



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

MĚŘENÍ ZPOMALENÍ NÁKLADNÍCH AUTOMOBILŮ DO 12 TUN PŘI BRZDĚNÍ MOTOREM

MEASURING THE DECELERATION OF TRUCKS UP TO 12 TONS OF WEIGHT WITH THE USE
OF ENGINE BRAKING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. HANA KAŠPAROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ALBERT BRADÁČ, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Ústav soudního inženýrství
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Hana Kašparová

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

obor: **Expertní inženýrství v dopravě (3917T002)**

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:

Měření zpomalení nákladních automobilů do 12 tun při brzdění motorem

v anglickém jazyce:

Measuring the Deceleration of Trucks up to 12 Tons of Weight with the Use of Engine Braking

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce bude změření a vyhodnocení zpomalení dostatečného reprezentativního vzorku nákladních automobilů do 12 tun při brzdění motorem na různé rychlostní stupně z různých rychlostí.

Cíle diplomové práce:

1. Rešerše dostupné literatury
2. Zpracování teoretické části (jízdni odpory, převodové poměry, ...)
3. Zajištění dostatečného počtu vozidel pro měření
4. Provedení měření.
5. Statistické vyhodnocení a učinění závěrů.

Seznam odborné literatury:

- [1] VLK, František. Stavba motorových vozidel: [osobní automobily, autobusy, nákladní automobily, jízdní soupravy, ergonomika, biomechanika, struktura, kolize, materiály]. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2003, vii, 499 s. ISBN 80-238-8757-2.
- [2] FAUS, Pavel a Miroslav OLŠAN. Autoškola - C, D, E, T: učebnice pro řidiče nákladních vozidel, autobusů a traktorů. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2007, 166 s. ISBN 978-80-251-1715-6.
- [3] Lastauto omnibus: testy - technika - trendy. Praha: Motor-Press Bohemia, 2004-. ISSN 1214-679x. 1x měsíčně.
- [4] BUĎA, Jan. Jak předcházet bezpečnostním rizikům v silniční dopravě. Praha: Vogel, 2009, 47 s. ISBN 978-80-254-5360-5.
- [5] SKALA, Bohumil. Rotační akcelerometr – cesta k měření rychlých kmitů a točivého momentu pohonu. Elektro[online]. 2004, č. 2 [cit. 2013-11-16]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=25703

Vedoucí diplomové práce: Ing. Albert Bradáč, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 15.11.2013

L.S.

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
Ředitel vysokoškolského ústavu

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá brzdnými účinky motoru nákladních vozidel. Teoretická část čtenáře seznamuje se základní konstrukcí nákladních vozidel, přibližuje stavbu nejčastěji používaného motoru a vymezuje definice faktorů majících podstatný vliv na brzdění motorem.

V praktické části se čtenář seznámí s technikou používanou při realizovaném měření a popisem jednotlivých vozidel vybraných pro realizaci měření. Výsledkem praktické části jsou hodnoty získané měřením včetně jejich interpretace obsažené v závěru.

Abstract

This thesis deals with braking effect of the truck's engine. The theoretical part introduces the reader to the basic construction of trucks, describes most using engine and defines the factors having a significant effect on engine braking.

In the practical part the reader is familiar with the technique used in making the measurement and description of the vehicle chosen for the implementation of measurement. The result of the practical part is the values obtained by measurement including their interpretation contained in the conclusion.

Klíčová slova

Nákladní automobil, vznětový motor, brzdění, převodové poměry, jízdní odpory.

Keywords

Truck, diesel engine, braking, gear ratios, driving resistances.

Bibliografická citace

KAŠPAROVÁ, H. *Měření zpomalení nákladních automobilů do 12 tun při brzdění motorem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2014. 66 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Albert Bradáč, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

podpis diplomanta

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu, panu Ing. Albertu Bradáčovi, Ph.D., za jeho odborné rady a pomoc během zpracovávání diplomové práce. Dále obrovské poděkování patří mé matce, bez jejíž pomoci by nebylo možné uskutečnit žádné z těchto měření, a která mi byla oporou mimo jiné i po celou dobu studia.

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 NÁKLADNÍ AUTOMOBILY	10
1.1 Konstrukce.....	10
1.1.1 Podvozek.....	11
1.1.2 Nástavba.....	12
1.1.3 Motor	14
1.2 Brzdění	19
1.2.1 Princip brzdění motorem.....	19
1.2.2 Brzdná dráha.....	19
1.3 Převodovky.....	21
1.3.1 Převodové poměry a rychlostní stupně.....	21
1.3.2 Redukce.....	23
1.4 Jízdní odpory	24
1.4.1 Odpor vzduchu.....	24
1.4.2 Odpor valivý.....	25
1.4.3 Odpor stoupání.....	25
1.4.4 Odpor zrychlení.....	26
1.4.5 Odpor přívěsu.....	27
2 METODIKA MĚŘENÍ.....	27
2.1 Místo měření.....	27
2.2 Sledovaná vozidla.....	27
2.2.1 RENAULT MIDLUM.....	28
2.2.2 VOLVO 42 R.....	28
2.2.3 ŠKODA 706	29
2.3 Měřicí technika.....	30

2.4	Povětrnostní podmínky měření.....	30
2.5	Vlastní měření	31
2.5.1	<i>RENAULT MIDLUM</i>	31
2.5.2	<i>VOLVO 42 R</i>	41
2.5.3	<i>ŠKODA 706</i>	48
	ZÁVĚR.....	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	60
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM GRAFŮ A TABULEK.....	63
	SEZNAM PŘÍLOH	66

ÚVOD

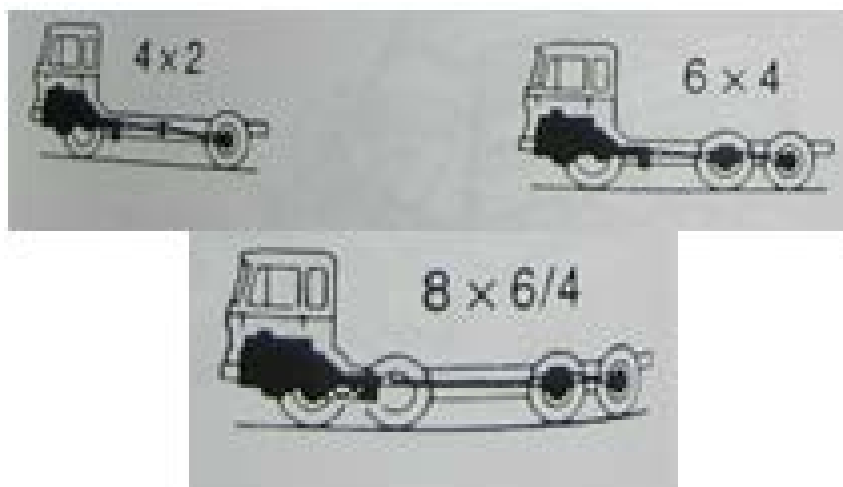
Pro zpracování diplomové práce na téma „Měření zpomalení nákladních automobilů do 12 tun při brzdění motorem“ jsem se rozhodla především proto, že problematika zahrnuje nutnost realizace měření, s nímž se v běžném životě nesetkám. Dalším důvodem může být i skutečnost, že se jízda nákladním vozidlem odlišuje od té osobním a zpracování tématu mi ji umožnilo, aby spolujezdci, minimálně porovnat. Stejně tak jsem narazila na fakt, že většina zpracovaných knih zabývajících se problematikou konstrukce vozidel je koncipována především pro osobní automobily, včetně těch zařazených do studijních osnov, proto bylo dané téma přínosné i z hlediska zjištění nových poznatků a odlišností nákladních vozidel od osobních automobilů. Když pomínu hrubou konstrukci, která je zjevná.

Jako cíl jsem si tedy zvolila provést reálné měření na vybraném a dostatečném vzorku nákladních vozidel, které jsem provedla jak s vozidlem prázdným tak s plně naloženým, u každého z nich. V první části práce bylo mým úkolem si připravit teoretický základ pro seznámení se s nákladními vozidly a jejich nejčastěji používaným typem motoru – vznětovým přeplňovaným motorem. Neméně podstatnou součástí teoretické přípravy bylo důkladné porozumění jízdám odporům, které samotnou jízdu značně ovlivňují, brzdění či převodovým poměrům vozidla. Poté následuje kapitola, jež přibližuje použitý měřicí přístroj – jeho funkce, příslušenství, práci s ním.

V hlavní části práce jsem se zaměřila na prezentování získaných hodnot, ať už pomocí grafů či tabulek. Měření se uskutečnilo na stejném typu povrchu vozovky – asfaltový beton, za různých povětrnostních podmínek avšak vždy za sucha. Abych předešla možným odchylkám, řidičem každého vozidla byla osoba, která s tímto jezdí a zná jeho chování. Samozřejmostí této části je důkladný rozbor hodnot s následnou interpretací výsledků a učiněných závěrů.

1 NÁKLADNÍ AUTOMOBILY

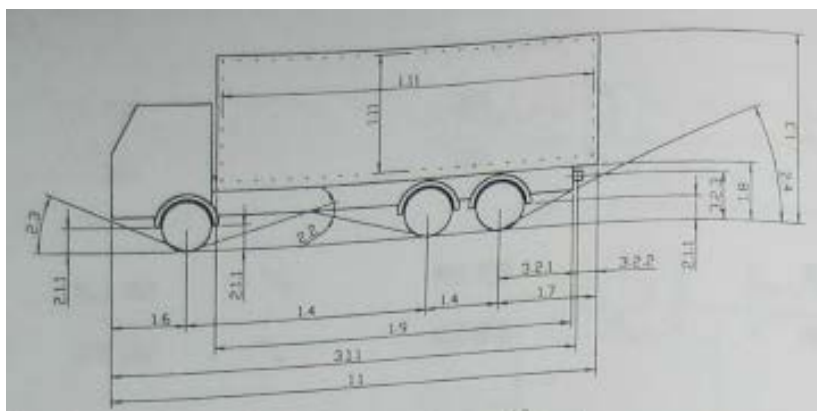
Motorová vozidla se využívají k přepravě osob či nákladů a tedy na základě jejich účelu je lze rozdělit do několika skupin – osobní, nákladní, traktory atd. Nákladní automobil (dále jen NA) je vozidlo konstruované pro přepravu nákladů, jehož hmotnost přesahuje 1,5t. Pokud se přepravuje náklad vozem do 3,5t, mluví se o tzv. dodávkových a lehkých NA. Dále rozlišujeme střední a těžké NA, tahače a speciální automobily. V kategorii středních a těžkých NA se používá tzv. kolová formule, která je ještě dále členění a zároveň informuje o počtu poháněných kol. (1, s. 120)



Obrázek 1: Označování druhu pohonu nákladních automobilů [1]

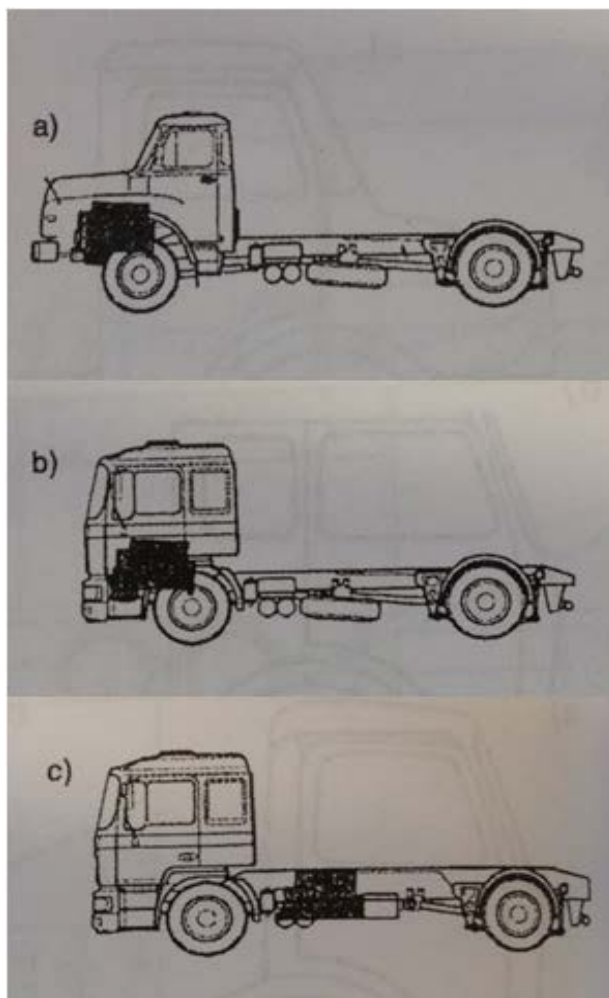
1.1 KONSTRUKCE

Česká technická norma ČSN 30 0026 spolu s doporučením Mezinárodní organizace pro standardizaci ISO/R 612 uvádějí některé základní rozměry NA.



Obrázek 2: Základní rozměry nákladního automobilu [1]

Uspořádání motoru úzce souvisí s druhem kabiny řidiče. Ty se rozlišují na čelní, čelní s prostorem na spaní a kapotovou. Výhodou čelních kabin je možnost jejího sklopení a tím i rychlému přístupu k motoru. Objevují se i varianty s umístěním motoru za kabinou řidiče, tzv. podpodlažní uspořádání. (1, s. 122)



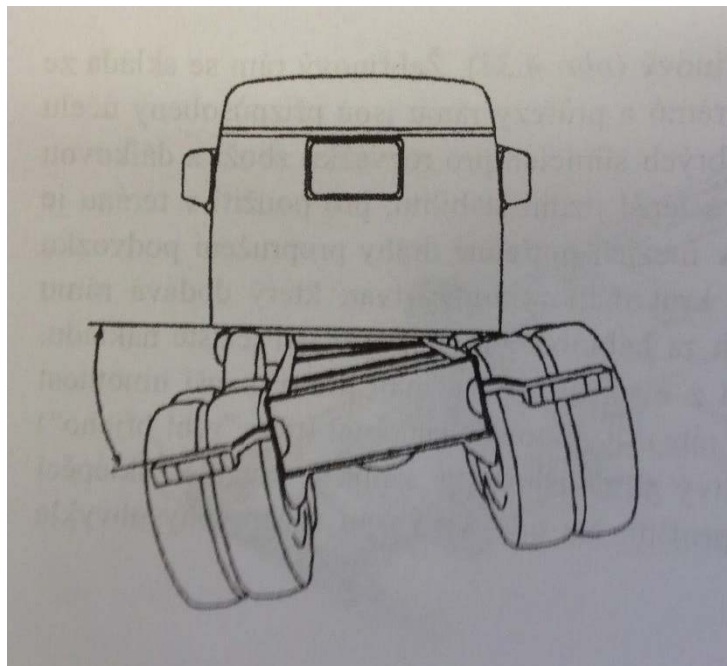
Obrázek 3: Uspořádání motoru u nákladních automobilů: a - kapotová kabina, b - čelní kabina, c - podpodlažní motor [1]

Běžné NA tvoří tři hlavní části – podvozek, kabina řidiče a nástavba, díky čemuž lze získat mnoho typů NA.

1.1.1 Podvozek

Kostrou je rám, žebřinový, složený ze dvou podélníků a několika příčníků, na němž jsou připevněny nápravy, hnací ústrojí, palivová nádrž a další prvky. Pomocí šroubového spojení je k rámu uchycena i kabina řidiče a kapota. Samotná konstrukce rámu se rovněž odvíjí od účelu vozu. Pro jízdu po kvalitních silnicích a rozvoz zboží se hodí tuhý rám kvůli lepší jízdě stabilitě. Používá se rybinový tvar, který dokáže poskytnout vysokou stabilitu

v místě, kde leží těžiště nákladu. Naopak pro jízdu v terénu jsou žádané rámy s nízkou tuhostí v krutu. (1, s. 133)



Obrázek 4: Zkroucení rámu NA měkkého na krut při jízdě v terénu [1]

Zesílení rámu se velmi často provádí pomocí U-profilů, zejména u sklápěčů. Vzhledem k namáhání rámu i bočními silami¹, přidává se do konstrukce rámu další příčník zvyšující tuhost v příčném ohybu. Rám nesmí být v místech vysokého namáhání nijak zeslaben ani otvory pro samotný podvozek². (1, s. 135)

1.1.2 Nástavba

Pro upevňování různých druhů nástaveb slouží u NA pomocný rám upevněný na žebřinovém rámu podvozku. Mimo to zvyšuje celkovou tuhost na ohyb rámu. To, jaké prvky budou pro připevnění nástavby zvoleny, závisí na povaze nástavby.

Torzně měkké nástavby jako sklápěčka, valníková korba, mohou sledovat zkroucení podvozku, na rozdíl např. od cisteren, které vyžadují speciální upevňovací prvky. (1, s. 135)

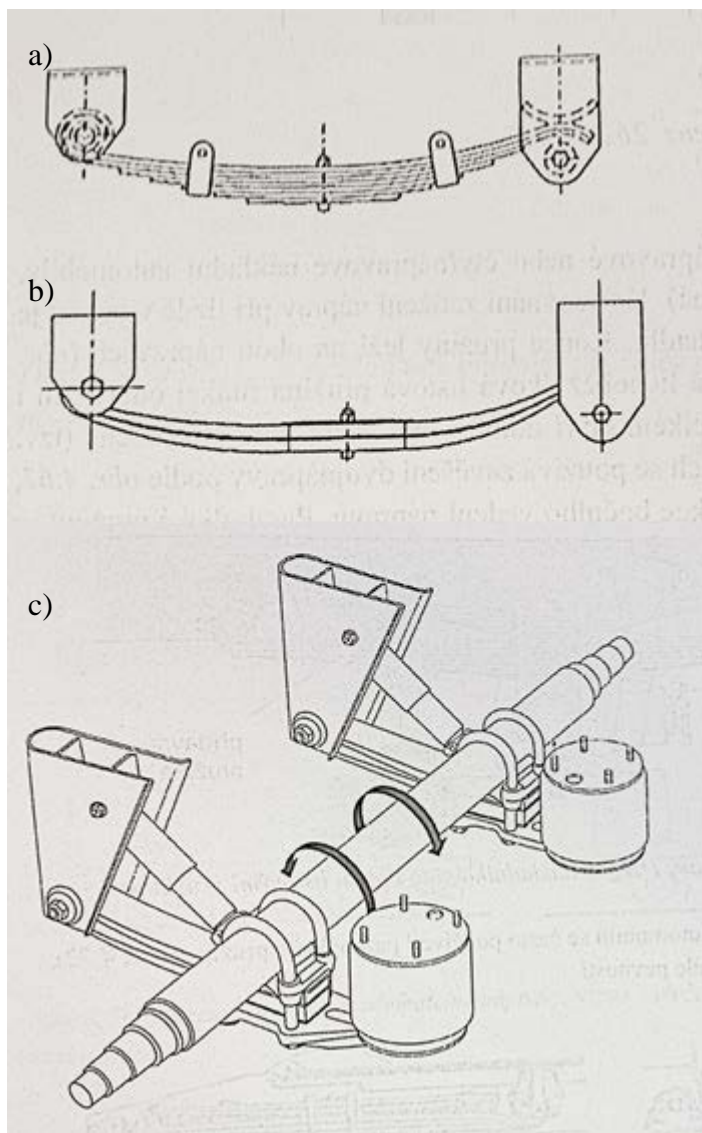
Jako pružné prvky upevňující torzně tuhé nástavby se používají vinuté či talířové pružiny nebo pryžové části. Nástavba se tak při extrémním zkroucení může v daném místě zvednout od rámu a nepoškodí se.

¹ To se děje např. u NA s dlouhým rozvorem nebo při zatáčení vozidel majících tandemové nápravy.

² Minimální vzdálenosti od horní a dolní hrany profilu stanovují konstrukční směrnice daného výrobce.

Hnací ústrojí

U NA se nejčastěji vyskytují tuhé hnací nápravy s diferenciálem, a to buď dělené, nebo nedělené³. Odpružení vůči karoserii zajišťují listové či parabolické pružiny, případně vzduchové vaky. (1, s. 148)



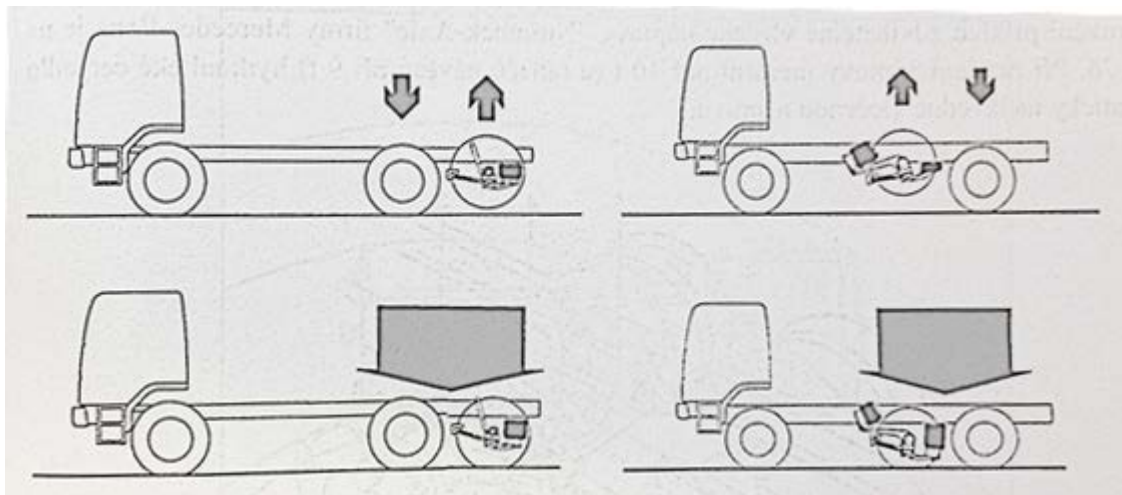
Obrázek 5: Odpružení: a - listovými pružinami, b - parabolickými pružinami, c - vzduchovými vaky [1]

Vzhledem k tomu, že je velký rozdíl mezi zatíženým a prázdným vozidlem, používají se ještě přidavné pružiny, aktivní pouze u naložených NA.

Pro NA bývají typické i zvedací nápravy. Jde o další nápravu, která je při žádném (malém) zatížení zvednutá, čímž snižuje valivý odpor a šetří životnost pneumatik, a naopak

³ Jedná se o závislé zavěšení kol, nebo-li nápravu, kde jsou obě kola pevně spojena. Horší jízdní vlastnosti kompenzují jednoduchá a poměrně levná konstrukce a stálý rozchod kol.

v případě potřeby je pneumatickým zařízením uložena níže a uvedena v činnost. Díky tomu lze zvýšit užitečnou hmotnost vozidla o několik tun. (1, s. 150)



Obrázek 6: Zdvíhatelná náprava: a - vlečná, b – tlačená [1]

1.1.3 Motor

Spalovací motory jsou tepelné hnací stroje měnící tepelnou energii v mechanickou práci⁴, kde pracovní látkou jsou zplodiny hoření. Obecně se motory dělí na pístové, s krouživým pohybem pístu, proudové a raketové. Motory pístové, tedy s přímočarým pohybem pístu lze rozdělit dle několika následujících hledisek:

- *podle druhu paliva - motory na plynná paliva x na kapalná paliva*
- *podle principu činnosti - čtyřdobé x dvoudobé motory*
- *podle způsobu plnění válce - motory plněné podtlakem x přetlakem*
- *podle způsobu zapálení směsi - motory s umělým zažehnutím x se samočinným vznícením*
- *podle konstrukční úpravy motoru - podle uspořádání válců x použitého rozvodu x smyslu otáčení klikového hřídele* (7, s. 3)

V případě NA jsou nejčastěji využívány právě vznětové motory, přeplňované, proto budou dále podrobněji rozebrány.

Hlavní části motoru

Vznětový motor svou stavbou připomíná zážehový motor, avšak kvůli rozdílnému průběhu pracovního cyklu, během něhož působí větší kompresní poměry, jsou jeho hlavní

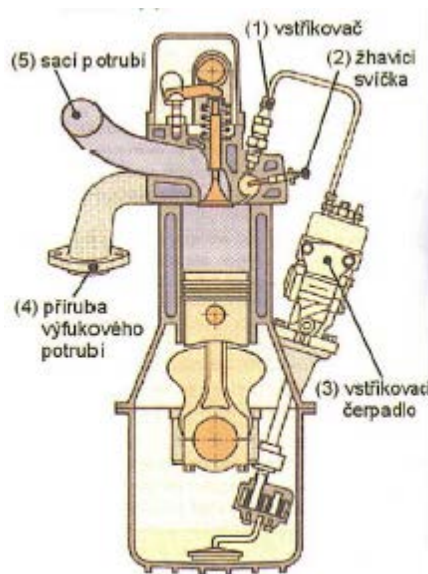
⁴ Během této přeměny probíhají termodynamické děje, které společně tvoří pracovní cykly.

části tužší a odolnější vůči namáhání. A tím je i celý motor těžší. Jeho hlavní části jsou následující:

- *pevné části motoru*, které tvoří víko hlavy, hlava válců, válce, kliková skříň a spodní víko motoru. Blok motoru je obvykle vyráběn z šedé slitiny pro její dobré tlumící vlastnosti a lepší tuhost. Pro NA jsou typické dělené hlavy válců z šedé litiny.
- *klikového ústrojí* složeného z pístů, ojnice, klikového hřídele. Podle typu spalovacího prostoru a druhu vstřikovaného paliva se používají různé druhy tvarů den pístů⁵. Ojnice mají kvůli vyššímu namáhání zpravidla větší hlavu, a aby bylo možné ji de/montovat, musí být dělena šikmo. Klikový hřídel je konstrukčně podobný tomu u zážehového motoru, ovšem při startu je nutné na něj přivést větší výkon pomocí výkonnějších akumulátorů a spouštěčů.
- *ventilového rozvodu*, který se skládá z ventilů a pružin, rozvodové páky/vahadel/zdvihátek, vačkového hřídele, rozvodových kol, řetězu/řemenu pro pohon ventilového rozvodu vstřikovacího čerpadla. U NA se nejčastěji používá ventilový rozvod OHV⁶ a pohon vačkového hřídele je zajištěn soustavou ozubených soukolí.
- *palivového systému* složeného ze vstřikovacího čerpadla s regulátorem a přesuvníkem vstřiku, palivového čerpadla a vstřikovače s tryskou. Palivo je buďto vstřikováno přímo do neděleného spalovacího prostoru v pístu (= motory s přímým vstřikem) nebo do komůrky vytvořené v hlavě válce (= motory s nepřímým vstřikem). V obou případech je motor doprovázen svým tvrdým chodem. Během vstřiku paliva se toto vstříknuté palivo po nějakou dobu připravuje ke vznícení. Následně, při vhodných podmínkách, dochází ke vznícení a intenzivnímu hoření paliva doprovázenému prudkým nárůstem tlaku. To se projeví tvrdým chodem motoru.
- *příslušenství motoru* zahrnující mazání a chlazení motoru, výfukové potrubí a zařízení pro spouštění studeného motoru. (7, s. 86)

⁵ Píst s vírovou / tlakovou komůrkou, píst s přímým vstřikem víceotvorovou tryskou, píst s kulovým spalovacím prostorem.

