



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Jaroslav Pinkas

**Stabilita jízdních souprav zemědělských strojů při
brždění**

**Stability of Agricultural Trailer Machinery During the
Braking**

Bakalářská práce

2018



K616.....Ústav dopravních prostředků

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Jaroslav Pinkas

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Stabilita jízdních souprav zemědělských strojů při brzdění**

Název tématu (anglicky): **Stability of agricultural trailer machinery during the braking**

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Prostudujte legislativu týkající se pracovních strojů zemědělských, určených především pro dopravu a jejich schvalování
- Prostudujte současnou metodiku provádění zkoušek brzdění zemědělských vozidel
- Na základě získaných informací navrhnete experiment sledující chování traktorové soupravy při brzdění a vhodným způsobem provedte jeho ověření
- Na základě získaných výsledků provedte odhad chování zemědělských strojů pro dopravu také při rychlostech vyšších, než povoluje v současnosti platná legislativa

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: FIRST, Jiří a kol. Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry. Vyd. 1. Praha: S&T CZ, 2008. 348 s. ISBN 978-80-254-1805-5.

Předpisy, směrnice a normy

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Mík, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce:

26. června 2017

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce:

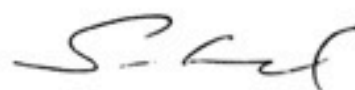
27. srpna 2018

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



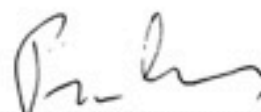
doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.

vedoucí
Ústavu dopravních prostředků



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Jaroslav Pinkas
jméno a podpis studenta

V Praze dne 26. června 2017

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi pomohli při vypracovávání této práce. Zejména bych chtěl poděkovat vedoucímu této bakalářské práce Ing. Josefu Míkovi, Ph.D. za odborné vedení, pomoc s přípravou experimentu, konzultace, a především kritiku této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat za spolupráci Martinu Jankovičovi a Miroslavu Valentovi Dis. z Dekra za obsluhu měřících zařízení během experimentu. Za propůjčení návěsu Annaburger na experiment děkuji Ing. Jiřímu Smržovi a Bc. Ondřeji Bačínovi. Mé díky patří i rodině, především partnerce, která mě podporovala po celou dobu studia a všem kolegům, které jsem měl možnost potkat během studia za spolupráci.

Děkuji všem, kteří mi dali možnost získat nové znalosti a zkušenosti.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Kňovicích dne 27.8. 2018

.....

Abstrakt

Bakalářská práce analyzuje téma zemědělské dopravy a stability jízdy zemědělských vozidel vhodných pro dopravu, zejména při brždění. Zabývá se dělením zemědělských a lesnických vozidel do kategorií a přináší základní přehled vozidel z těchto kategorií. Definuje vhodnost spojení zemědělských vozidel do soupravy s ohledem na rozměry a hmotnost vozidel. Popisuje dynamiku brždění a princip protiblokovacího zařízení. Dále se věnuje podmínkám schvalování vozidel a definuje prováděné zkoušky pro homologaci. Těžištěm této práce je navržený experiment a následné jeho vyhodnocení. V diskuzi je proveden odhad chování vozidla při vyšších rychlostech, než jsou povoleny.

Klíčová slova

Stabilita jízdy, Brždění, Protiblokovací zařízení, Zemědělské stroje, Zemědělská doprava, Brzdné zkoušky, Bezpečnost

Abstract

The subject of this bachelor thesis analyses the topic of agriculture transport and the stability of agriculture vehicles for transportation, especially during breaking. Deals with division of agriculture and forestry vehicles into categories and provides a basic overview of these vehicles. It defines the suitability of combination agricultural vehicles into unit with regard to dimension and weight of the vehicles. Describes the breaking dynamics and the principle of anti-lock brake devices. It also deals with vehicle approval conditions and defines the homologation tests performed. The focus of this work is the proposed experiment and its evaluation. In the discussion, the behaviour of the vehicle is estimated at speeds higher than allowed.

Keywords

Driving stability, Braking, Anti-lock braking system, Agriculture machines, Agriculture transportation, Brake test, Safety

Obsah

Úvod.....	- 9 -
1 Zemědělské stroje.....	- 11 -
1.1 Obecné rozdělení zemědělských strojů a dopravy	- 11 -
1.2 Kategorie zemědělských a lesnických strojů	- 12 -
1.3 Požadavky na rozměry vozidla	- 18 -
1.4 Základní přehled tažných vozidel pro dopravu – traktorů	- 19 -
1.5 Základní přehled tažených vozidel určených pro zemědělskou dopravu	- 23 -
1.6 Zemědělské soupravy.....	- 26 -
2 Dynamika brždění	- 28 -
2.1 Průběh brždění.....	- 28 -
2.2 Model bržděného kola	- 29 -
2.3 Kammova kružnice přilnavosti	- 30 -
2.4 Protiblokovací zařízení	- 31 -
3 Metodika prováděných zkoušek.....	- 32 -
3.1 Konstrukční předpoklady	- 32 -
3.2 Funkce brzdného systému	- 32 -
3.3 Spojení pneumatických brzdových systémů soupravy	- 33 -
3.4 Požadavky na kategorie „T“ a „C“	- 34 -
3.5 Požadavky na kategorie „R“ a „S“	- 35 -

4	Zkoušky.....	- 37 -
4.1	Zkouška typu 0.....	- 38 -
4.2	Zkouška typu I.....	- 40 -
4.3	Zkouška typu II.....	- 41 -
4.4	Zkouška typu III.....	- 41 -
5	Experiment.....	- 42 -
5.1	Cíl experimentu.....	- 42 -
5.2	Použitá měřicí technika.....	- 43 -
5.3	Použitá vozidla.....	- 46 -
5.4	Místo měření.....	- 48 -
5.5	Přípravy experimentu.....	- 48 -
5.6	Průběh měření.....	- 49 -
6	Vyhodnocení experimentu.....	- 50 -
6.1	Zkouška typu 0 a ověření ABS s prázdným návěsem.....	- 50 -
6.2	Ověření systému ABS se zatíženým návěsem.....	- 53 -
7	Diskuze.....	- 55 -
	Závěr.....	- 57 -
	Citovaná literatura.....	- 60 -
	Seznam tabulek.....	- 62 -
	Seznam obrázků.....	- 62 -

Zkratky

ABS	Anti-lock Brake Sytem
EHK OSN	Evropská hospodářská komise Spojených národů
GPS	Global Positioning System
ROPS	Roll Over Protection Structure

Úvod

Zemědělství patří z hospodářského hlediska do primárního sektoru. Už od dávné historie byl člověk nucen shánět potravu. Experimentálně bylo zjištěno, že ze semen vyrostlých rostlin rostou další rostliny a zalévání urychluje růst. Vývoj zemědělství probíhal paralelně po celém světě. To je možné pozorovat na variabilitě pěstovaných rostlin i zvířat po větších územních celcích. Vývoj zemědělství šel s rostoucí populací kupředu. S rostoucími požadavky začalo lidstvo vynalézat způsoby usnadnění práce a stroje. Velkým přínosem bylo objevení bronzu a železa. Další inovace přinesli Římané, kteří mimo jiné vyznačili hranice Říma pluhem, tehdejší pluh obohatili o kolečka, odhrnovačku a srovnávací dřevo. Začalo se také využívat tažné síly zvířat. Ve středověku zemědělství stagnovalo.

Další významný vývoj přišel až v 17. - 19. století. Významným českým vynálezem bylo ruchadlo bratřanců Veverkových, které umožňovalo obrácení a kypření půdy zároveň. Velký vývoj však proběhl především v Severní Americe, díky velkému množství nevyužitých ploch, které by zemědělci bez strojů nedokázali obdělat. S prvním ocelovým pluhem přišel John Deere v roce 1837. Továrnu na výrobu sklízecích mlátiček založil v roce 1842 u břehů Michiganského jezera Jerome Increase Case, dnes známou pod značkou CASE IH. Rovněž dnes známý Massey pochází z Kanady, kde byl v roce 1874 vyroben první samovaz na světě.

V této době se začaly objevovat parní traktory, které však pro svoji hmotnost neměly velké šance na úspěch. První traktor se spalovacím motorem byl vyvinut v roce 1901 firmou Hart-Parr. První český traktor vyrobily Škodovy závody Plzeň v roce 1926. Vývoj zbrzdila II. světová válka, zejména kvůli nedostatku paliva. [1]



Obrázek 1 - Jednoválcový traktor Hart Parr z roku 1918 (asme.org, 2018)

S rostoucí populací roste i výkon a velikost traktorů, sklízecích mlátiček i nářadí. Dnešní stroje dosahují i výkonů převyšujících 1000 koní, svou velikostí a hmotností dosahují maximálních rozměrů daných legislativou a pracují se záběry i přes 36 metrů. Složitost strojů se zvýšila, a proto ovládat tak složitý a velký stroj dnes pomáhají technologicky vyspělé systémy. Stroje dnes podle navigace dokáží pracovat s přesností na 2 centimetry. Ke správnému nastavení sklízecí mlátičky napomáhá video detekce zkoumající čistotu a celistvost zrna. Využívá se i systému přesného dávkování hnojiva díky analýze chemického složení, ať už půdy, nebo aplikovaného hnojiva. Díky vývoji nejen strojů s vysokou účinností a efektivitou se průměrný výnos pšenice od roku 1980 zvýšil o více jak 50 %. [2]

Z těchto trendů lze očekávat nárůst množství zemědělských komodit, které bude nutné přepravit, a to nejlépe ve stejném časovém intervalu, jako je tomu v dnešní době. Tímto rostou nároky na zemědělskou dopravu, která se již dnes částečně provádí nákladními vozidly, nebo soupravami traktorů a přívěsů nebo návěsů. Využití nákladních vozidel v zemědělství je vhodné při přepravě materiálů na delší vzdálenosti. Nevýhodou nákladních vozidel je především snížená prostupnost terénem a nevhodné pneumatiky pro práci na zemědělských pozemcích.

Hlavním stavebním prvkem zemědělské dopravy jsou traktorové soupravy. Výhodou je mnohostranné využití traktorů oproti nákladním vozidlům. Nevýhodou může být rychlost přepravy. Většina zemědělských strojů je v dnešní době homologováno pro maximální rychlost 40 km/h. S novým nařízením Evropské unie přišla možnost schvalování zemědělských a lesnických vozidel pro rychlosti větší než 40 km/h. Toto nařízení také upravuje některé podmínky pro homologaci. Zejména se logicky jedná o zpřísnění nároků na brzdové systémy.

1 Zemědělské stroje

1.1 Obecné rozdělení zemědělských strojů a dopravy

Zemědělský stroj je druh stroje, který napomáhá zvyšovat produktivitu práce v zemědělství, zvyšuje hektarové výnosy a užitkovost hospodářských zvířat.

Současné zemědělské stroje jsou však mnohem složitější. Díky velkému počtu spojených mechanismů je při sklizni prováděno několik úkonů najednou s vysokou výkonností a minimálním využitím lidské energie. Na to navazuje i důležitost zemědělské dopravy, zejména komodit. Tímto vývojem se změnil i způsob přenosu energie. [3]

Stroje můžeme dělit na:

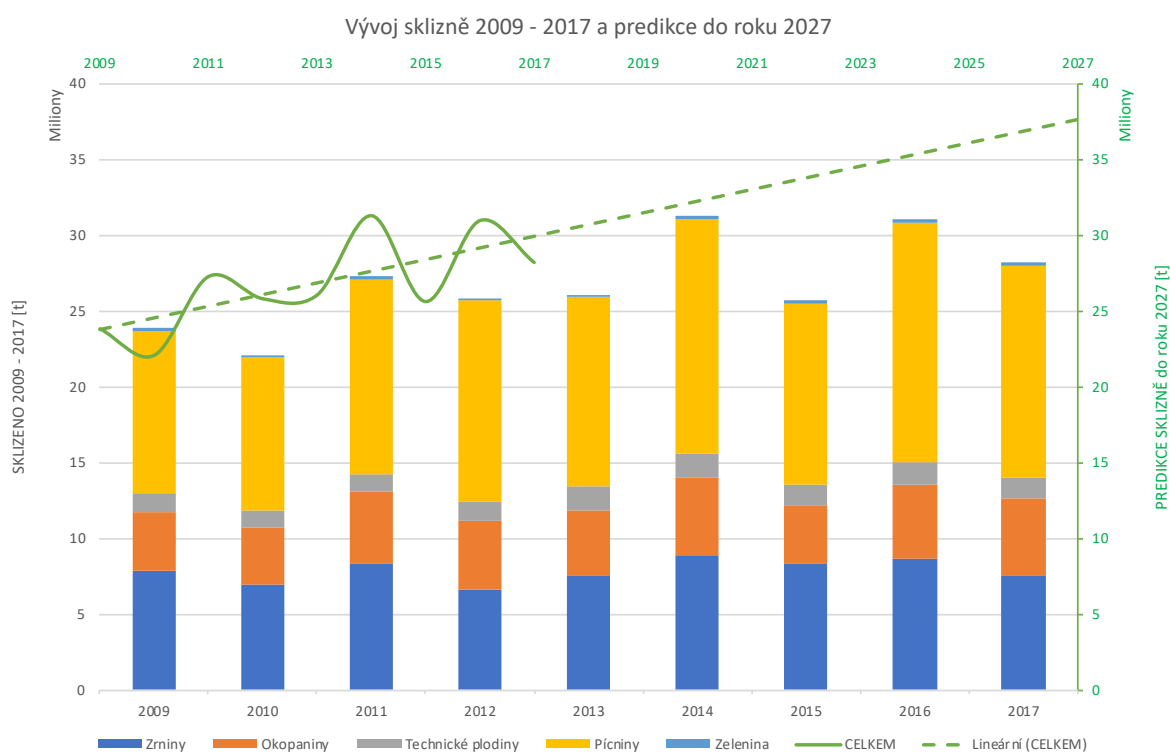
- Hnací (motory) – generují energii takovou, kterou je možné využít na pohon zemědělských strojů a zařízení.
- Hnané (pracovní) – mění energii dodanou motorem na požadovanou práci.
- Měřicí a zkušební – jsou určeny k měření nebo zkoušení částí, případně celých strojů [4]

Rozvod energie probíhá těmito způsoby:

- Mechanicky (kardanová hřídel)
- Hydraulicky (pístnice, hydromotory)
- Pneumatikky (pístnice, ovládání brzd)
- Elektricky (signalizační zařízení, řídicí jednotky)
- Kombinovaně [4]

Zemědělská doprava je odlišná od dopravy v jiných odvětvích, protože se vyznačuje náročnou koordinací v časoprostoru v závislosti na přírodních podmínkách a koordinaci vykonávané práce. Hlavním znakem zemědělské dopravy je velká variabilita přepravovaných materiálů s různými fyzikálními vlastnostmi. Důležitou roli také hrají agronomické termíny v závislosti na kvalitě konkrétního přepravovaného materiálu. Typicky se jedná o dopravu vnitropodnikovou, na krátké vzdálenosti. Cesty mohou být vykonávány i mimo pozemní komunikace, v terénu. Nakládka a vykládka může probíhat nejen za stání, ale i za jízdy. [5]

V roce 2017 bylo v České republice vyprodukováno 28 mil. tun zemědělských komodit, které musely být přepraveny zemědělskou technikou z pole. Trend stoupání je pozorovatelný tehdy, kdy lze s příchodem nových technologií Zemědělství 4.0 očekávat nárůst celkového množství vyprodukovaných komodit (Obrázek 2, zelená křivka predikce). Největší podíl navíc zaujímají pícniny s nízkou objemovou hmotností, a tak lze očekávat vzrůstající poptávku po velkoobjemové dopravě. [2]



Obrázek 2 - Vývoj sklizených komodit (Pinkas dle [2], 2018)

1.2 Kategorie zemědělských a lesnických strojů

Definice jednotlivých kategorií a subkategorií pro zemědělské a lesnické stroje upravuje nařízení Evropského parlamentu č. 167/2013 ze dne 5. února 2013 ve článku 4 takto:

1.2.1 Kategorie T

Jedná se o veškeré kolové traktory, dále rozdělené do subkategorií. Kategorie jsou vždy doplněné o písmeno „a“ (s maximální konstrukční rychlostí nejvýše 40 km/h) nebo „b“ (s maximální konstrukční rychlostí vyšší než 40 km/h).

