

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Využití telekomunikační jednotky k měření provozních
parametrů osobního vozidla

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jindřich Pavlů, Ph.D.

Autor diplomové práce: Vojtěch Sikora

Praha 2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Vojtěch Sikora

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Využití telekomunikační jednotky k měření provozních parametrů osobního vozidla

Název anglicky

Utilization of telecommunication unit for measuring of operational parameters of vehicle

Cíle práce

Cílem práce bude využití telekomunikační jednotky napojené na OBD konektor k měření provozních parametrů a ke stanovení spotřeby paliva osobního vozidla.

Metodika

1. Úvod
2. Rozbor současného stavu (princip dostupných systémů pro vyhodnocení stylu řízení řidičů)
3. Cíl práce a metodika
4. Vlastní práce a výsledky (sběr a vyhodnocení dat o spotřebě paliva a stylu řízení řidiče ze satelitního monitoringu vozidel)
5. Závěr

Doporučený rozsah práce

50 – 60

Klíčová slova

telekomunikační jednotka, OBD, spotřeba paliva

Doporučené zdroje informací

Ackroyd, N. – Lorimer, R. Global Navigation. A GPS User's Guide. Second Edition. Lloyd's of London Press Ltd. London, 1994. 196 s.

Lu, J. – Filev, D. – Tseng, F. Real-time Determination of Driver's Driving Behavior during Car Following, SAE International Journal of Passenger Cars – Electronic and Electrical Systems, 2015, Volume 8, Issue 2, Article, Scopus, ISSN 19464614

Repant, P. Družicové polohové systémy. VŠB – TU Ostrava, 2002. 197 s. ISBN 80-248- 0124-8.

VLK, F. Dynamika motorových vozidel : jízdní odpory, hnací charakteristika, brzdění, odpružení, říditelnost, ovladatelnost, stabilita. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. ISBN 80-238-5273-6.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Jindřich Pavlů, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Elektronicky schváleno dne 18. 1. 2017

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Využití telekomunikační jednotky k měření provozních parametrů osobního automobilu vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Poděkování

Rád bych poděkoval touto cestou Ing. Jindřichovi Pavlů, Ph.D. za vedení diplomové práce, za poskytnutí mnoha konzultací a času, který mi vždy velmi vstřícně a ochotně poskytl. Poděkovat bych mu chtěl také za zapůjčení monitorovacích jednotek Gcom.

Poděkování patří i kolegům z práce, kteří pro mě sbírali data ze svých osobních automobilů a pomohli mi tak s dílčími měřeními.

Děkuji rodině za poskytnutí potřebného zázemí a své přítelkyni, která mě podpořila při celém studiu a psaní této práce s velkou trpělivostí.

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na telekomunikační zařízení, díky kterému lze získat provozní parametry, ze kterých může být dopočítána průměrná spotřeba paliva u osobních automobilů. V kapitole „Využití telekomunikační jednotky pro měření provozních parametrů“ je shrnut celý systém pro sběr dat a jeho rozdělení na funkční celky jako je např. GPS, GPRS nebo datové sběrnice. V další kapitole „Měření spotřeby paliva“ jsou popsány jak laboratorní metody, tak měření při jízdách zkušebních, kterými lze spotřebu paliva stanovit. Tato kapitola je velmi důležitým podkladem pro praktickou část práce, kde je spotřeba paliva dopočítána z naměřených hodnot.

Práce je dále zaměřena na normu OBD, která je sériovou diagnostikou, díky které je možné se k vozidlu připojit, zapisovat i číst potřebná data. V praktické části práce byly cenově i funkčně rozebrány dva odlišné produkty, tj. jednotka Gcom od společnosti Partner MB, na které probíhala i všechna měření, a produkt Chytré auto od společnosti T-Mobile.

Klíčová slova: Spotřeba paliva, OBD, telekomunikační jednotka

Summary

This diploma thesis is focused on a telecommunication device, that collects and stores data from a passenger car and enables calculation of its real fuel consumption. The whole system for data collection and its division into functional units such as GPS, GPRS or data bus is summarised in the chapter "Use of telecommunication device for measurement of operating parameters". In the next chapter "Measurement of fuel consumption", the laboratory methods and the driving tests that can be used for fuel consumption calculation are described. This chapter forms a basis for the practical part of the thesis where the fuel consumption is calculated from the measured values.

The thesis is further focusing on the OBD standard, which is a diagnostic method that enables connecting to the vehicle and writing and reading the necessary data. In the practical part of the thesis, two distinct products were analysed from both the cost and functional perspective. The products were T-Mobile Smart Car solution and Gcom from Partner MB, on which all the tests were done.

Keywords: Fuel consumption, OBD, Telecommunication unit

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce a metodika.....	3
3	Využití telekomunikační jednotky pro měření provozních parametrů.....	5
3.1	Popis součástí.....	5
3.2	Fungování a komunikace telekomunikační jednotky.....	5
4	Měření spotřeby paliva.....	7
4.1	Objemová metoda	7
4.2	Hmotnostní metoda	9
4.3	Spotřeba paliva měřená z emisí	11
4.4	Měření spotřeby paliva v provozu	11
4.4.1	U stojanu při tankování do plné nádrže.....	11
4.4.2	Měření pomocí telekomunikační jednotky.....	12
5	Určování polohy pomocí satelitních systémů	14
5.1	Struktura systému GPS	14
5.1.1	Kosmický segment	15
5.1.2	Řídicí segment.....	16
5.1.3	Uživatelský segment	17
5.2	Signály GPS a jejich účel.....	18
5.3	Základní frekvence.....	18
5.3.1	C/A kód	18
5.3.2	P-kód	19
5.3.3	Y-kód.....	19
5.3.4	Navigační zpráva.....	20
5.4	Principy určování polohy	20
6	Pozemní síťové systémy.....	22
6.1	1G – První generace	22

6.2	2G – Druhá generace (GSM)	22
6.2.1	Síťová architektura GSM	24
6.2.2	Telekomunikační síť GSM.....	24
6.2.3	Datový přenos v GSM systému.....	27
6.3	2,5G – Přechodová generace (GPRS)	27
6.3.1	Ostatní jednotky sítě.....	28
6.3.2	Protokol TCP (Transmission Control Protocol).....	28
6.3.3	Protokol UDP (User Datagram Protocol).....	29
6.4	4G – Čtvrtá generace (LTE, WiMAX)	29
6.4.1	Dostupnost LTE	29
7	Datové sběrnice ve vozidlech.....	31
7.1	Konvenční metody datové výměny.....	32
7.2	Sériová sběrnice CAN.....	33
7.2.1	Vývoj sběrnice CAN	33
7.2.2	Vlastnosti sběrnice CAN	33
7.2.3	Logické stavy CAN.....	34
7.2.4	Standardizace sběrnice CAN.....	36
7.3	Norma SAE J1939	37
7.3.1	Parametry aplikační vrstvy.....	38
7.3.2	Parametry fyzické vrstvy.....	38
7.3.3	Parametry linkové vrstvy	38
7.3.4	Parametry Síťové vrstvy.....	39
7.4	Norma OBD (Palubní diagnostika).....	39
7.4.1	Standard OBD I.....	40
7.4.2	Standardy OBD II a EOBD	40
7.4.3	Diagnostické rozhraní DLC	41
7.4.4	Umístění ve vozidle.....	42

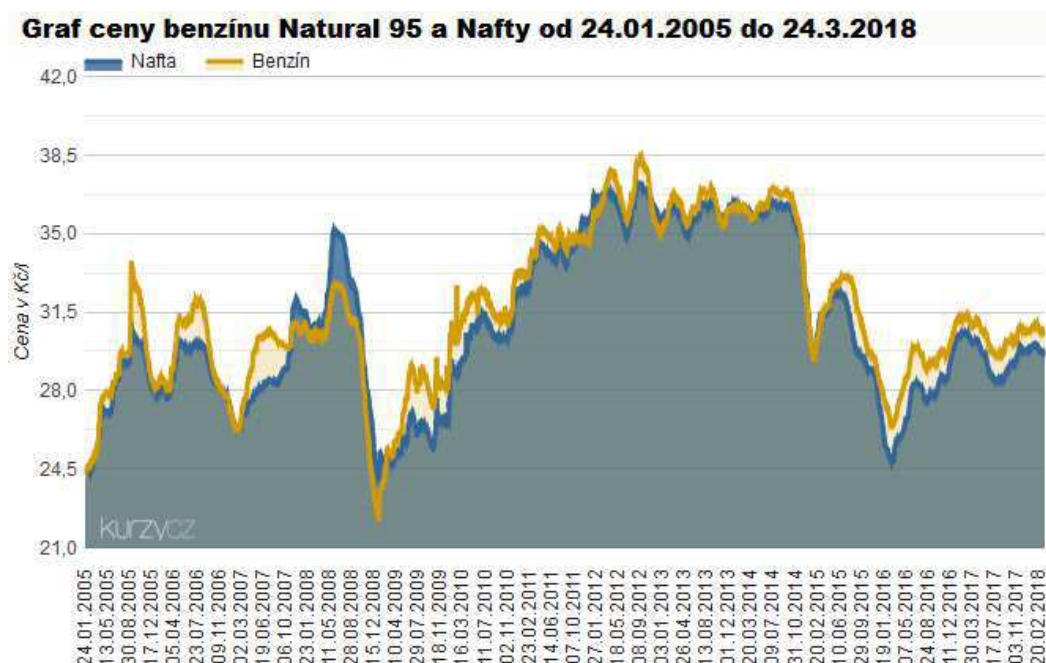
7.4.5	PID	42
7.4.6	Komunikace PID	46
7.4.7	DTC – Chybový kód	46
7.5	Datová sběrnice LIN	47
7.6	Datová sběrnice MOST	48
7.7	Datová sběrnice FlexRay	49
8	Telekomunikační systém pro přenos dat	50
8.1	Hardwarové zařízení Gcom	50
8.1.1	Základní funkce:	50
8.1.2	Hlavní výhody systému RMC pro osobní vozidla	51
8.1.3	Jednotka Gcom	52
8.1.4	Nákladový model	53
8.2	Chytré auto od společnosti T-Mobile	53
8.2.1	Základní polohové funkce	54
8.2.2	Základní zabezpečovací funkce	54
8.2.3	Klasická WiFi	54
8.2.4	Hlášení závad	55
8.2.5	Nákladový model	55
8.2.6	Fungování v aplikaci Chytré Auto	56
9	Měření spotřeby paliva	59
9.1	Způsob zápisu, měření a zpracování dat	59
9.1.1	Rozbor tabulky pro zápis hodnot viz příloha č. 1	59
9.2	Výpočet spotřeby z hodnot OBD pomocí jednotky Gcom	60
9.3	Volkswagen Passat 2.0TDI, 103 kW	63
9.3.1	Detailní popis výpočtu průměrné spotřeby paliva na 100 km dle OBD	64
9.3.2	Porovnání naměřených a zaznamenaných hodnot	64
9.3.3	Spotřeba při volnoběhu	66

9.4	Peugeot 5008 1.6 HDI, 80 kW	67
9.4.1	Porovnání naměřených a zaznamenaných hodnot.....	69
9.5	Škoda Superb 2.0 TDI, 103 kW	70
9.5.1	Porovnání naměřených a zaznamenaných hodnot.....	73
9.5.2	Spotřeba při volnoběhu	74
9.6	Srovnání naměřených hodnot.....	75
10	Závěr.....	77
11	Seznam použité literatury	79
12	Seznam obrázků, tabulek a grafů	82
12.1	Seznam obrázků	82
12.2	Seznam tabulek	84
12.3	Seznam grafů.....	85
13	Seznam použitých zkratk.....	86
14	Přílohy	89

1 Úvod

Počet automobilů neustále narůstá a jejich obsluha se s novými modely stává stále jednodušší. To zapříčinilo i narůstající množství elektroniky ve vozidlech. Společně s nárůstem vozidel roste i množství emisí, které vyprodukují. Již v roce 1966 se proto v USA zavedly povinné emisní kontroly. Zvyšující emisní množství má za následek snahu o snižování spotřeby paliva ve vozidlech. Není to ale jediný důvod proč snižovat spotřebu paliva a mít ji tudíž neustále pod kontrolou. Druhým neméně závažným důvodem je totiž cena pohonných hmot, která se z dlouhodobého hlediska neustále pohybuje směrem nahoru. Dojde-li k velkým výkyvům, jako jsou propady cen, je to nejčastěji zapříčiněno celosvětovou ekonomickou situací. Na obrázku č. 1 je zobrazen graf se čtvrtletním vývojem cen nafty a benzínu za posledních třináct let. Například v roce 2008, kdy byla celosvětová ekonomická krize, došlo k největším výkyvům cen pohonných hmot.

Obrázek č. 1 – Čtvrtletní vývoj cen nafty a benzínu



Zdroj: <https://www.kurzy.cz/komodity/index.asp?A=6&od=24.01.2005>

Možnost mít pod kontrolou data o provozních parametrech vozidel a přenášet je v reálném čase na dlouhou vzdálenost, bylo před nástupem moderních informačních technologií zcela nereálné. Díky internetové síti a moderním družicovým systémům je to již úplně běžnou věcí. Mnoho výrobců automobilů implementuje do vozidel svá vlastní

monitorovací zařízení a uživatelům poskytuje také svoje aplikace. V roce 2017 přišla společnost T-Mobile s nabídkou služby Chytré auto, kterou je možné instalovat takřka do všech vozů opatřených konektorem pro OBDII a EOBD. Existují na trhu však i společnosti, které se zabývají dopodrobna téměř všemi provozními parametry, hlavně u nákladních vozidel, stavebních, zemědělských strojů a kamionů. U těchto strojů lze pak spotřebu paliva a ostatní provozní parametry monitorovat nepřetržitě. Příkladem takové společnosti je například Partner MB. Díky těmto chytrým monitorovacím zařízením a díky přehledu o tom, jakým způsobem se řidiči na cestách chovají, lze po vyhodnocení dat snížit spotřebu paliva, a tím snížit provozní náklady pro konkrétní stroj.

2 Cíl práce a metodika

Cílem této práce bude využití telekomunikační jednotky napojené na OBD konektor k měření provozních parametrů a ke stanovení spotřeby paliva osobního vozidla. Proto se praktická část práce bude zabývat porovnáním čtyř metod, kterými lze stanovit průměrnou spotřebu paliva na 100 km. Proběhnou měření na třech dostupných vozidlech. Konkrétně se bude jednat o vozy: Volkswagen Passat 2.0 TDI o výkonu 103 kW, dále o vozidlo Škoda Superb 2.0 TDI o výkonu 103 kW a Peugeot 5008 s motorizací 1.6 TDI a výkonem 80 kW. Poslední dva vyjmenované vozy patří třetím osobám. U těchto osob je nutné připojení komunikační jednotky k vozidlu a předání formuláře pro zápis hodnot viz Příloha č. 1. Pro získání hodnot první metody nazvané „*Určení průměrné spotřeby paliva na 100 km získané z hodnot od natankování do natankování*“, je nutné do formuláře z Přílohy č. 1 zapisovat přesný termín tankování paliva. Řidič musí vždy tankovat do plné nádrže a v konkrétním datu tankování zapsat hodnoty o celkovém nájezdu vozidla a počtu dotankovaných litrů paliva.

Souběžně s první metodou měření průměrné spotřeby paliva je nutné, aby již byla zapojena jednotka Gcom na OBD konektor vozu. U této metody dojde ke sběru dat pomocí telekomunikační jednotky Gcom. Data budou následně zpracována dle předchozí metody podle jednotlivých termínů, kdy bylo zapsáno fyzické dotankování. Následně dojde ke stanovení koeficientu, který lze uplatnit k výpočtu průměrné spotřeby konkrétního vozu. Tato metoda je dále v práci nazvána jako „*Určení průměrné spotřeby paliva na 100 km získané z OBD konektoru vozu pomocí jednotky Gcom*“.

Třetí metodou je „*Určení průměrné spotřeby paliva na 100 km uvedené na přístrojové desce vozu*“. U některých typů vozidel je možné tuto hodnotu sledovat za zvolené období. U jiných je nutné zapisovat průměrnou spotřebu za každou jízdu a získat z těchto hodnot tzv. absolutní spotřebu paliva. Toho lze docílit po vydělení průměrné spotřeby přesně ujetou vzdáleností konkrétní jízdy a získat tak přehled o celkově spotřebovaných litrech na skutečně ujetou vzdálenost.

Poslední porovnávanou metodou je tzv. kombinovaná spotřeba, která je uvedena v technickém průkazu každého měřeného vozu. Podle stáří vozidla je buď uvedena na třetí pozici v technickém průkazu, nebo je získána jako aritmetický průměr hodnot spotřeby paliva v technickém průkazu. V práci je tato metoda dále označována jako „*Určení kombinované spotřeby paliva na 100 km získané z technického průkazu vozidla*“.

Jako podklad pro měření budou shrnuty v obecné rovině metody pro stanovení spotřeby paliva, a to jak laboratorními, tak jízdními zkouškami a měřeními. Dalším cílem je popsání telekomunikační jednotky pro přenos provozních parametrů a její základní principy, díky kterým je funkčním celkem. V práci budou popsány funkce, které tyto jednotky dvou rozdílných společností poskytují.

Z cenového hlediska budou v práci porovnány nabízené produkty od společnosti T-Mobile a společnosti Partner MB na dvouletém TCO (Total Cost of Ownership). TCO bude složeno z jednorázových nákladů a pravidelných měsíčních nákladů. Mezi jednorázové náklady lze např. zařadit instalaci nebo pořizovací cenu zařízení a doplňků. Pravidelné měsíční náklady jsou vyjádřeny paušální částkou.

3 Využití telekomunikační jednotky pro měření provozních parametrů

Nejdůležitější částí této práce je určení spotřeby paliva vypočítané z provozních parametrů. Spotřebu paliva, nejen osobních automobilů, lze měřit hned několika způsoby, které jsou popsány v kapitole č. 4.