⁶ Over-head valve; ventily jsou umístěny v hlavě válců a vačková hřídel v bloku motoru.



Obrázek 7: Hlavní části čtyřdobého vznětového motoru [7]

Princip činnosti

Na rozdíl od zážehového motoru vznětový motor nasává pouze čistý vzduch, který je následně stlačován podstatně větším kompresním poměrem. Do takto stlačeného vzduchu o vysoké teplotě se vstřikuje palivo, obvykle s vyššími destilačními teplotami a nižšími teplotami samovznícení, které se samo vznítí. Zápalná směs se tedy tvoří až uvnitř ve spalovacím prostoru. Po shoření směsi ve válci motoru dochází k poměrně velkému poklesu tlaku i teploty, díky čemuž mají vznětové motory větší účinnost a nižší teplotu výfukových plynů. (7, s. 87)

Pracovní cyklus

1. *doba = sání*: Píst se pohybuje z horní úvratě (HÚ) do úvratě dolní (DÚ), přičemž se do válce otevřeným sacím ventilem nasává čistý vzduch, který se díky horkým částem motoru zahřívá. Přestože vznětový motor neumožňuje vytvoření dokonalé zápalné směsi⁷, mělo by dojít k jejímu úplnému spálení bez zvýšené kouřivosti.

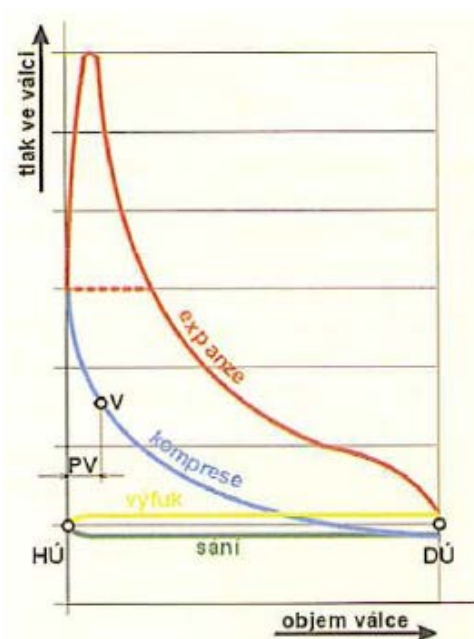
2. *doba = komprese*: Dochází k uzavření ventilů, píst se pohybuje z DÚ do HÚ a stlačuje vzduch ve válci na tzv. kompresní tlak (3,0 až 5,5 MPa). Současně je zahříván na kompresní teplotu (600 až 900°C). Těsně před koncem zdvihu válce se začne vstřikovat jemně rozprášené palivo (v rozmezí natočení klikového hřídele 40° před HÚ až 2° za HÚ). Hlavní část paliva bývá vstřikována až po vznícení první části, mezi začátkem vstřiku a okamžikem

⁷ Důvodem je vstřik paliva po velmi krátkou dobu a přebytek vzduchu, s nímž vznětový motor pracuje.

vznícení uběhne tzv. prodleva vznícení ($\pm 0,001s$) mající významný vliv na tvrdost chodu motoru. Zkrátit tuto dobu lze např. větším rozvířením vzduchu ve spalovacím prostoru, kvalitnějším vstřikem paliva a použitím paliva o větším cetanovém čísle⁸.

3. *doba = expanze*: Díky vysoké teplotě vzduchu se palivo na konci kompresního zdvihu začne odpařovat a mísit se vzduchem. Směs se sama vznítí a tlak vznikající hořením plynů (max. 6,5 až 9MPa) tlačí píst dolů.

4. *doba = výfuk*: Ve válci vznikne spalováním směsi přetlak, který tlačí výfukové plyny prostřednictvím výfukových ventilů do výfukového potrubí. Jejich teplota může dosahovat 600 až 750°C. (7, s. 87)



Obrázek 8: Indikátorový diagram čtyřdobého vznětového motoru [7]

Přepřehování pístových spalovacích motorů

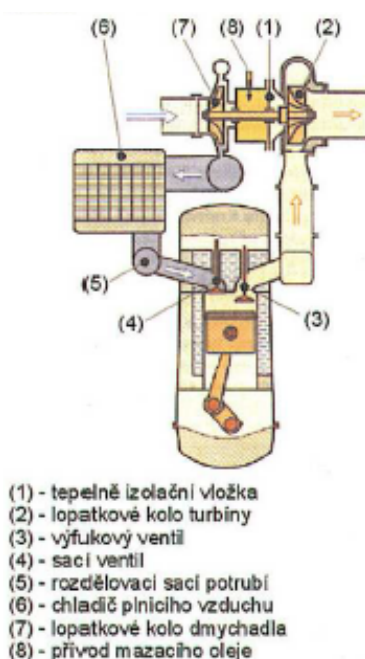
Nejdůležitější charakteristikou motoru je jeho výkon, odvislý od množství vzduchu a paliva, a proto se jej konstruktéři snaží co nejefektivněji zvyšovat. Zvětšením zdvihového objemu se zvětší i rozměry a zvýší se hmotnost motoru. Ke zvýšení otáček jsou zase potřebné vysoké technické náklady. Elegantní řešení nabízí přepřehované motory, kde se válce plní

⁸ Cetanové číslo udává kvalitu motorové nafty z hlediska vznětové charakteristiky. S vyšším CČ motor lépe startuje, má větší výkon a tišší a hladší chod. Malé CČ zapříčiňuje tvrdý chod motoru, velké zase nedokonalost hoření atd. V současnosti se pohybuje kolem 50-60.

tlakem vyšším než je atmosférický. Tím se do pracovního prostoru dostane více vzduchu a může se zvýšit i množství vstříkovaného paliva.

Přeplňování probíhá pomocí turbodmychadla⁹, které je konstruováno ze dvou částí, lopatkového kola dmychadla a lopatkového kola turbíny, spojených hřídelem. Obě kola mají stejné otáčky. Turbína převádí energii výfukových plynů na otáčivý pohyb, čímž rozpohybuje kolo dmychadla. Dmychadlo následně nasává čerstvý vzduch a dopravuje jej s přetlakem do válců motoru. Zpravidla mezi motorem a dmychadlem bývá ještě umístěn chladič stlačeného vzduchu.

(7, s. 100)



Obrázek 9: Schématické znázornění motoru přeplňovaného turbodmychadlem [7]

Tabulka 1: Porovnávací parametry pro vznětové motory NA [7]

typ motoru	otáčky [min ⁻¹]	kompresní poměr [-]	střední tlak [bar]	litrový výkon [kW×l ⁻¹]	výkonová hmotnost [kg×kW ⁻¹]	měrná spotřeba paliva [g×kW ⁻¹ ×h ⁻¹]	převýšení točivého momentu [%]
nepřeplňovaný	2000-4000	16-18	7-10	10-20	9-4	240-210	10-15
přeplňovaný	2000-3200	15-17	10-13	15-25	8-3	230-205	15-30
s chlazením plnicího vzduchu	1800-2600	14-16	13-18	25-40	5-2,5	225-195	20-40

⁹ Princip přeplňování turbodmychadlem se datuje k přelomu 19. a 20. století, ve Švýcarsku.

1.2 BRZDĚNÍ

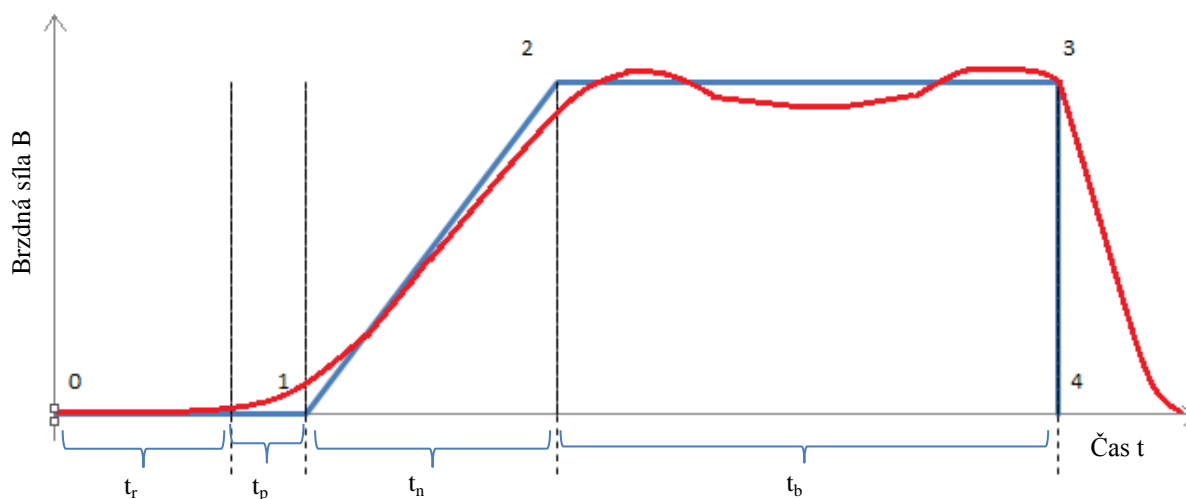
Za brzdění se považuje úmyslné snižování rychlosti vozidla nebo zajištění stojícího vozidla. Na základě požadavků legislativy jsou v NA doplněna další brzdná zařízení, tzv. odlehčovací brzdy. Slouží ke zmírnění rychlosti jedoucího vozidla, nelze je tedy použít, když vozidlo stojí v klidu, a to především při jízdě ze svahu. Nedochozí tak k přetěžování brzd třecích. Druhů zpomalovacích soustav je několik – motor, motorová brzda, hydrodynamická brzda, elektrodynamická brzda.

1.2.1 Princip brzdění motorem

Princip brzdění motorem lze popsat následovně: motor běží naprázdno, současně je zařazen převodový stupeň a vzniklé pasivní odpory způsobují zpomalení. Platí, že čím nižší stupeň je zařazen, tím je výraznější decelerace¹⁰. Při poklesu otáček na určitou hodnotu je dodáváno minimální množství paliva zajišťující chod motoru. Ten se projeví trhnutím, cuknutím. (2, s. 369)

1.2.2 Brzdná dráha

Kvalitu brzdné soustavy lze ohodnotit podle délky brzdné dráhy. Tato délka závisí na různých vlivech, jako je např. průběh brzdění. Dobu brzdění je možno vysvětlit pomocí následujícího grafu.



Obrázek 10: Průběh brzdění: červená - skutečný průběh, modrá - lineární náhrada [vlastní]

¹⁰ Zpomalení.

Jak uvádí F. Vlk, „... mezi zpozorováním překážky až k vyvození síly na brzdový pedál uplyne reakční doba t_r , která se skládá z reakční doby řidiče a z doby, která uplyne při přeložení nohy z plynového pedálu na brzdový pedál.“ Poté nastává fáze doby prodlevy t_p , jež uplyne mezi okamžikem působení na brzdový pedál a počátkem projevení jeho účinku. Vlivem jízdních odporů je brzdný účinek po dobu $t_r + t_p$ zanedbatelný a rychlost jízdy se rovná výchozí rychlosti v_0 . Další úsek t_n značí dobu od náběhu brzd do jejich plného účinku. A poslední fáze t_b ukazuje dobu samotného brzdění až do úplného zastavení vozidla.

(4, s. 121)

Stejně jako bylo brzdění rozděleno do několika časových úseků, je možné podobným způsobem rozdělit i dráhu potřebnou k zastavení automobilu. Po dobu $t_r + t_p$ jede vozidlo konstantní rychlostí, proto je výpočet velmi jednoduchý:

$$s_{rp} = v_0 \times (t_r + t_p) \quad [m]$$

Během doby t_n vozidlo zpomaluje a postupnou úpravou se získá vzorec v této podobě:

$$s_n = v_0 \times t_n - \frac{\ddot{x}_n}{6} \times t_n^2 \quad [m]$$

Pro poslední úsek se uvažuje konstantní zpomalení, výsledná dráha je rovna:

$$s_b = \frac{1}{2\ddot{x}_n} \times \left(v_0^2 - v_0 \times \ddot{x}_n \times t_n + \frac{\ddot{x}_n^2}{4} \times t_n^2 \right) \quad [m]$$

Součet těchto tří částí udává celkovou dráhu do zastavení vozidla:

$$s_c = v_0 \times \left(t_r + t_p + \frac{t_n}{2} \right) + \frac{v_0^2}{2\ddot{x}_n} \quad [m]$$

Samotný pojem brzdná dráha však neobsahuje všechny tři výše uvedené fáze, ale pouze dráhu za dobu t_p , t_n a t_b . Odpadá tedy reakční doba řidiče t_r .

$$s_c \approx v_0 \times \left(t_p + \frac{t_n}{2} \right) + \frac{v_0^2}{2\ddot{x}_n} \quad [m]$$

(4, s. 123)

Přípustná brzdná dráha

Významnou roli v této oblasti hrají i požadavky dané státem a EU, které stanovují maximální hodnoty brzdné dráhy pro různé kategorie vozidel¹¹. Obecný tvar rovnice pro maximální brzdnu dráhu lze vyjádřit takto:

$$s = t_1 \times v_0 + \frac{v_0^2}{2\ddot{x}_n} \quad [m]$$

Hodnoty v_0 i \ddot{x}_n jsou v m/s, doba t_1 vyjadřuje dobu, kdy se vozidlo pohybuje rovnoměrným pohybem se stálou počáteční rychlostí v_0 . Po dobu t_2 se pak vozidlo pohybuje rovnoměrně zpomaleně s brzdným zpomalením. V případě osobního automobilu nesmí hodnota provozního brzdění překročit dobu $t = 4,2$ s a dráhu $s = 50,7$ m. (4, s. 124)

1.3 PŘEVODOVKY

Převodovky mění přenášený točivý moment mezi motorem a hnacími koly tak, aby si motor zachoval vysoké otáčky. Dosahuje totiž svého plného výkonu. Změna rychlostního poměru je buď stupňovitá, nebo plynulá. Stupňovité převodovky bývají s ozubenými nebo planetovými koly a řazení rychlostních stupňů zajišťuje řidič ručně. Naproti tomu plynulé převodovky bývají zpravidla samočinné s hydraulickým měničem a řazení probíhá automaticky. Rychlostní stupeň se volí tak, aby motor svým výkonem dokázal překonat všechny jízdní odpory (viz kapitola 1.4). (3, s. 62)

Převodovka má však i další funkce. Musí dovolit vozidlu couvat zařazením zpětného chodu, zajistit brzdění motorem při jízdě ze svahu, umožnit autu pružnější jízdu městem.

1.3.1 Převodové poměry a rychlostní stupně

Převodový poměr definuje vztah mezi otáčkami na vstupní a výstupní hřídeli¹².

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

1.....hnací hřídel
2.....hnaná hřídel

Označení n pro otáčky, D pro poloměr a z pro počet zubů.

¹¹ Týká se provozních a nouzových brzd. Předpis EHK č. 13 a vyhláška č. 102/1995 Sb.

¹² Rozlišují se dva typy převodovek – s konstantním a s proměnným převodovým poměrem.

V případě, že je výsledný poměr $i > 1 \rightarrow$ jedná se o převod dorychla

$i < 1 \rightarrow$ převod dopomala.

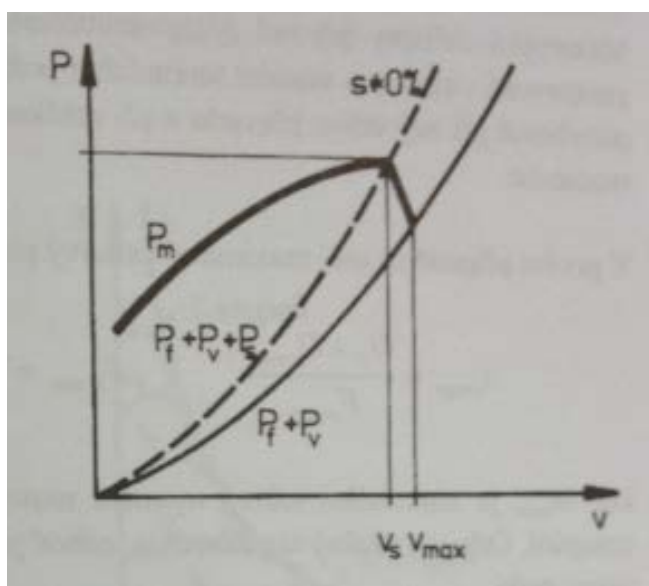
Základním převodem i_0 nazýváme celkový převod, s nejmenším zařazeným převodem v převodovce, jehož velikost určuje polohu rovnovážného stavu při jízdě po rovině maximální rychlostí zobrazenou P-v diagramem (viz obrázek č. 9). U NA se vznětovým motorem se základní převod určuje z podmínky stoupavosti vozidla. Vzorec:

$$i_0 = 0,377 \times \frac{n_{reg} \times r_d}{v_s}$$

n_{reg}otáčky motoru¹³

r_ddynamický poloměr

v_srychlost při stoupání



Obrázek 11: Určení maximální rychlosti a rychlosti do svahu u vozidel s vznětovým motorem [3]

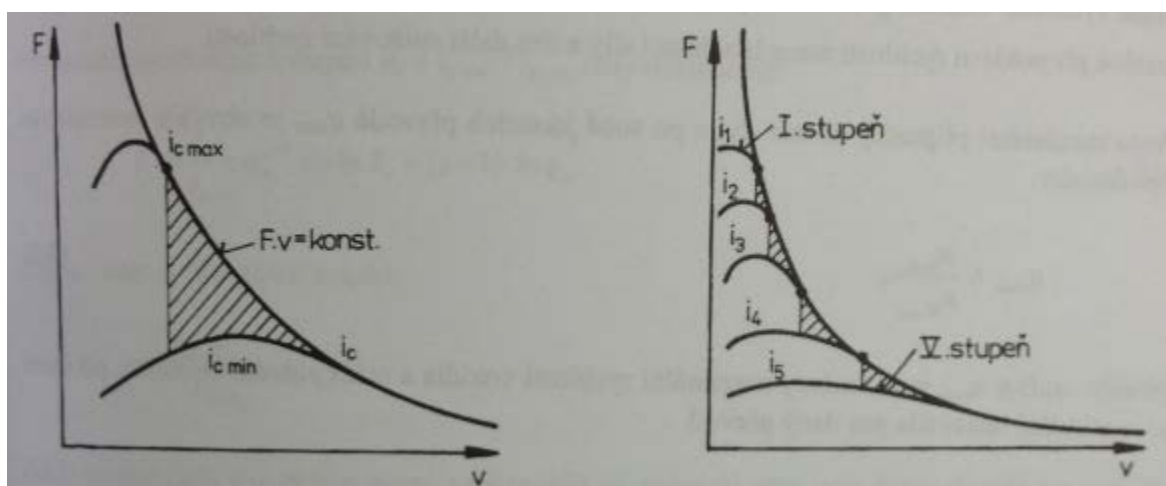
Celkový převod se však sestává jak z převodu základního i_0 tak z převodu měnitelného i_p , a proto je potřeba vedle minimálního celkového převodu (=převod základní) určit ještě převod celkový maximální. Ten lze určit buď z podmínky stoupavosti vozidla, nebo z požadavku minimální rychlosti. (3, s. 66)

¹³ Při těchto otáčkách začíná působit regulátor motoru, který je obvykle u NA přítomen, zároveň motor dosahuje svého nejvyššího výkonu.

Jak uvádí F. Vlk, vozidlo nejlépe při všech rychlostech využívá výkonu motoru tak, jak naznačuje křivka průběhu hnací síly podle hyperboly konstantního výkonu:

$$P_{max} \times \eta_m = F \times v$$

Ovšem aby bylo možné dostatečně využít výkon motoru, musí být mezi základní a maximální převod vloženy další převody. Ty zlepšují i možnost řazení. Rozdíl mezi převodovkami se dvěma a více stupni zobrazuje obr. č. 10, kde vyšrafované plochy ukazují nevyužitelný výkon motoru. (3, s. 67)



Obrázek 12: a) F-v diagram s dvěma převodovými stupni b) F-v diagram s pěti převodovými stupni [3]

1.3.2 Redukce

Počet rychlostních stupňů u vznětových motorů není dostačující pro všechny provozní podmínky, proto se tyto rozšiřují pomocí dvoustupňového přídavného převodu před/za převodovku nebo dokonce obojím.

Rozsahová redukce

Pro zvýšení poměru mezi nejnižším a nejvyšším převodem se použije přídavná dvoustupňová převodovka umístěná za základní převodovkou. Počet rychlostních stupňů je dvojnásobný, převody na sebe plynule navazují. V praxi se pro toto rozšíření užívá pojmu *velká a malá řada*. Řidič mezi nimi může volit přepínačem, přesuvnou objímkou či přesuvnou kulisou.

Dělicí redukce

Jinak nazývaná také Split nebo předřazená převodovka umožňuje výběr převodu mezi vstupní hřídelí převodovky a předlohou hřídelí. Tato předřazená redukce dělí jednotlivé

rychlostní stupně na polovinu. Nijak významně nezvyšuje rozsah převodů, spíše zajišťuje jejich plynulejší odstupňování. (9)

1.4 JÍZDNÍ ODPORY

Za jízdní odpory se považují síly, jež působí proti pohybujícímu se vozidlu a překonat je musí hnací síla motoru. Daly by se rozdělit na skupinu stálých odporů, působících nepřetržitě¹⁴ a odporů souvisejících s jízdou¹⁵. Jejich součtem se vyhodnotí celkový jízdní odpor.

1.4.1 Odpor vzduchu

Vzduch proudí tzv. laminárním prouděním a tím, že se snaží dostat skrz auto, se toto vlnění v určitých místech narušuje a mění se ve víření. Čímž roste odpor. Děje se tomu tak zejména v prostoru mezi vozovkou a spodní částí vozidla nebo při průchodu vzduchu chladicím a větracím systémem. (5, s. 5)

$$O_v = \frac{\rho}{2} \times c_x \times S \times v^2 \quad [N]$$

ρhustota vzduchu [],

c_xsoučinitel odporu vzduchu¹⁶,

Sčelní plocha vozidla¹⁷ [m²],

vrychlost pohybu vozidla včetně rychlosti větru [m/s].

¹⁴ Odpor valivý, odpor vzduchu.

¹⁵ Odpory – zrychlení, stoupání, příp. přívěsu.

¹⁶ Hodnoty se zjišťují měřením vozidel v aerodynamickém tunelu.

¹⁷ Plochu lze vypočítat vztahem $S = B \times h$, nebo určit projekčně.

1.4.2 Odpor valivý

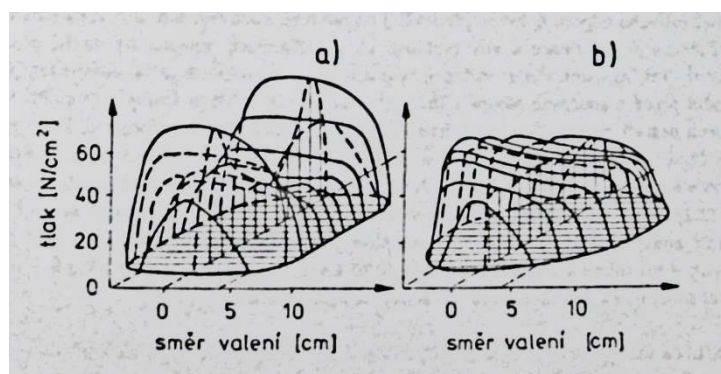
Valivý odpor vzniká vzájemným působením pneumatiky a vozovky (jiného povrchu), přičemž dochází k deformaci. V případě zcela tuhé vozovky se deformuje pouze pneumatika.

$$O_f = G \times f \quad [N]$$

Gtíha vozidla kolmá k vozovce [N],

fsoučinitel valivého odporu¹⁸.

Síly, jež je potřeba vyvinout ke stlačení pneumatiky, jsou větší než síly potřebné pro navrácení pneumatiky do původního tvaru. Proto lze pozorovat i větší měrné tlaky v přední části stopy kola.



Obrázek 13: Deformace pneumatiky: a - diagonální, b – radiální [4]

Mezi další faktory ovlivňující velikost valivého odporu patří deformace pneumatiky a rychlost kola. Deformace pneumatiky se odvíjí od míry jejího nahuštění, kde platí, že čím je menší tlak vzduchu v pneumatice, tím narůstá deformační práce a roste odpor. (4, s. 23)

1.4.3 Odpor stoupání

Odpor určuje ta složka tíhy vozidla, která je rovnoběžná s povrchem vozovky.

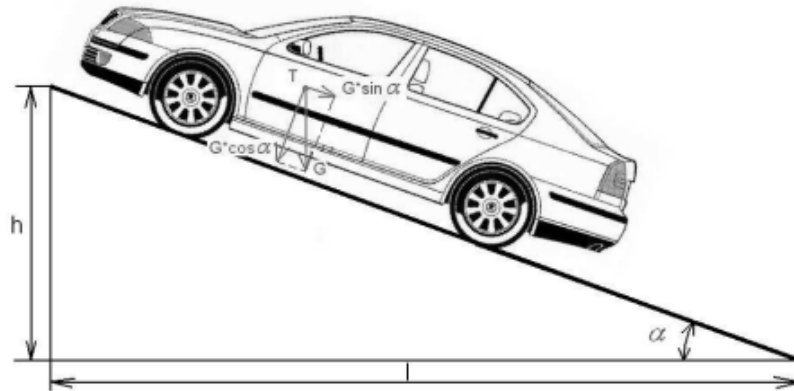
$$O_s = \pm G \times \sin \alpha \quad [N]$$

α značí úhel, který svírá rovina vozovky s vodorovnou rovinou a v praxi se počítá pomocí vztahu:

$$s = \frac{h}{l} = \tan \alpha \quad [m]$$

(4, s. 31)

¹⁸ Závísí hlavně na povrchu vozovky: asfalt: 0,01-0,02, čerstvý sníh: 0,2-0,3.