T1: traktory kolové s rozchodem minimálně 1 150 mm, v provozním stavu s nenaloženou hmotností vyšší než 600 kg, světlá výška nad vozovkou maximálně 1 000 mm a náprava nejbližší k řidiči.

Jedná se o běžné, univerzální, nejvíce rozšířené traktory (Obrázek 3). Tyto podmínky také splňují speciálně upravené nákladní vozy. Nejjednodušší způsob, jak rozeznat traktor od nákladního vozu, je podle registrační značky, která je u traktorů umístěna pouze vzadu a systému ROPS, neboli ochraně při převrácení (Obrázek 4).



Obrázek 3 - John Deere 6250R – T1a (Král, 2017)



Obrázek 4 - Tatra Phoenix – T1b (Podhorský, 2017)

T2: kolové traktory s rozchodem menším než 1 150 mm, v provozním stavu s nenaloženou hmotností větší než 600 kg, s maximální světloú výškou nad vozovku 600 mm. Maximální konstrukční rychlost je omezena na 30 km/h v případě, že poměr výšky těžiště traktoru vůči vozovce dělená střední hodnotou minimálního rozchodu všech náprav je větší než 0,9.

Jedná se o traktory s úzkým rozchodem, určených pro práci ve vinohradech nebo sadech (Obrázek 5).



Obrázek 5 - John Deere 5G - T2a (John Deere, 2018)

T3: traktory kolové s nenaloženou hmotností v provozním stavu maximálně 600 kg.

Běžně známé jako malotraktory (Obrázek 6), avšak do této kategorie mohou spadat například traktory v podobě čtyřkolky (Obrázek 7).



Obrázek 6 - Stiga Combi 1066 H – T3a (stiga.cz, 2018)



Obrázek 7 - Polaris Sportsman 570 - T3b (Polaris, 2018)

T4: kolové traktory zvláštního určení

T4.1 (traktory s velkou světlou výškou): traktory konstruované pro práci s vysokými plodinami. Znakem je zvýšený podvozek, nebo jeho část, kdy tato konstrukce napomáhá pojíždět nad plodinami, aniž by došlo k jejich poškození. Tyto traktory jsou určeny k nošení nářadí, které může být namontováno vpředu, mezi nápravami nebo na zádi na nákladové plošině. Maximální konstrukční rychlost je omezena na 30 km/h v případě že poměr výšky těžiště traktoru vůči vozovce a střední hodnotou minimálního rozchodu všech náprav je větší než 0,9. V pracovní poloze je světlá výška traktoru vyšší než 1 000 mm.

Traktory s velkou světlou výškou se používají pro práci již ve vzrostlém porostu. Nejčastěji k ošetření plodin postřiky (Obrázek 8).



Obrázek 8 - Horsch Leeb – T4.1a (Vojtko, 2016)

T4.2 (zvláštní široké traktory): traktory s velkými rozměry, přednostně určené pro práci na velkých zemědělských pozemcích.

Traktory s vyšším výkonem (nad 300 koní) používají širší pneumatiky z důvodu lepšího přenosu tahového výkonu na podložku, a nesplňují tak požadavky na šířku kategorie T1, tudíž jsou zařazeny do této kategorie (Obrázek 9).



Obrázek 9 - Fend 1050 o šířce 275 cm – T4.2 (Fendt, 2017)

T4.3 (traktory s nízkou světloú výškou): traktory s pohonem čtyř kol určených k zemědělskému nebo lesnickému využití s výměnným zařízením. Charakteristické jsou nosným rámem vybaveným vývodovou hřídelí. Technicky přípustná hmotnost je maximálně 10 tun, a poměr této hmotnosti k maximální hmotnosti v provozním stavu je nižší než 2,5. Těžiště těchto traktorů musí být níže než 850 mm nad vozovku.

Jedná se především traktory horské s vysokou svahovou dostupností (Obrázek 10).



Obrázek 10 - GRIP 4 - T4.3a (Heer Landmaschinen AG, 2018)

1.2.2 Kategorie C

Jedná se o traktory poháněné nekonečnými pásy, nebo kombinací kol a nekonečných pásů, přičemž jejich subkategorie jsou definovány analogicky ke kategorii T.



Obrázek 11 - John Deere 9620RX - C4.2a
(Podhorský, 2018)



Obrázek 12 - John Deere 6145R SourcyTrack - C1a
(Podhorský, 2018)



Obrázek 13 - Claas Axion TerraTrac - C1a (Král,
2018)



Obrázek 14 - Polaris Sportsman 570 - C3b (Polaris,
2018)

1.2.3 Kategorie R

Jedná se o přípojná vozidla rozdělená do subkategorií, které jsou stejně jako u předchozích kategorií doplněny o písmeno „a“ nebo „b“.

R1: přípojná vozidla, u nichž součet technicky přípustných hmotností na nápravu nepřevyšuje 1 500 kg.

R2: přípojná vozidla, u nichž součet technicky přípustných hmotností na nápravu převyšuje 1 500 kg, ale nepřevyšuje 3 500 kg.

R3: přípojná vozidla, u nichž součet technicky přípustných hmotností na nápravu převyšuje 3 500 kg, ale nepřevyšuje 21 000 kg.

R4: přípojná vozidla, u nichž součet technicky přípustných hmotností na nápravu nepřevyšuje 21 000 kg.

Přípojná vozidla se dělí na návěsy a přívěsy dle následujícího schématu. Důležitým faktorem návěsů je ten, že část své váhy přenáší na tažný prostředek. Speciálním případem může být přívěs, který má točnu odsazenou od bodu zatížení samotného výměnného zařízení a dochází tak i přenosu zatížení na tažný prostředek.



Obrázek 15 - Schéma rozdělení přípojných vozidel (Pinkas, 2018)

1.2.4 Kategorie S

Jedná se o výměnné tažené zařízení rozdělené do subkategorií, které jsou stejně jako u předchozích kategorií doplněny o písmeno „a“ nebo „b“.

S1: výměnné tažené zařízení, u něhož součet technicky přípustných hmotností na nápravu nepřevyšuje 3 500 kg;

S2: výměnné tažené zařízení, u něhož součet technicky přípustných hmotností na nápravu nepřevyšuje 3 500 kg.

Tyto stroje se používají zejména pro práci na poli. Výjimečně může do této skupiny patřit překládací vůz na zemědělské komodity. Tato vozidla jsou však konstruována především na provoz na zemědělských pozemcích a nejsou určena k převozu komodit po pozemních komunikacích.

Z rozdělení kategorií tedy vyplývá, že do tažných prostředků spadají vozidla z kategorie T a C a do tažených prostředků vozidla R a S. Vozidla R jsou určena především pro přepravu materiálu, což je definováno tak, že poměr naložené ku nenaložené hmotnosti musí být větší než 3, aby toto vozidlo spadalo do této kategorie. [6]

1.3 Požadavky na rozměry vozidla

Při zemědělské dopravě se zabýváme především vozidly z kategorie T a C. Velmi důležitou roli v zemědělství hraje hmotnost vozidel. Traktory musí být především dobře dotíženy, aby zvládly přenést výkon na podložku. U návěsů je častý problém s přetěžováním, nýbrž objemová hmotnost zemědělských komodit je velmi variabilní. Podmínky maximálního zatížení definuje nařízení Evropské komise v přenesené pravomoci č. 2015/208 ze dne 8. prosince 2014 v příloze XXII (Tabulka 1).

Tabulka 1 - Maximální zatížení dle nařízení 2015/208

Kategorie vozidel	Počet náprav [-]	Maximální přípustná hmotnost [t]	Maximální přípustná hmotnost na nápravu	
			Poháněná náprava [t]	Nepoháněná náprava [t]
T1, T2, T4.1, T4.2	2	18 (s nákladem)	11,5	10
	3	24 (s nákladem)	11,5	10
T	4 a více	32	11,5	10
R	1	Nepoužije se	11,5	10
	2	18 (s nákladem)	11,5	*
	3	24 (s nákladem)	11,5	*
	4 a více	32 (s nákladem)	11,5	*

*) upraveno Směrnicí rady 96/53/ES ze dne 25. července 1996 v příloze I, body 3.1 až 3.3.

Pro přívěsy a návěsy je maximální zatížení nápravy určeno podle vzdálenosti mezi nápravami (d) podle směrnice Rady 96/53/ES (Tabulka 2).

Tabulka 2 - Maximální zatížení přívěsů a návěsů dle směrnice 96/53/ES

Typ náprav	Vzdálenost mezi nápravami (d) [m]	Součet zatížení náprav [t]
Tandem	$d < 1,0$	11
	$1,0 \leq d < 1,3$	16
	$1,3 \leq d < 1,8$	18
	$1,8 \leq d$	20
Tridem	$d \leq 1,3$	21
	$1,3 < d \leq 1,4$	24

Maximální přípustná hmotnost zemědělských návěsů se zvyšuje o 3 t v případě, že se jedná o návěs, který svou celkovou hmotností dotěžuje traktor právě o tuto hmotnost, nebo o 1 t, pokud se jedná o přívěs s nápravami uprostřed. Maximální hmotnost soupravy je 48 t.

Nejvyšší povolená hmotnost nesmí překročit nejvyšší technicky přípustnou hmotnost vozidla. Okamžitá hmotnost nesmí překročit nejvyšší povolenou hmotnost, vyjma případů znečištění, a to maximálně o 3 %. Platí pro hmotnosti vozidla, soupravy a svislá zatížení na nápravu.

Tato směrnice upravuje i parametry rozměrů. Maximální šířka soupravy je 2,55 m. V případě šířky vyšší než 2,55 m, platí zejména pro vozidla z kategorie T4.2, musí být vozidlo vybaveno oranžovým výstražným zařízením, a je nutné ho použít při jízdě po pozemní komunikaci. Maximální výška soupravy je 4 m. V případě soupravy složené z motorového vozidla a návěsu je maximální délka 16,5 m, ve spojení s přívěsem je to 18,75 m.

Podmínky spojování vozidel upravuje vyhláška ministerstva dopravy č. 341/2014 Sb. Okamžitá hmotnost návěsu nebo přívěsu smí být u souprav rovna nejvýše 2,5násobku okamžité hmotnosti traktoru kategorie Ta. V případě traktorů z kategorie Tb je tato hmotnost omezena na 1,5násobek. U souprav složených z traktorů a návěsů, případně přívěsů, přenášejících svislé zatížení, se okamžitou hmotností traktoru nebo připojeného vozidla rozumí součet hmotností připadající na jejich nápravy. [7]

1.4 Základní přehled tažných vozidel pro dopravu – traktorů

U zemědělských strojů tažných, dále traktorů, jsou důležité především parametry, jako výkon, hmotnost a typ převodového ústrojí. Traktory prošly dlouhým vývojem od počátečních jednoduchých strojů po dnešní moderní stroje vybavené technologiemi. Jsou navrženy tak, aby dokázaly plnit funkci tahače nebo nosiče přípojných strojů, a ulehčovaly tak práci v zemědělském sektoru. Důležitá je volba správné převodovky. Nabídka je široká, od převodovek s řazením částečně nebo plně pod zatížením po plynulé převodovky. Důležitý je i komfort obsluhy, a tak je již dnes standardem u nových traktorů klimatizace nebo odpružený podvozek.

Důležitý je přenos energie z motoru právě na přípojná vozidla, který probíhá nejčastěji hydraulicky nebo mechanicky. Pneumaticky je řešeno ovládání brzd. Způsob připojení

přes spojovací zařízení je nejčastěji řešen přes kulový čep průměru 80 mm ve spodním závěsu, protože při tomto řešení je ve spojení minimální vůle, a samotné řešení nabízí dostatečný počet stupňů volnosti ve spojení. Existují ale také další závěsy, jako etážový závěs, Piton Fix nebo agrohák.

Traktory lze dělit dle několika charakteristik do několika skupin. Základní rozdělení může být dle účelu, typu podvozku nebo typu pohonu. Nejdůležitější je však dělení dle výkonu. [8]

- Malé traktory, malotraktory, úzkorozchodné traktory – výkon cca (0 až 75) kW
- Traktory pro lehčí práce – výkon cca (75 až 150) kW
- Univerzální traktory – výkon cca (150 až 225) kW
- Traktory pro těžké polní práce – výkon větší než 225 kW

1.4.1 Malé traktory, malotraktory, speciální úzkorozchodné traktory

Tato kategorie pokrývá zejména využití strojů pro domácí použití, na farmách s malou obhospodařovanou výměrou, nebo pro práci ve vinicích a sadech.

Tabulka 3 - Přehled malých traktorů dle [9]



			
Výrobce	Zetor	CLAAS	John Deere
Typ	UTILIX HT 55	Nexos 210 VL	5100R
Počet válců / objem motoru [- / cm ³]	4 / 2216	4 / 3400	4 / 4530
Výkon [kW]	36,0	55,4	74,0
Převodovka	Plynulá	čast. pod zatížením	čast. pod zatížením
Délka x šířka x výška [mm]	3590 x 1620 x 2530	3991 x 1291 x 2305	3750 x 2150 x 2700
Dovolená hmotnost [kg]	1900	4100	8600

Do této kategorie mohou patřit i další různě upravená vozidla, třeba traktory v podobě čtyřkolky. Motory v této třídě jsou nejvýše 4válcové. Převodovky jsou voleny jednoduché klasické manuální. Traktory obecně mají být jednoduché, aby byl farmář schopen je sám opravit, a proto jsou ovládací prvky řešeny mechanicky. V přehledu malých traktorů (Tabulka 1) je traktor Zetor určený pro komunální služby, práci v zahradnictví a malé farmy, traktor Claas určený pro práci v sadech nebo vinicích a traktor John Deere jakožto ideální volba pro malé farmy.

1.4.2 Traktory pro lehčí práce

Traktory určené pro střední farmáře kompaktních rozměrů. Motory v této třídě jsou 4 nebo 6válcové. Převodovky je možné volit už mezi typy s řazením pod zatížením nebo plynulé. Ovládací prvky je možné volit mezi mechanickými nebo řízené elektronicky přes řídicí jednotku. Nastavení traktoru jsou mnohem variabilnější. Traktory jsou určeny pro práci s menšími záběry a dopravu.

Tabulka 4 - Přehled traktorů pro lehčí práce dle [9]

			
Výrobce	Valtra	CASE IH	JCB
Typ	N174	Puma 185	Fastrac 4190
Počet válců / objem motoru [- / cm ³]	4 / 4900	6 / 6700	6 / 6600
Výkon [kW]	121,0	132,0	141,0
Převodovka	plynulá / čast. pod zatížením	plynulá / plně pod zatížením	čast. pod zatížením
Délka x šířka x výška [mm]	4656 x 2550 x 2960	5461 x 2476 x 3026	5400 x 2550 x 3100
Dovolená hmotnost [kg]	11 000	13 000	14 000




V přehledu traktorů pro lehčí práce (Tabulka 4) jsou traktory typické konstrukce Valtra a CASE IH, které patří do kategorie T1a a traktor – systémový nosič JCB Fastrac kategorie T1b s centrálně uloženou kabinou a maximální rychlostí 60 km/h.

1.4.3 Univerzální traktory

Tato kategorie přináší optimální výkony kolových traktorů, kdy je možné využít tyto stroje s pracovními stroji běžné šířky (okolo 6 m), kdy tyto traktory pracují nejvíce efektivně vzhledem ku poměru své váhy a výkonu. Motory v této kategorii jsou již 6válcové s objemem okolo 6 l. Převodovky jsou na výběr stejně jako u předchozí kategorie. Pro práci na poli se doporučují převodovky mechanické, kde je menší ztrátovost výkonu v porovnání s převodovkou plynulou. Většina traktorů z této kategorie dosahuje maximální povolené hmotnosti 16 t. Tedy dle vyhlášky č. 341/2014 mohou být tyto traktory homologovány v kategorii Tb, aniž by bylo možné porušit pravidla spojování vozidel a maximální povolenou hmotnost přípojného vozidla.

