zemědělství se liší od výrobních procesů ve většině ostatních odvětví, proto má zemědělská doprava svá specifika, např. výraznou sezónnost, biologickou činnost přepravovaného materiálu, různé přepravní podmínky atd. (1). Od roku 1989 dochází postupně ke snižování přepraveného množství materiálu, které je způsobené především poklesem rostlinné produkce, utlumením živočišné výroby, malou investiční výstavbou, likvidací přidružených výrobních podniků a redukcí dopravních služeb zemědělských podniků.

V roce 2014/2015 byla osevní plocha cukrové řepy 64 tis. ha a celková produkce technické cukrovky dosáhla 4 424 619 t. Na výrobu cukru bylo zpracováno 4,1 mil. t a pro výrobu bioetanolu 791 tis. t (2). Celkem tedy bylo do cukrovarů a lihovarů dopraveno téměř 5 mil. t cukrové řepy. Z uvedených údajů vyplývá, že v oblasti pěstování a následného zpracování cukrové řepy dochází k přepravování velkého hmotnostního množství

materiálu. I když se v Evropské unii po ukončení platnosti produkčních kvót cukru může rozsah výroby řepy v některých státech měnit, dá předpokládat, že v přepravovaném množství cukrovky v České republice nedojde k významným změnám.

Na dopravní operace (ložné operace a přepravu) se v zemědělských podnicích spotřebuje ročně více než 180 mil. l motorové nafty, což představuje 49 % celkové spotřeby motorové nafty v zemědělství (3). Důležitým faktorem z pohledu spotřeby paliva a produkce emisí v sektoru dopravy je úroveň zemědělské techniky. K 30. 6. 2015 bylo v Česku evidováno 168 241 kusů traktorů a jejich průměrné stáří dosahovalo 17,65 roků (5). Postupný tlak ze strany zvyšujících se cen pohonných hmot a zpřísnujících se emisních limitů nutí výrobce vozidel stále zdokonalovat své výrobky. Dochází k neustálé modernizaci jednotlivých funkčních prvků, aby vyhovovaly jak legislativě, tak i požadavkům zákazníka. I přes moderní elektronické prvky je ale obsluha jedním z hlavních faktorů, který ovlivňuje celkové provozní náklady dopravního prostředku (4).

Článek přináší výsledky měření, které se zabývalo sledováním spotřeby paliva a přepravní výkonnosti zemědělských traktorů nasazených v dopravě. U všech měření byl sledován zejména vliv nastavení režimu motoru a huštění pneumatik na spotřebu paliva. Do okruhu sledování byl zahrnut i jeden nákladní automobil.

Obr. 1. Traktor CASE IH PUMA 225 CVX v agregaci s návěsem Agrimega 250



Materiál a metody

Ke zhodnocení výše uvedených vlivů na sledované parametry byly vybrány traktory: CASE IH MAGNUM 310, který byl agregován s návěsem Annaburger a traktor CASE IH PUMA 225 CVX agregován s návěsem Agrimega 250 (obr. 1.). Pro srovnání traktorové a automobilové nákladní dopravy bylo provedeno i měření nákladního automobilu IVECO ASTRA (obr. 2.). Technické parametry všech měřených dopravních prostředků jsou uvedeny v tab. I.

Měření probíhala mezi obcemi Hustopeče a Nikolčice. Jedna trasa měřila celkem 21,8 km. Měřený úsek se skládal jak z rovinných tak i ze svahových částí. Převýšení trasy bylo 73 m. Návěsy byly naloženy nákladem, aby došlo k dostatečnému zatížení motoru. Na návěsu Annaburger bylo naloženo 15 400 kg písku. Celková hmotnost soupravy návěsu s traktorem Magnum 310 byla 36 940 kg. Návěs Agrimega 250 byl naložen materiálem o hmotnosti 16 000 kg. Celková váha soupravy s traktorem CASE IH Puma 225 CVX byla 32 540 kg. Hmotnost nákladu automobilu Iveco Astra byla 16 180 kg. Jeho celková hmotnost pak dosáhla 34 640 kg.

Při měření soupravy traktoru CASE IH Magnum 310 s návěsem se v prvním případě motor udržoval v oblasti maximálního výkonu a v druhém případě v ekonomické oblasti – v oblasti maximálního točivého momentu, tj. při otáčkách 1 600–1 800 min⁻¹. V obou případech bylo dosaženo příslušného režimu ručním řazením.