3.1 Popis součástí

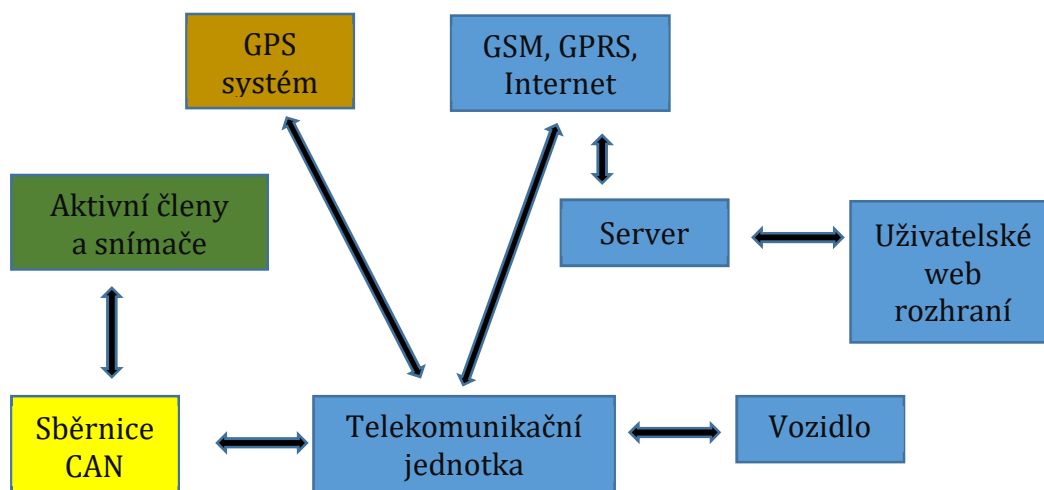
Součásti nutné pro sběr dat a následné dopočítání provozního parametru, jako je spotřeby paliva osobního vozidla, lze rozdělit do následujících částí:

- a) Satelitní systém GPS
- b) Pozemní síťové systémy GPRS 2G síť
- c) Datové sběrnice ve vozech CAN příslušná norma OBD
- d) Telekomunikační jednotka pro sběr dat přímo na vozidle (Gcom, Chytré auto)
- e) Systém pro vyhodnocení dat a koncové rozhraní (web, aplikace).

3.2 Fungování a komunikace telekomunikační jednotky

Telekomunikační jednotka je napojena pomocí DLC konektoru ke sběrnici CAN, která posílá zprávy z řídicích jednotek a GPS. Ta data odesílá pomocí GPRS 2G na server, odkud jsou data přístupná pomocí webového rozhraní nebo aplikace. Schematicky je celá komunikace popsána na obrázku č. 2 – Schéma satelitního monitoringu.

Obrázek č. 2 – Schéma satelitního monitoringu



Zdroj: Vlastní zpracování

U nákladních vozidel, kamionů, těžkých stavebních a zemědělských strojů jsou data na datové sběrnici CAN upravena normou SAE J1939. Díky čidlům, která jsou napojena přímo na vstřikovací systém vozidla, lze získat reálné aktuální hodnoty spotřeby paliva, a to i online pomocí telekomunikační jednotky. U osobních vozidel je bohužel tato situace složitější. Data jsou řízena normou OBD, avšak komunikace mezi řídicími jednotkami není standardizována. Proto není vůbec jednoduché všechna data z vozidla získat jinak, než z přístrojové desky. Proto bude v této práci popsáno, jak spotřebu paliva získat z měřených dat, které poskytuje sběrnice CAN z řídicích jednotek, jako je např. rychlost vozidla, otáčky motoru, zatížení motoru, a to téměř u všech osobních automobilů.

4 Měření spotřeby paliva

Se spotřebou paliva u teorie spalovacích motorů je nejčastěji možné se setkat v následující podobě:

- Hodinová spotřeba – (M_p) – průtok paliva z hlediska hmotnosti ve spalovacím motoru
- Měrná spotřeba (efektivní) – (m_{pe}) – Ta vyjadřuje, kolik gramů paliva spotřebuje spalovací motor na jednotku užitečné práce. [28]

$$m_{pe} = \frac{M_p}{P_e} \cdot 1000 \text{ (g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) \quad (1)$$

kde:

M_p – je spotřeba hodinová ($\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$)

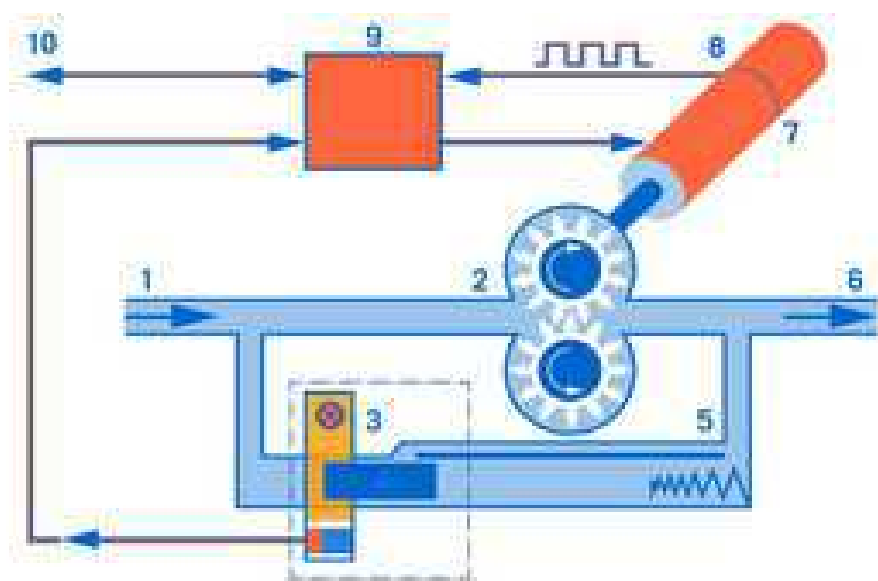
P_e – je efektivní výkon (kW)

Existuje velké množství způsobů, jak spotřebu paliv měřit. Hlavní rozdíly jsou v přesnosti a časové a finanční náročnosti. Zjistit ji lze při jízdách zkušebních, či laboratorních podmínkách volumetricky a gravimetricky nebo napřímo výpočtem ze spalin. Tento způsob je využíván při homologačních měřeních vozidel do hmotnosti 3,5 tuny. [29; 30; 31]

4.1 Objemová metoda

Objemová metoda, též nazývaná jako volumetrická, spočívá v množství paliva, které proteče do motoru za určitý čas. Čas lze u této metody měřit pomocí stopky, a to manuálně nebo systémem, který může fungovat samočinně. Signál pro ovládání elektromagnetických ventilů na ovládání průtoku, tak i měření času lze plně automatizovat. U této metody lze použít ta nejjednodušší zařízení pro měření, a to např. odměrné válce a zároveň složitější přístroje jako jsou průtokoměry ovládané elektronikou. V laboratorním prostředí je nejvíce využíván systém PLU Pieburg. Hlavní součástí tohoto systému je měřidlo objemu, např. zubové čerpadlo. V tomto systému nevznikají skoro žádné ztráty způsobené netěsností soustavy z prosakování. Dosáhneme-li stavu, kdy je tlakový rozdíl měřidla nulový, tak počet otáček čerpadla je v přímé úměrnosti s průtokem paliva. Na obrázku č. 3 lze vidět schéma průtokoměru Pieburg. [29; 31]

Obrázek č. 3 – Průtokový měřič Pieburg



- | | |
|-------------------|--|
| 1. Vstup | 6. Výstup |
| 2. Čerpadlo | 7. Servomotor s pulzním generátorem otáček |
| 3. Světelný zdroj | 8. Elektronika |
| 4. Píst | 9. Frekvenční výstup |
| 5. Bypass | |

Zdroj: <http://slideplayer.cz/slide/11254205/>

Motor pohání zubové čerpadlo, které slouží jako měřič objemu. Jelikož je v soustavě konstantní průtok, tak na čerpadle je tlakový rozdíl zanedbatelný. Pokud se změní průtok, změní se i tlak, a to vše je přímo úměrné. Pokud tedy průtok vzroste, zvětší se i tlak na vstupu čerpadla. Hodnotu hodinové spotřeby M_p vyjádříme objemovou metodou vztahem: [29; 31]

$$M_p = \frac{V \cdot \rho}{t} [kg \cdot h^{-1}] \quad (2)$$

kde:

V – celkový objem spotřebovaného paliva (m^3)

ρ – měrná hmotnost paliva ($kg \cdot m^{-3}$)

t – čas (hod)

4.2 Hmotnostní metoda

Také označovaná jako gravimetrická je využívána zejména na přesná měření. Tato metoda totiž zohledňuje i množství paliva, které se vrací přepadem od vstřikovacího systému zpátky do palivové nádrže. Hmotnostní metoda účinně snižuje rozdíly měrné hmotnosti paliva na odpadové a vstupní větvi, která je způsobena rozdílností teploty a zpěňenou vrstvou průchodem přes škrťací prvky vstřikování. Její hlavní výhodou je možnost automatizace, a tím i vyloučení chyby způsobené lidským faktorem.

Hmotnostní metodou lze hodinovou spotřebu vyjádřit jako:

$$M_p = \frac{m}{t} \text{ (kg} \cdot \text{h}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

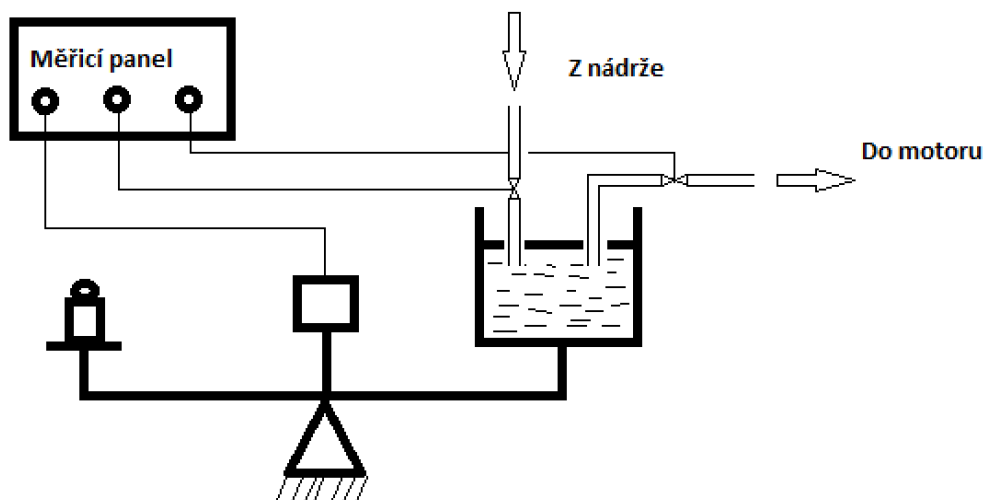
kde:

m – celková hmotnost spotřebovaného paliva (kg)

t – čas, za kterou bylo palivo spotřebováno (hod)

Nejjednodušším způsobem je změření hmotnosti pomocí váhy. Na váhy se umístí nádoba, ve které je palivo a vyváží se závažím. Napouštění a vypouštění paliva je poté řízeno řídicím blokem, společně se spouštěním stopek. Obsluha proto dává povel pouze k odstartování měření. Schematicky je měření na vahách zobrazeno na obrázku č. 4. [28]

Obrázek č. 4 – Měření spotřeby paliva pomocí váhy



Zdroj: <http://ottp.fme.vutbr.cz/skripta/vlab/mereni/ka04-05.htm>

Jako další lze uvést k měření hmotnostního průtoku např. Coriolisovy průtokoměry. Ty měří průtok velmi přesně a jsou nezávislé na teplotě, viskozitě, tlaku, či obsahu pevných částic v kapalině. Měření využívá tzv. Coriolisovy síly, která vzniká vibracemi měřicích trubíc průtokem paliva. Trubice, kterou protéká palivo, je na obou koncích pevně uchycena. Mezi uchyceními se trubice elektromagneticky rozkmitá na vlastní mechanickou rezonanci. Kmity jsou pak snímány senzory umístěnými ze stran trubice. Proudí-li rozkmitanou trubicí palivo, vzniká mezi signály senzorů fázový posuv, který je Coriolisovou silou deformován a je proto úměrný k hmotnostnímu průtoku. Pokud se změní hustota paliva, tak je projevem změna rezonančního kmitočtu. Nevýhodami Coriolisova hmotnostního průtokoměru, viz obrázek č. 5, jsou nezbytnost zvláštního napájení a velmi vysoká cena. [28]

Velikost Coriolisovy síly lze vypočítat jako:

$$F_c = -2 \cdot m \cdot (\omega \cdot v) \quad (4)$$

kde:

F_c – Coriolisova síla (N)

m – hmotnost těla (kg)

v – vektor rychlosti tělesa v neinerciální vztažné soustavě

ω – vektor úhlové rychlosti otáčení soustavy

Obrázek č. 5 – Coriolisův průtokoměr

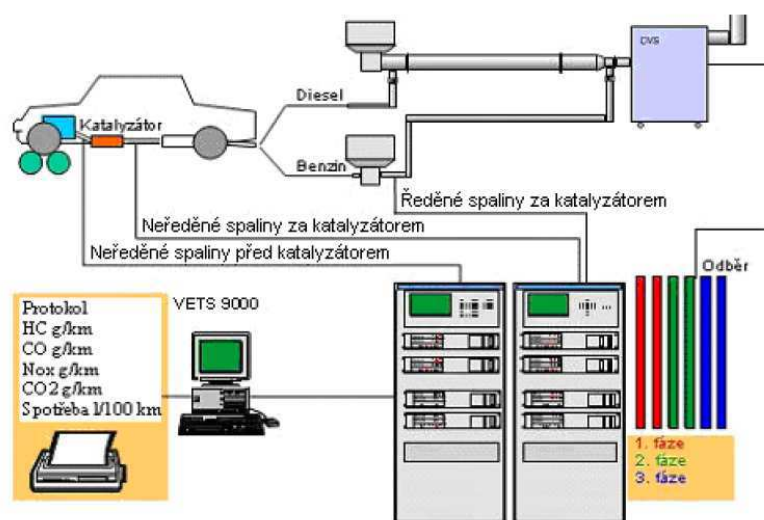


Zdroj: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/01049/index.html>

4.3 Spotřeba paliva měřená z emisí

V současné době se v homologačních zkušebnách spotřeba paliva neměří napřímo, nýbrž je dopočítávána z emisí oxidu uhličitého CO₂, oxidu uhelnatého CO a nespálených uhlovodíků HC, které vznikají při spalování paliv. Principem této metody je ředění spalin ustáleným průtokem vzduchu. Ředící vzduch je v několikanásobném poměru k průtoku spalin. Při změnách zatížení motoru se velmi výrazně mění i koncentrace emisí, avšak průtok zředěných spalin je neměnný. U tohoto druhu měření je nutné odsávat spaliny co nejvýkonnějším ventilátorem pro konstantní průtok zředěných spalin. Tuto metodu označujeme jako CVS (Constant Volume Sampling) viz obrázek č. 6. [32]

Obrázek č. 6 – Měření emisí za pomoci metody CVS



Zdroj: Diplomová práce měření úplné charakteristiky motoru a její využití v provozu vozidel; Miloš Ambrož_2011

4.4 Měření spotřeby paliva v provozu

Tyto metody není obtížné vyzkoušet i při běžném každodenním ježdění. Jejich nevýhodou je vyšší nepřesnost než při měření v laboratorních podmínkách.

4.4.1 U stojanu při tankování do plné nádrže

Tato metoda je velmi jednoduchá a může ji použít téměř každý, koho zajímá reálná spotřeba jeho osobního vozidla. Měří se u čerpací stanice, a to naplněním do plné nádrže. Platí, že pokud je žádoucí mít co nejvíce měření, je vhodné tankovat častěji, tudíž nejezdit na „rezervu“. U této metody je nemožné přesně trefit stálou hodnotu plné nádrže. Každá čerpací

stanice má navíc jiné stojany, tudíž i jiné palivoměry s různými chybami (problémy eliminují korekce). Záznamy lze získat, pokud jsou data z tachometru v osobním vozidle pečlivě zapisována a poté je nutné je od sebe odečíst. Tato výsledná hodnota je vydělena počtem dotankovaných litrů do plné nádrže a pro nájezd, následně vynásobena hodnotou 100, aby byl získán průměrný počet spotřebovaných litrů na 100 kilometrů. [33]

4.4.2 Měření pomocí telekomunikační jednotky

Tato metoda je nepřímá a vzniká dopočítáváním dat, které poskytuje řídicí jednotka. Pomocí OBD je možné zaznamenaná data z řídicích jednotek přenést ke zpracování až na koncovou výpočetní stanici, kde je možné s daty dále pracovat. Jak již bylo popsáno, u osobních vozidel nelze uplatnit normu SAE J1939, ale pouze normu OBD. Jednou z variant je dopočítání z výkonu, rychlosti vozu, otáček a zatížení motoru.

Výkon

Jako výstupní diagnostický signál může být u spalovacího motoru bezprostředně měřen jeho výkon P . Měří se např. torzním dynamometrem, ze kterého je určen napět'ový signál, ten je úměrný točivému momentu M . Pomocí tachodynamu může být získán napět'ový signál úměrný úhlové rychlosti ω . Výsledný výkon je pak součin M a ω .

$$P = M \cdot \omega \quad (5)$$

kde:

P – užitečný výkon na klikovém hřídeli [kW]

M – točivý moment motoru [N . m]

ω – úhlová rychlost klikového hřídele motoru [rad/s]

Jako výstupní diagnostický signál se také používá úhlové zrychlení nezatíženého motoru rozbíhajícího se při úplném sešlápnutí akceleračního pedálu. Točivý moment M je potom roven součinu úhlového zrychlení ϵ a momentu setrvačnosti I rotujících hmot motoru. [33]

$$M = I \cdot \epsilon \quad (6)$$

$$P = I \cdot \epsilon \cdot \omega \quad (7)$$

kde:

P – užitečný výkon na klikovém hřídeli (kW)

M – točivý moment motoru (N . m)

ω – úhlová rychlost klikového hřídele (rad/s)

I – moment setrvačnosti pohybujících se hmot motoru redukováných na klikový hřídel (kg . m²)

ϵ – úhlové zrychlení klikového hřídele motoru (rad/s²)

V literatuře je také možné setkat se s dopočítáním hodnot pomocí MAS (Mass Air Flow Sensor), neboli senzoru hmotnosti proudu vzduchu a rychlostního snímače VSS (Vehicle Speed Sensor). Výsledek vyjde v nemetrické soustavě, a to v Miles per Gallon označované jako MPG. Problémem tohoto výpočtu je bohužel absence hodnot z MAF senzoru u velkého množství vozů.