V přehledu univerzálních traktorů (Tabulka 5) byly pro srovnání vybrány traktory John Deere o stejném výkonu, ale z různých řad. Traktory řady 6R jsou obecně lépe využitelné při dopravě, kdežto řada 7R je spíše určená pro práci na poli. O podobném výkonu je možné zvolit i traktor z řady 8R, která je určena pro práci na poli – model 8260R s maximální povolenou hmotností 18 000 kg. Největším konkurentem těchto traktorů jsou traktory Fendt řady 8XX Vario S4.




Tabulka 5 - Přehled univerzálních traktorů dle [9]

			
Výrobce	John Deere	John Deere	Fendt
Typ	6250R	7250R	828 Vario S4
Počet válců / objem motoru [- / cm ³]	6 / 6800	6 / 6800	6 / 6057
Výkon [kW]	184	184	211
Převodovka	Plynulá	plynulá / plně pod zatížením	plynulá
Délka x šířka x výška [mm]	5200 x 2550 x 3250	5280 x 2550 x 3320	5274 x 2550 x 3450
Dovolená hmotnost [kg]	15 000	16 000	16 000

1.4.4 Traktory pro těžké polní práce

Do této výkonové kategorie patří většina traktorů homologovaných jako kategorie C, ale i traktory z kategorie T. Tato vozidla jsou určena spíše pro práci na poli, čemuž napovídá i jejich konstrukce. Také bývají osazena pneumatikami větších rozměrů a velikostně nespádají do šířky 2,55 m, tedy patří do kategorie T4.2. Využití v dopravě je spíše okrajové v extrémních podmínkách (kopcovitý terén, mokro). Většina těchto traktorů dosahuje svou nejvyšší pohotovostní hmotností nejvyšší povolené hodnoty dané legislativou. V přehledu těžkých traktorů (Tabulka 6) byly vybrány nejsilnější traktory, které je ještě možné využít v dopravě.

Tabulka 6 - Přehled těžkých traktorů možných k použití pro dopravu dle [9]

			
Výrobce	MASSEY FERGUSON	John Deere	Claas
Typ	8740	8370R	Axion 950
Počet válců / objem motoru [- / cm ³]	6 / 8400	6 / 9000	6 / 8710
Výkon [kW]	294	272	298
Převodovka	Plynulá	plynulá / plně pod zatížením	plynulá
Délka x šířka x výška [mm]	5552 x 2600 x 3285	6120 x 2600 x 3285	5560 x 2490 x 3505
Dovolená hmotnost [kg]	18 000	18 000	18 000

1.5 Základní přehled tažených vozidel určených pro zemědělskou dopravu

Zemědělská přípojná vozidla se liší od klasických přípojných vozidel pro automobilovou dopravu hlavně svou konstrukcí pro práci i v terénu. Základní dělení je především na návěsy a přívěsy (Obrázek 15).

Velmi důležitý je objem vozidla, protože zemědělské komodity mají velmi variabilní objemovou hmotnost. Korby mohou být univerzální, kdy se snadno může stát, že dojde k přetížení nebo speciálně upravené pro danou komoditu. Například vozy určené pro přepravu krmiv (senáže, siláže) jsou konstruovány na co nejvyšší objem (Obrázek 17), kdežto speciální vozy určené na zeminu mají poměrně malý objem korby (Obrázek 16). Návěsy a přívěsy musí být vybaveny dostatečně silnými brzdami. Obecně se všechna zemědělská vozidla pohybují po svažitých pozemcích, kde mohou sklony dosahovat až 17°. Rozdílné jsou i nároky na jízdní podmínky, kdy je požadavkem, aby na zemědělských pozemcích byl tlak na půdu nižší než 300 kPa, a naopak na pozemních komunikacích byl tlak co nejvyšší. [10]



Obrázek 16 - Stavební návěs Krampe HP20 (Krampe, 2018)



Obrázek 17 - Joskin Silospace 2 o objemu 59 m³ (Joskin, 2017)

1.5.1 Typy přepravovaných materiálů

Zemědělská doprava se dotýká velkého množství přepravovaných materiálů. Z hlediska skupenství se jedná nejčastěji o materiály pevné nebo kapalné, případně zvířata. Tyto materiály můžeme dělit z hlediska mechanicko-fyzikálních vlastností, kdy ke každé skupině připadá určitý typ tažného vozidla. V 75 % objemu z hlediska přepravovaného množství materiálu se jedná o materiály typu plodin, objemových hmot, nebo tuhých statkových hnojiv, která lze přepravovat univerzálními korbami. [5]

1.5.2 Přívěs

Přívěsy, jakožto přípojná vozidla zpravidla přenáší pouze malou část své okamžité hmotnosti na tažný prostředek – dle legislativy maximálně 1 t. Rozložení svislého zatížení by mělo být takové, aby na tažné vozidlo působily minimální svislé síly. Jedná se o univerzální dopravní prostředek, který je vhodný zejména pro přepravu komodit s objemovou hmotností (450 až 1 500) kg/m³. Historicky byl tento typ velmi populární,

v dnešní době však přívěsy nahrazují návěsy. V současné době se využívají spíše jako přípojná vozidla za slabší traktory, případně jako přívěsy, určené na převoz lehčích nákladů. [5]

Speciálním případem jsou přívozní cisterny Joskin (Obrázek 18), které mají upravený podvozek tak, aby se část okamžité hmotnosti přívěsu přenášela na tažný prostředek pomocí oje. Díky tomu se zvýšila maximální okamžitá hmotnost.

Takzvaný *dolly* systém o průměru 974 mm je mírně přesazen před otočnou nápravu. Svislé zatížení přenášené v tomto bodě se tak rozkládá na dvě části. Větší část zatížení přenáší náprava (až 10 t). Menší částí je pak dotěžován tažný prostředek (až 3 t). Zadní náprava je rovněž vybavena natáčením. Toto vozidlo je na pomezí návěsu a přívěsu. [11]



Obrázek 18 - Joskin TETRALINER (Joskin, 2017)

1.5.3 Návěsy

Návěs přenáší část své okamžité hmotnosti na tažný prostředek, z čehož vyplývá několik výhod. Zvýšením zatížení hnací nápravy traktoru dojde ke zvýšení trakčních vlastností tažného prostředku. Výhodnější je také poměr mezi užitečnou a provozní hmotností. Také jsou návěsy snadněji ovladatelné zejména při jízdě vzad. Tyto výhody pomáhají návěsům nahrazovat přívěsy. Lepší rozložení váhy snižuje i tlak na půdu, což je v dnešní době jeden z důležitých faktorů pohybu velkých strojů po pozemcích a ochrany utužení půdy. Z dříve jednonápravových návěsů se plynule přešlo na návěsy dvounápravové, které jsou dnes standardem. Nejen s rostoucí poptávkou po přepravě se dnes používají již návěsy typu *tridem*. Velmi důležitou stránkou návěsů je jejich výbava, a to zejména odpružení a říditelné nápravy. Odpružení může být mechanické, pneumatické nebo hydropneumatické. Kvalita odpružení snižuje energetickou náročnost na tažný prostředek. Hydropneumatické odpružení svou konstrukcí umožňuje mezi pneumatikou a podložkou, oproti mechanickým listovým perům, která nedokáží tak dokonale tlumit

kmitání vzniklé z nerovností. Řízení náprav snižuje opotřebení pneumatik a zvyšuje ovladatelnost. Může být nucené, což znamená, že táhlo napevno spojené s traktorem ovládá natočení kola nebo hydraulicky ovládané řízení, tedy že náprava zatáčí tak, jak potřebuje, a v případě nutnosti je možná hydraulicky aretovat. [5] [12]



Obrázek 19 - Souprava traktoru T1b a návěsu R3b
(Málek, 2017)

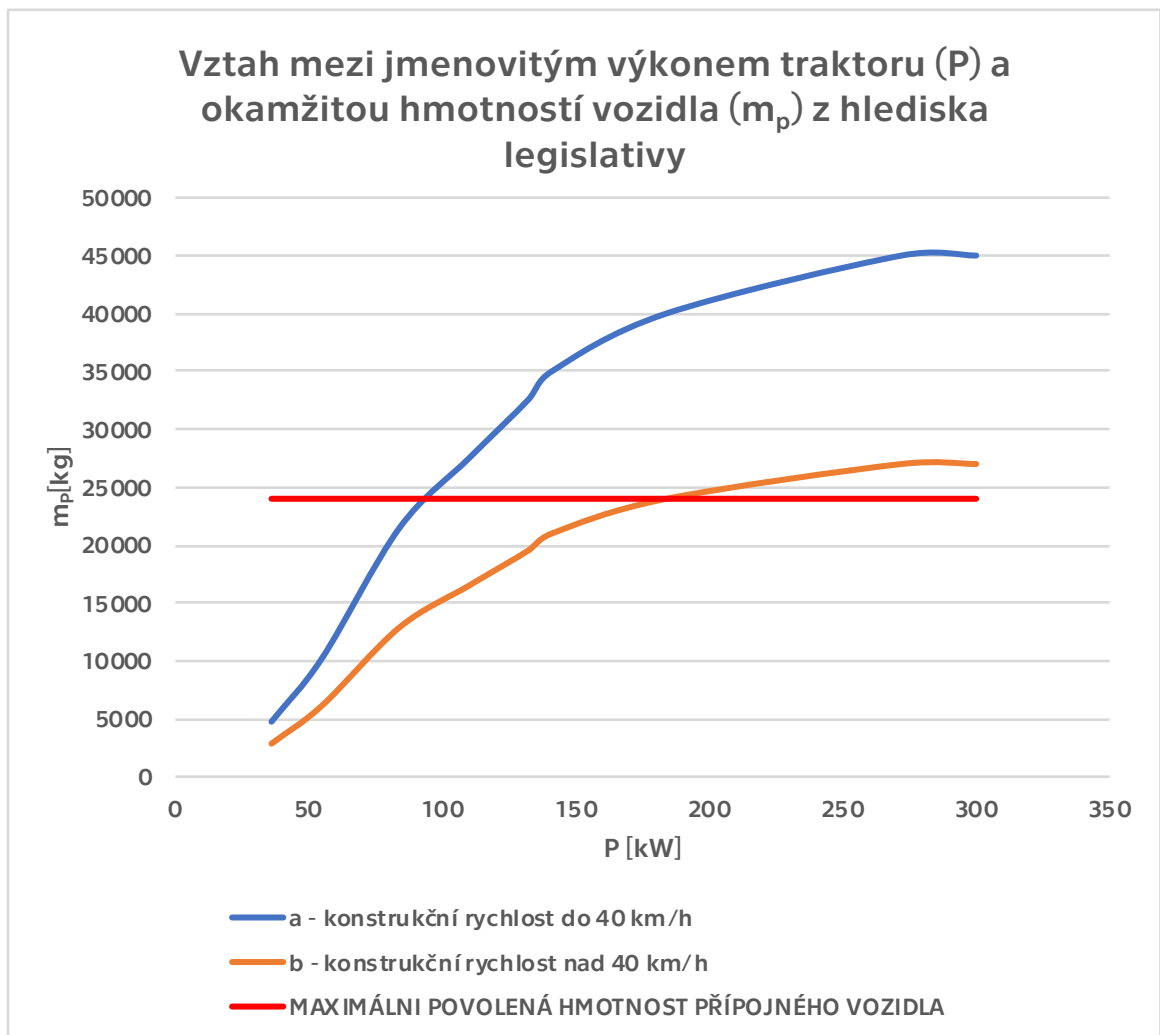


Obrázek 20 - Souprava traktoru T1a a
jednonápravového přípojného vozidla R4a
s technicky přípustnou hmotností na nápravu
28 500 kg

1.6 Zemědělské soupravy

Jak už bylo zmíněno, při tvorbě souprav se musíme řídit vyhláškou ministerstva dopravy č. 341/2014 Sb. určující, že nejvyšší okamžitá hmotnost přípojného vozidla může být maximálně 2,5násobek okamžité hmotnosti energetického prostředku s nejvyšší konstrukční rychlostí do 40 km/h nebo 1,5násobek okamžité hmotnosti energetického prostředku v případě rychlosti větší. Tato vyhláška výrazně ovlivňuje tvorbu souprav, ač to může být ekonomicky nevýhodné. Obecně lze říci, že výkon traktoru je úměrný hmotnosti do výkonu okolo 225 kW kdy je dosaženo nejvyšší povolené hmotnosti 18 000 kg. Převážná část zemědělské dopravy je provozována na kratší vzdálenosti, a rozdíly v průměrných rychlostech nejsou tak vysoké.

Důležitým aspektem je správná volba tažného prostředku. Spotřeba paliva se pohybuje na úrovni (50 až 70) % celkových nákladů. Z energetického hlediska by měl motor tažného prostředku pracovat v oblasti, kde dosahuje nejnižších hodnot měrné spotřeby paliva. Tomu odpovídá využití na (35 až 45) %. Nejvýhodnější je pro dopravu využívat traktory s výkonem od (125 do 175) kW pro agregaci tažených vozidel o užitečné hmotnosti (14-18) t. S vyšším výkonem se již hodinová výkonost v přepravě příliš nezvyší.



Obrázek 21 - Vztah mezi jmenovitým výkonem motoru a okamžitou hmotností přípojného vozidla (Pinkas dle [9], 2018)

Důležité je také porovnání v rámci terénu. Při jízdě soupravy po silnici je možné jmenovitý výkon snížit až o 25 %. K podobně velkému ovlivnění dojde i v případě porovnání svažitého a rovinatého terénu. Na dopravu se v zemědělských podnicích vynakládá průměrně 3 500 Kč/ha. Pokud vezmeme v potaz maximální přípustnou hmotnost na nápravy návěsu dle legislativy, což je 24 tun, v porovnání s maximální okamžitou hmotností, jedná se o traktory okolo 100 kW v případě rychlosti do 40 km/h, a o traktory o výkonu 175 kW v případě rychlosti vyšší. [10]

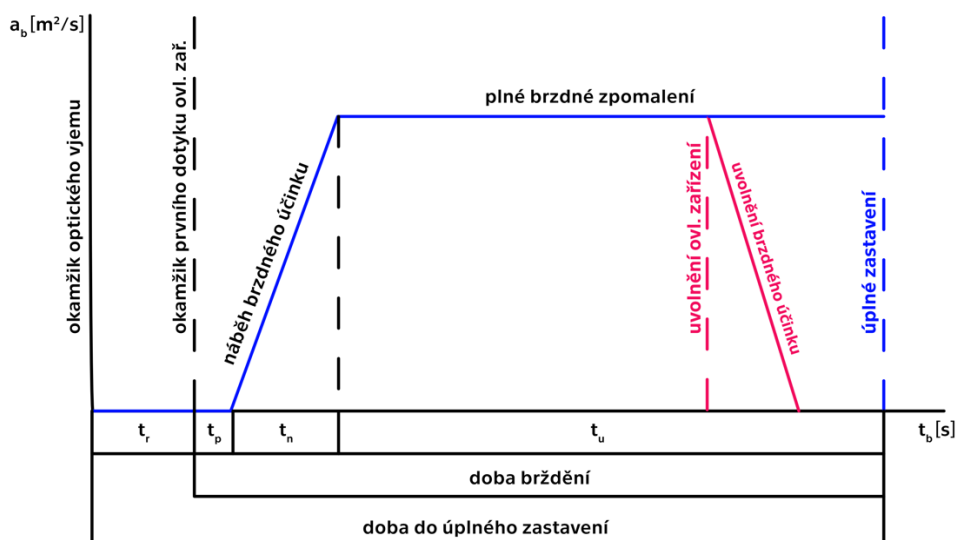
2 Dynamika brždění

Kinetická energie pohybujícího se vozidla je závislá na druhé mocnině rychlosti a hmotnosti vozidla. Při brždění se pohybová energie mění na tepelnou. Tudíž se změnou hmotnosti vozidla se mění nároky na brzdné systémy a zejména na způsob jejich chlazení. Proto jsou tažená vozidla vybavena, pokud je dáno legislativou, regulátory brzdného účinku.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = F \times s = \frac{p^2}{2m} [J] \quad (3.1)$$

2.1 Průběh brždění

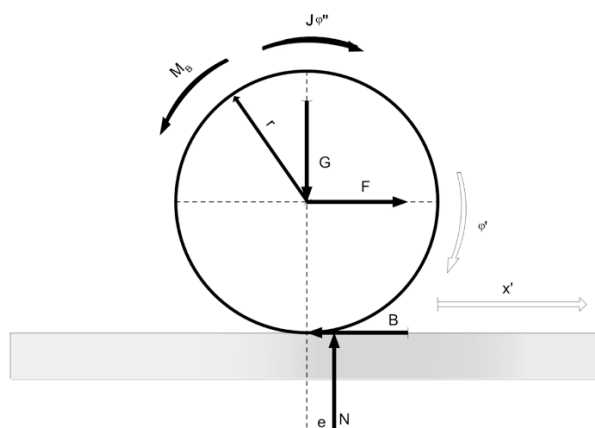
Průběh brždění se skládá z několika složek (Obrázek 22). První složkou je reakční doba řidiče (t_r), která je závislá na fyzickém a psychickém stavu řidiče. Definována je jako časový interval, který uplyne od okamžiku vjemu do okamžiku uvedení zařízení v činnost naučeným pohybem. Dalšími složkami je mechanická prodleva brzd (t_p), jakožto doba mezi prvním dotykem ovládacího zařízení brzd a první dotyk třecích ploch brzd, dále pak náběh brzdného účinku (t_n), neboli doba, kdy nabíhá plný brzdný účinek. Poté do zastavení působí plné brzdné zpomalení (t_u). Případně pokud se nejedná o brždění do úplného zastavení, je nutné započítat dobu uvolnění brzdného účinku.