Obrázek 14: Určení odporu stoupání [6]

1.4.4 Odpor zrychlení

Odpor může zvyšovat i setrvačná síla působící proti směru zrychlení, tzv. odpor zrychlení. Ten se skládá ze dvou částí:

- a) odporu zrychlení posuvné části o určité hmotnosti

$$O_{zp} = m \times \ddot{x} \quad [N]$$

- b) odporu otáčejících se částí

$$O_{zr} = \sum_i \frac{J_{ki}}{r_{di} \times r_{ki}} \times \ddot{x} \quad [N]$$

Výsledný odpor je pak součtem předešlých dvou vztahů: $O_z = O_{zp} + O_{zr}$

$$\begin{aligned} O_z &= m \times a + \frac{2}{D_k} \times J_c \times \frac{d\omega}{dt} = m \times a + J_c \times \left(\frac{2}{D_k}\right)^2 \times \frac{dv}{dt} = \left[m + J_c \times \left(\frac{2}{D_k}\right)^2 \right] \times a \\ &= \left[1 + \frac{J_c}{m} \times \left(\frac{2}{D_k}\right)^2 \right] \times m \times a = \vartheta \times m \times a \quad [N] \end{aligned}$$

mhmotnost vozidla [kg],

J_ccelkový moment setrvačnosti rotačních částí¹⁹ [kg×m²],

$a=dv/dt$zrychlení vozidla [m/s²],

D_kprůměr kola vozidla [m],

ϑsoučinitel rotačních částí²⁰.

(4, s. 32)

¹⁹ Mění se se změnou zařazeného převodového stupně.

1.4.5 Odpor přívěsu

Pro výpočet odporu přívěsu se použijí výše uvedené vzorce kromě odporu vzdušného. Ten se určí pro celou jízdní soupravu (automobil s přívěsem).

2 METODIKA MĚŘENÍ

2.1 MÍSTO MĚŘENÍ

Všechna měření probíhala na tamní účelové pozemní komunikaci nedaleko obce Henčlov, která vede ze silnice II. třídy č. 434 k místní čističce odpadních vod.



Obrázek 15: Účelová komunikace, na níž proběhla měření

Délka komunikace přibližně 1,2 km zcela vyhovovala a byla dostačující i pro provedení měření z počáteční rychlosti 50 km/h. Kryt²¹ této vozovky je tvořen asfaltovým betonem, bez známek zjevných výtluků, obrusů atp. V tomto místě je nadmořská výška poměrně stejná v celé délce trasy (± 186 m n. m.), proto nebyl zvažován žádný vliv výškového profilu na velikost brzdného zpomalení.

2.2 SLEDOVANÁ VOZIDLA

K získání dat týkajících se brzdění motorem byla zvolena následující nákladní automobily.

²⁰ Mění se se změnou J_c.

²¹ Kryt neboli vrchní vrstva vozovky bývá jednovrstvá nebo vícevrstvá, tvořena živými či jinými materiály podle velikosti zatížení. Dle ČSN 73 6100 jsou dalšími vrstvami vozovky podklad a podsyp. Samotný výraz vozovka je pak zpevněný povrch jízdních pásů komunikací.

2.2.1 RENAULT MIDLUM

Následující tabulka uvádí hodnoty z technického průkazu, ostatní podrobné informace jsou dostupné v příloze č. 1 této práce.



Obrázek 16: RENAULT MIDLUM [vlastní]

Technické údaje o vozidle

Největší techn. příp. hmotnost:	8 500 kg
Provozní hmotnost:	5 480 kg
Zdvihový objem:	6 174 cm ³
Maximální výkon / otáčky:	132 kW / 2 500 ot.×min ⁻¹
Nejvyšší rychlost:	111 km/h

2.2.2 VOLVO 42R

Veškeré podrobné technické rozměry jsou přiloženy v příloze pod č. 2, tato tabulka ukazuje pouze základní údaje získané z technického průkazu vozidla.



Obrázek 17: VOLVO 42R [vlastní]

Technické údaje o vozidle

Největší techn. příp. hmotnost:	11 990 kg
Provozní hmotnost:	6 530 kg
Zdvihový objem:	5 480 cm ³
Maximální výkon / otáčky:	162 kW / 2 400 ot.×min ⁻¹
Nejvyšší rychlost:	109 km/h

2.2.3 ŠKODA 706

V tabulce níže jsou uvedeny základní údaje o vozidle z technického průkazu, bližší specifikace nabízí příloha č. 3.



Obrázek 18: ŠKODA 706 [vlastní]

Technické údaje o vozidle

Největší techn. příp. hmotnost:	16 000 kg
Provozní hmotnost:	7 800 kg
Zdvihový objem:	6 174 cm ³
Maximální výkon / otáčky:	148 kW / 2 000 ot.×min ⁻¹
Nejvyšší rychlost:	72 km/h

2.3 MĚŘÍCÍ TECHNIKA

K provedení potřebných měření bylo použito zařízení *XL MeterTM Pro* maďarské společnosti Inventure. Jedná se o přístroj, který je schopen zaznamenávat podélné a příčné zrychlení vozidla. Je vybaven alfanumerickým LCD displejem, ale také konektorem pro stažení naměřených dat do PC, která lze dále zpracovat pomocí doprovázejícího programu *XL Vision*. Práce s *XL Meterem* je velmi jednoduchá:

- pomocí přísavky se přístroj uchytí na čelní sklo vozidla,
- uživatel přístroj zapne a manuálně vynuluje osy x a y (kalibrace),
- spustí samotné měření (před rozjezdem vozidla),
- ustálení vozidla na požadované rychlosti a následné brzdění,
- ukončení měření (je nutné počkat několik sekund, než se po zastavení ustálí i kmitání karoserie),
- po ukončení měření se na displeji zobrazí hodnoty: výchozí rychlost, doba brzdění, průměrné zpomalení a brzdná dráha.

Kapacita zařízení je osm různých měření, poté je potřeba data přenést do PC. (8)



Obrázek 19: *XL MeterTM Pro* [8]

2.4 POVĚTRNOSTNÍ PODMÍNKY MĚŘENÍ

Zjišťovaná měření probíhala za téměř totožných podmínek na zcela suché vozovce. Teplota se pohybovala v rozmezí 1-6°C, obloha byla většinou zatažená, nebyly zaznamenány ani sněhové ani dešťové srážky, rychlost větru byla zanedbatelná – okolo 15 km/h nebo méně.

2.5 VLASTNÍ MĚŘENÍ

S každým vozidlem proběhlo pět měření s různými konfiguracemi „výchozí rychlost-převodový stupeň“. Tyto se následně každá třikrát zopakovaly pro ověření výsledku měření. Sledování proběhlo jak u naloženého vozidla tak u prázdného, aby se zjistilo, jaký vliv má náklad na účinek brzdění motorem.

Po nainstalování a správném nakonfigurování XL meteru rozjel řidič NA na požadovanou rychlost a převodový stupeň, několik sekund s touto rychlostí pokračoval k jejímu ustálení, a poté sundal nohu z pedálu plynu a nechal vozidlo samovolně zpomalit, tedy nechal brzdit motor. Protože brzdný účinek motoru NA úplně nezastaví ale jen omezí jeho počáteční rychlost, bylo nutné, pro vyhodnocení měření (viz kap. 2), NA zastavit sešlápnutím brzdového pedálu.

Měřené konfigurace:

- 30 km/h-3. a 4. rychlostní stupeň
- 40 km/h-4. rychlostní stupeň
- 50 km/h-5. a 6. rychlostní stupeň²²

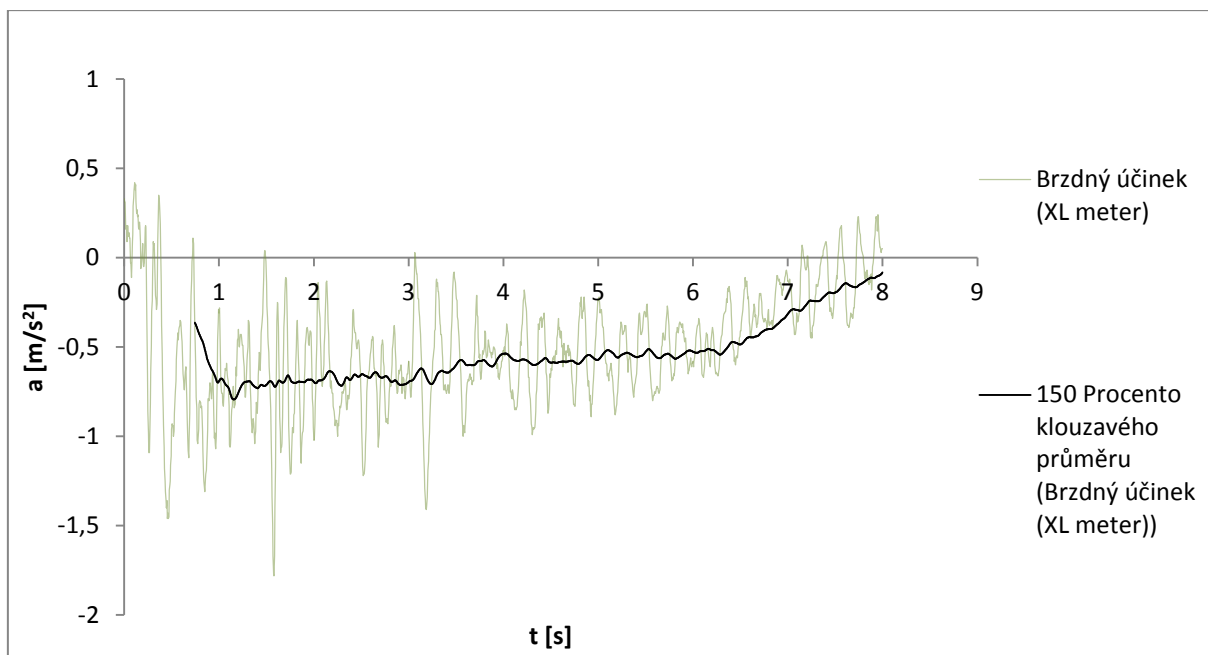
Měření proběhla jak s prázdným tak s plně naloženým vozidlem. Naměřené hodnoty byly následně zpracovány programem Microsoft Excel a pro vyhlazení křivky hodnot získaných XL meterem byla použita analýza klouzavého průměru.

2.5.1 RENAULT MIDLUM

Konfigurace 30 km/h-3. RS (prázdné)

Vozidlo řidič rozjel na požadovaných 30 km/h, rychlost ustálil a se zařazeným 3. převodovým stupněm sundal nohu z pedálu plynu, aby se projevil brzdý účinek motoru. Motor dokáže NA zpomalit, nikoliv však zastavit, proto po ustálení na nové nižší rychlosti musel řidič zastavit sešlápnutím brzdového pedálu.

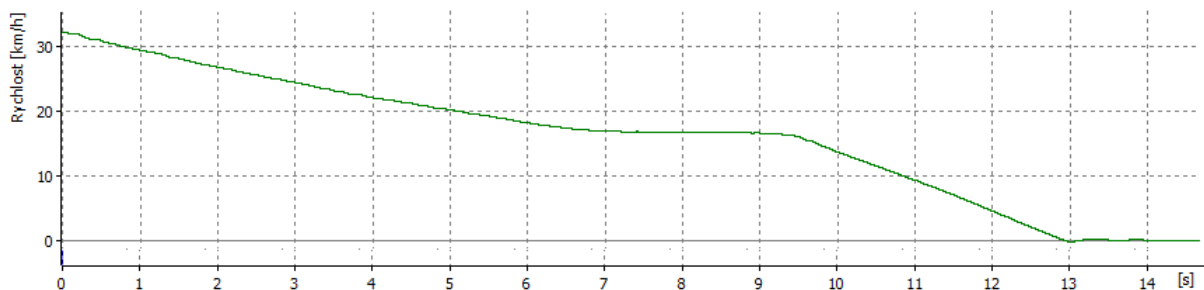
²² Výjimkou byl NA Škoda 706, kde se měřily tyto konfigurace: 20 km/h-3. RS; 30 km/h-3. a 4. RS; 40 km/h-5. RS; 50 km/h-5. RS. Důvodem byl chybějící 6. převodový stupeň.



Graf 1: Brzdění motorem - Renault 30 km/h-3. RS (prázdné) [vlastní]

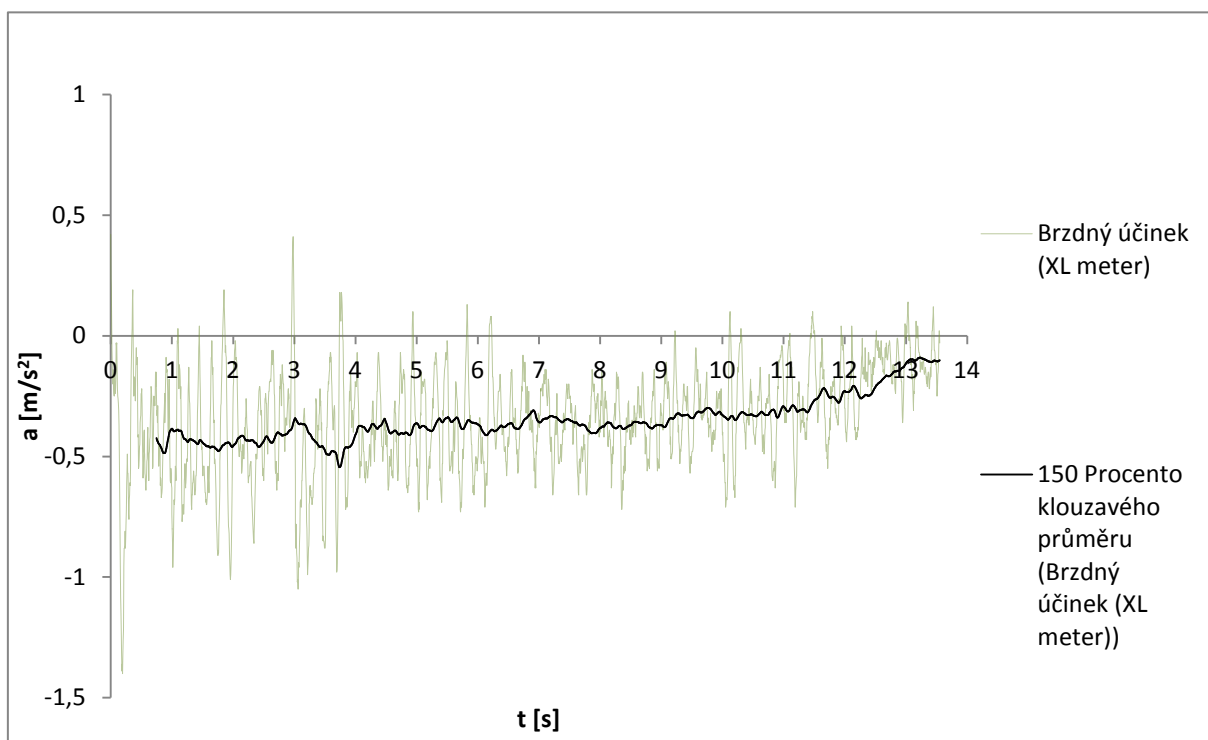
Průměrné zpomalení: $a = 0,59 \text{ m/s}^2$

Z této rychlosti motor brzdil přibližně 7 s na dráze $\pm 50 \text{ m}$. Dle záznamů z XL meteru a údajů z přístrojové desky auta vozidlo zpomalilo na 15 km/h – 18 km/h. Přibližně od 9. sekundy grafu se projevuje brzdění řidičem.



Graf 2: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 15 km/h) [vlastní]

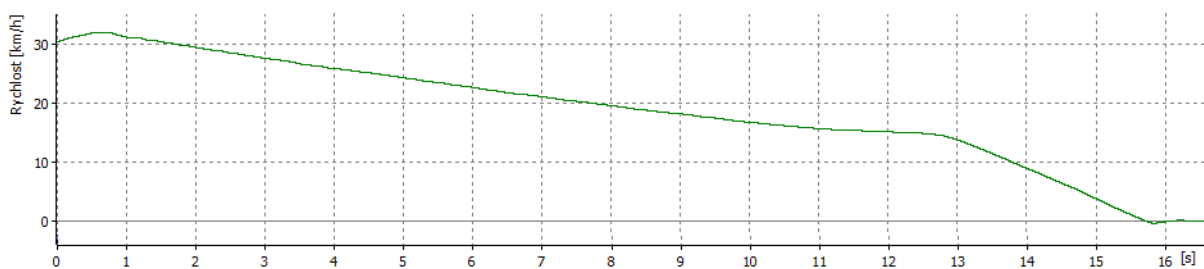
Konfigurace 30 km/h-3. RS (plné)



Graf 3: Brzdění motorem - Renault 30 km/h-3. RS (plné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,35 \text{ m/s}^2$

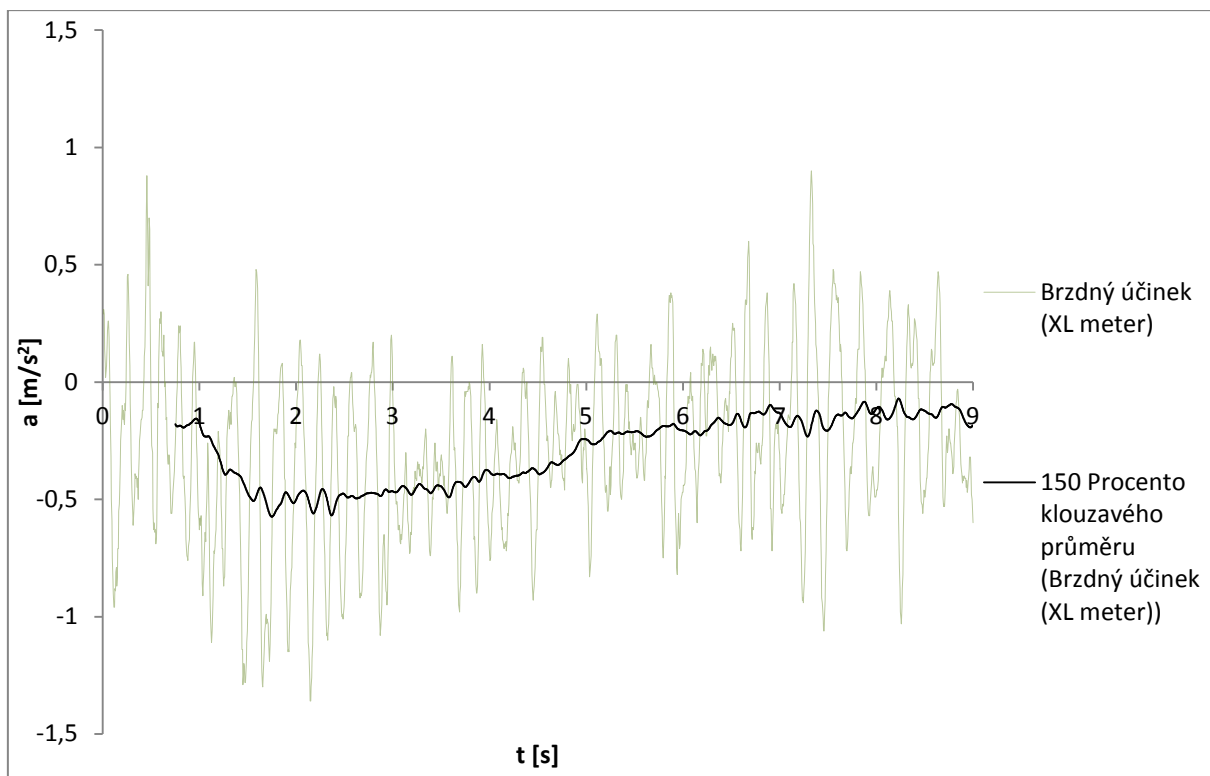
V případě naloženého NA motor brzdil přibližně 11,4 s na dráze 71,5 m. Nová rychlost vozidla dosahovala opět 15 km/h – 18 km/h. Náklad tedy prodloužil ujetou dráhu téměř o polovinu. Z grafu č. 4 je opět zjevné, kdy nastoupila provozní brzda – od 13. sekundy.



Graf 4: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 15 km/h) [vlastní]

Konfigurace 30 km/h-4. RS (prázdné)

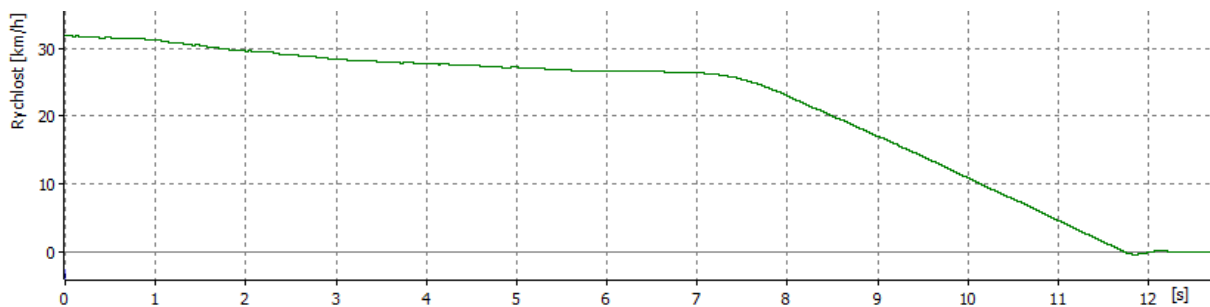
Automobil byl opět rozjet a ustálen na rychlosti 30 km/h, tentokrát se zařazeným 4. RS.



Graf 5: Brzdění motorem - Renault 30 km/h-4. RS (prázdné) [vlastní]

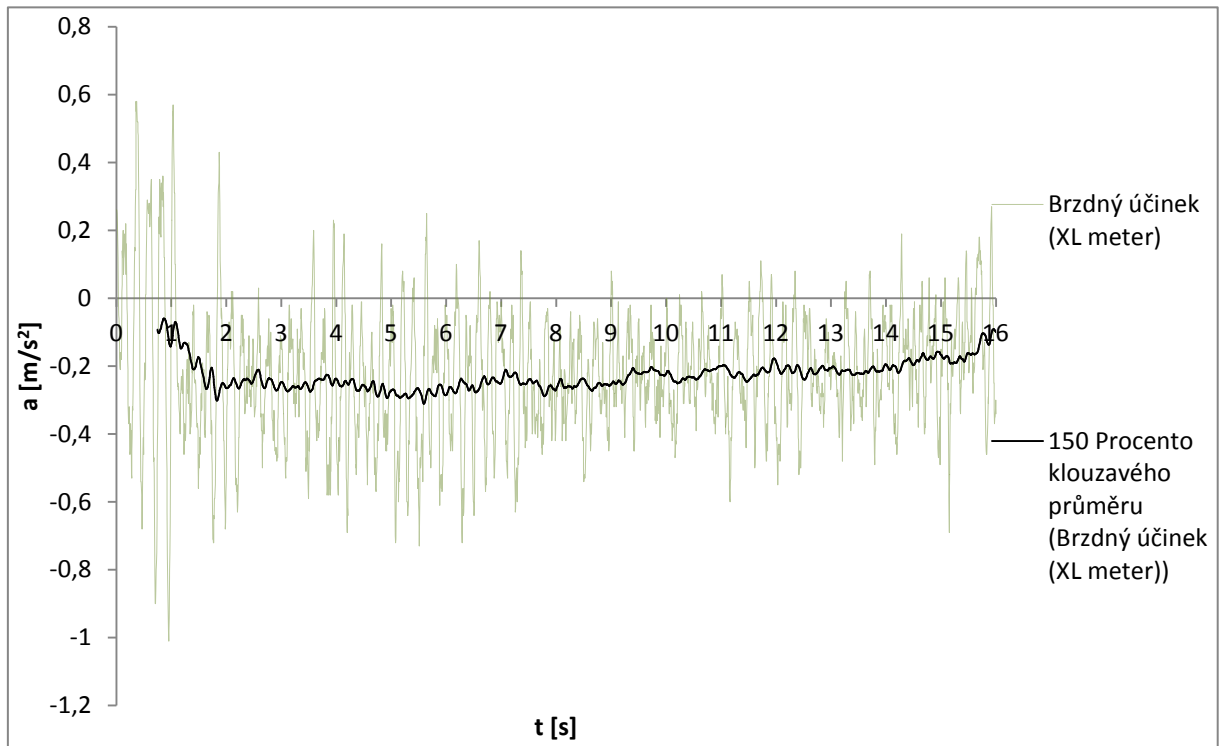
Průměrné zpomalení: $a = 0,29 \text{ s}$

Při stejné rychlosti dosahuje motor polovičního brzdňého účinku se zařazeným 4. RS nežli se 3. RS. Stejně tak je i nižší rozdíl mezi výchozí a výslednou rychlostí vozidla. Nyní vozidlo zpomalilo pouze na $\pm 25 \text{ km/h}$ (opět dle hodnot z přístrojové desky a XL meteru; viz graf č. 6). Krátce po 7. sekundě začal brzdňit opět řidič.



