



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

VLIV PNEUMATIK NA VÝSTUPNÍ PARAMETRY TRAKTORŮ

THE EFFECT OF TYRES ON THE OUTPUT PARAMETERS OF TRACTORS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. ALEŠ KOPEČNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. FRANTIŠEK BAUER, CSc.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Aleš Kopečný

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Automobilní a dopravní inženýrství (2301T038)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Vliv pneumatik na výstupní parametry traktorů

v anglickém jazyce:

The effect of tyres on the output parameters of tractors

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Vypracujte současný stav řešené problematiky.
2. Vypracujte metodiku terénního měření.
3. Naměřené a vypočtené hodnoty tabulkově a graficky zpracujte.
4. Ze získaných proveďte analýzu a formulujte závěry.

Cíle diplomové práce:

Z naměřených a vypočtených hodnot formulovat závěry se zaměřením na energetické a výkonnostní parametry traktorů.

Seznam odborné literatury:

- BAUER, F. -- SEDLÁK, P. -- ŠMERDA, T. Traktory. 1. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. 192 s. ISBN 80-86726-15-0.
2. BAUER, F. -- SEDLÁK, P. -- ŠMERDA, T. Traktorové dopravní soupravy. In: SYROVÝ, O. Doprava v zemědělství. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008. s. 30--40. ISBN 978-80-86726-30-4.
3. ŠTURSA, V. -- BAUER, F. Vliv pneumatik na pracovní vlastnosti traktorových souprav. Zemědělská technika. 2000. sv. 46, č. 2, s. 47. ISSN 0044-3883.
4. ŠMERDA, T. -- BAUER, F. -- SEDLÁK, P. Vliv pneumatik na tahové vlastnosti traktoru a spotřebu paliva. Agromagazín. 2007. sv. 8, č. 1, s. 68--71. ISSN 1214-0643.
5. SEDLÁK, P. -- BAUER, F. Výsledky měření traktorů John Deere 7810 s návěsem Annaburger v dopravě. 2004.
6. RENIUS, T. Traktoren, Mnichov, 2001, ISBN 3-405-13146-4

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. František Bauer, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 27.1.2015

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Diplomová práce shrnuje výsledky měření výstupních parametrů traktoru, na který byly namontovány tři různé druhy pneumatik. Měřené parametry jsou maximální tahový výkon, prokluz, měrná efektivní spotřeba paliva při maximálním tahovém výkonu. Výsledné naměřené a spočtené výsledky jsou zpracovány v tabulkách a grafech. Výsledky měření byly zpracovány za použití regresivní analýzy.

KLÍČOVÁ SLOVA

podvozek, prokluz, tahová charakteristika, tahová síla, tahový výkon

ABSTRACT

The thesis summarizes the results of the measurement of the output parameters of the tractor, on which were mounted three different types of tires. The measured parameters are the maximum pulling power, slippage, specific effective fuel consumption at the maximum pulling performance. The final measured and calculated results are presented in tables and graphs. The results of the measurements were processed by the use of regressive analysis.

KEYWORDS

chassis, slip, drawbar characteristics, drawbar strength, pulling power



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOPEČNÝ, A. *Vliv pneumatik na výstupní parametry traktorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 98 s. Vedoucí diplomové práce Prof. Ing. František Bauer, CSc.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Prof. Ing. Františka Bauera, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 17. května 2015

.....

Aleš Kopečný



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu práce panu Prof. Ing. Františkovi Bauerovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.



OBSAH

Úvod	10
1 Konstrukce pneumatiky (Současný stav řešené problematiky)	11
1.1 Pneumatika (Konstrukce pneumatiky)	11
1.1.1 Radiální pneumatiky	12
1.1.2 Diagonální pneumatiky	13
1.1.3 Bias Belted	13
1.2 Moderní pneumatiky pro traktory	13
1.2.1 Michelin Ultraflex	14
1.2.2 Michelin Xeobib	15
1.2.3 Michelin Axiobib	15
1.2.4 Trelleborg TM Blue	15
1.2.5 Continental SVT	16
1.3 Metody práce s pneumatikami	16
1.3.1 Centrální huštění pneumatik	16
1.3.2 Funkce systému CTIS	17
1.3.3 Integrovaná regulace tlaku v pneumatikách	18
1.3.4 Plnění pneumatiky kapalinou	19
2 Traktor a půda	22
3 Terénní měření (traktor a pneumatiky)	25
3.1 Technické parametry použitého traktoru	25
4 Metodika měření	28
5 Použitá měřicí zařízení	34
5.1 Měření sil	34
5.2 GPS modul	34
5.3 Programové prostředí	35
6 Vzorce	37
7 Výsledky měření	38
7.1 Pneumatiky Trelleborg	38
7.2 Pneumatiky Michelin	45
7.3 Pneumatiky Mitas Continental	52
7.4 Porovnání dosažených parametrů u jednotlivých pneumatik	63
7.5 Výstupní parametry traktoru při dosažení maximálního tahového výkonu	76
8 Analýza naměřených a vypočtených parametrů	84
8.1 Parametry pneumatik při tlaku 80 kPa	84
8.2 Parametry pneumatik při tlaku 120 kPa	85



8.3	Parametry pneumatik při tlaku 160 kPa.....	86
8.4	Vliv tlaku pneumatik na výstupní parametry.....	87
8.5	Měrná tahová spotřeba.....	90
Závěr.....		95
Seznam použitých zkratk a symbolů		98



ÚVOD

Traktor lze v dnešní době značit jako mobilní energetický prostředek, a je neodmyslitelnou součástí každého mechanizovaného systému zemědělství. Z toho vyplývá, že jsou předmětem stálého vývoje. Moderní traktor musí splňovat požadavky na rychlost a kvalitu práce při zpracování půdy, dostatečný komfort pro obsluhu a dobré vlastnosti při dopravě. Zároveň se očekávají nízké provozní náklady, jednoduchá údržba a splnění ekologických požadavků.

Požadavky na variabilitu a všestranné použití pomáhá splňovat celá řada systému specifických právě pro traktory, například: plynulé hydrodynamické převodovky, kolové nebo pásové podvozky, pneumatiky.

Pneumatiky, jakožto prostředek, kterým vozidlo přenáší výkon na vozovku mají značný vliv na výstupní parametry jaké vozidlo vykazuje při jízdě. Konkrétně u traktorů, které musejí zvládat obtížnější terén, než běžná vozidla hrají použité pneumatiky značnou roli. Všestrannost použití traktoru příznivě ovlivňují pneumatiky možností změny tlaku huštění. Tím lze traktor přizpůsobovat jak při jízdě po zpevněném povrchu, tak i při práci na poli.

Při konstrukci traktoru je nutné brát v úvahu i fakt, že jeho použití netkví pouze v obdělávání půdy, ale i dopravě nejrůznějších nákladů při přejezdech po pozemních komunikacích, údržbě silnic nebo stavebních pracích. Musí tedy splňovat předpisy pro provoz po pozemních komunikacích, také bezpečnost, komfort pro obsluhu a dostatečnou ovladatelnost.



1 KONSTRUKCE PNEUMATIKY (SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY)

Moderní zemědělství vyžaduje použití stále větších strojů a zařízení. Trend směřuje k celkové mechanizaci zemědělských operací, kde činí náklady na pořízení a provoz stroje a zařízení větší část z celkových výdajů. Traktor je základní kámen této mechanizace, a nepostradatelnou jednotkou pracující s většinou zařízení a strojů pro práci s půdou. Z tohoto důvodu, je zemědělský průmysl závislý na traktorech při provádění většiny operací. Na druhé straně, je cílem zemědělství u strojů je zvýšit zisky prostřednictvím volby optimálního zařízení, tedy i traktorů. Pokud bude dosaženo efektivního přenosu výkonu traktoru na povrch po kterém se pohybuje, bude stejnou měrou dosaženo efektivnější spotřeby energie nutné k provedení zemědělských operací. Provozní kapacita traktoru je omezena ztrátami při přenosu výkonu z motoru na kola. Přibližně 12-18% z výstupního výkonu motoru je ztraceno při přenosu na nápravu. Uvedené procento představuje rozdíl mezi výkonem vystupujícím z motoru a výkonem vystupujícím z nápravy. Další významné procento ztrát vzniká při přenosu mezi nápravami a zemí. Hodnoty těchto ztrát se pohybují mezi 20-40%. Zvyšováním trakce pneumatik a tím i snižováním tohoto procenta ztrát přenosu výkonu dochází ke značným úsporám energie, výkonu a tedy i paliva při provozu traktoru. Z těchto důvodů je důležitá správná volba pneumatik a práce s nimi například přizpůsobováním pneumatik k aktuálnímu povrchu po kterém se traktor pohybuje změnami tlaku huštění.[1]

1.1 PNEUMATIKA (KONSTRUKCE PNEUMATIKY)

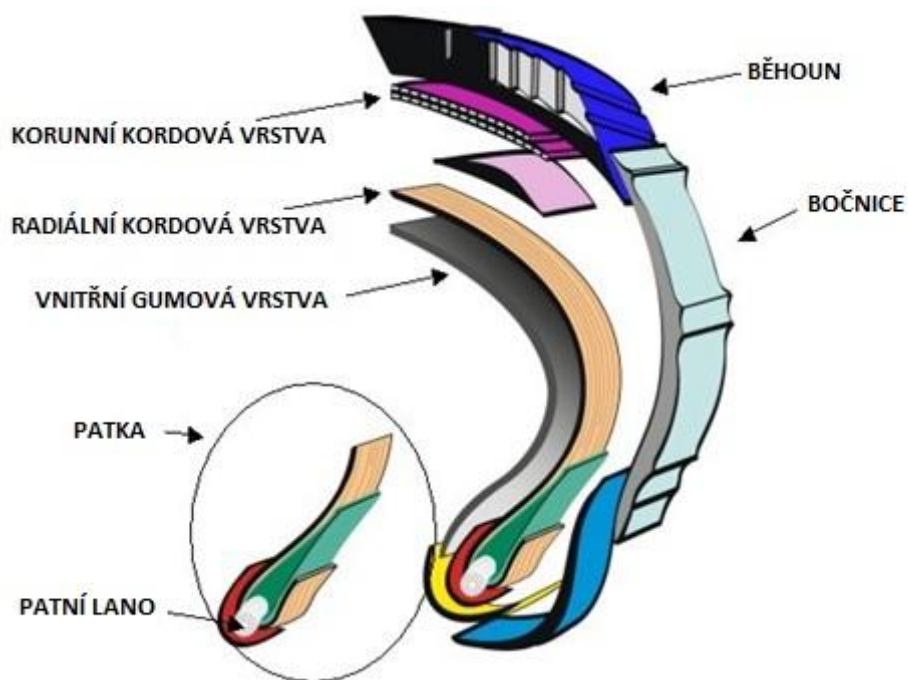
Prostředek přenosu hmotnosti traktoru a připojeného nářadí, hnací a brzdící momenty a boční síly na povrch, po kterém se traktor pohybuje. Zároveň je pneumatika členem v pružící soustavě traktoru. Je tedy nutné věnovat velkou pozornost volbě pneumatik, protože jinak i kvalitní konstrukce traktoru může hodně ztrácet především na tahových vlastnostech.

Pneumatika je tvořena z: pryže 80-85%, 12-16% různá vlákna a 2-3% jsou tvořena sazemí, olejem, textiliemi, chemikáliemi atd..

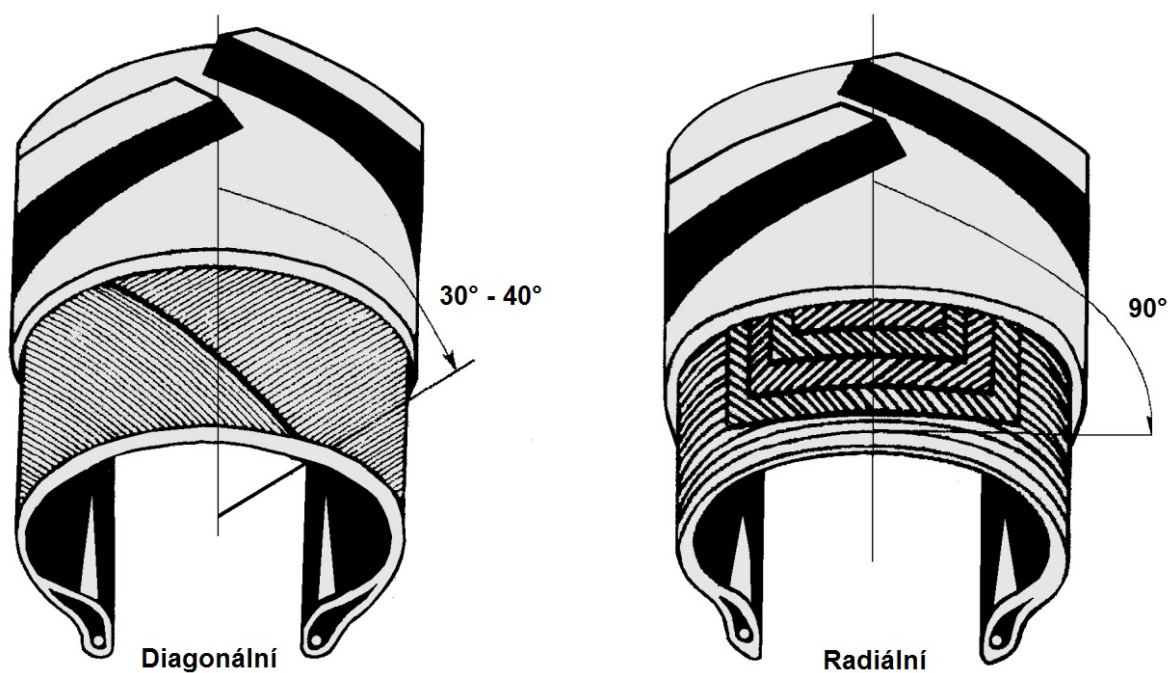
Pneumatikou se rozumí plášť, popřípadě plášť s duší. Plášť tvoří vnější část pneumatiky, zajišťující kontakt s vozovkou a dosedá svou patkou na ráfek. U bezdušových pneumatik přebírá funkci duše plášť.

Na řezu pláštěm (Obr.1) jsou znázorněny prvky, ze kterých je pneumatika složena. Běhoun vytváří kontakt s podložkou a odvádí teplo vznikající v pneumatice v důsledku hysterezních pochodů. Vzor traktorových pneumatik je šípový s žebry tvarovanými do oblouku. Běhouny bývají z pravidla opatřeny indikátory opotřebení, které udávají procentuální stav opotřebení. (TWI – Tread Wear Indicator).

Konstrukce kostry (Obr.2) má největší vliv na vlastnosti pneumatiky. Ovlivňuje především: styčná plocha, nosnost, valivý odpor atd. Dle konstrukce lze pneumatiky rozdělit na radiální a diagonální. Pokud jsou vlákna (kordové nitě) kostry kladeny křížem přes sebe a svírají úhel a svírají s kolmou osou úhel 30°- 40°, jedná se o pneumatiky diagonální. U pneumatik radiálních jsou vlákna kladena kolmo na podélnou osu a vnější vrstvy svírají s podélnou osou úhel 10°-30°. [2,3]



Obr. 1 Vrstvy pneumatiky [4]



Obr. 2 Konstrukce kostry pneumatiky [5]

1.1.1 RADIÁLNÍ PNEUMATIKY

Kordy ve všech kordových vložkách kostry vedeny od patky k patce kolmo na rovinu rotace kola. Boční síly zde zachycují kordy v kordových vložkách kostry vedeny od patky k patce kolmo na rovinu rotace kola. Boční síly jsou zachycovány kordy v kordových vložkách kostry a o obvodové síly se stará nárazník, v jehož jednotlivých vrstvách jsou kordy kladeny téměř kolmo na kordy kostry. Radiální konstrukce kostry pneumatik umožňuje dobrou pružnost boků pneumatiky, to pozitivně ovlivňuje komfort při jízdě. Styčná plocha je v případě těchto



pneumatik o 20 až 25% větší než diagonálních, to vede k většímu počtu záběrových figur. To vede k lepšímu přenosu záběrových sil a menší zhutnění půdy. Tato konstrukce pneumatik poskytuje nižší valivý odpor. Předností radiálního provedení je především to, že všechny části pneumatiky pracují nezávisle, takže pohyby nejsou přenášeny na běhoun. To snižuje odpor na půdě, menší změnu velikosti styku s podložkou a nevznikají pohyby mezi jednotlivými vrstvami kostry. [2,3]

Výhody radiální pneumatiky: [2,3]

- delší životnost
- vyšší komfort a pružnost
- menší zhutnění půdy (vlivem rozložení tlaku)
- vynikající přilnavost (větší tažná síla a menší prokluz)
- menší spotřeba
- lépe zachycují boční síly
- menší hlučnost

1.1.2 DIAGONÁLNÍ PNEUMATIKY

Kordové vložky kladeny na sebe tak, že kordy dvou na sobě ležících vložek se navzájem kříží pod úhlem 30°-40°. Tyto pláště nemají nárazník, obvodové síly zachycovány diagonální konstrukcí. Při zatížení a následné deformaci vlákna neprodlužují, ale posouvají a namáhají pryž mezi nimi na stříh. Tím dochází k většímu vývinu tepla, v porovnání s radiální pneumatikou se diagonální více zahřívá. To vede k větším energetickým ztrátám.

Příčné a obvodové síly jsou přenášeny přímo do patek pláště, po zatížení a odvalování pneumatiky dochází v boční části pneumatiky k deformaci a způsobuje menší pohyb dezénu běhounu. Tento mechanismus představuje u této konstrukce pneumatik nejvýznamnější příčinu otěru dezénu.

Bočnice a běhoun tvoří jeden celek, všechny pohyby se tedy přenášejí na běhoun, což vede k:

- velkému odporu půdy
- menšímu záběru
- vyšší spotřebě
- rychlejšímu opotřebení
- měnící se velikosti dotykové plochy s půdou [6]

1.1.3 BIAS BELTED

Vrstvy kordového materiálu jsou umístěny diagonálně na kostru pneumatiky sklonem z jedné patky k druhé úhlem 40° k střední linii běhounu. Jedná se o diagonální pneumatiku s nárazníkem. Výsledkem je pneumatika se stabilním výkonem a pevnými bočnicemi. Po zavedení radiální pneumatiky se tato konstrukce používá mnohem méně. [7]

1.2 MODERNÍ PNEUMATIKY PRO TRAKTORY

Se zvyšujícími se požadavky na efektivitu práce traktoru rostou také stejnou měrou požadavky kladené na pneumatiky, které mají významný vliv na možnosti pohybu traktoru v terénu. Traktor jako univerzální dopravní prostředek musí být schopný efektivního pohybu po velmi odlišných typech povrchů. Aby se docílilo kvalitních jízdních vlastností za použití



jedné sady pneumatik, je stále častější řešení výrobců stavět pneumatiky, které mohou pracovat s různými tlaky huštění. Kde vysoký tlak v pneumatice je určený pro jízdu po silnici, pro jízdu v terénu se tlak snižuje, aby se rozšířila styčná plocha mezi pneumatikou a zemí. Nízký tlak tedy vede k lepší ovladatelnosti traktoru a větší styčná plocha mezi pneumatikou a zemí vede k menšímu zhutnění půdy po přejezdu traktoru. Pneumatika s příliš nízkým tlakem není vhodná pro provoz na silnici, protože kromě špatných jízdních vlastností by došlo velmi rychle k její destrukci. [2,3]

1.2.1 MICHELIN ULTRAFLEX

Technologie, která využívá vysoce pružné bočnice pneumatiky umožňující velmi nízké tlaky huštění. Kromě pružných bočnic jsou zesílená i ramena a koruna pneumatiky je plochá a složená ze směsi s dlouhou životností. Nejnižší tlak se pohybuje kolem 60kPa. Takto podhuštěná pneumatika se méně boří ve vlhké a měkké půdě (Obr.3) díky velké styčné ploše se zemí, je tedy zajištěn lepší záběr s menším prokluzem. Právě díky menšímu prokluzu a správnému tlaku huštění lze docílit snížení spotřeby paliva. Snížení tlaku huštění nemá vliv na nosnost pneumatiky (Obr.4). [8]



Obr. 3 Míra zhutnění půdy pneumatikou (vlevo Michelin Ultraflex vpravo běžná pneumatika stejné velikosti) [9]



Obr. 4 Řez pneumatikou Michelin Ultraflex [10]



1.2.2 MICHELIN XEOBIB

Konstrukce pneumatiky umožňuje docílit lepšího poměru zátěže, kterou traktor nese a výsledného tlaku působícího na půdu. Minimální tlak huštění udává výrobce 60kPa. Technologie Ultraflex umožňuje snížit tlak při stejném zatížení, nebo unést větší zátěž při stejném tlaku. Pneumatiky Michelin Xeobib umožňují dosahovat i při nízkém nahuštění dobré ovladatelnosti i na silnici. Maximální rychlost určená výrobcem je 65km/h. [8]

1.2.3 MICHELIN AXIOBIB

Pneumatika navržena pro traktory vyšších hmotností a výkonů (Obr5). Nejnižší tlak huštění 60kPa. Představuje řešení šetrnosti k půdě i pro těžké traktory pro dosažení větší styčné plochy a mělčí stopy kol. [8]



Obr. 5 Pneumatika Michelin Axiobib. [11]

1.2.4 TRELLEBORG TM BLUE

Traktorová pneumatika značky Trelleborg se speciálním tvarem dezénu (Obr.6) s terasováním mezi zuby, což má za následek lepší samočisticí schopnost pneumatiky. Tato vlastnost je přínosná například při výjezdu traktoru z pole na silnici, kdy je v případě této pneumatiky množství nečistot přenesené na silnici prokazatelně menší než v případě použití běžných pneumatik.

Při výrobě tohoto typu pneumatik je dbáno na ekologii a to snížením podílu aromatických uhlovodíků, snížená spotřeba energie a užitkové vody. Naopak zvýšený je podíl recyklovaných surovin. [12]



Obr. 6 Trelleborg TM Blue [13]



1.2.5 CONTINENTAL SVT

Výstižný zkratka SVT (Super volume tyre) znovu potvrzuje, že Continental stejně jako výše jmenovaní výrobci navrhuje konstrukci pneumatiky tak, aby měla minimální vliv na zhutnění půdy po průjezdu traktoru zvětšováním styčné plochy mezi pneumatikou a povrchu, po kterém se traktor pohybuje. Největší pneumatika na trhu pod označením SVT má označení 1050/50 R 32. Tento typ má minimální tlak huštění určený výrobcem 60kPa. Série SVT však nabízí pneumatiky, které mají minimální tlak huštění už na hodnotě 40kPa, na příklad 900/60 R 38 (Obr.7). [14]



Obr. 7 Continental SVT 900/60 R38 [15]

1.3 METODY PRÁCE S PNEUMATIKAMI

Pro zajištění efektivního provozu traktoru za každých podmínek které mohou v terénu nastat jsou tyto stroje vybaveny nejrůznějšími systémy a zařízeními. Svoji část úlohy zde nesou i pneumatiky, jejichž provozní režim a výsledný vliv na jízdu lze ovlivňovat následujícími způsoby. [2,3]

1.3.1 CENTRÁLNÍ HUŠTĚNÍ PNEUMATIK

Důležitý prvek pro práci s pneumatikami, v anglické literatuře označovaný zkratkou CTIS (Central tire inflation system), poskytuje kontrolu nad tlakem ve všech pneumatikách a díky regulaci tohoto tlaku umožňuje přizpůsobovat traktor různým typům povrchů. Snižováním tlaku dochází ke zvětšování kontaktní plochy pneumatiky se zemí, to vede k lepší ovladatelnosti a výkonnosti na nepevném povrchu. Díky větší kontaktní ploše dochází ke zmenšení míry zhutnění půdy způsobené jízdou traktoru. Centrální huštění pneumatik umožňuje kompenzovat ztráty vzduchu způsobené defektem pneumatiky. [16]



1.3.2 FUNKCE SYSTÉMU CTIS

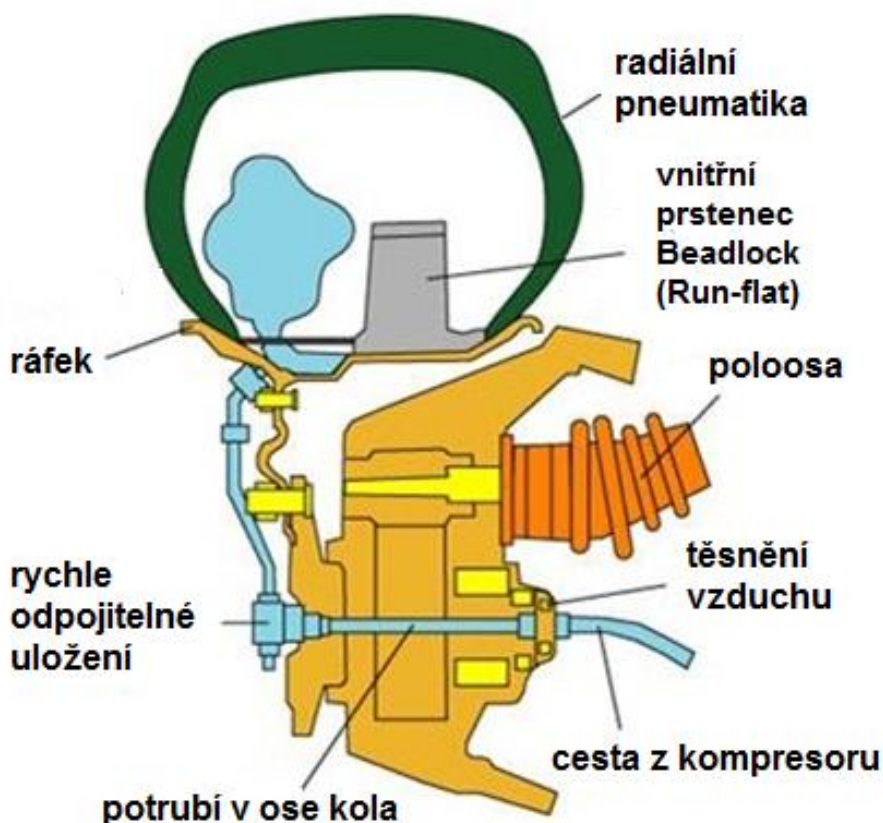
Přívod vzduchu do pneumatiky musí být přiveden středem hnací hřídele kola, aby se při otáčení pneumatiky nedeformoval. Na svém konci je pak přiveden ba ventil pneumatiky (Obr.8). [16]

Schéma celého systému (Obr.9) se skládá:

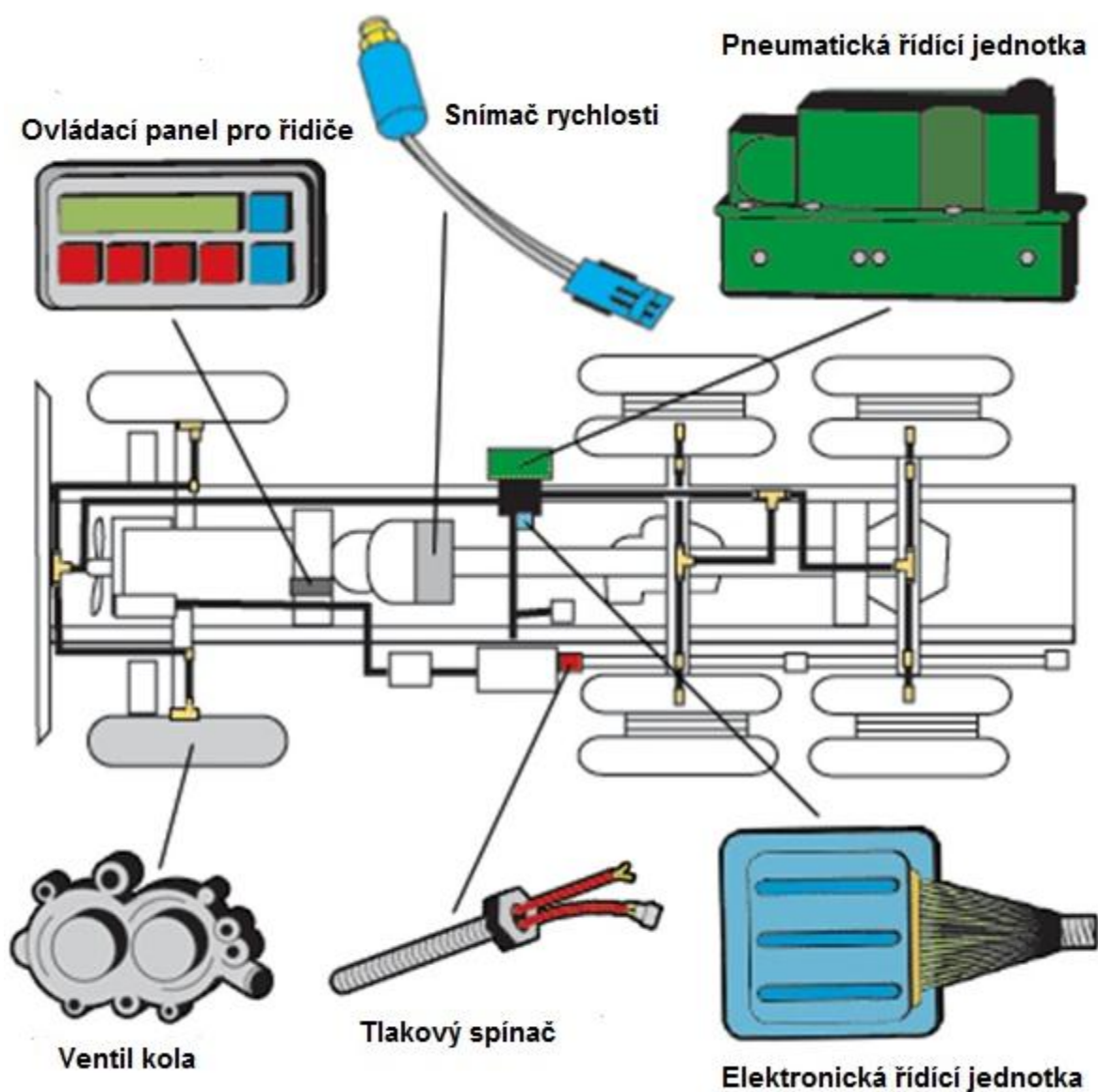
Ventil musí udržovat tlak v pneumatice, aby nedocházelo k samovolnému úniku vzduchu ven a izolovat pneumatiku od systému huštění, když není v provozu. Tím se zvyšuje životnost, protože těsnění nemusí být vystaveny vysokému tlaku kontinuálně. Zároveň ale musí umožňovat systému centrální regulace huštění v případě potřeby vzduch z pneumatiky odebírat nebo doplňovat, dle aktuální potřeby. [16]

Elektronická centrální jednotka (ECU) zpracovává příkazy řidiče, monitoruje signály v celém systému a průběžně v periodických intervalech kontroluje stav tlaku v pneumatikách, aby ověřil, zda je udržován zvolený tlak. K tomu využívá jednotku kontroly pneumatik, obsahující senzor kontroly tlaku, který dodává systému informace o tlaku v každé jednotlivé pneumatice. [16]

Ovládací panel řidiče umožňuje řidiči zvolit režimy tlaku v pneumatikách, aby odpovídaly současným podmínkám. Na palubní desce panel zobrazuje aktuální stav tlaku v pneumatikách a stav systému. Pokud řidič vybere nastavení tlaku v pneumatikách signály z ovládacího panelu jdou do ECU, pak do jednotky kontroly pneumatik a následně do ventilů kol. [16]



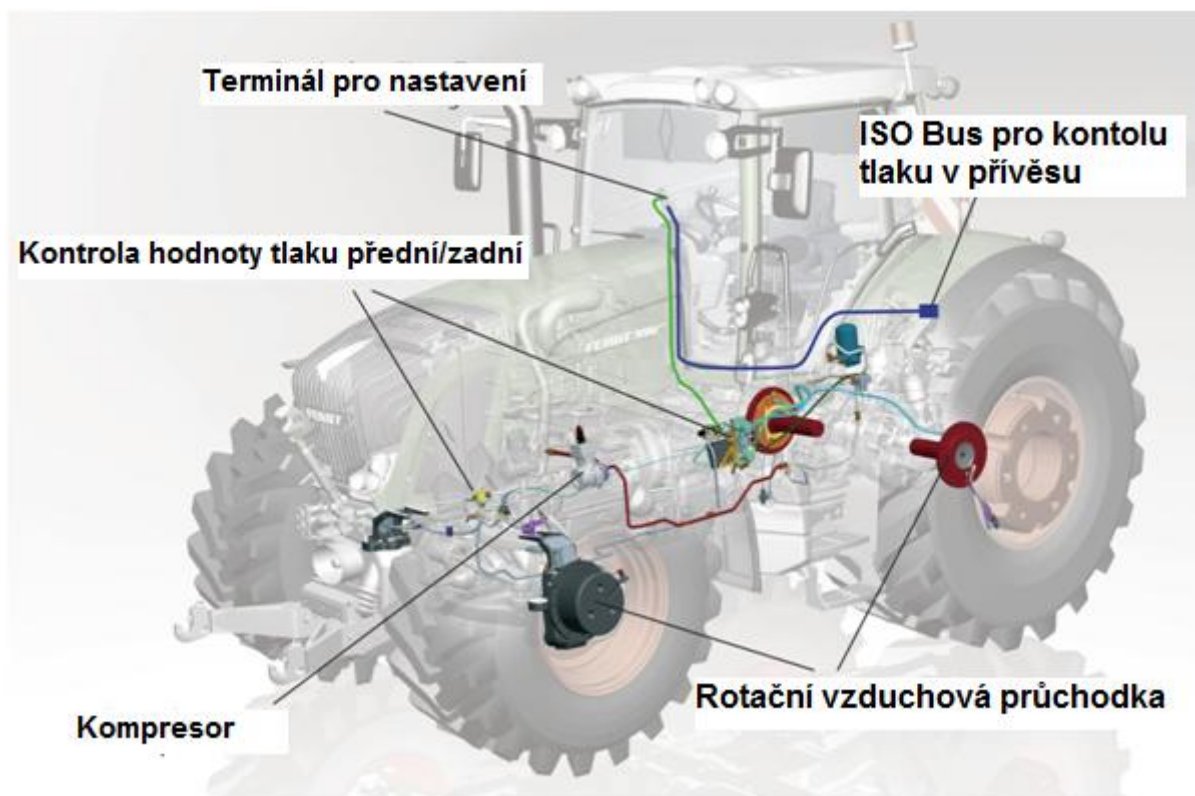
Obr. 8 Funkce centrálního huštění pneumatik [16]



Obr. 9 Schéma centrálního huštění pneumatik ve vozidle [17]

1.3.3 INTEGROVANÁ REGULACE TLAKU V PNEUMATIKÁCH

Integrovaná konstrukce umožňuje rychlé huštění i pokles tlaku. Zvyšování o jeden bar trvá přibližně šest minut, snižování tlaku o jeden bar pak přibližně dvě minuty. Změny tlaku lze provádět i za jízdy. Integrovaná konstrukce regulace tlaku je dražší, než dodatečně instalované regulace. Její hodnota se pohybuje okolo 10 000 Euro, podle typu stroje. Celkové uspořádání tohoto typu regulace (Fendt) viz (Obr.10). [2,3]



Obr. 10 Systém centrálního huštění pneumatik Fendt [2,3]

Kromě integrované regulace tlaku existuje i levnější varianta a to dodatečná instalace na již provozovaný traktor či návěs. Dodatečný systém centrálního huštění lze získat pomocí hadicových systémů (Obr. 11).