Obrázek 22 - Průběh brždění (Pinkas, 2018)

Celková brzdná dráha vozidla je součtem dílčích drah ze složek brždění. [13]

2.2 Model bržděného kola



Obrázek 23 - Model bržděného kola

$$B * r + J * \varphi'' - M_b - G * e = 0 \quad (3.2)$$

$$B = \frac{M_b}{r} - \frac{J * \varphi''}{r} + G * \frac{e}{r} = \frac{M_b}{r} - \frac{J * \varphi''}{r} + G * \mu [N] \quad (3.3)$$

G ... svislé zatížení kola

B ... brzdná síla

F ... setrvačná síla

M_b ... brzdny moment

J ... moment setrvačnosti

e ... parametr tření

r ... poloměr kola

μ ... součinitel adheze

Z předchozí analýzy pohybu kola (3.2) při brždění vyplývá vzorec brzdné síly (3.3). Dále musí platit podmínka, že brzdná síla se rovná setrvačné síle (3.4).

$$F = B \quad (3.4)$$

Dále ze vzorce vyplývá závislost svislého zatížení G na součiniteli adheze μ (3.5), která určuje maximální přenositelné zrychlení kola (3.7).

$$B_{max} = G * \mu [N] \quad (3.5)$$

$$m * a_{max} = m * g * \mu \quad (3.6)$$

$$a_{max} = g * \mu [m/s^2] \quad (3.7)$$

V případě překročení této síly dojde ke ztrátě stability a bržděná kola se zablokují.

Hodnoty součinitele adheze nabývají hodnot od 0 do 1 v závislosti na druhu povrchu, a ovlivňují tak délku brzdné dráhy. (Tabulka 7). [14]

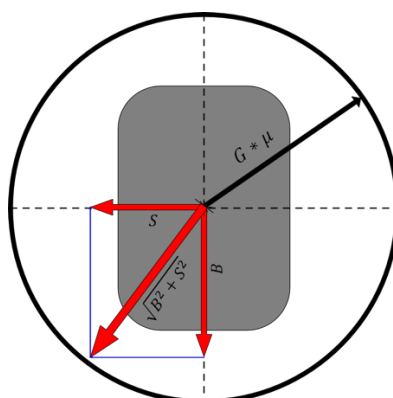
Tabulka 7 - Vybrané povrchy a hodnoty součinitele adheze dle [14]

Povrch		μ
Beton	Sucho	0,80 – 1,00
	Mokro	0,50 – 0,80
Asfalt	Sucho	0,60 – 0,90
	Mokro	0,30 – 0,80
Polní cesta	Sucho	0,40 – 0,60
	Mokro	0,30 – 0,40

2.3 Kammova kružnice přilnavosti

Směrová stabilita kola je ovlivněna maximální přenositelnou silou pneumatiky na vozovku. Na pneumatiku působí síly podélné, v našem případě brzdná (B), příčné (S) a svislé (G). Pro stabilitu musí platit tato rovnice:

$$B_{max} = S_{max} = \sqrt{B^2 + S^2} \leq G * \mu$$

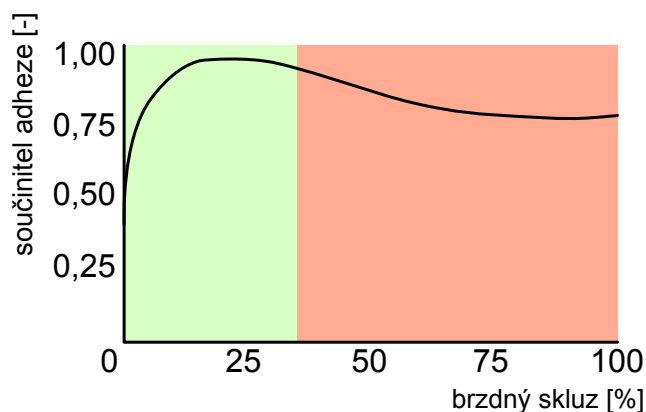


Obrázek 24 - Kammova kružnice (Pinkas, 2018)

Poloměrem Kammovy kružnice určuje maximální adhezní sílu pro zachování stability. Výslednice podélných a příčných sil nesmí překročit poloměr kružnice, aby nedošlo ke ztrátě adheze. Tedy v případě, že má dojít k maximálnímu přenosu brzdné síly (B_{max}), musí být příčné vodící síly (S) rovné nule, tedy kola srovnaná v přímém směru.

2.4 Protiblokovací zařízení

Součinitel adheze je závislý na měrném skluzu. Hodnoty této veličiny určují hodnotu poměru kinematických veličin kol zatížených momentem a kol vlečených. Graf (Obrázek 25) zobrazuje právě tuto závislost.



Obrázek 25 - Skluzová charakteristika (Pinkas, 2018)

Oblasti grafu můžeme rozdělit na dvě části – stabilní (zelená) a nestabilní (červená) oblast. Ve stabilní oblasti zůstává při jízdě kolo říditelné a má nejlepší přenos síly. Nejvyšší hodnoty součinitele adheze jsou v rozmezí (8 až 30) %. V nestabilní oblasti se kolo stává neříditelné.

Elektronicky regulační systémy pracují ve stabilní oblasti a snaží se zamezit její opuštění. Antiblokovací systém (ABS) brání blokování kol v průběhu brždění. Při brždění s plně sešlápnutým ovládacím zařízením systém automaticky reguluje tlak v brzděné soustavě tak, aby bylo dosaženo co nejvyššího brzděného účinku. Zvyšuje tak stabilitu a manévrovatelnost vozidla při brždění především na povrchu s nízkou hodnotou součinitele adheze.

Regulační obvod se skládá ze snímačů otáček kol, elektronické řídicí jednotky ABS a elektromagnetických ventilů. Snímače otáček bývají umístěné na každém kole. Signál přenáší do řídicí jednotky údaje o pohybu kola. Řídicí jednotka tyto údaje vyhodnocuje, a pomocí elektromagnetických ventilů reguluje brzděný tlak. [14]

3 Metodika prováděných zkoušek

Nařízení komise v přenesené pravomoci 2015/68 ze dne 15. října 2014 stanovuje zcela nové podmínky na konstrukci a funkci brzd a vychází z předpisů EHK OSN č. 13. Toto nové nařízení zpřísňuje požadavky oproti předchozímu stavu.

3.1 Konstrukční předpoklady

Výrobci musí zajistit, aby všechny konstrukční části byly odolné vůči vibracím a odolávaly vlivům opotřebení a stárnutí, korozi. Brzdová obložení nesmějí obsahovat azbest. Taktéž není povoleno montovat jakékoli konstrukční části, které by umožnily změnu brzdného systému uživatelem a došlo by tak k zneplatnění provedených zkoušek. S konstrukčními částmi brzdného systému smí manipulovat pouze výrobce prostřednictvím speciálního nářadí. Jakákoli změna uživatelem by měla být snadno identifikovaná pro donucovací orgány. Tažené vozidlo musí být vybaveno automatickým zátěžovým regulátorem, vyjma případů, kdy se jedná o vozidla z kategorie S, která nejsou určena k přepravě zatížení. Dále ve zvláštním případě, kdy konstrukce vozidla umožňuje pouze dvě možnosti přepravy a to „naloženo“, nebo „nenaloženo“, pak tedy vozidlo může mít pouze dvě samostatná nastavení pro ovládání brzdných sil. Pokud tažené vozidlo s maximální rychlostí nepřevyšující 30 km/h nemůže být z technických důvodů vybaveno automatickým zátěžovým regulátorem, musí být vybaveno zařízením, které má alespoň tři samostatná nastavení pro ovládání brzdných sil.

3.2 Funkce brzdného systému

Vozidla jsou vybavena brzdami, které musí zajišťovat schopnost brždění v různých podmínkách, které mohou při provozu vozidla nastat. Tyto situace jsou děleny dle účelu a situace. Funkčnost brzdného systému je definována těmito předepsanými způsoby brždění.

3.2.1 Systém provozního brždění

Účinek systému musí být odstupňovaný a řidič jej musí být schopný ovládat z místa obsluhy, aniž by byl nucen sejmout ruce z ovládacího zařízení.

3.2.2 Systém nouzového brždění

Systém nouzového brždění musí být schopný zastavit vozidlo na přiměřené dráze v případě poruchy provozního řízení. Předpokládá se, že najednou nemůže nastat více než jedna porucha v systému provozního brždění. U traktoru musí být účinek odstupňovaný a řidič musí dosáhnout na ovládnání z místa obsluhy a zachovat jednu ruku na ovládacím zařízení.

3.2.3 Systém parkovacího brždění

Systém parkovacího brždění musí umožňovat, aby se vozidlo udrželo v nehybném stavu i v nepřítomnosti řidiče ve svahu a to tak, že brzdící součásti brzdícího systému musí být drženy v zablokované poloze mechanickým zařízením. Řidič musí dosáhnout na ovládnání parkovacího brzdícího systému z místa obsluhy, vyjma použití u tažených vozidel při odstavení.

3.3 Spojení pneumatických brzdových systémů soupravy

Dříve se pro menší přípojná vozidla používaly brzdné systémy jednookruhové, avšak montáž tohoto typu spojení je možná do nových typů vozidel kategorie T a C do 31.12. 2019, do nových schválených vozidel těchto kategorií do 31.12. 2020, a proto se už s tímto typem spojení v budoucnu nepočítá. Spojení musí být umožněno následujícími způsoby:

- a) jedno pneumatické vedení a jedno ovládací vedení;
- b) jedno pneumatické vedení, jedno ovládací vedení a jedno elektrické ovládací vedení;
- c) jedno přívodní vedení a jedno elektrické ovládací vedení, avšak dokud nebudou sjednocena technická ustanovení pro tyto systémy, nejsou spojení mezi traktory a taženými vozidly tímto způsobem povolena.

Pružné hadice a kabely pro spojení traktoru a tažené vozidlo musí být součástí výbavy taženého vozidla. Dále existují ještě hydraulická spojení, která však v České republice nejsou využívána.

3.4 Požadavky na kategorie „T“ a „C“

Brzdné systémy vozidel z kategorie T a C musí splňovat požadavky provozního, nouzového a parkovacího brždění. Traktory mohou být vybaveny dvěma nezávislými brzdovými okruhy, které jsou ovládány rozdělitelným brzdovým pedálem (diferenciální brždění). Řidič má tak možnost ovládat zvlášť brzdy na levé a pravé straně, čímž se zvyšuje ovladatelnost při zhoršených podmínkách, zejména na poli. Řidič musí snadno rozpoznat ze svého místa, zda jsou pedály spojeny či rozpojeny. Do rychlosti 12 km/h se nepožaduje aktivace provozního brždění taženého vozidla. Maximální rychlost pro použití systému diferenciálního brždění je 40 km/h, jinak musí být tato funkce automaticky blokována.

Zařízení zajišťující provozní, nouzové a parkovací brždění mohou mít společné konstrukční části, pokud mají alespoň dva na sobě nezávislé ovládací prvky (oddělené pro parkovací a provozní brždění), které jsou snadno dostupné z místa řidiče. Dále pak, vyjma parkovací brzdy, se ovládací prvek vrátí do výchozí polohy. Dále musí být zachována funkčnost provozního a nouzového ovládacího prvku i po určité době.

U vozidel, jejichž maximální konstrukční rychlost nepřevyšuje 30 km/h, musí systém provozního brždění působit na všechna kola alespoň jedné nápravy, v ostatních případech musí brždění působit na všechna kola. Nicméně v případě traktorů s jednou brzděnou nápravou a automatickým zapojením pohonu na ostatních nápravách se při brždění kola považují za bržděná tehdy, pokud vyhoví požadavkům zkoušky. V případě kategorie C se podmínka považuje za splněnou, pokud brzdí všechna pásová kola nebo v případě nižší konstrukční rychlosti než 30 km/h brzdí alespoň jedno pásové kolo na každé straně. V případě kloubového traktoru kategorie Ta platí, že pokud je mezi provozní brzdou a koly namontován diferenciál, a při brždění dojde k uzavření diferenciálu, jsou všechna kola této nápravy považována za bržděná.

Hydraulický tlak v potrubí musí odolat poruchovému tlaku rovnajícímu se nejméně čtyřnásobku běžného provozního tlaku. Pokud systém provozního brždění působí na všechny nápravy, musí být vhodně rozdělen. Na kola jednotlivé nápravy musí být brzdny účinek rozdělen symetricky. Vozidla z kategorie Tb a Cb, vyjma těch vybavených brzdami, ponořených v oleji, které jsou konstruovány na celou životnost vozidla, musí být vybavena automatickým seřizováním brzd, které kompenzuje opotřebení brzdového obložení.

U traktorů schválených pro tažení vozidla z kategorie R2, R3, R4 a S2 musí v případě provozního nebo nouzového brždění dojít k odstupňovanému brždění taženého vozidla, jakmile je systém na traktoru uveden v činnost. Jestliže je na traktoru diferenciální brzdový systém, a dojde k jeho poruše, musí být brzdy taženého vozidla schopny úplně nebo částečně být uvedeny v činnost. V případě poruchy ovládací hadice nebo kabelu propojení taženého a taženého vozidla musí být řidič stále schopný uvést brzdy v činnost, a to ovládacím zařízením pro provozní, nouzové nebo parkovací brždění, není-li tak učiněno automaticky.

Automatické brždění je aktivováno, pokud v přívodním vedení klesne tlak pod 150kPa nejpozději do dvou sekund, nebo se vyprazdňuje přívodní vedení rychlostí 100 kPa/s, musí být uvedeno v činnost dříve, než tlak klesne pod 200kPa.

Traktory kategorie Tb s maximální konstrukční rychlostí převyšující 60 km/h musí být vybaveny protiblokovacím zařízením kategorie 1. Pro traktory z kategorie Tb, jejichž maximální konstrukční rychlost nepřevyšuje 60 km/h, musí být vybaveny protiblokovacím zařízením pro nové typy vozidel od 1.1. 2020 a pro nová vozidla od 1.1. 2021. Traktory schválené k tažení vozidla s protiblokovacím systémem musí být vybaveny konektorem ISO 7638:2003.

3.5 Požadavky na kategorie „R“ a „S“

Pro vozidla kategorie R1 a S1 platí, že pokud součet technicky přípustných hmotností na nápravu nepřevyšuje 750 kg, nemusí být vybavena systémem provozního brždění, avšak pokud tento systém mají, či hmotnost na nápravu převyšuje 750 kg, musí splňovat stejné požadavky, jako vozidla z kategorie R2 a S2. Vozidla kategorie R2 a S2 musí být vybavena systémem provozního brždění průběžného, poloprůběžného, nebo nájezdového typu. Pokud jsou vybavena systémem provozního brždění průběžného nebo poloprůběžného typu, musí splňovat stejné požadavky jako kategorie R3. Tažená vozidla z kategorie R3, R4 a S2 musí mít systém provozního brždění průběžného nebo poloprůběžného typu. Za určitých podmínek lze vozidla z kategorie R3a a S2a, jejichž maximální hmotnost nepřevyšuje 8000 kg vybavit brzdou nájezdovou.