Tabulka č. 1 – Převody jednotek

454 g	1LB
6,701 Lbs paliva	1 Gal
3600 s	1 Hour
0,621317	1 km

Zdroj: <http://www.windmill.co.uk/obdii.pdf>

Pro hodnotu GPH (Gallons of gas per hour), je nutné hodnotu z MAF senzoru vynásobit 0,0805, čili: [38]

$$GPH = MAF \cdot 0,0805 \quad (8)$$

$$MPG = \frac{VSS \cdot 7,718}{MAF} \quad (9)$$

5 Určování polohy pomocí satelitních systémů

Prvním projektem v oblasti družicové navigace byl v šedesátých letech projekt Transit, který vyvíjelo americké vojenské námořnictvo. Tento systém byl určen k navigaci na hladině moří a oceánů. V sedmdesátých letech vydalo ministerstvo obrany USA memorandum, na základě kterého veškerý další vývoj družicových navigačních systémů připadl americkým vzdušným silám. Od 1. 7. 1973 probíhá řízení tehdy nově vzniklého projektu NAVSTAR – GPS na Los Angeleské letecké základně tzv. Společnou programovou skupinou (JPO – Joint Program Office). Členy této skupiny jsou zástupci armády, námořnictva a námořní pěchoty, Pobřežní stráž, letectva, Obranné mapovací služby (Defense Mapping Service) a zástupců NATO a Austrálie. [1, 2, 3]

O několik let později zahájil vývoj družicových systémů také Sovětský svaz, který přišel se systémem GLONASS (Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema). Tento systém je v provozu od roku 1982, ale z finančních důvodů není jeho kosmický segment stále plně obsazen. [4]

Hlavním rozdílem mezi systémy GPS a GLONASS je odlišná koncepce budování řídicího segmentu, která se odvíjí od vojenské strategie jednotlivých států. Strategie budování řídicího segmentu má následně také vliv na konfiguraci segmentu kosmického. Koncepci Spojených států amerických je obrana státu na celém zemském povrchu. Jejich námořní základny jsou rozmístěny po celém světě, proto může být jejich řídicí systém koncipován tak, že jsou jejich jednotlivé stanice rozmístěny po celé délce rovníku. Monitorovací stanice mohou sledovat své družice kosmického segmentu téměř nepřetržitě, a proto je také poloha družic vůči zemskému povrchu konstantní. Naopak sovětská vojenská strategie budování pozemního řídicího segmentu byla založena na rozmístění monitorovacích stanic pouze na území Sovětského svazu, a tím pádem bylo omezeno monitorování družic. Kosmický segment systému GLONASS je proto koncipován tak, že se otáčí pomalu vůči zemskému povrchu. Poloha kosmického segmentu vůči Zemi se opakuje každých osm dní. Mimo dosah monitorovacích stanic jsou družice vždy až 16 hodin denně. [1]

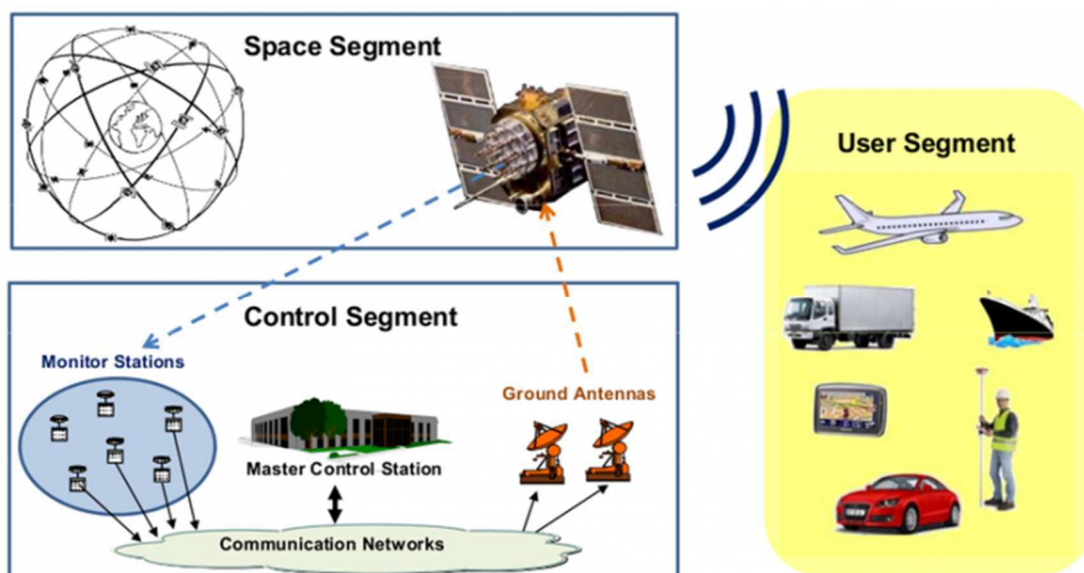
5.1 Struktura systému GPS

Systém GPS, zobrazený na obrázku č. 7, se skládá ze třech základních segmentů, tj. kosmického, řídicího a uživatelského. Pro správnou funkci systému jsou zapotřebí všechny tři

segmenty, které však lze považovat do jisté míry za nezávislé části. Segmenty jsou dohromady spojeným pouze přesným časem, který je považován za základní stavební kámen systému GPS. [1, 2]

System GPS byl původně vyvinut jako vojenský systém a až do dnes spadá pod správu ministerstva obrany USA. Kromě vládních systémů je GPS systém využíván desítkami milionů civilních uživatelů. Mezi výhody pro všechny uživatele GPS systému je možné například zahrnout poměrně vysokou polohovou přesnost či 24 hodinovou dostupnost signálů z různých míst po celé Zemi (nejen na zemském povrchu, ale také ve vzduchu, na moři nebo v kosmickém prostoru), a to bez jakéhokoliv omezení a poplatků. [1]

Obrázek č. 7 – Strukturální schéma systému GPS



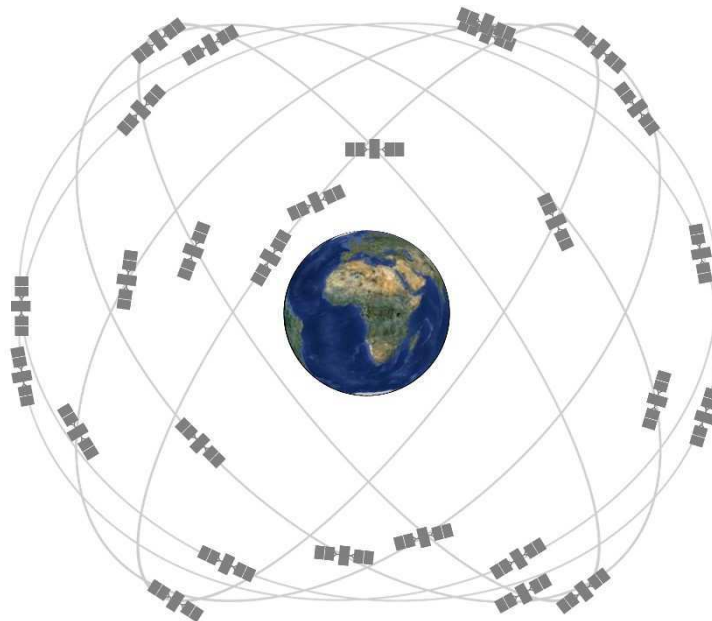
Zdroj: J. Sanz Subirana, JM. Juan Zornoza and M. Hernández-Pajares, *Global Navigation Satellite Systems: Volume I: Fundamentals and Algorithms*

5.1.1 Kosmický segment

Kosmický segment systému GPS, viz obrázek č. 8, se skládá z 24 operačních družic systematicky rozmístěných napříč oběžnými dráhami. Kromě těchto 24 družic mají Spojené státy americké ve vesmíru několik dalších záložních družic, aby dokázali zajistit dostupnost 24 družic po celý den. K 29. 12. 2017 byl tvořen kosmický segment systému GPS celkem 31 satelity. GPS satelity létají ve střední oběžné dráze Země (MEO) v nadmořské výšce přibližně 20 200 km. Každý satelit obkrouží Zemi dvakrát denně. [5] Konstelace se skládá z šesti oběžných drah se čtyřmi družicemi. Sklon oběžné dráhy k rovníku je přibližně 55 stupňů.

Takové uspořádání zajistí dostupnost signálů z minimálně čtyř družic po celých 24 hodin na jakémkoliv místě na Zemi. Většinou je však viditelných více družic, za ideálních podmínek až 12. [1]

Obrázek č. 8 – Kosmický segment systému GPS



Zdroj: <https://www.gps.gov/multimedia/images/constellation.jpg>

Každý satelit má své pohonné zařízení, které umožňuje změnu polohy. Družice vysílají signály na dvou frekvencích, tj. 1 575,42 MHz (signál L1) a 1 227,6 MHz (signál L2). Na těchto frekvencích jsou vysílány zakódované údaje, které zabezpečují funkce GPS systému. Kromě pohonného zařízení je každá družice vybavena atomovými hodinami, vysílačem, přijímačem a dalšími přístroji, které plní speciální úkoly či napomáhají správné navigaci. Satelit přijímá, uchovává a zpracovává informace přijaté od pozemního řídicího centra, na jejichž základě následně upravuje svou dráhu raketovými motory, vyhodnocuje stav svých systémů a získané výsledky zasílá zpět do řídicího centra. [6]

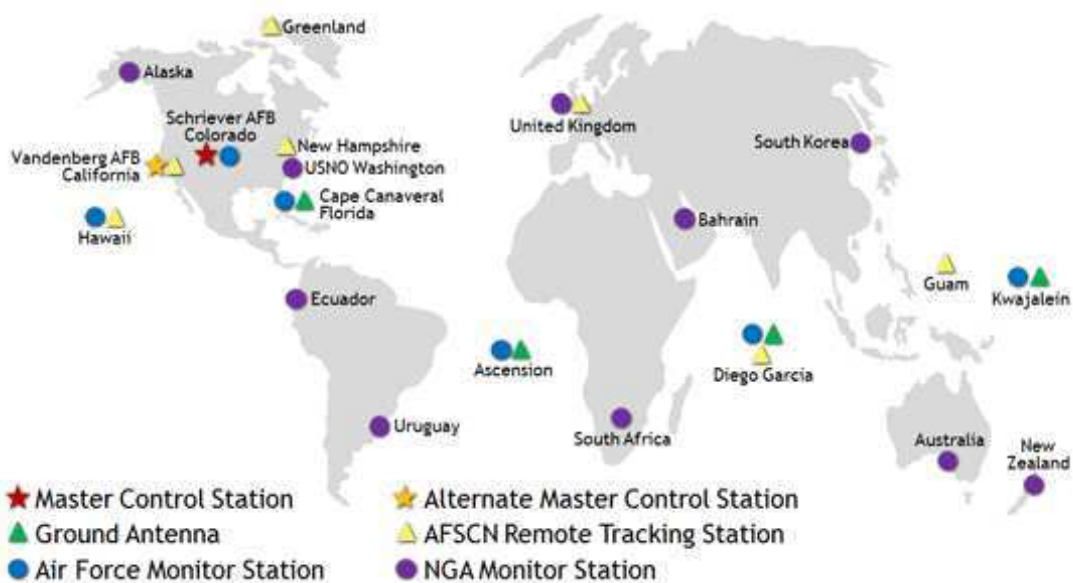
5.1.2 Řídicí segment

Řídicí segment představuje hlavní řídicí jednotku globálního polohového systému. Jeho hlavním úkolem je obnova údajů obsažených v navigačních zprávách, které jsou vysílány jednotlivými satelity kosmického segmentu. Řídicí segment se skládá ze soustavy šesti pozemních monitorovacích stanic, které se nacházejí na velkých vojenských základnách armády USA (Havaj, Colorado Springs, Cape Canaveral, Kwajalein, Ascension a Diego

García) vyznačených na obrázku č. 9. [5] V Colorado Springs se nachází hlavní řídicí stanice. Stanice pro komunikaci s družicemi je umístěna na vojenských základnách Diego García, Ascension a Kwajalein. Pomocí stanic pro komunikaci s družicemi je možné na družice vysílat informace o jejich oběžných drahách, aktualizovat navigační zprávy, nastavovat hodiny a ovládání družic. Informace mohou být družicím zasílány i několikrát denně. [1]

Všechny pozemní monitorovací stanice jsou řízené dálkově z Colorado Springs, hlavní řídicí stanice, a jsou bezobslužné. Představují přesné GPS přijímače s vlastními atomovými hodinami. Tyto přijímače mohou sledovat všechny aktuálně viditelné satelity. Přijatá data se v těchto stanicích nezpracovávají, jsou pouze předávána spolu se zdánlivými vzdálenostmi k družicím do hlavní řídicí stanice. [7]

Obrázek č. 9 - Řídicí segment systému GPS



Zdroj: <https://www.gps.gov/multimedia/images/GPS-control-segment-map.pdf>

5.1.3 Uživatelský segment

Uživatelský segment je složen z běžných uživatelů, GPS přijímačů, vyhodnocovacích nástrojů a postupů. Přijímače GPS provádí na základě signálů přijatých od družic předběžné výpočty rychlosti, času a polohy. Aby mohl proběhnout výpočet všech potřebných souřadnic (x, y, z a t), musí mít přijímač k dispozici signály alespoň ze čtyř družic. Přijímače GPS se používají pro určování polohy a přesného času, navigaci a měřictví. [1]

5.2 Signály GPS a jejich účel

Veškeré signály vysílané družicemi GPS jsou kombinací navigační zprávy, nosné vlny a dálkoměrného kódu. Všechny složky signálu jsou výsledkem násobení a dělení základní frekvence.

Signály jsou družicemi vysílány na dvou nosných frekvencích L1 a L2. Frekvence L1, 1575,42 MHz s vlnovou délkou 19 cm, je modulována dvěma dálkoměrnými kódy, které jsou reprezentovány tzv. pseudonáhodnými šumy. Jde o přesný nebo také P-kód (z anglického Precision), který může být zašifrován pro vojenské účely (pak je značen jako Y-kód), a nešifrovaný hrubý/dostupný C/A kód (z anglického Coarse/Acquisition). Druhá z frekvencí, označovaná jako L2 (1227,60 MHz s vlnovou délkou 24 cm), je modulována pouze P-kódem, případně jeho šifrovanou variantou Y-kódem. Téměř všechny civilní přijímače využívají pro své měření jen C/A kód.

Jako signály standardní polohové služby jsou označovány signály modulující frekvenci L1. Speciálně vybavenými přijímači je využívána frekvence L2, která dokáže určit přesnou polohovou službu a umožňuje měření zpoždění signálů při jejich průchodu ionosférou.

Kromě C/A a P-kódu je frekvencemi L1 a L2 přenášen také binární kód, k jehož kódování je použit posun nosných vln a který obsahuje navigační zprávu.

Ministerstvo obrany USA, jakožto provozovatel GPS, může kdykoliv omezit přesnost systému GPS tzv. selektivní dostupností, která dokáže snížit přesnost C/A kódu tak, že veškeré pozemní přijímače jsou schopné vypočítat svou polohu s odchylkou až 100 m.

5.3 Základní frekvence

Frekvence signálů družic GPS jsou odvozeny od tzv. základní frekvence, která má hodnotu $f_0 = 10,23$ MHz. Základní frekvence vychází z frekvence atomových hodin. Pohyb družic způsobuje relativistické efekty, které jsou eliminovány nastavením přesné hodnoty základní frekvence.

5.3.1 C/A kód

C/A kód v podstatě představuje pseudonáhodnou posloupnost 1024 jedniček a nul, která je sice jednoznačně definovaná, ale přesto je svým charakterem podobná šumu. Všechny

družice mají přiřazenou svou posloupnost jedniček a nul, tedy svůj C/A kód. Družice jsou identifikovány unikátním identifikátorem každého dálkoměrného kódu, známým jako číslo PRN.

Frekvence C/A kódu je 1,023 MHz, tím pádem se, vzhledem k jeho délce, sekvence jedniček a nul opakuje každou milisekundu. Kód C/A moduluje nosnou frekvenci L1.

Rovnice určené pro dekódování C/A kódu nejsou tajné, tudíž tento kód je volně přístupný pro všechny civilní aplikace. Z tohoto důvodu je C/A kód používán civilními přijímači pro mapování a navigaci. C/A kód je tím pádem základním signálem pro standardní polohovou službu.

5.3.2 P-kód

Tento kód moduluje obě nosné frekvence. Také jde o PRN kód, jehož délka je přibližně 266 dnů (38,058 týdnů). P-kód je rozdělen na týdenní sekvence a každé z družic je jedna z nich přiřazena. Teoreticky může díky tomuto kódu existovat až 38 současně vysílajících GPS družic. Frekvence P-kódu je 10,23 MHz a, jak už bylo řečeno, opakuje se každých sedm dní.

Stejně jako u C/A kódu i rovnice pro dekódování P-kódu jsou veřejně známé, proto je tento kód volně přístupný pro civilní aplikace. Dle nové definice je P-kód také součástí standardní polohové služby. [1]

Důvody, díky kterým je za pomoci P-kódu možné změřit zdánlivou vzdálenost mezi družicí a přijímačem s mnohem vyšší přesností, jsou použití delšího a rychlejšího kódu a možnost provádět měření na obou nosných frekvencích L1 a L2, což omezuje také vliv ionosférických refrakcí. [8]

5.3.3 Y-kód

Tento druh kódu je v podstatě šifrovanou verzí P-kódu. Jde tedy také o PRN kód, kterým lze nahradit P-kód.

Rozdílem oproti P-kódu je to, že rovnice pro dekódování jsou tajné a znají je jen autorizovaní uživatelé. Jakmile se armáda rozhodne spustit Y-kód, civilní uživatelé nebudou schopni využívat P-kód, ani Y-kód. Systém GPS v dnešní době vysílá Y-kód téměř neustále. Y-kód je základem pro přesnou polohovou službu. [1]

5.3.4 Navigační zpráva

Aby bylo možné určit správnou polohu přijímače GPS, je nutné znát přesné umístění vysílající družice v době, kdy zasílá dálkoměrný kód. Přesná poloha vysílající družice se počítá z parametrů její dráhy, které družice sama vysílá, a to ve formě tzv. navigační zprávy. Kromě parametrů oběžné dráhy obsahuje navigační zpráva i řadu dalších parametrů:

- Přesné Keplerovské efemeidy družice
- Čas vysílání začátku zprávy
- Almanach (jedná se o méně přesné parametry oběžných drah družic kosmického sektoru a údaje o jejich stavu)
- Údaje, na jejichž základě je možné přesně korigovat čas vysílání družice
- Stav družice
- Koeficienty ionosférického modelu. [8]

5.4 Principy určování polohy

K určení polohy za pomoci rádiových signálů je možné využít následující metody:

- Metoda kódových měření (primární)
- Metoda založená na měření fáze nosných vln (sekundární)
- Dopplerovská metoda. [8]

Základním principem měření pomocí GPS systému jsou kódová měření. Vzhledem k tomu, že časové základny uživatele a systému nejsou synchronní, je problém měření doby τ_{di} , která uplyne od času vysílání dálkoměrného signálu z družice a času přijetí uživatelem, složitější. Časová základna uživatele je ale posunuta o neznámý časový interval Δt , který je možné přepočítat na vzdálenost $b = c\Delta t$. Tím pádem k neznámým souřadnicím uživatele přibude také neznámá b (Δt) a poloha se vypočítá za pomoci čtyř rovnic. [9]

$$\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} = d_i = (\tau_{mi} + \Delta t)c = D_i + b \quad (10)$$

$$i = 1, 2, 3, 4$$

Uživatel provádí měření nejčastěji tak, že generuje kopii signálu, kterou vysílá zvolená družice. Tuto kopii uživatel následně synchronizuje s přijímaným signálem a změří posun τ_{mi} počátku kopie signálu vzhledem k počátku své vlastní časové základny. Naměřený čas τ_{mi} je

možné přepočítat na vzdálenost D_i , která je také nazývána pseudovzdáleností nebo zdánlivou vzdáleností. Synchronizace a přesné měření času je klíčové. Pseudovzdálenost s chybou 30 m je určena při chybě $0,1 \mu\text{s}$ v časovém měření. [8] Z tohoto důvodu je vhodné mít k dispozici nejméně čtyři družice, aby byly k dispozici veškeré veličiny pro řešení soustavy čtyř rovnic. Neznámými těchto rovnic jsou souřadnice x , y , a z a posun časové základny Δt vzhledem k časové základně systému družic.