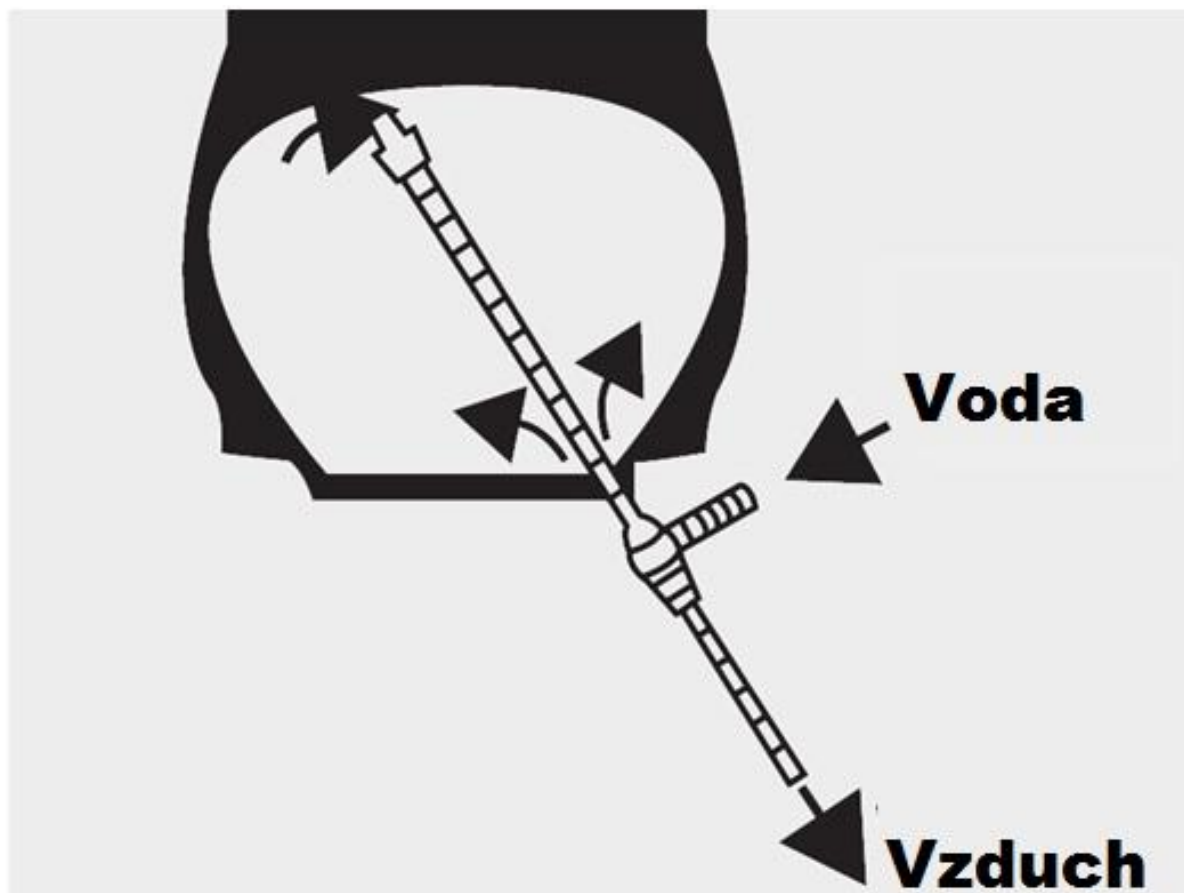
Obr. 11 Dvou hadicový automatický systém huštění traktoru s detailem uchycení a zapojení na kole traktoru [2,3]

1.3.4 PLNĚNÍ PNEUMATIKY KAPALINOU

Pro zvýšení tažné síly traktoru lze použít jako plnicí médium pneumatiky také vodu nebo nemrznoucí kapalinu, pokud je to nutné. Pro zajištění stejné pružnosti pneumatiky, jako při plnění vzduchem je optimální naplnit pneumatiku vodou přibližně ze 75% zbytek objemu by měl vyplňovat vzduch. Největší výhodou této metody je bezesporu cena, pro zvýšení hmotnosti traktoru by v jiném případě muselo být připojeno přídavné zařízení. Další výhodou je i skutečnost, že kapalina v pneumatice nezvyšuje zatížení nápravy. Dochází také ke snížení



těžiště traktoru, které se příznivě projeví například při jízdě po svahu. Naopak nevýhody této metody jsou, že pneumatika musí být vybavena tzv. vodním ventilem (Obr.12), který umožňuje přívod vody a zároveň odvodu vzduchu z objemu do kterého je voda přiváděna. U bezdušových pneumatik je nutné do vody, potažmo nemrznoucí směsi přidat i chemikálie z důvodu možné koroze ráfku. V tomto případě se používá etylenglykol. Pokud je použita pneumatika s duší, připravuje se jako nemrznoucí kapalina směs chloridu vápenatého (CaCl_2) nebo chloridu hořečnatého (MgCl_2) do vody. [18, 19]

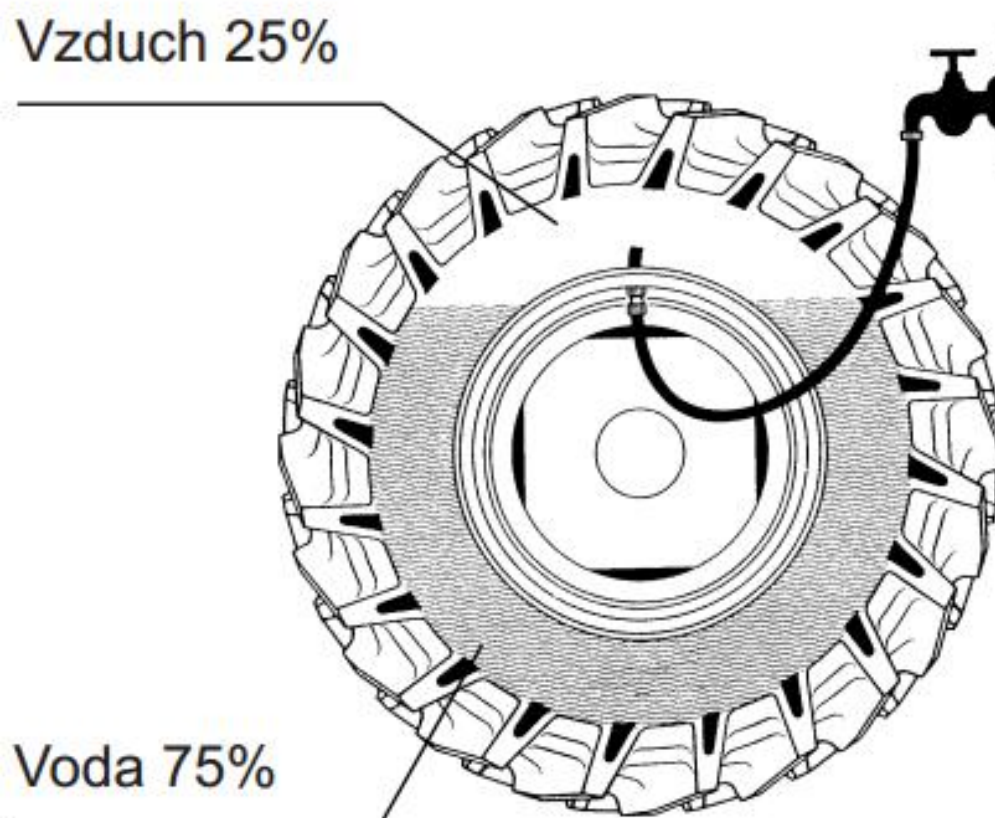


Obr. 12 Schéma plnění pneumatiky pomocí vodního ventilu. [18]

S možností naplnit pneumatiku z části vodou, pro dosažení lepších tahových vlastností byť za cenu většího ztuhnutí půdy počítají i přední výrobci pneumatik. Například Continental uvádí ve svém katalogu pneumatik i postup jak naplnit pneumatiku vodou i optimální objem pro každý typ pneumatiky. [18]

Výsledné vlastnosti pneumatiky naplněné vodou 75% a vzduchem 25% jsou: (Obr.13) [18] [19] [20]

- pneumatika je tužší a méně pružná,
- zvýší se valivý odpor,
- zvýší se riziko poškození pneumatik, ráfků a náprav,
- výrazné zvýšení odporu během provozu na silnici,
- nutnost častější kontroly tlaku, z důvodu nízkého objemu vzduchu v pneumatice.



Obr. 13 Pneumatika naplněná vzduchem a vodou. Vodní ventil musí být v nejvyšším bodě. [19]



2 TRAKTOR A PŮDA

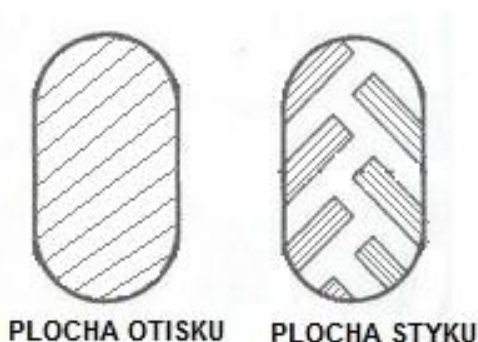
Pohyb traktoru vyvolává v půdě napětí, způsobující negativní změny především pórovitosti a měrné hmotnosti půdy v důsledku změn vodního režimu. Touto problematikou se zabývá terramechanika, tedy vytvářením stopy, jízdními odpory, stlačováním půdy, přenosem obvodových sil, atd. [2, 3]

Pojezdové ústrojí lze tedy charakterizovat plochou styku a otisku ovlivňující zhutňování půdy. Rozlišují se dva pojmy (Obr.14):

- plocha styku
- plocha otisku.

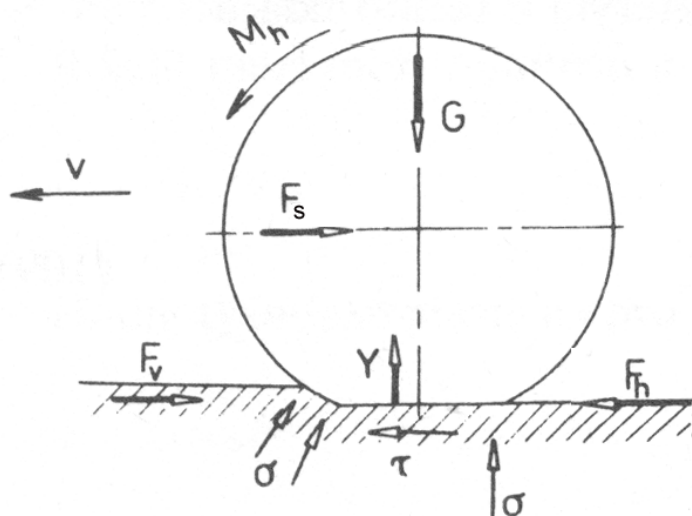
Plocha styku je část plochy otisku, jež je dána výstupky dezénu, které přijdou do kontaktu s podložkou.

Plocha otisku je charakterizována jako plocha rovinná omezená obrysem vtlačení vzhledem k povrchu půdy, vzniká tedy na podložkách s malou únosností (nakypřená půda). Na tuhé podložce má eliptický tvar. Poměr styku a otisku se nazývá plností vzorku běhounu a na tuhé podložce dosahuje 30 – 60%. [2, 3]



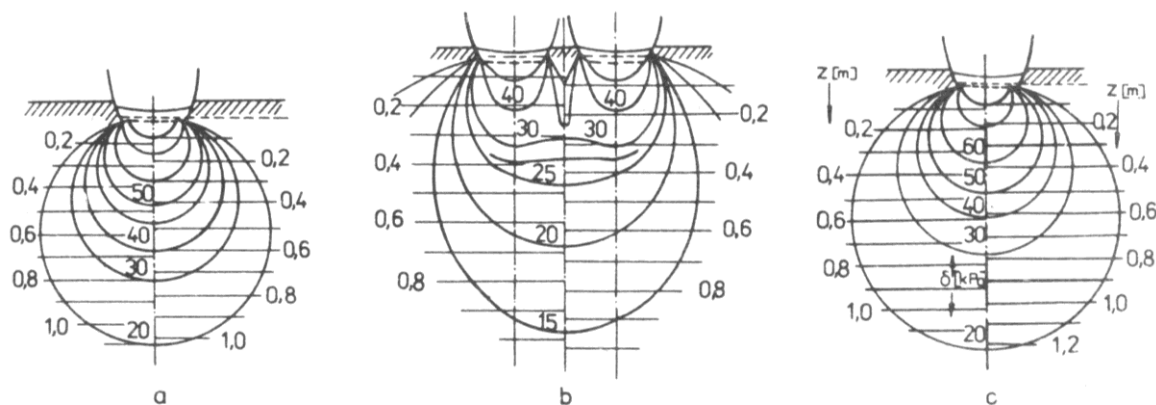
Obr. 14 Tvar kontaktu pneumatiky s podložkou [3]

Pod každou částí dosedací plochy pláště nebo pásu vzniká v půdě elementární napětí σ jako výsledek působení tíhové síly G na elementární plošky (Obr.15). Napětí se s rostoucím zatížením kola šíří především do hloubky a zároveň do stran, kde jsou zakresleny křivky konstantního tlaku. [2, 3]



Obr. 15 Schematické znázornění valení pneumatiky po měkké podložce [2]

Velikost napětí σ nezávisí pouze na hmotnosti a uspořádání podvozku, ale i na vlastnostech půdy. Tedy na vlhkosti, pórovitosti a druhu půdy. Směr výsledného napětí je vždy kolmý k dosedací ploše, a proto se může rozkládat na vodorovnou a svislou složku. Vodorovnou složku napětí představuje síla odporu valení F_v působící v opačném směru jako F_h – hnací síla. Svislá složka valení je zastoupena svislou normálovou reakcí Y , která odpovídá tíhové síle přenášené každou pneumatikou (pásem) a působí kolmo na povrch půdy (Obr.16). [2, 3]



Obr. 16 Průběh tlaků pod pneumatikou při stejném zatížení, A – tlak v pneumatice 80kPa; B – tlak v pneumatice 80kPa (dvoumontáž); C – tlak v pneumatice 120kPa [2]

Smykové napětí τ vzniká přenosem hnacího momentu motoru. Směr tohoto napětí je shodný s povrchem půdy. Poměr normálové reakce a plochy otisku označuje kontaktní tlak q . Střední hodnota kontaktního tlaku q_s podle vztahu:

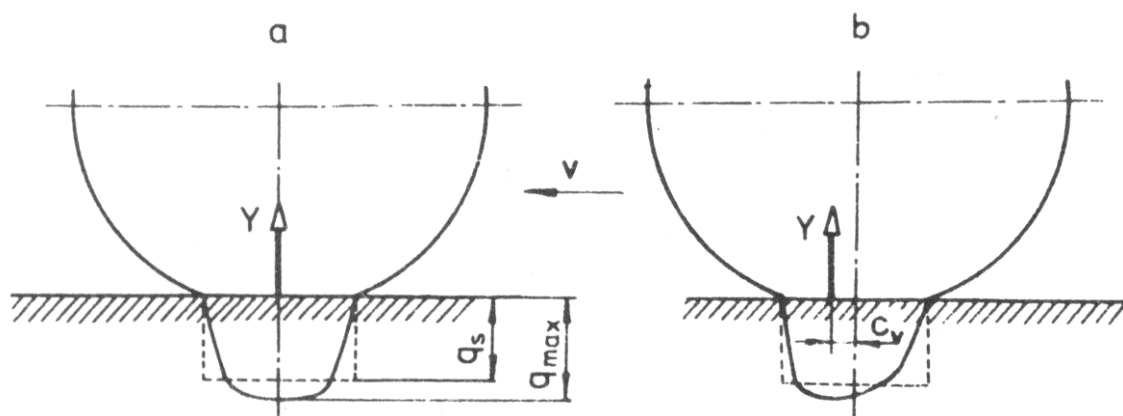
$$q_s = \frac{Y}{S_o} \text{ [Pa]} \quad (1)$$

Velikost kontaktního tlaku je tedy ovlivněna všemi činiteli, které mají vliv na velikost normálové reakce a plochy otisku. Nejvyšší kontaktní tlak na pevné podložce q_{max} je na tvrdé



podložce obvykle až o 20% vyšší, na měkké podložce o 50 až 100% oproti střední hodnotě tlaku. [2, 3]

Míra zhutnění půdy tedy ovlivňuje míru zaboření kola. Čím má menší únosnost, tím více dochází k zabořování kola. Hloubka zaboření kola je dána rovnováhou mezi nosnou schopností půdy a vnějším zatížením. Pokud traktor stojí na místě, normálová reakce leží v ose kola. Při pohybu se posouvá ve směru jízdy o vzdálenost c_v (Obr.17). [2, 3]



Obr. 17 kontaktního tlaku (a-pod stojící; b-pod pohybující se na tvrdé podložce) [2]

Aktuálnost problematiky zhutnění půdy potvrzuje fakt, že v České republice je zhutněním ohroženo kolem 40 – 45% všech zemědělských půd. Z toho se jedná ze 30% o genetické zhutnění všech půd a technologické zhutnění až 45%. Zmíněné technologické zhutnění je výhradně antropogenního charakteru. Dochází k němu tehdy, kdy zatížení přenášené podvozkem traktoru překračuje okamžitou únosnost půdy. Zhutnění se týká půdy každého zrnitostního složení, ale těžké a středně těžké půdy jsou k tomuto poškození náchylnější. V důsledku zhutnění je omezena infiltrace vody, retenční schopnost půdy pro vodu, urychluje erozi a zvyšuje půdní odpor. Další projevy jsou fyzikální změny objemové hmotnosti, pórovitosti, vzdušné a vodní kapacity. [2, 3]



3 TERÉNNÍ MĚŘENÍ (TRAKTOR A PNEUMATIKY)

Měření tahové síly traktorů může probíhat jak na zpevněné vozovce tak i na poli. Je však nutné dbát na zachování stejných vnějších podmínek pro všechna měření, aby byly výsledky objektivní.

3.1 TECHNICKÉ PARAMETRY POUŽITÉHO TRAKTORU

Pro terénní měření byl zvolen traktor JOHN DEERE 8520 (Obr.18).



Obr. 18 Traktor JOHN DEERE 8520 použitý při zkouškách.



Tab. 1 Technické parametry traktoru

MOTOR	
Číslo motoru	ESN: RG6081H281572
Číslo traktoru	6081HRW38
Rok výroby	2006
Počet motohodin	4773
Jmenovitý výkon [kW]	199,4
Max. výkon bez navýšení [kW]	231,4
Jmenovité otáčky [min ⁻¹]	2200
Max. točivý moment [N.m] při 1200 min ⁻¹	1337
Počet válců	6
Vrtání [mm]	116
Zdvih [mm]	129
Objem motoru [cm ³]	8134
Pohon ventilátoru chlazení	viskózní spojka
Přepřínování	turbodmychadlo
Vstřikovací systém	Common Rail
PŘEVODOVKA	
Typ	Full PowerShift
Počet převodových stupňů	16F/5R
PŘÍSLUŠENSTVÍ	
Rozměr přední pneumatiky	Michelin MachXbib 600/70R 30
Rozměr zadní pneumatiky	viz zkoušené pneumatiky
HMOTNOSTI	
Na přední nápravě	6 370 kg
Na zadní nápravě	7 410 kg
Celkem	13 780 kg

Zkoušené pneumatiky byly (Obr.19):

1. Michelin Axiobib IF 710/70 R42 (max. tlak huštění: 250kPa)
2. Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42 (max. tlak huštění: 350kPa)
3. Continental SVT 710/70 R42 (max. tlak huštění: 250kPa)



Obr. 19 Zkoušené pneumatiky; 1-Michelin, 2-Trelleborg, 3-Continental

4 METODIKA MĚŘENÍ

Tahové zkoušky byly provedeny za účelem určení míry vlivu použitých pneumatik a tlaku huštění na tahové vlastnosti traktoru. Aby měření přineslo komplexní a přesné výsledky byly tahové vlastnosti traktoru měřeny při třech různých tlacích huštění - 80 kPa, 120 kPa a 160 kPa na předem vybrané převodové stupně – 4.RS, 6.RS, 8.RS, 10.RS a 12.RS. Předmětem zkoušek byly pneumatiky montované pouze na zadní nápravu, z tohoto důvodu byly provedeny bez zapnutého pohonu nápravy přední. Tahové zkoušky proběhly na rovném úseku pozemku „U střediska“ v katastru obce Rostěnice okres Vyškov, s půdním typem černozem, viz (Obr.20). Obsah humusu byl 2,6%. Nadmořská výška pozemku je 270 m n. m. Povrch pozemku tvořilo strniště po sklizni jarního ječmene. Zde byly na rovné části pozemku vyměřeny tři padesáti metrové úseky, kde probíhalo měření tahových vlastností traktoru. Pro dosažení stejných stykových podmínek všech pneumatik se zemí, byly provedeny jízdy vždy vedle sebe na neutuženém povrchu. Metodika měření byla vzhledem k omezené ploše pozemku upravena tak, že na každý převodový stupeň proběhlo šest měření, s cílem vykreslit co nejpřesněji průběh v oblasti maximálního tahového výkonu. Všechna měření byla provedena za ustálených podmínek s konstantní brzdou silou, která byla postupně s každým dalším měřením zvyšována, aby bylo možné vykreslit celý průběh tahového výkonu. Brzdná síla byla v měřicím úseku vytvářena pomocí připojeného traktoru CASE IH MAGNUM 335 o hmotnosti 14 020 kg.

Po skončení měření tahových vlastností pneumatiky nahuštěné příslušným tlakem na dané převodové stupně byla provedena úprava tlaku huštění na požadovanou hodnotu a celé měření se opakovalo.



Obr. 20 Mapa s vyznačenou částí pozemku, kde probíhaly zkoušky

Měřený a brzdící traktor byly navzájem spojeny lanem (Obr.21) s vloženým tenzometrickým snímačem síly Hottinger typ U2A. V obou připojovacích místech byla výška spojovacího lana 660 mm. Měření probíhalo vždy pouze v jednom směru jízdy. Před počátkem každého měřicího úseku byla vymezena dostatečně dlouhá dráha pro dosažení požadované rychlosti a ustálení měřených parametrů. Kromě tahové síly byla měřena současně další data z interních a externích snímačů doplněných na traktoru pro potřeby



tahových zkoušek. Data z interních snímačů byla získána připojením na datovou sběrnici Can-Bus, ze které byly údaje ukládány se stejnou frekvencí 20 Hz jako ostatní data. Měřila se spotřeba paliva, otáčky motoru, zatížení motoru, aktuální točivý moment, teploty provozních náplní atd. Kromě snímače síly byl použit externí snímač otáček zadní nápravy a modul GPS. Data byla následně ukládána do měřicího počítače a odesílána pomocí bezdrátové sítě wi-fi, s maximální komunikační rychlostí 300 Mb/s, do počítače na stacionárním stanovišti. Další zpracování na kontrolním stanovišti bylo zajištěno v programu MS Excel.



Obr. 21 Souprava pro měření tahových vlastností traktoru JOHN DEERE 8520. Brzdící traktor CASE IH MAGNUM 335

Na závěr měření tahových vlastností dané pneumatiky na požadovaný tlak huštění bylo provedeno změření dráhy 10-ti otočení kol bez zatížení tahovou silou, tzn. jízda samotného traktoru. Ze získaných hodnot byl spočtený dynamický poloměr kola, pro výpočet teoretické rychlosti soupravy. Po každém průjezdu soupravy byl rovněž kontrolován případný prokluz pneumatiky na ráfku (Obr.22).



Obr. 22 Zkoušená pneumatika s reflexními značkami pro kontrolu posunu na ráfku kola



V průběhu měření se odebíraly vzorky půdy pro určení hmotnostní vlhkosti V_{hm} . Vlhkost půdy byla vypočtena podle vztahu:

$$V_{hm} = \frac{M_c - M_s}{M_s} * 100 \quad [\%] \quad (2)$$

kde: M_c ... hmotnost vzorku půdy před vysušením [g]

M_s ... hmotnost vysušeného vzorku [g]

Vzorky půdy byly odebírány v hloubce 5cm. Hmotnost byla zjištěna na elektronické digitální váze ACCURAT 5000 (přesnost $\pm 1g$). Výsledky hmotnostních vlhkostí a jejich průměrné hodnoty jsou uvedeny v Tab. 2.

Tab. 2 Vyhodnocení vzorků půdy

Datum	Úsek č.	Hmotnost vzorku před vysušením [g]	Hmotnost vzorku po vysušení [g]	Hmotnostní vlhkost [%]	Průměrná vlhkost [%]	Měřené pneumatiky
12. 9 2014	1	396	349	13,47	15,79	Michellin, tlak 160 kPa
12. 9 2014	2	378	326	15,95		
12. 9 2014	3	427	362	17,96		
13.9 2014	1	421	372	13,17	14,55	Michellin, tlak 120 kPa, 80 kPa
13.9 2014	2	380	328	15,85		
13.9 2014	3	392	342	14,62		
14.9 2014	1	853	748	14,04	13,72	Trelleborg, tlak 160 kPa, 120 kPa
14.9 2014	2	863	761	13,4		
14.9 2014	3	779	685	13,72		
15.9 2014	1	341	278	22,66	22,25	Trelleborg, tlak 80 kPa, a Continental, tlak 160 kPa, 120 kPa
15.9 2014	2	341	280	21,79		
15.9 2014	3	340	278	22,3		
16.9 2014	1	887	742	19,54	19,38	Continental, tlak 140 kPa, 80 kPa

Kromě hmotnostní vlhkosti půdy byla v místě konání tahových zkoušek provedena měření penetrometrického odporu půdy (Obr.23), za pomoci ručního kuželového penetrometru s digitálním záznamníkem Penetrologger od firmy Eijkelkamp. Zařízení odpovídá standardu ASAE. S313.3 (2004a). Pro vlastní měření byl zvolen hrot o průměru 1 cm^2 , 60° . Rychlost vnikání hrotu do půdy byla nastavena na $3\text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$. Bylo provedeno 6 sérií měření po 10



opakováních v sérii. Tři série byly měřeny před projetím měřicí soupravy a 3 série byly naměřeny po projetí měřené soupravy. Během měření byla zaznamenána vlhkost půdy pomocí sondy, která je součástí Penetrologgeru.

Vyhodnocení naměřených dat odpovídá standardu ASAE EP 542 (2004b). Pro vyhodnocení byl použit software PenetroViewer ver. 5.08. s vyhodnocením průběhu penetrometrického odporu v půdním profilu. Dále byl stanoven Cone index (CI). Z grafického vyhodnocení byl stanoven 1PCI - (Peak Code Index) tj. první maximální hodnota penetrometrického odporu větší jak 2 MPa a 2PCI (druhá maximální hodnota penetrometrického odporu větší jak 2 MPa). Dále pak byla stanovena hloubka, ve které tento odpor poprvé přesáhl hranici 2 MPa.

Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce Tab. 3. Příklad grafického průběhu měření penetrometrického odporu první série před a po projetí soupravy je uveden na obrázcích (Obr.24) a (Obr.25).

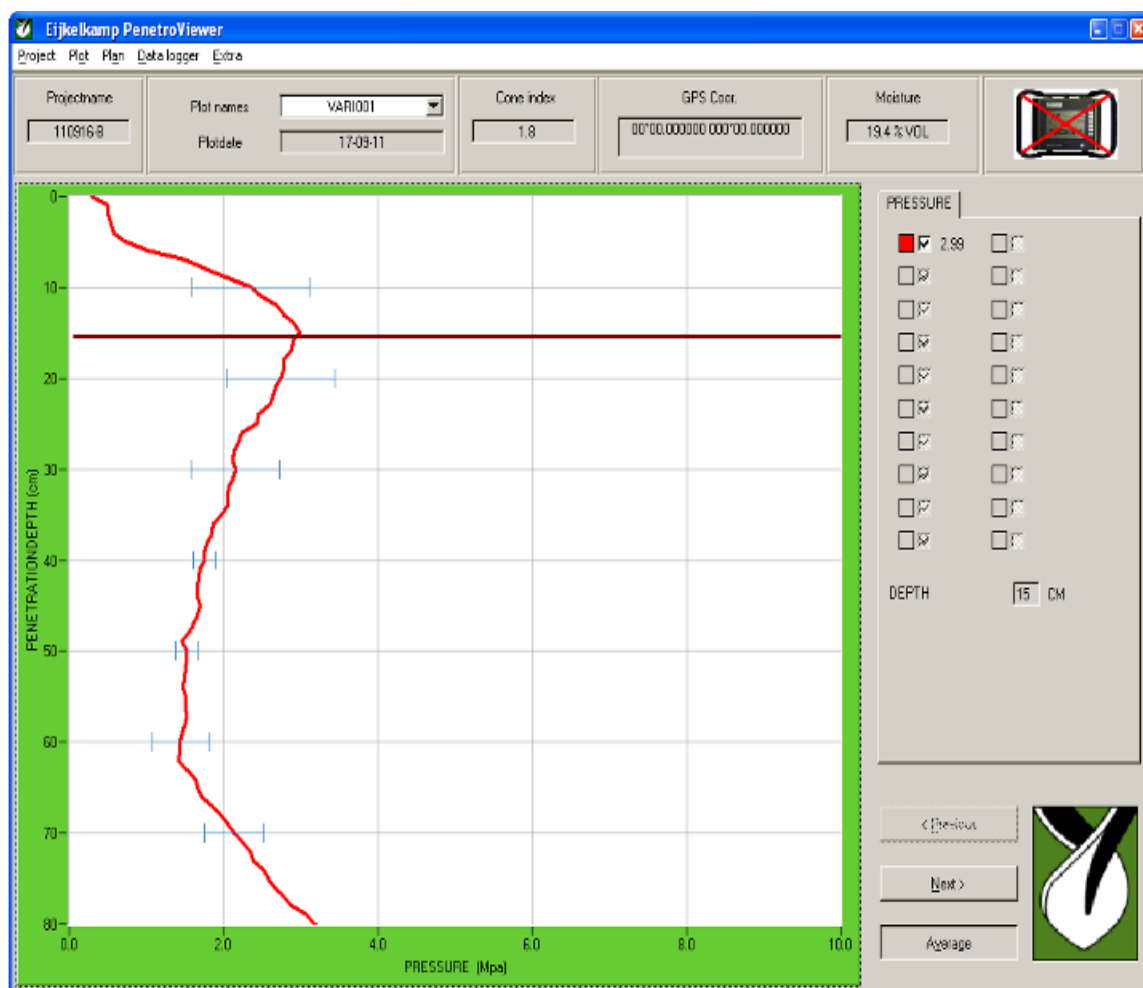


Obr. 23 Měření penetrometrického odporu a vlhkosti půdy pomocí ručního kuželového penetrometru

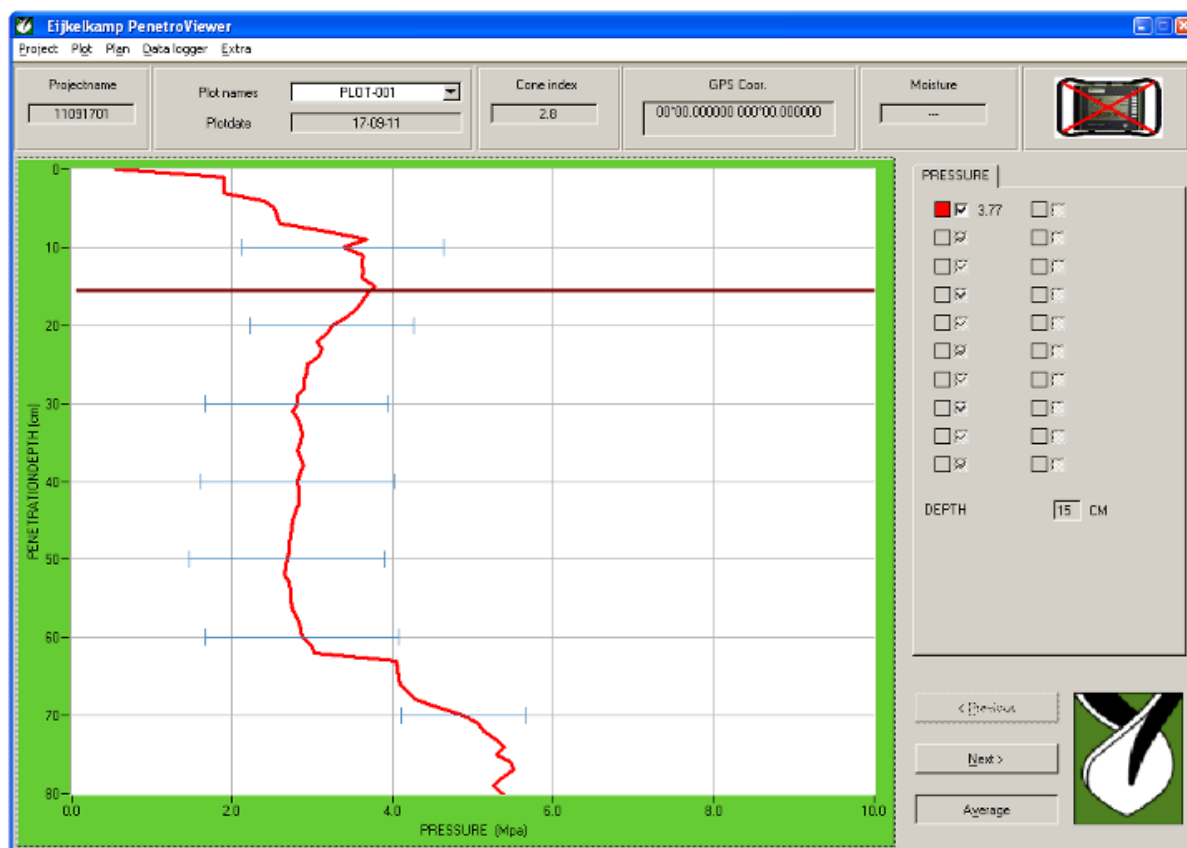


Tab. 3 Výsledky měření penetrometrického odporu

Měření	před projetím soupravy			po projetí soupravy		
Série měření	1	2	3	1	2	3
Cone index (CI)	1,8	1,8	1,8	2,8	2,3	2
1 PCI	0,14 m	0,15 m	0,17 m	0,09 m	0,08 m	0,12 m
2 PCI	0,80 m	0,76 m	0,80 m	0,14 m	0,15 m	0,63 m
Hloubka nad 2 MPa	0,09 m	0,12 m	0,12 m	0,04 m	0,06 m	0,05 m



Obr. 24 Průběh penetrometrického odporu půdy – před projetím soupravy – 1. série měření



Obr. 25 Průběh penetrometrického odporu půdy – po projetí soupravy – 1. série měření

Naměřené výsledky před projetím měřicí soupravy ukázaly, že lokalita je z pohledu penetrometrického odporu poměrně vyrovnaná. Jak dokazuje naměřený Code index (CI). I průběh zhutnění půdy v závislosti na hloubce měření vykazuje v grafickém vyjádření poměrně shodný průběh. V hloubce cca. 15 cm se nachází zhutnělá vrstva, která byla způsobena zřejmě technologicky, mělkým zpracováním půdy.

Po projetí měřicí soupravy došlo z pohledu penetrometrického odporu ke zhoršení hodnot porovnávaných charakteristik půdy. Zvýšil se Code index (CI), zároveň se snížila hloubka, ve které bylo poprvé dosaženo hodnoty vyšší než 2 MPa. Při sledování Peak code indexu (PCI) vidíme na grafickém vyjádření dva vrcholy. Jeden v hloubce přibližně 0,10 m, jako důsledek utužení půdy měřicí soupravou a již zmiňované zhutnění v hloubce cca. 0,15 m.

5 POUŽITÁ MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ

Pro měření jednotlivých údajů při terénních tahových zkouškách, byla snímána data interních snímačů traktoru ze sběrnice CAN-Bus. Ze sítě traktoru byly snímány především otáčky motoru, hodinová spotřeba paliva, aktuální moment motoru, zatížení motoru. Velikost tahové síly byla měřena tenzometrickým snímačem. Skutečná rychlost byla určena modulem GPS a teoretická rychlost vycházela z měření otáček kola. Takto získaná data byla zpracována proprietárním software a ukládána do paměti měřicího počítače.

5.1 MĚŘENÍ SIL

Pro měření síly byl využit tenzometrický snímač HBM, typ U2A (Obr.26) v rozsahu do 100 kN. Citlivost snímače 2mV/V. Excitace pro měření byla 5V. Snímač byl před zkouškami kalibrovaný. Tenzometr byl připojen přes ocelová oka nylonovým lanem (30t) mezi tažený a tažený traktor.



Obr. 26 Tenzometrický snímač

5.2 GPS MODUL

Lokalizace soupravy a také skutečná rychlost byla zprostředkována GPS přijímačem (Obr.27) s datarate 5 S/s. Přijímač byl do měřicího notebooku připojen přes sběrnici RS232.