Systém provozního brždění musí působit alespoň na dvě kola každé nápravy taženého vozidla Rb a Sb, a brzdový účinek musí být rozdělován vhodným způsobem mezi nápravy.

Vyjma vozidel s rozdílným příčným zatížením musí být brzdný účinek dělen symetricky mezi kola jedné nápravy.

Brzdné plochy musí být trvale připojeny ke kolům, a to konstrukčními částmi, které nejsou náchylné k poruše. Opotřebení brzd musí být možné snadno vyrovnat ručním nebo automatickým seřizováním. V případě rozpojení tažného vozidla s taženým vozidlem musí dojít k zastavení taženého vozidla. U každého vozidla vybaveného povinně provozní brzdou je rovněž nutná brzda parkovací, kterou je však možné ovládat osobou stojící na zemi.

Tažná vozidla, jejichž maximální konstrukční rychlost převyšuje 60 km/h, musí být vybavena protiblokovacím brzdovým systémem. Tato vozidla musí být vybavena konektorem ISO 7638:2003.

4 Zkoušky

Zkoušky jsou definovány v Nařízení komise v přenesené pravomoci 2015/68 ze dne 15. října 2014. Pro schválená vozidla se měří brzdná dráha, střední plné brzdné zpomalení, nebo pouze jedna z těchto veličin v závislosti na typu zkoušky.

Brzdná dráha je dráha, kterou vozidlo ujede od okamžiku, kdy řidič začne působit na ovládací zařízení až do úplného zastavení. Počáteční rychlost nesmí být nižší než 98 % rychlosti předepsané pro zkoušku.

Střední plné brzdné zpomalení d je dáno tímto vzorcem:

$$d = \frac{v_b^2 - v_e^2}{25,92 (s_e - s_b)} \left[\frac{m}{s^2} \right] \quad (5.1)$$

v_1 ... počáteční rychlost vozidla

$$v_b = 0,8 v_1$$

$$v_e = 0,1 v_1$$

s_b ... vzdálenost ujetá mezi body v_1 a v_b v metrech

s_e ... vzdálenost ujetá mezi body v_1 a v_e v metrech

Zkouší se na silnicích, a to za následujících podmínek – musí být dodržena hmotnost vozidla a tato hmotnost také musí být uvedena v protokolu zkoušky. Zkouší se v rychlostech, které jsou stanoveny pro daný typ zkoušky, popřípadě, pokud je maximální konstrukční rychlost nižší, než je rychlost předepsaná pro zkoušku, zkouší se při maximální konstrukční rychlosti. Síla působení na ovládací zařízení během zkoušky nesmí přesáhnout 600 N pro ovládací zařízení ovládaných nohou a 400 N pro ovládací zařízení ruční. Pokud není určeno jinak, vozovka musí mít dobré adhezní podmínky a zároveň nesmí být výsledky ovlivněny větrem. Na počátku zkoušky musí být pneumatiky studené a správně nahuštěné.

Při zkouškách je nutné ověřit celkové chování vozidla. Předepsaných účinků se musí dosáhnout na vytyčené dráze a není-li uvedeno jinak, bez blokování kol. [15]

4.1 Zkouška typu O

Základní zkouška účinku se studenými brzdami, kdy se brzda považuje za studenou, pokud je teplota měřená na kotouči nebo vnějším bubnu menší než 100 °C, popřípadě zakrytých brzd a brzd ponořených v oleji, teplota měřená na krytu je menší než 50 °C. Brzdy také nesmějí být použity hodinu před zkouškou.

Vozidlo musí být naloženo na svou maximální přípustnou hmotnost specifikovanou výrobcem. U vozidel se všemi koly bržděnými musí být přední náprava zatížena na svou maximální přípustnou hmotnost, jinak musí být zatížena maximální přípustnou hmotností na nápravu. Brzděná náprava by měla být vybavena pneumatikami o největším průměru předepsaných výrobcem.

Zkoušku je nutné opakovat s nenaloženým vozidlem, kde je pouze řidič, případně obsluha pro měřicí zařízení. Zkouška se provádí na vodorovné zkušební dráze.

Mezní hodnoty jsou dále předepsány pro každou kategorii.

4.1.1 Kategorie T a C

Zkoušení musí být provedena při maximální konstrukční rychlosti, popřípadě za určité tolerance, minimálně 98 % maximální konstrukční rychlosti. Při brždění musí být motor odpojen. Síla, kterou se působí na ovládací zařízení nesmí překročit předepsané hodnoty.

4.1.2 Kategorie R a S

Brzdny účinek taženého vozidla se může vypočítat buď z

- a) poměrného zpomalení traktoru a taženého vozidla a tlakové síly ve spoji vozidel,
- b) nebo v určitých případech z poměrného zpomalení traktoru a taženého vozidla, přičemž brzděno je pouze tažené vozidlo a motor traktoru je odpojen.

V pneumatickém brzdovém systému nesmí tlak v přívodním vedení přesáhnout 700 kPa, v ovládací větvi 650 kPa nebo v případě elektrického ovládacího vedení hodnotu odpovídající 650 kPa jak je definováno v příslušné normě. Zkušební rychlost je 60 km/h, popřípadě maximální konstrukční rychlost vozidla.

4.1.3 Hodnocení

U traktorů musí výsledky zkoušky splňovat podmínky uvedené v Tabulka 8.

Tabulka 8 - Zkouška typu 0 - hodnocení T, C

	$v_{\max} \leq 30 \text{ km/h}$	$v_{\max} < 30 \text{ km/h}$
Brzdná dráha	$\leq 0,15 v + \frac{v^2}{92} [m]$	$\leq 0,15 v + \frac{v^2}{130} [m]$
Střední plné zpomalení	$\geq 3,55 \left[\frac{m}{s^2} \right]$	$\geq 5 \left[\frac{m}{s^2} \right]$

Kde v je rychlost vozidla během provádění zkoušky.

Pokud je traktor schválen pro provozování taženého vozidla nebrzděného z kategorie R nebo S, provede se zkouška typu 0 pro naložený a nenaložený traktor a dopočte se střední plné zpomalení traktoru s nebrzděným taženým vozidlem dle vzorce (fyzické zkoušky nejsou požadovány).

Má-li tažené vozidlo průběžný nebo poloprůběžný typ brzdného systému, ve kterém se tlak v brzdovém válci nemění, může být brzděno během zkoušky pouze tažené vozidlo. Poměrné zpomalení taženého vozidla se dopočte podle vzorce 5.2.

$$z_R = R + \left(\frac{d}{g} - R \right) * \frac{F_M + F_R}{F_R} \quad (5.2)$$

R ... hodnota valivého odporu (0,02 v případě vozidel s max. konst. rychlostí 40 km/h, jinak 0,01)

F_M ... statická reakce vozovky působící na kola soupravy

F_R ... statická reakce vozovky působící na kola taženého vozidla

Pokud jsou vozidla R1 a S1 vybavena brzdami, nebo se jedná o ostatní vozidla z kategorie R a S, musí splňovat to, že se součet brzdných sil na obvodu brzděných kol musí rovnat nejméně X % síly odpovídající maximálnímu zatížení kol stojícího vozidla, a to tak, že $X=35$ pro vozidla s $v_{\max} \leq 30 \text{ km/h}$ a $X = 50$ pro vozidla $v_{\max} < 30 \text{ km/h}$.

Tabulka 9 - Předepsané účinnosti brždění

	d – přívěs	d – návěs
provozní brzda	0,5 (60 km/h)	0,45 (60 km/h)
porucha ABS	0,4 (60 km/h)	0,36 (60 km/h)

4.2 Zkouška typu I

Zkouška se zabývá ztrátou brzdného účinku a provádí se opakovaným bržděním vozidla a následně se ověřuje účinnost zahřátých brzd pomocí zkoušky typu 0.

4.2.1 Vozidla kategorie T a C

System provozního brždění se zkouší opakovaným bržděním, kdy se začíná brzdít z 80% maximální konstrukční rychlosti na polovinu této rychlosti v cyklech po 60 sekundách celkem 20x. Případně alternativně pro traktory s nižší maximální konstrukční rychlostí než 40km/h lze začít brzdít z 80% maximální konstrukční rychlosti na 0,05 této rychlosti v cyklech po 60 sekundách celkem 18x.

Působení na ovládací zařízení brzd musí být seřízeno tak, aby při prvním brždění dosáhlo střední poměrné zpomalení 3 m/s^2 , při dalších bržděních musí zůstat tato hodnota zachována. Během brždění musí být trvale zařazen nejvyšší převodový stupeň a na 80 % maximální konstrukční rychlosti musí být převodovka použita tak, aby této rychlosti bylo dosaženo co nejrychleji.

4.2.2 Vozidla kategorie R a S kde součet technických přípustných hmotností na nápravu nepřevyšuje 10 000 kg

Zkouška se provádí na vodorovném povrchu pomocí zemědělského tažného vozidla. Během zkoušky se musí síla působící na ovládací zařízení přizpůsobovat tak, aby se udržel konstantní odpor taženého vozidla 7 % maximálního statického zatížení náprav taženého vozidla při rychlosti 40 km/h na dráze 1,7 km. Pokud není k dispozici dostatečný výkon, snižuje se rychlost a prodlužuje dráha

4.2.3 Hodnocení

Na konci zkoušky typu I se provede zkouška typu 0.

U traktorů nesmí být účinek horší než 80 % účinku předepsaného pro danou kategorii a menší než 60 % hodnoty zjištěné při zkoušce typu 0. Vyhodnotí se taktéž volnost otáčení kol.

U tažených vozidel nesmí být síla na obvodu kol se zahřátými brzdami při rychlosti 40 km/h

- a) menší než 36 % síly odpovídající největší hmotnosti nesené koly stojícího taženého vozidla, pokud je maximální konstrukční rychlost větší než 30 km/h,
- b) menší než 26 % síly odpovídající největší hmotnosti nesené koly stojícího taženého vozidla, pokud je maximální konstrukční rychlost nižší než 30 km/h,
- c) menší než 60 % hodnoty zjištěné při zkoušce typu 0 s toutéž rychlostí

4.3 Zkouška typu II

Zkouška se zabývá chováním vozidla na dlouhých klesáních. Traktory z kategorie Tb a Cb s maximální přípustnou hmotností větší než 12 000 kg musí být podrobeny kromě zkoušky typu I právě i této zkoušce.

Zkouška probíhá tak, že naložený traktor, jedoucí 30 km/h, musí pohlcovat stejnou energii, jako při jízdě na dráze o délce 6 km na klesání 6 %, přičemž je zařazen vhodný převodový stupeň, a pokud je vozidlo vybaveno odlehčovací brzdou, použije ji. Na konci zkoušky se provede zkouška typu 0. Výsledné brzděná dráha musí být $\leq 0,15 v + \frac{1,33 v^2}{115}$ [m], kde druhý člen vzorce odpovídá střednímu plnému zpomalení 3,3 m/s².

4.4 Zkouška typu III

Zkouška testuje slábnutí brzděného účinku u naložených tažených vozidel. Provádí se u vozidel ze skupiny R a S, kde součet technických přípustných hmotností na nápravu převyšuje 10 000 kg, nebo u vozidel s maximální konstrukční rychlost převyšující 40 km/h, nebo u vozidel R a S, která nebyla podrobena zkoušce typu I. Při zkoušení se opakovaně brzdí z rychlosti 60 km/h na rychlost určenou vzorcem dle celkové normálové statické síly mezi povrchem a koly traktoru, bržděnou a nebržděnou nápravou. Jeden jízdni cyklus trvá 60 sekund a opakuje se 20x.

Na konci se provede zkouška typu 0 se zahřátými brzdami z počáteční rychlosti 60 km/h. Brzděná síla na obvodu pneumatik nesmí být menší než 40 % maximálního statického zatížení kol a menší než 60 % hodnoty zjištěné při zkoušce typu 0 se studeným brzdami za téže rychlosti.

5 Experiment

Ze zjištěných informací vyplývá, že nejdůležitějším faktorem v zemědělské dopravě je přepravní rychlost co největšího objemu materiálu. Vzhledem k tomu je ze strany zemědělců velký tlak na zvýšení maximální povolené rychlosti při zachování pravidla pro spojování vozidel do 40 km/h. I z těchto důvodů automobilka Tatra vyrobila od roku 2013 celkem 150 nákladních vozidel, legislativně traktorů, která splňují nařízení EU 167/2013. Tím, že se jedná o traktory, se na nákladní vozidla nevztahuje povinnost dodržování bezpečnostních přestávek, a tyto traktory lze řídit již od 17 let. Přitom se jedná o vozidla, nebo soupravy, které mohou svou maximální délkou dosahovat 18,75 metrů a maximální okamžitou hmotností až 48 tun podle legislativy, avšak technicky mnohem více. To může vést ke snadnému přetížení soupravy a porušení legislativy u velkokapacitních objemových vozů. Důležitým faktorem však je stále bezpečnost dopravy zejména v extrémních situacích, kdy je nutné u soupravy co nejrychleji snížit rychlost nebo úplně zastavit.

5.1 Cíl experimentu

V rámci experimentu byla provedena zkouška typu 0 dle Nařízení komise v přenesené pravomoci 2015/68 ze dne 15. října 2014 s vozidlem kategorie R3. V rámci nové legislativy není nutné, aby vozidla s konstrukční rychlostí do 60 km/h byla vybavena systémem ABS, a proto bylo provedeno porovnání brzdění s tímto systémem, a bez tohoto systému a ověření stability brzdění. Bylo také provedeno odstupňované brzdění s různým tlakem na ovládací větví brzdného systému a různým zatížením přípojného vozidla.



Obrázek 26 - Annaburger kategorie R3b před měřením (Kletečková, 2018)



Obrázek 27 - Umístění sdužených snímačů (Kletečková, 2018)

5.2 Použitá měřící technika

Při měření byla souprava osazena měřícím zařízením Dekra a sdruženými snímači pro měření dynamických zkoušek z Ústavu soudního znalectví, ČVUT V Praze, Fakulty dopravní. Postup měření odpovídal Zkoušce typu O pro vozidla z kategorie R a S. Měřící zařízení Dekra získávala data shodná pro schvalování návěsů dle legislativy (rychlost, dráhu, tlak brzdné soustavy). Sdružené snímače měřily celý průběh brzdné zkoušky (deceleraci, náklon, dráhu).

Výsledky z měřících zařízení byly zaznamenány do obslužných počítačů a do protokolu o měření, které jsou v příloze A včetně popisů kódů daného měření.

Přehled měřící techniky a jejich technická data jsou popsána v následujících podkapitolách dle kalibračních listů.

5.2.1 Infračervený bezdotykový teploměr s možností připojení kontaktní sondy (Dekra)

Tento teploměr byl používán během experimentu k ověření teploty brzd na návěsu.


Tabulka 10 - Technická data teploměr Fluke

	
Obrázek 28 - teploměr Fluke (fluke.com, 2018)	
Výrobce	Fluke
Typ	568 IR
Výrobní číslo:	95490147
Datum Kalibrace	30. března 2017
Popis měřidla	Rozlišovací schopnost 0,1°C, rozsah IR režim (-40 až 800)°C, emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 po 0,01, spektrální citlivost (8 až 14) * 10⁻⁶m, optické rozlišení 50:1, jednobodový zaměřovací laser mimo optickou osu

5.2.2 Čítač (Dekra)

Čítač zajišťoval záznam dat z připojených senzorů.


Tabulka 11 - Technická data čítač National Instruments

	
Obrázek 29 - Čítač National Instruments (ni.com, 2018)	
Výrobce	National Instruments
Typ	PCI-6251
Výrobní číslo:	138F5DB
Datum Kalibrace	26. listopadu 2014
Popis měřidla	16 analogových vstupů, 1,25 MS/s 1-channel, 1 MS/s multichannel, 16 bit, ±10V, triggrování analogové a digitální

5.2.3 Rychloměr (Dekra)

Rychloměr umístěný na tahači získával data k vyhodnocení experimentu.