Pokud je frekvence vysílána v $1,023 \text{ MHz}$, reálně dosažitelná přesnost kódových měření u C/A kódu odpovídá hodnotě jeden bit vlnová délka cca 300 metrů. V případě P-kódu s frekvencí $10,23 \text{ MHz}$ odpovídá jeden bit vlnové délce přibližně 30 metrů. V případě, že je uvažovaná přesnost 1–2 % z vlnové délky, je zřejmé, že při použití C/A kódu je maximální dosažitelná přesnost určení zdánlivé vzdálenosti mezi třemi až šesti metry a u P-kódu je 0,3 až 0,6 metru.

Dostupnost GPS systému je kromě technických parametrů dána také dalšími faktory. Signály, které vysílají družice GPS, se šíří přímočaře a nemohou tedy dost dobře proniknout vodou, horninami, zeminou, stěnami a dalšími překážkami. Tento důvod brání tomu, aby bylo možné GPS systém používat například pod vodou nebo v podzemí. Podstatně horších výsledků se také dosahuje při v hustě zastavěných oblastech či v hustém porostu. Pro tyto případy platí, že je dostupnost GPS signálů výrazně nižší nebo dokonce nulová. [1]

6 Pozemní síťové systémy

Během roku 2012 bylo na světě dosaženo přes půl miliardy mobilních vysokorychlostních připojení k Internetu. Tento trend by měl pokračovat a ve finále skončit na dvojnásobku. Vedle přístupujících zařízení zažívají evoluční skoky také samotné mobilní datové sítě. Je logické, že vyšší požadavky uživatelů a rostoucí počet zařízení vyžaduje větší a rychlejší sítě. S vývojem přichází také řada termínů, ve kterých není vždy úplně jednoduché se vyznat. Rozdíly budou popsány v následujících kapitolách.

6.1 1G – První generace

Tyto sítě sem v podstatě nepatří, jelikož zatím ještě data nepřenášely. Sítě vznikaly již v 80. letech a byly zaměřeny zejména na analogový přenos hlasu. Poprvé se s přenosem setkáváme v roce 1979 v severovýchodních zemích jako je Norsko a Švédsko. V České Republice mobilní spustila síť na bázi technologie NMT již zaniklá společnost Eurotel, a to 12. září 1991. Běžela až do července 2006. [34]

6.2 2G – Druhá generace (GSM)

GSM mobilní sítě byly vyvinuty za účelem přenosu hlasové stopy. Fungují na digitální bázi, tudíž lidský hlas přenášejí v digitální formě. Z toho jde odvodit, že místo hlasu, lze přenášet i libovolná elektronická data. Ze samotné podstaty GSM sítě a její architektury vyplývá, že má své limity, jako je např. maximální dosažitelná přenosová kapacita, na základě čehož vznikla nadstavba nazývaná jako GPRS (Generalised Packet Radio Service). Ta může přenést větší množství dat, a to dokonce za nižší cenu, což významně přispívá k dostatečnému pokrytí trhu. [10]

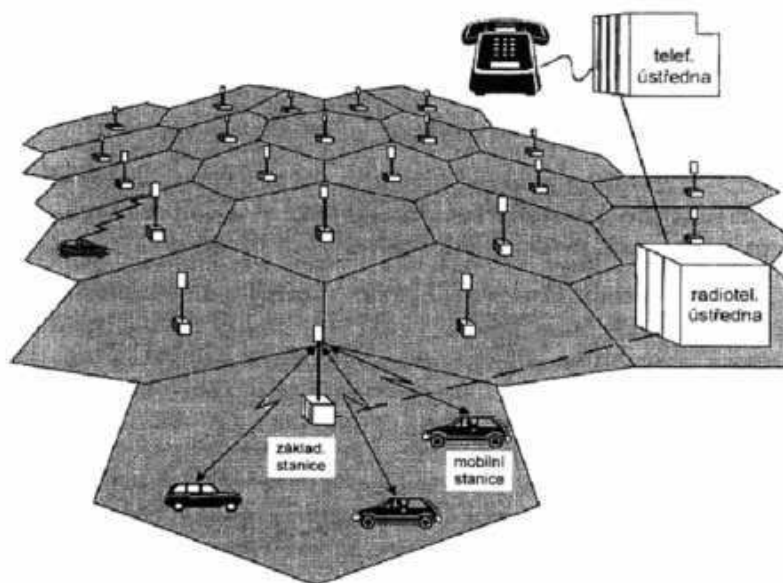
Již v 70. letech 20. století bylo jasné, že do té doby analogové systémy nemohou pokrýt poptávku telefonních hovorů. Proto bylo vytvořeno zcela nové standardizační uskupení tzv. GSM (Groupe Special Mobile). Tu v roce 1982 zveřejnila Konference evropských správ, pošt a telekomunikací (CEPT), později z ní vznikl Globální systém pro mobilní komunikaci. Tento systém také významně vyřešil funkčnost stanic pro zahraničí, který je znám jako roaming. [11]

GSM využívá rádiová rozhraní, kterými jsou: GSM 900, GSM 1800. Kdy frekvenční pásmo pro uplink u GSM 900 se pohybuje v rozmezí od 890–915 MHz a downlink 935–960

MHz. U rozhraní GSM 1800 se pohybuje pásmo uplinku od 1710–1785 MHz a downlink v rozhraní od 1805–1880 MHz. [12]

Frekvenční rozsahy, které jsou přiděleny jednotlivým operátorům se sice liší, avšak nikdy nemohou stačit na to, aby mohl každý operátor přidělit konkrétnímu hovoru, který právě probíhá, svůj vlastní samostatný kanál. Jinými slovy, každý operátor dostane svůj rozsah frekvencí a s tím pracuje. Proto je nutné, aby různé hovory používaly stejné frekvence. Toho se dá docílit vícenásobným použitím shodných frekvencí. Nezbytné je tedy, aby se tyto frekvence vzájemně neovlivňovaly. K tomu se využívá z angličtiny převzatého slova „Celulární“, neboli buňkový princip. Tento princip je založen na geografickém rozdělení jednotlivých teritorií, na kterých každý operátor poskytuje vlastní služby, na buňky (vhodně velké části), které jsou umístěny tak, že pokud jedna buňka využívá konkrétní operátorovu frekvenci, tak žádná jiná buňka v jejím nejbližším okolí už tuto frekvenci nevyužívá. Zjednodušená struktura celulární sítě je zobrazena na obrázku č. 10. [10]

Obrázek č. 10 – Zjednodušená struktura celulární sítě



Zdroj: PERNIČKA, Jaromír. *GSM a jeho využití v ochraně objektů*[online]. [s.l.], 2007. 74 s. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně

Síť GSM je tvořena kombinací frekvenčního (FDMA) a časového (TDMA) multiplexu. Ten slouží hlavně pro hlasový přenos a přenos kontrolních kanálů. Jak již bylo zmíněno, síť je tvořena velkým počtem uživatelů, kteří sdílejí spektrum frekvencí. Proto je

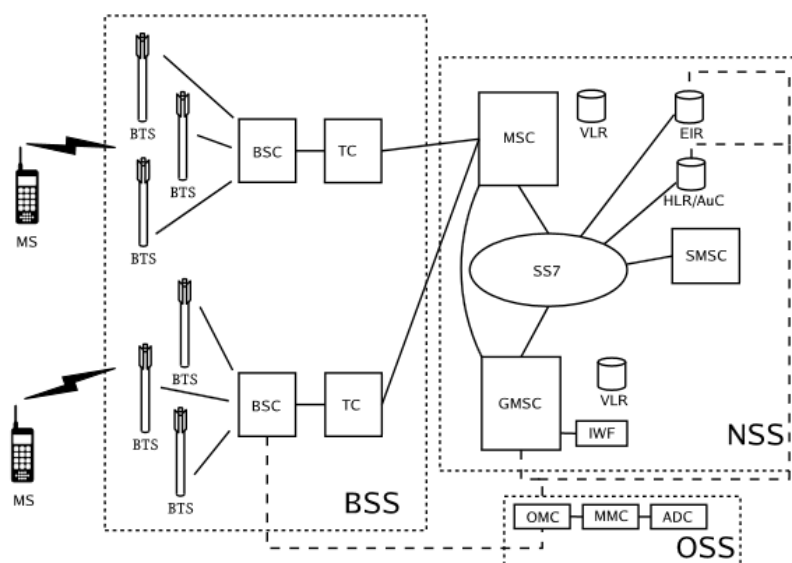
nutné toto spektrum rozdělit na co největší počet frekvencí. Hlasový multiplex má na starosti rozdělení radiové frekvence na mnoho nosných, a to po 200 Hz. Časový multiplex rozděluje v každém 200 Hz pásmu na osm hlasových kanálů. [13]

Pro praxi bývá nejčastěji použito šestihranné buňkové uspořádání do vzoru, který připomíná včelí plástve. Pokud je použito alespoň třech druhů těchto buněk (pláství) je možné pokrýt téměř libovolné území. Musí však platit, že v každé z buněk je počet hovorů omezen shora (tzn. kolik frekvencí má buňka k dispozici). Dále platí, že pokud je zapotřebí zvýšit počet souběžných hovorů, musí se vytvořit hustší síť buněk. [10]

6.2.1 Síťová architektura GSM

Na obrázku č. 11 je zobrazena celá struktura GSM sítě.

Obrázek č. 11 - Blokové schéma GSM sítě



Zdroj: [http://www.kiv.zcu.cz/~simekm/vyuka/pd/zapocty-2004/cellular-padera-fencl/Prezentace%20GSM%20\(img\)/](http://www.kiv.zcu.cz/~simekm/vyuka/pd/zapocty-2004/cellular-padera-fencl/Prezentace%20GSM%20(img)/)

6.2.2 Telekomunikační síť GSM

Síť GSM lze rozdělit na jednotlivé subsystémy, a to:

- Mobilní uživatelskou stanici, označení (MS, Mobile Station) – ta představuje mobilní telefony, nebo GSM modemy

- Subsystémy základnových stanic, označení (BSS, Base Station Subsystem) – ta prostřednictvím rádiového signálu komunikuje se stanicemi (MS)
- Síťové spojovací subsystémy (NSS) – radiotelefonní ústředny
- Operační a podpůrné subsystémy (OSS) – kontrola nad správnou činností a údržbou celé GSM sítě. [14]

6.2.2.1 Mobilní uživatelské stanice (MS)

Mobilní uživatelská stanice funguje velmi podobně jako transceiver (přijímač a vysílač), který komunikuje se základnou BTS. Je doplněn o mikroprocesor a má vstupy a výstupy jako jsou např.: display, klávesnice, mikrofon, reproduktor a jednotlivé porty. Každá stanice má své číslo IMEI (International Mobile Equipment Identity), které je zapsáno v její vnitřní paměti. Každý uživatel je rozpoznán tzv. SIM kartou. [15]

6.2.2.2 SIM karta (Subscription Identification Module)

Karta je součástí, bez které se stanice neobejde. Při její nepřítomnosti lze stanici využít maximálně pro tísňová volání. Hlavním účelem této karty je autorizace uživatele. Každý čip, který je na SIM kartě, obsahuje identifikační číslo PIN (Personal Identification Number). To je zpravidla čtyřmístné. Dále obsahuje identifikační číslo PUK (Personal Unblocking Key), které je neměnné. Čip je také vybaven pamětí sloužící pro uchování telefonních čísel a SMS zpráv (dnes naprosto minimálně využívaná součást). [14]

6.2.2.3 Subsystém základnových stanic (BSS)

Tento subsystém komunikuje za pomoci rádiového rozhraní mezi jednotlivými mobilními stanicemi. Není-li to výrobcem povoleno a uzpůsobeno není komunikace mezi jednotlivými (MS) možná.

Mezi základní prvky systému BSS, lze zařadit následující:

- BTS (Base Transceiver Station), neboli základnové stanice
- BSC (Base Station Controller), základnová řídicí jednotka
- TC (TransCoder), transkodér.

Základnová stanice BTS uskutečňuje spojení s MS. Základnová řídicí jednotka BSC však řídí jednu či více stanic BTS. Přepíná frekvence, ovládá rádiové linky a jejich nastavení,

komunikuje s ústřednou MSC. Ústředna využívá z důvodu komunikace s externími sítěmi (ISDN, telefonní linky) telefonní kanál s rychlostí 64 kbit/s a tuto rychlost převádí jednotka (TC) na 13kbit/s jako hlasové volání. Transkódovací stanice (TC) má tak na starosti převod rychlostí. [16]

6.2.2.4 Síťový spojovací subsystém (NSS)

Jedná se o systém mobilních, respektive radiotelefonních ústředen. Systém vykonává na rozdíl od klasických ústředen obvyklá přepojování, ale i určování polohy, přidělování kanálů handover apod. [17]

NSS Subsystém se skládá z následujících částí:

- Ústředna (MSC) – má na starosti provoz a řízení mobilní sítě a vzájemně spojuje účastníky. Mobilní sítě obsahují hned několik takovýchto ústředen.
- Radiotelefonní ústředna GMSC (Gateway Mobile Switching Centre) – ústředna, připojující externí sítě. Registruje, ověřuje, určuje polohu a spojuje s pevnou sítí, zprostředkovává roaming a má na starosti směřování hovorů.
- HLR (Home Location Register), neboli domovský lokační registr je hlavní databází, ve které jsou uložena veškerá podstatná data o uživateli.
- VLR (Visitor Location Register) návštěvnický registr má uložena přechodná data o uživateli, kteří se vyskytují v oblasti (MSC)
- AuC (Authentication Centre) – je chráněnou databází a obsahuje klíče na ověření totožnosti účastníka
- EIR (Equipment Identity Register) je uložištěm čísel IMEI
- SMS Centrum
- SS7 (Signaling systém 7) zřizuje řízení a signalizaci sítě. [14]

6.2.2.5 Operační a podpůrný systém (OSS)

Tento subsystém má za úkol zajišťovat správnou činnost a údržbu sítě GSM. Provádí se zde diagnostika, monitoring a přímé opravy jednotlivých chyb a poruch. Nedílnou součástí je také administrativní podpora.

Základní stavební prvky:

- Provozní a servisní centrum OMC

- Administrativní centrum ADC
- Centrum pro řízení sítí NMC.

6.2.3 Datový přenos v GSM systému

Datový přenos počítačových sítí probíhá odlišně, než je přenos v radiotelefonních sítích. Radiotelefonní sítě jsou založeny na okruhovém přepojování. To znamená, že mezi oběma linkami je neustále otevřen komunikační kanál. U datových sítí dochází k přenosu tzv. paketů, které jsou přepínány, kdy každá informace je rozčleněna na jednotlivé datové jednotky. Ty poté směřují k cíli osamostatněně. [18]

Způsob přenosu paketu umožňuje vyšší využití kapacity celého přenosového kanálu, avšak ne vždy je možné okamžitě vyčlenit požadovanou kapacitu pro konkrétní službu. Vývoj se však ubírá směrem integrování různorodých a odlišných sítí do jedné společné, a tím dochází ke kombinacím jejich spojování. Takto je to nastaveno jak u sítě GSM, která pro svůj přenos využívá spojování okruhů, tak i u sítě GPRS, která pro své přenosy využívá pakety. [14]

6.3 2,5G – Přechodová generace (GPRS)

GPRS v angličtině (Generalised Packet Radio Service). Systém řeší datový přenos v rámci GSM sítí, který je založen na paketovém přepojování. Data, která jsou přenesena jsou segmentována na úseky, které se vkládají do jednotlivých paketů. Koncoví uživatelé nemají přímé spojení, ale jsou spojeni přes uzly. Obdrží-li pak uzel jakýkoliv poškozený uzel, tak vysílá žádost o opětovné odeslání. Pakety musí být označeny číslicemi, jelikož ke koncovému adresátovi mohou dorazit rozdílnými cestami v různých časech. Toto je odlišnost od systému přepínání okruhů, kde je datový přenos v reálném čase.

GPRS je v podstatě nadstavbou, a to nad sítí GSM, jelikož pro svůj provoz využívá komponenty GSM sítě, jako jsou sítě základnových stanic BTS. Systém je dále rozšířen o uzly:

- GGSN (GPRS Gateway Support Node) – tento uzel zajišťuje oboustrannou komunikaci datových paketů a zároveň obsluhuje všechny uživatele, kteří jsou přihlášení do sítě GPRS a jsou v jejím dosahu
- SGSN (Serving GPRS Support Node) – je rozhraním mezi externími sítěmi, které využívají standard IP a X.25 a již zmíněnou GPRS sítí. [14]

6.3.1 Ostatní jednotky sítě

- LIG (Legal Interception Gateway) – je jednotka odposlechu, která je dle právních předpisů dané země buď nainstalována, nebo ne.
- CG (Charging Gateway) – vyhodnocuje a archivuje data, která přichází od GGSN a SGSN. Po zpracování putují data do GSM sítě.
- BG (Border Gateway) – je bránou mezi rozdílnými GPRS sítěmi operátorů a zprostředkovává funkci roamingu.

Data, která právě nejsou využívána GSM sítí na telefonování, jsou přenášena ve volných časových slotech. Přenosová rychlost je závislá na celkovém počtu časových slotů, která jsou v daném okamžiku volná a také je závislá na kvalitě signálu. Mobilní stanice se domluví s infrastrukturou na způsobu zakódování přenesených dat, dle kvalit signálu vytvoří „kódovací schéma“. Ta jsou uvedena v následující tabulce č. 2 pro jeden slot. Mezi sebou komunikují uzly GGSN a SGSN pomocí protokolu GTP, ten je možné považovat za součást protokolů TCP/IP. Sám protokol pak používá pro svůj chod protokoly transportní, a to UDP a TCP, pod kterými je provozován protokol IP. [14]

Tabulka č. 2 – Přehled tříd přenosových rychlostí

Třída	Užitečná přenosová rychlost [kb/s]
CS- 1	9,05
CS- 2	13,4
CS- 3	15,6
CS- 4	21,4

Na českém trhu nabízí CS- 4 pouze operátoři T-Mobile, ostatní operátoři pouze CS- 2. [19]

6.3.2 Protokol TCP (Transmission Control Protocol)

Jedná se o protokol v transportní vrstvě, který je asi nejvíce známý a zároveň také nejvyužívanější. Protokol byl navrhnut tak, aby zajistil bezchybný přenos dat. Slouží zde zajišťovací cyklus, který má na starosti bezchybné přijetí dat. Nepotvrdí-li stanice přijetí dat bez chyb, tak stanice opakuje vysílání konkrétního nepotvrzeného paketu. Takto dokáže zjistit a zároveň napravit chybové přijetí paketu. To je označováno pod pojmem Nagelův algoritmus.