Obr. 27 Modul GPS s datarate 5 S/s



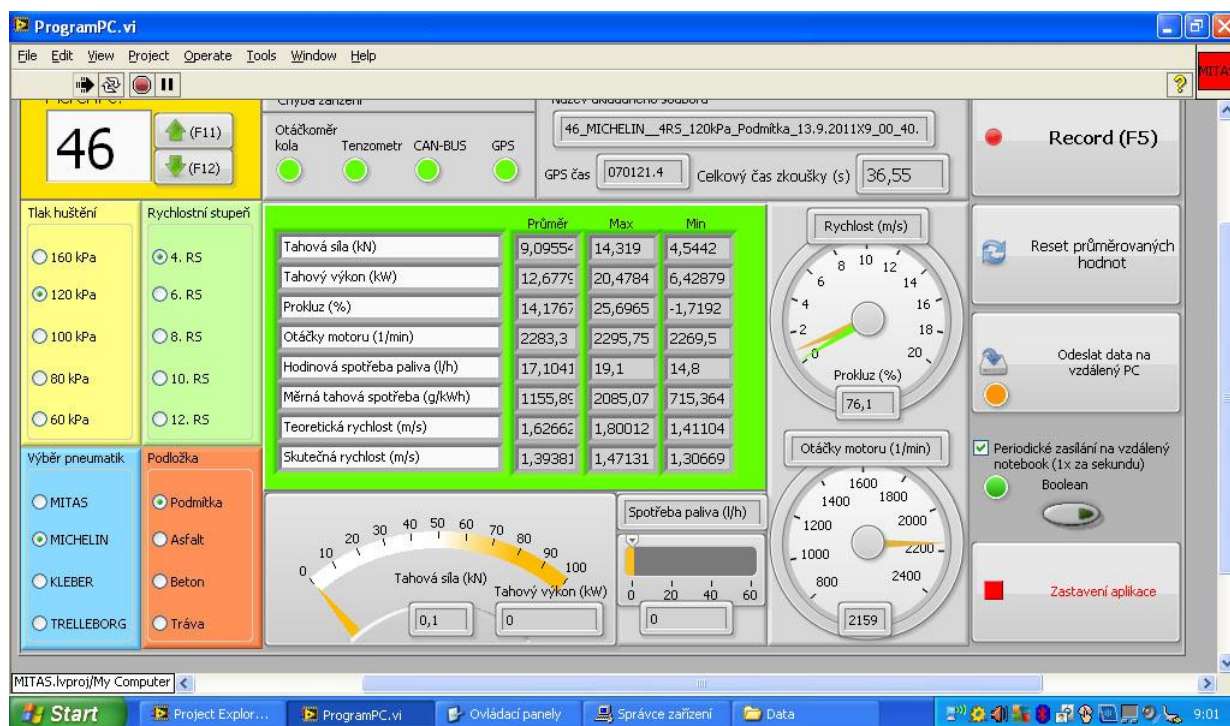
5.3 PROGRAMOVÉ PROSTŘEDÍ

Pro uvedenou soustavu měření byl na ústavu techniky a automobilové dopravy Mendelu Brno vyvinut software ve vývojovém prostředí LabVIEW 2010 od společnosti National Instruments (NI). Systém terénního měření byl navržen modulárně a zahrnuje tři základní části: sběr dat z interní komunikační sítě CAN přes USB NI8473s převodník společnosti National Instruments (Obr.28); snímání signálu z tenzometrického snímače Hottinger typ U2A přes modul NI 9237 vložený do ústředny NI CompactDAQ a snímání signálu z inkrementálního otáčkoměru kola, pro stanovení prokluzu modulem NI 9411 také v ústředně CompactDAQ, snímání polohy a ostatních údajů modulem GPS společnosti Garmin GPS18-5.

Subrutina CAN-Bus sbírá data z této sběrnice, resp. provádí filtraci dat na fyzické vrstvě hardware a interpretuje je v decimální podobě. Přepočtení bylo provedeno dle protokolu SAE J1939 a ISO-BUS. Rutina analogových/čítačových vstupů sbírá hodnoty o velikosti tahové síly při excitaci 5V a citlivosti 2mV/V. Inkrementální otáčkoměr byl připojen do čítačového vstupu modulu NI 9411. Ve smyčce GPS modulu dochází k dekódování standardní NMEA věty v ASCII podobě. Z GPS dat byla vybrána věta GPRMC, která nese všechny důležité údaje o rychlosti a poloze traktoru. Data z předchozích rutin jsou přes globální proměnné, resp. sdílené proměnné předávány do smyčky ukládání, která v případě aktivace ukládá do ASCII souboru data s předem definovaným vzorkováním (při měření bylo shledáno optimum 20 Hz). Masky programu pro snímání dat ze sítě traktorů JD 8320 je uvedena na (Obr.29). Celkové umístění snímačů je znázorněno na (Obr.30).



Obr. 28 USB převodník pro CAN-BUS od NI



Obr. 29 Maska měřicího programu



Obr. 30 Pohled na umístění snímačů



6 VZORCE

Pro vyhodnocení naměřených veličin v průběhu terénního měření byly použity vzorce:

Tahový výkon

$$P_t = F_t \cdot v \quad [\text{kW}] \quad (3)$$

F_t Tahová síla [kN]
 v Skutečná pojezdová rychlost [m/s]

Prokluz

$$\delta = \frac{v - v_t}{v_t} \cdot 100 \quad [\%] \quad (4)$$

v Skutečná rychlost [m/s]
 v_t Teoretická rychlost [m/s]

Teoretická rychlost byla stanovena z údajů snímače otáček kola pomocí vztahu

$$v_t = \frac{\pi \cdot i \cdot r_d}{180} \quad [\text{m/s}] \quad (5)$$

i Počet impulzů snímače za sekundu [s^{-1}]
 r_d Dynamický poloměr kola [m]

Graf průběhu prokluzu kol traktoru v závislosti na tahové síle, byl získán proložením naměřených hodnot křivkou, jejíž obecná rovnice odpovídá standardním průběhům uvedeným v literatuře a má tvar:

$$\delta = \frac{A\mu - B\mu^2}{\mu_m - \mu} \quad [-] \quad (6)$$

μ Součinitel záběru [-]
 μ_m Limitní hodnota součinitele záběru [-]
 A, B Konstanty [-]

Měrná tahová spotřeba

$$m_{pt} = \frac{Q_h \cdot \rho}{P_t} \cdot 10^3 \quad [\text{g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (7)$$

Q_h Průměrná hodinová spotřeba paliva na měřeném úseku [l/h]
 ρ Hustota paliva [kg/l]



7 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Měření tahových vlastností traktoru John Deere 8520 s pneumatikami Trelleborg, Michelin a Continental na zadní nápravě, proběhlo na pozemku „U střediska“ v Rostěnicích, okres Vyškov. Zkoušky byly realizovány na strništi po sklizni jarního ječmene. Vzhledem k tomu, že byly porovnávány vlastnosti pneumatik na zadní nápravě, všechna měření proběhla pouze se zařazeným pohonem zadní nápravy a se sepnutou uzávěrkou diferenciálu. Tahové vlastnosti byly po dohodě se zadavatelem měřeny při zařazených převodových stupních 4, 6, 8, 10 a 12. U zkoušených pneumatik byl měněn tlak 80 kPa, 120 kPa, 160 kPa. Při všech zkouškách byla u traktorového motoru nastavena plná dodávka paliva. Aby při opakovaných přejezdech nedošlo ke zkreslení výsledků měření, proběhla každá jízda po neujetém povrchu. Vzhledem k omezené ploše pozemku vymezené pro zkoušky bylo nutné zaměřit se především na změření bodů v oblasti maximálních tahových výkonů. Celkem bylo realizováno 298 měření tahových vlastností, každé na dráze 50 m. Údaje snímané z externích snímačů síly, otáček kol a GPS byly doplněny daty odečítanými z digitální sítě CAN BUS traktoru. Snímaná data byla ukládána s frekvencí 20 Hz do paměti měřicího počítače, umístěného v kabině traktoru. Podle času průjezdu měřícím úsekem se počet záznamů v naměřených souborech pohybuje od 200 do cca 2000. Po ukončení každého měření byla získaná data odeslána bezdrátově do počítače na stacionárním pracovišti na okraji pozemku, k průběžné kontrole a předzpracování výsledků. Podle získaných předběžných výsledků byl volen další postup zatěžování traktoru tak, aby bylo u každé varianty měření dosaženo rovnoměrné rozložení měřených bodů.

Po ukončení zkoušek byla všechna měření podrobně vyhodnocena. Z naměřených hodnot tahové síly, skutečné a teoretické rychlosti a hodinové spotřeby, byl vypočten tahový výkon, prokluz kol a měrná tahová spotřeba paliva, dle vztahů uvedených v metodice. Z naměřených a vypočtených údajů byly pro každou zkoušku vypočteny průměrné hodnoty, které jsou uvedeny v následujících tabulkách Tab. 4 až Tab. 22 pro všechny měřené pneumatiky, převodové stupně a tlaky vzduchu v pneumatikách. Hodnoty uvedené v tabulkách byly použity pro nakreslení tahových charakteristik. Do grafů na (Obr.31) až (Obr.40) jsou vyneseny průběhy tahových výkonů na jednotlivé převodové stupně a průběh prokluzu kol zadní nápravy v závislosti na tahové síle. Graf průběhu prokluzu zadních kol traktoru byl získán proložením naměřených hodnot křivkou polynomu.

7.1 PNEUMATIKY TRELLEBORG

Výsledky měření tahových vlastností traktoru s pneumatikami Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42 jsou uvedeny v Tab. 4 až Tab. 9. Zvýrazněná pole tabulek obsahují maximální dosažené tahové výkony na jednotlivé převodové stupně. Z hodnot v tabulkách byly sestaveny grafy tahových charakteristik na (Obr.31) až (Obr.33). V Tab. 4 jsou uvedeny průměrné hodnoty tahových vlastností naměřené při tlaku vzduchu v pneumatikách 160 kPa. Z uvedené tabulky je patrné, že měření s pneumatikami Trelleborg proběhlo na převodové stupně 4, 6, 8 a 10. Naměřené hodnoty jsou vyneseny do grafu na (Obr.31). Z tabulky a grafu je vidět, že maximální tahové výkony na všechny měřené převodové stupně byly dosaženy při tahových silách 45 – 50 kN s prokluzem 27 – 39 %. Při zařazeném převodovém stupni 4, byl maximální tahový výkon 46,3 kW, při 6. převodovém stupni 54,6 kW, při 8. převodovém stupni 70,1 kW a při stupni 10 byl výkon 100,4 kW. Minimální měrná spotřeba paliva 399 g/kW.h, byla zjištěna při zařazeném převodovém stupni 10. Prokluz zadních kol traktoru při tahové síle 60 kN byl 60,4 %.

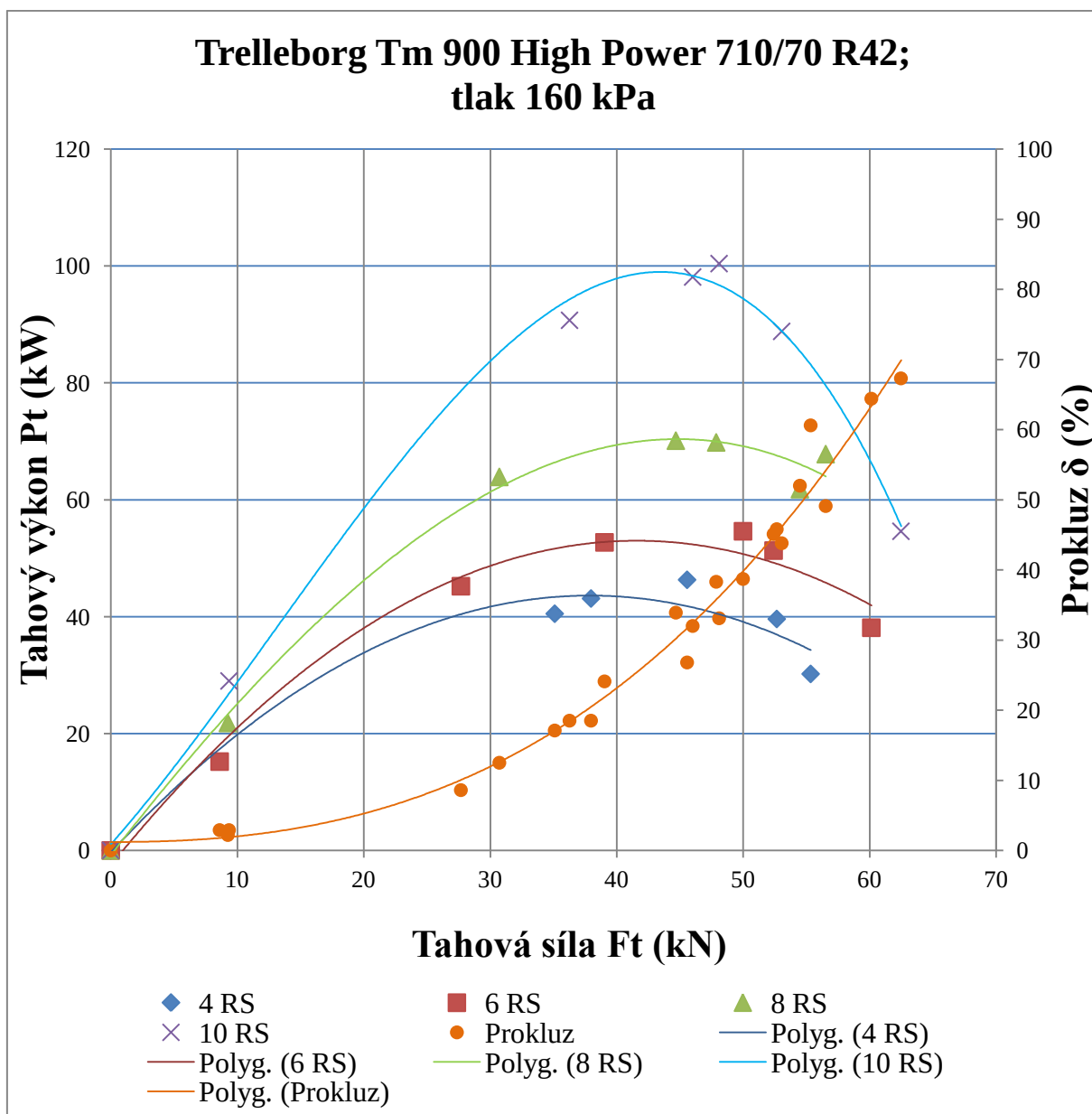


Výsledky dosažené při huštění pneumatik Trelleborg na 120 kPa jsou uvedeny v Tab.6 a v grafu na (Obr.32). Měření při uvedeném tlaku proběhlo při zařazených rychlostních stupních 4, 6, 8, 10 a 12. Nejvyšší tahové výkony na jednotlivé měřené převodové stupně byly dosaženy při tahových silách v rozmezí 43 – 50,5 kN. Nejvyšší naměřený tahový výkon na 4. převodový stupeň byl 45,5 kW, na 6. převodový stupeň 58,3 kW, na 8. stupeň 80,1 kW, na 10. stupeň 103 kW a na 12. stupeň 119,5 kW. Průměrný prokluz kol při tahové síle 60 kN byl 57 %.

V následující tabulce Tab.8 jsou uvedeny výsledky měření pneumatik Trelleborg dosažené při tlaku 80 kPa. Údaje z tabulky byly použity pro nakreslení tahové charakteristiky uvedené na (Obr.33). Měření při uvedeném tlaku proběhlo na všechny sudé převodové stupně 4 – 12. Nejvyšší tahové výkony na jednotlivé měřené převodové stupně byly dosaženy při tahových silách v rozmezí 39,5 – 47,6 kN. Nejvyšší naměřený tahový výkon na 4. převodový stupeň byl 41,7 kW, na 6. převodový stupeň 57,5 kW, na 8. stupeň 76 kW, na 10. stupeň 104 kW a na 12. stupeň 123,8 kW. Střední hodnota prokluzu pro tahovou sílu 60 kN byla 65 %.

Tab. 4 Naměřené a vypočtené hodnoty z tahových zkoušek, pneumatiky Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42, tlak 160 kPa.

Převodový stupeň	Tahová síla	Teoretická rychlost	Skutečná rychlost	Skutečná rychlost	Otáčky motoru	Spotřeba paliva	Prokluz	Tahový výkon
	F_t	v_t	v	v	n	Q_h	δ	P_t
	[kN]	[m/s]	[m/s]	[km/h]	[min ⁻¹]	[l/h]	[%]	[kW]
4	35,11	1,39	1,15	4,15	2274	25,7	17,1	40,5
	52,67	1,39	0,75	2,7	2266	33,4	45,8	39,6
	37,98	1,39	1,13	4,08	2273	26,3	18,5	43,1
	45,58	1,39	1,02	3,66	2271	29	26,8	46,3
	55,35	1,39	0,55	1,97	2265	33,9	60,6	30,2
6	8,61	1,8	1,77	6,36	2284	17	2,9	15,2
	27,69	1,78	1,63	5,87	2263	25,1	8,6	45,2
	39,05	1,78	1,35	4,86	2257	32,1	24,1	52,7
	52,42	1,78	0,98	3,52	2260	38,5	45,1	51,3
	60,15	1,78	0,63	2,28	2255	42,8	64,4	38,1
	50	1,78	1,09	3,93	2261	36,8	38,7	54,6
8	9,26	2,39	2,35	8,46	2277	20,5	2,2	21,8
	30,73	2,38	2,08	7,49	2262	33,2	12,5	63,9
	47,88	2,36	1,46	5,25	2248	45,1	38,3	69,8
	54,5	2,36	1,13	4,09	2248	49,9	52	61,8
	56,54	2,36	1,2	4,32	2243	49,9	49,1	67,8
	44,69	2,37	1,57	5,64	2256	42,8	33,9	70,1
10	9,35	3,18	3,1	11,16	2264	24,6	2,9	29
	36,28	3,07	2,5	9	2180	43,5	18,5	90,7
	46,02	3,13	2,13	7,67	2228	54,9	32	98,1
	53,06	2,98	1,67	6,02	2115	57,3	43,8	88,8
	48,11	3,12	2,09	7,51	2217	55,7	33,1	100,4
	62,49	2,68	0,87	3,15	1903	59,8	67,3	54,6



Obr. 31 Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42, tlak 160 kPa

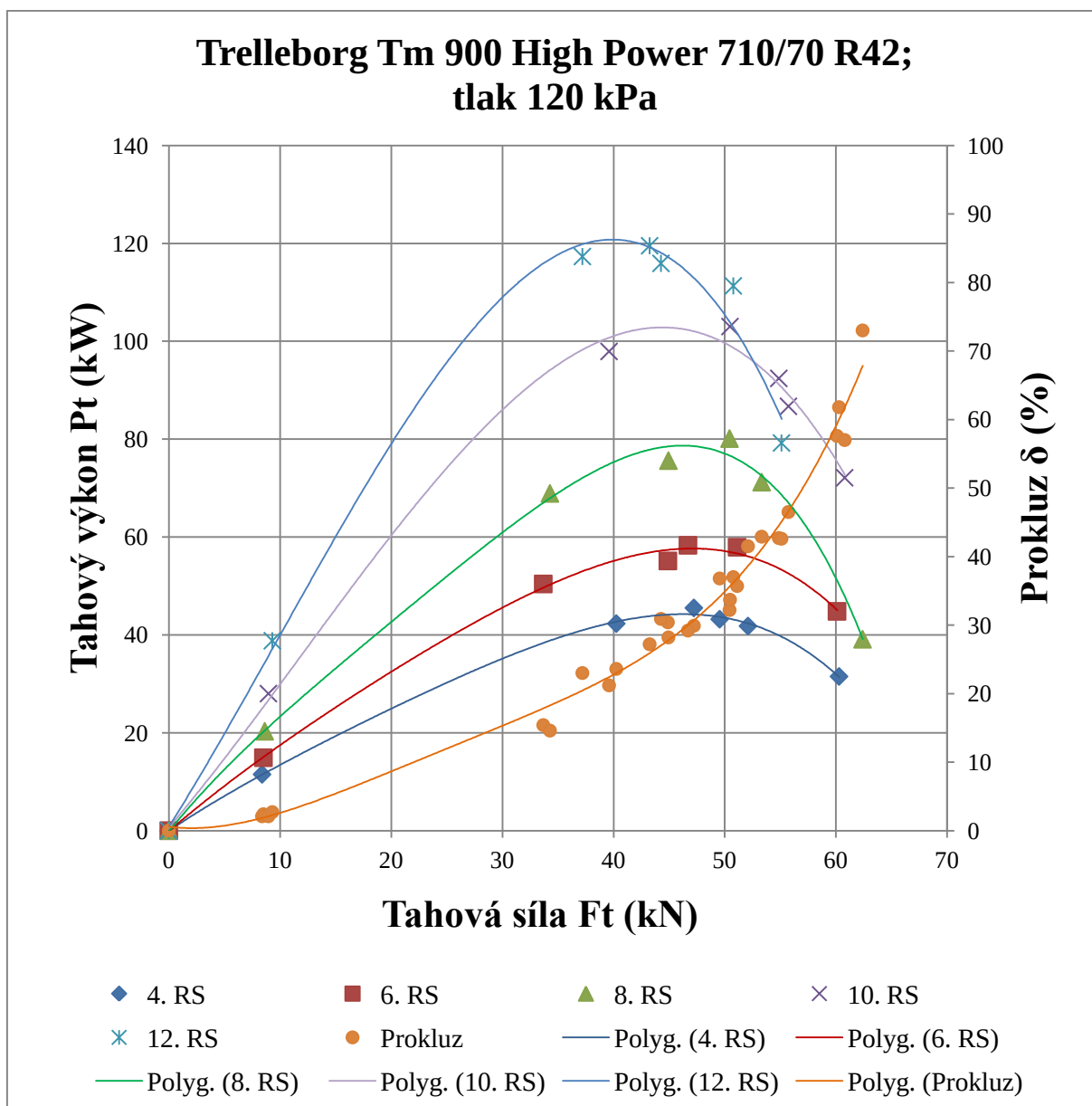
Tab. 5 Tabulka regresní analýzy Trelleborg (160kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
10.RS	$Pt = -0,001Ft^3 + 0,042Ft^2 + 2,456Ft + 1,078$	$R^2 = 0,996$
8.RS	$Pt = -0,018Ft^2 + 2,785Ft - 0,742$	$R^2 = 0,991$
6.RS	$Pt = -0,032Ft^2 + 2,668Ft - 2,477$	$R^2 = 0,980$
4.RS	$Pt = -0,030Ft^2 + 2,317Ft - 0,288$	$R^2 = 0,964$
Prokluz	$Pt = 0,007Ft^2 - 0,008Ft + 1,222$	$R^2 = 0,978$



Tab. 6 Naměřené a vypočtené hodnoty z tahových zkoušek, pneumatiky Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42, tlak 120 kPa

Převodový stupeň	Tahová síla	Teoretická rychlost	Skutečná rychlost	Skutečná rychlost	Otáčky motoru	Spotřeba paliva	Prokluz	Tahový výkon
	F_t	v_t	v	v	n	Q_h	δ	P_t
	[kN]	[m/s]	[km/h]	[m/s]	[min ⁻¹]	[l/h]	[%]	[kW]
4	8,39	1,38	4,92	1,37	2284	16,3	2,1	11,5
	40,26	1,38	3,78	1,05	2272	27,3	23,6	42,3
	49,56	1,38	3,14	0,87	2280	31,1	36,8	43,2
	47,24	1,38	3,47	0,96	2270	29,6	29,9	45,5
	52,11	1,37	2,89	0,8	2261	31,9	41,5	41,8
	60,3	1,37	1,88	0,52	2258	35	61,8	31,5
6	8,51	1,78	6,29	1,75	2277	17,1	2,4	14,9
	33,69	1,77	5,38	1,5	2265	28,5	15,4	50,4
	44,9	1,76	4,42	1,23	2259	34	30,4	55,1
	60,12	1,76	2,68	0,75	2251	41,1	57,6	44,8
	51,13	1,76	4,08	1,13	2256	36,4	35,7	57,9
	46,71	1,76	4,49	1,25	2259	34,4	29,2	58,3
8	8,63	2,37	8,46	2,35	2275	19,7	2,2	20,3
	34,29	2,35	7,23	2,01	2259	34,7	14,6	68,9
	44,95	2,34	6,06	1,68	2251	41,5	28,2	75,6
	53,34	2,34	4,81	1,34	2245	47,5	42,9	71,2
	50,45	2,34	5,71	1,59	2248	44,5	32,2	80,1
	62,42	2,32	2,25	0,63	2226	55	73	39,1
10	8,96	3,17	11,23	3,12	2277	23,8	2,1	28
	39,61	3,14	8,89	2,47	2251	47,9	21,2	97,9
	50,49	3,08	7,34	2,04	2207	56,1	33,7	103
	60,81	2,76	4,27	1,19	1982	59,5	57	72,1
	54,88	2,94	6,06	1,68	2111	57,4	42,7	92,4
	55,75	2,91	5,6	1,56	2086	57,8	46,5	86,7
12	9,31	4,25	15	4,17	2272	28	2,7	38,8
	37,21	4,1	11,35	3,15	2190	56,4	23	117,3
	44,28	3,79	9,42	2,62	2025	58,9	30,9	115,9
	50,79	3,48	7,89	2,19	1858	59,5	37	111,3
	55,12	2,51	5,18	1,44	1340	46,4	42,6	79,2
	43,26	3,79	9,95	2,76	2028	58,3	27,2	119,5



Obr. 32 Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42, tlak 120 kPa

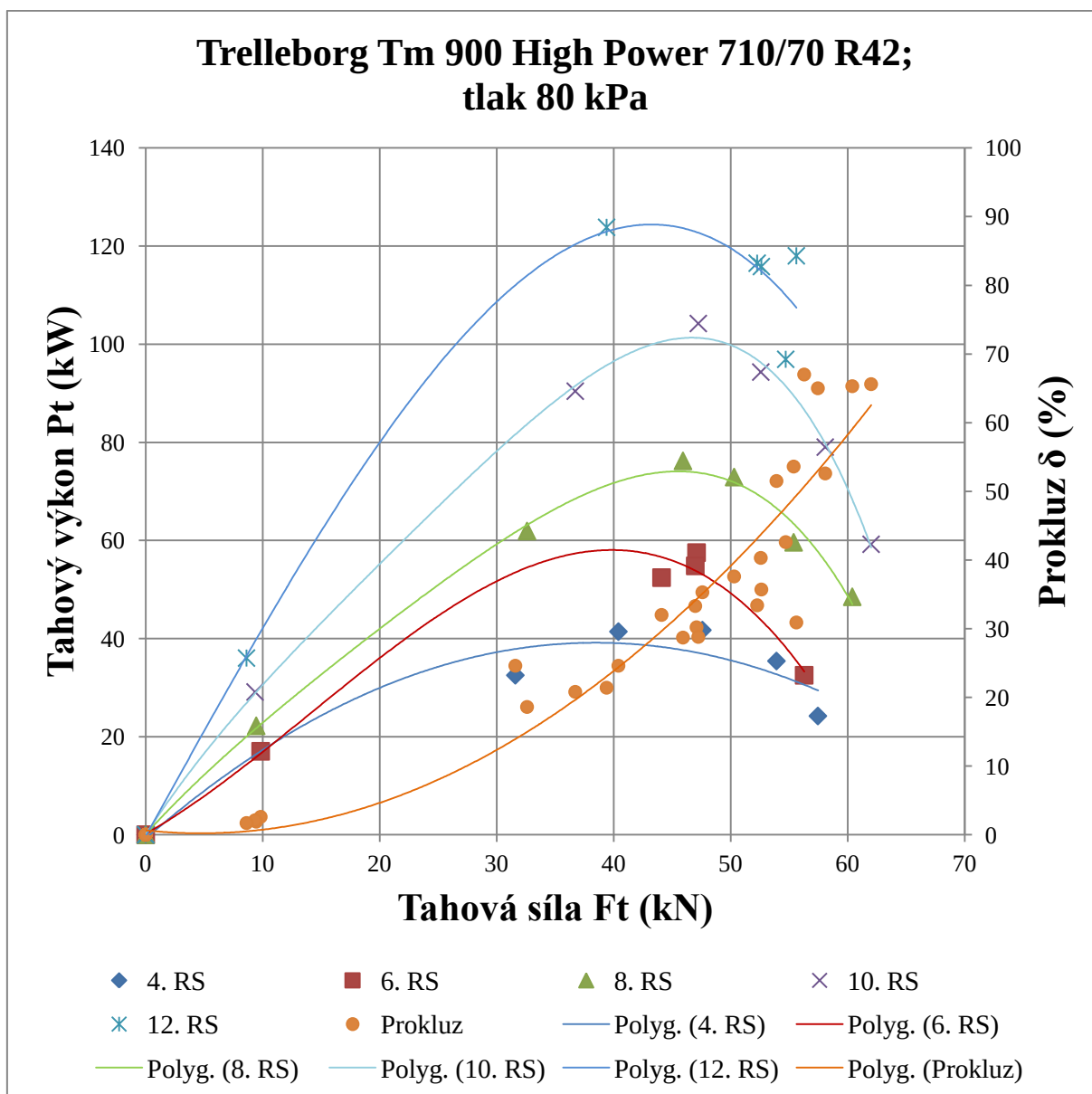
Tab. 7 Tabulka regresní analýzy Trelleborg (120kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
12.RS	$Pt = -0,001Ft^3 + 0,044Ft^2 + 3,622Ft + 0,825$	$R^2 = 0,991$
10.RS	$Pt = -0,001Ft^3 + 0,035Ft^2 + 2,670Ft + 0,683$	$R^2 = 0,996$
8.RS	$Pt = -2E-05Ft^4 + 0,002Ft^3 - 0,062Ft^2 + 2,793Ft - 0,086$	$R^2 = 0,996$
6.RS	$Pt = -1E-05Ft^4 - 0,026Ft^2 + 1,966Ft - 0,078$	$R^2 = 0,997$
4.RS	$Pt = -9E-06Ft^4 - 0,023x^2 + 1,517Ft + 0,016$	$R^2 = 0,998$
Prokluz	$Pt = 2E-05Ft^4 - 0,001Ft^3 + 0,053Ft^2 - 0,204Ft + 0,585$	$R^2 = 0,985$



Tab. 8 Naměřené a vypočtené hodnoty z tahových zkoušek, pneumatiky Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42, tlak 80 kPa.

Převodový stupeň	Tah síla	Teoretická rychlost	Skutečná rychlost	Skutečná rychlost	Otáčky motoru	Spotřeba paliva	Prokluz	Tahový výkon
	F_t	v_t	v	v	n	Q_h	δ	P_t
	[kN]	[m/s]	[m/s]	[km/h]	[min ⁻¹]	[l/h]	[%]	[kW]
4	31,6	1,36	1,03	3,7	2272	22,4	24,6	32,5
	47,59	1,36	0,88	3,16	2262	31,5	35,3	41,7
	53,92	1,35	0,66	2,37	2259	33,8	51,5	35,4
	57,46	1,35	0,47	1,71	2258	35,1	65	27,2
	40,41	1,36	1,02	3,69	2266	27,7	24,6	41,4
6	9,83	1,76	1,73	6,24	2282	18,1	2,6	17
	44,1	1,75	1,19	4,28	2265	33,7	32	52,4
	47,09	1,75	1,22	4,4	2264	34,7	30,2	57,5
	56,29	1,75	0,58	2,08	2259	39,3	67	32,5
	46,98	1,75	1,17	4,2	2264	34,4	33,3	54,8
8	9,45	2,35	2,35	8,44	2281	19,7	1,9	22,2
	32,6	2,33	1,9	6,84	2265	34	18,6	61,9
	45,93	2,33	1,66	5,97	2258	41,6	28,7	76,2
	50,3	2,32	1,45	5,22	2255	44,2	37,6	72,9
	55,39	2,32	1,08	3,87	2251	47,4	53,6	59,6
	60,4	2,32	0,8	2,89	2246	51,5	65,3	48,5
10	9,35	3,14	3,11	11,2	2277	23,1	2,1	29,1
	36,72	3,11	2,46	8,86	2254	45,1	20,8	90,4
	47,24	3,09	2,2	7,94	2245	52,9	28,8	104,2
	52,58	3	1,79	6,46	2179	56	40,3	94,3
	58,09	2,87	1,36	4,9	2080	57,9	52,6	79
	62,01	2,77	0,95	3,44	2012	59	65,6	59,2
12	8,62	4,21	4,17	15,02	2274	26,6	1,7	36
	39,4	4	3,14	11,31	2160	56,7	21,4	123,8
	52,27	3,35	2,23	8,02	1808	59	33,4	116,5
	52,63	3,43	2,2	7,92	1851	59,4	35,7	115,8
	54,71	3,13	1,77	6,37	1692	55,2	42,6	96,9
	55,62	3,07	2,12	7,64	1660	55,6	30,9	118



Obr. 33 Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42, tlak 80kPa

Tab. 9 Tabulka regresní analýzy Trelleborg (80kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
12.RS	$Pt = 4,314Ft - 0,263$	$R^2 = 0,980$
10.RS	$Pt = -3E-05Ft^4 + 0,002Ft^3 - 0,083Ft^2 + 3,666Ft + 0,095$	$R^2 = 0,998$
8.RS	$Pt = -2E-05Ft^4 + 0,001Ft^3 - 0,046Ft^2 + 2,613Ft + 0,177$	$R^2 = 0,994$
6.RS	$Pt = -0,001Ft^3 + 0,041Ft^2 + 1,358Ft + 0,199$	$R^2 = 0,987$
4.RS	$Pt = -0,025Ft^2 + 1,993Ft - 0,632$	$R^2 = 0,946$
Prokluz	$Pt = 0,020Ft^2 - 0,318Ft + 3,059$	$R^2 = 0,888$



7.2 PNEUMATIKY MICHELIN

Výsledky měření tahových vlastností traktoru s pneumatikami Michelin AXIOBIB IF 710/70 R42, jsou uvedeny v Tab. 10 až Tab. 15. Průběhy tahových výkonů a prokluzu kol jsou vyneseny do tahových charakteristik na (Obr.34) až (Obr.36). V Tab. 10 jsou uvedeny průměrné hodnoty tahových vlastností naměřené při tlaku vzduchu v pneumatikách 160 kPa. Z uvedené tabulky je patrné, že měření s pneumatikami Michelin proběhlo na převodové stupně 4, 6, 8, 10 a 12. Naměřené hodnoty jsou vyneseny do grafu na (Obr.34). Z tabulky a grafu je vidět, že maximální tahové výkony na všechny měřené převodové stupně byly dosaženy při tahových silách 45 – 49 kN s prokluzem 27 – 35 %. Při zařazeném převodovém stupni 4, byl maximální tahový výkon 47,1 kW, při 6. převodovém stupni 59,9 kW, při 8. převodovém stupni 76,7 kW, při stupni 10 byl výkon 102,7 kW a při 12. stupni 129,8 kW. Minimální měrná spotřeba paliva 375 g/kW.h, byla zjištěna při zařazeném převodovém stupni 12. Prokluz zadních kol traktoru při tahové síle 60 kN byl 65 %.

Výsledky dosažené při huštění pneumatik Michelin na 120 kPa jsou uvedeny v Tab. 12 a v grafu na (Obr.35). Měření při uvedeném tlaku proběhlo při zařazených rychlostních stupních 4, 6, 8, 10 a 12. Nejvyšší tahové výkony na jednotlivé měřené převodové stupně byly dosaženy při tahových silách v rozmezí 41 – 50 kN. Nejvyšší naměřený tahový výkon na 4. převodový stupeň byl 49,4 kW, na 6. převodový stupeň 61,6 kW, na 8. stupeň 85,3 kW, na 10. stupeň 104,9 kW a na 12. stupeň 134,8 kW. Průměrný prokluz kol při tahové síle 60 kN byl 55 %.