Traktor CASE IH Puma 225 CVX disponoval diferenciální hydromechanickou převodovkou. V prvním případě nebyly otáčky motoru nikterak limitovány a v druhém případě byly udržovány v rozsahu 1 400–1 600 min⁻¹. Snímání provozních dat u obou traktorů probíhalo z komunikační sítě CAN-Bus s frekvencí 5 Hz.

U nákladního automobilu nebylo možné odečítat spotřebu paliva ze sítě CAN-Bus. Z tohoto důvodu probíhalo měření spotřeby metodou „plná nádrž“. Před měřením se na rovném úseku doplnila nádrž až po hrdlo, tak aby se snížilo riziko vzduchových prostorů. Zpětné doplnění nádrže bylo provedeno až po projetí celé trasy.

Dále je nutné poznamenat, že všechna měření se uskutečnila za reálného provozu, z tohoto důvodu mohlo dojít k ovlivnění výsledků dopravní situací, např. nutností zastavení nebo zpomalení soupravy.

Jako doplňkové bylo provedeno měření valivého odporu návěsu Annaburger při různém tlaku huštění. Pneumatiky návěsu byly nahuštěny postupně na 170 kPa a 300 kPa. Měření valivého odporu bylo měřeno tak, že souprava traktoru a návěsu byla tažena jiným traktorem. Mezi oběma traktory byl vložen tenzometrický snímač typ Hottinger typ U2A, který měřil sílu pro tažení soupravy. Měření valivých odporů probíhalo

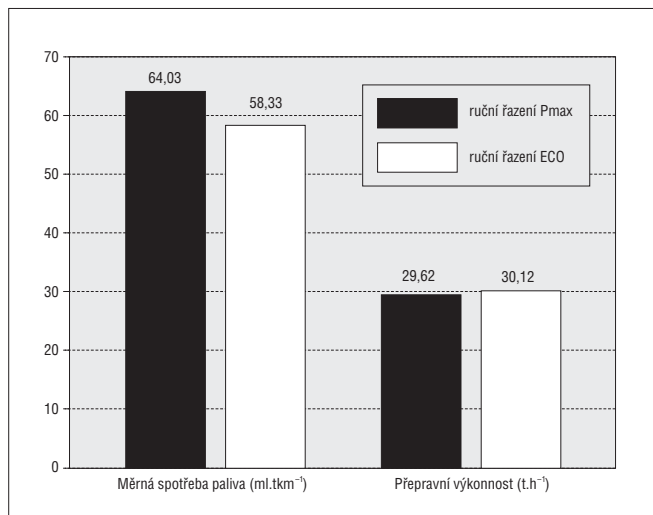
Tab. I. Technická specifikace měřených dopravních prostředků

Traktor č. 1	
Označení	CASE IH Magnum 310
Jmenovitý výkon motoru (dle ECE R120)	227 kW / 309 k
Typ převodovky	Powershift s Power Shuttle
Počet převodových stupňů	19 x 6 (0–40 km.h ⁻¹) Eco
Rok výroby	2007
Návěs Annaburger	
Typ	HTS22B.79
Náprava	vlečné tandem
Užitečný objem nastavby	26,29 m ³
Dovolená celková hmotnost	23 000 kg
Traktor č. 2	
Označení	CASE IH Puma 225 CVX
Jmenovitý výkon motoru (dle ECE R120)	165 kW / 224 k
Typ převodovky	CVT (Continuously Variable Transmission)
Rok výroby	2010
Návěs Agrimega 250	
Typ	NS25
Náprava	tridem odpružený
Užitečný objem nastavby	23,1 / 30,3 m ³
Dovolená celková hmotnost	25 000 kg
Nákladní automobil Iveco Astra	
Model	HD8 86.45 s nastavbou S3
Maximální výkon motoru	330 kW / 450 k
Podvozek	8 x 6
Typ převodovky	mechanická s posilovačem
Počet převodových stupňů	16

Obr. 2. Nákladní automobil IVECO ASTRA



Obr. 3. Výsledky měření traktoru CASE IH Magnum 310



při stálé jezdové rychlosti, aby se vyloučily síly nutné na urychlení soupravy. Pro každý tlak huštění bylo provedeno měření od 3 km.h⁻¹ do 35 km.h⁻¹. Z důvodu statistické průkaznosti byla všechna měření opakována.