Zřejmě největší výhodou je však vytvoření tzv. duplexního kanálu mezi přijímací a vysílací stanicí. Pokud má server veřejnou IP adresu, může kdykoli přijímat zprávy, a to od jakékoliv stanice daného portu, kterému naslouchá. Stanice, která vysílá, vytváří plně duplexní

propojení, i přes to, že leží v jiné síti a je za běžných podmínek nedosažitelná, dostává odpovědi od serveru. Této funkcionality využívá mnoho aplikačních protokolů a aplikací samotných. Uvést lze např. SSH nebo http. [20]

6.3.3 Protokol UDP (User Datagram Protocol)

Velkým rozdílem tohoto protokolu je, že nevyžaduje potvrzení o přijetí odeslané zprávy a nevyžaduje ani sestavování speciálního kanálu pro přenos, který zaručí příjem dat v daném pořadí. Datové pakety, někdy nazývané také datagramy, mohou dorazit v náhodném pořadí, vícekrát a některé lze i ztratit. Z tohoto důvodu je protokol UDP využíván hlavně u časově náročných aplikací. Znamená to, že daný okamžik přijetí je důležitější, než ztráta času potvrzováním, znovu odesíláním a vyčkáváním na zpožděná data. Jeho struktura je o mnoho jednodušší než struktura u TCP portu. [20]

6.4 4G – Čtvrtá generace (LTE, WiMAX)

V předešlých letech se síť LTE (Long-Term Evolution) stala klíčovou součástí všech velkých operátorů. O této síti se také hovoří jako o čtvrté generaci, neboli 4G, avšak toto označení není úplně přesné. Nevyhovuje totiž požadavkům, které stanovila Mezinárodní telekomunikační unie sítím čtvrté generace. Je tudíž spíše jakýmsi hybridem, kterého lze označit jako 3,5G (3.5G: HSDPA - High-Speed Downlink Packet Access; 3.75G: HSUPA - High-Speed Uplink Packet Access). Plnohodnotnou 4G sítí se má stát až LTE Advanced a WiMAX Advanced, která disponuje parametry přirovnatelnými k pevným metalicko-optickým připojením. Mezi parametry lze uvést přenosová rychlost nad 1Gb/s u statického zařízení a 100Mb/s u rychle se pohybujících přístrojů. [34]

6.4.1 Dostupnost LTE

Zřejmě nejvíce dostupná je síť LTE na frekvenci 800 MHz, u které všichni operátoři přesahují až 96 %. U vyšších frekvencí, které se používají pro pokrytí oblastí s velkou hustotou obyvatel, je situace odlišná. Ve velkých městech lze nalézt frekvence 1800, 2100 a 2600, a proto je jejich zastoupení menší. Procentuální zastoupení dle operátorů viz níže:

6.4.1.1 Vodafone

- Celkem: 99 %
- LTE 800 MHz – 98,1 %
- LTE 1800 MHz – 29,4 %
- LTE 2100 MHz – 35,1 %
- LTE 2600 MHz – 0,5 %
- UMTS 2100 – 67,4 %

6.4.1.2 T-Mobile

celkem: 98,7 %

- LTE 800 MHz – 96,4 %
- LTE 1800 MHz – 10,9 %
- LTE 2100 MHz – 29,0 %
- LTE 2600 MHz – 0,6 %
- UMTS 2100 – 82,4 %

6.4.1.3 O2

celkem: 98,7 %

- LTE 800 MHz – 96,8 %
- LTE 1800 MHz – 17,7 %
- LTE 2100 MHz – 0 %
- LTE 2600 MHz – 1,7 %
- UMTS 2100 – 82,7 %

Z výsledné statistiky platné k 12. 2. 2017 je možné vyčíst, že největší rozšíření sítě LTE najdeme u operátora Vodafone v pásmech 800, 1800 a 2100 MHz. O2 má nejsilnější frekvenci 2600 MHz. T-Mobile má velice slušné pokrytí, avšak ve všech aspektech nemůže konkurovat operátorům O2 a Vodafone. [35]

7 Datové sběrnice ve vozidlech

Elektronika v automobilech má čím dál větší a důležitější roli. Lze říci, že se snižuje průměrná spotřeba paliva, zvyšuje se motorový výkon, či bezpečnost cestujících, s kterou také úzce souvisí i komfort, který se rozšiřuje o navigační systémy a multimediální zařízení. Původně mechanicky poháněné agregáty jsou stále více nahrazovány těmi elektrickými, čemuž dopomohly moderní polovodičové technologie. Díky rostoucímu množství elektroniky se dostává do popředí problém integrace řídicího systému a zejména architektura sběrnic.

Elektronika se do automobilu dostala v několika vlnách. Lze ji shrnout asi čtyřmi. Tou úplně první aplikací byl regulátor dynama, který byl hlavním předpokladem pro realizaci elektrického napájení ve vozu. Bude-li se mluvit o prvních mikroprocesorech, tak ty našly uplatnění v oblasti řízení motoru, kde za pomoci dalších elektronických prvků (senzory aj.), řídily okamžik zapalování a vstřiku benzínu. Jelikož jsou tyto obvody v automobilech a strojích označovány jako ty nejsložitější, našly si cestu až na základě stále výkonnější elektroniky, a tím dokázaly efektivně snížit průměrnou spotřebu většiny automobilů, při zachování, či dokonce zvýšení výkonu motoru.

Do druhé vlny patří systémy řízení vozidla a podvozku jako jsou ABS/ESP a zádržné systémy. Cestování se díky těmto systémům stalo bezpečnější, komfortnější a ohrožení cestujících se i přes narůstající výkon snižovalo k minimum.

Třetí vlnu můžeme označit elektronikou ve vnitřním interiéru, kterou lze datovat na počátek 90. let. Zahnovala hlavně komfortní ovládání karoserie, řízení klimatizace, elektronické a dálkové ovládání všech dveří, krytů či oken, nebo polohování sedadel, ovládání stěračů a osvětlení.

Poslední čtvrtá vlna zahrnuje multimediální aplikace a telematiku. Např. do běžného autorádia integruje telematické funkce jako je navigace, tísňové volání, přejímá MP3 a DVD či televizní vysílání DVB z oblasti spotřební elektroniky.

Jak již bylo zmíněno složitost elektrotechniky v motorovém vozidle s sebou nese i větší složitost všech rozvodů. Ku příkladu v letech 1949 měl automobil v průměru 16 funkcí, k čemuž sloužilo asi 35 m kabelových vodičů se třemi různými průřezy a pěti rozdílnými barvami. Důležité je podotknout, že nebylo zapotřebí spojovacích prvků jako jsou konektory.

Dnešní automobil tzv. vyšší třídy má funkcí zhruba 100. Vodičů je zapotřebí asi 865 m s 12 různými průřezy a 49 odlišovacími barvami a je zapotřebí použít 940 konektorů.

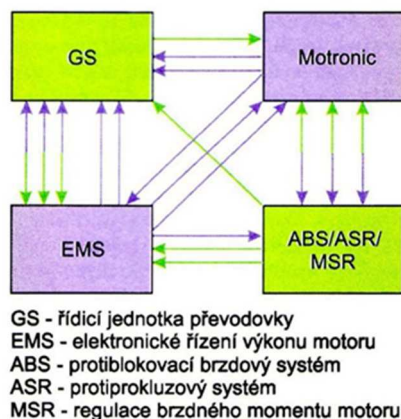
Z důvodu zjednodušení celé soustavy začali výrobci motorových vozidel ke konci 70. let využívat číslicovou techniku. Nejprve šlo o sběrnicev systém BMW – I-BUS a Volkswagen – CAN-Bus. Systém ELTEC vyvinula firma Ford v roce 1985 a používal tzv. multiplexní techniku. Princip je takový, že každý jednotlivý spotřebič (stěrač, blinkr, světlomet) je ovládán přes vlastní spínač a ten je aktivován kódem. Spojení je pomocí vodičů, kdy jeden vodič je napájecí a druhý přenáší signály kódu. Spínač spotřebiče nejprve po aktivaci zkontroluje a prověří spotřebič na zkrat. Poté ho zapne a tento úkon provedení nebo chybového hlášení oznámí zpětně řídicí jednotce.

U motorových vozidel se používají sběrnicev systémy: CAN, ACP, SCP, MOST, LIN a nově také FlexRay.

7.1 Konvenční metody datové výměny

Tato datová výměna zobrazená na obrázku č. 12 probíhá pomocí jednotlivých datových vedení od bodu do bodu, kde narážejí na hranici proveditelnosti. Složitost kabelového svazku již není možná. Počet pinů (kolíky, póly) konektorů je také nepříznivý. Délka konvenčního svazku kabelů u vozidla střední třídy se dnes odhaduje na 1600 m a má v sobě přes 300 konektorů s 2000 piny. Jediné možné východisko spočívá ve využití systémů s lineární sériovou sběrnicev, vhodnou pro automobily a ostatní motorová vozidla. Na to byla zavedena a přijata sběrnice CAN jako standard.

Obrázek č. 12 – Konvenční přenos dat (Bosch)



Zdroj: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1938>

7.2 Sériová sběrnice CAN

Controller Area Network (CAN), jedná se o sériový komunikační protokol, který firma Bosch původně vyvinula přímo pro implementaci do automobilů. Tato sběrnice je v Evropě standardem pro automobilové sběrnice. CAN sběrnice je speciálním typem již zmíněného lineárního typu. Data jsou přenášena po jedné společné sběrnici sériově tzn. za sebou. Všechny prvky na CAN mají ke sběrnici přístup, z toho vyplývá podstatně méně vedení, jelikož na jednom vedení sběrnice může probíhat najednou několik datových komunikací a lze je načítat opakovaně.

7.2.1 Vývoj sběrnice CAN

Společností Bosch byla tato sběrnice CAN vyvinuta v 80. letech dvacátého stol, a to pro využití v automobilech. Na celém světě se v automobilkách taktéž pracovalo na vývoji. Např. společnosti Volkswagen a Telefunken vyvíjely sběrnice A-BUS, od které ovšem automobilová značka Volkswagen upustila a převzala dominantnější sběrnici CAN. Ačkoliv byla sběrnice CAN vyvinuta a navržena pro automobilový průmysl, velice rychle našla uplatnění ve všech průmyslových odvětvích souvisejících s automatizovanou výrobou a v průmyslových aplikacích. Také bylo založeno sdružení CiA (Can in Automation), které zavedlo standardizaci vyšších vrstev pro komunikační protokoly průmyslových aplikací CAL (CAN Application Layer), CANopen, DeviceNET, ale i např. připojení konektorů. Standard vyšších vrstev pro automobilové aplikace byl pojmenována OSEK (Offene Systeme und deren Schnittstellen für die elektronik in Kraftfahrzeuge) Mercedes Benz třídy S v roce 1991 poprvé nasadil sběrnici CAN. Ve Volkswagenu a Škoda Auto bylo nasazení u vozů Passat a Octavia v komfortním systému v roce 1996.

7.2.2 Vlastnosti sběrnice CAN

Její přenosová rychlost má kapacitu až 1000000 Bit/s, což je ekvivalent 30 stran A4 čistého textu. Tato datová sběrnice propojuje elektronické systémy se zařízeními vozu. Sběrnice CAN se skládá z řadiče, vysílače dvou ukončení a dvou vedení.

7.2.2.1 Řadič

Dostává od mikropočítače ta data, která jsou připravena k odeslání. Řadič je připravuje a odesílá dále na vysílač CAN. Od vysílače ovšem dostává data, které odesílá zpátky mikropočítači v řídicí jednotce.

7.2.2.2 Vysílač

Jedná se o přijímač i vysílač v jednom. Přeměňuje data z řadiče CAN na elektrické signály. Stejně tak přijímá tyto signály, které přeměňuje pro řadič.

7.2.2.3 Ukončení sběrnice

Sběrnice je ukončena odpory. Ty zabraňují tomu, aby se již odeslaná data nevracela zpět a nezkreslovala data nová.

7.2.2.4 Vedení sběrnice

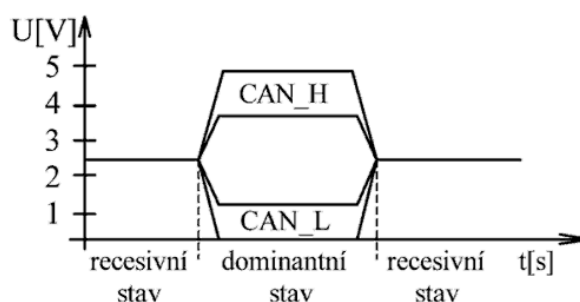
Slouží k přenosu dat a jsou bidirekcionální.

7.2.3 Logické stavy CAN

Protokol CAN je vytvořen na dvou logických stavech dle obrázku č. 13. Na tom, který se nazývá „Dominantní“, neboli logická 0 a na „Recesivní“, logická 1. Rozhodovací schéma vypadá tak, aby odeslaný bit z jedné stanice přepsal recesivní bit stanic jiných. Na sběrnici se prosadí stanice s nejnižším identifikátorem, což je nejvyšší priorita.

Zprávy, které jsou po sběrnici CAN, neobsahují žádné informace o konečném uzlu, kterému mají být určeny. Každá zpráva má svůj identifikátor (název sdělení), který udává význam zprávy a její prioritu. Nejvyšší priorita má identifikátor 0. CAN protokol zajišťuje, aby zpráva s vyšší prioritou byla upřednostněna i v případě kolize. Odesílaná data obdrží vždy ta řídicí jednotka, která vyhodnotí, zda jsou pro ni data důležitá pro funkci, nebo ne. [21]

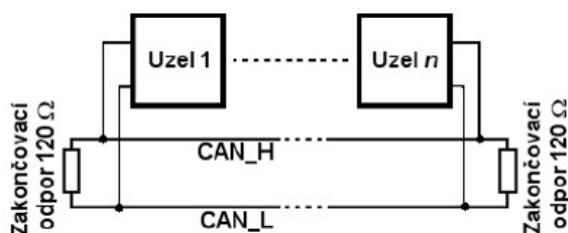
Obrázek č. 13 – Bitové přidělování; Dominantní/Recesivní stav



Zdroj: <https://vyvoj.hw.cz/navrh-obvodu/rozhrani/aplikovani-sbernice-can.html>

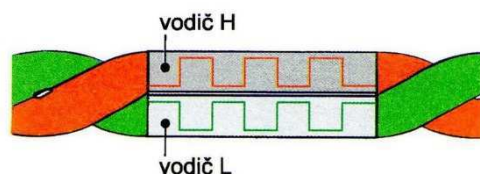
Nejčastěji je využívána pro realizaci fyzického přenosového média diferenciální sběrnice definovaná podle normy ISO 11898. Norma definuje jak elektrické vlastnosti vysílače a přijímače, tak principy časování, synchronizaci a kódování jednotlivých bitů. Sběrnici tvoří dva vodiče viz obrázek č. 15 (označované CAN_H a CAN_L), již zmíněná „Dominant“ či „Recessive“ úroveň na sběrnici je definována rozdílovým napětím obou dvou vodičů. Dle základních úrovní uvedených v normě je pro úroveň „Recessive“ velikost tzv. rozdílového napětí $V_{diff} = 0$ V a pro úroveň „dominant“ $V_{diff} = 2$ V. Pro minimalizaci zpětných odrazů na vedení je sběrnice na obou koncích opatřena zakončovacími odpory o velikosti 120Ω . Jednotlivá zařízení jsou na sběrnici připojena konektory. Nejčastěji jsou využívány konektory D-SUB. [23]

Obrázek č. 14 – Principiální struktura sítě CAN dle ISO 11898



Zdroj: <http://mcu.cz/news.php?extend.389.22>

Obrázek č. 15 – Vedení CAN bus



Zdroj: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1938>

7.2.4 Standardizace sběrnice CAN

Standardizace je jedním z největších milníků ve vývoji sběrnic CAN. Po dlouhých složitých jednáních s francouzskými automobilkami vzniká sběrnice VAN (Vehicle Area Network). Proto vzniká norma ISO 11898, která definuje obě vrstvy. Čili fyzickou a datovou s rychlostí přenosu 1Mb/s. V roce 1995 přichází zásadní změna normy ISO 11898, je rozšířena o 29bitový identifikátor Extended CAN. Kromě již zmíněné normy ISO 11898 existují např. norma 11992, která se blíže věnuje aplikační vrstvě nákladních automobilů a kamionů, nebo norma ISO 11783, která je zaměřena na zemědělské a lesní stroje. Všechny tyto normy však vychází z amerického protokolu J1939. Avšak je potřeba zmínit, že tyto normy nejsou plně kompatibilní. Kromě všech výše zmíněných norem jsou vytvořené i mnohé další pro vymezenou oblast působnosti jako je např. železniční technika, nebo armáda.

Norma ISO 11898 není zcela bezchybná ani kompletní, proto je možné, že zařízení, které tuto normu splňují nejsou zcela kompatibilní jak v datové, tak ve fyzické vrstvě. Společnost Bosch, tak vytvořila jakýsi referenční model zkoušek s metodikou ověřující jejich kompatibilitu. Tento postup je ustanoven normou ISO 16845. Již od počátku byla sběrnice CAN navrhována pro automobilový průmysl. Byla však hojně využívána také v odlišných oborech a aplikacích. Jako příklady lze uvést Finsko, kde společnost Kone využila sběrnici na řízení výtahů a dopravníků, nebo švédská společnost Kvaser, která ji navrhla pro využití v textilních strojích Lindauer Dornier a Sulzer. Díky úspěšnosti této aplikace byla dokonce zřízena skupina uživatelů CAN v textilních strojích tzv. CAN Textile User's Group. Nizozemská společnost Philips Medical System použila sběrnici CAN na přenos dat v rentgenech. ISO norma 11898 detailně specifikuje nejnižší dvě vrstvy ISO/OSI. To automobilovému průmyslu, který se snaží o nekompatibilitu jednotlivých součástí výrobců vyhovuje. Avšak o to méně to vyhovuje použití sběrnice v průmyslových odvětvích a malosériové výrobě (zemědělské stroje, medicínská zařízení). Holger Zeltwanger, jako

šéfredaktor časopisu VMEbus v roce 1992 založil skupinu CAN in Automation (CiA), která položila základní kámen proto být neutrální a starající se o další marketingový a technický rozvoj CAN. Hned v prvním vydání se zaměřili na fyzickou vrstvu a doporučila CiA striktně dodržovat normu ISO 11898, díky tomu z trhu postupně vymizeli výrobci, kteří dodávali komponenty pro CAN, které pracovali na úrovni RS-485. Obtížným krokem byla také standardizace aplikační vrstvy, což se nakonec vydařilo a vyšla „Zelená kniha CAL“ (CAN Application Layer). [22]

7.3 Norma SAE J1939

Protokol SAE J1939, jako komunikační protokol byl standardizován ve skupině SAE (Society of Automotive Engineers) a vznikl v 90. letech. Je využíván u vznětových motorů pro sériovou komunikaci s jednotlivými řídicími jednotkami. Zejména u nákladních automobilů a kamionů, autobusů, lesní, zemědělské a stavební techniky, diesel elektrických lokomotiv a armádních těžkých strojů). Tento protokol lze využít také při komunikaci mezi návěsem a tažným vozidlem.