Graf 6: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 25 km/h) [vlastní]

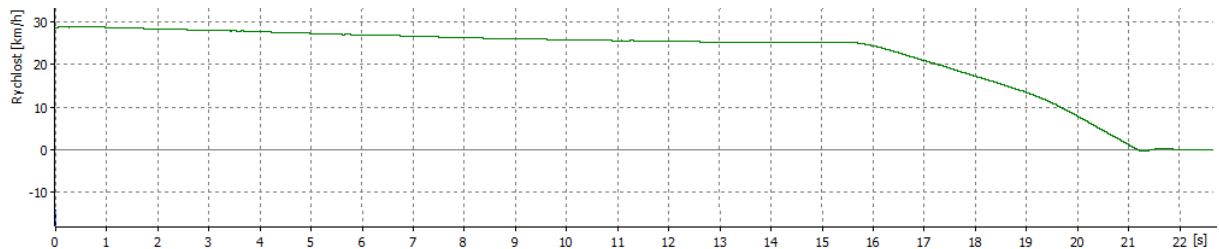
Konfigurace 30 km/h-4. RS (plné)



Graf 7: Brzdění motorem - Renault 30 km/h-4. RS (plné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,22 \text{ s}$

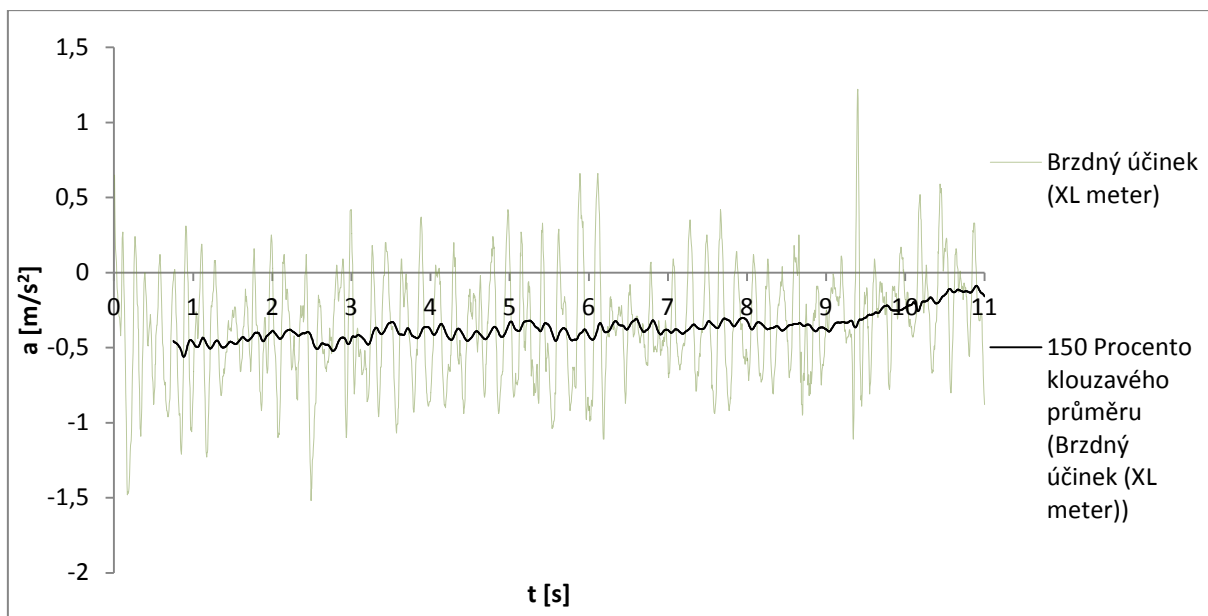
Zpomalení pouze na 25 km/h zůstává i v případě naloženého NA. Rozdíl mezi oběma zpomaleními ale už není tak velký, zhruba o čtvrtinu nižší v tomto měření. Brzdění trvalo 13 s za ujetí přibližně 98 m.



Graf 8: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 25 km/h) [vlastní]

Konfigurace 40 km/h-4. RS (prázdné)

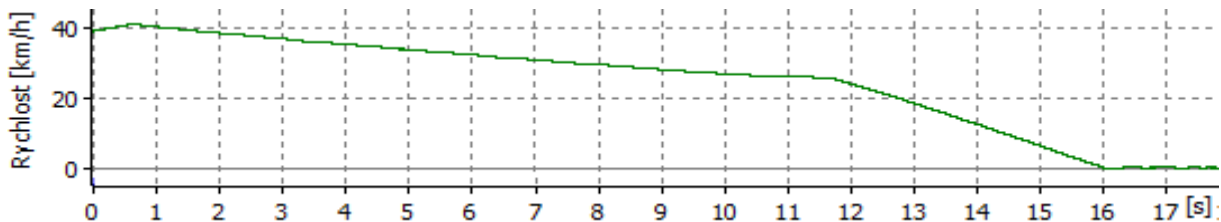
Pro porovnání tentokrát zařazených stejných převodových stupňů ale odlišné výchozí rychlosti bylo vozidlo rozjeto s uvedenou konfigurací.



Graf 9: Brzdění motorem - Renault 40 km/h-4. RS (prázdné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,36 \text{ m/s}^2$

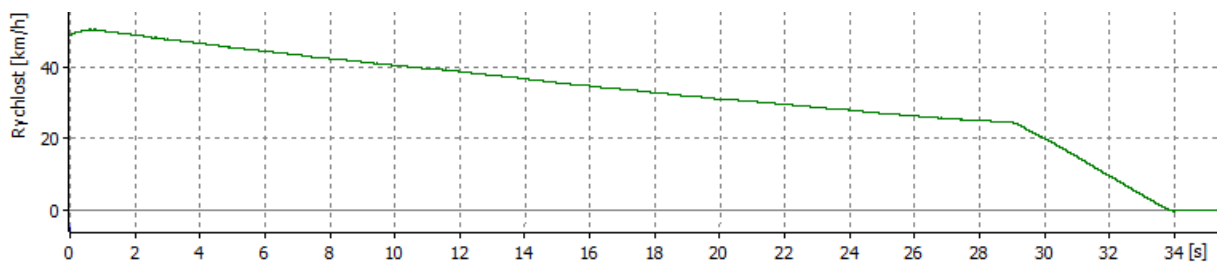
Jak lze vidět na grafu níže, 4. převodový stupeň vozidlo i z této rychlosti zpomalí opět do rychlosti 25 km/h. Brzdňý účinek motoru trval přibližně 11 s na dráze 100 m.



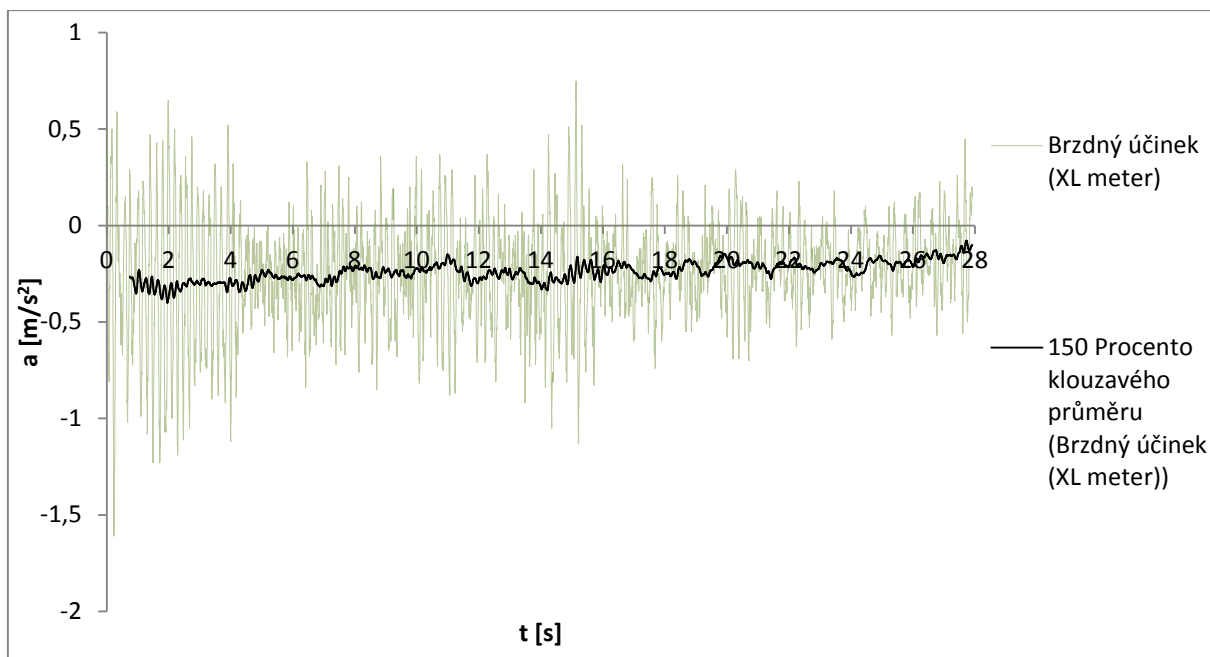
Graf 10: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (40 km/h → 25 km/h) [vlastní]

Konfigurace 40 km/h-4. RS (plné)

Sledovaný je vliv nákladu na velikost zpomalení a další veličiny při této konfiguraci. Naložené vozidlo zpomalovalo v průměru o třetinu méně. Dráha brzdění motorem se prodloužila na 287 m, kterou vozidlo urazilo zhruba za 29 s. Od té doby vozidlo zastavil řidič působením na brzdový pedál.



Graf 11: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (40 km/h → 25 km/h) [vlastní]

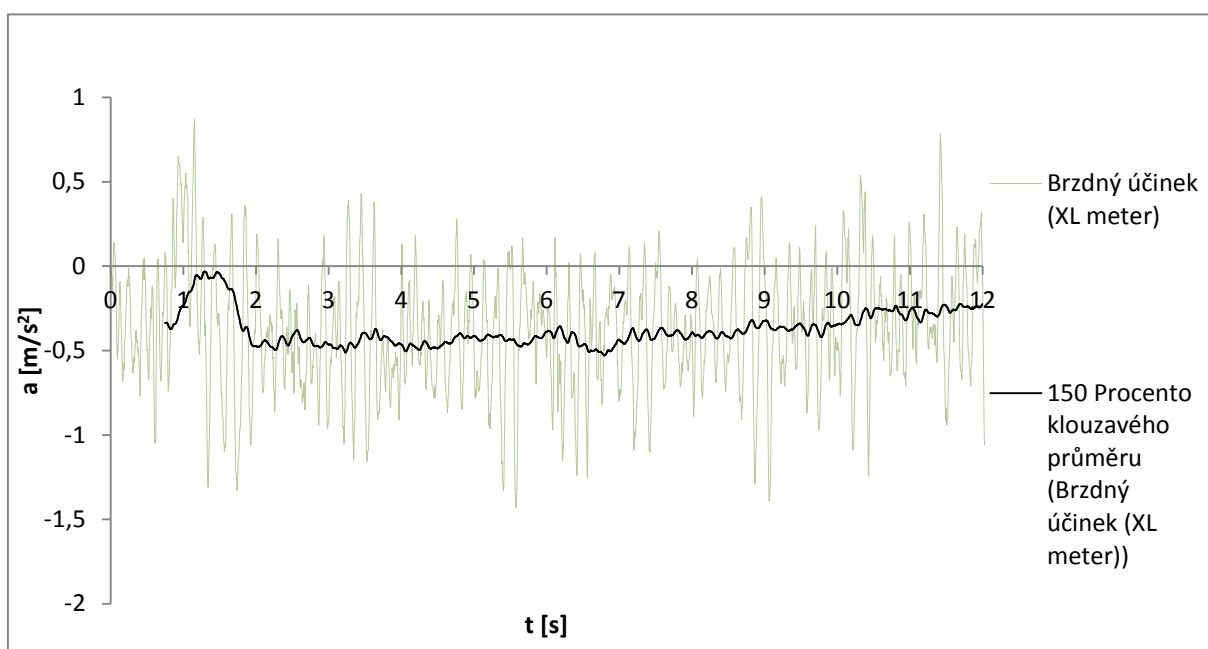


Graf 12: Brzdění motorem - Renault 40 km/h-4. RS (plné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,23 \text{ m/s}^2$

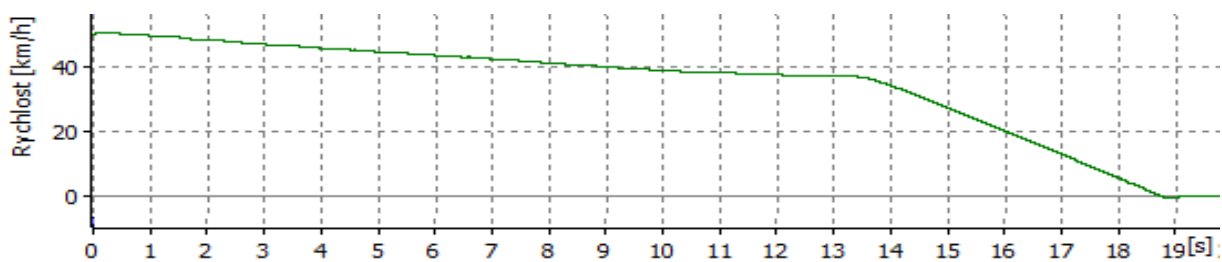
Konfigurace 50 km/h-5. RS (prázdné)

V neposlední řadě se měřila rychlost 50 km/h s dvěma různými převodovými stupni. Vozidlo bylo rozjeto a ustáleno na 50 km/h a v tomto okamžiku sundal řidič nohu z pedálu plynu a nechal brzdit motor. 5. RS dovolil zpomalit na 35-37 km/h (dle dat z XL metru a přístrojové desky). Výsledná dráha je přibližně 160 m ujetá za 14 s (viz graf č. 14).



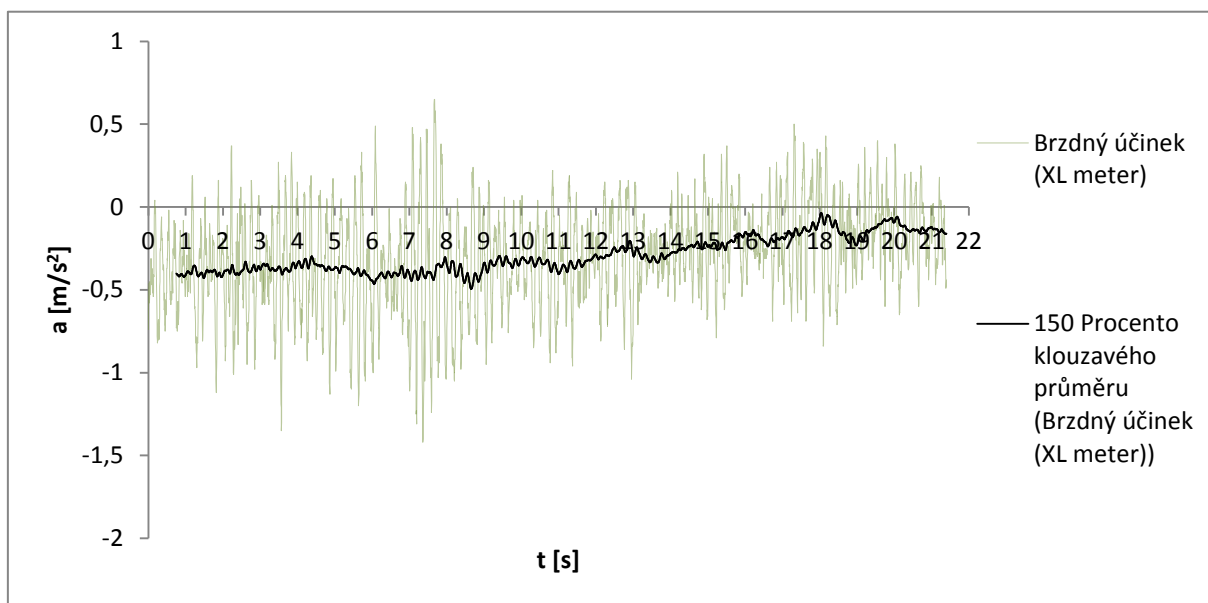
Graf 13: Brzdění motorem - Renault 50 km/h-5. RS (prázdné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,36 \text{ m/s}^2$



Graf 14: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 37 km/h) [vlastní]

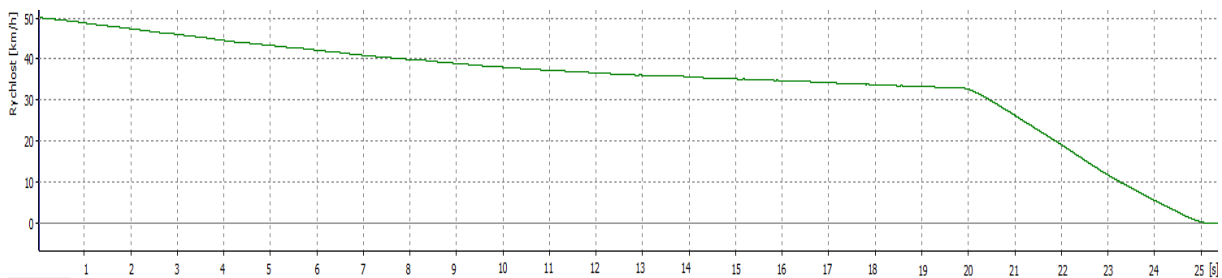
Konfigurace 50 km/h-5. RS (plné)



Graf 15: Brzdění motorem - Renault 50 km/h-5. RS (plné) [vlastní]

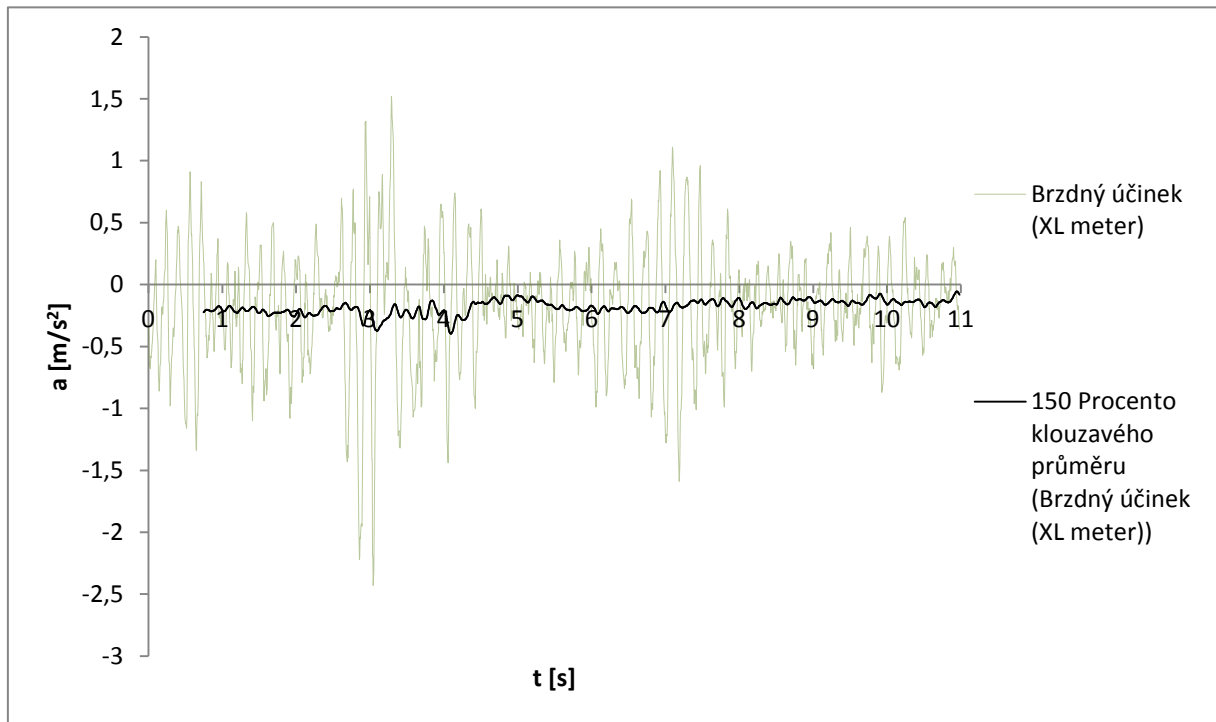
Průměrné zpomalení: $a = 0.29 \text{ m/s}^2$

Naložené vozidlo brzdilo opět menším zpomalením než prázdné a zpomalilo až na 33 km/h, což je méně než v případě prázdného. Dráha uražená vozidlem během brzdění byla 219 m, kterou auto překonalo za 20 s. Od této doby, jak ukazuje graf níže, brzdilo vozidlo díky provozní brzdě.



Graf 16: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 33 km/h) [vlastní]

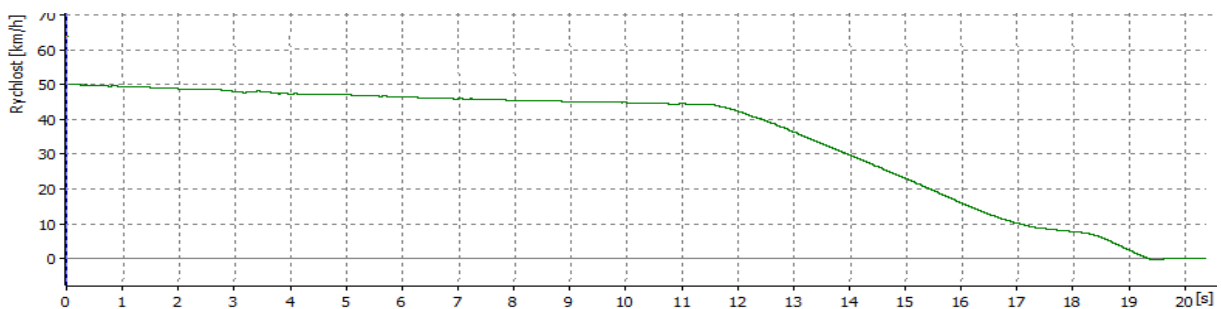
Konfigurace 50 km/h-6. RS (prázdné)



Graf 17: Brzdění motorem - Renault 50 km/h-6. RS (prázdné) [vlastní]

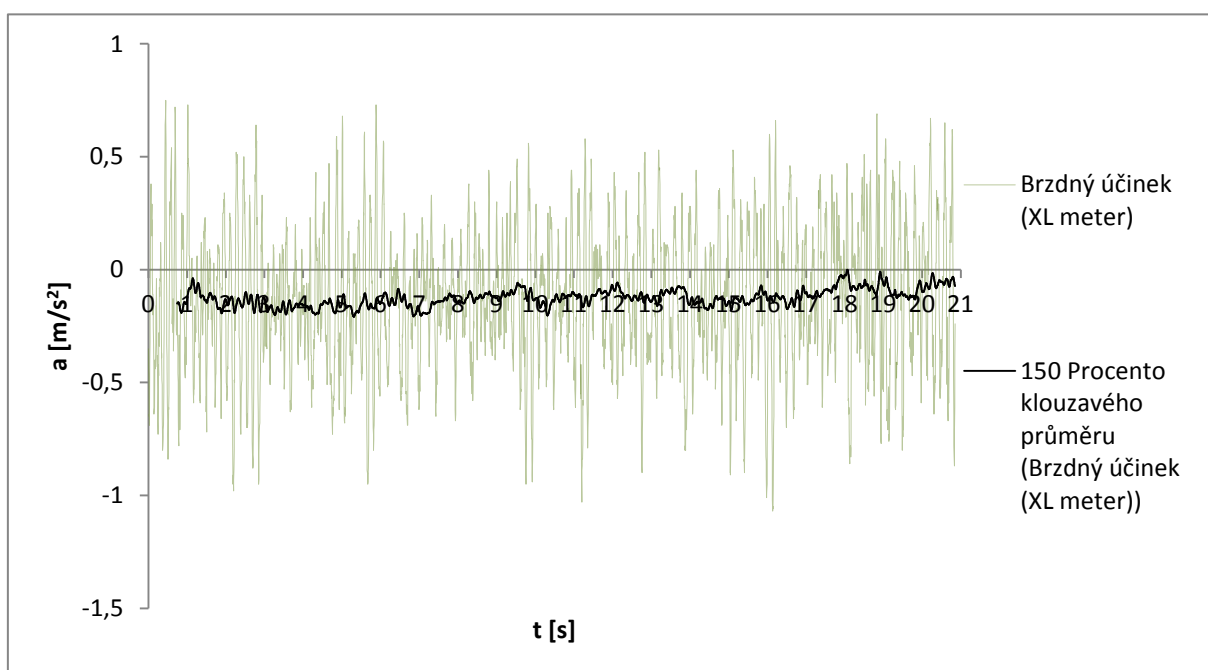
Průměrné zpomalení: $a = 0,18 \text{ m/s}^2$

Brzdňý účinek motoru při zařazeném 6. RS trval pouze 11 s a vozidlo při něm urazilo dráhu 142 m. Z grafu je patrné, že krátce před 12. sekundou působil řidič na pedál brzdy a vozidlo zastavil.



Graf 18: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 44 km/h) [vlastní]

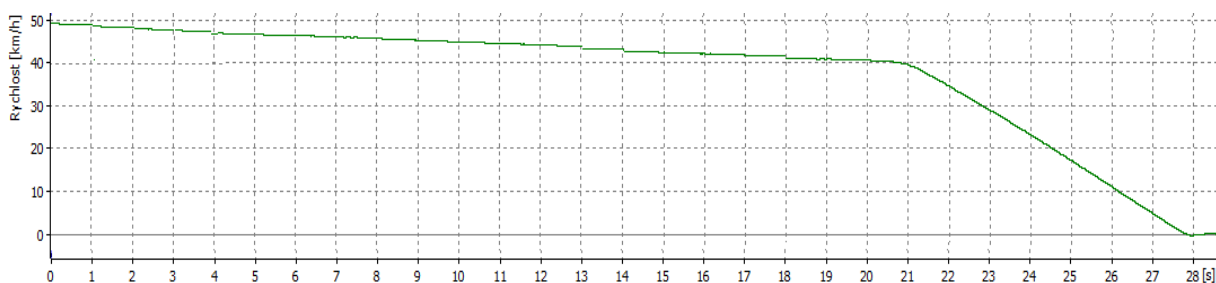
Konfigurace 50 km/h-6. RS (plné)



Graf 19: Brzdění motorem - Renault 50 km/h-6. RS (plné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,12 \text{ m/s}^2$

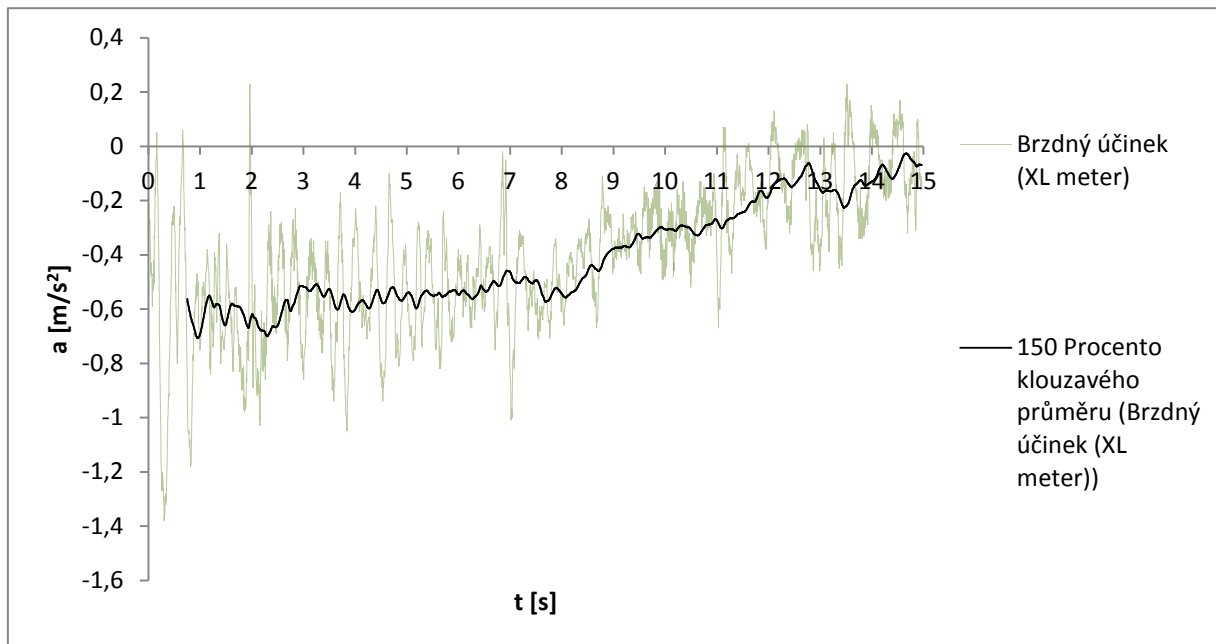
Naložené vozidlo zpomalovalo méně, než prázdné, proto byla i dosažená dráha delší – 265 m. Doba, po kterou brzdil motor, trvala přibližně 21 s a poté začal brzdit řidič.