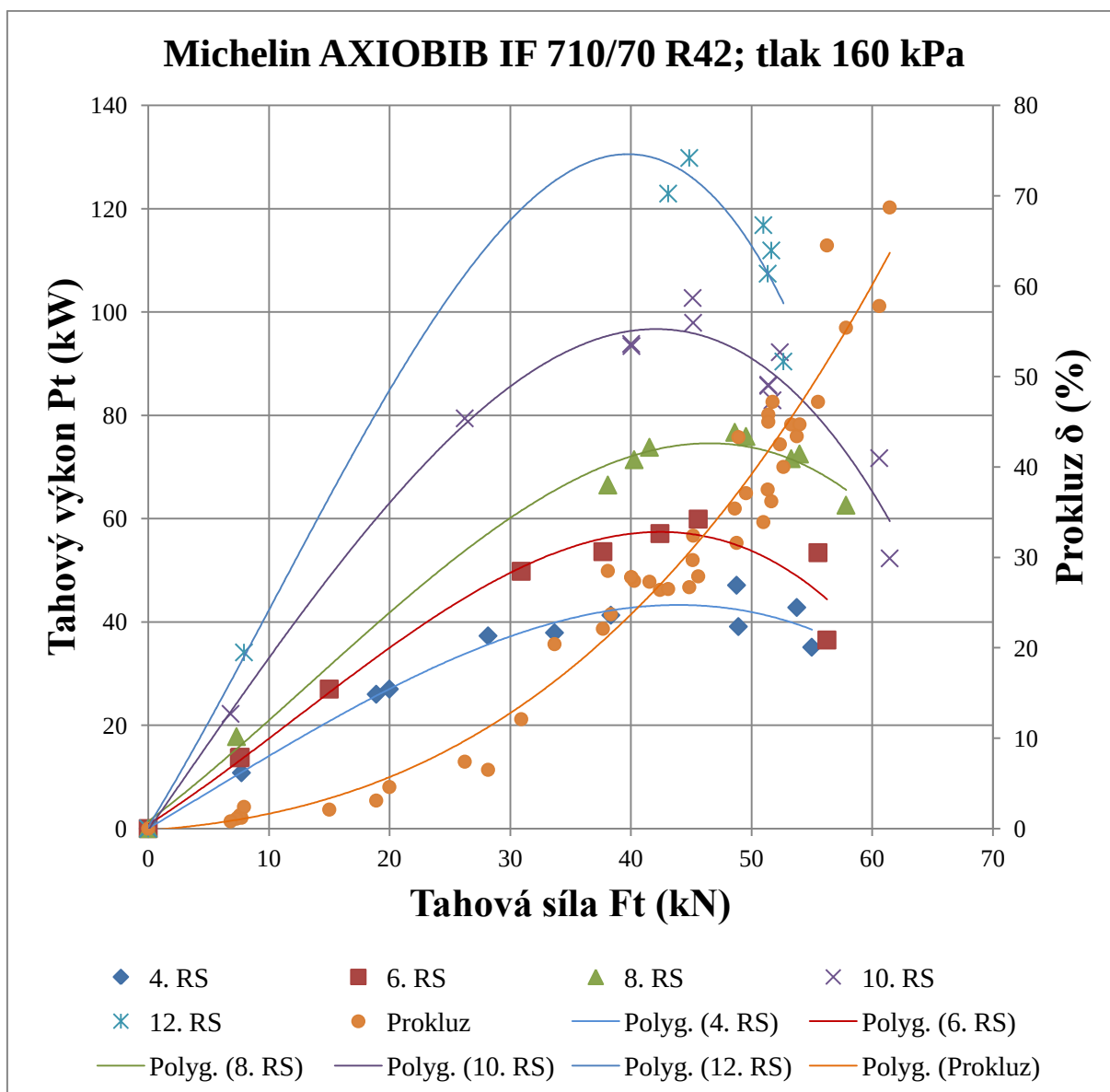
V tabulce Tab. 14 jsou uvedeny výsledky měření pneumatik Michelin při tlaku 80 kPa. Údaje z tabulky byly vyneseny do tahové charakteristiky uvedené na (Obr.36). Měření při uvedeném tlaku proběhlo na převodové stupně 4, 6, 8, 10 a 12. Nejvyšší tahové výkony na jednotlivé měřené převodové stupně byly dosaženy při tahových silách v rozmezí 47 – 54,5 kN. Nejvyšší naměřený tahový výkon na 4. převodový stupeň byl 49,6 kW, na 6. převodový stupeň 64,8 kW, na 8. stupeň 85,2 kW, na 10. stupeň 113,6 kW a na 12. stupeň 137,5 kW. Střední hodnota prokluzu pro tahovou sílu 60 kN byla 45 %.

Tab. 10 Naměřené a vypočtené hodnoty z tahových zkoušek, pneumatiky Michelin AXIOBIB IF 710/70 R42, tlak 160 kPa.

Převodový stupeň	Tah síla	Teoretická rychlost	Skutečná rychlost	Skutečná rychlost	Otáčky motoru	Spotřeba paliva	Prokluz	Tahový výkon
	F_t	v_t	v	v	n	Q_h	δ	P_t
	[kN]	[m/s]	[m/s]	[km/h]	[min ⁻¹]	[l/h]	[%]	[kW]
4	7,73	1,42	1,4	5,05	2283	17,1	1,2	10,8
	19,99	1,42	1,35	4,87	2279	20,8	4,6	27
	28,17	1,42	1,32	4,77	2278	22,2	6,5	37,3
	38,35	1,41	1,08	3,88	2272	27,3	23,7	41,3
	48,92	1,41	0,8	2,88	2267	31,9	43,3	39,1
	53,76	1,41	0,8	2,86	2261	32,7	43,4	42,8
	18,9	1,42	1,37	4,95	2281	19,3	3,1	26
	33,68	1,41	1,13	4,05	2275	24,9	20,4	37,9
	48,77	1,41	0,97	3,48	2270	29,8	31,6	47,1



6	7,63	1,84	1,81	6,52	2284	16,4	1,5	13,8
	7,56	1,84	1,81	6,53	2284	16,4	1,4	13,7
	15,01	1,84	1,8	6,48	2282	18,1	2,1	27
	30,92	1,83	1,61	5,79	2273	26	12,1	49,8
	37,69	1,83	1,42	5,13	2270	29,7	22,1	53,6
	45,59	1,83	1,32	4,74	2267	32,2	27,9	59,9
	56,26	1,82	0,65	2,33	2263	41,3	64,5	36,5
	55,52	1,82	0,96	3,46	2259	39,8	47,2	53,4
	42,42	1,83	1,35	4,84	2268	31	26,4	57,1
8	7,32	2,46	2,44	8,77	2283	18,1	1,1	17,8
	49,55	2,43	1,53	5,51	2254	44,8	37,1	75,9
	53,3	2,43	1,34	4,84	2251	47,5	44,7	71,6
	57,84	2,43	1,08	3,89	2247	51,4	55,4	62,6
	48,62	2,44	1,58	5,67	2261	44,1	35,4	76,7
	40,28	2,44	1,77	6,38	2259	38,9	27,4	71,4
	53,99	2,43	1,34	4,83	2250	48,4	44,7	72,5
	41,55	2,44	1,77	6,39	2259	39,8	27,3	73,8
	38,1	2,44	1,74	6,28	2261	38,2	28,5	66,5
10	6,83	3,27	3,24	11,67	2279	19,7	0,8	22,2
	40,06	3,23	2,33	8,39	2251	49,7	27,8	93,4
	45,13	3,23	2,28	8,19	2255	53,8	29,7	102,7
	26,24	3,26	3,02	10,88	2276	35,4	7,4	79,4
	52,36	3,06	1,76	6,33	2132	57,1	42,5	92,2
	51,4	3,07	1,67	6	2142	56,9	45,8	85,7
	60,6	2,81	1,18	4,26	1956	59,7	57,8	71,7
	51,75	3,03	1,6	5,76	2114	57,3	47,2	82,9
	40,03	3,24	2,34	8,44	2262	48,4	27,8	93,8
	45,17	3,21	2,17	7,8	2236	53,9	32,4	97,9
	51,4	3,04	1,67	6,02	2120	57,2	45	85,9
	61,46	2,72	0,85	3,06	1893	59,7	68,7	52,3
12	7,94	4,4	4,29	15,44	2274	26,1	2,4	34,1
	43,1	3,88	2,85	10,27	2007	59,2	26,5	122,9
	50,99	3,47	2,29	8,25	1794	58,7	33,9	116,8
	52,65	2,87	1,72	6,18	1482	50,9	40	90,4
	51,65	3,39	2,17	7,8	1755	58	36,2	111,9
	51,35	3,35	2,09	7,53	1731	57,4	37,5	107,4
	44,85	3,95	2,89	10,42	2043	58,6	26,7	129,8



Obr. 34 Michelin AXIOBIB IF 710/70 R42, tlak 160 kPa

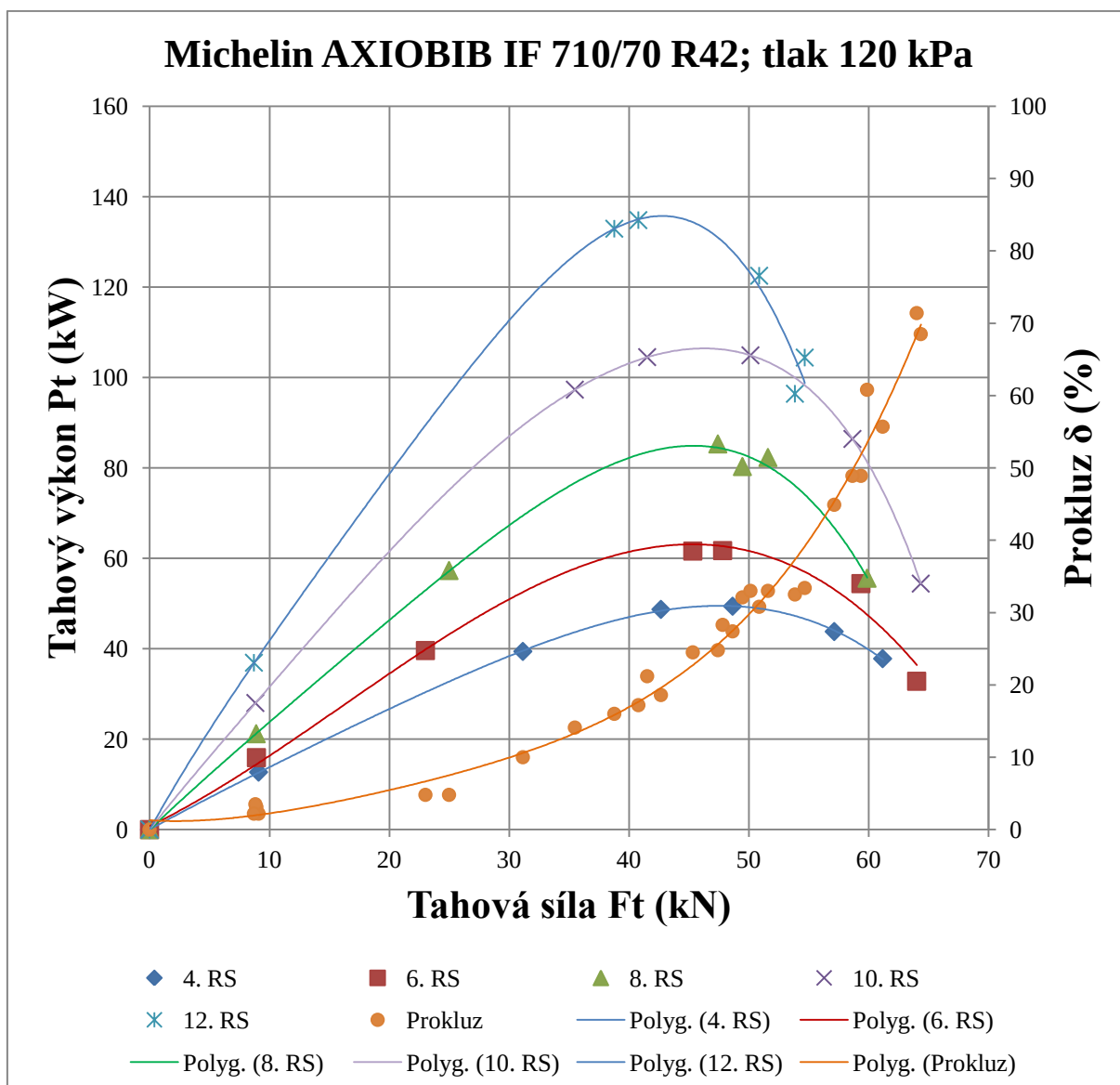
Tab. 11 Tabulka regresní analýzy Michelin (160kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
12.RS	$Pt = -0,001Ft^3 + 0,055Ft^2 + 3,808Ft + 0,455$	$R^2 = 0,982$
10.RS	$Pt = -2E-07Ft^4 + 0,004Ft^2 + 3,351Ft - 0,213$	$R^2 = 0,976$
8.RS	$Pt = 0,025Ft^2 + 1,766Ft + 1,412$	$R^2 = 0,993$
6.RS	$Pt = 0,024Ft^2 + 1,491Ft + 0,788$	$R^2 = 0,967$
4.RS	$Pt = 0,003Ft^2 + 1,394Ft + 0,046$	$R^2 = 0,970$
Prokluz	$Pt = 0,007Ft^2 + 0,097Ft - 0,177$	$R^2 = 0,958$



Tab. 12 Naměřené a vypočtené hodnoty z tahových zkoušek, pneumatiky Michelin AXIOBIB IF 710/70 R42, tlak 120 kPa.

Převodový stupeň	Tah síla	Teoretická rychlost	Skutečná rychlost	Skutečná rychlost	Otáčky motoru	Spotřeba paliva	Prokluz	Tahový výkon
	F_t	v_t	v	v	n	Q_h	δ	P_t
	[kN]	[m/s]	[m/s]	[km/h]	[min ⁻¹]	[l/h]	[%]	[kW]
4	9,1	1,41	1,39	5,02	2283	17,1	2,2	12,7
	31,15	1,41	1,26	4,55	2277	22,5	10	39,4
	48,65	1,4	1,02	3,66	2267	32,2	27,4	49,4
	61,17	1,4	0,62	2,22	2262	36,7	55,7	37,8
	57,13	1,39	0,77	2,76	2258	35,2	44,9	43,8
	42,67	1,4	1,14	4,11	2271	28,5	18,6	48,7
6	8,92	1,81	1,78	6,41	2282	17,6	3,1	15,9
	23,02	1,8	1,72	6,19	2270	24	4,8	39,6
	47,82	1,8	1,29	4,64	2263	35,5	28,3	61,7
	59,36	1,79	0,92	3,3	2256	41,9	48,9	54,4
	45,33	1,8	1,36	4,89	2264	34,8	24,5	61,6
	64,01	1,79	0,51	1,85	2252	45,4	71,4	32,8
8	8,9	2,42	2,38	8,55	2280	20,1	2,5	21,2
	24,99	2,4	2,29	8,25	2265	29	4,8	57,3
	49,47	2,39	1,62	5,84	2253	45,7	32,1	80,3
	59,87	2,37	0,93	3,34	2237	53,5	60,8	55,6
	47,42	2,39	1,8	6,48	2257	42,5	24,8	85,3
	51,6	2,38	1,6	5,74	2247	46,1	33	82,3
10	8,83	3,23	3,17	11,4	2274	22,8	3,5	28
	41,52	3,19	2,52	9,06	2250	49,1	21,2	104,5
	35,49	3,19	2,74	9,87	2250	44,6	14,1	97,3
	58,65	2,89	1,47	5,3	2034	58,8	48,9	86,4
	64,35	2,69	0,85	3,05	1898	59,5	68,5	54,4
	50,14	3,12	2,09	7,53	2202	56,2	33	104,9
12	8,71	4,31	4,24	15,25	2260	27,5	2,2	36,9
	40,79	3,99	3,3	11,9	2095	57,6	17,2	134,8
	38,78	4,08	3,43	12,33	2141	56,9	16	132,9
	53,85	2,66	1,79	6,44	1394	48,3	32,5	96,4
	54,67	2,87	1,91	6,87	1505	51,5	33,4	104,4
	50,87	3,48	2,41	8,67	1827	59,3	30,8	122,5



Obr. 35 Michelin AXIOBIB IF 710/70 R42, tlak 120 kPa

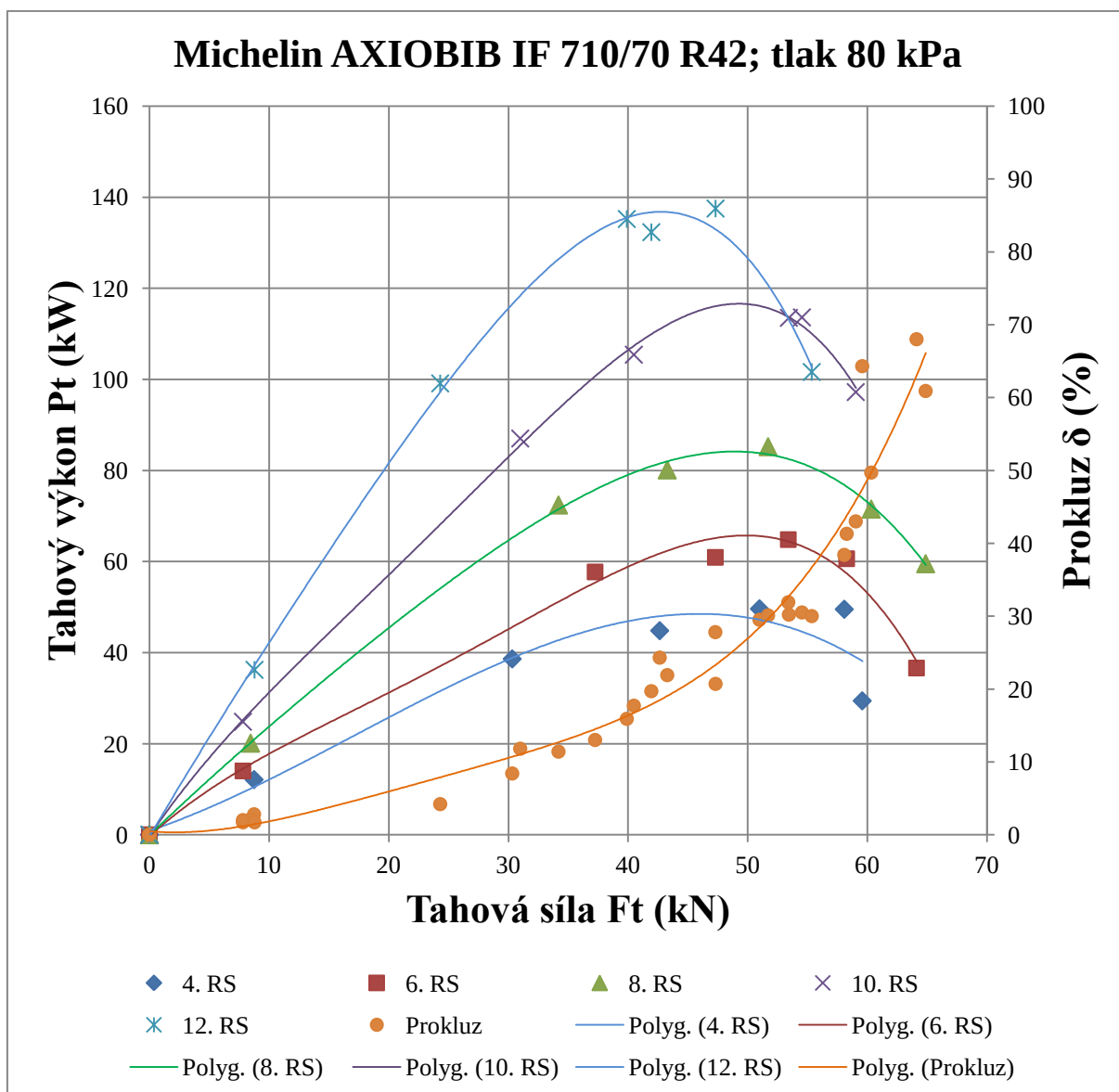
Tab. 13 Tabulka regresní analýzy Michelin (120kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
12.RS	$Pt = -5E-05Ft^4 + 0,003 Ft^3 - 0,084Ft^2 + 4,767Ft + 0,011$	$R^2 = 0,993$
10.RS	$Pt = -1E-08Ft^6 + 2E-06Ft^5 + 0,003Ft^3 - 0,045Ft^2 + 3,387Ft - 2E-07$	$R^2 = 1$
8.RS	$Pt = -2E-05Ft^4 + 0,001Ft^3 - 0,024Ft^2 + 2,543Ft - 0,031$	$R^2 = 0,998$
6.RS	$Pt = 0,034Ft^2 + 1,282Ft + 0,794$	$R^2 = 0,984$
4.RS	$Pt = -7E-06Ft^4 - 0,010Ft^2 + 1,458Ft + 0,026$	$R^2 = 0,999$
Prokluz	$Pt = 9E-06Ft^4 + 0,026Ft^2 - 0,103Ft + 1,291$	$R^2 = 0,984$



Tab. 14 Naměřené a vypočtené hodnoty z tahových zkoušek, pneumatiky Michelin AXIOBIB IF 710/70 R42, tlak 80 kPa.

Převodový stupeň	Tah síla	Teoretická rychlost	Skutečná rychlost	Skutečná rychlost	Otáčky motoru	Spotřeba paliva	Prokluz	Tahový výkon
	F_t	v_t	v	v	n	Q_h	δ	P_t
	[kN]	[m/s]	[m/s]	[km/h]	[min ⁻¹]	[l/h]	[%]	[kW]
4	8,75	1,39	1,39	5	2283	16,8	2,8	12,1
	30,33	1,39	1,27	4,59	2277	23,1	8,4	38,6
	42,66	1,39	1,05	3,78	2271	28,3	24,3	44,8
	51	1,38	0,97	3,5	2262	30,9	29,5	49,6
	58,09	1,38	0,85	3,07	2266	33,2	38,4	49,5
	59,59	1,38	0,49	1,78	2264	34,7	64,3	29,4
6	7,82	1,8	1,79	6,44	2290	16,7	1,7	14
	37,26	1,78	1,55	5,58	2263	29,9	13	57,7
	53,41	1,78	1,21	4,37	2267	37,8	31,9	64,8
	58,29	1,77	1,04	3,74	2252	40,3	41,3	60,6
	64,13	1,78	0,57	2,06	2266	43,6	68	36,6
	47,31	1,78	1,29	4,63	2264	34,9	27,8	60,9
8	8,46	2,39	2,38	8,56	2275	19,2	2,1	20,1
	34,2	2,39	2,12	7,62	2276	34,8	11,4	72,4
	51,72	2,36	1,65	5,93	2247	45,9	30,1	85,2
	60,34	2,36	1,19	4,27	2247	51,3	49,7	71,5
	64,89	2,35	0,92	3,3	2238	55,1	60,9	59,5
	43,29	2,37	1,85	6,66	2259	40,1	21,9	80,1
10	7,82	3,18	3,17	11,41	2266	21,7	2	24,8
	54,55	3	2,08	7,5	2135	57	30,5	113,6
	40,5	3,16	2,6	9,37	2251	47,7	17,7	105,4
	59,05	2,89	1,65	5,93	2058	58,3	43	97,2
	53,46	3,04	2,12	7,64	2168	56,6	30,2	113,5
	31	3,18	2,81	10,11	2268	40,3	11,8	87
12	8,79	4,17	4,12	14,82	2214	27,9	1,7	36,2
	39,91	4,03	3,39	12,2	2137	57	15,9	135,2
	24,31	4,25	4,08	14,67	2256	42,6	4,2	99,1
	47,33	3,67	2,91	10,46	1944	59,8	20,7	137,5
	55,37	2,62	1,84	6,61	1391	48,4	30	101,6
	41,96	3,93	3,15	11,35	2083	57,7	19,7	132,3



Obr. 36 Michelin AXIOBIB IF 710/70 R42, tlak 80 kPa

Tab. 15 Tabulka regresní analýzy Michelin (80kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
12.RS	$Pt = -3E-05Ft^4 + 0,001Ft^3 - 0,033Ft^2 + 4,500Ft - 0,363$	$R^2 = 0,997$
10.RS	$Pt = -3E-05Ft^4 + 0,003Ft^3 - 0,095Ft^2 + 3,836Ft - 0,207$	$R^2 = 0,999$
8.RS	$Pt = -9E-06Ft^4 - 0,019Ft^2 + 2,537Ft - 0,069$	$R^2 = 0,998$
6.RS	$Pt = -2E-05Ft^4 + 0,002Ft^3 - 0,076Ft^2 + 2,360Ft - 0,272$	$R^2 = 0,991$
4.RS	$Pt = 0,028Ft^2 + 0,891Ft + 0,883$	$R^2 = 0,920$
Prokluz	$Pt = 1E-05Ft^4 - 0,001Ft^3 + 0,045Ft^2 - 0,307Ft + 1,388$	$R^2 = 0,949$



7.3 PNEUMATIKY MITAS CONTINENTAL

Výsledky měření tahových vlastností traktoru s pneumatikami Mitas Continental SVT 710/70 R42, jsou uvedeny v Tab. 16 až Tab. 23. Průběhy tahových výkonů a prokluzu kol jsou vyneseny do tahových charakteristik na (Obr.37) až (Obr. 40). Měření pneumatik Continental proběhlo při stejných tlacích huštění jak u předchozích pneumatik, navíc byl odměřen ještě tlak 140 kPa. V Tab. 16 jsou uvedeny průměrné hodnoty tahových vlastností naměřené při tlaku vzduchu v pneumatikách 160 kPa. Z tabulky je zřejmé, že měření proběhlo na převodové stupně 4, 6, 8, 10 a 12. Naměřené hodnoty jsou vyneseny do grafu na (Obr.37). Z tabulky a grafu je vidět, že maximální tahové výkony na všechny měřené převodové stupně byly dosaženy při tahových silách 37 – 53 kN s prokluzem 19 – 38 %. Při zařazeném převodovém stupni 4, byl maximální tahový výkon 43,8 kW, při 6. převodovém stupni 59,3 kW, při 8. převodovém stupni 78,8 kW, při stupni 10 byl výkon 106,9 kW a při 12. stupni 124,5 kW. Minimální měrná spotřeba paliva 376 g/kW.h, byla zjištěna při zařazeném převodovém stupni 12. Prokluz zadních kol traktoru při tahové síle 60 kN byl 72 %.

Výsledky dosažené při huštění pneumatik Continental na 140 kPa jsou uvedeny v Tab. 18 a v grafu na (Obr.38). Měření při uvedeném tlaku proběhlo při zařazených rychlostních stupních 4, 6, 8, a 10. Nejvyšší tahové výkony na jednotlivé měřené převodové stupně byly dosaženy při tahových silách v rozmezí 45,5 – 50 kN. Nejvyšší naměřený tahový výkon na 4. převodový stupeň byl 49,7 kW, na 6. převodový stupeň 63,8 kW, na 8. stupeň 82,7 kW a na 10. stupeň 107,7 kW. Průměrný prokluz kol při tahové síle 60 kN byl 64 %.

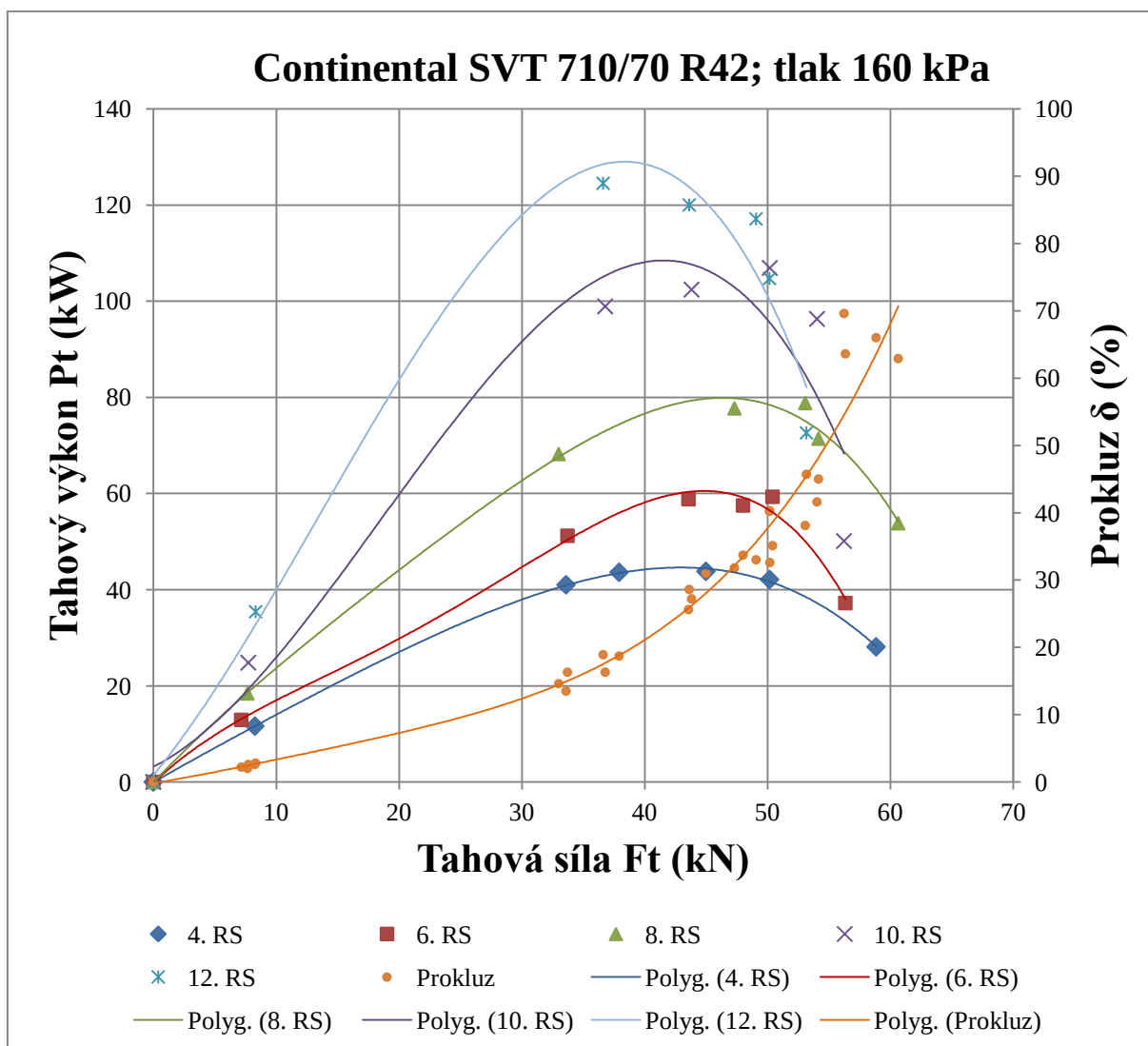
V Tab. 20 jsou uvedeny výsledky měření při tlaku 120 kPa. Údaje z tabulky byly vyneseny do tahové charakteristiky uvedené na (Obr.39). Měření při uvedeném tlaku proběhlo opět na převodové stupně 4, 6, 8 a 10. Nejvyšší tahové výkony na jednotlivé měřené převodové stupně byly dosaženy při tahových silách v rozmezí 51 – 53 kN. Nejvyšší naměřený tahový výkon na 4. převodový stupeň byl 47 kW, na 6. převodový stupeň 60,8 kW, na 8. stupeň 82,3 kW a na 10. stupeň 112,1 kW. Střední hodnota prokluzu pro tahovou sílu 60 kN byla 65 %.

Naměřené hodnoty při huštění pneumatik Continental na 80 kPa jsou uvedeny v Tab. 22 a v grafu na (Obr. 40). Měření při uvedeném tlaku proběhlo při zařazených rychlostních stupních 6, 8, a 10. Nejvyšší tahové výkony na jednotlivé měřené převodové stupně byly dosaženy při tahových silách v rozmezí 51 – 54 kN. Nejvyšší naměřený tahový výkon na 6. převodový stupeň byl 70,5 kW, na 8. stupeň 92,3 kW a na 10. stupeň 122,8 kW. Průměrný prokluz kol při tahové síle 60 kN byl 45 %.



Tab. 16 Naměřené a vypočtené hodnoty z tahových zkoušek, pneumatiky Mitas Continental SVT 710/70 R42, tlak 160 kPa.

Převodový stupeň	Tah síla	Teoretická rychlost	Skutečná rychlost	Skutečná rychlost	Otáčky motoru	Spotřeba paliva	Prokluz	Tahový výkon
	F_t	v_t	v	v	n	Q_h	δ	P_t
	[kN]	[m/s]	[m/s]	[km/h]	[min ⁻¹]	[l/h]	[%]	[kW]
4	8,27	1,42	1,4	5,03	2285	15,6	2,6	11,6
	37,92	1,41	1,15	4,13	2274	25,7	18,7	43,6
	44,99	1,41	0,97	3,51	2271	28,8	31	43,8
	33,6	1,41	1,22	4,39	2270	23,7	13,5	41
	50,17	1,41	0,84	3,02	2262	30,9	40,3	42,1
	58,84	1,4	0,48	1,72	2259	33,6	66	28,1
6	7,16	1,83	1,8	6,49	2279	15,4	2,2	12,9
	33,72	1,81	1,52	5,47	2266	27,8	16,3	51,2
	48,01	1,81	1,2	4,31	2258	34,9	33,7	57,5
	43,57	1,82	1,35	4,86	2267	32,2	25,6	58,8
	56,34	1,81	0,66	2,37	2259	39,2	63,6	37,2
	50,41	1,81	1,18	4,23	2263	35,6	35,1	59,3
8	7,67	2,44	2,4	8,66	2282	18,3	2	18,4
	33	2,42	2,07	7,44	2266	33,6	14,6	68,2
	47,31	2,41	1,64	5,91	2255	43,3	31,8	77,7
	53,07	2,4	1,49	5,35	2247	45,8	38,1	78,8
	54,15	2,4	1,32	4,75	2245	47,6	45	71,4
	60,64	2,39	0,89	3,2	2239	53	62,9	53,8
10	7,74	3,26	3,2	11,51	2279	20,6	2,6	24,8
	36,79	3,21	2,69	9,68	2248	44,2	16,3	98,9
	50,19	3,16	2,13	7,67	2211	56,1	32,6	106,9
	43,82	3,21	2,34	8,41	2247	51	27,2	102,4
	54,03	3,05	1,78	6,42	2136	57	41,6	96,3
	56,23	2,93	0,89	3,21	2051	58,4	69,6	50,1
12	8,33	4,35	4,25	15,3	2267	26,8	2,8	35,4
	36,62	4,19	3,4	12,24	2183	56,4	18,9	124,5
	50,17	3,49	2,09	7,51	1817	59,1	40,2	104,7
	49,07	3,56	2,39	8,59	1855	59,6	33	117,1
	43,63	3,85	2,75	9,9	2008	59,3	28,6	120
	53,17	2,51	1,37	4,92	1310	45,3	45,7	72,6



Obr. 37 Continental SVT 710/70 R42, tlak 160 kPa

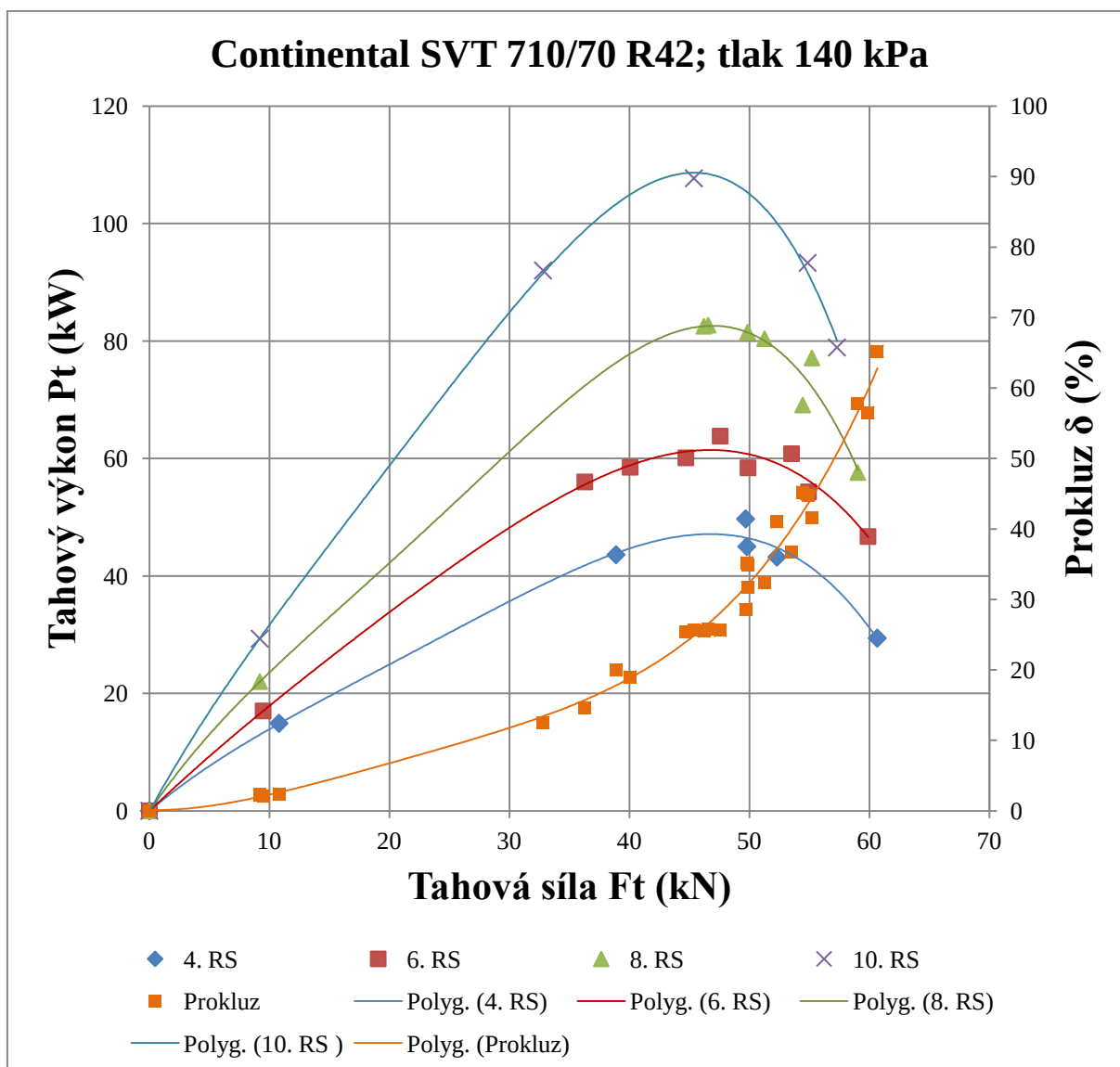
Tab. 17 Tabulka regresní analýzy Continental (160kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
12.RS	$P_t = -0,002F_t^3 + 0,096F_t^2 + 3,130F_t + 1,408$	$R^2 = 0,979$
10.RS	$P_t = -0,002F_t^3 + 0,121F_t^2 + 1,274F_t + 3,192$	$R^2 = 0,926$
8.RS	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,001F_t^3 - 0,045F_t^2 + 2,713F_t - 0,097$	$R^2 = 0,996$
6.RS	$P_t = -4E-05F_t^4 + 0,003F_t^3 - 0,098F_t^2 + 2,383F_t - 0,099$	$R^2 = 0,995$
4.RS	$P_t = -6E-06F_t^4 - 0,005F_t^2 + 1,447F_t - 0,015$	$R^2 = 0,999$
Prokluz	$P_t = 7E-06F_t^4 + 0,006F_t^2 + 0,315F_t - 0,217$	$R^2 = 0,953$



Tab. 18 Naměřené a vypočtené hodnoty z tahových zkoušek, pneumatiky Mitas Continental SVT 710/70 R42, tlak 140 kPa.