Výsledky a diskuze

Jako první bylo provedeno měření soupravy traktoru CASE IH Magnum 310 s návěsem u které řazení probíhalo manuálně. Jako hodnotící kritérium byla zvolena měrná spotřeba paliva. Měrná spotřeba paliva udává spotřebu paliva v mililitrech na tunokilometr. Tunokilometr představuje přepravu jedné tuny nákladu na jeden ujetý kilometr. Vypočítá se jako podíl průměrné spotřeby paliva na daný úsek a dopravní výkonnosti. Dopravní výkonnost je součinem hmotnosti nákladu a průměrné rychlosti soupravy. Jako druhé hodnotící kritérium byla zvolena přepravní výkonnost. Přepravní výkonnost se vypočítá jako podíl hmotnosti přepravovaného nákladu a času, resp. doby, která je potřebná na projetí měřeného úseku v daném režimu.

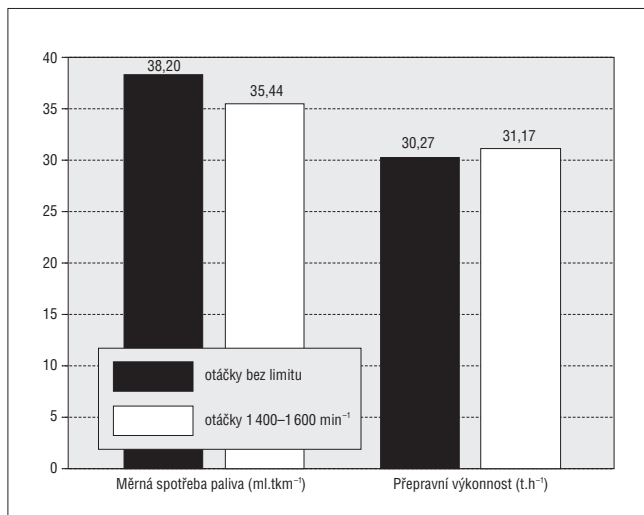
Na obr. 3. jsou vypočtené parametry soupravy traktoru CASE IH Magnum 310 a návěsu Annaburger.

Jak je z vypočtených hodnot patrné, dochází při udržování otáček motoru v režimu maximálního výkonu motoru k nárůstu spotřeby paliva na jeden tunokilometr o 5,7 ml proti režimu, ve kterém motor dosahuje maximálního momentu motoru (režim ECO). Při srovnání přepravní výkonnosti má souprava v režimu ECO i vyšší přepravní výkonnosti. Je to dáno tím, že obsluha traktoru může v tomto režimu zařadit vyšší převodový stupeň a souprava tak dosahuje vyšší jezdové rychlosti, což se promítne do kratšího času přepravy.

Na obr. 4. jsou výsledky měření soupravy traktoru CASE IH Puma 225 CVX a návěsu Agrimega.

Výsledky vlivu režimu na měrnou spotřebu paliva a přepravní výkonnost jsou u traktoru CASE IH PUMA 225 CVX srovnatelné s traktorem CASE IH Magnum 310. V případě kdy otáčky motoru nebyly nikterak limitovány, dochází ke zvýšení měrné spotřeby paliva o 2,76 ml.tkm⁻¹ proti režimu, ve kterém byly otáčky motoru udržovány v oblasti maximálního točivého momentu. Při vyšším točivém momentu motoru bylo možné nastavit

Obr. 4. Výsledky měření traktoru CASE IH PUMA 225 CVX



nižší převodový poměr a tak zkrátit i čas na přepravu nákladu, tj. zvýšit přepravní výkonnost.

Při hodnocení nákladního automobilu Iveco Astra byla vypočtena měrná spotřeba paliva 36,15 ml.tkm⁻¹ a přepravní výkonnost 46,16 t.h⁻¹ při průměrné rychlosti 57,18 km.h⁻¹. Průměrné zatížení motoru bylo 53,1 %. Nejlepší přepravní výkonnosti tak bylo dosaženo u nákladního automobilu Iveco Astra. Při porovnání přepravních výkonností sledovaných traktorových souprav dosahoval příznivějších hodnot traktor CASE IH PUMA 225 CVX. Nižší přepravní výkonnost traktoru CASE IH Magnum 310 nastala z důvodu menší hmotnosti nákladu návěsu (o 600 kg) než návěsu druhé soupravy a navíc zatížení jeho motoru bylo nižší než v případě traktoru CASE IH PUMA 225 CVX. Z toho plyne, že nebylo využito plného potenciálu motoru traktoru CASE IH Magnum 310, což se negativně promítlo do jeho celkové výkonnosti.