Graf 20: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 40 km/h) [vlastní]

2.5.2 VOLVO 42 R

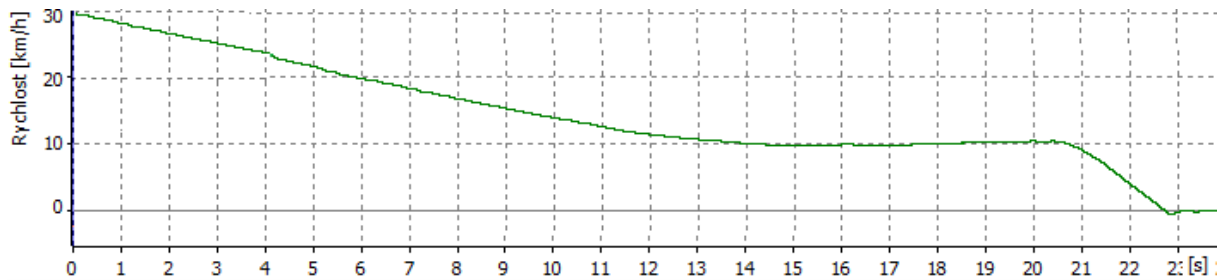
Konfigurace 30 km/h-3. RS (prázdné)



Graf 21: Brzdění motorem - Volvo 30 km/h-3. RS (prázdné) [vlastní]

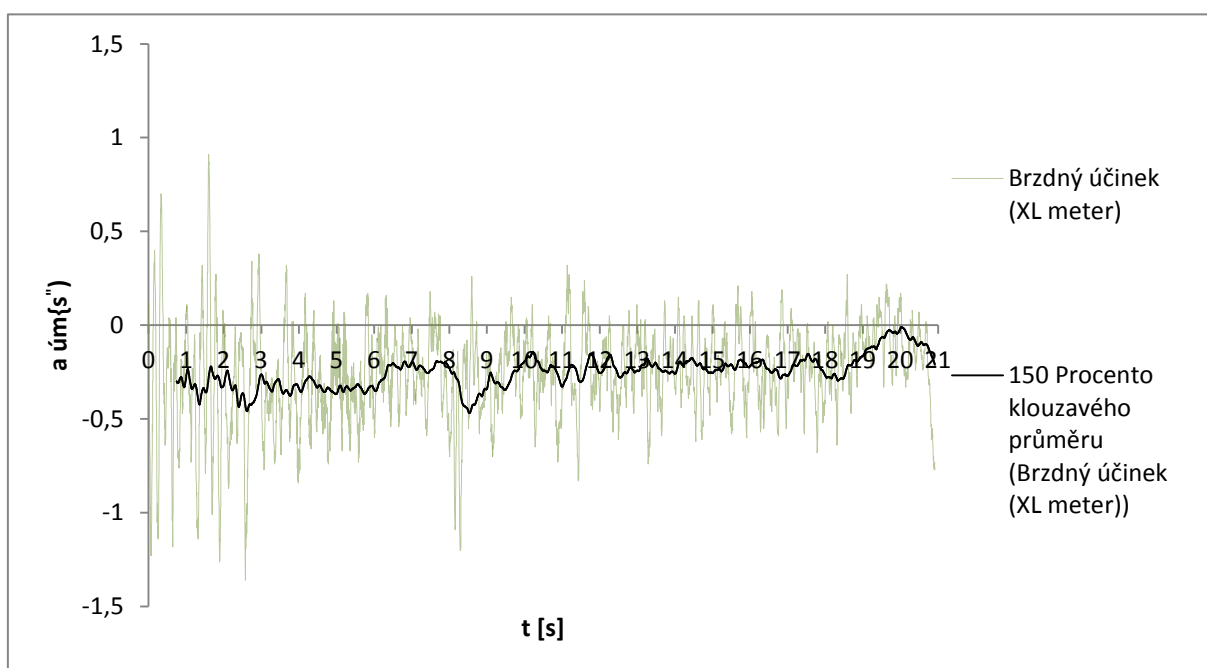
Průměrné zpomalení: $a = 0,41 \text{ m/s}^2$

Vozidlo dosahovalo uvedeného zpomalení na dráze 71 m, kterou urazilo za 15 s. Z výchozí rychlosti 30 km/h motor zpomalil na 10 km/h. Po 20. sekundě brzdil opět řidič.



Graf 22: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 10 km/h) [vlastní]

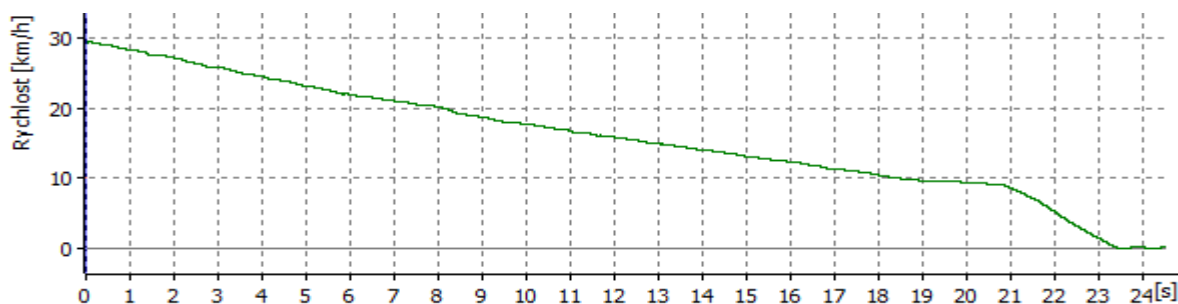
Konfigurace 30 km/h-3. RS (plné)



Graf 23: Brzdění motorem - Volvo 30 km/h-3. RS (plné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,25 \text{ m/s}^2$

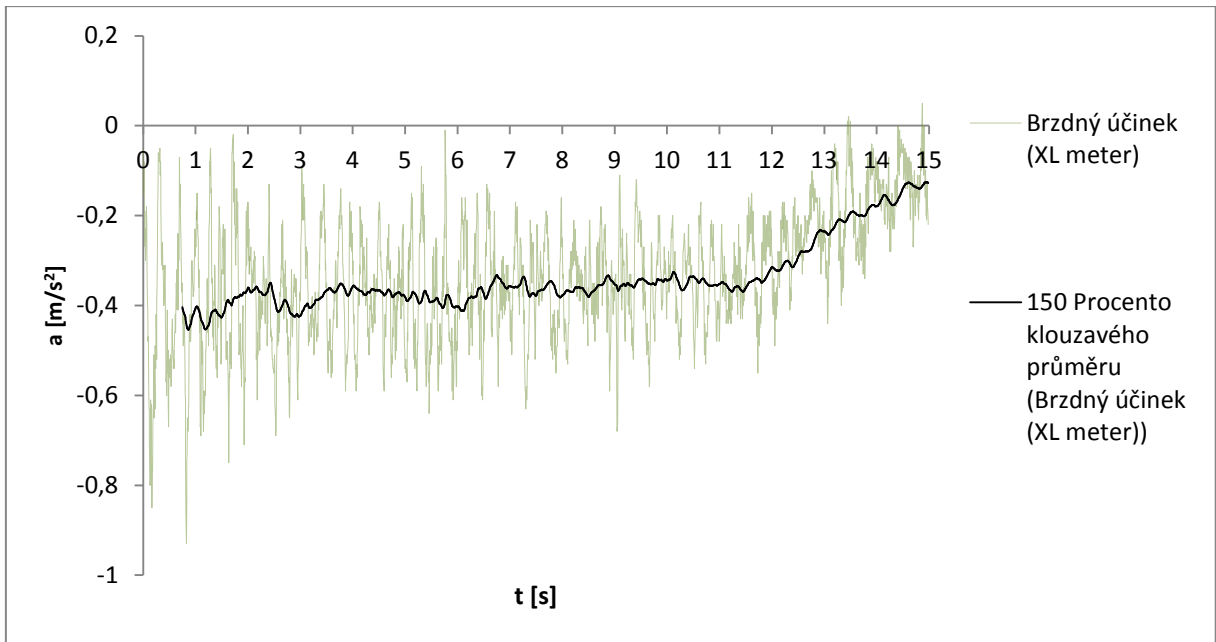
Zpomalení vozidla bylo téměř poloviční oproti tomu prázdnému. Obdobně se zvětšila i uražená dráha během tohoto brzdění – na 119 m. K jejímu ujetí bylo zapotřebí necelých 21 s. Následovalo řidičovo působení na brzdový pedál.



Graf 24: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 10 km/h) [vlastní]

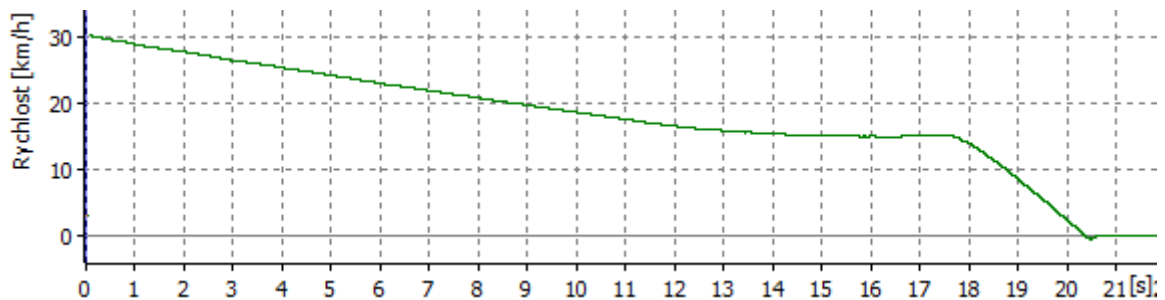
Konfigurace 30 km/h-4. RS (prázdné)

Zařazený 3. RS zpomalí vozidlo přibližně na 15 km/h. Doba, po kterou se projevoval brzdňý účinek motoru, se pohybovala okolo 15 s, za niž bylo naměřeno ujetých 88 m. V průběhu 15. až 18. sekundy se ustálila konečná rychlost a v závěru tohoto úseku sešlápl řidič pedál brzdy.



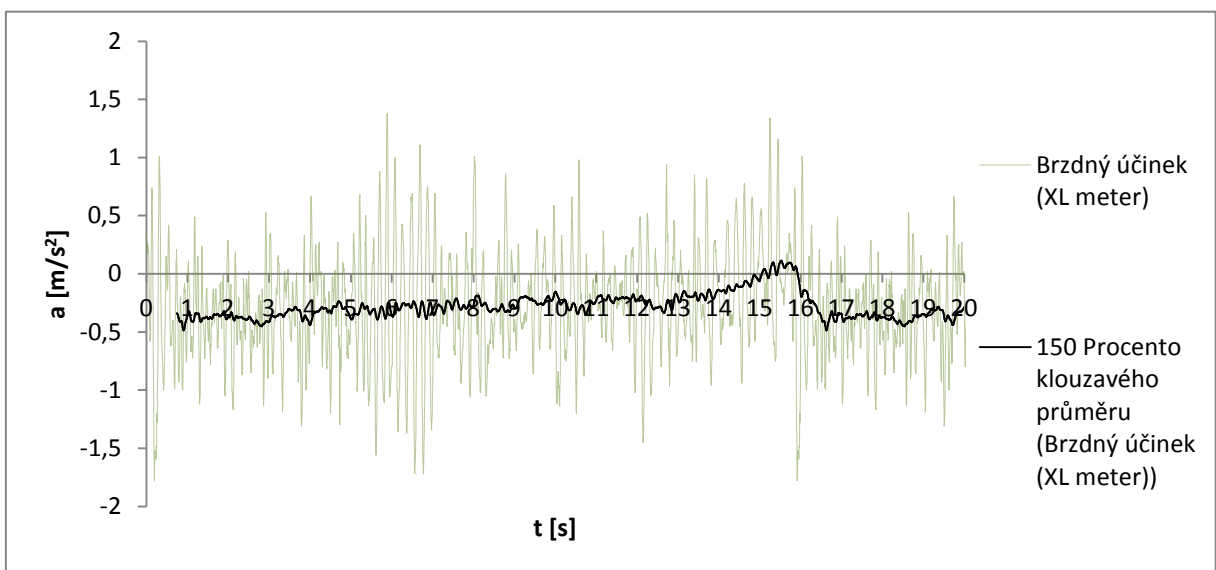
Graf 25: Brzdění motorem - Volvo 30 km/h-4. RS (prázdné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,33 \text{ m/s}^2$



Graf 26: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 15 km/h) [vlastní]

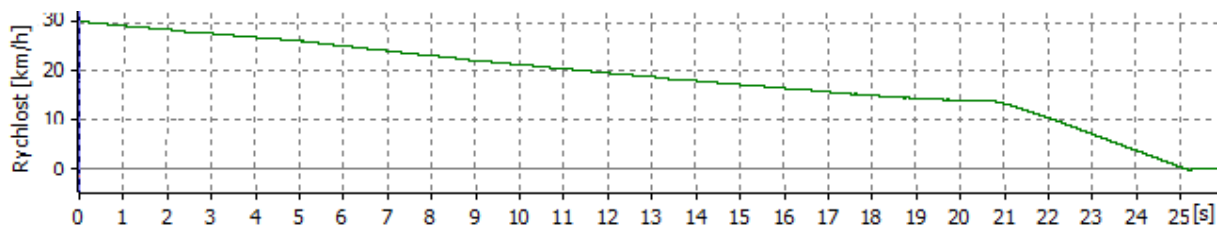
Konfigurace 30 km/h-4. RS (plné)



Graf 27: Brzdění motorem - Volvo 30 km/h-4. RS (plné) [vlastní]

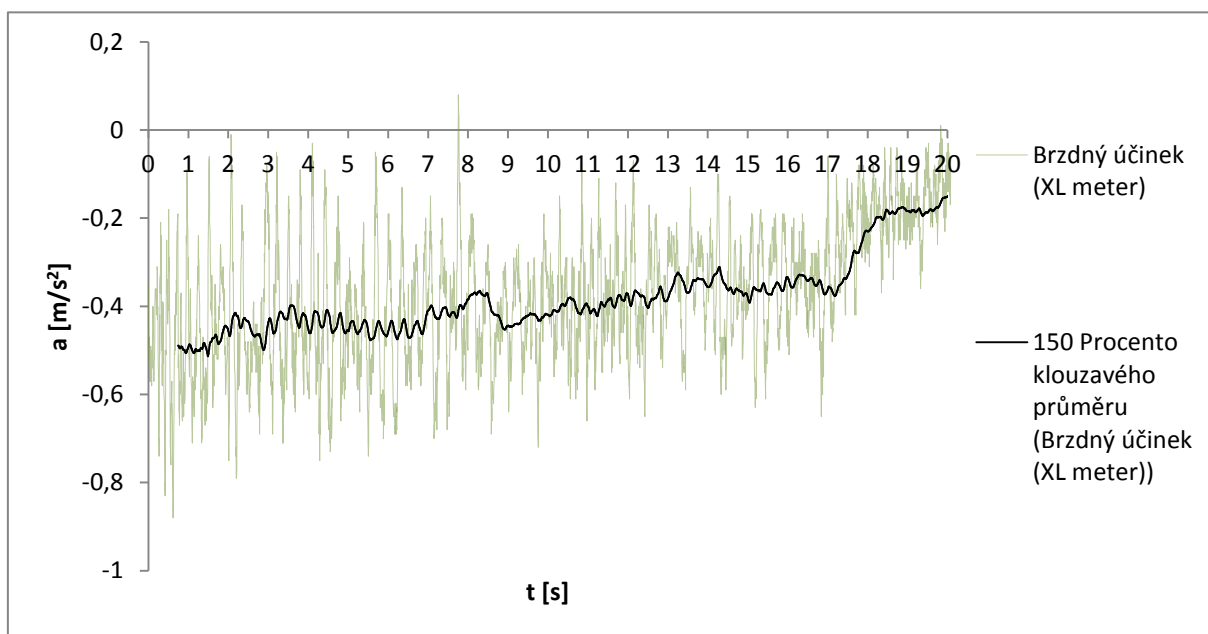
Průměrné zpomalení: $a = 0,27 \text{ m/s}^2$

Při zařazeném 4. RS a plném zatížení se vozidlo dostalo na obdobnou rychlost, a to 12 km/h, se zpomalením jen o 20% nižším. Brzdění motorem trvalo přibližně 20 s, během nichž vozidlo ujelo 155 m. Na grafu č. 28 lze vidět, že od 21. sekundy brzdil opět řidič.



Graf 28: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 12 km/h) [vlastní]

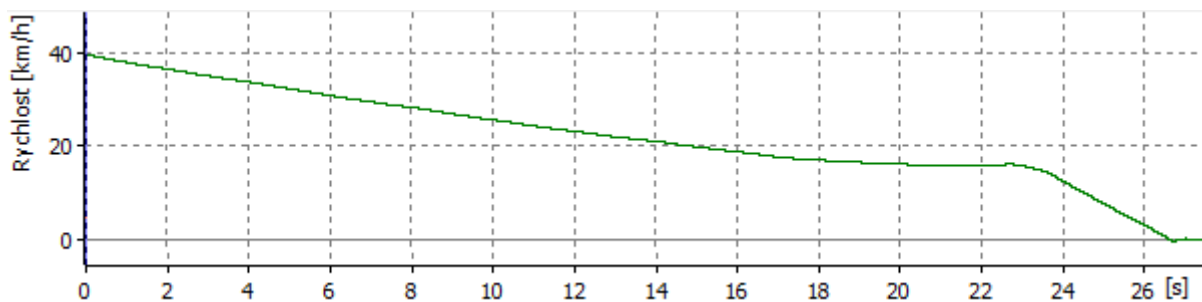
Konfigurace 40 km/h-4. RS (prázdné)



Graf 29: Brzdění motorem - Volvo 40 km/h-4. RS (prázdné) [vlastní]

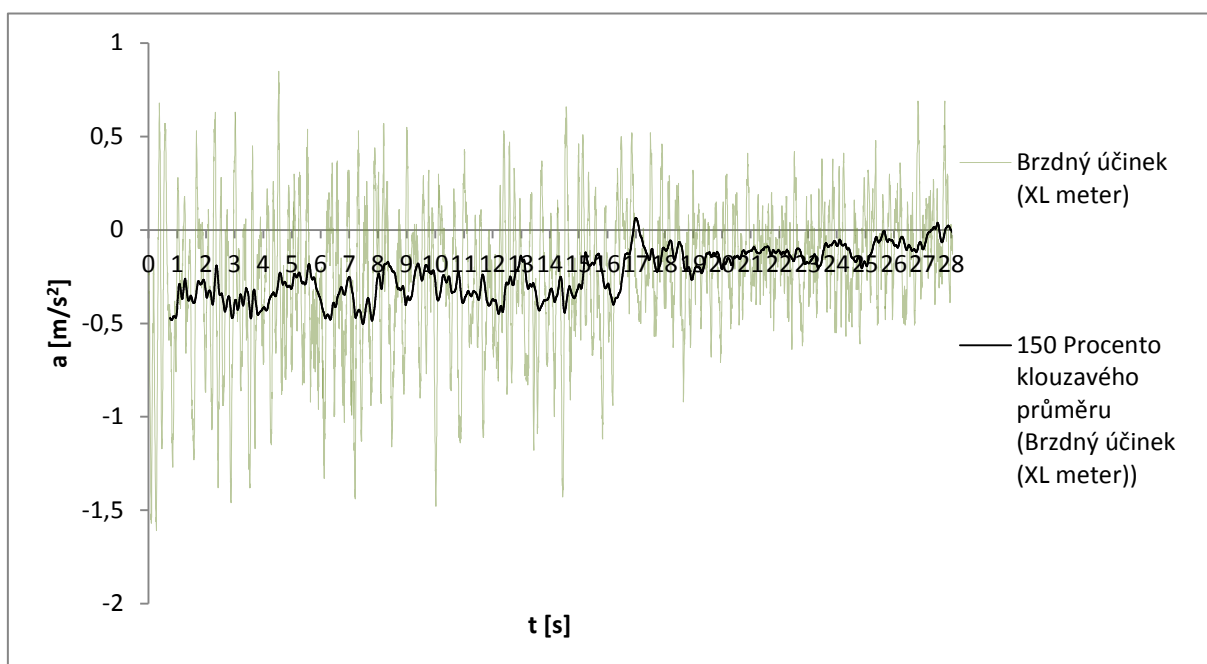
Průměrné zpomalení: $a = 0,38 \text{ m/s}^2$

Při zařazeném 4. RS vozidlo zpomalí uvedeným zpomalením na 16 km/h, podobně jako u 30 km/h coby výchozí rychlosti. Dráha, po kterou vozidlo zpomalovalo, byla přibližně 147 m. Tuto urazilo za 20 s. Od 20. do 22. sekundy se vozidlo ustálilo na konečné rychlosti a krátce poté jej řidič provozní brzdou zastavit.



Graf 30: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (40 km/h → 16 km/h) [vlastní]

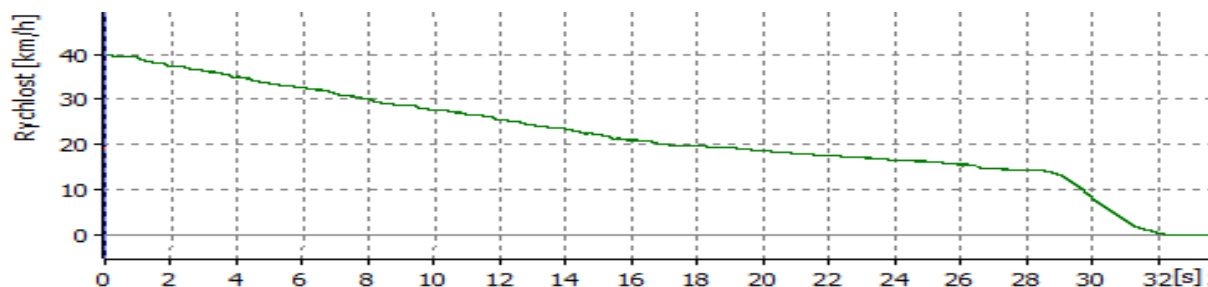
Konfigurace 40 km/h-4. RS (plné)



Graf 31: Brzdění motorem - Volvo 40 km/h-4. RS (plné) [vlastní]

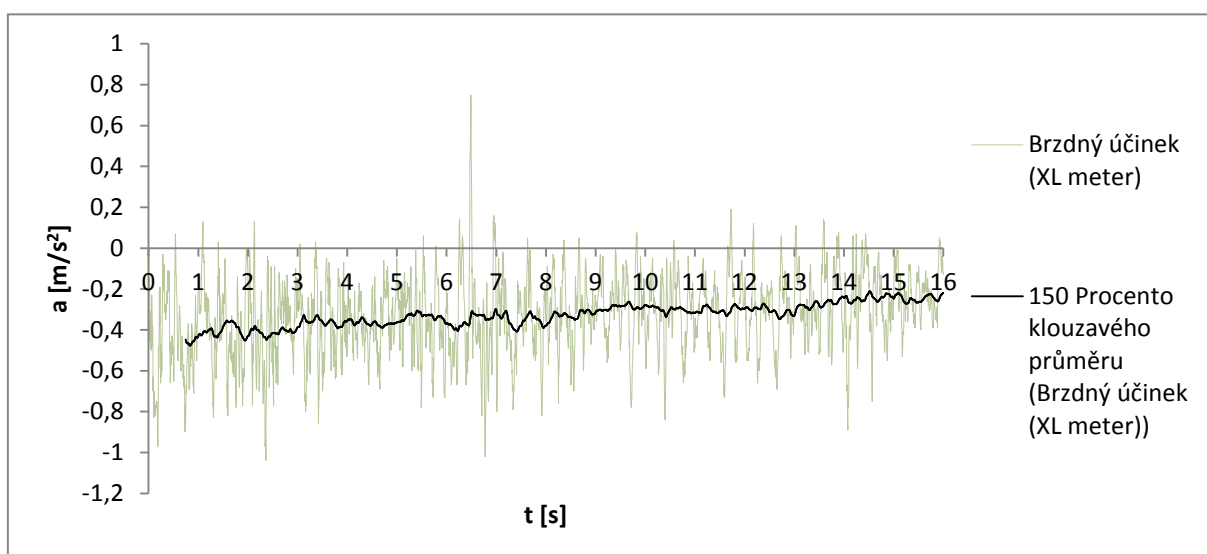
Průměrné zpomalení: $a = 0,24 \text{ m/s}^2$

Naložené vozidlo zjištěným zpomalením, které je zhruba o 37% menší než předchozí, zpomalilo ze 40 km/h na 14 km/h. Motor projevoval svůj brzdňý účinek po dobu 27 s na dráze 212,5 m. Změna doby se pohybovalo okolo 30%, kdežto nárůst dráhy byl až o 45%.