Převodový stupeň	Tah síla	Teoretická rychlost	Skutečná rychlost	Skutečná rychlost	Otáčky motoru	Spotřeba paliva	Prokluz	Tahový výkon
	F_t	v_t	v	v	n	Q_h	δ	P_t
	[kN]	[m/s]	[m/s]	[km/h]	[min ⁻¹]	[l/h]	[%]	[kW]
4	10,8	1,41	1,38	4,97	2276	18,3	2,4	14,9
	38,89	1,4	1,12	4,03	2266	27,7	20	43,6
	49,79	1,4	0,9	3,26	2260	33	35,2	45
	49,69	1,4	1	3,6	2267	31,6	28,6	49,7
	52,3	1,4	0,83	2,97	2266	32,9	41	43,2
	60,66	1,39	0,48	1,74	2257	36	65,2	29,4
6	9,48	1,82	1,79	6,44	2282	17,8	2,1	17
	40,07	1,8	1,46	5,26	2267	32,3	19	58,5
	49,89	1,8	1,17	4,22	2261	36,8	34,9	58,4
	47,57	1,8	1,34	4,83	2264	34,7	25,6	63,8
	44,71	1,8	1,34	4,84	2265	33,9	25,4	60,1
	36,29	1,81	1,54	5,55	2270	29,4	14,6	56
	53,52	1,79	1,14	4,09	2254	38,3	36,7	60,8
	54,93	1,79	0,99	3,56	2253	39,2	44,8	54,3
	59,89	1,79	0,78	2,81	2251	40,9	56,5	46,7
8	9,2	2,42	2,39	8,6	2281	19,8	2,3	22
	46,57	2,4	1,78	6,4	2257	42,3	25,8	82,7
	46,21	2,4	1,79	6,43	2257	42,3	25,5	82,5
	49,85	2,39	1,63	5,88	2254	44,8	31,7	81,5
	55,22	2,39	1,4	5,03	2250	48	41,6	77,1
	51,27	2,32	1,57	5,65	2186	42,9	32,4	80,4
	54,45	2,32	1,27	4,57	2182	45,9	45,2	69,1
	59,04	2,31	0,98	3,51	2180	48,4	57,8	57,6
10	9,2	3,24	3,18	11,45	2278	22,7	2,2	29,3
	32,81	3,2	2,8	10,09	2256	42,7	12,5	92
	45,38	3,19	2,37	8,55	2245	52,8	25,6	107,7
	54,86	3,18	2,26	8,14	2228	53,7	31,4	93,3
	57,3	3,18	1,89	6,8	2217	54,1	47	78,9



Obr. 38 Continental SVT 710/70 R42, tlak 140 kPa

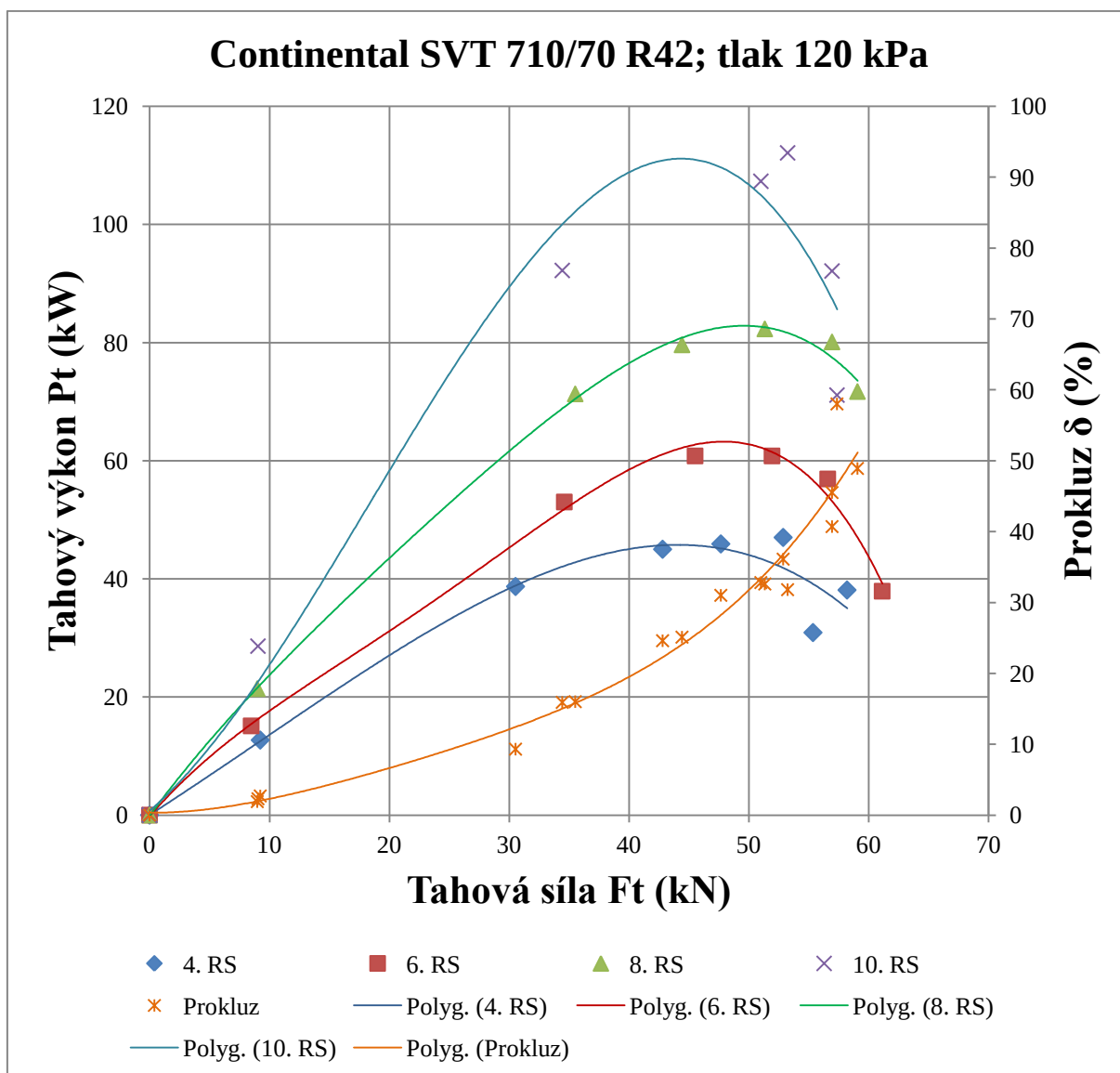
Tab. 19 Tabulka regresní analýzy Continental (140kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
10.RS	$P_t = -4E-05F_t^4 + 0,002F_t^3 - 0,080F_t^2 + 3,741F_t - 0,052$	$R^2 = 0,999$
8.RS	$P_t = -3E-05F_t^4 + 0,002F_t^3 - 0,087F_t^2 + 2,979F_t - 0,002$	$R^2 = 0,993$
6.RS	$P_t = -1E-05F_t^4 - 0,024F_t^2 + 1,969F_t - 0,012$	$R^2 = 0,994$
4.RS	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,001F_t^3 - 0,046F_t^2 + 1,725F_t + 0,015$	$R^2 = 0,992$
Prokluz	$P_t = 1E-05F_t^4 - 0,001F_t^3 + 0,034F_t^2 - 0,029F_t + 0,116$	$R^2 = 0,986$



Tab. 20 Naměřené a vypočtené hodnoty z tahových zkoušek, pneumatiky Mitas Continental SVT 710/70 R42, tlak 120 kPa.

Převodový stupeň	Tah síla	Teoretická rychlost	Skutečná rychlost	Skutečná rychlost	Otáčky motoru	Spotřeba paliva	Prokluz	Tahový výkon
	F_t	v_t	v	v	n	Q_h	δ	P_t
	[kN]	[m/s]	[m/s]	[km/h]	[min ⁻¹]	[l/h]	[%]	[kW]
4	9,24	1,4	1,37	4,95	2284	16	2,7	12,7
	30,54	1,4	1,27	4,57	2277	22,6	9,3	38,7
	42,81	1,39	1,05	3,78	2272	27,6	24,6	45
	47,67	1,39	0,96	3,46	2270	29,2	31	45,9
	52,87	1,39	0,89	3,2	2268	31	36,1	47
6	8,48	1,81	1,78	6,42	2284	16,7	2	15,1
	34,61	1,8	1,53	5,51	2271	28,2	14,8	53
	51,94	1,79	1,17	4,22	2262	36,2	34,6	60,8
	56,59	1,79	1,01	3,62	2259	39,3	43,7	56,9
	61,13	1,78	0,62	2,23	2257	41,5	65,2	37,9
	45,52	1,79	1,34	4,81	2267	32,7	25,5	60,8
8	8,99	2,41	2,38	8,57	2281	19,5	1,9	21,4
	35,52	2,39	2,01	7,23	2264	35,8	16	71,3
	51,34	2,38	1,6	5,77	2254	45,1	32,6	82,3
	59,07	2,37	1,21	4,37	2248	50,5	48,9	71,7
	44,43	2,39	1,79	6,45	2269	41,6	25,1	79,6
	56,95	2,37	1,41	5,07	2250	48,2	40,7	80,1
10	9,05	3,22	3,16	11,38	2278	23	2,3	28,6
	34,44	3,18	2,68	9,64	2256	43,5	15,9	92,2
	51,01	3,13	2,1	7,57	2217	56,1	32,8	107,3
	53,24	3,09	2,11	7,58	2187	56,4	31,8	112,1
	56,95	2,97	1,62	5,82	2102	57,5	45,5	92,1
	57,36	2,96	1,24	4,46	2093	57,8	58	71,1



Obr. 39 Continental SVT 710/70 R42, tlak 120 kPa

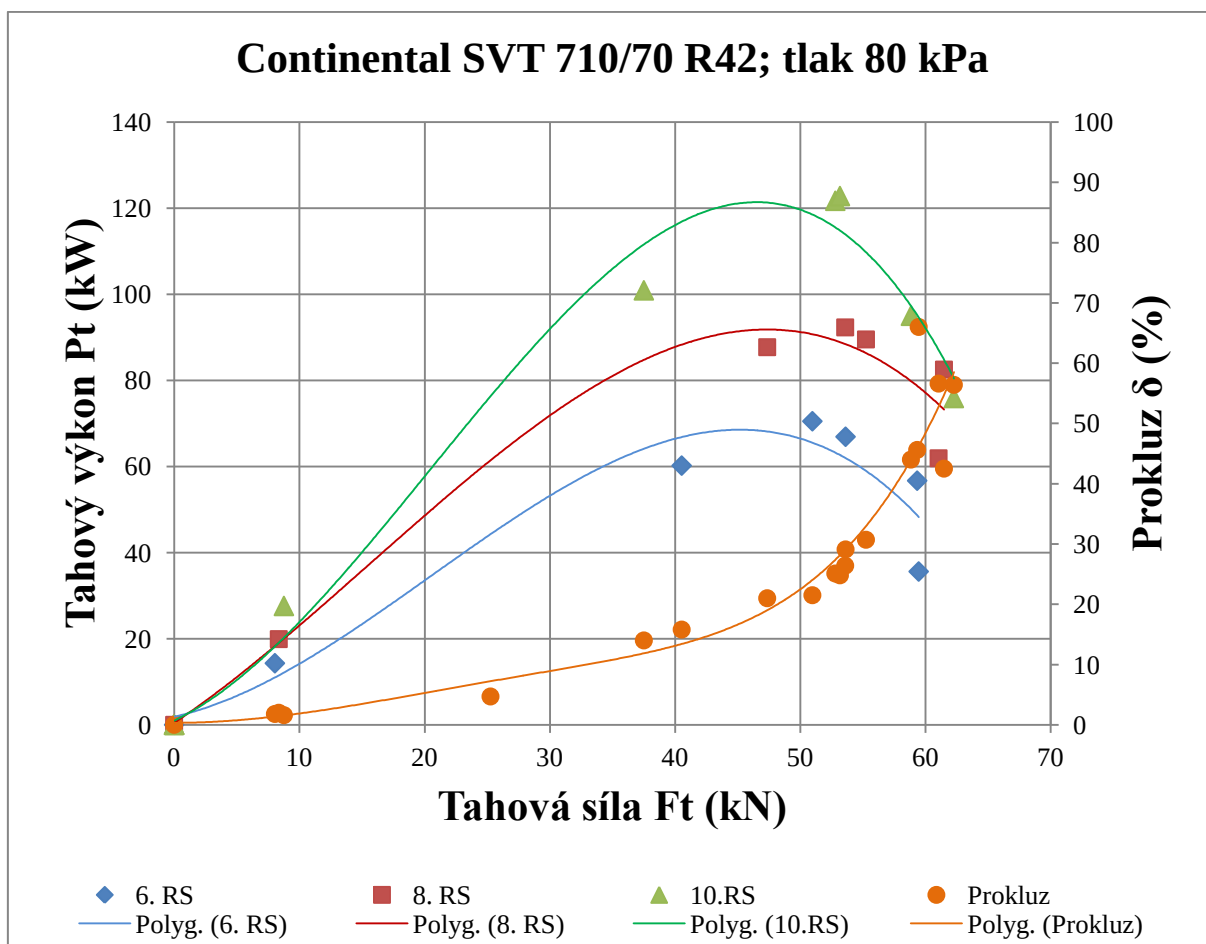
Tab. 21 Tabulka regresní analýzy Continental (120kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
10.RS	$Pt = -0,001Ft^3 + 0,100Ft^2 + 1,423Ft + 2,984$	$R^2 = 0,954$
8.RS	$Pt = -2E-05Ft^4 + 0,001Ft^3 - 0,049Ft^2 + 2,752Ft - 0,073$	$R^2 = 0,998$
6.RS	$Pt = -3E-05Ft^4 + 0,002Ft^3 - 0,075Ft^2 + 2,322Ft - 0,153$	$R^2 = 0,995$
4.RS	$Pt = -7E-06Ft^4 - 0,017Ft^2 + 1,551Ft - 0,124$	$R^2 = 0,995$
Prokluz	$Pt = 9E-06 t^4 + 0,027Ft^2 - 0,018Ft + 0,349$	$R^2 = 0,958$



Tab. 22 Naměřené a vypočtené hodnoty z tahových zkoušek, pneumatiky Mitas Continental SVT 710/70 R42, tlak 80 kPa.

Převodový stupeň	Tah síla	Teoretická rychlost	Skutečná rychlost	Skutečná rychlost	Otáčky motoru	Spotřeba paliva	Prokluz	Tahový výkon
	F_t	v_t	v	v	n	Q_h	δ	P_t
	[kN]	[m/s]	[m/s]	[km/h]	[min ⁻¹]	[l/h]	[%]	[kW]
6	8,05	1,78	1,78	6,4	2284	16,7	1,8	14,3
	40,54	1,76	1,49	5,35	2268	31,5	15,8	60,2
	53,63	1,76	1,25	4,49	2262	36,8	29,1	66,9
	50,98	1,76	1,38	4,98	2264	34,8	21,5	70,5
	59,35	1,76	0,96	3,44	2258	40,4	45,6	56,7
	59,47	1,76	0,6	2,15	2258	40,4	66	35,6
8	8,36	2,37	2,38	8,55	2282	18,4	2	19,9
	47,37	2,34	1,85	6,66	2257	42,4	21	87,7
	55,26	2,34	1,62	5,83	2252	46,5	30,7	89,5
	53,6	2,34	1,72	6,2	2253	45,3	26,4	92,3
	61,49	2,33	1,34	4,83	2247	51,1	42,5	82,5
	61,06	2,33	1,01	3,65	2247	51,1	56,6	61,9
10	8,77	3,16	3,14	11,32	2278	22,1	1,6	27,6
	37,52	3,13	2,69	9,68	2253	45,7	14	100,9
	52,81	3,07	2,3	8,29	2214	56,1	25,1	121,7
	53,18	3,07	2,31	8,31	2211	56	24,8	122,8
	58,85	2,88	1,61	5,81	2077	58	44	95
	62,28	2,8	1,22	4,39	2015	59,1	56,4	75,9

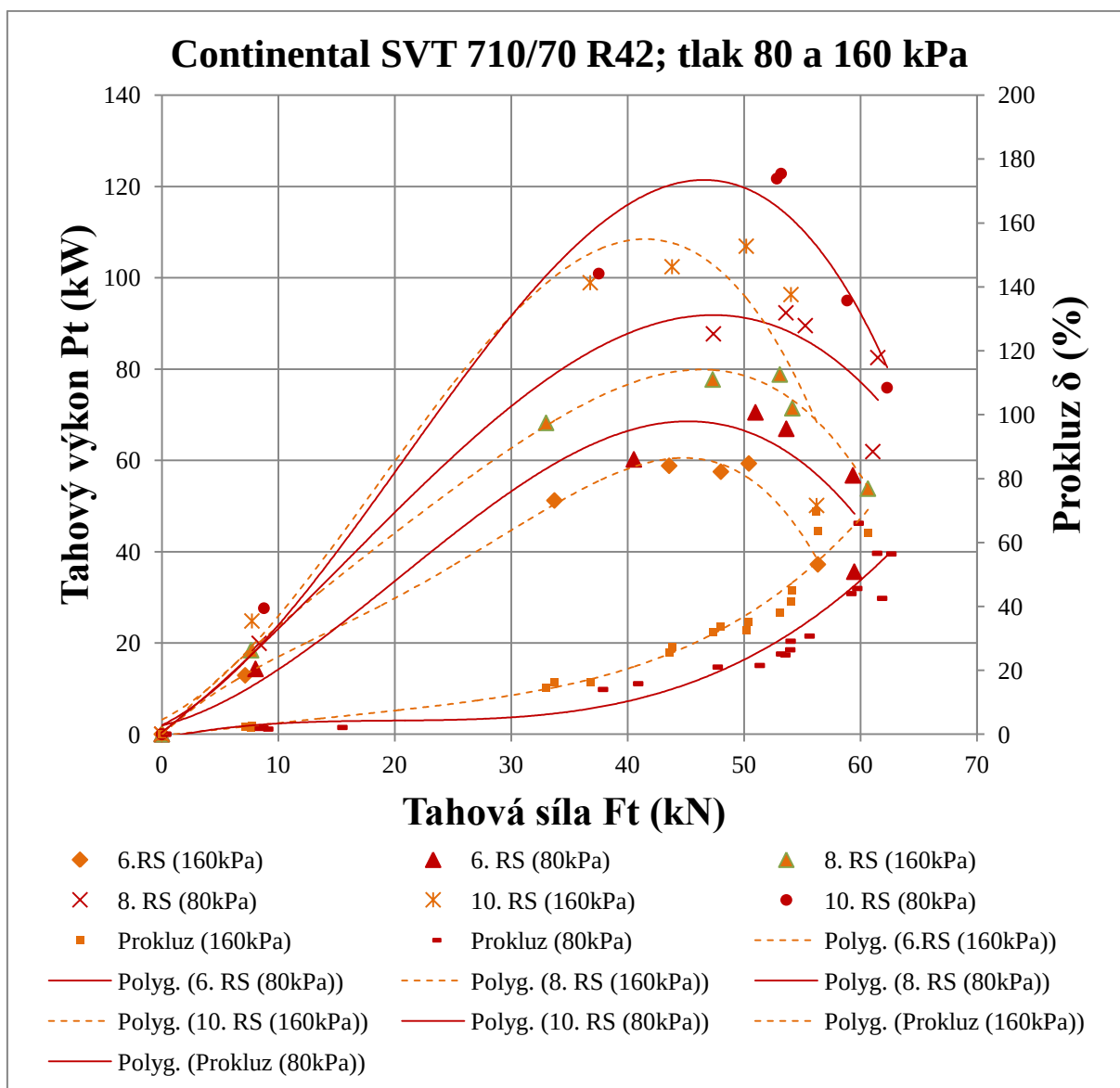


Obr. 40 Continental SVT 710/70 R42, tlak 80 kPa

Tab. 23 Tabulka regresní analýzy Continental (80kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
10.RS	$P_t = -0,001F_t^3 + 0,118F_t^2 + 1,012F_t + 3,838$	$R^2 = 0,978$
8.RS	$P_t = 0,039F_t^2 + 1,949F_t + 0,492$	$R^2 = 0,965$
6.RS	$P_t = -0,001F_t^3 + 0,069F_t^2 + 0,651F_t + 1,911$	$R^2 = 0,926$
Prokluz	$P_t = 2E-05F_t^4 - 0,002F_t^3 + 0,064F_t^2 - 0,138F_t - 0,206$	$R^2 = 0,916$

Pro lepší přehlednost vlivu změny huštění pneumatik na tahové vlastnosti traktoru, jsou do grafu na (Obr. 41) vyneseny tahové charakteristiky s pneumatikami Continental při tlaku huštění 80 kPa a 160 kPa. Z grafu je zřejmé, že snížením tlaku ze 160 na 80 kPa došlo k výraznému snížení prokluzu kol traktoru. Rozdíly v prokluzu a tahovém výkonu se začínají projevovat až při tahové síle vyšší jak 35 kN. Při tahové síle 60 kN je rozdíl v prokluzu asi 25 – 30 %. Nižší prokluz znamená také nižší ztráty výkonu prokluzem kol, což se projevilo nárůstem tahového výkonu. Maximální výkon dosažený na 6. převodový stupeň se při tlaku 80 kPa zvýšil o 10,3 kW, na 8. převodový stupeň o 13,5 kW a na 10. stupeň o 15,9 kW.



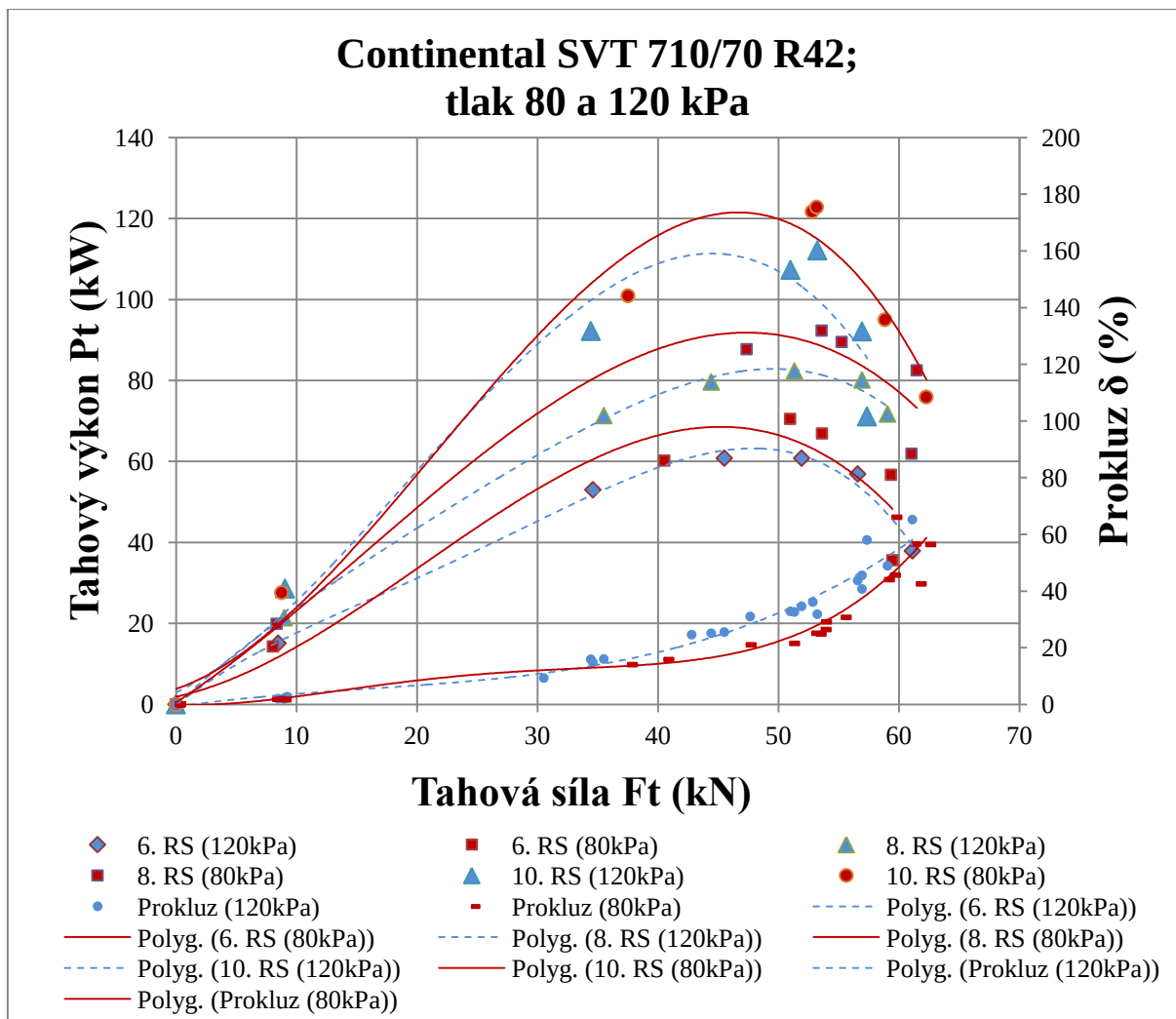
Obr. 41 Continental SVT 710/70 R42, tlak 160 a 80 kPa

Tab. 24 Tabulka regresní analýzy Continental (80x160kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
6.RS (80kPa)	$Pt = -0,001Ft^3 + 0,069Ft^2 + 0,651Ft + 1,911$	$R^2 = 0,926$
6.RS (120kPa)	$Pt = -3E-05Ft^4 + 0,002Ft^3 - 0,075Ft^2 + 2,322Ft - 0,153$	$R^2 = 0,995$
8.RS (80kPa)	$Pt = 0,039Ft^2 + 1,949Ft + 0,492$	$R^2 = 0,965$
8.RS (120kPa)	$Pt = -2E-05Ft^4 + 0,001Ft^3 - 0,049Ft^2 + 2,752Ft - 0,073$	$R^2 = 0,998$
10.RS (80kPa)	$Pt = -0,001Ft^3 + 0,118Ft^2 + 1,012Ft + 3,838$	$R^2 = 0,978$
10.RS (120kPa)	$Pt = -0,001Ft^3 + 0,100Ft^2 + 1,423Ft + 2,984$	$R^2 = 0,954$
Prokluz (80kPa)	$Pt = -0,050Ft^2 + 1,162Ft - 3,028$	$R^2 = 0,906$
Prokluz (120kPa)	$Pt = -0,035Ft^2 + 0,997Ft - 2,728$	$R^2 = 0,96$



Snížením tlaku v pneumatice dojde ke zvětšení plochy styku pneumatiky s podložkou, což se projevilo ve zvýšení tahové síly u všech měřených převodových stupňů. Při menším rozdílu tlaku, což je patrné z grafu na (Obr.42), kde jsou vyneseny charakteristiky při tlaku 80 a 120 kPa, jsou rozdíly nižší.



Obr. 42 Continental SVT 710/70 R42, tlak 120 a 80kPa

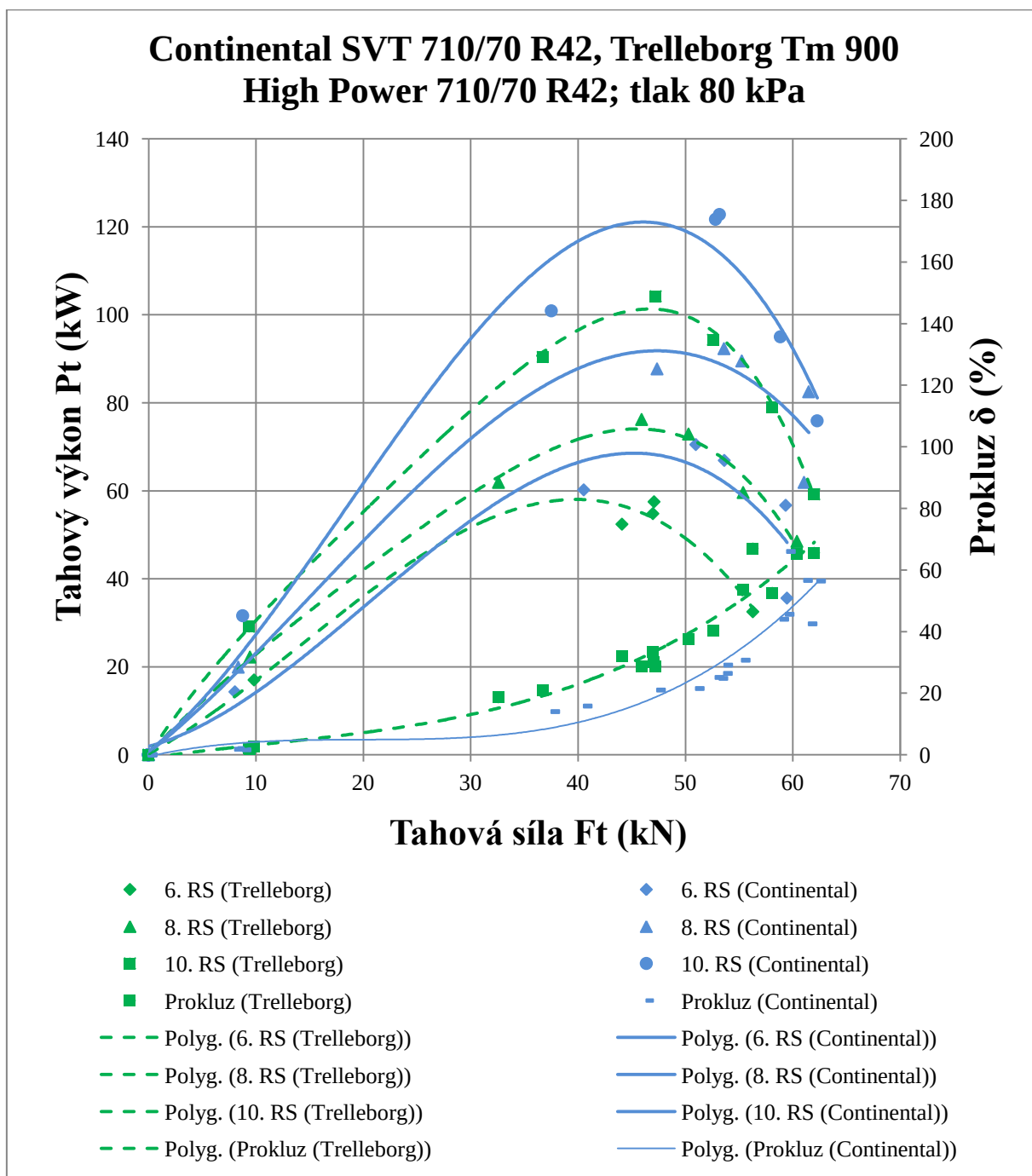
Tab. 25 Tabulka regresní analýzy Continental tlak 120 a 80kPa

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
6.RS (80kPa)	$Pt = -0,001Ft^3 + 0,069Ft^2 + 0,651Ft + 1,911$	$R^2 = 0,926$
6.RS (120kPa)	$Pt = -3E-05 Ft^4 + 0,002 Ft^3 - 0,075 Ft^2 + 2,322 Ft - 0,153$	$R^2 = 0,995$
8.RS (80kPa)	$Pt = 0,039 Ft^2 + 1,949 Ft + 0,492$	$R^2 = 0,965$
8.RS (120kPa)	$Pt = -2E-05 Ft^4 + 0,001 Ft^3 - 0,049 Ft^2 + 2,752 Ft - 0,073$	$R^2 = 0,998$
10.RS (80kPa)	$Pt = -0,001 Ft^3 + 0,118 Ft^2 + 1,012 Ft + 3,838$	$R^2 = 0,978$
10.RS (120kPa)	$Pt = -0,001 Ft^3 + 0,100 Ft^2 + 1,423 Ft + 2,984$	$R^2 = 0,954$
Prokluz (80kPa)	$Pt = 2E-05 Ft^4 - 0,002 Ft^3 + 0,065 Ft^2 - 0,173 Ft - 0,013$	$R^2 = 0,955$
Prokluz (120kPa)	$Pt = -0,035 Ft^2 + 0,997 Ft - 2,728$	$R^2 = 0,96$



7.4 POROVNÁNÍ DOSAŽENÝCH PARAMETRŮ U JEDNOTLIVÝCH PNEUMATIK

V následujících grafech je provedeno porovnání výsledků měření pneumatik různých výrobců při stejném tlaku huštění. V grafu na (Obr.43) je porovnání tahových vlastností traktoru s pneumatikami Continental a Trelleborg při tlaku huštění 80 kPa. Z grafu je patrný výrazný rozdíl v tahovém výkonu a prokluzu obou pneumatik. Pneumatiky Continental vykazovaly na všechny měřené stupně nižší prokluz a vyšší tahový výkon. Mimo nejvyšší tahovou sílu byly rozdíly zjištěny ve všech měřených bodech. V grafu jsou vyneseny srovnatelné převodové stupně. Jelikož u pneumatik Continental byly na uvedený tlak měřeny pouze rychlostní stupně 6, 8 a 10, jsou v charakteristice porovnávány uvedené tři stupně.