Tabulka 12 - Technická data rychloměr DEWETRON

	
Obrázek 30 - Rychloměr DEWETRON (dewetron.com, 2018)	
Výrobce	DEWETRON
Typ	DEWE-VGPS-HSC
Výrobní číslo:	D042D65DE9 – CZE
Datum Kalibrace	29. března 2018
Popis měřidla	100 Hz, diferenciální GPS, (0,1 až 500) km/h, rozlišení 0,01 km/h, přesnost 0,1 km/h ± 0,05 % (více než 6 satelitů, průměr 3 hodnot)

5.2.4 Sdružený snímač pro jízdní zkoušky (ČVUT FD)

Tyto sdružené snímače byly upevněny na karoserii zkušebního tahače Iveco(00501494) a na oj zkoušeného návěsu Annaburger (00501403) (Obrázek 27). [3]

Tabulka 13 - Technická data sdružený snímač Xsens

	
Obrázek 31 -Sdružený snímač Xsens (xsens.com, 2018)	
Výrobce	Xsens
Typ	MTi-G-28A53G35
Výrobní číslo:	00501403 00501494
Datum Kalibrace	19. ledna 2010 (00501403) 17. května 2010 (00501494)
Popis měřidla	Třiosý akcelerometr (rozsah ± 5 G), třiosý gyroskop (snímač úhlové rychlosti v rozsahu 300 °/s), GPS přijímač (externí), teploměr, barometr, magnetometr, frekvence měření 100 Hz

5.2.5 Tlakoměr analogový (Dekra)

Tlakoměrem byl ověřován tlak v potrubí brzdového systému.

Výrobce	Tecsis
Typ	Wabco
Výrobní číslo:	903201
Datum Kalibrace	29. listopadu 2016
Popis měřidla	Rozsah měřidla (0 až 1 600) kPa, velikost dílku 0,1, rozlišení 0,01

5.3 Použitá vozidla

5.3.1 Měřicí tahač Iveco

Jako tažné vozidlo jsme v rámci experimentu použili speciálně upravený tahač Iveco od zkušebny Dekra. Vozidlo je vybaveno měřicími zařízeními a systémem, kdy je možné ovládat pouze brzdny systém taženého vozidla, tedy provádět zkoušku typu 0 podle bodu b) kdy je brzdny účinek taženého vozidla vypočítaný dle poměrného zpomalení tažného a taženého vozidla, přičemž bržděné je pouze tažené vozidlo.



Obrázek 32 - Tahač Iveco (Pinkas, 2018)

Tovární značka	IVECO
Typ	STRALIS ACTIVE SPACE AS440S40
Kategorie	N3
Výrobní číslo:	WJMM1VSK004291012
Délka x šířka x výška [mm]	6 256 x 2 500 x 3925
Provozní / nejvyšší technicky přípustná / povolená hmotnost [kg]	7 530 / 19 000 / 18 000
Největší technicky přípustná / povolená hmotnost soupravy [kg]	44 000 / 42 000
Maximální konstrukční rychlost [km/h]	85 s omezovačem
Pneumatiky	HANKOOK AH22 315/70 R22.5 156/150M
Výbava	Brzdy – provozní, parkovací, nouzová, odlehčovací, ABS, spojovací zařízení

5.3.2 Návěs ANNABURGER HTS 22G.14

Jedná se o univerzální sklopný tandemový návěs s maximální konstrukční rychlostí 60 km/h kategorie R3b. Tento návěs byl vybrán z důvodu, že v běžné modifikaci je homologován s maximální konstrukční rychlostí 40 km/h a spadá do kategorie R3a. Je vybaven systémem ABS z důvodu splnění požadavků na spojování, protože je tahán za vozidlem T1b, které je vybaveno rovněž tímto systémem.



Obrázek 33 - Annaburger HTS 22.14 (Málek, 2017)

Tovární značka	ANNABURGER
Typ	HTS 22G.14
Kategorie	R3b
Výrobní číslo:	WADT22G14GA008002
Délka x šířka x výška [mm]	8 950 x 2 550 x 3720
Provozní / nejvyšší technicky přípustná / povolená hmotnost [kg]	6 580 / 22 000 / 20 000
Maximální konstrukční rychlost [km/h]	60
Pneumatiky / Tlak v pneumatikách	MICHELIN CARGOXBIB 600/55 R26,5 165D / 3,0 kPa
Výbava	Kombi korba o objemu 28,3 / 40,5 m³, Hydropneumatické odpružené nápravy ADR, odpružení voje, dvouokruhové vzduchové brzdy, ABS, elektřina 12 / 24 V, výměnné spojovací zařízení K80 / oko 50 mm / oko 40 mm

5.4 Místo měření

Experiment byl proveden na příjezdové dráze na letišti Aero Vodochody ve Středočeském kraji. K dispozici byl zkušební polygon o délce 375 m a šířce 14 m s hrubým asfaltovým povrchem. Rovněž bylo k dispozici místo pro technické zázemí. V blízkosti letiště se nachází pískovna, kterou jsme využili pro zatížení návěsu na maximální povolenou hmotnost.



Obrázek 34 - Plán zkušebního polygonu

5.5 Přípravy experimentu

Návěs byl dotížen pískem na maximální povolenou hmotnost návěsu v Pískovně Klíčany HBH, kde bylo provedeno i kontrolní ověření hmotnosti na jejich váze.

Na soupravu byly připevněny dva sdružené snímače – jeden na rám tahače Iveco a druhý na oj návěsu Annaburger. Ke sdruženým přijímačům byly připojeny GPS přijímače, které jsme umístili na závaží v případě tahače a na lávku v případě návěsu. Pomocí prodlužovacího USB kabelu jsme dovedli signál do kontrolního počítače, který jsme umístili do kabiny. K tahači byl připojen brzdíč první nápravy, na kterém byl měřen brzdový tlak.

Před měřením bylo ověřeno správné nahuštění pneumatik.

5.6 Průběh měření

Plocha zkušebního polygonu byla suchá, bylo polojasno. Teplota se pohybovala v rozmezí 21 až 24 °C. Rychlost větru byla zanedbatelná, tedy téměř bezvětří. V průběhu měření byla ověřována teplota brzd. V případě, že byla větší než 100 °C, se měření přerušilo do doby, než došlo k ochlazení brzd na přijatelnou hodnotu.

Měření začalo zkouškou zatíženého návěsu na nejvyšší povolenou hmotnost. Během tohoto měření jsme brzdili z rychlosti (10 až 60) km/h v intervalech po 10 km/h s aktivním ABS. První měření bylo opakované třikrát, ostatní dvakrát, protože při nultém testovacím brždění na plný výkon došlo k trhání asfaltu, snížili jsme ovládací tlak na 500 kPa (přibližně 75 % maximálního ovládacího tlaku). Během tohoto měření se vozidlo chovalo stabilně. Vzhledem k zatížení návěsu nedocházelo k blokaci žádného kola při brždění. Poté jsme odpojili systém ABS na návěsu z provozu, a vyzkoušeli brždění z 60 km/h, které ovšem nemělo žádný vliv na chování vozidla, a výsledky vycházely shodně s předchozím typem měření. Rozhodli jsme se tedy návěs dojet vyprázdnit a pokračovat v dalších měření.

Při dalším měření jsme ovládací tlak snížili na 350 kPa (přibližně 50 % maximálního ovládacího tlaku). Brzdilo se opět v rychlostech (10 až 60) km/h v intervalech po 10 km/h. Během tohoto měření se nechala dobře sledovat funkčnost systému ABS v rychlostech od 40 do 60 km/h.



Obrázek 35 - Měřící souprava (Kletečková, 2018)



Obrázek 36 - Obsluha měřícího zařízení (Kletečková, 2018)

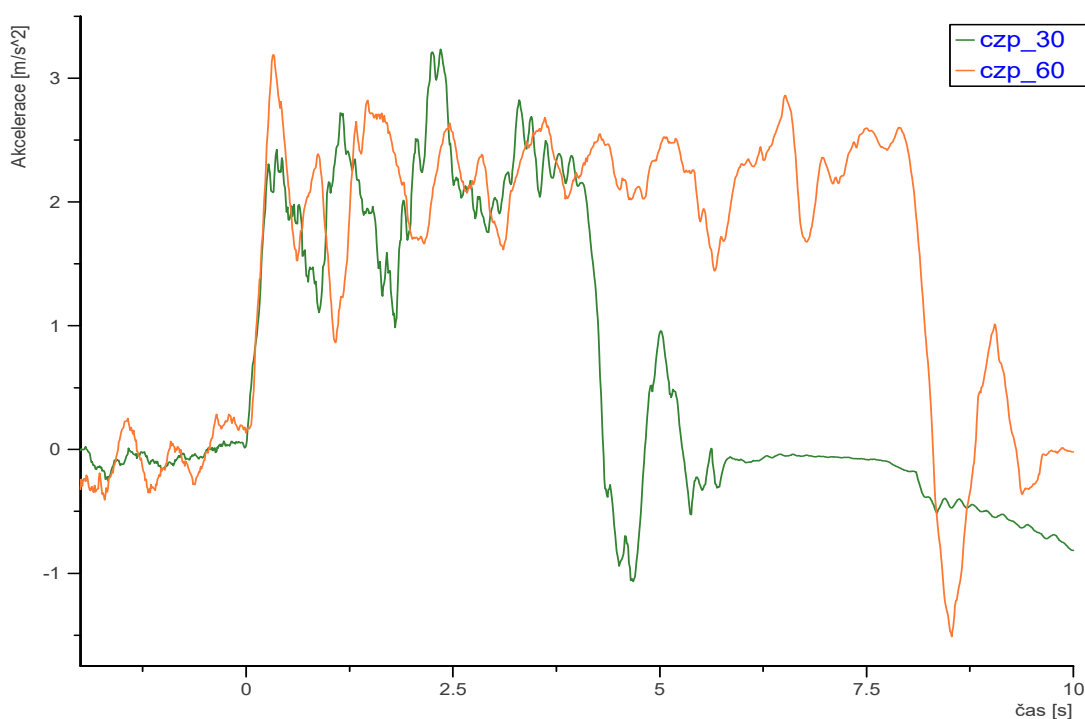
Posledním typem měření bylo brždění na plný výkon. Toto brždění bylo provedeno se systémem ABS pro rychlosti (20 až 60) km/h a bez systému ABS pro rychlosti (30 a 40) km/h. Během těchto situací jsme již mohli sledovat maximální brzdny výkon návěsu, avšak došlo k selhání měření na sdružených snímačích.

6 Vyhodnocení experimentu

Data získaná během experimentu z měřicího zařízení Dekra byla vyhodnocena ve studentské verzi programu Matlab R2018a a data ze sdružených přijímačů byla vyhodnocena v programu NI DIAdem 2018.

6.1 Zkouška typu 0 a ověření ABS s prázdným návěsem

V tomto měření jsme porovnávali brzdění na plný brzdny výkon. Zkoušku typu 0 jsme provedli tak, jako by se jednalo o návěs z kategorie R3a, modifikaci se systémem ABS a v maximální konstrukční rychlosti se systémem ABS. Během těchto měření bylo možné pozorovat, jak se návěs chová v extrémních situacích. Při měření bez ABS bylo možné pozorovat dým od pneumatik v průběhu měření, docházelo i k pozorovatelnému zahřívání pneumatik vlivem tření zablokovaných kol o povrch vozovky. Na vozovce byla velmi viditelná ztráta dezénu. V případě měření se systémem ABS bylo opotřebení pneumatik mnohem menší, protože docházelo k cyklování kol ve všech měření. Během cyklace pneumatik docházelo k přenesu rázů na zkušební tahač, což způsobovalo mírné rozkmitání soupravy (viditelné na Obrázku 37), avšak tento jev by se eliminoval v případě, že by nebyla vůle ve spojovacím zařízení (etážový závěs).



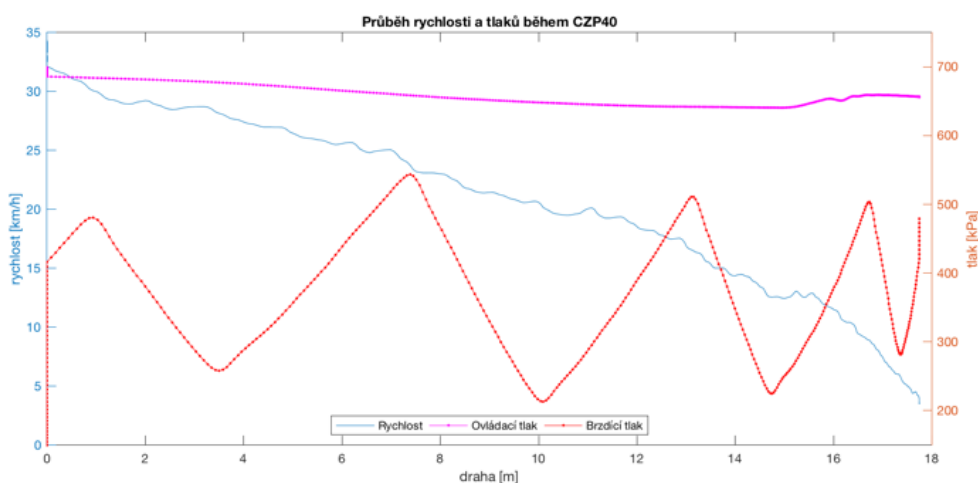
Obrázek 37 – Průběh decelerace CZP30 a CZP60

Tabulka 14 - Zkouška typu 0 - výsledky

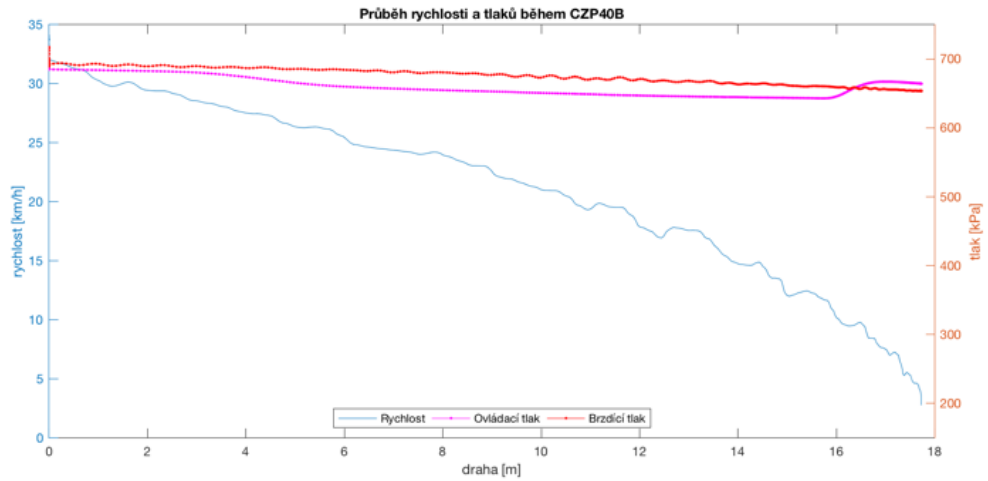
	V_0 [km/h]	Ovl. tlak [kPa]	t_n [s]	V_b [km/h]	V_e [km/h]	Prům. brz. tl. [kPa]	s [m]	d [g]	z [g]
CZP60	60	650	0,41	48,3	5,9	380	41,82	0,2161	0,6669
CZP40	40	650	-	32,1	3,9	370	17,74	0,2251	0,6954
CZP40b	40	650	-	32,0	3,6	670	17,72	0,2244	0,6933
CZP30	30	650	0,27	24,4	2,8	360	11,09	0,2083	0,6422
CZP30b	30	650	-	24,4	2,8	660	10,28	0,2250	0,6952

V hodnotách (Tabulka 14) je přehled naměřených hodnot pro zkoušku typu 0 a hodnoty pro porovnání brždění s a bez systému ABS. Z naměřených hodnot vyplývá, že návěs by zkouškou vyhověl s rezervou, neboť pro schválení návěsů musí být hodnota z větší než 0,45 g. Pozitivnější je i hodnota náběhu brzdného. Přesto, že jsme tyto data nezískali u posledních měření z důvodu poruchy sdružených snímačů, dle trendu z jiných měření vyplývá, že při plném brždění prodleva brzd nepřekročí horní mez dle [13].