Graf 32: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (40 km/h → 14 km/h) [vlastní]

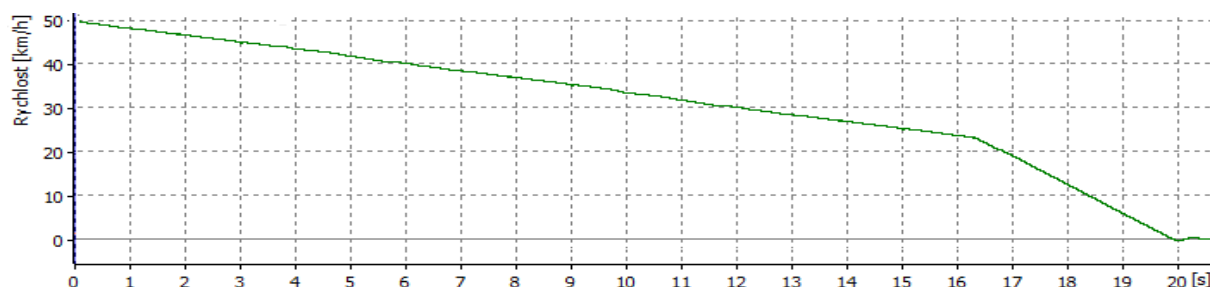
Konfigurace 50 km/h-5. RS (prázdné)



Graf 33: Brzdění motorem - Volvo 50 km/h-5. RS (prázdné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,33 \text{ m/s}^2$

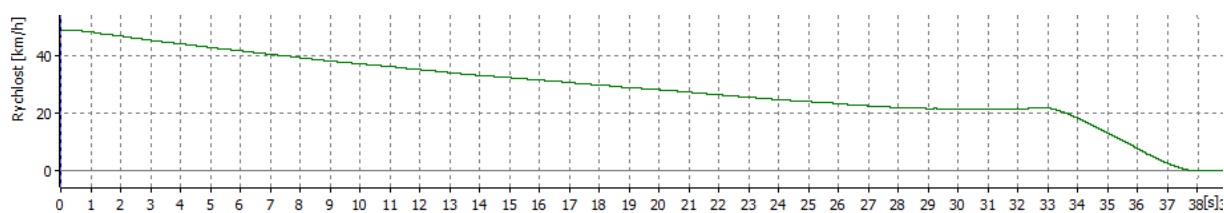
Z požadované výchozí rychlosti Volvo zpomalí na 23 km/h během 16 s. Za tuto dobu byla naměřena dráha v délce přibližně 180 m. Krátce po 16. sekundě se projevil brzdňý účinek provozní brzdy, jak dokazuje graf č. 34.



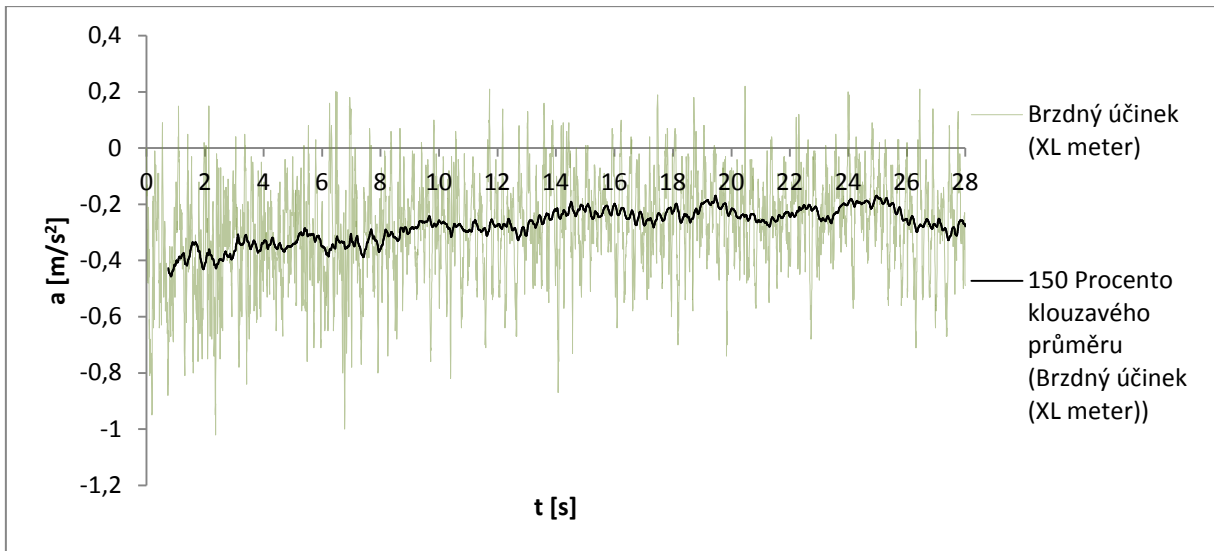
Graf 34: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 23 km/h) [vlastní]

Konfigurace 50 km/h-5. RS (plné)

Při zařazeném 5. RS vozidlo zpomalí na cca 22 km/h. Motor brzdil přibližně 28 s na dráze 279 m. Během 29. a 33. sekundy se vozidlo ustálilo na své konečné rychlosti a od této doby brzdil řidič pedálem brzdy.



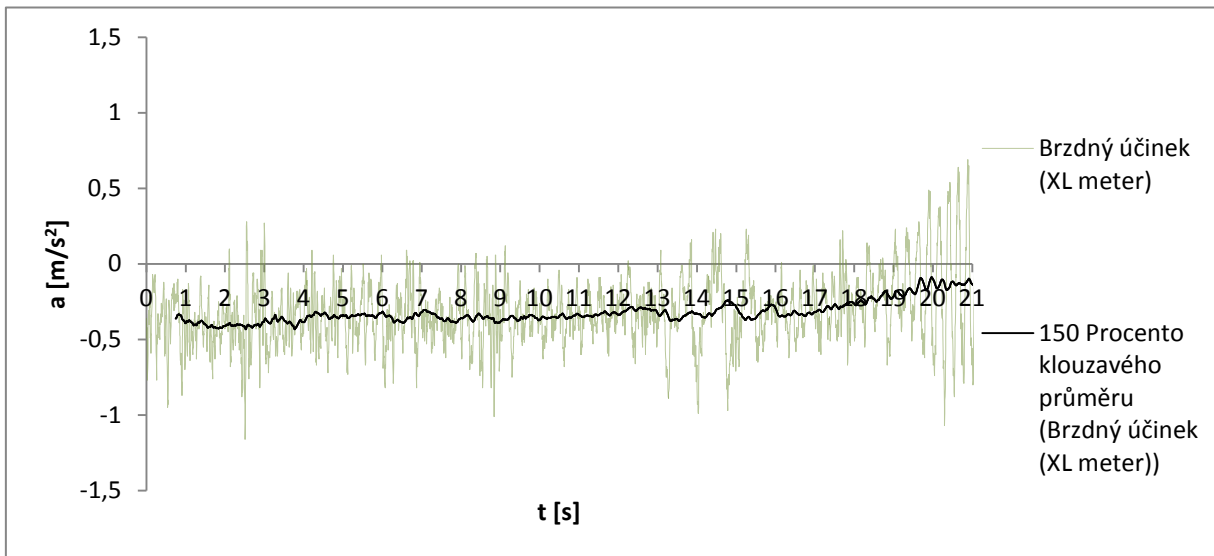
Graf 35: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 22 km/h) [vlastní]



Graf 36: Brzdění motorem - Volvo 50 km/h-5. RS (plné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,28 \text{ m/s}^2$

Konfigurace 50 km/h-6. RS (prázdné)

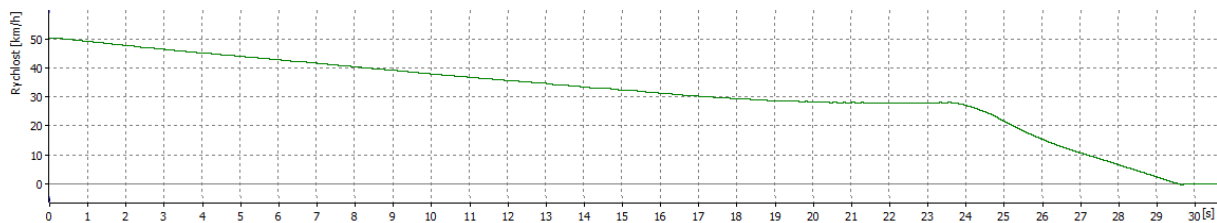


Graf 37: Brzdění motorem - Volvo 50 km/h-6. RS (prázdné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,31 \text{ m/s}^2$

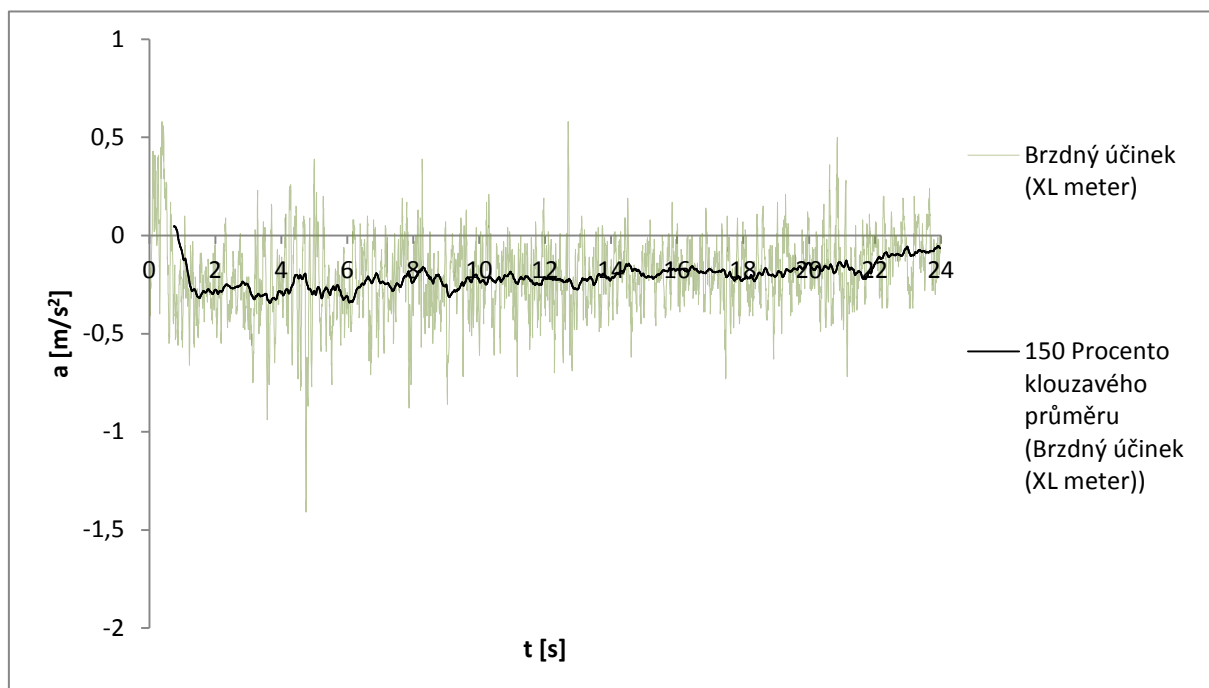
Zařazená „6“ nezpomalí vozidlo na takovou rychlost, jako tomu bylo u Renaultu, pouze na 38 km/h. NA během brzdění ujelo dráhu odpovídající 224 m za dobu 21 s.

Od 21. sekundy do 24. se vozidlo ustálilo na své nové rychlosti a poté brzdil řidič.



Graf 38: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 28 km/h) [vlastní]

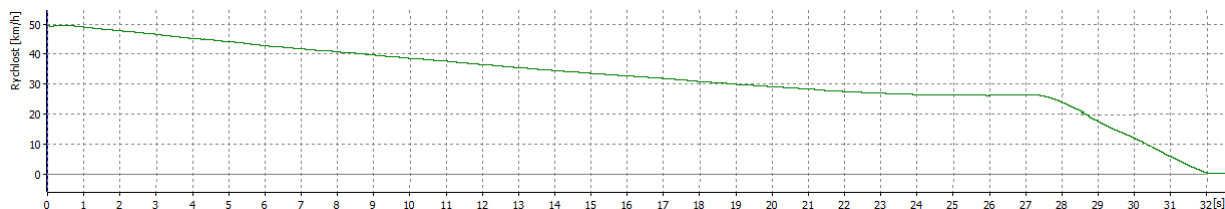
Konfigurace 50 km/h-6. RS (plné)



Graf 39: Brzdění motorem - Volvo 50 km/h-6. RS (plné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,20 \text{ m/s}^2$

Naložené vozidlo při brzdění vykazovalo menší zpomalení nežli prázdné. Čas i dráha, během nichž automobil zpomaloval, se prodloužily a to na 25 s a 284 m. Mezi 25. – 28. sekundou došlo k ustálení na konečné rychlosti, poté brzdil řidič.



Graf 40: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 26 km/h) [vlastní]

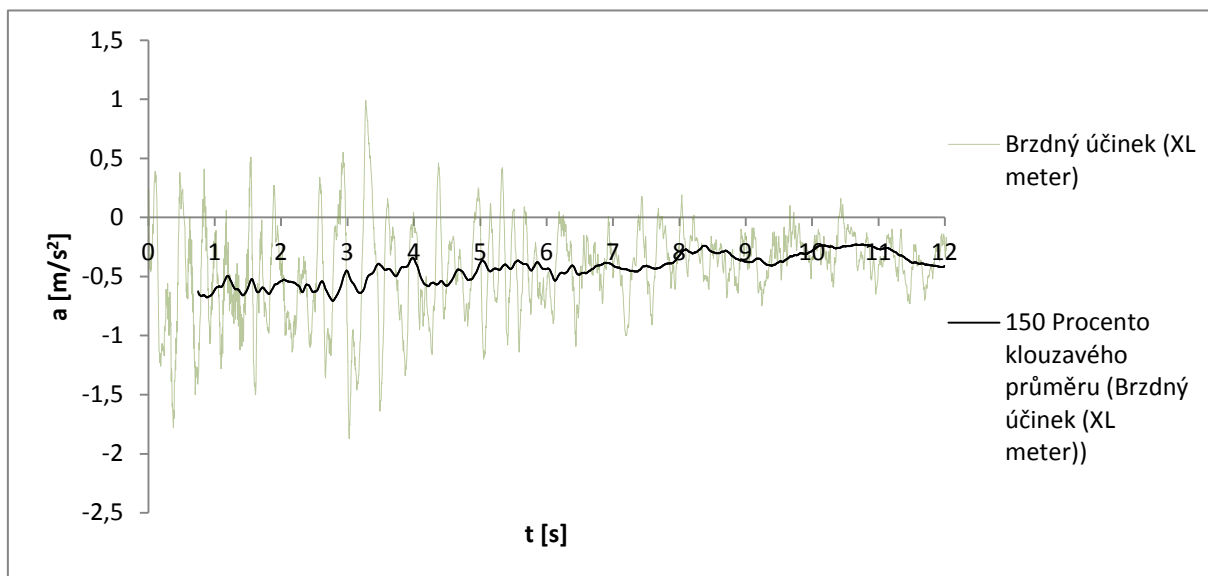
2.5.3 ŠKODA 706

Vzhledem k tomu, že vozidlo je poněkud starší výroby a chybí zde šestý převodový stupeň, byly všechny konfigurace upravené a odlišné od předchozích vozidel. Výchozí rychlosti jsou

v případě tohoto NA brány z výsledných hodnot XL meteru, neboť se tyto naměřené hodnoty liší od výše rychlosti, kterou ukazovala přístrojová deska vozu ($\pm 5-10$ km/h).

Konfigurace 25 km/h-3. RS (prázdné)

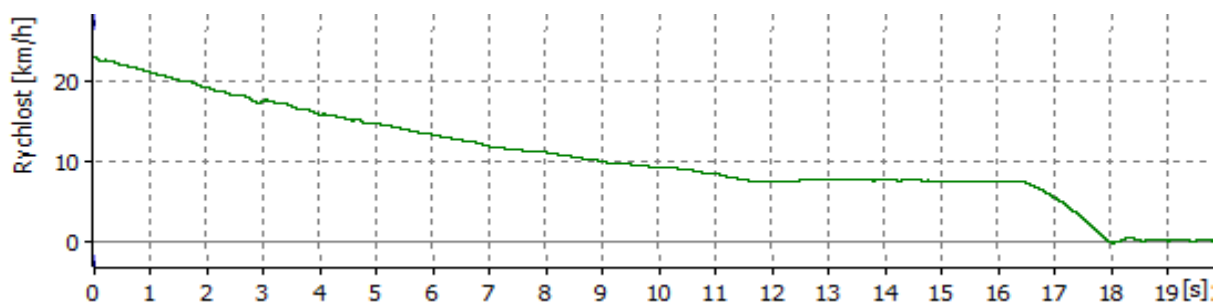
Aby bylo možné sledovat brzdný účinek při zařazeném 3. RS, musela být výchozí rychlost NA stanovena na 22-25 km/h. Graf zpomalení vykazuje díky opotřebovanému odpružení podstatně větší výkyvy hodnot podélného zpomalení nežli předchozí měření.



Graf 41: Brzdění motorem - Škoda 25 km/h-3. RS (prázdné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,43$ m/s²

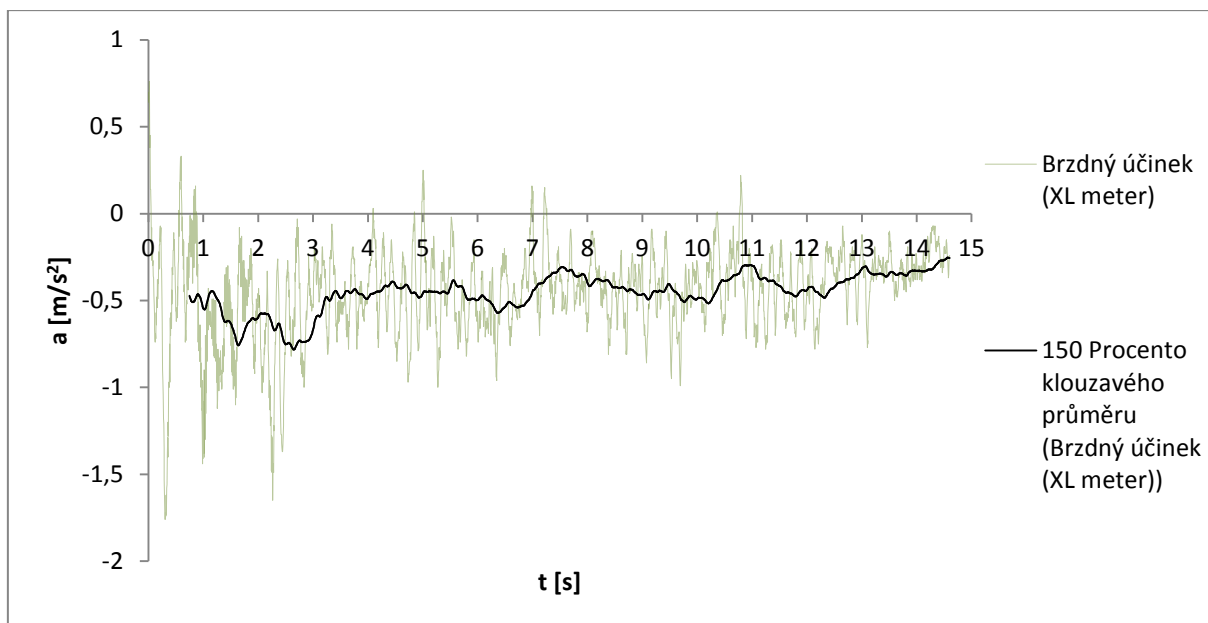
Vozidlo zjištěným zpomalením dosáhlo rychlosti přibližně 7,5 km/h. Uražená dráha během brzdění byla 49 m. Vozidlo brzdilo motorem cca 12 s. Jak lze vidět v grafu níže, od 16,5 s vozidlo zastavoval řidič působením na pedál brzdy.



Graf 42: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (24 km/h → 7,5 km/h) [vlastní]

Konfigurace 25 km/h-3. RS (plné)

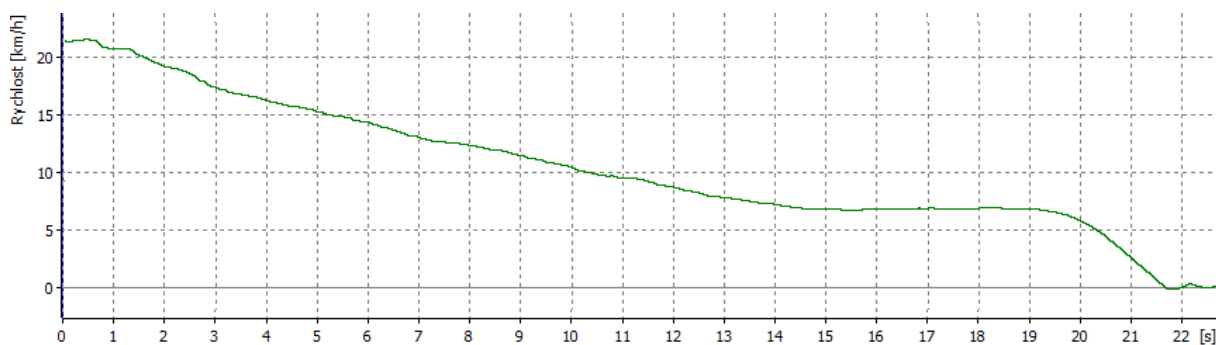
Pro srovnání brzdného účinku motoru byla tatáž konfigurace zvolena i pro plně naložené auto.



Graf 43: Brzdění motorem - Škoda 25 km/h-3. RS (plně) [vlastní]

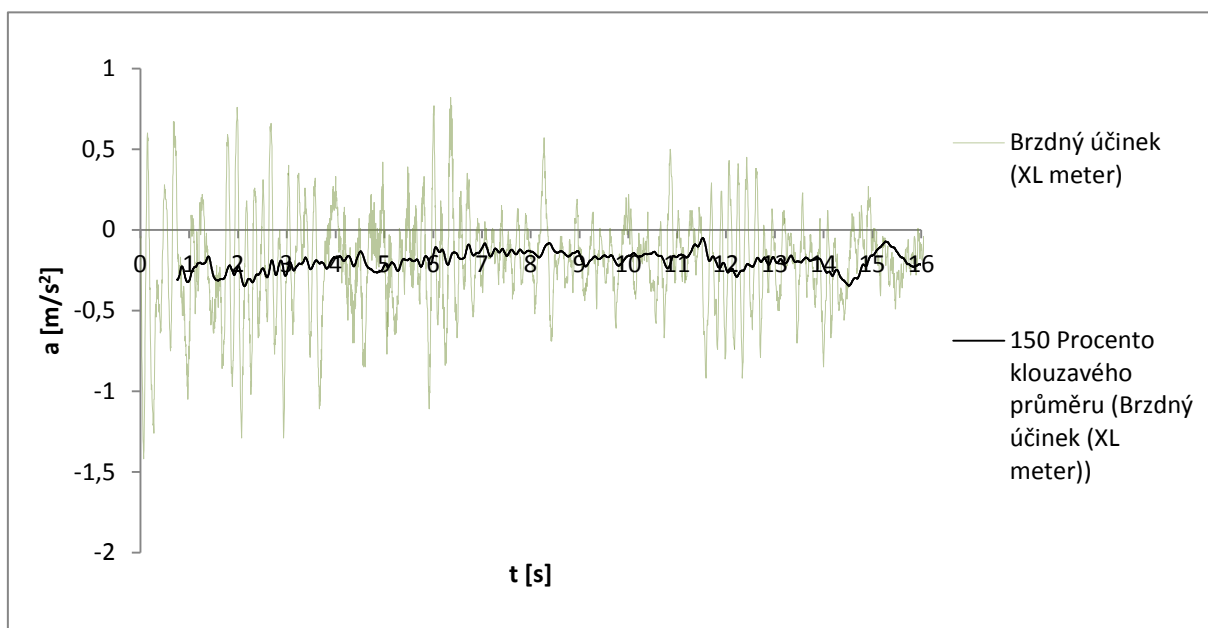
Průměrné zpomalení: $a = 0,34 \text{ m/s}^2$

Plně naložené NA mělo menší zpomalení, čímž se protáhla i jeho dráha, po kterou brzdil motor, a to na 53 m. Po 15 s se rychlost ustálila opět na cca 7 km/h a od 19. s brzdil řidič.



Graf 44: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (24 km/h → 7,5 km/h) [vlastní]

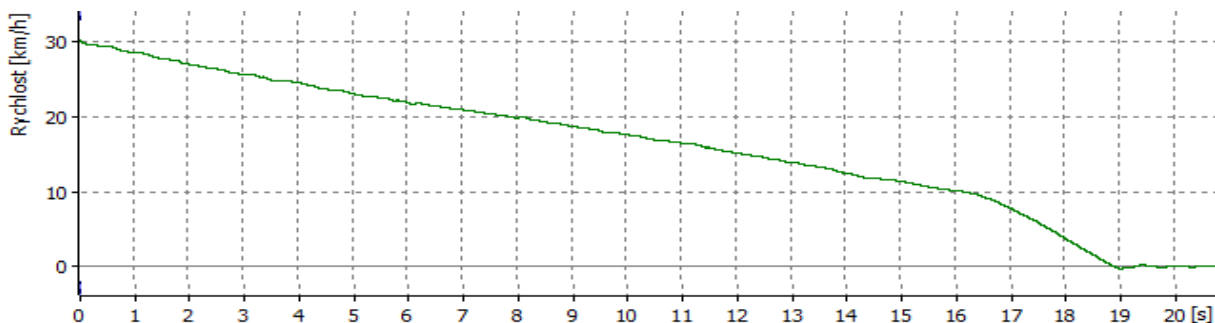
Konfigurace 30 km/h-4. RS (prázdné)



Graf 45: Brzdění motorem - Škoda 30 km/h-4. RS (prázdné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,36 \text{ m/s}^2$

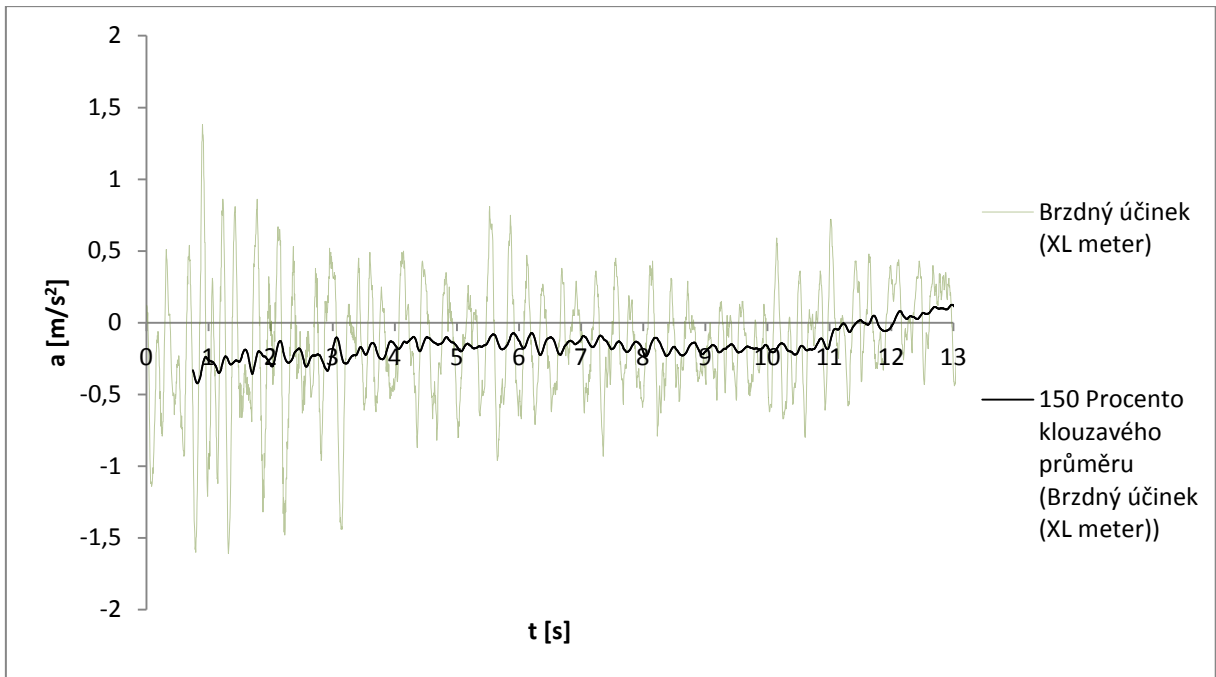
Jak lze vyčíst z grafu níže, motor se zařazeným 4. převodovým stupněm dokáže zpomalit toto vozidlo na 10 km/h a to za dobu zhruba 16 s. Potřebuje k tomu dráhu o délce 90 m.