Obr. 43 Continental SVT 710/70 R42, Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42, tlak 80 kPa

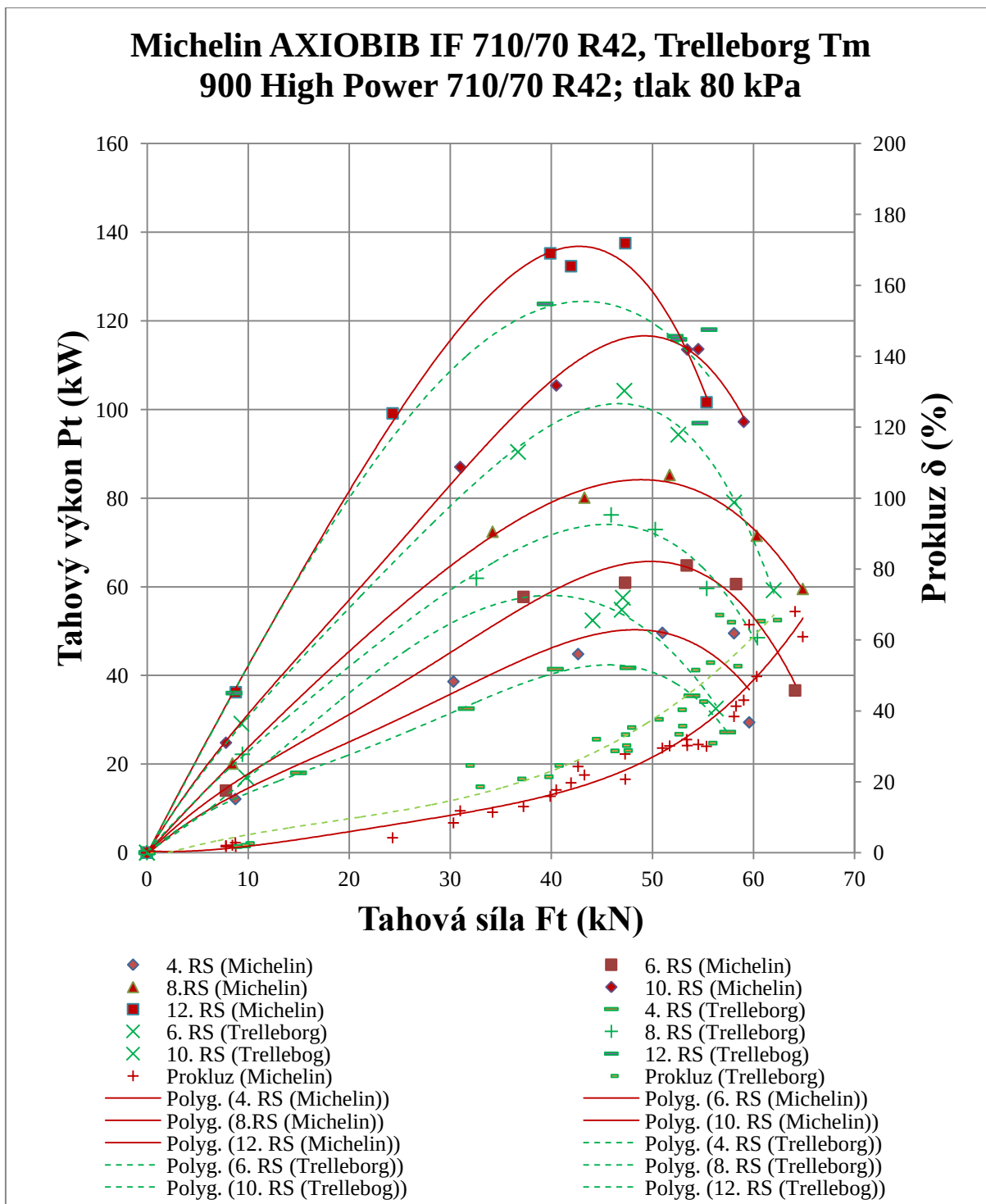


Tab. 26 Tabulka regresní analýzy Continental, Trelleborg (80kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
6.RS (Trelleborg)	$P_t = -0,001F_t^3 + 0,041F_t^2 + 1,358F_t + 0,199$	$R^2 = 0,987$
6.RS (Continental)	$P_t = -0,001F_t^3 + 0,069F_t^2 + 0,651F_t + 1,911$	$R^2 = 0,926$
8.RS (Trelleborg)	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,001F_t^3 - 0,046F_t^2 + 2,613F_t + 0,177$	$R^2 = 0,994$
8.RS (Continental)	$P_t = 0,039F_t^2 + 1,949F_t + 0,492$	$R^2 = 0,965$
10.RS (Trelleborg)	$P_t = -3E-05F_t^4 + 0,002F_t^3 - 0,083F_t^2 + 3,666F_t + 0,095$	$R^2 = 0,998$
10.RS (Continental)	$P_t = -0,001F_t^3 + 0,118F_t^2 + 1,012F_t + 3,838$	$R^2 = 0,978$
Prokluz (Trelleborg)	$P_t = -0,011F_t^2 + 0,504F_t - 1,065$	$R^2 = 0,960$
Prokluz (Continental)	$P_t = -0,050F_t^2 + 1,162F_t - 3,028$	$R^2 = 0,906$



V grafu tahové charakteristiky na (Obr.44) je porovnání průběhu tahových výkonů a prokluzu kol pro pneumatiky Michelin a Trelleborg při tlaku 80 kPa. Porovnání je provedeno pro převodové stupně 4 až 12. Z grafu je vidět obdobné rozdíly v prokluzu a tahovém výkonu jako v předchozím grafu. Příznivější výsledky vykazují pneumatiky Michelin.



Obr. 44 Michelin AXIOBIB IF 710/70 R42, Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42, tlak 80 kPa

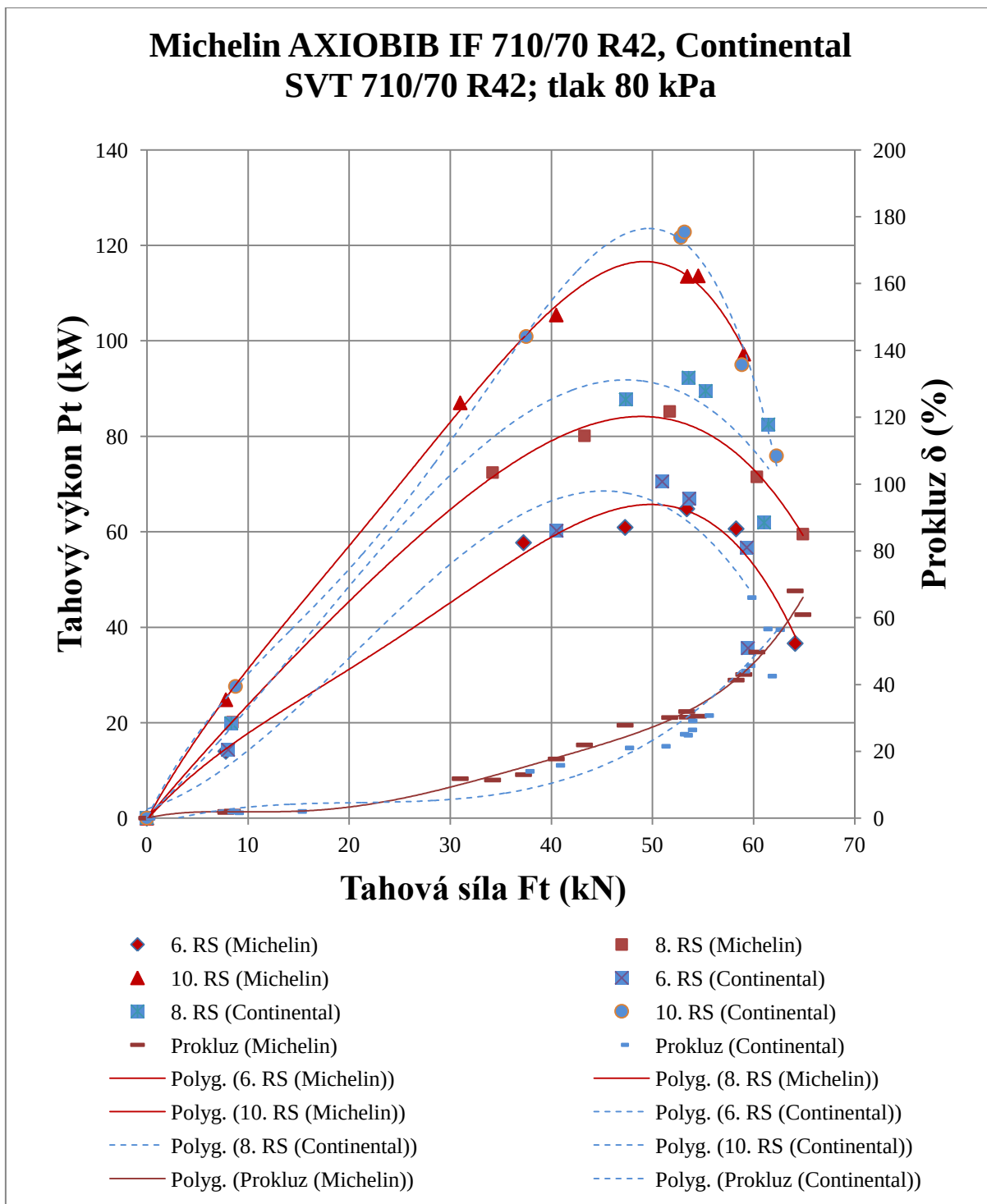


Tab. 27 Tabulka regresní analýzy Michelin, Trelleborg (80kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
6.RS (Trelleborg)	$P_t = -0,001F_t^3 + 0,041F_t^2 + 1,358F_t + 0,199$	$R^2 = 0,987$
6.RS (Michelin)	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,002F_t^3 - 0,076F_t^2 + 2,360F_t - 0,272$	$R^2 = 0,991$
8.RS (Trelleborg)	$P_t = -2E-05 F_t^4 + 0,001F_t^3 - 0,046F_t^2 + 2,613F_t + 0,177$	$R^2 = 0,994$
8.RS (Michelin)	$P_t = -9E-06F_t^4 - 0,019F_t^2 + 2,537 F_t - 0,069$	$R^2 = 0,998$
10.RS (Trelleborg)	$P_t = -3E-05F_t^4 + 0,002F_t^3 - 0,083F_t^2 + 3,666F_t + 0,095$	$R^2 = 0,998$
10.RS (Michelin)	$P_t = -3E-05F_t^4 + 0,003F_t^3 - 0,095F_t^2 + 3,836F_t - 0,207$	$R^2 = 0,999$
12.RS (Trelleborg)	$P_t = 4,314F_t - 0,263$	$R^2 = 0,980$
12.RS (Michelin)	$P_t = -3E-05F_t^4 + 0,001F_t^3 - 0,033F_t^2 + 4,500F_t - 0,363$	$R^2 = 0,997$
Prokluz (Trelleborg)	$P_t = -0,025F_t^2 + 0,885F_t - 1,718$	$R^2 = 0,915$
Prokluz (Michelin)	$P_t = 1E-05F_t^4 - 0,001F_t^3 + 0,037F_t^2 - 0,146F_t + 0,483$	$R^2 = 0,954$



Porovnání tahových charakteristik traktoru s pneumatikami Continental a Michelin při tlaku 80 kPa je provedeno v grafu na (Obr.45). Z grafu je patrné, že obě porovnávané pneumatiky vykazují téměř shodné výsledky. Zjištěné odchylky lze přisoudit variabilitě půdních vlastností při měření.



Obr. 45 Michelin AXIOBIB IF 710/70 R42, Continental SVT 710/70 R42, tlak 80 kPa

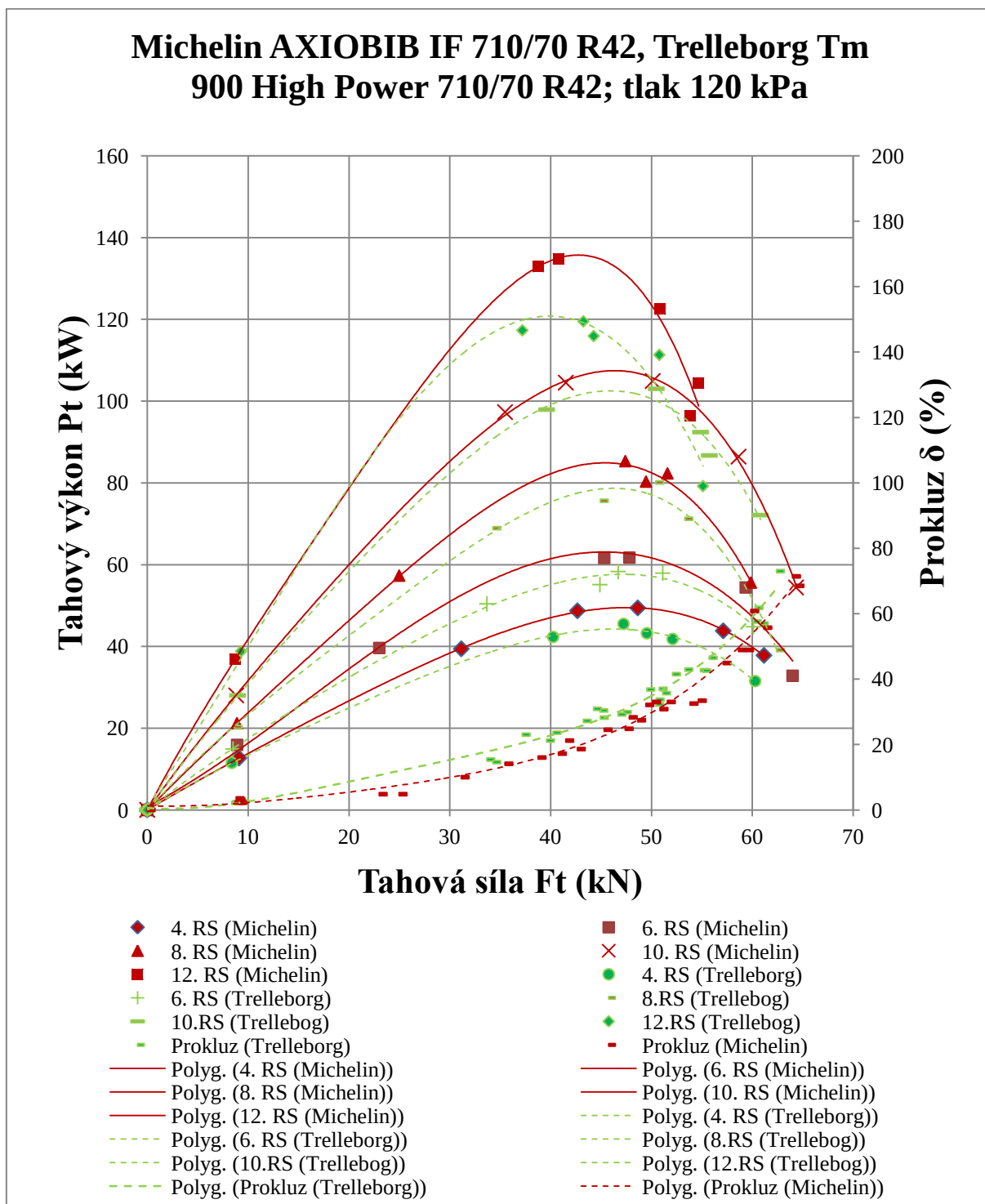


Obr. 46 Tabulka regresní analýzy Michelin, Continental (80kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
6.RS (Michelin)	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,002F_t^3 - 0,076F_t^2 + 2,360F_t - 0,272$	$R^2 = 0,991$
6.RS (Continental)	$P_t = -0,001F_t^3 + 0,069F_t^2 + 0,651F_t + 1,911$	$R^2 = 0,926$
8.RS (Michelin)	$P_t = -9E-06F_t^4 - 0,019F_t^2 + 2,537F_t - 0,069$	$R^2 = 0,998$
8.RS (Continental)	$P_t = 0,039F_t^2 + 1,949F_t + 0,492$	$R^2 = 0,965$
10.RS (Michelin)	$P_t = -3E-05F_t^4 + 0,003F_t^3 - 0,095F_t^2 + 3,836F_t - 0,207$	$R^2 = 0,999$
10.RS (Continental)	$P_t = -0,001F_t^3 + 0,118F_t^2 + 1,012F_t + 3,838$	$R^2 = 0,978$
Prokluz (Michelin)	$P_t = 7E-07F_t^5 - 1E-04F_t^4 + 0,005F_t^3 - 0,095F_t^2 + 0,731F_t - 0,017$	$R^2 = 0,985$
Prokluz (Continental)	$P_t = -6E-05F_t^4 + 0,005F_t^3 - 0,175F_t^2 + 4,239F_t + 0,085$	$R^2 = 0,997$



V grafu na (Obr.47) je porovnání průběhu tahových výkonů a prokluzu kol pro pneumatiky Michelin a Trelleborg při tlaku 120 kPa. Porovnání je provedeno pro převodové stupně 4, 6, 8, 10 a 12. Při zařazených převodových stupních 6, 8, a 10 jsou průběhy tahových výkonů u obou porovnávaných pneumatik téměř shodné. Největší rozdíl ve prospěch pneumatik Michelin byl naměřen na převodový stupeň 12. Z grafu je také vidět nižší prokluzy u pneumatik Michelin.



Obr. 47 Michelin AXIOBIB IF 710/70 R42, Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42 tlak 120 kPa

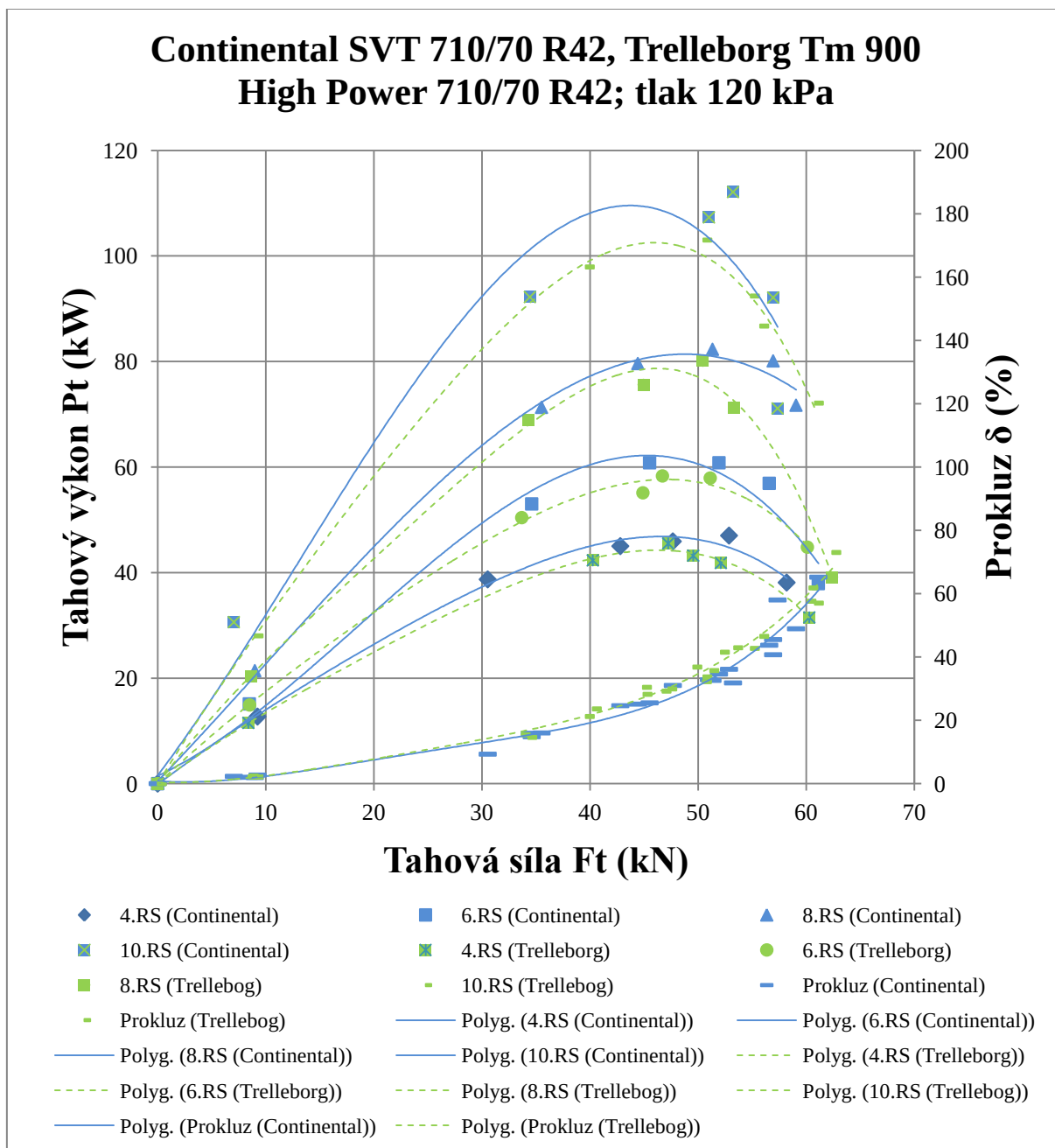


Tab. 28 Tabulka regresní analýzy Michelin, Trelleborg (120kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
4.RS (Trelleborg)	$P_t = -9E-06F_t^4 - 0,023F_t^2 + 1,517F_t + 0,016$	$R^2 = 0,998$
4.RS (Michelin)	$P_t = -7E-06F_t^4 - 0,010F_t^2 + 1,458F_t + 0,026$	$R^2 = 0,999$
6.RS (Trelleborg)	$P_t = -1E-05F_t^4 - 0,026F_t^2 + 1,966F_t - 0,078$	$R^2 = 0,997$
6.RS (Michelin)	$P_t = 0,034F_t^2 + 1,282F_t + 0,794$	$R^2 = 0,984$
8.RS (Trelleborg)	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,002F_t^3 - 0,062F_t^2 + 2,793F_t - 0,086$	$R^2 = 0,996$
8.RS (Michelin)	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,001F_t^3 - 0,024F_t^2 + 2,543F_t - 0,031$	$R^2 = 0,998$
10.RS (Trelleborg)	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,001F_t^3 - 0,035F_t^2 + 3,352F_t + 0,059$	$R^2 = 0,997$
10.RS (Michelin)	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,001F_t^3 - 0,039F_t^2 + 3,467F_t - 0,081$	$R^2 = 0,999$
12.RS (Trelleborg)	$P_t = -0,001F_t^3 + 0,044F_t^2 + 3,622F_t + 0,825$	$R^2 = 0,991$
12.RS (Michelin)	$P_t = -5E-05F_t^4 + 0,003F_t^3 - 0,084F_t^2 + 4,767F_t + 0,011$	$R^2 = 0,993$
Prokluz (Trelleborg)	$P_t = 2E-05F_t^4 - 0,001F_t^3 + 0,053F_t^2 - 0,204F_t + 0,585$	$R^2 = 0,985$
Prokluz (Michelin)	$P_t = 9E-06F_t^4 + 0,026F_t^2 - 0,103F_t + 1,291$	$R^2 = 0,984$



Porovnání tahových charakteristik pneumatik Continental a Trelleborg při tlaku 120 kPa je uvedeno v grafu na (Obr.48). Také z tohoto grafu je patrné, že v celém rozsahu tahových sil nebyly naměřeny výrazné rozdíly v tahovém výkonu. V oblasti maximálních tahových výkonů vykázaly pneumatiky Continental mírně snížené prokluzy kol a tomu odpovídající vyšší tahový výkon.



Obr. 48 Continental SVT 710/70 R42, Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42, tlak 120 kPa

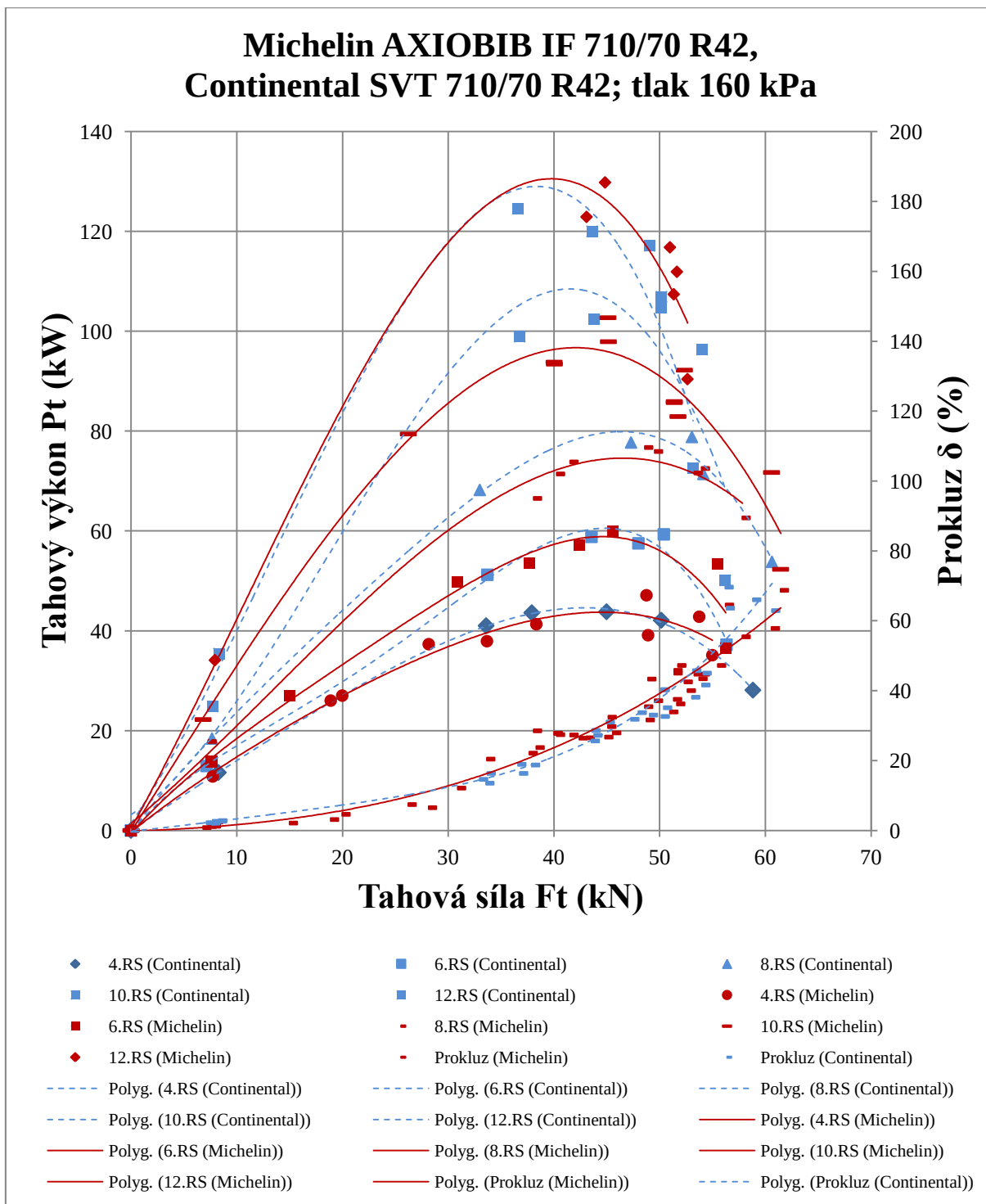


Tab. 29 Tabulka regresní analýzy Continental, Trelleborg (120kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
4.RS (Trelleborg)	$P_t = -9E-06F_t^4 - 0,023F_t^2 + 1,517F_t + 0,016$	$R^2 = 0,998$
4.RS (Continental)	$P_t = -7E-06F_t^4 - 0,017F_t^2 + 1,551F_t - 0,124$	$R^2 = 0,995$
6.RS (Trelleborg)	$P_t = -1E-05F_t^4 - 0,026F_t^2 + 1,966F_t - 0,078$	$R^2 = 0,997$
6.RS (Continental)	$P_t = 0,046F_t^2 + 0,954F_t + 1,488$	$R^2 = 0,983$
8.RS (Trelleborg)	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,002F_t^3 - 0,062F_t^2 + 2,793F_t - 0,086$	$R^2 = 0,996$
8.RS (Continental)	$P_t = 0,015F_t^2 + 2,122F_t + 0,514$	$R^2 = 0,996$
10.RS (Trelleborg)	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,001F_t^3 - 0,035F_t^2 + 3,352F_t + 0,059$	$R^2 = 0,997$
10.RS (Continental)	$P_t = -0,001F_t^3 + 0,100F_t^2 + 1,423F_t + 2,984$	$R^2 = 0,954$
Prokluz (Trelleborg)	$P_t = 1E-05F_t^4 - 0,001F_t^3 + 0,040F_t^2 - 0,092F_t + 0,414$	$R^2 = 0,987$
Prokluz (Continental)	$P_t = 2E-05F_t^4 - 0,001F_t^3 + 0,054F_t^2 - 0,249F_t + 0,694$	$R^2 = 0,967$



V následujících grafech na (Obr.49) až (Obr.51) je vzájemné porovnání všech měřených pneumatik při tlaku huštění 160kPa. Z uvedených grafů je zřejmé, že průběhy tahových výkonů jednotlivých pneumatik vykazují minimální rozdíly. Obdobné výsledky vykazují také naměřené prokluzy kol.

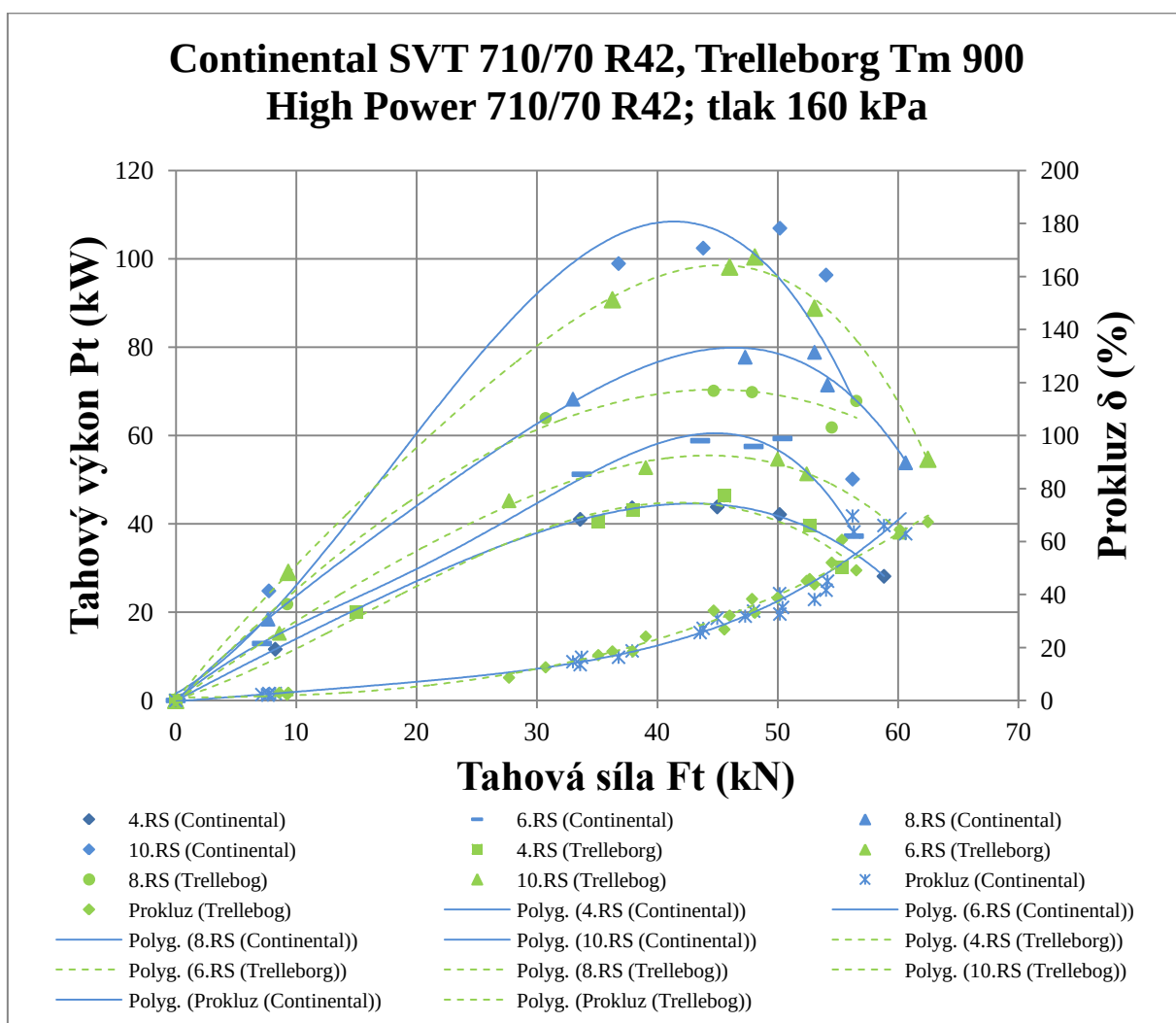


Obr. 49 Michelin AXIOBIB IF 710/70 R42, Continental SVT 710/70 R42, tlak 160 kPa



Tab. 30 Tabulka regresní analýzy Continental, Michelin (160kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
4.RS (Michelin)	$P_t = -7E-06F_t^4 - 0,023F_t^2 + 1,701F_t - 0,318$	$R^2 = 0,970$
6.RS (Continental)	$P_t = -4E-05F_t^4 + 0,003F_t^3 - 0,098F_t^2 + 2,383F_t - 0,099$	$R^2 = 0,995$
6.RS (Michelin)	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,001F_t^3 - 0,061F_t^2 + 2,336F_t - 0,49$	$R^2 = 0,971$
8.RS (Continental)	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,001F_t^3 - 0,045F_t^2 + 2,713F_t - 0,097$	$R^2 = 0,996$
8.RS (Michelin)	$P_t = 0,025F_t^2 + 1,766F_t + 1,412$	$R^2 = 0,993$
10.RS (Continental)	$P_t = -0,002F_t^3 + 0,121F_t^2 + 1,274F_t + 3,192$	$R^2 = 0,926$
10.RS (Michelin)	$P_t = 0,005F_t^2 + 3,338F_t - 0,193$	$R^2 = 0,976$
12.RS (Continental)	$P_t = -0,002F_t^3 + 0,096F_t^2 + 3,130F_t + 1,408$	$R^2 = 0,979$
12.RS (Michelin)	$P_t = -0,001F_t^3 + 0,055F_t^2 + 3,808F_t + 0,455$	$R^2 = 0,982$
Prokluz (Continental)	$P_t = 7E-06F_t^4 + 0,006F_t^2 + 0,315F_t - 0,217$	$R^2 = 0,953$
Prokluz (Michelin)	$P_t = 0,007F_t^2 + 0,097F_t - 0,177$	$R^2 = 0,958$