Protokol definuje:

- Způsob komunikace řídicími jednotkami ECU
- Jejich aplikační použití
- Formát dat
- Sjednocené diagnostické rozhraní. [24]

Protokol byl vyvinut na modelu ISO/OSI (Open System Organization). Neobsahuje však vrstvu prezentační transportní a relační viz obrázek č. 16.

Obrázek č. 16 – Vrstvy protokolu CAN SAE J1939



Zdroj: https://rtime.felk.cvut.cz/kolokvium/2007/presentations/hajny_ales.pdf

7.3.1 Parametry aplikační vrstvy

- Definuje přenášené parametry
- Parametry jsou sloučeny do skupin
- Kódování dat ve zprávě
- Jsou definovány atributy (délka, typ-stavová/měřená, rozsah platnosti, fyzické rozlišení, diagnostické údaje)
- Diagnostické zprávy.

7.3.2 Parametry fyzické vrstvy

- Její přenosová rychlost je 250 kbit/s
- Max. délka sběrnice 40 m
- Max. počet uzlů 30
- Přenosové médium: stíněný kroucený pár + zem a kroucený čtyřdrát s aktivním zakončením (nevyžaduje stínění => levnější varianta)
- Při zátěži 1850 zpráv za jednu sekundu dojde ke 100 % zatížení sběrnice.

7.3.3 Parametry linkové vrstvy

- Specifikace vyžaduje využití 29 bitového identifikátoru CAN 2.0 B

- Kompletní specifikace zprávy (priorita, typ zprávy, cílová adresa, zdrojová adresa).

Obrázek č. 17 – Linková vrstva

28..26	25	24	23..16	15..8	7..0
Priority	Parameter Group Number				Source Adress
	Reserved	Data Page	PDU Format	Destiantion Address	

Zdroj: https://rtime.felk.cvut.cz/kolokvium/2007/presentations/hajny_ales.pdf

7.3.4 Parametry Síťové vrstvy

U moderních vozidel, které jsou vybaveny množstvím řídicích jednotek, není nutná neustálá komunikace mezi nimi. proto se jednotlivá zařízení rozdělují do tzv. podsítí. Jakým způsobem je to rozděleno je definováno právě Normou SAE J1939/31. podsítě jsou propojeny pomocí mostu (bridge) nebo bránou (gateway). [25]

7.4 Norma OBD (Palubní diagnostika)

Vznik OBD (On Board Diagnostics) se přisuzuje snaze o sjednocení emisních norem na celém světě, snaze o správné spalování a hladký chod motoru. Jako hlavní cíl lze uvést možnost zkontrolovat a zpřístupnit stanicím emisního měření a téměř všem autoservisům stav spalovacích motorů, jakýchkoliv automobilů. Normy ISO 14230, ISO 9142, SAE J1979 a SAE J1850, které byly psány současně, vznikly mezi lety 1996 až 2001, kdy celý projekt vznikl. Do praxe tyto normy pronikly již v roce 1996, avšak pouze na území USA. Do Evropy pronikly jako známá norma EOBD, a to o čtyři roky později, konkrétně v roce 2000. Podle toho, jaký druh normy je ve vozidlu použit, je OBD propojena s řídicí jednotkou vozidla a zvládne otestovat všechny systémy, které mají vliv na spalování a hladký chod motoru.

OBD diagnostika, zařazena mezi vnitřní diagnostiky, je zařazena mezi sériové. Hlavním důvodem je využití obvodů s vlastní kontrolou. Tyto obvody kontrolují její funkci, pro kterou byly určeny a její stav. Od roku 2000 jsou obvody povinnou součástí veškerých elektricky řízených součástí, které mají vliv na důležité vlastnosti vozidla. Mezi ně lze zařadit například přenos výkonu na celé hnací ústrojí, řízení a chod motoru, nebo prvky aktivní a pasivní bezpečnosti. Lze konstatovat, že obvody jsou v těch prvcích, jejichž vada by měla závažné důsledky. Indikací, neboli upozorněním pro řidiče vozidla, jsou pak příslušné kontrolky, které pokud indikují jakýkoliv problém rozsvítí se, nebo začnou blikat. Pokud je

vše v pořádku po rozsvícení zhasnou. Dojde-li k závadě, diagnostika si vadu zaznamená do své vnitřní paměti konkrétní jednotky. Tato data pak lze vyčíst ve formě číselných kódů, či abecedně číselných kódů.

Stupně norem se označují jako OBD I, OBD II, nebo jako pro evropské normy EOBD.
[26]

7.4.1 Standard OBD I

I v případě OBD I se jedná o druh vnitřní diagnostiky. Dojde-li k zaznamenání chyby či chybné funkce, rozsvítí se kontrolka MIL. Závady, které jsou zapsány na řídicí jednotce, se dále vyhodnotí pomocí „blikajícího kódu“.

Vyhodnocuje se pomocí blikající kontrolky, nebo připojením voltmetru, osciloskopu na vývod diagnostického konektoru.

Čtení závad z jednotek se dělá buď tím, že je připojen potenciál kostry na vedení L, nebo připojením na K. Následné čtení pak ukáže opět blikající kontrolka. Žárovka musí být připojena mezi vedení K a kladný pól akumulátoru. Poté se podle počtu bliknutí žárovky určí výsledný kód po přiřazení ze servisní příručky. Dojde-li k trvalé závadě nějakého snímače, nahradí řídicí jednotka tento signál svým vnitřním předem naprogramovaným, aby nedošlo k zastavení motoru. Dojde pouze k nouzovému stavu, který má za následek horšené provozní parametry.

7.4.2 Standardy OBD II a EOBD

Jedná se o druhý stupeň vnitřní diagnostiky OBD, je pokračováním již známé OBD I. Má větší rozsah a je určena hlavně pro lehká užitková vozidla a osobní automobily se zážehovými motory. Nově je i pro vozy se vznětovými motory. Kontroluje jak dodržování sledování závad, tak i hodnoty emisí. U OBDII již neprobíhá kontrola pomocí blikajícího kódu, ale přenosem dat na diagnostické zařízení. Pokud dojde závadě, kterou systém objeví, zobrazí se na přístrojové desce stanovená kontrolka, která bude buď svítit trvale, nebo v horších případech dokonce blikat.

Norma SAE J1979 udává 9 zkušebních módů, které jsou vyjmenovány v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3 – Zkušební módy dle normy SAE J1979

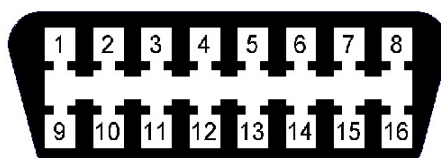
MOD	Popis
1	Aktuální hodnoty
2	Freeze Frames (provozní podmínky při vzniku závady)
3	Zapsané DTC
4	Výmaz DTC
5	Výsledky testů lambda sond, zobrazení průběhu signálu
6	Výsledky nekontinuálních testů – převodovka atd.
7	Načtení kódu chyb, které nevedly k rozsvícení MIL
8	Kontrolní modus (využívá výrobce k testům akčních členů)
9	Informace o vozidle (VIN, CVN atd.)

Zdroj: ŠTĚRBA, P., ČUPERA, J., POLCAR, A., *Automobily – Diagnostika motorových vozidel II.*, Avid Brno, 1. vydání, 2011, ISBN 978-80-87143-19-3

7.4.3 Diagnostické rozhraní DLC

Vozidla, která splňují normu OBD II, jsou osazena šestnácti pólovou přípojkou DLC (Data Link Connector), viz obrázek č. 18. Ta je umístěna v přístrojové desce v prostoru u řidiče dle SAE J1962. Tato zásuvka zprostředkovává komunikaci mezi monitorovacím zařízením a palubním počítačem. Obsazení pinů konektoru je zobrazeno v tabulce č. 4.

Obrázek č. 18 – Konektor DLC



Zdroj: <http://blog.autodiagnostik.cz/autodiagnostika-eobd/>

Tabulka č. 4 - Obsazení pinů konektoru

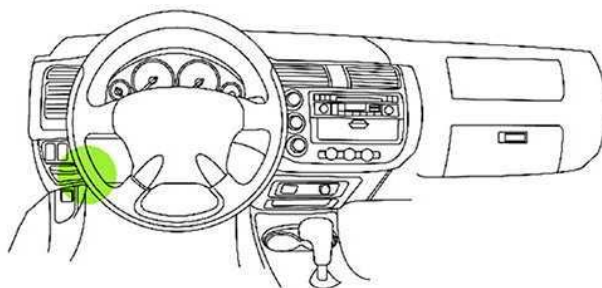
1	Obsazení není normou specifikováno	9	Obsazení není normou specifikováno
2	J1850 PWM Bus, J1850 VPW Bus	10	J1850 PWM Bus (SAE J1850)
3	Datová sběrnice – propojení s řídicí jednotkou	11	Datová sběrnice – propojení s řídicí jednotkou
4	Kostra vozidla (karoserie)	12	Datová sběrnice – propojení s řídicí jednotkou
5	Kostra signálu	13	Obsazení není normou specifikováno
6	CAN-Bus High (J2284, ISO 15031-3)	14	Can-Bus Low (J2284, ISO 15031-3)
7	Komunikační linka K-line (ISO 9141-2)	15	Inicializační linka L-line nebo 2. K-line (ISO 9141-2)
8	Obsazení není normou specifikováno	16	Palubní napětí +12V

Zdroj: <http://blog.autodiagnostik.cz/autodiagnostika-eobd/>

7.4.4 Umístění ve vozidle

Konektor je nejčastěji umístěn v prostoru u řidiče do palubní desky, přesněji mezi sloupek řízení a podélnou rovinou vozu. Konektor musí být dobře dosažitelný od řidičova sedadla.

Obrázek č. 19 – Umístění konektoru ve vozidle



Zdroj: https://www.usaa.com/inet/pages/auto_insurance_driving_research_discount_main

Obrázek č. 20 – Umístění konektoru ve vozidle



Zdroj: <https://www.yourmechanic.com/article/how-to-read-and-understand-check-engine-light-codes-by-jason-unrau>

7.4.5 PID

Asi jedna z nejvíce problematických částí celé normy EOBD. PID, tzv. Parameters IDs, jsou data, která musí být přeložena na stroje testeru. PID data se u každého výrobce liší a každý si specifikuje své skupiny. PID je dvoumístný hexadecimální kód, který se vztahuje ke konkrétnímu měřenému parametru, tudíž i ke konkrétnímu módu EOBD. Součástí normy EOBD jsou napevno definované skupiny PID pro módy 1, 2, 5, 6, a 9.

Obsahují následující informace:

- Stav o aktuální monitorované komponentě, je připravena, nepřipravena, nefunkční.
- Živá data – aktuální a konkrétní hodnoty ze snímačů. Indikace bohatosti/chudosti směsi z Lambdasondy, otáčky motoru, poloha brzdového pedálu.
- Momentální stav aktivovaných akčních členů. Došlo k zapnutí tempomatu
- Dopočítané diagnostické hodnoty ze snímačů. Korekční hodnoty vstřikovače.

Z pohledu diagnostiky jsou PID data velice šikovným a důležitým pomocníkem pro zjištění stavu všech komponent a jejich provozních podmínek. Přehled režimů EOBD viz tabulka č. 5.

Tabulka č. 5 – Diagnostické režimy

Diagnostické režimy EOBD	
MOD 1	Měřené hodnoty
MOD 1-01	Readiness – stav emisní připravenosti
MOD 2	Freeze Frame – provozní podmínky
MOD 3	Paměť závad – načtení paměti závad
MOD 4	Smazat závady – vymazání paměti závad
MOD 5	Lambda – testované hodnoty Lambda sond
MOD 6	Průběžný test – sporadicky kontrolované systémy
MOD 7	Paměť sporadických závad
MOD 8	Test akčních členů- výrobci téměř nepodporováno
MOD 9	Informace o vozidle
MOD 10	Trvalé závady

Zdroj: <https://www.blog.autodiagnostik.cz/autodiagnostika-eobd/>

7.4.5.1 MOD 1 – měřené hodnoty

V reálném čase nabízí funkce velký rozsah pro sledování měřených hodnot v řídicí jednotce. Naměřené hodnoty, závisí na použitém diagnostickém testeru a lze je sledovat v několika blocích. Testy jsou prováděny na zahřátém motoru (teplota oleje 80 °C), nebo podle jiné specifikace výrobce.

7.4.5.2 MOD 1-01 – Readiness

Je pohotovostní kód P1000, který značí emisní připravenost. Tento kód se musí vymazat vždy, když dojde k odstranění chyby, závady a k trvalému vymazání chyb z paměti závad. Kód signalizuje, které monitorovací systémy neukončily svoje testy. Readiness je osmimístné číslo, které označuje stav zkontrolovaných dílů, které mají podíl na zvýšených emisních hodnotách. Kód se čte zleva doprava a hodnoty v něm jsou neměnné. Pořadí v osmimístném kódu je popsáno v tabulce č. 6. K vymazání dojde pouze v tom případě, že se během pohotovostní jízdy provedou veškeré kontroly.

Tabulka č. 6 – Pořadí v osmimístném kódu

Pořadí	Název testovaného komponentu dle normy OBD2
1	Zpětné vedení výfukových plynů
2	Vyhřívání lambda-sondy
3	Lambda-sonda
4	Klimatizace
5	Systém sekundárního přívodu vzduchu
6	Odvětrávání palivové nádrže
7	Vyhřívání katalyzátoru
8	Katalyzátor

Zdroj: <https://www.blog.autodiagnostik.cz/autodiagnostika-eobd/>

7.4.5.3 MOD 2 – Freeze Frame

Jsou data, která informují o stavu jednotlivých komponent ve chvíli, kdy došlo k uložení chyby DTC do paměti závad. Jedná se o data:

- Aktuální zatížení
- Otáčky motoru
- Rychlost vozidla
- Tlak v sacím potrubí.

V diagnostickém módu jsou data integrována pod číslem testu 02.

7.4.5.4 MOD 3 – paměť trvalých závad

EOBD má dvě paměti závad. Důvod to má ten, aby došlo k rozlišení trvalé a sporadické chyby. Je-li závada pod módem 3, rozsvítí se kontrolka motoru MIL.

7.4.5.5 MOD 4 - Mazání paměti závad

Funkce odstraní data z paměti závad. Zároveň odstraní i data v MODU 2, 3, 5 a 7. Jednotlivé chyby DLC mazat nelze. Mazat lze pouze celou paměť najednou.

7.4.5.6 MOD 5 – Hodnota Lambda sondy

Lambda sonda je jedním z nejdůležitějších snímačů, který dokáže zjistit složení výfukových plynů. Řídící jednotka dokáže sledovat a srovnávat hodnoty jako jsou vnitřní odpor, výstupní napětí, kvalitu směsi chudá/bohatá a její opačný přechod, zkrat na kostru a četnost signálu.

7.4.5.7 MOD 6 – Průběžný test

Hodnoty v tomto módu jsou definovány výrobcí vozidel, nikoliv normou EOBD. Hodnoty se proto u každého výrobce liší. Větší detail lze získat z dílenské příručky konkrétního výrobce vozidla.

7.4.5.8 MOD 7 – paměť sporadických závad

U těchto chyb se kontrolka MIL nerozsvěcí, jelikož chybí několikanásobné ověření, které se projeví až u paměti trvalých závad.

7.4.5.9 MOD 8 – Testování akčních členů

Tato funkce není udána normou, tudíž její podpora není téměř od žádného výrobce. V praxi se tudíž stává nevyužitelnou funkcí EOBD

7.4.5.10 MOD 9 – Identifikace vozu

VIN – Je sedmnáctimístné číslo vyražené na karoserii, rámu, motoru apod.

CIN – údaje o řídicí jednotce (Firmware, softwarová verze)

CVN – 1 až 4bitová hodnota. Kontrolní součty, které každá řídicí jednotka provádí pro rozpoznání narušení integrity např. chiptuning aj. [36]

7.4.6 Komunikace PID

Probíhá tím způsobem, že je zařízení připojeno do diagnostické zásuvky a zadá se tzv. PID kód. Přístroj zadaný PID kód vyhodnotí a je přeložen tak, aby komunikoval s EOBD. Poté EOBD vyšle PID kód pomocí komunikačních protokolů na diagnostickou zásuvku. Odpověď, kterou obdrží zařízení je přeložena a zobrazena koncovému uživateli.

Norma SAE J1979 obsahuje i tabulku, která označuje všechny PID kódy, které se užívají pro komunikaci. Mimo tyto kódy existují i neobvyklé PID kódy, které si každá automobilka vytváří sama.

Vysvětlující příklad:

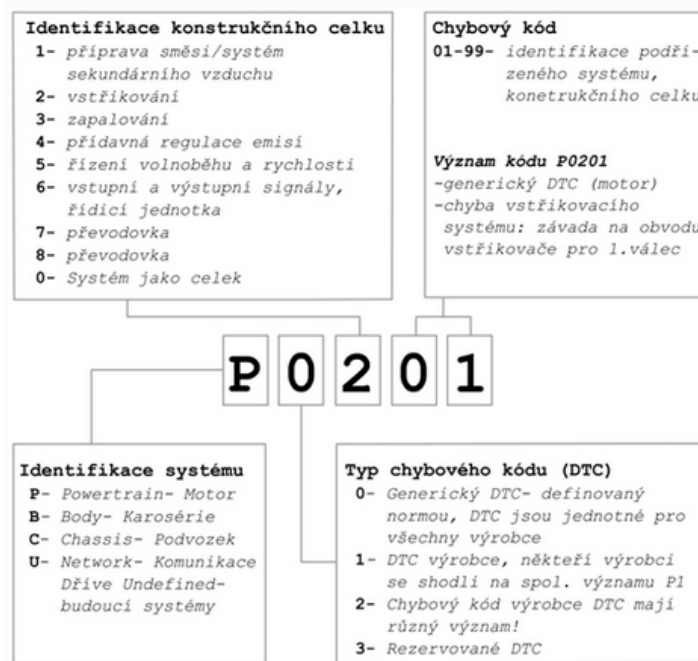
Přístup k módu 1 (01) a je vyžadována hodnota zatížení motoru (04), tudíž je odeslán dotaz **01 04**.