Graf 46: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 10 km/h) [vlastní]

Konfigurace 30 km/h-4. RS (plné)

Plně naložené vozidlo dosahovalo téměř poloviční hodnoty zpomalení a stejně jako prázdné, zpomalilo na 10 km/h.

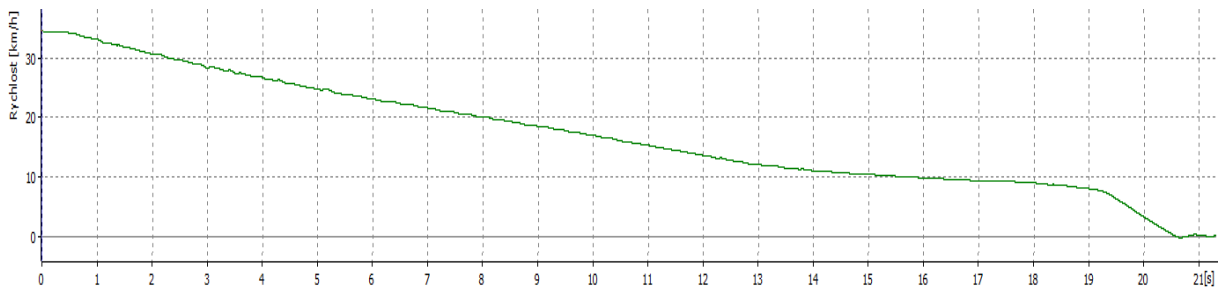


Graf 47: Brzdění motorem - Škoda 30 km/h-4. RS (plné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,19 \text{ m/s}^2$

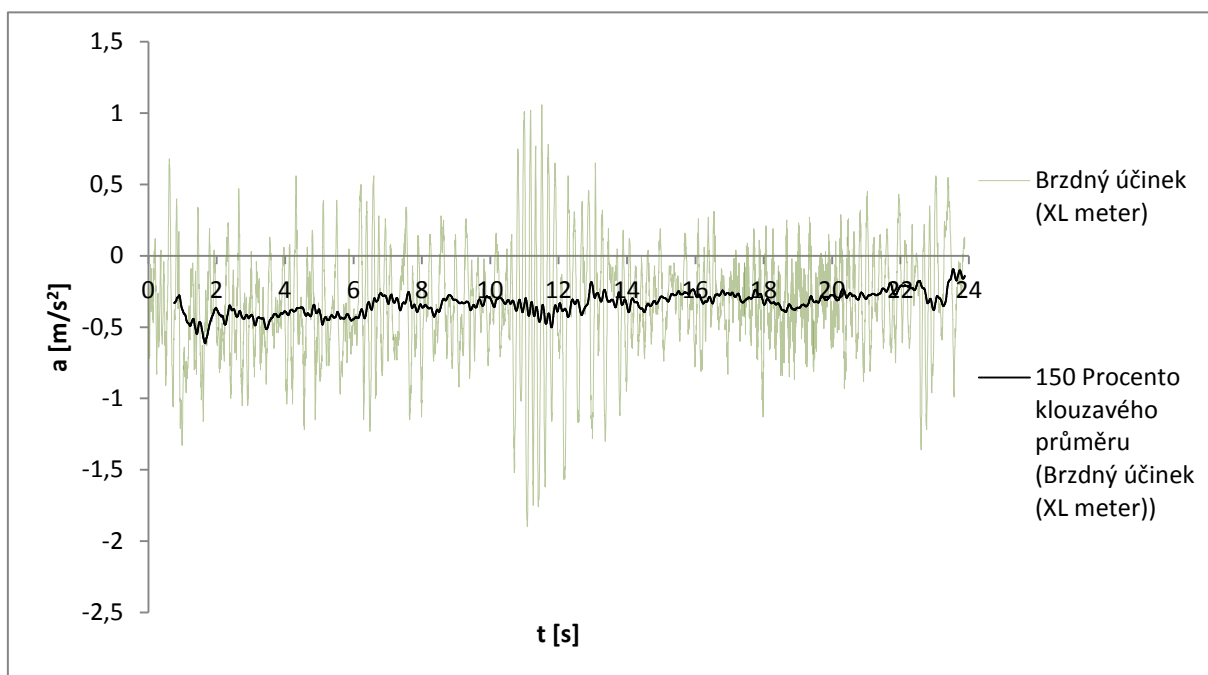
Výchozí naměřená rychlost byla o něco vyšší – 34 km/h. Dráha potřebná k plnému projevení brzdňého účinku byla 145 m, ujetá za 19s.

Přibližně od 19. sekundy opět zasahoval řidič a vozidlo zastavil pedálem brzd.



Graf 48: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 10 km/h) [vlastní]

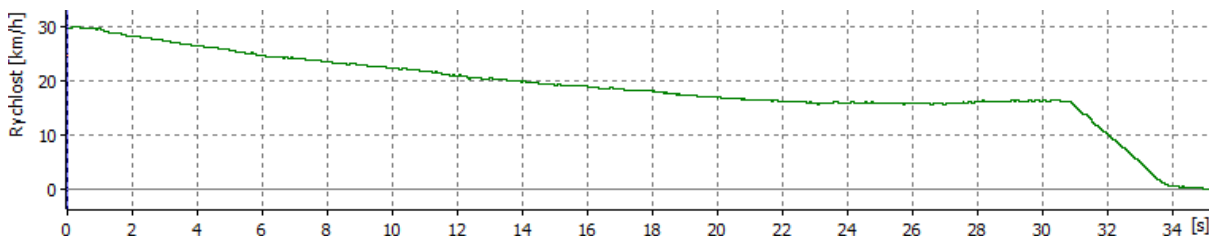
Konfigurace 30 km/h-5. RS (prázdné)



Graf 49: Brzdění motorem - Škoda 30 km/h-5. RS (prázdné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,33 \text{ m/s}^2$

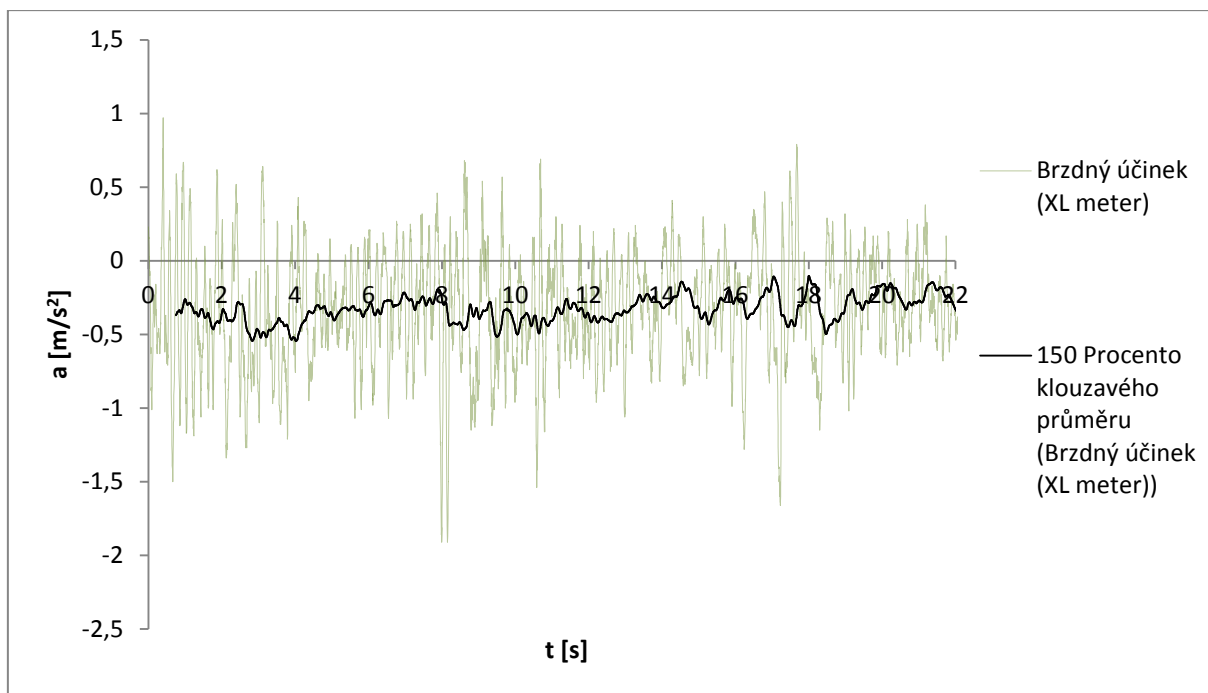
Další měření hodnotilo opět rychlost 30 km/h, nyní však se zařazeným 4. RS. Ten vozidlu dal zpomalení $0,33 \text{ m/s}^2$ a ustálil jej na rychlosti přibližně 15 km/h. Potřebná dráha byla 104 m ujetá za 23 s. Viz graf č. 25, od 31. sekundy brzdí řidič.



Graf 50: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 15 km/h) [vlastní]

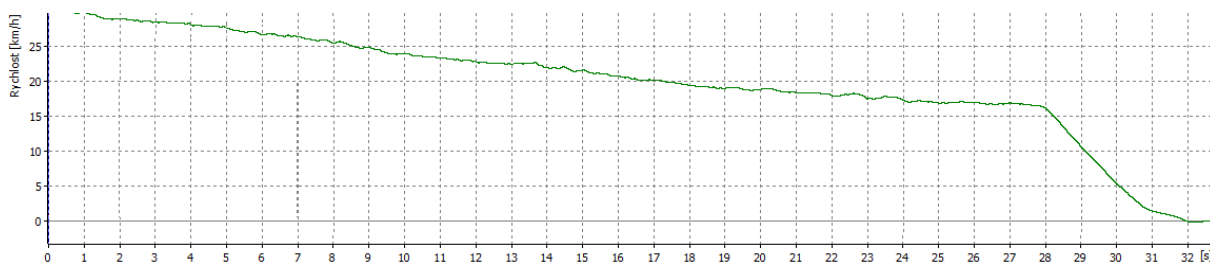
Konfigurace 30 km/h-5. RS (plné)

S plně naloženým autem se zpomalení zmenšilo téměř na polovinu v případě prázdného NA. Brzdňá dráha se prodloužila na necelých 156 m a k jejímu dosažení bylo potřeba 27 s. Na počátku 28. sekundy převzal brzdění řidič a sešlápl brzdový pedál.



Graf 51: Brzdění motorem - Škoda 30 km/h-5. RS (plné) [vlastní]

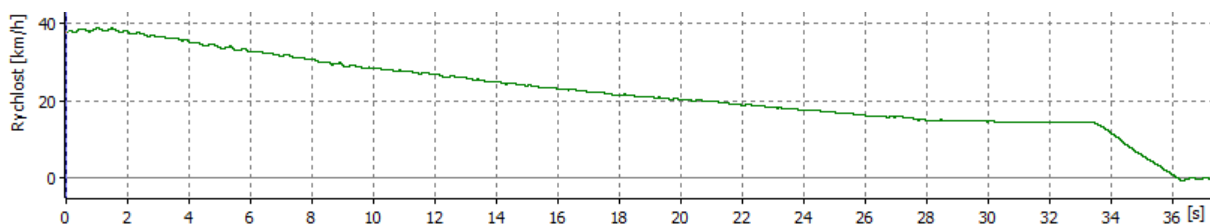
Průměrné zpomalení: $a = 0,19 \text{ m/s}^2$



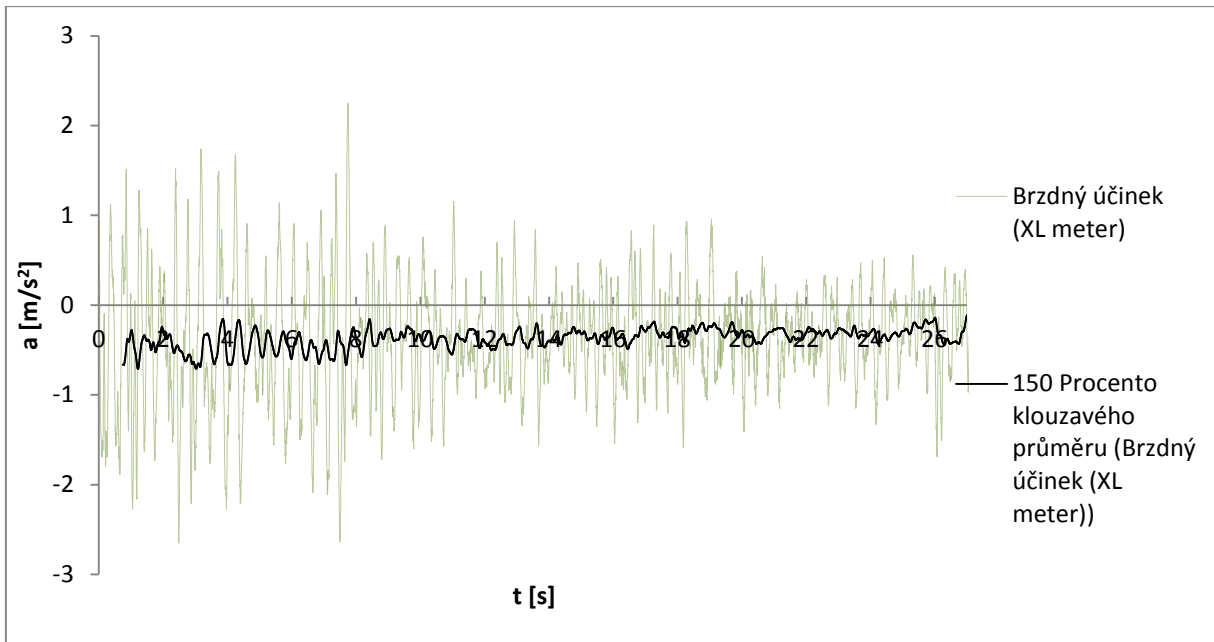
Graf 52: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 15 km/h) [vlastní]

Konfigurace 40 km/h-5. RS (prázdné)

Vozidlo bylo se zařazeným 5. RS měřeno i z další rychlosti. Skutečná rychlost dle dat z XL meteru odpovídala přibližně 38 km/h. Z ní Škoda zpomalovala zpomalením níže na konečnou rychlost 15 km/h. Této rychlosti bylo dosaženo během 29 s na ujeté dráze asi 155 m. Mezi 29 a 33 s vozidlo ustálilo svou novou rychlost a poté řidič začal brzdit až do zastavení.



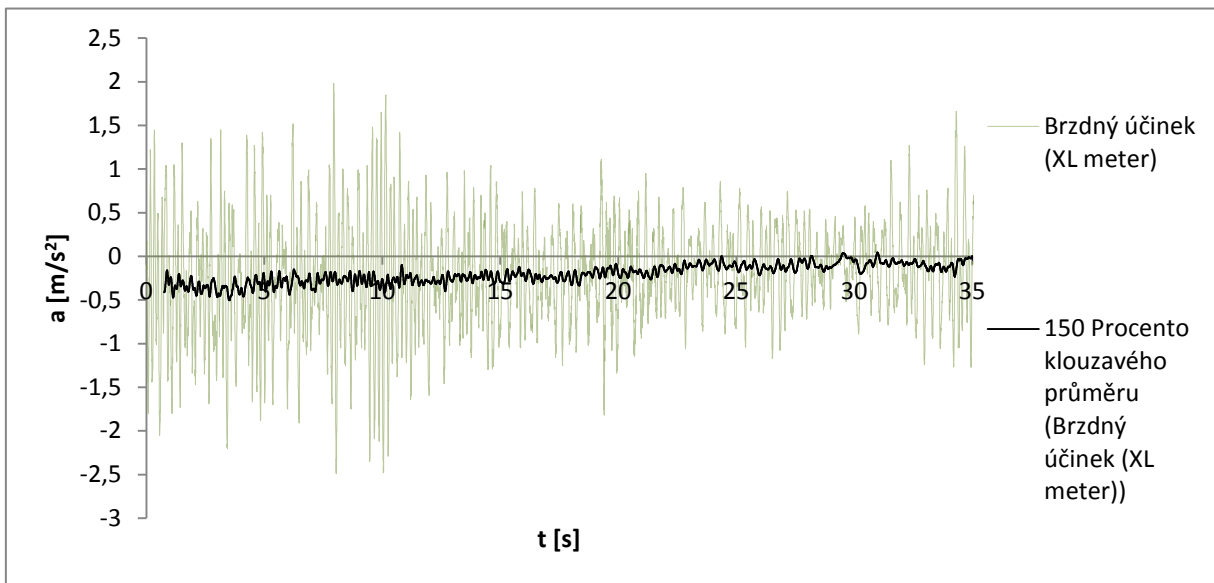
Graf 53: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (40 km/h → 15 km/h) [vlastní]



Graf 54: Brzdění motorem - Škoda 40 km/h-5. RS (prázdné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,36 \text{ m/s}^2$

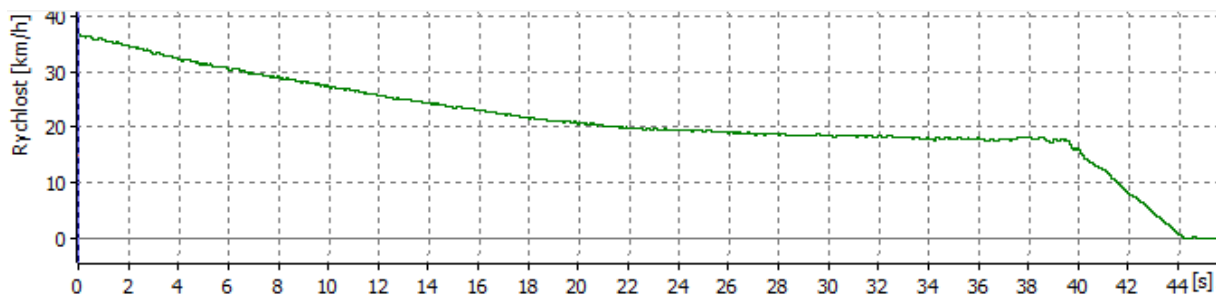
Konfigurace 40 km/h-5. RS (plné)



Graf 55: Brzdění motorem - Škoda 40 km/h-5. RS (plné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,20 \text{ m/s}^2$

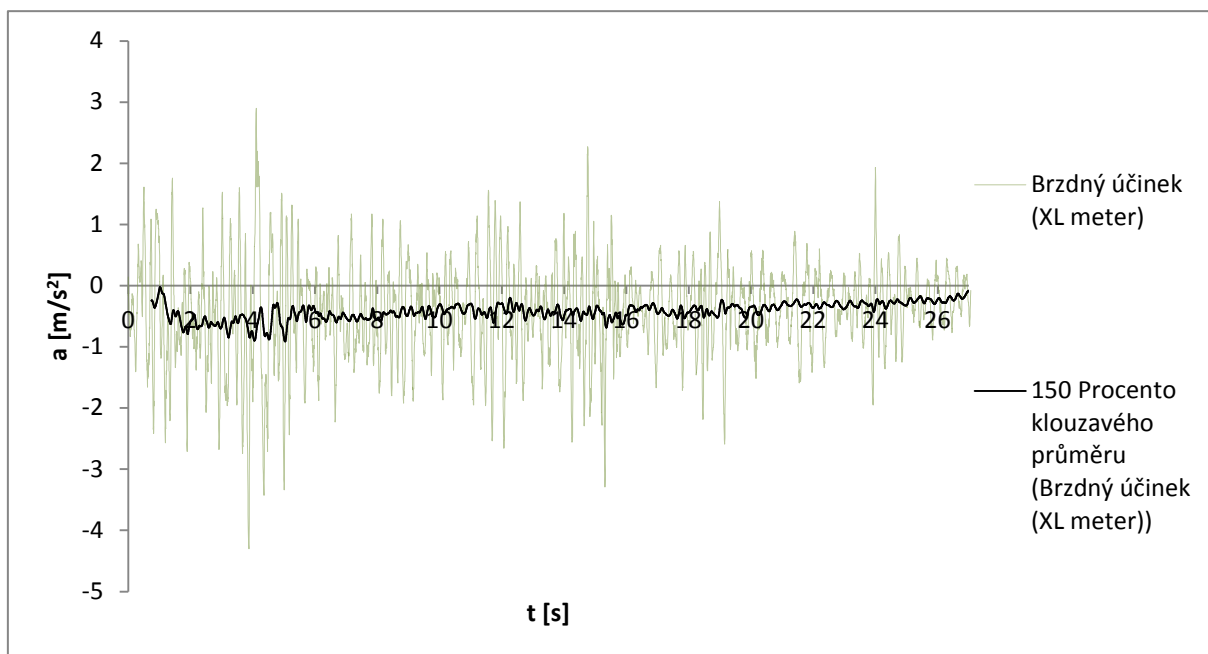
Zjištěné zpomalení je opět téměř poloviční oproti prázdnému NA. U plně naloženého vozidla se dráha prodloužila na 243 m, k jejímuž uražení bylo potřeba přibližně 34 s. Na přelomu 39. a 40 s začal vozidlo zpomalovat řidič provozní brzdou.



Graf 56: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (38 km/h → 15 km/h) [vlastní]

Konfigurace 50 km/h-5. RS (prázdné)

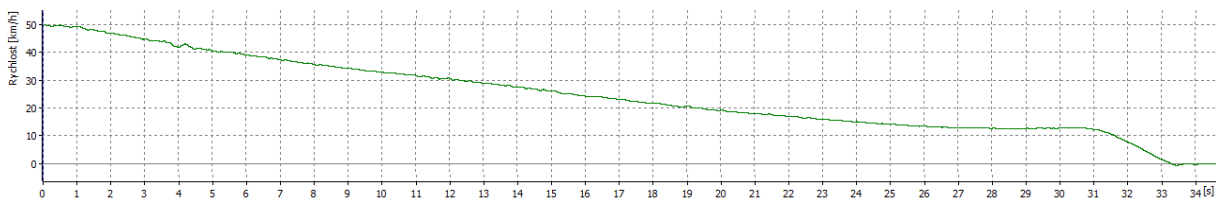
Poslední sledovanou konfigurací byl opět zařazený 5. RS při výchozí rychlosti 50 km/h. Měřením se dospělo k závěru, že motor při tomto převodovém stupni vždy zpomalí vozidlo přibližně na 15 km/h.



Graf 57: Brzdění motorem - Škoda 50 km/h-5. RS (prázdné) [vlastní]

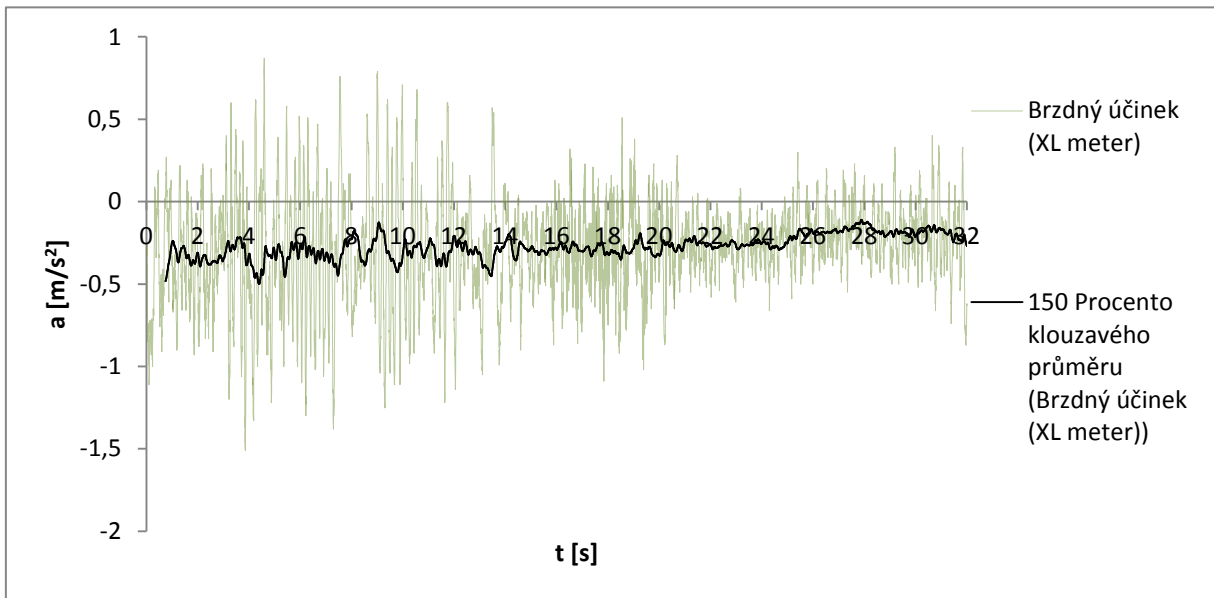
Průměrné zpomalení: $a = 0,43 \text{ m/s}^2$

Prázdné vozidlo při tomto zpomalení brzdilo činností motoru přibližně 27 s a urazilo dráhu 217 m. Mezi 27. a 31. sekundou docházelo k ustálení nové rychlosti, na niž byl motor schopen NA zpomalit a od 31. s je na grafu níže vidět opět činnost řidiče.