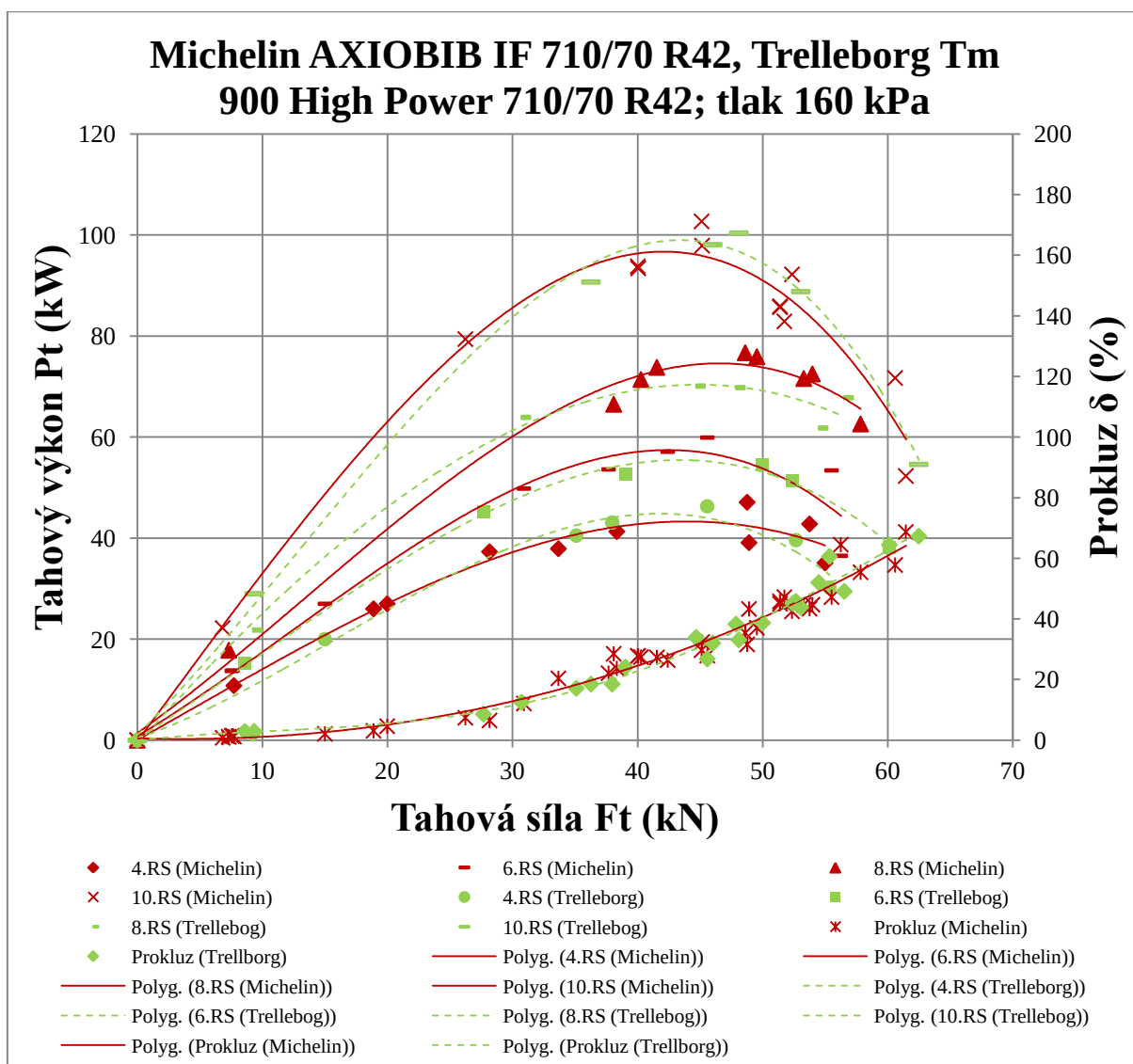


Obr. 50 Continental SVT 710/70 R42, Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42, tlak 160 kPa



Tab. 31 Tabulka regresní analýzy Continental, Trelleborg (160kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
4.RS (Trelleborg)	$P_t = 0,034F_t^2 + 0,885F_t + 0,178$	$R^2 = 0,990$
4.RS (Continental)	$P_t = -6E-06F_t^4 - 0,005F_t^2 + 1,447F_t - 0,015$	$R^2 = 0,999$
6.RS (Trelleborg)	$P_t = -6E-06F_t^4 - 0,014F_t^2 + 1,942F_t - 0,157$	$R^2 = 0,998$
6.RS (Continental)	$P_t = -4E-05F_t^4 + 0,003F_t^3 - 0,098F_t^2 + 2,383F_t - 0,099$	$R^2 = 0,995$
8.RS (Trelleborg)	$P_t = -0,018F_t^2 + 2,785F_t - 0,742$	$R^2 = 0,991$
8.RS (Continental)	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,001F_t^3 - 0,045F_t^2 + 2,713F_t - 0,097$	$R^2 = 0,996$
10.RS (Trelleborg)	$P_t = -2E-05F_t^4 + 0,001F_t^3 - 0,042F_t^2 + 3,388F_t + 0,067$	$R^2 = 0,998$
10.RS (Continental)	$P_t = -0,002F_t^3 + 0,113F_t^2 + 1,529F_t + 1,621$	$R^2 = 0,945$
Prokluz (Trelleborg)	$P_t = 0,007F_t^2 - 0,008F_t + 1,222$	$R^2 = 0,978$
Prokluz (Continental)	$P_t = 7E-06F_t^4 + 0,002F_t^2 + 0,349F_t - 0,290$	$R^2 = 0,950$



Obr. 51 Michelin AXIOBIB IF 710/70 R42, Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42 tlak 160 kPa



Tab. 32 Tabulka regresní analýzy Continental, Michelin (160kPa)

Křivka	Rovnice regrese	Parametr spolehlivosti regrese
4.RS (Trelleborg)	$P_t = 0,035F_t^2 + 0,866F_t + 0,355$	$R^2 = 0,985$
4.RS (Michelin)	$P_t = 0,003F_t^2 + 1,394F_t + 0,046$	$R^2 = 0,970$
6.RS (Trelleborg)	$P_t = 0,014F_t^2 + 1,593F_t + 0,279$	$R^2 = 0,997$
6.RS (Michelin)	$P_t = 0,024F_t^2 + 1,491F_t + 0,788$	$R^2 = 0,967$
8.RS (Trelleborg)	$P_t = -0,018F_t^2 + 2,785F_t - 0,742$	$R^2 = 0,991$
8.RS (Michelin)	$P_t = 0,025F_t^2 + 1,766F_t + 1,412$	$R^2 = 0,993$
10.RS (Trelleborg)	$P_t = -0,001F_t^3 + 0,042F_t^2 + 2,456F_t + 1,078$	$R^2 = 0,996$
10.RS (Michelin)	$P_t = 0,005F_t^2 + 3,338F_t - 0,193$	$R^2 = 0,976$
Prokluz (Trelleborg)	$P_t = -7E-06F_t^4 + 0,001F_t^3 - 0,027F_t^2 + 0,477F_t - 0,060$	$R^2 = 0,979$
Prokluz (Michelin)	$P_t = 4E-05F_t^3 + 0,016F_t^2 - 0,118F_t + 0,616$	$R^2 = 0,967$

Z uvedeného porovnání je patrné, že s nárůstem tlaku v pneumatikách došlo ke snížení naměřených rozdílů v tahovém výkonu i prokluzu.

7.5 VÝSTUPNÍ PARAMETRY TRAKTORU PŘI DOSAŽENÍ MAXIMÁLNÍHO TAHOVÉHO VÝKONU

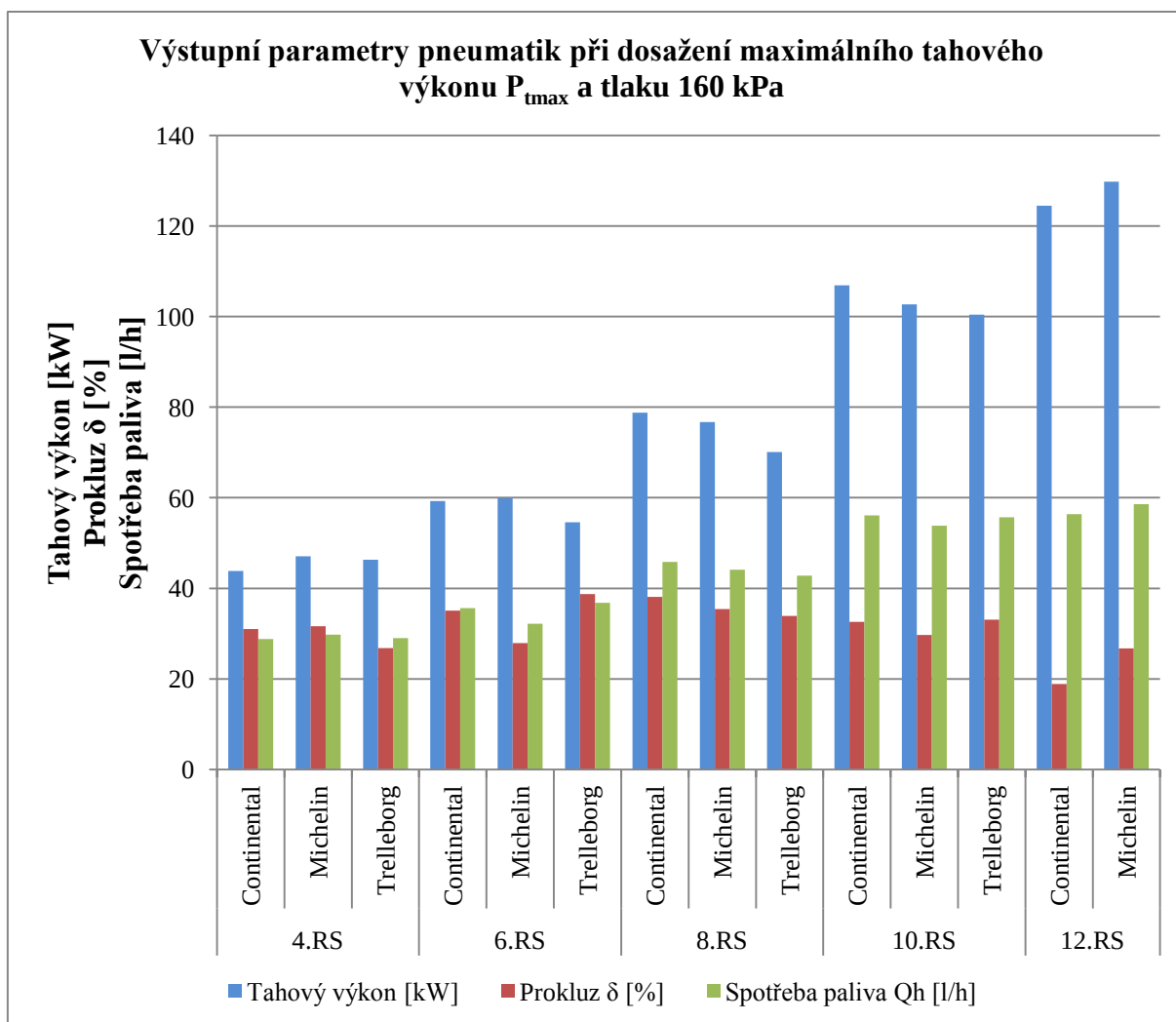
Pro exaktní porovnání dosažených výsledků s jednotlivými pneumatikami byly vybrány parametry dosažené při maximálním naměřeném tahovém výkonu. Uvedené hodnoty jsou v tabulkách Tab. 33 až Tab. 35. Pro lepší přehlednost jsou maximální tahové výkony na jednotlivé tlaky huštění a jim odpovídající prokluzy vyneseny do sloupcových grafů na (Obr.52) až (Obr.54). Vliv změny tlaku na tahové vlastnosti při různých tlacích a rychlostech, u pneumatik Continental, je uveden v Tab. 36 a v grafu na obrázku (Obr.55). Podrobný popis dosažených výsledků je uveden v závěrečné kapitole.

Tab. 33 Naměřené a vypočtené výstupní parametry jednotlivých typů pneumatik při dosažení maximálního tahového výkonu P_{tmax} a tlaku 160 kPa

Převodový stupeň	Pneumatika	Tahový výkon	Tahová síla	Prokluz	Skutečná rychlost	Spotřeba paliva	Otáčky motoru
		P_t	F_t	δ	v	Q_h	n
		[kW]	[kN]	[%]	[km/h]	[l/h]	[min ⁻¹]
4.RS	Continental	43,8	44,99	31	3,51	28,8	2271
	Michelin	47,1	48,77	31,6	3,48	29,8	2270
	Trelleborg	46,3	45,58	26,8	3,66	29	2271
6.RS	Continental	59,3	50,41	35,1	4,23	35,6	2263
	Michelin	59,9	45,59	27,9	4,74	32,2	2267
	Trelleborg	54,6	50	38,7	3,93	36,8	2261
8.RS	Continental	78,8	53,07	38,1	5,35	45,8	2247
	Michelin	76,7	48,62	35,4	5,67	44,1	2261
	Trelleborg	70,1	44,69	33,9	5,64	42,8	2256



10.RS	Continental	106,9	50,19	32,6	7,67	56,1	2211
	Michelin	102,7	45,13	29,7	8,19	53,8	2255
	Trelleborg	100,4	48,11	33,1	7,51	55,7	2217
12.RS	Continental	124,5	36,62	18,9	12,24	56,4	2183
	Michelin	129,8	44,85	26,7	10,42	58,6	2043

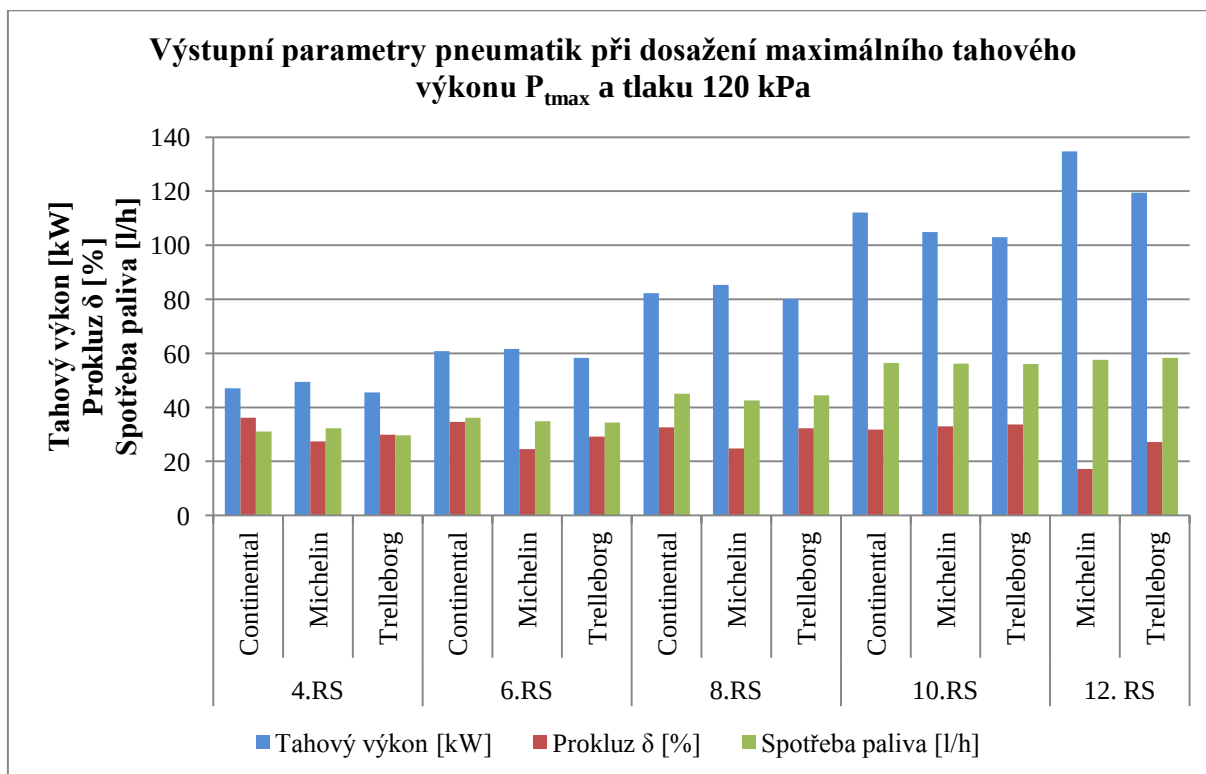


Obr. 52 Porovnání maximálních tahových výkonů a prokluzů měřených pneumatik při tlaku 160 kPa na rychlostní stupně 4 – 12



Tab. 34 Naměřené a vypočtené výstupní parametry jednotlivých typů pneumatik při dosažení maximálního tahového výkonu P_{tmax} a tlaku 120 kPa

Převodový stupeň	Pneumatika	Tahový výkon	Tahová síla	Prokluz	Skutečná rychlost	Spotřeba paliva	Otáčky motoru
		P_t	F_t	δ	v	Q_h	n
		[kW]	[kN]	[%]	[km/h]	[l/h]	[min ⁻¹]
4.RS	Continental	47	52,87	36,1	3,2	31	2268
	Michelin	49,4	48,65	27,4	3,66	32,2	2267
	Trelleborg	45,5	47,24	29,9	0,96	29,6	2270
6.RS	Continental	60,8	51,94	34,6	4,22	36,2	2262
	Michelin	61,6	45,33	24,5	4,89	34,8	2264
	Trelleborg	58,3	46,71	29,2	1,25	34,4	2259
8.RS	Continental	82,3	51,34	32,6	5,77	45,1	2254
	Michelin	85,3	47,42	24,8	6,48	42,5	2257
	Trelleborg	80,1	50,45	32,2	1,59	44,5	2248
10.RS	Continental	112,1	53,24	31,8	7,58	56,4	2187
	Michelin	104,9	50,14	33	7,53	56,2	2202
	Trelleborg	103	50,49	33,7	2,04	56,1	2207
12. RS	Michelin	134,8	40,79	17,2	11,9	57,6	2095
	Trelleborg	119,5	43,26	27,2	2,76	58,3	2190

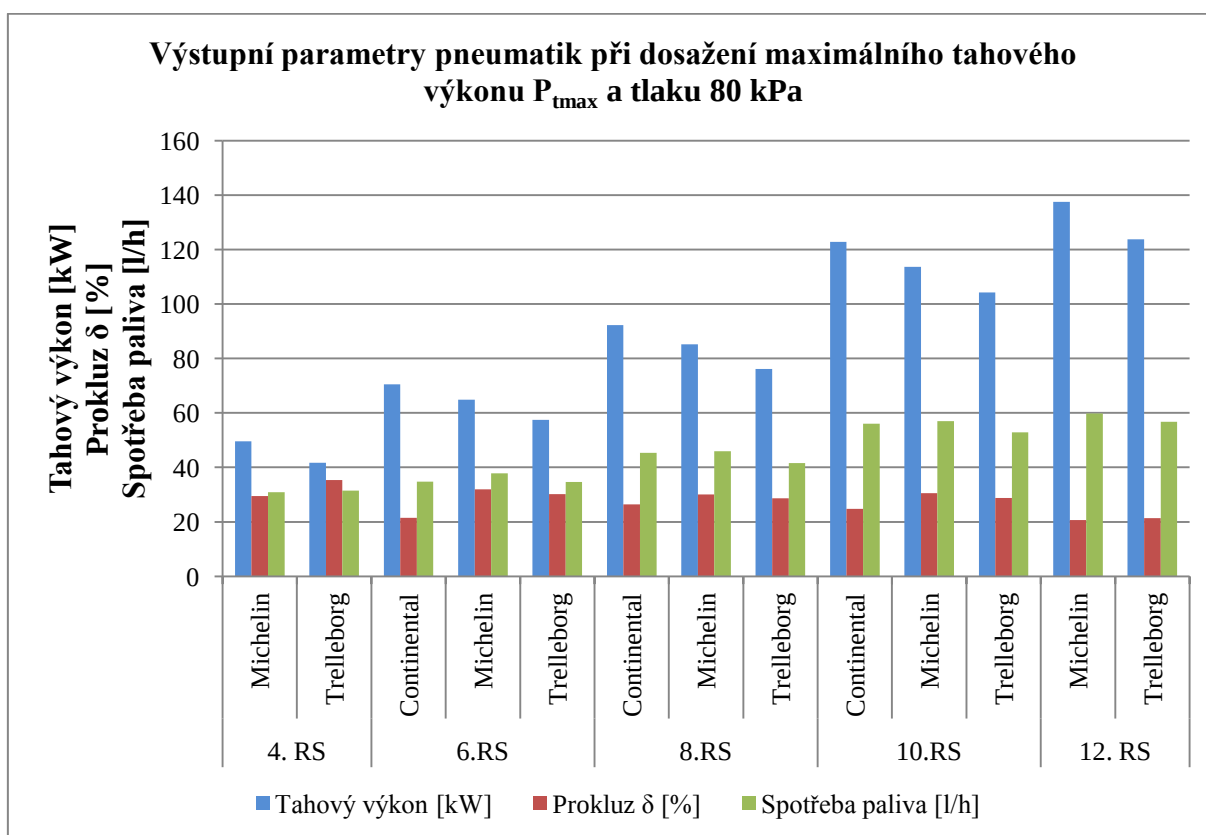


Obr. 53 Porovnání maximálních tahových výkonů a prokluzů měřených pneumatik při tlaku 120 kPa na rychlostní stupně 4 – 12



Tab. 35 Naměřené a vypočtené výstupní parametry jednotlivých typů pneumatik při dosažení maximálního tahového výkonu P_{tmax} a tlaku 80 kPa

Převodový stupeň	Pneumatika	Tahový výkon	Tahová síla	Prokluz	Skutečná rychlost	Spotřeba paliva	Otáčky motoru
		P_t	F_t	δ	v	Q_h	n
		[kW]	[kN]	[%]	[km/h]	[l/h]	[min ⁻¹]
4. RS	Michelin	49,6	51	29,5	3,5	30,9	2262
	Trelleborg	41,7	47,59	35,3	3,16	31,5	2262
6.RS	Continental	70,5	50,98	21,5	4,98	34,8	2264
	Michelin	64,8	53,41	31,9	4,37	37,8	2267
	Trelleborg	57,5	47,09	30,2	4,4	34,7	2264
8.RS	Continental	92,3	53,6	26,4	6,2	45,3	2253
	Michelin	85,2	51,72	30,1	5,93	45,9	2247
	Trelleborg	76,2	45,93	28,7	5,97	41,6	2258
10.RS	Continental	122,8	53,18	24,8	8,31	56	2211
	Michelin	113,6	54,55	30,5	7,5	57	2135
	Trelleborg	104,2	47,24	28,8	7,94	52,9	2245
12. RS	Michelin	137,5	47,33	20,7	10,46	59,8	1944
	Trelleborg	123,8	39,4	21,4	11,31	56,7	2160

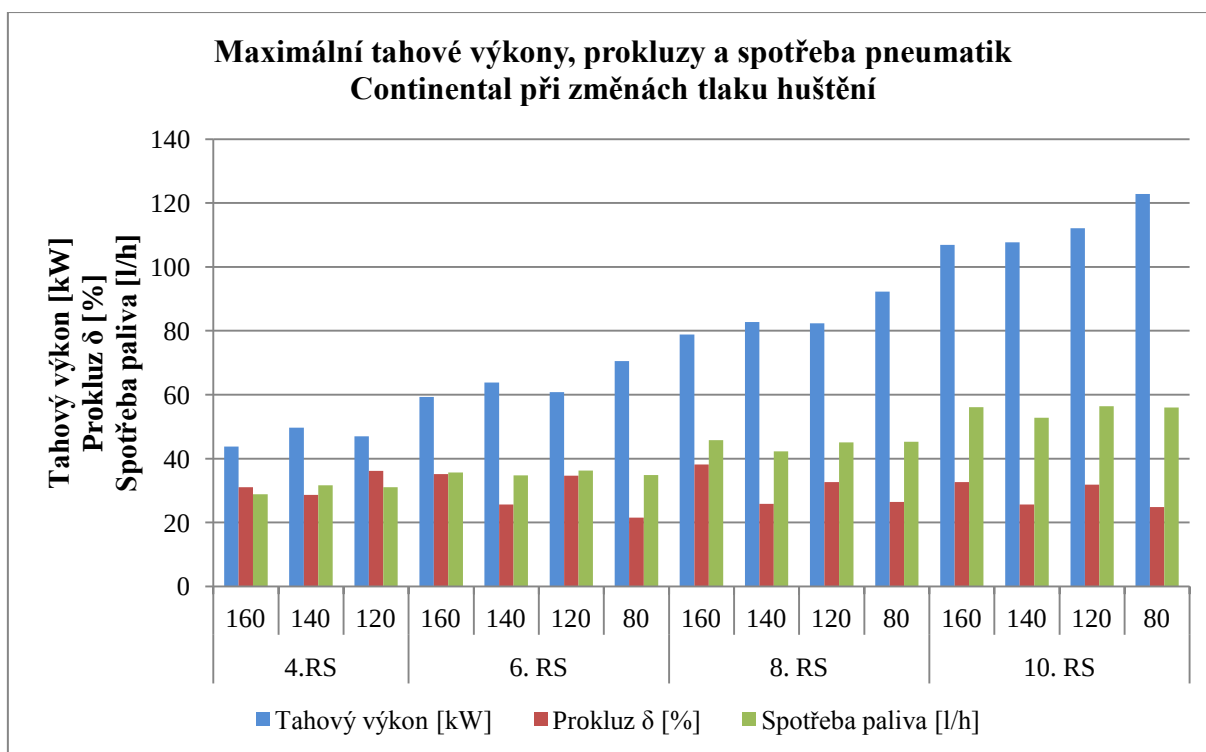


Obr. 54 Porovnání maximálních tahových výkonů a prokluzů měřených pneumatik při tlaku 80 kPa na rychlostní stupně 4 – 12



Tab. 36 Naměřené a vypočtené parametry při maximálních tahových výkonech pneumatik Continental SVT 710/70 R42 při změně tlaku

Převodový stupeň	Pneumatika	Tahový výkon	Tahová síla	Prokluz	Skutečná rychlost	Spotřeba paliva	Otáčky motoru
		P_t	F_t	δ	v	Q_h	n
		[kW]	[kN]	[%]	[km/h]	[l/h]	[min ⁻¹]
4.RS	160	43,8	44,99	3,51	31	28,8	2271
	140	49,7	49,69	3,6	28,6	31,6	2267
	120	47	52,87	3,2	36,1	31	2268
6. RS	160	59,3	50,41	4,23	35,1	35,6	2263
	140	63,8	47,57	4,83	25,6	34,7	2264
	120	60,8	51,94	4,22	34,6	36,2	2262
	80	70,5	50,98	4,98	21,5	34,8	2264
8. RS	160	78,8	53,07	5,35	38,1	45,8	2247
	140	82,7	46,57	6,4	25,8	42,3	2257
	120	82,3	51,34	5,77	32,6	45,1	2254
	80	92,3	53,6	6,2	26,4	45,3	2253
10. RS	160	106,9	50,19	7,67	32,6	56,1	2211
	140	107,7	45,38	8,55	25,6	52,8	2245
	120	112,1	53,24	7,58	31,8	56,4	2187
	80	122,8	53,18	8,31	24,8	56	2211

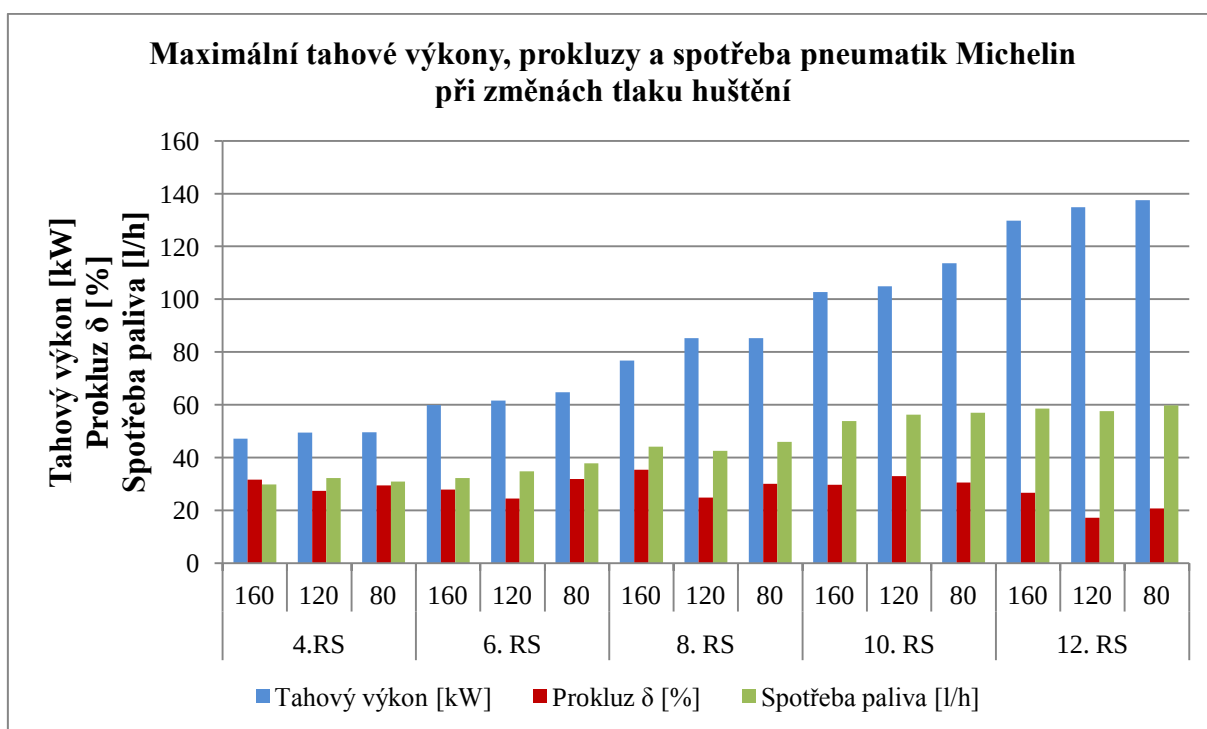


Obr. 55 Porovnání maximálních tahových výkonů a prokluzů pneumatik Continental SVT 710/70 R42 při změně tlaku na rychlostní stupně 4 – 10



Tab. 37 Naměřené a vypočtené parametry při maximálních tahových výkonech pneumatik Michelin AXIOBIB IF 710/70 R42 při změně tlaku

Převodový stupeň	Pneumatika	Tahový výkon	Tahová síla	Prokluz	Skutečná rychlost	Spotřeba paliva	Otáčky motoru
		P_t	F_t	δ	v	Q_h	n
		[kW]	[kN]	[%]	[km/h]	[l/h]	[min ⁻¹]
4.RS	160	47,1	48,77	31,6	3,48	29,8	2270
	120	49,4	48,65	27,4	3,66	32,2	2267
	80	49,6	51	29,5	3,5	30,9	2262
6. RS	160	59,9	45,59	27,9	4,74	32,2	2267
	120	61,6	45,33	24,5	4,89	34,8	2264
	80	64,8	53,41	31,9	4,37	37,8	2267
8. RS	160	76,7	48,62	35,4	5,67	44,1	2261
	120	85,3	47,42	24,8	6,48	42,5	2257
	80	85,2	51,72	30,1	5,93	45,9	2247
10. RS	160	102,7	45,13	29,7	8,19	53,8	2255
	120	104,9	50,14	33	7,53	56,2	2202
	80	113,6	54,55	30,5	7,5	57	2135
12. RS	160	129,8	44,85	26,7	10,42	58,6	2043
	120	134,8	40,79	17,2	11,9	57,6	2095
	80	137,5	47,33	20,7	10,46	59,8	1944

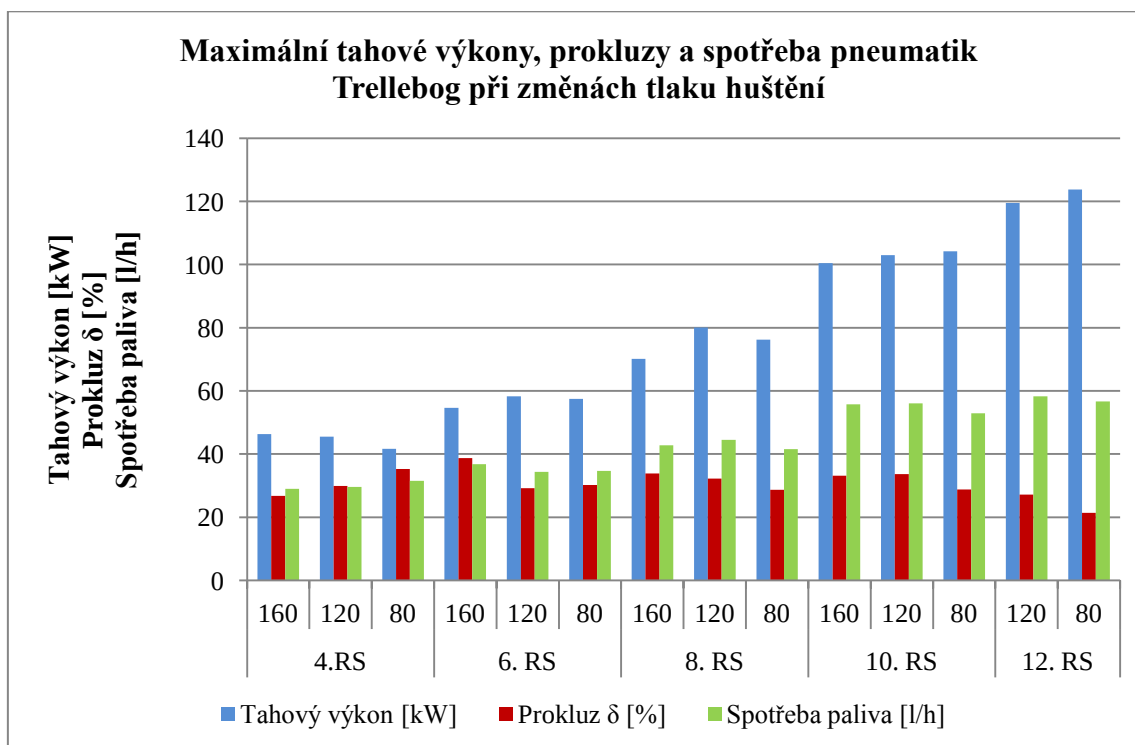


Obr. 56 Porovnání maximálních tahových výkonů a prokluzů pneumatik Michelin AXIOBIB IF 710/70 R42 při změně tlaku na rychlostní stupně 4 – 12



Tab. 38 Naměřené a vypočtené parametry při maximálních tahových výkonech pneumatik Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42 při změně tlaku

Převodový stupeň	Pneumatika	Tahový výkon	Tahová síla	Prokluz	Skutečná rychlost	Spotřeba paliva	Otáčky motoru
		P_t	F_t	δ	v	Q_h	n
		[kW]	[kN]	[%]	[km/h]	[l/h]	[min ⁻¹]
4.RS	160	46,3	45,58	26,8	3,66	29	2271
	120	45,5	47,24	29,9	0,96	29,6	2270
	80	41,7	47,59	35,3	3,16	31,5	2262
6. RS	160	54,6	50	38,7	3,93	36,8	2261
	120	58,3	46,71	29,2	1,25	34,4	2259
	80	57,5	47,09	30,2	4,4	34,7	2264
8. RS	160	70,1	44,69	33,9	5,64	42,8	2256
	120	80,1	50,45	32,2	1,59	44,5	2248
	80	76,2	45,93	28,7	5,97	41,6	2258
10. RS	160	100,4	48,11	33,1	7,51	55,7	2217
	120	103	50,49	33,7	2,04	56,1	2207
	80	104,2	47,24	28,8	7,94	52,9	2245
12. RS	120	119,5	43,26	27,2	2,76	58,3	2190
	80	123,8	39,4	21,4	11,31	56,7	2160



Obr. 57 Porovnání maximálních tahových výkonů a prokluzů pneumatik Trelleborg Tm 900 High Power 710/70 R42 při změně tlaku na rychlostní stupně 4 – 12



Grafy (Obr.55) až (Obr.57) potvrzují typický vývoj tahového výkonu při snížení tlaku v pneumatice. Ve zmíněných grafech jsou vykresleny maximální hodnoty tahového výkonu, spotřeby a prokluzu na všechny rychlostní stupně při všech tlacích na kterých byly měřeny. Hodnoty maximálního výkonu vykazovaného pneumatikami při tlaku 80kPa jsou ve většině případů vyšší než maximální hodnoty tahového výkonu při tlaku 160kPa. Na příklad v grafu (Obr.55) vykazuje pneumatika Continental při snížení tlaku na 10.RS z 160kPa na tlak 80kPa vyšší výkon o 15,9kW. V grafu (Obr.56) u pneumatik Michelin opět na 10.RS při stejné změně tlaku jako v předchozím případě došlo ke zvýšení maximálního tahového výkonu o 10,9kW. Pneumatiky Trelleborg při měření nedosahovaly tak výrazných rozdílů v maximálním tahovém výkonu jako výše zmíněné dvě další testované pneumatiky. Na 10.RS při změně tlaku z 160kPa na 80kPa vykazují navýšení výkonu o 3,8kPa. Všechny zmíněné změny tahového výkonu jsou ovlivněné prokluzem, který se snížil spolu se snížením tlaku v pneumatice.