Vliv režimu provozu motoru na ekonomické parametry traktoru byl předmětem mnoha studií. Jednou z nich je i článek autorů VOJÁČEK ET AL. (6) z roku 2009. Autoři porovnávali vliv dvou režimů práce traktorového motoru na měrnou spotřebu paliva (l.ha⁻¹) a na efektivní výkonnost (ha.h⁻¹) při kypření. První režim práce byl rovněž v oblasti maximálního výkonu a druhý v oblasti kde motor dosahoval maximálních točivých momentů. Autoři měření zjistili, že u soupravy traktoru Case Magnum MX 285 v agregaci s kombinovaným kypřičem Köckerling Exaktgrubber – Vario dochází k úspoře nafty o 9,1 % na hektar při zvýšení výkonnosti o 11,5 % v režimu, ve kterém motor dosahuje maximálního točivého momentu.

Jako doplňkové měření bylo provedeno měření valivých odporů návěsu Annaburger při různém tlaku huštění. Z výsledků měření vyplynulo, že výsledná síla nutná k pohybu soupravy roste s jezdovou rychlostí a snižujícím tlakem huštění pneumatik návěsu. U soupravy mezi tlaky huštění 170 kPa a 300 kPa při rychlosti 35 km.h⁻¹ dosáhl rozdíl ztrátových sil v průměru 1,37 kN. Ze známé rychlosti a ztrátové síly byl rovněž doložen výkon nutný k pohybu soupravy. Největší rozdíl ztrátových výkonů nastal při nejvyšší jezdové rychlosti. Rozdíl ve ztrátovém výkonu byl vypočten 14,73 kW. Tento nárůst ztrátového výkonu může u některých traktorů nižších výkonových tříd činit rozdíl ve spotřebě paliva až o několik litrů za hodinu jeho provozu.

Závěr

Experimentální měření byla provedena za účelem sledování vlivu nastavení režimu motoru na měrnou spotřebu paliva a přepravní výkonnost. Jak je z výsledků patrné, dochází při provozu traktorového motoru v oblasti maximálních točivých momentů k poklesu spotřeby paliva na tunokilometr a ke zvýšení přepravní výkonnosti. Pokud je motor provozován v oblasti maximálních točivých momentů, může pracovat s nižším převodovým poměrem než v oblasti maximálních výkonů. Nižší převodový poměr resp. vyšší pojezdová rychlost se promítne do času přepravy, což se pozitivně projeví na přepravní výkonnosti. Nejvyšší přepravní výkonnost a příznivou měrnou spotřebu paliva (srovnatelnou s traktorem CASE IH PUMA 225 CVX) vykazoval nákladní automobil. Vysoké přepravní výkonnosti nákladního automobilu bylo dosaženo zejména díky krátkému času jízdy neboli vyšší pojezdové rychlosti při přepravě. Měření dále ukázala, že je nutné motor dopravního prostředku dodatečně vytížit. V opačném případě by nedocházelo k využití plného potenciálu motoru a přepravní výkonnost by byla nízká při vyšší měrné spotřebě paliva. Jak měření dále ukázala, tak nejenom typ dopravního prostředku a režim provozování motoru, ale i tlak huštění pneumatik ovlivňuje náklady na jeho provoz.

Nejenom v oblastech výroby cukrové a krmné řepy, ale i v ostatních odvětvích zemědělské výroby dochází k přepravě značného množství materiálů. Současné dopravní prostředky jsou vybavovány moderními prvky, které přispívají nejenom k jejich snadnému ovládní, ale mohou výrazně přispět i ke snížení spotřeby paliva a k efektivnějšímu provozu. Hlavním činitelem v oblasti snižování nákladů na provoz dopravního prostředku však zůstává na prvním místě pouze jeho obsluha.

Príspevek byl zpracován s podporou projektu IP 30/2016 „Data mining palubních sběrnic motorových vozidel“ financovaný Interní grantovou agenturou AF MENDELU.