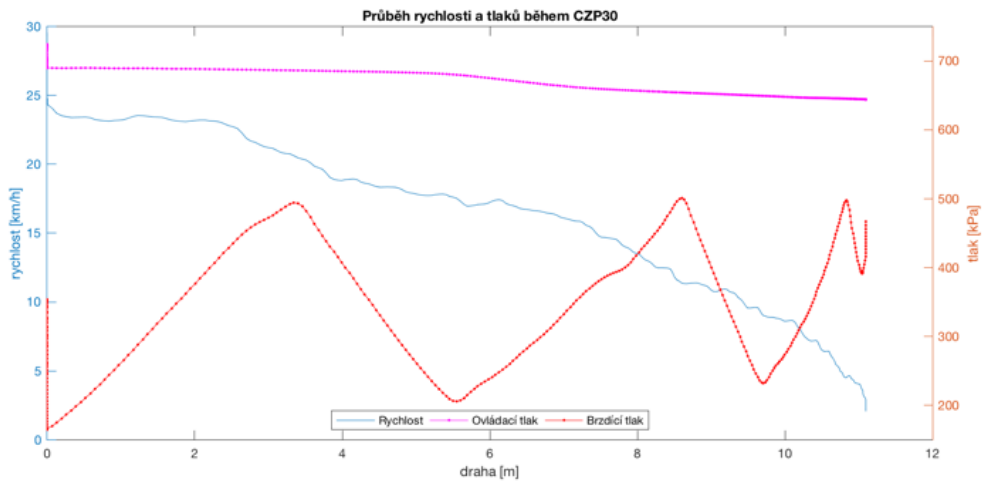
V grafech (Obrázek 38, Obrázek 39, Obrázek 40 a Obrázek 41) je možný pozorovat rozdíl v brzdném tlaku v případě regulace systémem ABS, nebo při jeho odpojení. Při poklesu brzdného tlaku dochází právě k efektu cyklace kol. V porovnání se brzdné dráhy příliš neliší.



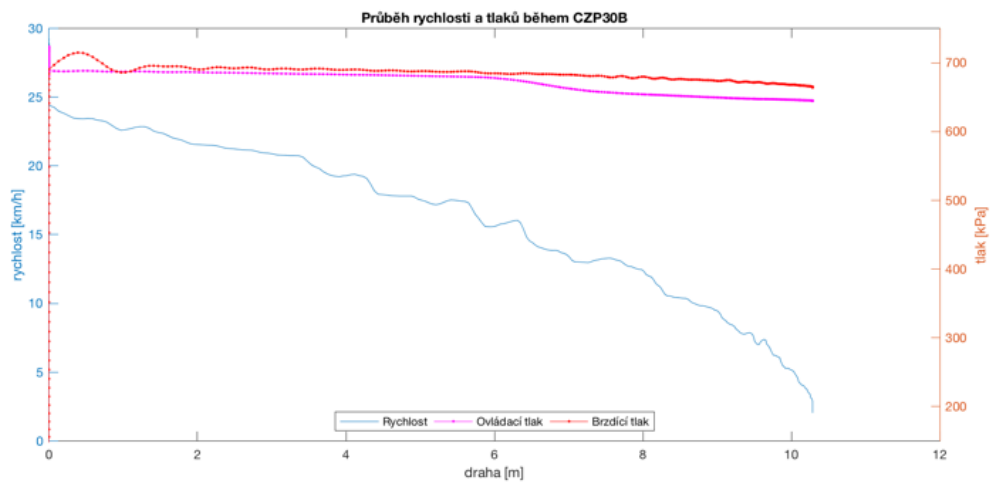
Obrázek 38 - Průběh během brždění CZP40



Obrázek 39 - Průběh během brždění CZP40b



Obrázek 40 - Průběh během brždění CZP30



Obrázek 41 - Průběh během brždění CZP30b

6.2 Ověření systému ABS se zatíženým návěsem

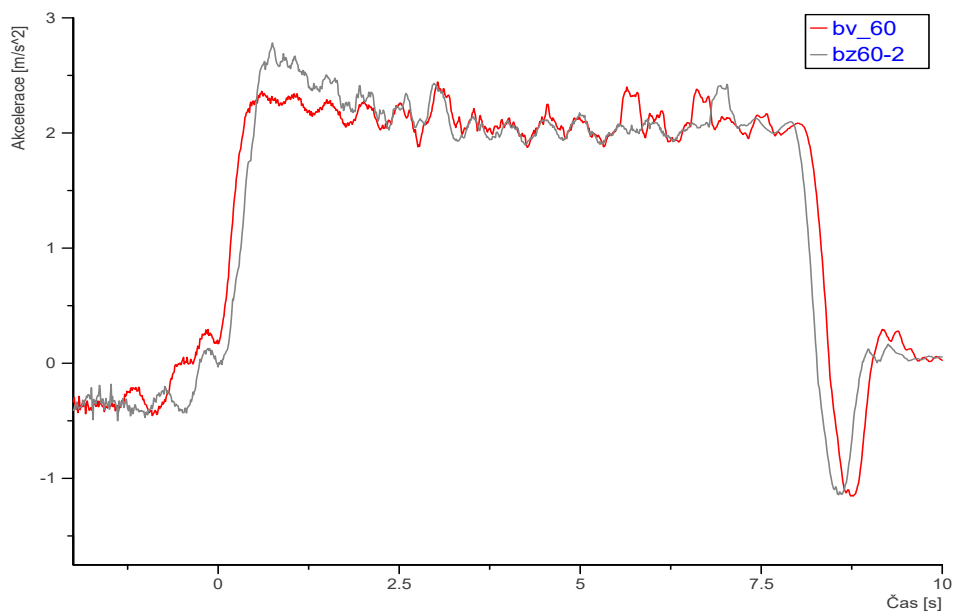
Během brždění s naloženým návěsem nedocházelo k cyklování kol, průměrný brzdící tlak byl však nižší v případě zapojeného ABS (Tabulka 15). Doba náběhu brzd se pohybovala nad horní mezí dle [13] ve všech případech. Během prvního měření BZ60-1 se zapojeným ABS byla brzdná dráha nejdelší. Při opakovaném měření BZ60-2 došlo ke zkrácení dráhy o 3,13 m. To mohl způsobit povrch, jehož hodnota součinitele adheze nemusí být ve všech místech stejná. Naměřená data během brždění s vypojeným ABS jsou svými hodnotami mezi hodnotami z měření předchozích.

Tabulka 15 - Ověření ABS při plném návěsu

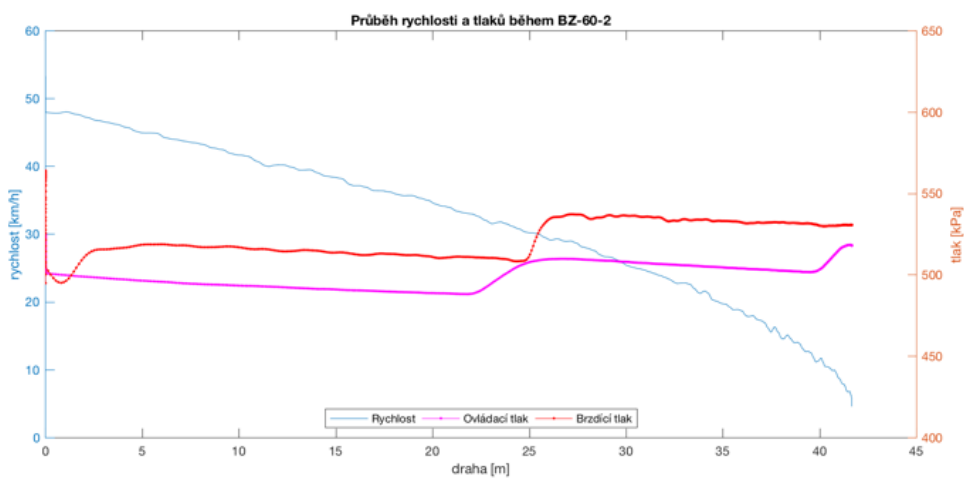
	V_0 [km/h]	Ovl. tlak [kPa]	t_n [s]	V_b [km/h]	V_e [km/h]	Prům. brz. tl. [kPa]	s [m]	d [g]	z [g]
BZ60-1	60	500	0,68	48,0	6,0	520	46,00	0,1939	0,3306
BZ60-2	60	500	0,75	48,0	5,8	525	41,64	0,2144	0,3664
BV60	60	500	0,59	48,1	5,8	510	42,87	0,2092	0,3572

V porovnání grafů (Obrázek 42, Obrázek 43 a Obrázek 44) lze pozorovat že průběh během brždění je velmi podobný pro všechny veličiny. Na grafu (Obrázek 38) je možné vidět na křivce brzdného tlaku, že nedochází k cyklaci brzděného kola. Z těchto měření se potvrzuje závislost tíhy na součiniteli adheze (3.5), kdy se vozidlo při brždění stále chová stabilně. Ovšem nutno podotknout, že zcela k jinému průběhu by došlo v případě, že by součinitel adheze byl nižší, tedy nejednalo by se o ideální stav, kdy je vozovka suchá.

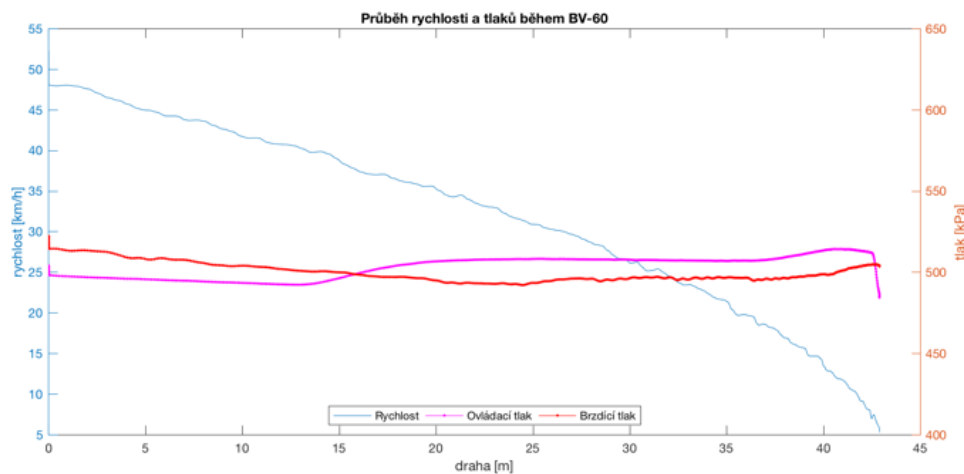
V příloze B k této bakalářské práci je graficky znázorněn průběh jednotlivých měření.



Obrázek 42 - Porovnání decelerace BV a BZ



Obrázek 43 - Průběh během brždění BZ60

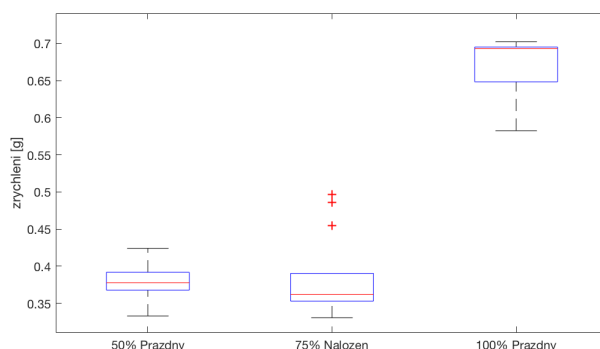


Obrázek 44 Průběh během brždění BV60

7 Diskuze

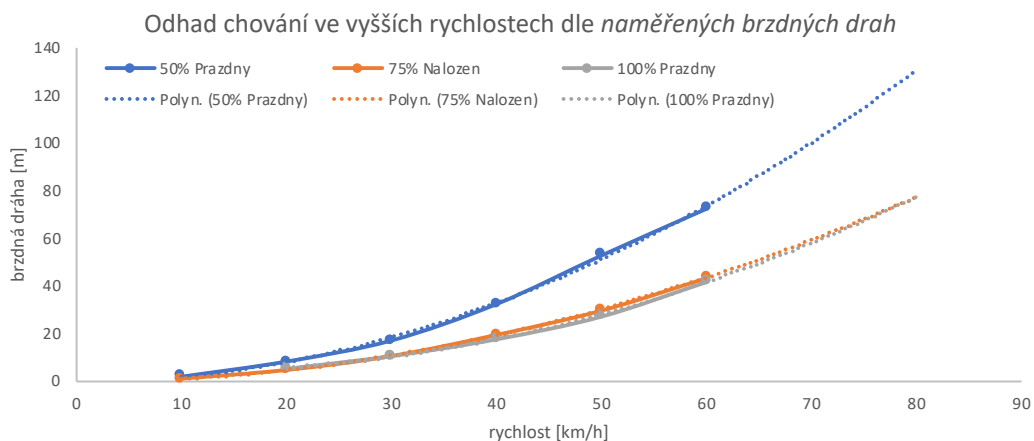
Vzhledem k tomu, že měření bylo prováděno na vozovce se suchým povrchem, kde se součinitel adheze mohl blížit k hodnotě 1, nebylo možné pozorovat blokování kol, pokud byl návěs naložen. V případě prázdného návěsu docházelo k cyklování při měřeních na 50 % ovládacího tlaku při rychlosti vyšší než 40 km/h a v případě plného výkonu pokaždé. Nutno podotknout, že v případě vozovky s nižší hodnotou adheze by se tyto poznatky nepotvrzovaly a systém ABS by začal reagovat dříve. Nejvyšší přínos tohoto systému z praktického hlediska je na šetření životnosti pneumatik.

Pro odhad chování vozidla ve vyšších rychlostech bylo zjištěno průměrné brzdné zpomalení taženého vozidla pro 3 situace rozdělené dle ovládacího brzdného tlaku (Obrázek 45).



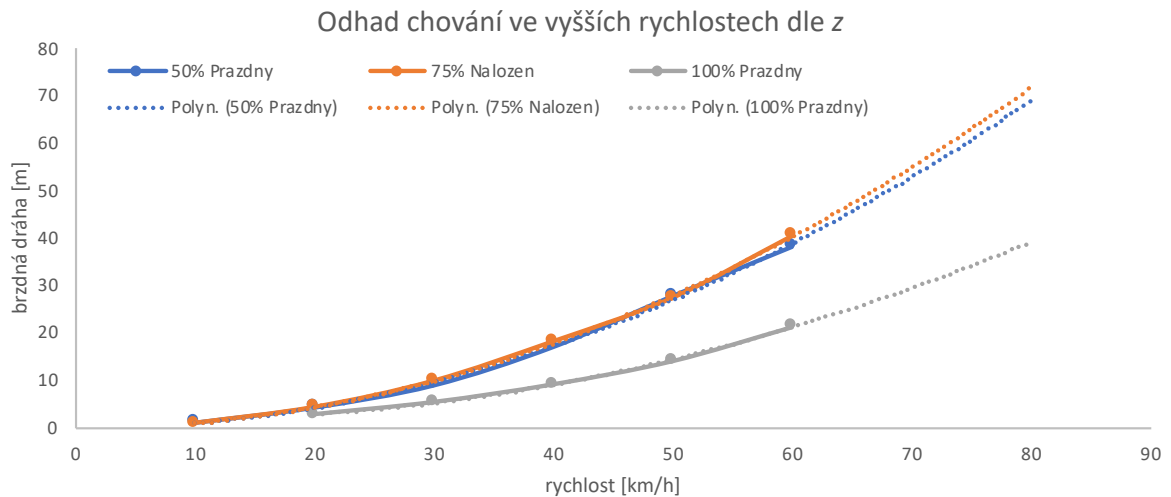
Obrázek 45 - Krabicový diagram pro brzdná zpomalení z (Pinkas, 2018)

Pro výpočet odhadu brzdné dráhy byla použita nejdříve naměřená data brzdných drah bez odečtení vlivu taženého vozidla (Obrázek 46). Pro každou rychlost dle typu měření byla dopočtena regrese druhého stupně s odhadem rychlosti do 80 km/h.