8 ANALÝZA NAMĚŘENÝCH A VYPOČTENÝCH PARAMETRŮ

Kapitola obsahuje shrnutí a vyhodnocení nejdůležitějších změřených dat z provedených tahových zkoušek. Jako rozhodující při posuzování tahových vlastností pneumatik byla zvolena následující kritéria:

- naměřený maximální tahový výkon,
- prokluz kol při maximálním výkonu,
- hodinová spotřeba paliva při maximálním tahovém výkonu.

Doplňující kritéria byla tahová síla při nejvyšším tahovém výkonu, skutečná rychlost a otáčky motoru (viz Tab. 33 až Tab.38). Pro objektivní posouzení byla brána v úvahu měření na převodové stupně 6, 8 a 10. Během měření na převodový stupeň 12, při maximálních tahových silách docházelo k velkému zatížení motoru, což se projevilo poklesem otáček. V těchto případech motor nepracoval s maximálním výkonem. Při měření na 4. převodový stupeň se otáčky motoru pohybovaly v regulátorové oblasti charakteristiky – motor nepracoval v oblasti maximálního výkonu. Uvedené skutečnosti by ovlivnily objektivnost hodnocení. Proto nebyly oba uvedené stupně zahrnuty do následujícího hodnocení, pro úplnost jsou ale naměřené parametry na převodové stupně 4 a 12, uvedeny v tabulkách a graficky zpracovány.

8.1 PARAMETRY PNEUMATIK PŘI TLAKU 80 kPa

Hodnocení výstupních parametrů pneumatik při huštění na tlak 80 kPa viz Tab.35. V následující tabulce Tab.39 jsou uvedeny a porovnány parametry naměřené na 6. převodový stupeň.

Tab. 39 Porovnání parametrů 6.RS tlak 80kPa

Continental	70.5 kW při prokluzu 21,5 % a hodinové spotřebě paliva 34,8 l/h
Michelin	64,8 kW při prokluzu 31,9 % a hodinové spotřebě paliva 37,8 l/h
Trelleborg	57.5 kW při prokluzu 30,2 % a hodinové spotřebě paliva 34,7 l/h

Z tabulky Tab.39 vyplývá, že nejvyšší tahový výkon byl dosažen s pneumatikami Continental a to o 8,8 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Michelin a o 22,6 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Trelleborg.

U pneumatik Continental byl naměřen o 10,4 % nižší prokluz než u pneumatik Michelin a o 8,7 % nižší než u pneumatik Trelleborg.



Hodnocení výstupních parametrů pneumatik při huštění na tlak 80 kPa viz Tab.35. Následující tabulka Tab.40 představuje porovnání parametrů, které pneumatiky vykazovaly na 8. převodový stupeň.

Tab. 40 Porovnání parametrů 8.RS tlak 80kPa

Continental	92,3 kW při prokluzu 26,4 % a hodinové spotřebě paliva 45,3 l/h.
Michelin	85,2 kW při prokluzu 30,1 % a hodinové spotřebě paliva 45,9 l/h
Trelleborg	76,2 kW při prokluzu 28,7 % a hodinové spotřebě paliva 41,6 l/h

Výše uvedená tabulka Tab.40 parametrů vyplývá, že nejvyšší tahový výkon byl dosažen s pneumatikami Continental a to o 8,3 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Michelin a o 21,1 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Trelleborg.

U pneumatik Continental byl naměřen o 3,7 % nižší prokluz než u pneumatik Michelin a o 2,3 % nižší než u pneumatik Trelleborg.

Tab. 41 Porovnání parametrů 10.RS tlak 80kPa

Continental	122,8 kW při prokluzu 24,8 % a hodinové spotřebě paliva 56 l/h
Michelin	113,6 kW při prokluzu 30,5 % a hodinové spotřebě paliva 57 l/h
Trelleborg	104,2 kW při prokluzu 28,8 % a hodinové spotřebě paliva 52,9 l/h

Tabulka Tab.41 zobrazuje naměřené hodnoty na 10.RS. Nejvyšší tahový výkon byl dosažen s pneumatikami Continental a to o 8,1 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Michelin a o 17,8 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Trelleborg.

U pneumatik Continental byl naměřen o 5,7 % nižší prokluz než u pneumatik Michelin a o 4 % nižší než u pneumatik Trelleborg.

Na základě uvedených výstupních parametrů při tlaku huštění 80 kPa lze konstatovat, že na převodové stupně 6, 8 a 10 dosáhly nejlepší parametry pneumatiky Continental.

8.2 PARAMETRY PNEUMATIK PŘI TLAKU 120 kPa

V následující podkapitole jsou shrnuté výstupní parametry, které dosáhly měřené pneumatiky při tlaku huštění 120 kPa (viz Tab. 34).

Tab. 42 Porovnání parametrů 6.RS tlak 120kPa

Continental	60,8 kW při prokluzu 34,6 % a hodinové spotřebě paliva 36,2 l/h
Michelin	61,6 kW při prokluzu 24,5 % a hodinové spotřebě paliva 34,8 l/h
Trelleborg	58,3 kW při prokluzu 29,2 % a hodinové spotřebě paliva 34,4 l/h

Ve výše uvedené tabulce Tab.42 jsou uvedené výstupní parametry na 6. převodový stupeň při tlaku 120kPa. Z naměřených parametrů vyplývá, že nejvyšší tahový výkon byl



dosažen s pneumatikami Michelin a to o 1,3 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Continental a o 5,7 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Trelleborg.

U pneumatik Michelin byl naměřen o 10,1 % nižší prokluz než u pneumatik Continental a o 4,7 % nižší než u pneumatik Trelleborg.

Tab. 43 Porovnání parametrů 8.RS tlak 120kPa

Continental	82,3 kW při prokluzu 32,6 % a hodinové spotřebě paliva 45,1 l/h
Michelin	85,3 kW při prokluzu 24,8 % a hodinové spotřebě paliva 42,5 l/h
Trelleborg	80,1 kW při prokluzu 32,2 % a hodinové spotřebě paliva 44,5 l/h

Na 8. převodový stupeň viz Tab. 43 byl nejvyšší tahový výkon byl dosažen s pneumatikami Michelin a to o 3,6 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Continental a o 6,5 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Trelleborg.

U pneumatik Michelin byl naměřen o 7,8 % nižší prokluz než u pneumatik Continental a o 7,4 % nižší než u pneumatik Trelleborg.

Tab. 44 Porovnání parametrů 10.RS tlak 120kPa

Continental	112,1 kW při prokluzu 31,8 % a hodinové spotřebě paliva 56,4 l/h
Michelin	104,9 kW při prokluzu 33 % a hodinové spotřebě paliva 56,2 l/h
Trelleborg	103 kW při prokluzu 33,7 % a hodinové spotřebě paliva 56,1 l/h

Z naměřených parametrů při jízdě na 10. převodový stupeň viz Tab.44 vyplývá, že nejvyšší tahový výkon byl dosažen s pneumatikami Continental a to o 6,8 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Michelin a o 8,8 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Trelleborg.

U pneumatik Continental byl naměřen o 1,2 % nižší prokluz než u pneumatik Michelin a o 1,9 % nižší než u pneumatik Trelleborg.

Na základě uvedených výstupních parametrů na tlak huštění 120 kPa lze konstatovat, že na převodové stupně 6 a 8 dosáhly nejlepší parametry pneumatiky Michelin a na převodový stupeň 10 pneumatiky Continental.

8.3 PARAMETRY PNEUMATIK PŘI TLAKU 160 kPa

Shrnutí hodnocení výstupních parametrů pneumatik při huštění na tlak 160 kPa (viz Tab. 33).

Tab. 45 Porovnání parametrů 6.RS tlak 160kPa

Continental	59,3 kW při prokluzu 35,1 % a hodinové spotřebě paliva 35,6 l/h
Michelin	59,9 kW při prokluzu 27,9 % a hodinové spotřebě paliva 32,2 l/h
Trelleborg	54,6 kW při prokluzu 38,7 % a hodinové spotřebě paliva 36,8 l/h



Při jízdě na 6. převodový stupeň Tab. 45 byl nejvyšší tahový výkon dosažen s pneumatikami Michelin a to o 1 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Continental a o 9,7 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Trelleborg.

U pneumatik Michelin byl naměřen o 7,2 % nižší prokluz než u pneumatik Continental a o 10,8 % nižší než u pneumatik Trelleborg.

Tab. 46 Porovnání parametrů 8.RS tlak 160kPa

Continental	78,8 kW při prokluzu 38,1 % a hodinové spotřebě paliva 45,8 l/h
Michelin	76,7 kW při prokluzu 35,4 % a hodinové spotřebě paliva 44,1 l/h
Trelleborg	70,1 kW při prokluzu 33,9 % a hodinové spotřebě paliva 42,8 l/h

Z naměřených parametrů vykázaných na 8. převodový stupeň Tab.46 vyplývá, že nejvyšší tahový výkon byl dosažen s pneumatikami Continental a to o 2,7 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Michelin a o 12,4 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Trelleborg.

U pneumatik Trelleborg byl naměřen o 4,2 % nižší prokluz než u pneumatik Continental a o 1,5 % nižší než u pneumatik Trelleborg.

Na 10. převodový stupeň byly naměřeny následující parametry u pneumatik:

Tab. 47 Porovnání parametrů 10.RS tlak 160kPa

Continental	106,9 kW při prokluzu 32,6 % a hodinové spotřebě paliva 56,1 l/h
Michelin	102,7 kW při prokluzu 29,7 % a hodinové spotřebě paliva 53,8 l/h
Trelleborg	100,4 kW při prokluzu 33,1 % a hodinové spotřebě paliva 55,7 l/h

Pneumatiky měřené při jízdě na 10. převodový stupeň jsou uvedeny v tabulce Tab 47. Z naměřených parametrů vyplývá, že nejvyšší tahový výkon byl dosažen s pneumatikami Continental a to o 4,1 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Michelin a o 6,5 % vyšší ve srovnání s pneumatikami Trelleborg.

U pneumatik Michelin byl naměřen o 2,9 % nižší prokluz než u pneumatik Continental a o 3,4 % nižší než u pneumatik Trelleborg.

Z uvedených výstupních parametrů při tlaku huštění 160 kPa vyplývá, že na převodový stupeň 6 dosáhly nejlepší parametry pneumatiky Michelin a na převodové stupně 8 a 10 pneumatiky Continental.

8.4 VLIV TLAKU PNEUMATIK NA VÝSTUPNÍ PARAMETRY

Z měření je patrná míra vlivu tlaku huštění pneumatik na tahový výkon. Vzhledem k tomu, že u pneumatik Continental proběhly zkoušky pro čtyři tlaky huštění, hodnocení bylo provedeno pouze pro uvedené pneumatiky na převodové stupně 6, 8 a 10.



Hodnocení dosažených výstupních parametrů pneumatik Continental při rozdílném tlaku huštění viz Tab. 36.

Na 6. převodový stupeň byl naměřen nejvyšší tahový výkon při tlaku viz Tab. 48:

Tab. 48 Continental 6.RS

Tlak [kPa]	Tahový výkon [kW]
160	59,3
140	63,8
120	60,8
80	70,5

Nejvyššího tahového výkonu bylo dosaženo při tlaku 80 kPa, což je ve srovnání s tlakem 160 kPa o 18,9 % více.

Na 8. převodový stupeň byl naměřen nejvyšší tahový výkon při tlaku Tab.49:

Tab. 49 Continental 8.RS

Tlak [kPa]	Tahový výkon [kW]
160	78,8
140	82,7
120	82,3
80	92,3

Nejvyšší tahový výkon byl dosažen na tlak 80 kPa, což je ve srovnání s tlakem 160 kPa o 17,1 % více.

Na 10. převodový stupeň byl naměřen nejvyšší tahový výkon při tlaku Tab.50:

Tab. 50 Continental 10.RS

Tlak [kPa]	Tahový výkon [kW]
160	106,9
140	107,7
120	112,1
80	124,5

Nejvyšší tahový výkon byl dosažen na tlak 80 kPa, což je ve srovnání s tlakem 160 kPa o 16,5 % více.



Obdobný trend změn tahového výkonu při snižování tlaku huštění vykazují také pneumatiky Michelin viz Tab.37. V následujících tabulkách Tab. 51 až Tab. 54 jsou uvedeny hodnoty tahového výkonu při různých tlacích huštění na 4,8,10 a 12 převodový stupeň. Každá tabulka vykresluje hodnoty vždy pro jeden konkrétní rychlostní stupeň.

Tab. 51 Michelin 4.RS

Tlak [kPa]	Tahový výkon [kW]
160	47,1
120	49,4
80	49,6

Z tabulky Tab. 51 je patrné, že nejvyšší tahový výkon při měření výkonu na 4. převodový stupeň byl dosažen při tlaku 80kPa, navýšení výkonu ve srovnání s maximálním tahovým výkonem dosaženém při tlaku 160kPa je 5%.

Tab. 52 Michelin 6.RS

Tlak [kPa]	Tahový výkon [kW]
160	59,9
120	61,6
80	64,8

Při jízdě na 6. převodový stupeň Tab.52 byl nejvyšší tahový výkon dosažen na 80kPa, snížením tlaku byl v tomto případě navýšen výkon o 7,5%

Tab. 53 Michelin 8.RS

Tlak [kPa]	Tahový výkon [kW]
160	76,7
120	85,3
80	85,2

Z tabulky Tab.53, tedy při jízdě na 8. převodový stupeň byl nejvyšší tahový výkon dosažen na 80kPa, snížením tlaku byl v tomto případě navýšen výkon o 10%



Tab. 54 Michelin 10.RS

Tlak [kPa]	Tahový výkon [kW]
160	102,7
120	104,9
80	113,6

Tabulka Tab.54. znázorňuje zvýšený výkon při jízdě na 10. převodový stupeň za pomoci snížení tlaku huštění pneumatik. V tomto případě se jedná o rozdíl tahového výkonu mezi tlakem 80kPa a 160kPa celkem 9,6%.

Tab. 55 Michelin 12.RS

Tlak [kPa]	Tahový výkon [kW]
160	129,8
120	134,8
80	137,5

Pneumatiky Michelin při jízdě na 12. převodový stupeň vykazaly snížením tlaku pneumatiky zvýšení výkonu o 5,6%.

Z výše uvedených hodnot v tabulkách Tab.48 až Tab.55 je zřejmé, že vliv huštění pneumatiky má vliv na výstupní tahový výkon traktoru. Snížením tlaku při provedeném terénním měření z 160kPa na 80kPa byla zvětšena plocha styku mezi pneumatikou a povrchem, po kterém se traktor pohyboval. Zmenšil se prokluz a bylo možné skrze podhuštěné pneumatiky přenášet vyšší výkon.

V tabulkách Tab.48 až Tab.55 jsou uvedeny výsledky značek Continental a Michelin. Značka Trelleborg zde uvedena není, protože výkony při snižování tlaků nedosahovaly tak významných výsledků jako předchozí dvě zmíněné. Hodnoty maximálního tahového výkonu ke značce Trelleborg při různých tlacích huštění jsou uvedeny v tabulce Tab.38.

8.5 MĚRNÁ TAHOVÁ SPOTŘEBA

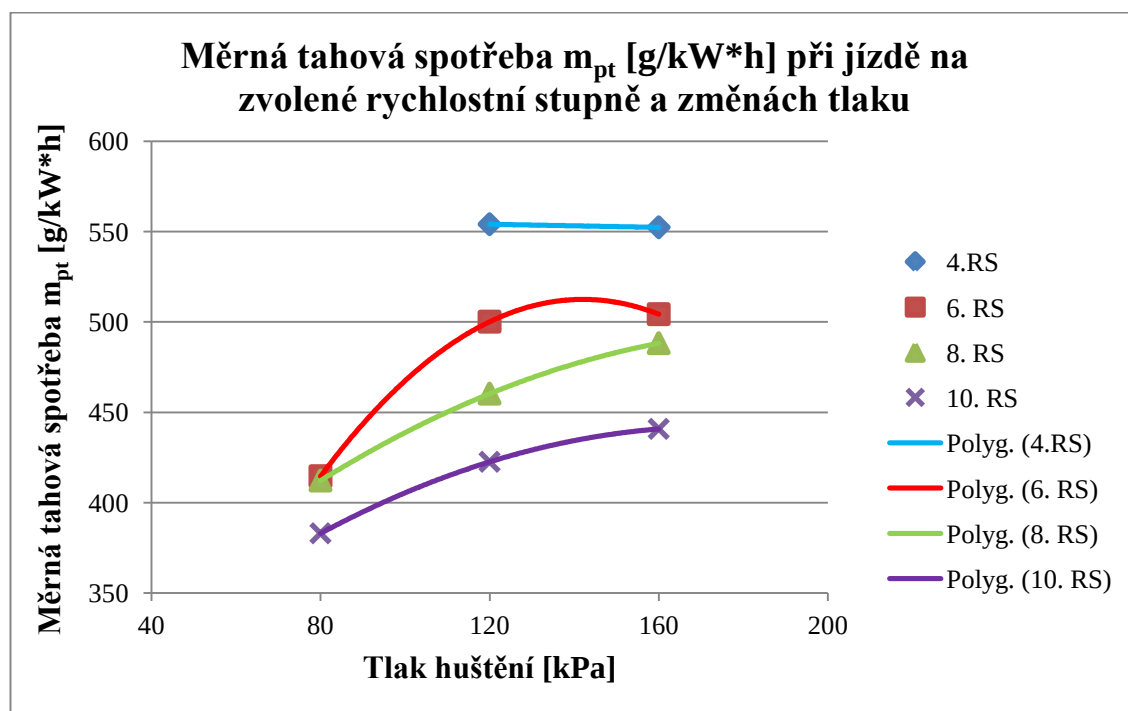
Následující kapitola shrnuje vliv huštění pneumatik na měrnou tahovou spotřebu. Vzhledem k doposud naměřeným hodnotám je ověřeno, že snížení tlaku huštění v pneumatice vede ke zvýšení tahového výkonu a snížení prokluzu. Lze tedy očekávat, že se sníží měrná tahová spotřeba paliva. V tabulkách Tab.56 až Tab.58 a grafech jsou uvedeny výsledky měření pro pneumatiky Continental, Michelin a Trelleborg.



Tab. 56 Vypočtené hodnoty měrné tahové spotřeby paliva při změně tlaku v pneumatikách Continental

Převodový stupeň	Tlak v pneumatice [kPa]	Měrná efektivní spotřeba [g/kW*h]	Procentuální změna [%]
4.RS	160	552,3	-0,3
	120	554,0	
6. RS	160	504,3	21,6
	120	500,1	
	80	414,6	
8. RS	160	488,2	18,4
	120	460,3	
	80	412,3	
10. RS	160	440,8	15,1
	120	422,6	
	80	383,1	

V tabulce Tab.56 jsou uvedené hodnoty měrné tahové spotřeby, které traktor vykazoval při změnách huštění pneumatik. Z výsledků je patrné, že při snížení tlaku v pneumatice z 160kPa na 80kPa při jízdě na šestý převodový stupeň došlo ke snížení měrné tahové spotřeby paliva o 21,6% tedy o 89,7 [g/kW*h]. Výsledky z tabulky Tab.56 jsou graficky znázorněny v grafu (Obr.58).



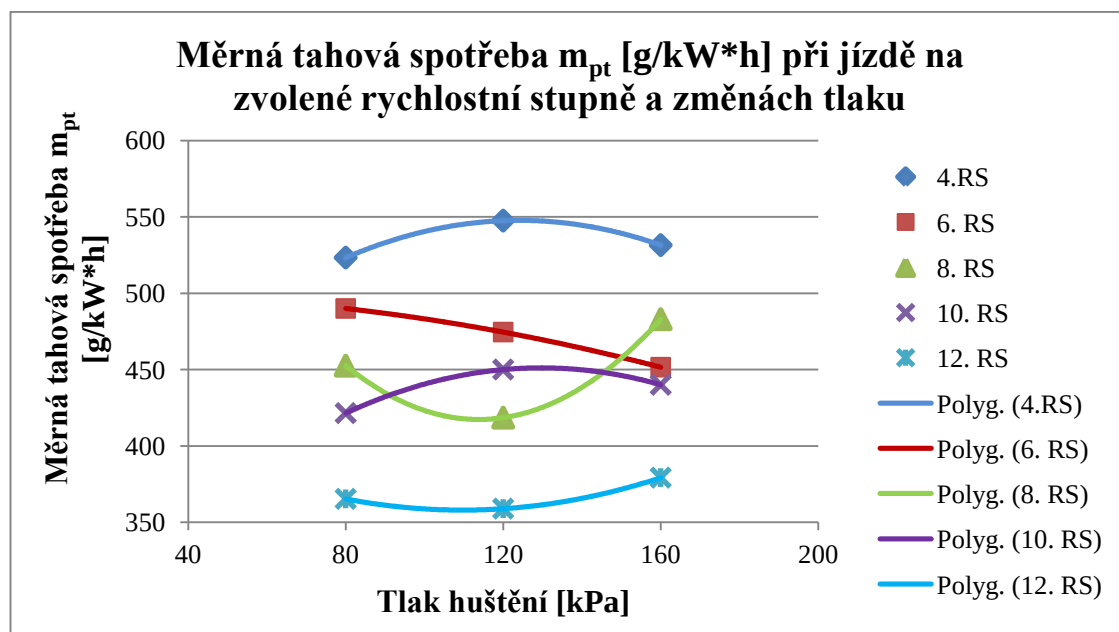
Obr. 58 Změna měrné tahové spotřeby při snížení tlaku huštění u pneumatik Continental



Tab. 57 Vypočtené hodnoty měrné tahové spotřeby paliva při změně tlaku v pneumatikách Michelin

Převodový stupeň	Tlak v pneumatice [kPa]	Měrná efektivní spotřeba [g/kW*h]	Procentuální změna [%]
4.RS	160	531,5	1,6
	120	547,5	
	80	523,3	
6. RS	160	451,6	-7,8
	120	474,5	
	80	490,0	
8. RS	160	483,0	6,7
	120	418,5	
	80	452,5	
10. RS	160	440,0	4,4
	120	450,0	
	80	421,5	
12. RS	160	379,2	3,8
	120	358,9	
	80	365,3	

Vypočtené hodnoty měrné tahové spotřeby uvedené v tabulce Tab.57 uvádějí největší snížení měrné tahové spotřeby traktoru při jízdě na osmý převodový stupeň o 6,7% tedy 30,5 [g/kW*h]. Naopak při jízdě na šestý rychlostní stupeň došlo ke zvýšení spotřeby snížením tlaku huštění v pneumatice o 7,8%. K uvedenému zvýšení spotřeby paliva došlo pouze při jízdě na šestý převodový stupeň, jízdy na ostatní převodové stupně vykazovaly stabilní snižování spotřeby paliva, když došlo ke snížení tlaku huštění v pneumatikách z 160kPa na 80kPa. Trendy vývoje měrné tahové spotřeby uvedené v tabulce Tab.57 jsou zobrazené v grafu (Obr.59).

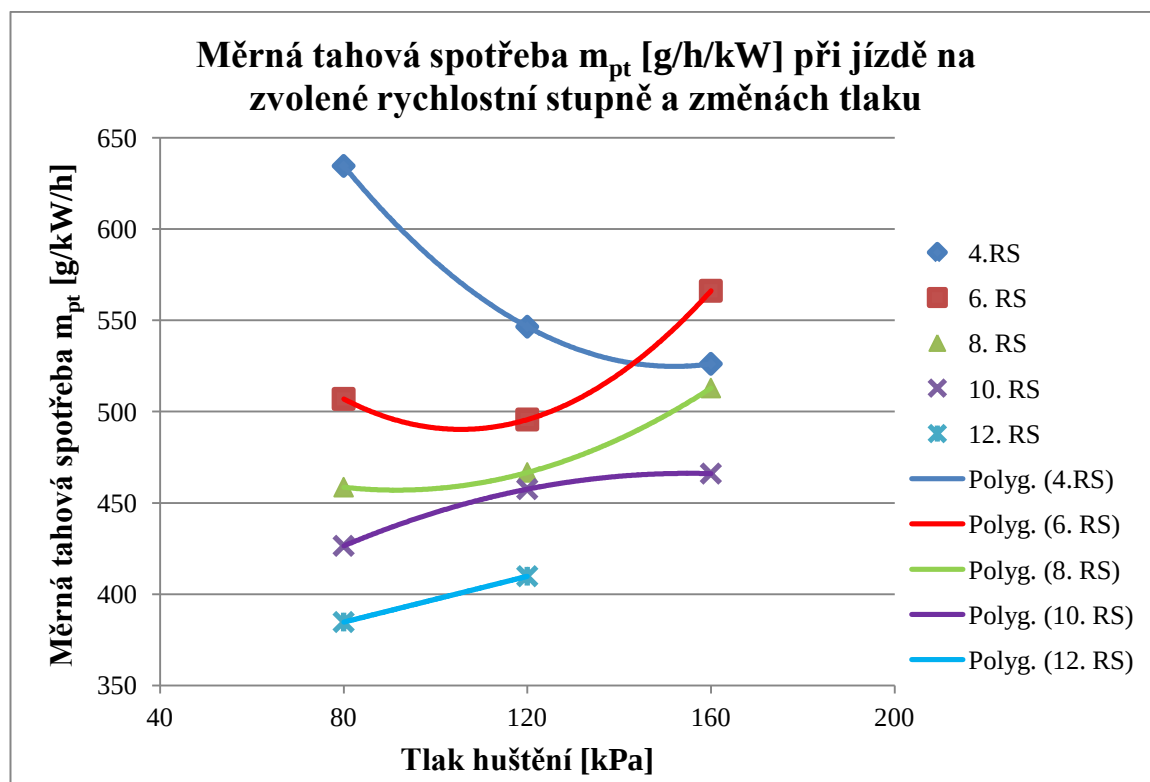


Obr. 59 Změna měrné tahové spotřeby při snížení tlaku huštění u pneumatik Michelin

Značka Trelleborg vykázala při stejném snižování tlaku jako předchozí pneumatiky stabilní snižování měrné tahové spotřeby paliva na převodové stupně 6 až 12. Nejvýznamnějšího snížení tahové spotřeby paliva bylo dosaženo při jízdě na osmý převodový stupeň 11,8% 54,3 [g/kW*h]. Naopak při jízdě na čtvrtý převodový stupeň došlo ke zvýšení měrné tahové spotřeby o 17,1% tedy 108,4 [g/kW*h]. Hodnoty uvedené v tabulce Tab.58 jsou vykresleny v grafu (Obr.60).

Tab. 58 Vypočtené hodnoty měrné tahové spotřeby paliva při změně tlaku v pneumatikách Trelleborg

Převodový stupeň	Tlak v pneumatice [kPa]	Měrná efektivní spotřeba [g/kW*h]	Procentuální změna [%]
4.RS	160	526,1	-17,1
	120	546,5	
	80	634,5	
6. RS	160	566,2	11,7
	120	495,6	
	80	506,9	
8. RS	160	512,9	11,8
	120	466,7	
	80	458,6	
10. RS	160	466,0	9,3
	120	457,5	
	80	426,4	
12. RS	120	409,8	6,5
	80	384,7	



Obr. 60 Změna měrné tahové spotřeby při snížení tlaku huštění u pneumatik Trelleborg

Z výsledků spočtených hodnot měrné tahové spotřeby traktoru při dosažení maximálního tahového výkonu uvedených v tabulkách Tab. 56 až Tab.58 je patrné, že při snižování tlaku huštění pneumatik dochází ke snížení měrné tahové spotřeby paliva. Z výše uvedených tabulek lze říci, že pneumatiky Continental reagují na snižování tlaku huštění největším procentuálním snížením měrné tahové spotřeby na všechny převodové stupně více než ostatní měřené pneumatiky. Přestože některé převodové stupně ojediněle vykázaly snížením tlaku huštění pneumatiky nárůst měrné tahové spotřeby paliva, lze konstatovat, že měření prokázalo, že nezávisle na použité značce pneumatiky dojde při snížení tlaku huštění ke snížení měrné tahové spotřeby.

Terénní měření, které je předmětem diplomové práce prokázalo příznivý vliv podhuštění pneumatik na výstupní parametry traktoru. Snižování tlaku v pneumatikách má také svoje limity. Příliš nízký tlak v pneumatice vede k velkému zatěžování bočnic, které se více opotřebovávají a může dojít ke zničení pneumatiky. Dále hrozí, že se příliš podhuštěná pneumatika protočí na ráfku. Hodnoty huštění pneumatik jsou vždy stanoveny výrobcem a je nutné je dodržovat.



ZÁVĚR

Diplomová práce byla zpracována za účelem poskytnutí jasných odpovědí v oblasti vlivu pneumatik na výstupní parametry traktoru. Kromě rešerší na témata jako je moderní konstrukce pneumatik nebo možnosti přizpůsobování pneumatik odlišně náročným terénům za účelem přenosu co možná nejvyššího výkonu traktoru na povrch po kterém se pohybuje, je nejvýznamnější částí práce terénní měření. Byly zkoušeny tři druhy pneumatik, každý od jiného předního výrobce.

Výstupem z tahových zkoušek jsou graficky zpracované průběhy tahových výkonů na předem stanovené převodové stupně a tlaky huštění. V další části jsou graficky porovnávány křivky tahových výkonů měřených značek pneumatik, vždy při stejných podmínkách nastavení tlaku huštění. Ve sloupcových grafech lze sledovat hodnoty dalších parametrů jako je hodinová spotřeba nebo prokluz, kterých traktor dosáhl při maximálním tahovém výkonu. Grafické znázornění umožňuje rychlé porovnání vývoje těchto parametrů při různých měřicích podmínkách.

Měření prokázalo, že snížením tlaku v pneumatice ze 160kPa na 80kPa lze zvýšit maximální tahový výkon pneumatiky až o 18,9%. Příčinou zvýšení výkonu je snížení prokluzu díky větší styčné ploše pneumatiky a povrchu, po kterém se traktor pohybuje.

Z měření jasně vyplývá, že na změnu tlaku reaguje každý druh pneumatiky jinak. Výše zmíněná hodnota 18,9% platí pro 6. převodový stupeň a značku Continental, zatímco značka Trelleborg při stejném převodovém stupni vykazuje snížením tlaku vyšší tahový výkon pouze o 5%.

Výsledky měření maximálního tahového výkonu prokázaly značné rozdíly mezi výrobcí pneumatik. Například při tlaku huštění 120kPa vykazala pneumatika Michelin o 15,3kW vyšší výkon než značka Trelleborg při stejném tlaku huštění a při srovnatelné spotřebě paliva.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] SÜMER, S., SABANCI, A.: *Effects of Different Tire Configurations on Tractor Performance*. Turkish Journal Of Agriculture & Forestry [serial online]. November 11, 2005;29(6):461. Available from: Academic Search Complete, Ipswich, MA. Accessed January 17, 2015.
- [2] BAUER, F., SEDLÁK, P., ŠMERDA, T.: *Traktory*. 1. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. 192 s. ISBN 80-86726-15-0.
- [3] BAUER, F., a kol.: *Traktory a jejich využití*. 2. vyd. Praha: Profi Press s.r.o., 2013. ISBN 978-80-86726-52-6.
- [4] Vrstvy pneumatiky [online]. [cit.15.2.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.sinaopt.com/pneu-abc_u15_cz.html>
- [5] Konstrukce kostry pneumatiky [online]. [cit.16.2.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.bezpecnenasilnicich.cz/page/115/zimni_pneu_a_hlavni_rozdili.html>
- [6] Konstrukce, funkce a výroba pneumatiky [online]. 4.1.2015 [cit.16.2.2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.pneu-asistent.cz/Konstrukce-funkce-a-vyroba-pneumatiky.html>>
- [7] Classification According to Structure [online]. [cit.16.2.2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.hankooktire-eu.com/cz/hankook/strany/technologie/typy-pneumatik/podle-struktury.html>>
- [8] Michelin Ultraflex Technologies [online]. 2015 [cit.16.2.2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.michelinag.com/Michelin-Ultraflex-technologies>>
- [9] La tecnología MICHELIN Ultraflex cumple 10 años [online]. 2014 [cit.16.2.2015]. Dostupné z WWW: <<http://neumaticos-y-accesorios.cdecomunicacion.es/noticias/10791/la-tecnologia-michelin-ultraflex-cumple-10-anos>>
- [10] PESQUISAS E INOVAÇÕES [online]. 2014 [cit.16.2.2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.michelin.com.br/transportes-profissionais-otr/tudo-sobre-agricolas/mais-info/Tecnologia-Michelin-Ultraflex-uma-aliada-para-aumentar-a-rentabilidade-do-agronegocio.html>>
- [11] Michelin AxioBib IF 900/65R46 and Agritechnica, Hanover, Press Kit [online]. 2014 [cit.16.2.2015]. Dostupné z WWW: <<http://news.cision.com/michelin-agriculture/r/michelin-axiobib-if-900-65r46-and-agritechnica--hanover--press-kit,c9496030>>
- [12] TM BLUE® CONCEPT [online]. 2015 [cit.17.2.2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.trelleborg.com/en/wheelsystems/About-Us/TM-Blue/>>



- [13] Trelleborg Media Gallery [online]. [cit.17.2.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.trelleborg-newholland.com/mediagallery/trelleborg_wheel_systems/trelleborg_wheel_systems.html>
- [14] Continental: Technical Databook Agricultural Tyres [online]. 2007 [cit.17.2.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.heuver.com/content/files/Files/Landbouw_documenten/Continental_Landbouw.pdf>
- [15] Neuer Continental CHO SVT Erntereifen [online]. 2007 [cit.17.2.2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.landwirt.com/Neuer-Continental-CHO-SVT-Erntereifen-„11057„Bericht.html>>
- [16] CTIS (Central Tire Inflation System) [online]. 2015 [cit.18.2.2015]. Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/ctis-central-tire-inflation-system/>>
- [17] How Self-inflating Tires Work [online]. 2015 [cit.19.2.2015]. Dostupné z WWW: <<http://auto.howstuffworks.com/self-inflating-tire2.htm>>
- [18] BALLASTING TYRES [online]. 2015 [cit.20.2.2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.michelin-agricultural-tyres.co.uk/Learn-share/Ballasting-tyres>>
- [19] Ferdus: Plnění pneumatik vodou nebo nemrznoucí kapalinou [online]. 2015 [cit.20.2.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.ferdus.cz/data/files/2027_Prospekt-plneni-vodou.pdf>
- [20] Plnění pneu vodou nebo nemrznoucí kapalinou [online]. 2014 [cit.21.2.2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.topkb.cz/plneni-pneu-vodou/>>



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

c_v	[m]	posunutí normálové reakce
F_h	[N]	hnací síla
F_t	[N]	tahová síla
F_v	[N]	síla odporu valení
G	[N]	tíhová síla
i	[s ⁻¹]	počet impulzů snímače za sekundu
M_c	[kg]	hmotnost vzorku půdy před vysušením
M_c	[kg]	hmotnost vzorku půdy před vysušením
m_{pt}	[g·kW ⁻¹ ·h ⁻¹]	měrná tahová spotřeba
M_s	[kg]	hmotnost vysušeného vzorku
n	[s ⁻¹]	otáčky motoru
P_t	[W]	tahový výkon
q	[MPa]	kontaktní tlak
q_s	[MPa]	střední hodnota kontaktního tlaku
Q_t	[l·h ⁻¹]	průměrná hodinová spotřeba paliva na měřeném úseku
q_t	[MPa]	střední kontaktní tlak
r_d	[m]	dynamický poloměr kola
v	[m·s ⁻¹]	skutečná rychlost
V_{hm}	[-]	hmotnostní vlhkost půdy
v_t	[m·s ⁻¹]	teoretická rychlost
Y	[N]	svislá normálová reakce
δ	[-]	prokluz
τ	[MPa]	smykové napětí
μ	[-]	součinitel záběru
μ_m	[-]	limitní hodnota součinitele záběru
ρ	[kg·l ⁻¹]	hustota paliva
σ	[MPa]	napětí v půdě