Odpověď dorazí jako tvar 41 04 7C. Proto aby bylo jasné, že se jedná o odpověď je přidáno k číslici 01 číslo 40. 7C je označením hexadecimálního tvaru tzv. vlastní hodnotu. Větší detail pro převodní vztahy je uveden v normě SAE J1979. [37]

7.4.7 DTC – Chybový kód

Struktura chybového kódu popsána na obrázku č. 21.

Obrázek č. 21 – Struktura chybového kódu



Zdroj: <https://www.blog.autodiagnostik.cz/autodiagnostika-eobd/>

7.5 Datová sběrnice LIN

Do konce 20. stol se již ve vozech plně využívaly datové sběrnice jako je např. CAN-Bus. Bohužel zde chyběl jakýsi standard levné sběrnice. První sběrnice, která byla nazvána LIN (Local Intrconnect Network), byla vytvořena v roce 1999 firmami: BMW, Audi, Chrysler, Motorola, Volvo, Volkswagen, VCT. LIN je dle otevřeného standartu sériovou automobilovou sběrnici. Hlavním cílem bylo snížit náklady na LIN, a to tak, aby byl LIN 2 - 3krát levnější než sběrnice CAN. LIN nenahrazuje CAN, ale vhodně ho doplňuje. Zapojení sběrnice LIN je popsáno na obrázku č. 22.

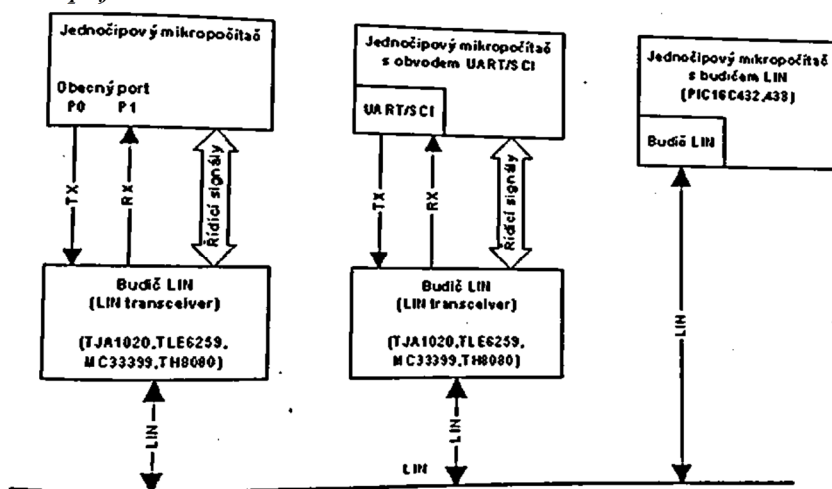
Typickými aplikacemi jsou: řízení dveří a jejich oken, zrcátka, sedačky, zámky, stěrače, klimatizace, jednotlivé senzory a spínače. K prvnímu nasazení došlo v roce 2001. LIN se hodil od samého počátku do míst, kde není vyžadována vysoká spolehlivost a rychlost. Rychlost je 2400 až 19200 bit/s.

Pro realizaci systému, nebo řídicí jednotky se sběrnici LIN je zapotřebí hned několik obvodů. Jsou jimi:

- Mikroprocesor, který dokáže obsloužit události jako vysílání a příjem dat
- Obvod UART/SCI, a to jako Hardwarový řadič komunikace v sérii.

- Budič LIN, který realizuje fyzickou vrstvu protokolu. Tj. převod mezi signálem řadiče do fyzické vrstvy. Napětí je zde od 0 až 12 V, dle ISO 9141. [21]

Obrázek č. 22 – Zapojení sběrnice LIN



Zdroj: VLK, František. *Automobilová elektronika*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7062-3

7.6 Datová sběrnice MOST

Sběrníkový standart MOST z anglického spojení Media Oriented System Transport je vyvinut za účelem zajištění veškerých multimediálních funkcí automobilu. Jedná se o optickou sběrnici a u jejího zrodu stojí společnosti shodné jako u LIN, ovšem doplněné ještě o Hraman-Becker a Oasis. První implementaci sběrnice zažila v roce 2001 v novém BMW řady 7. Impulsem pro vývoj této sběrnice byl neustále větší zájem o komplexnost palubní sítě v automobilu, jednalo se hlavně o její audiovizuální část. Pokud má audiovizuální systém ve voze poskytovat srovnatelné služby se spotřební elektronikou, jsou jeho požadavky na přenosovou kapacitu vyšší, než všechny doposud používané sběrníkové systémy.

Jde o vysokorychlostní optickou síť se synchronním datovým přenosem, která je navržena pro automobilový průmysl a jeho multimediální aplikace.

Přenos dat tří typů:

- Synchronní data (Audio, video)
- Asynchronní data (obrázky, pakety TCP/IP, SMS)
- řídicí data. [21]

7.7 Datová sběrnice FlexRay

Jedná se o velmi moderní vysokorychlostní (10Mbit/s) standart pro aplikace, které jsou kritické z důvodu bezpečnosti. Použití je zejména v automobilovém průmyslu a v rozvíjejících se aplikacích nazvaných X-by-wire (Brake-by-Wire, Steer-by-Wire aj.). V praxi to bude vypadat tak, že brzdění nebude ovládáno napřímo hydraulikou mezi pedálem a brzdou, ale povede napřímo tam. Např. podobně bude řešen i volant. Technologie FlexRay by se měla stát standardem pro nové vysokorychlostní aplikace ve vozech a dostupná by měla být po celém světě. [21]

8 Telekomunikační systém pro přenos dat

Systém lze obecně rozdělit do jednotlivých částí, ze kterých se telekomunikační jednotka ať už Gcom, nebo T-Mobile Chytré auto skládá.

- GPS pro určování polohy
- GPRS modul pro přenos provozních dat
- Konektor DLC pro připojení přímo na vozidlo a čtení pomocí normy OBD ze sběrnice CAN.

Zaznamenaná data odchází v reálném čase na server odkud jsou přístupné buď přes webové rozhraní, nebo přes aplikaci. Zde jsou data již připravena ke čtení.

8.1 Hardwarové zařízení Gcom

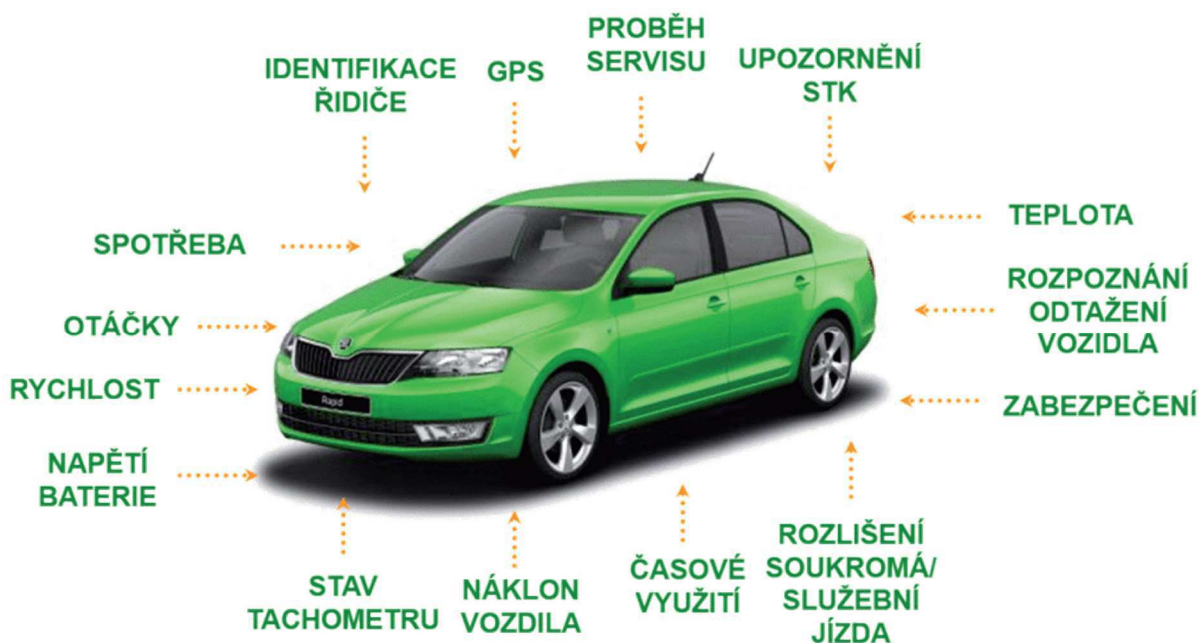
Jádrem celého systému pro sledování vozidel je jednotka Gcom, která shromažďuje veškeré dostupné provozní parametry. Pomocí vestavěného GSM modulu odesílá provozní data na server. Odtud jsou přístupná přes webovou aplikaci RMC, konkrétně na odkazu: <http://www.rmcontrol.cz/>.

Jelikož je tato práce zaměřena zejména na osobní automobily, není v systému zabudována jeho podstatná část, kterou je palivová sonda CAP04. Tu je možné naimplementovat pouze do některých osobních vozidel. Zásadní výhodou systému je sledování celé vozové flotily pomocí GPS modulu. Také slouží jako nástroj pro zvýšení efektivnosti práce zaměstnanců. Využitím systému lze ušetřit až 20 % nákladů.

8.1.1 Základní funkce:

- Přehled celého vozové parku
- Automatické generování knih jízd
- Zaznamenávání dat přes OBD II
- Evidence o provozu ve zvoleném období
- Importování dat z parkovacích karet
- GPS trasování vč. historie
- Mapové podklady Google Maps.

Obrázek č. 23 - Monitoring pomocí Gcom osobních vozidel



Zdroj: <http://www.rmc-system.com/osobni-auta/>

8.1.2 Hlavní výhody systému RMC pro osobní vozidla

- Omezení tzv. černých jízd
- Kontrola spotřeby pohonných hmot
- Nepřetržitý dohled nad vozovým parkem 24/7
- Možnost lokalizace v reálném čase
- Libovolná konfigurace všech parametrů
- Variabilní nastavení knihy jízd
- Monitoring všech vozidel na mapě
- Nastavení alarmu při překročení provozních parametrů (max. povolená rychlost)
- SMS signalizace při potřebě dotankování či slabé baterii
- SMS signalizace při vyjetí z definované lokality
- Výpočet cestovních náhrad
- Nastavení upozornění na pravidelný servis
- Upozornění na STK pomocí SMS
- Identifikace řidiče pomocí identifikačního čipu
- Zvýšené zabezpečení proti krádeži
- Rozpoznání manipulace s vozidlem

- Pomocí jednotky lze rozpoznat náraz, či převrácení vozidla na střechu
- Rozpoznání pokusu o krádež kol pomocí akceleračního snímače

8.1.3 Jednotka Gcom

Její instalace se provádí přímo na stroji. Zařízení je vybaveno linkou RS 232, na kterou lze připojit např. identifikaci čipů, klávesnici, nebo dotykovou obrazovku. Jednotka obsahuje GSM/GPRS modul, který slouží pro přenos dat, pomocí SIM karty Micro Simcard. Gcom disponuje také GPS modulem, díky němuž lze vozidlo lokalizovat. Zařízení obsahuje také svou baterii, v tomto případě knoflíkovou, lithiovou baterii CR2025 s napětím 3 V.

8.1.3.1 Technické parametry

Rozměr: V 25 mm, Š 70 mm, D 120 mm

Hmotnost: 120 g až 195 g, dle započítání kabeláže a DLC přípojky

Stupeň krytí: IP 54

Napájecí napětí: 8–32 V

Provozní teplota: od -20 °C až po 60 °C

Obrázek č. 24 – Zařízení Gcom



Zdroj: Vlastní fotografie

8.1.3.2 Vybavení zařízení

- GSM/GPRS modul
- GPS modul
- S 232

- CAN
- Logický vstup/výstup
- Přípojka na anténu

8.1.4 Nákladový model

V následující tabulce bude uvedeno dvouleté TCO pro osobní automobily od společnosti Partner MB.

Tabulka č. 7 – Dvouleté TCO „Gcom“

	Interval	Nabídka Gcom, vč. knihy jízd
Tarif	měsíčně	150 Kč
Zakoupení zařízení	jednorázově	3 500 Kč
Instalace	jednorázově	1 000 Kč
2Y TCO		8 100 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Cena pro dvouleté TCO obsahuje zakoupení zařízení, instalaci a jeho dvouletý provoz. Systém umožňuje zasílat knihu jízd, která rozlišuje, zda se jedná o soukromou, nebo služební cestu. Společnost Partner MB uvádí, že lze díky tomuto zařízení ušetřit až 20 % nákladů spojených s provozem osobních automobilů ve firmě. Ceny jsou uvedeny vč. 21 % DPH.

8.2 Chytré auto od společnosti T-Mobile

Společnost T-Mobile přišla na trh s novinkou, kterou nazvala Chytré Auto. Primárně je zařízení určeno pro soukromé účely, zejména pro osobní automobily. Zařízení dokáže zobrazit základní informace o stylu každé jízdy (zrychlování, brždění, volnoběžné otáčky) a statistiky (rychlost, otáčky, vzdálenost aj.). Nastavit lze např. maximální rychlost, po jejímž překročení systém zašle informaci.

Dále umí vyhodnocení jízdy, kde je počet kilometrů, maximální a průměrná rychlost, otáčky. Zařízení nevybíjí autobaterii, protože se dle slov výrobce odpojí, když je skoro vybitá. Funguje také se systémem stop/start. Má tzv. SOS funkci, která funguje tak, že pokud se uživatel dostane do potíží, může snadno přes aplikaci rozeslat SMS až pěti kontaktům se zprávou, že potřebuje pomoci. Vyplývá otázka, proč není tato funkce napojena přímo na aktivní členy a nedokáže sama vyhodnotit a rozeslat tuto zprávu. Některé pojišťovny již toto

zařízení začínají využívat a na základě předloženého zařízení Vám nabídnou slevu na havarijním pojištění. [39]

Obrázek č. 25 - Jednotka T-Mobile Chytré auto



Zdroj: Vlastní fotografie

8.2.1 Základní polohové funkce

- Polohové údaje (GPS)
- Napojení na Street View od společnosti Google
- Sdílení polohy
- Natavení oblastí, ve kterých se smí vozidlo pohybovat. pokud oblast opustí, přijde upozornění.
- Max. počet vozidel je nastaven na 3. Tudiž lze na mapě sledovat pouze 3 vozidla. [39]

8.2.2 Základní zabezpečovací funkce

- Při uvedení vozidla do pohybu a nastartování přijde oznámení
- Hlásí otřesy, tudíž přijde upozornění, pokud Vám vůz někdo krade, nebo odtahuje
- Upozornění při odpojení zařízení. [39]

8.2.3 Klasická WiFi

- Možnost připojení až pěti zařízení
- Po celém území EU bez poplatků (vyplývá ze zákona, nikoliv bonus navíc)
- Výběr mezi 5 GB až 20 GB dat měsíčně
- Po vyčerpání dat, lze pokračovat se sníženou rychlostí. [39]

8.2.4 Hlášení závad

- Hlášení o stavu paliva a autobaterie. Hlášení o stavu autobaterie výrobce stáhl z důvodu chybného hlášení.
- Aplikace nahlásí, pokud dojde k závadě na vašem voze. Nastane-li technický problém, tak poradí, o co jde a jak to lze řešit.

Shrnou-li se všechny funkce, které systém nabízí, vyplývá, že se jedná o poměrně šikovný doplněk vozu. V tuto chvíli jsou však jeho funkce velmi omezeny a nemají velkou přidanou hodnotu. Více bude popsáno v kapitole 10.5 Nákladový model a 10.6 Fungování v aplikaci Chytré Auto. [39]

8.2.5 Nákladový model

V práci bude ukázáno dvouleté TCO při volbě produktu od společnosti T-Mobile.

Tabulka č. 8 – Dvouleté TCO produktů „Chytré auto“

	Interval	WiFi Standard 5 GB/měsíčně	WiFi Standard 5 GB/měsíčně
Tarif	měsíčně	249 Kč	499 Kč
Zakoupení zařízení	jednorázově	1 499 Kč	499 Kč
Prodlužovací kapel	jednorázově	149 Kč	149 Kč
2Y TCO		7 624 Kč	12 624 Kč

	Interval	Twist/ročně	T-Mobile/měsíčně
Tarif	ročně/měsíčně	900 Kč	75 Kč
Zakoupení zařízení	jednorázově	2 599 Kč	2 599 Kč
Prodlužovací kapel	jednorázově	149 Kč	149 Kč
2Y TCO		4 548 Kč	4 548 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

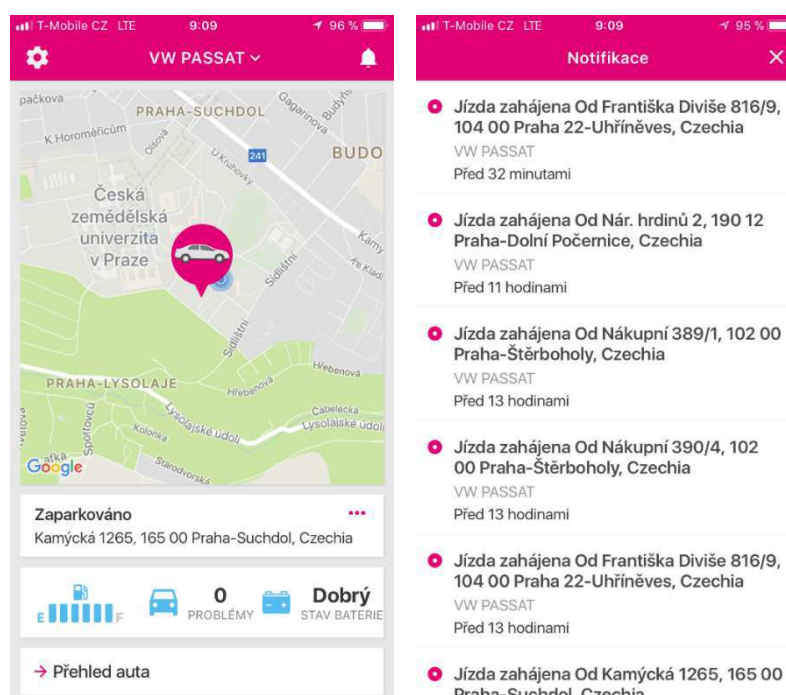
Operátor nabízí zařízení „Chytré auto“ ve čtyřech kombinacích produktů. Ceny jsou kalkulovány pro jednotlivce se závazkem na 2 roky, tzn. smlouvu na dobu určitou a jsou uvedeny **vč. 21 % DPH**. Produkt WiFi Standard a WiFi Premium, se liší ve velikosti poskytnutých dat na celou posádku (možnost připojení k zařízení pomocí WiFi a využívání datových služeb). U produktu WiFi Standard se jedná o 5 GB za cenu 249 Kč měsíčně, což udělá na dvouletém TCO vč. pronájmu zařízení a prodlužovacího kabelu cenu 7.624 Kč. U WiFi Premium je to 20 GB a měsíční datový balíček vychází na 499 Kč, z čehož vyplývá na dvouletém TCO, opět vč. ceny prodlužovacího kabelu a pronájmu zařízení cena 12.624 Kč.