Obrázek 46 - Odhad chování ve vyšších rychlostech dle naměřených brzdných drah (Pinkas, 2018)

Avšak předchozí způsob by pouze odhadoval chování vozidel během zkoušky. Proto je nutné přepočíst brzdnu vzdálenost podle hodnoty plného brzdného zpomalení bez vlivu tažného vozidla z (Obrázek 47). Zde vyplývá shoda mezi bržděním na 50 % prázdný a na 75 % naložený. Můžeme tedy odhadnout, že vliv zatížení je přibližně 25 % na plný brzdný výkon.



Obrázek 47 - Odhad chování ve vyšších rychlostech dle poměrného zpomalení návěsu z (Pinkas, 2018)

Závěr

V rámci bakalářské práce bylo proniknuto do problematiky zemědělské dopravy. V první části jsem prostudoval dělení vozidel lesnických a zemědělských do kategorií a získal přehled, o jaká vozidla se jedná. Důležité pro tuto práci bylo dělení na vozidla s maximální konstrukční rychlostí do 40 km/h s dodatečným označením kategorie „a“ a vozidla s maximální konstrukční rychlostí větší než 40 km/h s dodatečným označením kategorie „b“. Dále jsem se zabýval požadavky legislativy na omezení rozměrů a hmotnosti zemědělských vozidel. Důležitou informací bylo především hmotnostní omezení, které je možné díky variabilitě objemové hmotnosti zemědělských komodit snadno překročit.

Maximální přípustná hmotnost pro klasické dvounápravové traktory je 18 t. Pro přívěsná vozidla se maximální přípustná hmotnost upravuje nejen v závislosti na počtu náprav, ale i na vzdálenosti mezi nápravami. Pro jednoosé přípojné vozidlo je maximální přípustná hmotnost 10 t. V případě vozidla dvounápravového je maximální povolená hmotnost přípojného vozidla 20 t a pro tříosé vozidlo je to 24 t. Maximální přípustná hmotnost se u návěsů zvyšuje o 3 t v případě, že se jedná o návěs, který právě touto hmotností dotěžuje tažený prostředek, nebo v případě přívěsu s nápravami uprostřed se maximální přípustná hmotnost navyšuje o 1 t. Důležitý je také faktor pro spojování vozidel. Traktory kategorie Ta mohou být spojeny s vozidly, jejichž okamžitá provozní hmotnost nepřesahuje 2,5násobek okamžité provozní hmotnosti traktoru. V případě kategorie Tb se tento koeficient snižuje na hodnotu 1,5násobku.

V přehledu traktorů dělených do kategorií dle výkonu jsem zjistil, jakých nejvyšších přípustných hmotností tato jednotlivá vozidla dosahují a dále jsem provedl hmotnostní analýzu traktorů, kdy výsledkem bylo zjištění, že traktory s výkonem nad 175 kW mohou být dle legislativy zařazeny do kategorie Tb, neboť traktory s tímto výkonem mají běžnou maximální povolenou hmotnost 16 000 kg, a nedojde tak k žádnému omezení nejvyšší přípustné hmotnosti taženého vozidla.

V bakalářské práci jsem se dále zabýval studiem legislativy podmínek pro zkoušení brzd. Na základě zjištěných informací byl dále navržen experiment na ověření stability návěsu během brždění. Tento experiment byl proveden na letišti ve Vodochodech se soupravou

složenou z měřicího tahače Iveco z Dekra a návěsu Annaburger HTS 22.14 kategorie R3b, vybaveného protiblokovacím zařízením.

V rámci experimentu jsme prováděli brzdné zkoušky pro různé stavy – návěs naložen / vyložen, protiblokovací zařízení aktivováno / deaktivováno a ovládací tlak brzdného zařízení omezeno na (350, 500 a 650) kPa. Během měření se taktéž sledovalo chování návěsu během brždění.

V případě naloženého návěsu se choval návěs ve všech měřeních stabilně. Vlivem tíhy nedošlo v žádném měření k blokaci kol. V těchto měřeních byl pozorován relativně dlouhý náběh brzdného účinku, avšak musíme brát v potaz, že brzdící systém je ovládaný vzduchem především z důvodu snadného natlakování systému při změně taženého vozidla a vzduch jakožto plyn je stlačitelný.

Z poznatků o chování prázdného návěsu doporučuji používat především při brždění s protiblokovacím zařízením kulové spojovací zařízení K80, kde oproti etážovému spojovacímu zařízení, které bylo použito na měření, je vůle ve spoji minimální. Během měření právě docházelo ke kmitání soupravy vlivem vůle ve spoji při kritickém brždění. I přes tuto zkušenost se z hlediska stability návěs choval lépe s protiblokovacím zařízením. Během měření nebyl pozorován vliv protiblokovacího zařízení na délku brzdné dráhy. Přínos protiblokovacího zařízení by byl především v jízdě v oblouku nebo po vozovce se zhoršenými sjízdňými vlastnostmi, avšak tyto situace jsme nebyli schopni simulovat z důvodu zachování bezpečnosti. Při měření s ovládacím tlakem nastaveným na 350 kPa docházelo k cyklování během brždění až od rychlosti 40 km/h.

Z praktického hlediska využití protiblokovacího zařízení výrazně snižuje opotřebení pneumatik během brždění. Cena protiblokovacího zařízení ve výbavě návěsu je přibližně rovna ceně pneumatik na jednu nápravu. Nejde však jednoznačně prokázat, o jakou úsporu by se jednalo, a to ani v případě specializovaného měření, neboť je nutné počítat s vlivem jízdního stylu řidiče.

Naměřené hodnoty potvrzují nárůst brzdné dráhy s druhou mocninou. V porovnání s automobily, pro které platí, že minimální střední hodnota plného brzdného zpomalení musí být větší než $5,8 \text{ m/s}^2$, dle EHK OSN č. 13 návěs tyto hodnoty při zkoušce typu 0 převyšoval pro započtení vlivu taženého vozidla. Bezpečnost by tak v krizových situacích

měla být minimálně shodná, jako při brždění automobilů v průběhu brždění, avšak je nutné u vzduchových brzd vždy počítat s delší prodlevou a náběhem brzdného účinku.

Ze zjištěných znalostí dané problematiky bych v případě traktorů do 175 kW sestavoval do souprav vozidla s maximální konstrukční rychlostí do 40 km/h. V případě silnějších traktorů je nutné si uvědomit rádius pohybu stroje. V případě dopravy na krátkou vzdálenost maximální konstrukční rychlost nebude příliš ovlivňovat rychlost cestovní. V každém případě je třeba počítat s rychlostí limitní, která odpovídá stavu vozovky. Je také nutné věnovat pozornost velikosti a hmotnosti tohoto vozidla, a přizpůsobit tak jízdu k technickému stavu komunikace. Od toho se odvíjí i volba velikosti návěsu. Pokud tomu dovolí rozměrové limity z oblasti pohybu stroje, doporučuji vždy volit vozidlo s nejvyšším možným počtem náprav z důvodu lepšího rozložení hmotnostního zatížení. Pro vozidla s vyšší konstrukční rychlostí a vysokým ročním nájezdem bych přípojné vozidlo vybavil protiblokovacím systémem, neboť dojde ke zlepšení chování vozidla v průběhu brždění především na povrchích se zhoršenými sjízdnyými vlastnostmi, ale i k efektivnějšímu přenosu brzdné síly.

Citovaná literatura

1. **Stehno, Luboš.** *Historie traktorů.* Praha : Profi Press, 2010. 9788086726359.
2. **ČSÚ.** Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin - 2017. *Česky statistický úřad.* [Online] 16. 2 2018. [Citace: 9. 8 2018.] <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2017>.
3. **Somol, Tomáš.** Zemědělské stroje a zařízení - výukové materiály. *SOU Nové Strašecí.* [Online] [Citace: 27. Červenec 2018.] <http://www.souznz.cz/projektVK/zsxx.html>.
4. **Bezděkovský, Miroslav a Nevorál, Jaroslav.** *Stroje a zařízení v rostlinné výrobě.* Praha : SZN, 1990.
5. **Syrový, Otakar a kol.** *Doprava v zemědělství.* Praha : Profi Press, 2008. 978-80-86726-30-4.
6. *Co nového v přívěsech a strojích, Evropo?* **Pernis, Peter.** 6, Praha : Profi Press, 2018, Mechanizace zemědělství.
7. **Bartoloměj, Alexandr.** Zemědělská doprava a legislativa v ČR a EU. *VÝZKUMNÝ ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÉ TECHNIKY.* [Online] 2007. [Citace: 8. 7 2018.] http://svt.pi.gin.cz/vuzt/poraden/doporuc/energet/bartolo/leg_dop.htm.
8. **Bauer, František a kol.** *Traktory a jejich využití.* Brno : Profi Press, 2013. 978-80-86726-52-6.
9. **ProfiPress.** Mechanizace zemědělství. *Traktory 2018 - Tabulkový přehled.* Praha : Profi Press s.r.o., 2018.
10. **Syrový, Otakar a Gerndtová, Ilona.** Jak uspořit na dopravě? *VÝZKUMNÝ ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÉ TECHNIKY.* [Online] [Citace: 11. 8 2018.] <http://svt.pi.gin.cz/vuztweb/doc/energetika/doprava.pdf?menuid=185>.
11. **Joskin.** TETRALINER DOLLY: EFFICIENT AND WELL-THOUGHT TRANSPORT! . *Joskin.* [Online] 17. 11 2015. [Citace: 9. 8 2018.] <https://www.joskin.com/pdf/news/Tetraliner%20Dolly%20-%20EN.pdf>.

12. *Perspektivy dopravy v zemědělství. Mechanizace zemědělství.* Syrový, Otakar a Gerndtová, Ilona. 6, Praha : Profi Press, 2011, stránky 52-58.

13. **Bradáč, Albert a kol.** *Soudní inženýrství.* Brno : CERM, 2007. 80-7204-133-9 .

14. **Vlk, František.** *Dynamika motorových vozidel.* Brno : VLK, 2000. 80-238-5273-6.

15. **First, Jiří a kol.** *Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry.* Praha : S&T CZ, 2008. 978-80-254-1805-5.

Dále čerpáno z předpisů a norem:

EHK OSN č. 13

nařízení Evropského parlamentu č. 167/2013 ze dne 5. února 2013

nařízení Evropské komise v přenesené pravomoci č. 2015/208 ze dne 8. prosince 2014

Směrnice rady 96/53/ES ze dne 25. července 1996

Vyhláška ministerstva dopravy č. 341/2014 Sb.

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Maximální zatížení dle nařízení 2015/208.....	- 18 -
Tabulka 2 - Maximální zatížení přívěsů a návěsů dle směrnice 96/53/ES.....	- 18 -
Tabulka 3 - Přehled malých traktorů dle [9].....	- 20 -
Tabulka 4 - Přehled traktorů pro lehčí práce dle [9].....	- 21 -
Tabulka 5 - Přehled univerzálních traktorů dle [9].....	- 22 -
Tabulka 6 - Přehled těžkých traktorů možných k použití pro dopravu dle [9].....	- 23 -
Tabulka 7 - Vybrané povrchy a hodnoty součinitele adheze dle [14].....	- 30 -
Tabulka 8 - Zkouška typu 0 - hodnocení T, C.....	- 39 -
Tabulka 9 - Předepsané účinnosti brždění.....	- 39 -
Tabulka 10 - Technická data teploměr Fluke.....	- 43 -
Tabulka 11 - Technická data čítač National Instruments.....	- 44 -
Tabulka 12 - Technická data rychloměr DEWETRON.....	- 44 -
Tabulka 13 - Technická data sdružený snímač Xsens.....	- 45 -
Tabulka 14 - Zkouška typu 0 - výsledky.....	- 51 -
Tabulka 15 - Ověření ABS při plném návěsu.....	- 53 -

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Jednoválcový traktor Hart Parr z rou 1918 (asme.org, 2018).....	- 9 -
Obrázek 2 - Vývoj sklizených komodit (Pinkas dle [2], 2018).....	- 12 -
Obrázek 3 - John Deere 6250R – T1a (Král, 2017).....	- 13 -
Obrázek 4 - Tatra Phoenix – T1b (Podhorský, 2017).....	- 13 -
Obrázek 5 - John Deere 5G - T2a (John Deere, 2018).....	- 13 -
Obrázek 6 - Stiga Combi 1066 H – T3a (stiga.cz, 2018).....	- 14 -
Obrázek 7 - Polaris Sportsman 570 - T3b (Polaris, 2018).....	- 14 -
Obrázek 8 - Horsch Leeb – T4.1a (Vojtko, 2016).....	- 14 -
Obrázek 9 - Fend 1050 o šířce 275 cm - T4.2 (Fendt, 2017).....	- 15 -
Obrázek 10 - GRIP 4 - T4.3a (Heer Landmaschinen AG, 2018).....	- 15 -
Obrázek 11 - John Deere 9620RX - C4.2a (Podhorský, 2018).....	- 16 -
Obrázek 12 - John Deere 6145R SourcyTrack - C1a (Podhorský, 2018).....	- 16 -
Obrázek 13 - Claas Axion TerraTrac - C1a (Král, 2018).....	- 16 -
Obrázek 14 - Polaris Sportsman 570 - C3b (Polaris, 2018).....	- 16 -
Obrázek 15 - Schéma rozdělení přípojných vozidel (Pinkas, 2018).....	- 17 -
Obrázek 16 - Stavební návěs Krampe HP20 (Krampe, 2018).....	- 24 -
Obrázek 17 - Joskin Silospace 2 o objemu 59 m ³ (Joskin, 2017).....	- 24 -
Obrázek 18 - Joskin TETRALINER (Joskin, 2017).....	- 25 -
Obrázek 19 - Souprava traktoru T1b a návěsu R3b (Málek, 2017).....	- 26 -
Obrázek 20 - Souprava traktoru T1a a jednonápravového přípojného vozidla R4a s technicky přípustnou hmotností na nápravu 28 500 kg.....	- 26 -
Obrázek 21 - Vztah mezi jmenovitým výkonem motoru a užitečnou hmotností přípojného vozidla (Pinkas podle [10], 2018).....	- 27 -
Obrázek 22 - Průběh brždění (Pinkas, 2018).....	- 28 -
Obrázek 23 - Model bržděného kola.....	- 29 -
Obrázek 24 - Kammova kružnice (Pinkas, 2018).....	- 30 -
Obrázek 25 - Skluzová charakteristika (Pinkas, 2018).....	- 31 -
Obrázek 26 - Annaburger kategorie R3b před měřením (Kletečková, 2018).....	- 42 -
Obrázek 27 - Umístění sdružených snímačů (Kletečková, 2018).....	- 42 -

Obrázek 28 - teploměr Fluke (fluke.com, 2018).....	- 43 -
Obrázek 29 - Čítač National Instruments (ni.com, 2018).....	- 44 -
Obrázek 30 - Rychloměr DEWETRON (dewetron.com, 2018).....	- 44 -
Obrázek 31 - Sdružený snímač Xsens (xsens.com, 2018).....	- 45 -
Obrázek 32 - Tahač Iveco (Pinkas, 2018).....	- 46 -
Obrázek 33 - Annaburger HTS 22.14 (Málek, 2017).....	- 47 -
Obrázek 34 - Plán zkušebního polygonu.....	- 48 -
Obrázek 35 - Měřicí souprava (Kletečková, 2018).....	- 49 -
Obrázek 36 - Obsluha měřícího zařízení (Kletečková, 2018).....	- 49 -
Obrázek 37 - Průběh decelerace CZP30 a CZP60.....	- 50 -
Obrázek 38 - Průběh během brždění CZP40.....	- 51 -
Obrázek 39 - Průběh během brždění CZP40b.....	- 52 -
Obrázek 40 - Průběh během brždění CZP30.....	- 52 -
Obrázek 41 - Průběh během brždění CZP30b.....	- 52 -
Obrázek 42 - Porovnání decelerace BV a BZ.....	- 54 -
Obrázek 43 - Průběh během brždění BZ60.....	- 54 -
Obrázek 44 - Průběh během brždění BV60.....	- 54 -
Obrázek 45 - Krabicový diagram pro brzdění zpomalení z.....	- 55 -
Obrázek 46 - Odhad chování ve vyšších rychlostech dle naměřených brzdných drah-	55
Obrázek 47 - Odhad chování ve vyšších rychlostech dle poměrného zpomalení návěsu z	- 56 -