Graf 58: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 13 km/h) [vlastní]

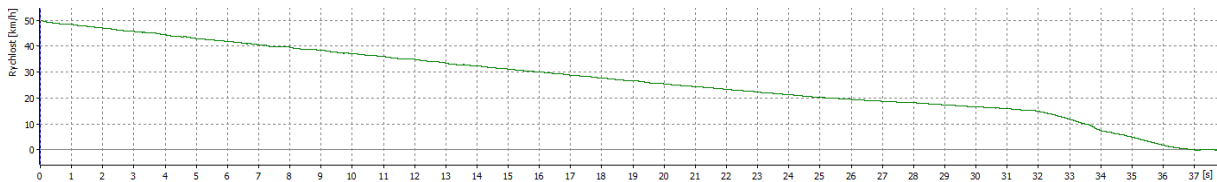
Konfigurace 50 km/h-5. RS (plné)



Graf 59: Brzdění motorem - Škoda 50 km/h-5. RS (plné) [vlastní]

Průměrné zpomalení: $a = 0,28 \text{ m/s}^2$

Brzdňý účinek motoru se projevoval po dobu 32 s. Za tuto dobu automobil ujel 272 m a zpomalil na 15 km/h. Počínaje 32. sekundou sešlápl řidič brzdový pedál a nechal vozidlo zastavit.



Graf 60: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 15 km/h) [vlastní]

ZÁVĚR

V rámci této závěrečné práce jsem nejprve provedla odbornou přípravu ke splnění hlavního cíle – měření zpomalení při brzdění motorem. Postupně jsem naměřila 90 různých dat ze tří nákladních automobilů v kategorii od 3,5t do 12t. Tyto jsem pro možné porovnání sledovala jak prázdná tak zatížená, s každým bylo provedeno pět různých konfigurací „rychlost-rychlostní stupeň“. Výsledkem jsou pak jednotlivá průměrná zpomalení a jako vedlejší získané veličiny dráha a čas po dobu brzdění, a konečná rychlost, na kterou vozidlo vlivem brzdného účinku motoru zpomalilo.

Samotné brzdění motorem závisí na zařazených rychlostních stupních a vlastních otáčkách motoru, proto lze říci, že při stejné výchozí rychlosti bude výsledné zpomalení nižší u vyššího zařazeného rychlostního stupně, protože v tento moment má motor nižší otáčky. Motor brzdí vlastně díky tomu, že ve válcích stlačuje pouze vzduch, tedy nedochází k zapalování směsi. Každým takovým stlačením motor zpomaluje. A zpomaluje tím více, čím má při jedné výchozí rychlosti zařazen nižší převodový stupeň, viz výsledky měření níže.

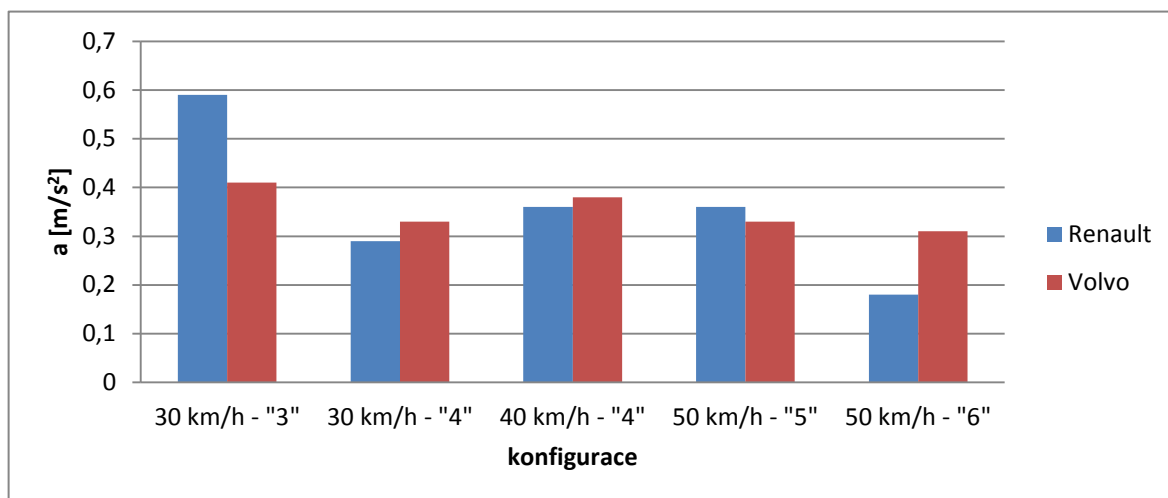
Tabulka 2: Výsledná zpomalení

	Renault		Volvo			Škoda	
	a [m/s ²]	a [m/s ²]	a [m/s ²]	a [m/s ²]		a [m/s ²]	a [m/s ²]
	prázdné	plné	prázdné	plné		prázdné	plné
30 km/h - "3"	0.59	0.35	0.41	0.25	25 km/h - "3"	0.43	0.34
30 km/h - "4"	0.29	0.22	0.33	0.27	30 km/h - "4"	0.36	0.19
40 km/h - "4"	0.36	0.23	0.38	0.24	30 km/h - "5"	0.33	0.19
50 km/h - "5"	0.36	0.29	0.33	0.28	40 km/h - "5"	0.36	0.20
50 km/h - "6"	0.18	0.12	0.31	0.20	50 km/h - "5"	0.43	0.28

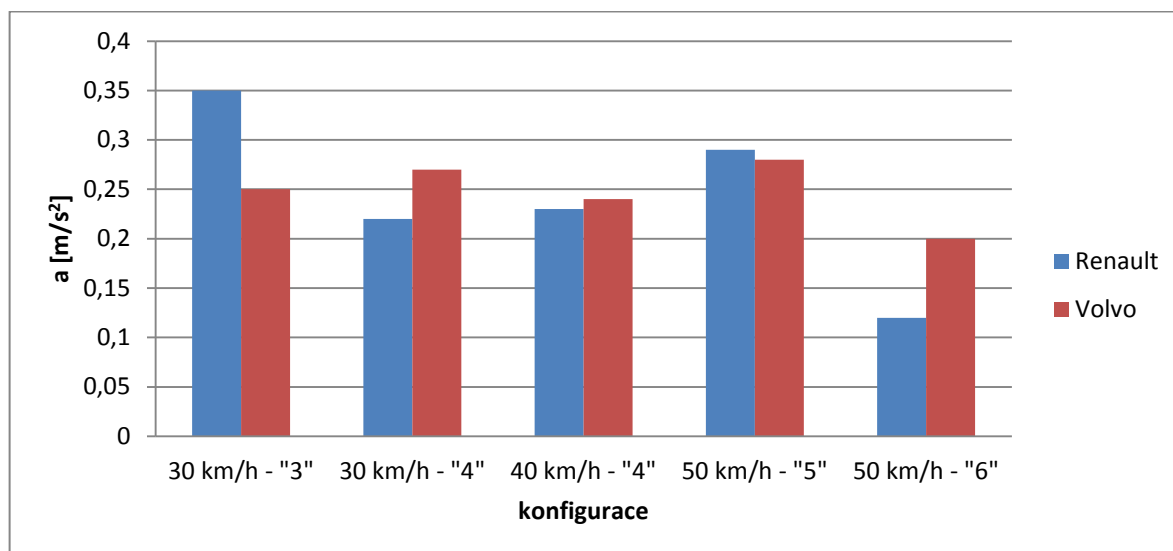
Je jednoznačné, že všechna vozidla při stejné počáteční rychlosti vždy zpomalovala menším zpomalením při vyšším zařazeném rychlostním stupni. Stejně tak jsou výsledné hodnoty zatížených vozidel vždy nižší nežli prázdných – brzdná síla už není tak výrazná oproti síle gravitační, která působí na vozidlo.

Při zpracování bylo možné porovnat vozidla Renault a Volvo, u kterých byly měřeny stejné konfigurace. Na následujících grafech lze vidět rozdílné odstupňování převodovek. Renault má 3. stupeň, ten je výrazný, a 5. stupeň zpřevodován oproti Volvu „více do síly“, tzn. má větší brzdny účinek. V ostatních případech je tomu obráceně. Tyto rozdíly jsou nejspíš konstrukčně udělány schválně, protože se motory mírně liší výkonem i otáčkami, ve kterých je nevyšší točivý moment. Převodovky se odlaďují na míru k motorům i vzhledem k

povoleným rychlostem v obci a mimo (aby se např. v obci při 50 km/h otáčky motoru na rovině pohybovaly v oblasti kdy je slušný točivý moment a optimální spotřeba).



Graf 61: Porovnání vozidel Renault a Volvo (prázdná)



Graf 62: Porovnání vozidel Renault a Volvo (plná)

Co se týče práce s XL meterem. Přístroj je opravdu velmi jednoduchý a uživatelsky přívětivý, pro sběr nenáročných dat naprosto vhodný. Pouze bych vytkla kalibrování os X a Y. Zařízení je na počátku nastaveno správně podle pokynů, ovšem v reálu během ježdění s vozidlem, kdy se sklon vozovky neustále mění, není možné zajistit, aby osy byly stále vykalibrovány. Proto u některých výsledků bylo žádoucí zpomalení dopočítat ručně ze vzorečku (dráha, čas i rychlosti odpovídaly).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VLK, František. *Stavba motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc., 2003, 499 s. ISBN 80-238-8757-2.
- [2] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003, 392 s. ISBN 80-239-0026-9.
- [3] VLK, František. *Převodová ústrojí motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003, 312 s. ISBN 80-239-0025-0.
- [4] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003, 432 s. ISBN 80-239-0024-2.
- [5] VÉMOLA, Aleš. *Diagnostika automobilů*. Vyd. 1. Brno: Littera, 2006, 2 sv. (127, 82 s.). ISBN 80-85763-31-11.
- [6] PRACHAŘ, R. *Jízdní odpory vozidel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2010. 85 s.
- [7] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily*. 3. vyd. Brno: Avid, 2004, iv, 165 s.
- [8] INVENTURE.HU. Products. [online] 2013 [cit. 13-04-19]. Dostupný z: <http://www.inventure.hu/products>.
- [9] REMEK, Branko. *Převodovky nákladních automobilů*. Dopravní noviny [online]. 2005, č. 11 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.dnoviny.cz/silnicni-doprava/prevodovky-nakladnich-automobilu2101>
- [10] SLAVÍK, Libor. *Řada 706 MT. LIAZ* [online]. © 2004-2012 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://www.liaz.cz/rada_mt_prospekty.php
- [11] Data sheets. *VOLVO TRUCKS* [online]. © 2011 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.volvotrucks.com/trucks/uk-market/en-gb/trucks/volvo-fl/specifications/Pages/data.aspx>
- [12] RENAULT MIDLUM. RENAULT TRUCKS [online]. © 2010-2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.dam.sk/sites/default/files/brozurky/renault-midlum-cz.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

NA	nákladní automobil
DÚ	dolní úvrat'
DÚ	poloměr ozubených kol
EHK	Evropská hospodářská komora
HÚ	horní úvrat'
i_0	základní převod
NA	otáčky
O_f	odpor valivý
OHV	Over-head Valve
O_s	odpor stoupání
O_v	odpor vzduchu
O_{zp}	odpor zrychlení
s_b	dráha zpomalení
s_c	celková dráha
s_n	dráha po dobu náběhu brzdění
t_n	doba náběhu
t_p	doba prodlevy
t_r	doba reakce
v_0	výchozí rychlost
z	počet zubů

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Označování druhu pohonu nákladních automobilů [1]

Obrázek 2: Základní rozměry nákladního automobilu [1]

Obrázek 3: Uspořádání motoru u nákladních automobilů: a - kapotová kabina, b - čelní kabina, c - podpodlažní motor [1]

Obrázek 4: Zkroucení rámu NA měkkého na krut při jízdě v terénu [1]

Obrázek 5: Odpružení: a - listovými pružinami, b - parabolickými pružinami, c - vzduchovými vaky [1]

Obrázek 6: Zdvíhatelná náprava: a - vlečná, b – tlačená [1]

Obrázek 7: Hlavní části čtyřdobého vznětového motoru [7]

Obrázek 8: Indikátorový diagram čtyřdobého vznětového motoru [7]

Obrázek 9: Schématické znázornění motoru přepíňovaného turbodmychadlem [7]

Obrázek 10: Průběh brzdění: červená - skutečný průběh, modrá - lineární náhrada [vlastní]

Obrázek 11: Určení maximální rychlosti a rychlosti do svahu u vozidel s vznětovým motorem [3]

Obrázek 12: a) F-v diagram s dvěma převodovými stupni b) F-v diagram s pěti převodovými stupni [3]

Obrázek 13: Deformace pneumatiky: a - diagonální, b – radiální [4]

Obrázek 14: Určení odporu stoupání [6]

Obrázek 16: Účelová komunikace, na níž proběhla měření

Obrázek 17: RENAULT MIDLUM [vlastní]

Obrázek 18: VOLVO 42R [vlastní]

Obrázek 19: ŠKODA 706 [vlastní]

Obrázek 15: XL MeterTM Pro [8]

SEZNAM GRAFŮ A TABULEK

Graf 1: Brzdění motorem - Renault 30 km/h-3. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 2: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 15 km/h) [vlastní]

Graf 3: Brzdění motorem - Renault 30 km/h-3. RS (plné) [vlastní]

Graf 4: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 15 km/h) [vlastní]

Graf 5: Brzdění motorem - Renault 30 km/h-4. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 6: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 25 km/h) [vlastní]

Graf 7: Brzdění motorem - Renault 30 km/h-4. RS (plné) [vlastní]

Graf 8: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 25 km/h) [vlastní]

Graf 9: Brzdění motorem - Renault 40 km/h-4. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 10: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (40 km/h → 25 km/h) [vlastní]

Graf 11: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (40 km/h → 25 km/h) [vlastní]

Graf 12: Brzdění motorem - Renault 40 km/h-4. RS (plné) [vlastní]

Graf 13: Brzdění motorem - Renault 50 km/h-5. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 14: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 37 km/h) [vlastní]

Graf 15: Brzdění motorem - Renault 50 km/h-5. RS (plné) [vlastní]

Graf 16: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 33 km/h) [vlastní]

Graf 17: Brzdění motorem - Renault 50 km/h-6. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 18: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 44 km/h) [vlastní]

Graf 19: Brzdění motorem - Renault 50 km/h-6. RS (plné) [vlastní]

Graf 20: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 40 km/h) [vlastní]

Graf 21: Brzdění motorem - Volvo 30 km/h-3. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 22: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 10 km/h) [vlastní]

Graf 23: Brzdění motorem - Volvo 30 km/h-3. RS (plné) [vlastní]

Graf 24: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 10 km/h) [vlastní]

Graf 25: Brzdění motorem - Volvo 30 km/h-4. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 26: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 15 km/h) [vlastní]

Graf 27: Brzdění motorem - Volvo 30 km/h-4. RS (plné) [vlastní]

Graf 28: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 12 km/h) [vlastní]

Graf 29: Brzdění motorem - Volvo 40 km/h-4. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 30: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (40 km/h → 16 km/h) [vlastní]

Graf 31: Brzdění motorem - Volvo 40 km/h-4. RS (plné) [vlastní]

Graf 32: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (40 km/h → 14 km/h) [vlastní]

Graf 33: Brzdění motorem - Volvo 50 km/h-5. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 34: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 23 km/h) [vlastní]

Graf 35: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 22 km/h) [vlastní]

Graf 36: Brzdění motorem - Volvo 50 km/h-5. RS (plné) [vlastní]

Graf 37: Brzdění motorem - Volvo 50 km/h-6. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 38: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 28 km/h) [vlastní]

Graf 39: Brzdění motorem - Volvo 50 km/h-6. RS (plné) [vlastní]

Graf 40: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 26 km/h) [vlastní]

Graf 41: Brzdění motorem - Škoda 25 km/h-3. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 42: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (24 km/h → 7,5 km/h) [vlastní]

Graf 43: Brzdění motorem - Škoda 25 km/h-3. RS (plné) [vlastní]

Graf 44: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (24 km/h → 7,5 km/h) [vlastní]

Graf 45: Brzdění motorem - Škoda 30 km/h-4. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 46: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 10 km/h) [vlastní]

Graf 47: Brzdění motorem - Škoda 30 km/h-4. RS (plné) [vlastní]

Graf 48: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 10 km/h) [vlastní]

Graf 49: Brzdění motorem - Škoda 30 km/h-5. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 50: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 15 km/h) [vlastní]

Graf 51: Brzdění motorem - Škoda 30 km/h-5. RS (plné) [vlastní]

Graf 52: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (30 km/h → 15 km/h) [vlastní]

Graf 53: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (40 km/h → 15 km/h) [vlastní]

Graf 54: Brzdění motorem - Škoda 40 km/h-5. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 55: Brzdění motorem - Škoda 40 km/h-5. RS (plné) [vlastní]

Graf 56: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (38 km/h → 15 km/h) [vlastní]

Graf 57: Brzdění motorem - Škoda 50 km/h-5. RS (prázdné) [vlastní]

Graf 58: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 13 km/h) [vlastní]

Graf 59: Brzdění motorem - Škoda 50 km/h-5. RS (plné) [vlastní]

Graf 60: Závislost rychlosti vozidla na čase během brzdění (50 km/h → 15 km/h) [vlastní]

Graf 61: Porovnání vozidel Renault a Volvo (prázdná)

Graf 62: Porovnání vozidel Renault a Volvo (plná)

Tabulka 1: Porovnávací parametry pro vznětové motory NA [7]

Tabulka 2: Výsledná zpomalení

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Renault model Midlum, rozměry a technické údaje [12]

Příloha 2: Volvo model FL, rozměry a technické údaje [11]

Příloha 3: Škoda model 706, rozměry a technické údaje [10]

Příloha 4: CD nosič s naměřenými daty

Příloha 1: Renault model Midlum, rozměry a technické údaje [12]



KABINY

- Nabídka kabin, příslušnost potřebám všech profesí souvisejících s distribucí zboží
- Krátká kabina, ideální pro kompaktní vozidla a příslušná využití v městské síťové
- Kabina Global existující v 5 provedeních které se dokonale přizpůsobí potřebám uživatele: Global Standard - Global Relax - Global Night - Global Monobloc - Global Utility

3 varianty vybavení kabiny (balíčky)

- Authentique
- Alliance
- Privilege

Balíčky na míru pro každou profesi

- Prostorná a pohodlná čtyřveřevá kabina/6 až 7 míst pro opraváře, stávkovací služby, silničáře...

Speciální kabiny

- Speciální kabina pro použití při lesních požárech.

MOTORY

DXK6 Euro 5
134 kW (180 koňi) při 2300 ot/min - 640 Nm od 1200 do 1700 ot/min
161 kW (220 koňi) při 2300 ot/min - 815 Nm od 1200 do 1700 ot/min

DXK7 Euro 5
195 kW (270 koňi) při 2100 ot/min - 1010 Nm od 1200 do 1800 ot/min
217 kW (300 koňi) při 2200 ot/min - 1070 Nm od 1200 do 1800 ot/min

Renault Trucks zvolil systém zpracování výfukových plynů SCR (Selective Catalyst Reduction), aby odpovídal normě Euro 5.

Skládá se z několika prvků:

- nádrž AdBlue
- diagnostický systém AdBlue (číslopadlo DNOd)
- katalyzátor, ve kterém se rozpráší AdBlue a který umožňuje přeměnu NOx na dusík a vodní páru
- vsádkovač AdBlue ve výfuku
- dva snímače zajišťující správné fungování celého systému

PŘEVODOVKY

Nové automatické, manuální či automatizované převodovky zaručují optimální kombinaci užitečného zařízení, nízké spotřeby pohonných hmot a pohodlí při řízení.

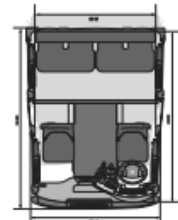
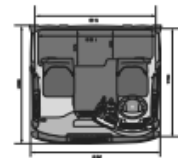
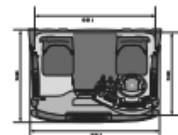
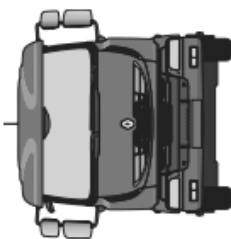
- Manuální převodovky 6S 800 DD, 6S 1000 TO a 9S 1110 TO
- Automatické převodovky SZ500 a 3200 V
- Automatizované převodovky **Optitronic** 6AS 800 a 6AS 1000

Vozidla Renault Midlum nabízejí umístění řadič páky na příslušné desce což umožňuje mimořádně pohodlné řízení.

Do se systémy umožňují pohodlnější řízení.

- Lanovodem ovládané řízení přináší komfort (odtlakování vibrací), lehkost a bezpečnost; potlačením vypádek rychlost kolů relativním pohybem kabiny vůči podvozku
- Servoasistenci - systém umožňující snížení vynaložené síly při řízení o 75 %.

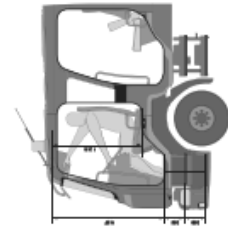
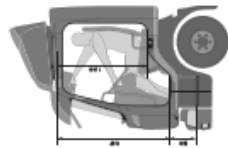
	Název	Průměr	Výškový	Objem	Objem	Objem	Objem
DXK6	6S 800	6,58-6,78 (R 6,6)	6	720	120		
	6AS 800	6,58-6,77 (R 6,6)	6	720	128		
	9 2500	3,5 (R 3,6) (R 3,59)	5	740	145		
DXK7	6S 1000	6,75- 6,77 (R 6,6)	6	720	140		
	6AS 1000	6,75- 6,77 (R 6,6)	6	720	148		
	9S 1110	6,66- 6,75 (R 6,7)	9	840	182		
	3 200 V	3,4 (R 3,45) (R 3,43)	6	845	210		
	3 200 V	3,4 (R 3,45) (R 3,43)	6	845	285		



Krátká kabina

Kabina Global

Čtyřveřevá kabina



Krátká kabina

Kabina Global

Čtyřveřevá kabina

POMOCNÝ NÁHON

Široký výběr elektronicky ovládaných pomocných náhonů pro větší spolehlivost a bezpečnost.

NÁPRAVY

- 3 nápravy s jednoduchou redukcí P 08120, P 11140 a P 11150
- 1 náprava s dvojnásobnou redukcí P 1191
- 3 přední nápravy pro silniční použití (E42 - E46 - E62)
- 2 přední nápravy pro smíšené použití silnice/šláva (E63 - E72)

APM (AIR PRODUCT MANAGEMENT)

Renault Trucks inovuje a přichází s elektronizovaným řízením celého vzduchového systému, který přináší větší bezpečnost, úsporu hmotnosti a nižší spotřebu paliva a nákladů na údržbu.

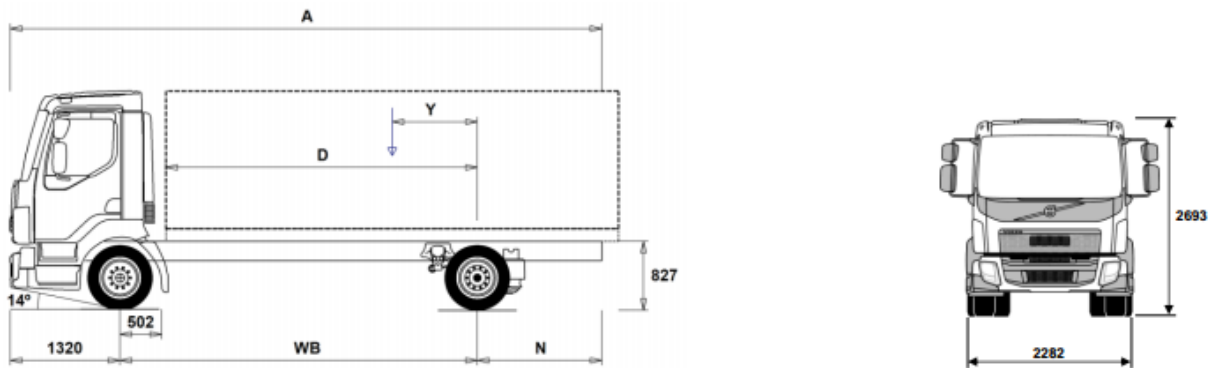
- Přechod od mechanicky řízené výroby vzduchu na elektronicky řízenou
- Optimalizace výroby a zpracování
- Vyšší výkon brzdového systému při jízdě z kopce
- Snížený výtok je přiváděn mimo řádky zchlazení.

ROZVORY

Renault Midlum využívá širokou škálu rozvorů pro optimalizaci

- možností kerování: 3 200 až 5 100 mm
- Podvozek Euro Light : 3 070 až 5 500 mm
- Podvozek Medium Light : 3 070 až 6 500 mm
- Podvozek Light : 3 070 až 4 700 mm
- Podvozek Medium: 3 500 až 6 800 mm
- Podvozek Heavy : 3 500 až 4 700 mm
- Podvozek 4x4 Light : 3 070 až 4 700 mm
- Podvozek 4x4 Medium: 3 070 až 4 100 mm

Příloha 2: Volvo model FL, rozměry a technické údaje [11]



Chassis Dimensions [mm]

WB Wheelbase	3500	3800	4100	4400	4700	5300	5600	5900	6200	6500
A Overall Chassis Length	6975	7425	7955	8425	8915	9915	10425	10835	11430	11730
D Centre of rear axle to front of body	2948	3248	3548	3848	4148	4748	5048	5348	5648	5948
N Rear Overhang (Min)	2055	1885	2445	2635	2835	2895	3415	3295	3505	3755
N Rear Overhang (Max)	2155	2305	2535	2705	2895	3295	3505	3615	3910	3910
Y Centre of Gravity for Payload (Min)	274	293	307	324	339	363	380	386	403	413
Y Centre of Gravity for Payload (Max)	697	753	809	864	918	1025	1082	1131	1188	1238

Chassis Weights [kg]

Front Axle	2900	2910	2930	2940	2960	2995	3000	3020	3030	3040
Rear Axle	1165	1170	1215	1225	1245	1320	1340	1370	1390	1400
Kerb Weight	4065	4080	4145	4165	4205	4315	4340	4390	4420	4440
Payload (including body, driver, fuel etc)	7935	7920	7855	7835	7795	7685	7660	7610	7580	7560

Turning Diameter [mm]

Turning Circle Diameter Kerb to Kerb	12400	13300	14200	15000	15900	17700	18600	19500	20400	21300
Turning Circle Diameter Wall to Wall	13700	14600	15500	16400	17300	19100	20000	20900	21800	22700

Plated Weights [kg]

	Plated	Design
Gross Vehicle Weight	12000	12000
Gross Combination Weight	15500	15500
Front Axle	4480	4500
Rear Axle	8480	8500