Souhrn

Článek se zabývá vlivem nastavení režimu motoru na měrnou spotřebu paliva a na přepravní výkonnost. Pro hodnocení byl vybrán traktor CASE IH MAGNUM 310, který byl agregován s návěsem Annaburger, a traktor CASE IH PUMA 225 CVX s návěsem Agrimega 250. Pro srovnání traktorové a nákladní dopravy bylo provedeno i měření nákladního automobilu IVECO ASTRA. Jako hodnotící kritérium byla zvolena měrná spotřeba paliva v mililitrech na tunokilometr a přepravní výkonnost v tunách za hodinu. Jak je z výsledků patrné, dochází při provozu traktorového motoru v oblasti maximálních točivých momentů k poklesu měrné spotřeby paliva a ke zvýšení přepravní výkonnosti. Nejvyšší přepravní výkonnosti a příznivou měrnou spotřebu paliva, srovnatelnou s traktorem CASE IH PUMA 225 CVX, vykazoval nákladní automobil. Jak měření dále ukázala, tak nejenom typ dopravního prostředku a režim provozování motoru, ale i tlak huštění pneumatik ovlivňuje náklady na jeho provoz.

Klíčová slova: traktorová doprava, nákladní doprava, měrná spotřeba paliva, přepravní výkonnost, tlak huštění pneumatik.

Literatura

1. SYROVÝ, O. ET AL.: *Doprava v zemědělství*. 1. vyd., Praha: Profi Press, 2008, 248 s., ISBN 978-80-86726-30-4.
2. JUREČKA, M. A KOL.: *Zemědělství 2014*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2015, 134 s., ISBN 978-80-7434-219-6.

3. ČUPERA, J. ET AL.: *Doprava v zemědělství a její dopad na životní prostředí. Zpráva o projektu*, Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010.
4. *Složení vozového parku v ČR*. Sdružení automobilového průmyslu, 2015, [on-line] <http://www.autosap.cz/zakladni-prehledy-a-udaje/slozeni-vozoveho-parku-v-cr/#pololeti2015%29>, cit. 11. 9. 2015.
5. BAUER, F. ET AL.: *Traktory a jejich využití*. 2. vyd., Praha: Profi Press, 2013, 224 s., ISBN 978-80-86726-52-6.
6. VOJÁČEK, M. ET AL.: Vliv zatížení spalovacího motoru na energetické a výkonnostní parametry traktorových souprav. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 57, 2009 (2), s. 155–165.

Polcar A., Marek V., Čupera J.: Possibilities to Reduce Operating Costs in Transport of Agricultural Crops

The article deals with the influence of the engine mode setting on specific fuel consumption and transportation efficiency. Tractor Case IH Magnum 310 aggregated with trailer Annaburger and tractor Case IH Puma 225 CVX aggregated with trailer Agrimega were chosen for evaluation. Measurement of the truck IVECO ASTRA was also performed for comparison tractor and freight traffic. Specific fuel consumption in milliliters per ton-kilometer and transport efficiency in ton per hour were selected as an evaluation criterion. As it is evident from the results, specific fuel consumption decreases and transportation efficiency increases during operation of tractor engine at maximal torque. Truck evinced the highest transport efficiency and favorable specific fuel consumption (comparable with tractor CASE IH Puma 225 CVX). The measurement also showed that not only the type of vehicle and engine mode of operation, but tire inflation pressure affects the cost of its operation as well.

Key words: tractor traffic, freight traffic, specific fuel consumption, transport efficiency, tire inflation pressure.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Adam Polcar, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav techniky a automobilové dopravy, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: xpolcar@node.mendelu.cz

ROZHLEDY

Tissen G.

Cukr opravdu chutná! (Zucker schmeckt richtig!)

Při pohledu na hodnotový řetězec cukru – z pole až na stůl spotřebitele – je evidentní úzké propojení mezi pěstováním cukrové řepy a image cukru. To je dobrý důvod pro úsilí působit na veřejnost v rámci public relation s cílem posílit postavení cukru, celého cukrovarnického průmyslu i Hospodářské cukerní asociace (WVS).

Cukrovarnický průmysl hledá objektivní dialog se svými kritiky a s těmi, kteří mají odmítavý postoj k cukru. Teprve pak může přesvědčivě a udržitelným způsobem prezentovat cukr veřejnosti.

Zuckerrübe, 65, 2016, č. 1, s. 26–27.

Švachula