U produktu Twist je povinnost mít každý rok nabitý alespoň na 900 Kč, což vychází na 75 Kč měsíčně stejně jako u produktu T-Mobile. V celkovém TCO se tudíž tyto dva produkty vůbec neliší. Je důležité podotknout, že zde není žádný datový balíček, tudíž se omezí funkcionality zařízení. [39]

8.2.6 Fungování v aplikaci Chytré Auto

Zřízení bylo pro tuto práci zapůjčeno od kolegy, který ho vlastní, tak aby mohly být vyzkoušeny jeho funkce a uživatelské fungování s aplikací.

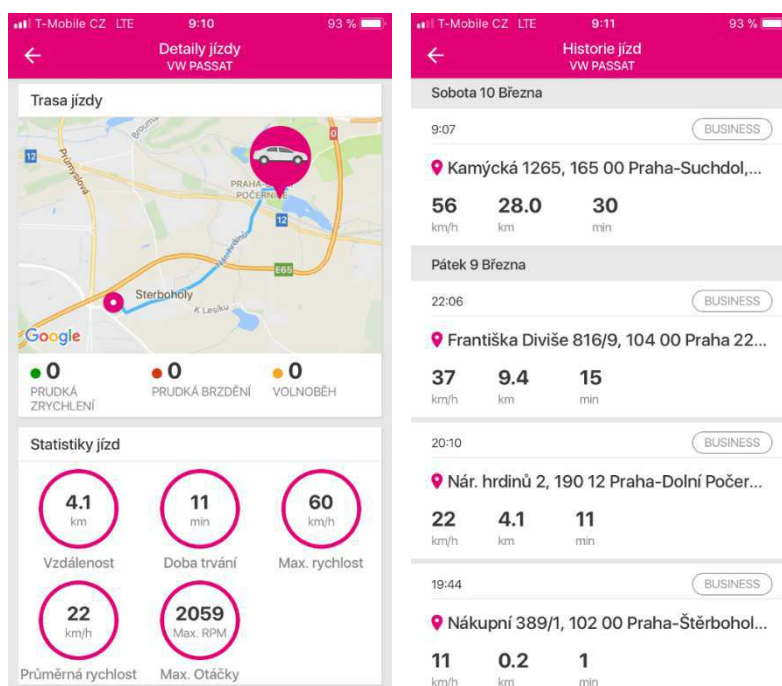
Obrázek č. 26 – Pprintscreen aplikace „Chytré auto“ 1



Zdroj: Vlastní zpracování

Na obrázku č. 26 je úvodní obrazovka, která se zobrazí při spuštění aplikace v mobilním telefonu. Viditelné jsou zde údaje o adrese, stavu baterie a případných vadách vozidla. Na dalším snímku obrázku č. 26 je přehled notifikací, které zařízení odesílá, tak jak je v aplikaci nastaveno. Je zde možnost vybrat oblast, kterou nesmí vůz opustit, překročení stanovené rychlosti, oznámení o zahájení jízdy, hlášení nízkého stavu baterie, nebo pohybu vozidla v nečinném stavu.

Obrázek č. 27 - Printscreens aplikace „Chytré auto“ 2

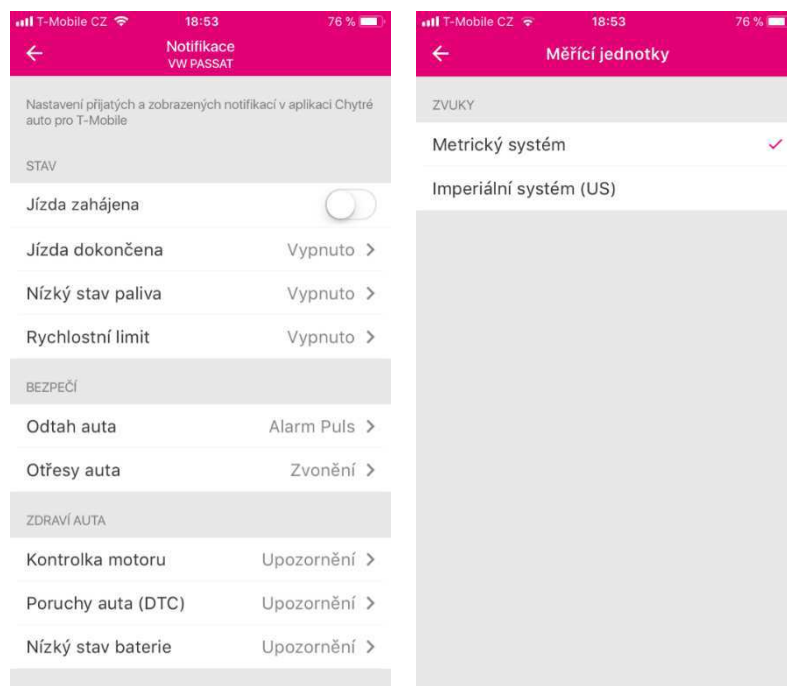


Zdroj: Vlastní zpracování

Na obrázku č. 27 je možné zobrazit detail jednotlivých jízd. Zde probíhala jízda ze Šterbohol do Dolních Počernic. Zařízení zjistilo maximální rychlost 60 km/h, ujetou vzdálenost 4,1 km, trvání jízdy, maximální otáčky během jízdy 2059 ot./min a za celou jízdu zprůměrovalo rychlost na 22 km/h. Na druhém snímku obrázku č. 27 je přehled všech jízd zaznamenaných zařízením.

Nastavit se dají upozornění jako je zahájená jízda, dokončená jízda, stav paliva, rychlostní limit, viz obrázek č. 28. Dojde-li k odtahu či vloupání do vozidla, čidlo zaznamená pohyb a odešle vlastníkovvi vozu upozornění. Dojde-li k rozsvícení emisní kontrolky MIL, systém odešle upozornění. Stejně tak odešle chybový kód DTC, dojde-li k nějaké poruše na vozu. Systém nepošle pouze kód, ale konkretizuje závadu. Jednotky mohou být buď v metrickém, nebo v „Imperiálním systému“.

Obrázek č. 28 - Printscreen aplikace „Chytré auto“ 3



Zdroj: Vlastní zpracování

9 Měření spotřeby paliva

Měření probíhala dlouhodobě, a to v řádech měsíců na třech automobilech. Jednalo se modely Volkswagen Passat 2.0 TDI o výkonu 103kW, Škodu Superb 2.0 TDI o výkonu 103 kW a Peugeot 5008 1.6 TDI o výkonu 80 kW. Tři řidiči zaznamenávali data od natankování do natankování, do předepsané tabulky viz příloha č. 1. Souběžně probíhala měření pomocí jednotky Gcom, ze které byla data dále zpracována. Zapisována byla také data z přístrojových desek vozidel. Poslední hodnota kombinované spotřeby byla získána z technických průkazů vozidel.

9.1 Způsob zápisu, měření a zpracování dat

Řidičům vozidel byla rozdána tabulka pro zápis jednotlivých hodnot a vysvětlen princip pro zapisování dat. Jednotka Gcom jim byla do vozidla nainstalována a ověření proběhlo tím, zda jednotka komunikuje a odesílá data na server.

9.1.1 Rozbor tabulky pro zápis hodnot viz příloha č. 1

1. Datum tankování do plné nádrže – zde řidič uvedl datum, případně čas tankování paliva do plné nádrže svého vozu.
2. Stav počítadla ujeté vzdálenosti (km) – do tohoto pole řidič uvedl skutečný stav ujetých kilometrů z přístrojové desky v den tankování.
3. Skutečný nájezd (km) – Počet ujetých kilometrů od posledního tankování, který byl dopočítán z rozdílu hodnot počítadla ujeté vzdálenosti na přístrojové desce.
4. Počet litrů při tankování do plné nádrže (l) – tuto hodnotu řidič zapsal do tabulky z počítadla výdejního stojanu paliva.
5. Průměrná spotřeba dle palubní desky (l/100 km) – do tohoto pole zapisovali řidiči průměrnou hodnotu spotřeby paliva za měřené období.
6. Spotřeba od tankování do tankování – byla vypočtena jako:

$$\text{Spotřeba od tankování do tankování} = \frac{\text{Počet litrů při tankování do plné nádrže (l)}}{\text{Skutečná nájezd (km)}} \cdot 100 \quad (11)$$

7. Kombinovaná spotřeba dle technického průkazu (l/100 km) – Zde byla hodnota opsána z technických průkazů konkrétních vozů.

8. Spotřeba dopočítaná dle OBD (l/100 km) – Toto pole bylo dopočítáno na základě poskytnutých údajů z OBD pomocí jednotky Gcom. Detailu výpočtu bude věnována následující samostatná kapitola.

9.2 Výpočet spotřeby z hodnot OBD pomocí jednotky Gcom

Ze serveru, na který jednotka data zaslala, bylo nejprve nutné tzv. surová data stáhnout a zpracovat pomocí MS Excel. Pro každé vozidlo byla data roztřízena dle data a času tankování. Každý řádek v tabulce z přílohy č. 1 označený jako Záznam, je tedy konkrétním obdobím mezi tankováními.

Pro ověření konkrétních časů tankování posloužila funkce polohových dat systému RMC. Pokud byl znám například termín tankování **10.11.2017** a nebyl znám přesný čas, bylo možné čas dohledat pomocí funkce trasování. Systém zobrazuje, kde došlo k zastavení a opětovnému nastartování. Dle GPS byl přesný čas 19:07 hod viz obrázek č. 29.

Obrázek č. 29 – Čas tankování zobrazený na mapě



Zdroj: Vlastní zpracování

Po získání všech přesných termínů tankování musela být použitelná data roztržena. Data v neupraveném jsou znázorněna na obrázku č. 30:

Obrázek č. 30 – Neupravená data z jednotky Gcom

A	D	E	F	G	H	I	J
28.10.2017 12:16	adgr	adl	adp	adp	adp	adpr	adrv
	dea:gear	dea	dea	dea	dea	dea:retarder	dea:rev
28.10.2017 12:22							
1.1.2070 1:00	0;0;0;0;0;0;0;0;37;37;42;28;25;25;51;72	0;0;	0;0;	0;0;	0;0;	130;0;775;775;775;775;975;1050;975;1000;11	0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;2;0;5;0;6;0;8
1.1.2070 1:00	88;85;73;58;60;60;58;58;57;58;56;54;5	0;0;	0;0;	0;0;	0;0;	130;1425;1475;1475;1525;1500;1500;1525;15	56;0;57;0;57;0;58;0;59;0;58;0;59;0;59;0
1.1.2070 1:00	44;44;22;0;0;0;13;46;46;53;57;57;57;60	0;0;	0;0;	0;0;	0;0;	130;1725;1725;1700;1650;1625;1600;1600;15	67;0;66;0;66;0;66;0;63;0;62;0;62;0;59;0
1.1.2070 1:00	51;51;51;53;53;50;50;48;39;37;36;36;0	0;0;	0;0;	0;0;	0;0;	130;1525;1525;1525;1525;1525;1550;1550;15	59;0;59;0;59;0;59;0;59;0;60;0;60;0;60;0
1.1.2070 1:00	30;31;31;32;34;34;36;38;38;39;40;40;4	0;0;	0;0;	0;0;	0;0;	130;1925;1925;1925;1925;1925;1900;1900;19	51;0;51;0;51;0;51;0;51;0;51;0;51;0;51;0
1.1.2070 1:00	52;52;52;52;52;52;52;51;51;47;47;4	0;0;	0;0;	0;0;	0;0;	130;1900;1900;1900;1925;1925;1925;1925;19	51;0;51;0;51;0;51;0;51;0;51;0;51;0;52;0
1.1.2070 1:00	78;80;23;23;46;46;49;49;50;50;49;49;4	0;0;	0;0;	0;0;	0;0;	130;1400;1450;1475;1475;1450;1450;1450;14	54;0;56;0;57;0;57;0;56;0;56;0;56;0;56;0
1.1.2070 1:00	61;61;63;63;63;65;64;65;65;99;99;99;9	0;0;	0;0;	0;0;	0;0;	130;1625;1625;1650;1650;1675;1675;1700;17	63;0;63;0;64;0;64;0;65;0;65;0;66;0;67;0
1.1.2070 1:00	70;70;77;74;74;88;77;73;64;67;63;63;5	0;0;	0;0;	0;0;	0;0;	130;1875;1875;2100;2200;2325;1600;1675;17	50;0;50;0;55;0;58;0;64;0;63;0;64;0;68;0
1.1.2070 1:00	37;32;16;0;0;0;0;0;0;34;0;0;0;25;0;10;2	0;0;	0;0;	0;0;	0;0;	130;1925;1925;1900;1850;1800;1775;1775;17	75;0;74;0;73;0;72;0;71;0;69;0;67;0;66;0

Zdroj: Vlastní zpracování

V každé buňce jsou data zaznamenána za jednu sekundu. Pro výpočet průměrné spotřeby paliva na 100 km získané z OBD vozu pomocí jednotky Gcom jsou zapotřebí tři hodnoty ze sloupců D, I a J. Ve sloupci **D** jsou data zatížení motoru, ve sloupci **I** jsou data otáček a ve sloupci **J** jsou data rychlosti, pomocí kterých můžeme ověřit reálný nájezd.

S daty na obrázku č. 30 nelze jednoduše pracovat. Tudiž je nutné jednotlivé sloupce vložit do textového souboru a následně importovat do samostatných záložek MS Excel a rozdělovačem data ze sloupců rozdělit do jednotlivých buněk pomocí znaménka středníku (;).

Importované záznamy zatížení motoru a otáček motoru v samostatných buňkách je nutné vzájemně vynásobit.

Obrázek č. 31 – Součin v jednotlivých buňkách

	A	B	C	D	E	F	G	H
13	75900	75900	37400	0	0	0	20800	70150
14	77775	77775	77775	80825	80825	77500	77500	74400
15	57750	59675	59675	61600	65450	64600	68400	72200
16	98800	98800	98800	100100	100100	100100	100100	100100
17	109200	116000	33925	33925	66700	66700	71050	71050
18	99125	99125	103950	103950	105525	108875	108800	112125
19	131250	131250	161700	162800	172050	140800	128975	127750
20	71225	61600	30400	0	0	0	0	0
21	18000	18900	19800	18000	18900	18900	18900	18900

Zdroj: Vlastní zpracování

V každé buňce tedy vznikne součin viz obrázek č. 31. Dále je nutno udělat sumu všech buněk součinu a vznikne výsledná hodnota pro další výpočet.

Pro výpočet průměrné spotřeby paliva na 100 km získané z OBD vozu pomocí jednotky Gcom bylo nezbytně nutné určit koeficient výpočtu.

Koeficient byl získán jako:

$$Koeficient_{OBD} = \frac{\text{Spotřeba od tankování do tankování}}{\frac{\sum \text{Otáčky motoru} \cdot \text{Zatížení motoru}}{\text{Počet najetých km za dané období}} \cdot 100} \quad (12)$$

Takto získaný koeficient byl následně aplikován na další záznamy konkrétního vozu.

Průměrná spotřeba byla získána jako:

$$\emptyset \text{Spotřeba z OBD} = \left(\frac{\sum \text{Otáčky motoru} \cdot \text{Zatížení motoru}}{\text{Počet najetých km za dané období}} \cdot 100 \right) \cdot Koeficient_{OBD} \quad (13)$$

Získaný koeficient byl uplatněn i pro zbylá měření a data byla posléze porovnána s hodnotami od tankování do tankování, průměrnou spotřebou vyčtenou z přístrojové desky a kombinovanou spotřebou dle technického průkazu vozidla. Universální koeficient (pro daný vůz), vznikl jako průměr všech koeficientů naměřených k jednomu vozu.

V následujících kapitolách budou zobrazeny výpočty pro všechna tři vozidla a jejich příslušné záznamy.

9.3 Volkswagen Passat 2.0TDI, 103 kW

Tabulka č. 9 zobrazuje hodnoty naměřené řidičem vozu Volkswagen Passat.

Tabulka č. 9 – Naměřené hodnoty – VW Passat

	Datum tankování do plné nádrže	Stav počítadla ujeté vzdálenosti (km)	Skutečný nájezd (km)	Počet litrů při tankování do plné nádrže (l)
1. záznam	21.9.2017	111 665		61,33
2. záznam	30.9.2017	112 577	912	59,39
3. záznam	20.10.2017	113 521	944	61,83
4. záznam	29.10.2017	114 082	561	35,91

Zdroj: Vlastní zpracování

Z výše zaznamenaných hodnot byla dopočítána průměrná spotřeba od tankování do tankování. Dále je v tabulce č. 10 zaznamenána průměrná spotřeba z přístrojové desky za sledované období a kombinovaná spotřeba z technického průkazu. V posledním sloupci jsou vypočítané hodnoty průměrné spotřeby z OBD pomocí jednotky Gcom.

Tabulka č. 10 – Vypočítané hodnoty – VW Passat

	Průměrná spotřeba dle palubní desky (l/100 km)	Průměrná spotřeba od tankování do tankování (l/100 km)	Kombinovaná spotřeba dle technického průkazu (l/100 km)	Průměrná spotřeba dopočítaná dle OBD (l/100 km)
1. záznam				
2. záznam	5,90	6,51	5,80	5,93
3. záznam	6,20	6,55	5,80	6,55
4. záznam	6,10	6,40	5,80	6,56

Zdroj: Vlastní zpracování

Naměřeny byly u vozu Volkswagen Passat čtyři záznamy. Z prvního záznamu nelze průměrnou spotřebu od tankování do tankování vypočítat, proto byl z dalšího porovnání vynechán.

9.3.1 Detailní popis výpočtu průměrné spotřeby paliva na 100 km dle OBD

Záznam č. 2

Dle postupu popsaného v kapitole 11.2. vyšla suma součinu otáček motoru a zatížení motoru jako číslo 2647259675. Tuto hodnotu bylo zapotřebí vydělit ujetými kilometry a vynásobit číslem 100, aby byla získána spotřeba v l/100 km. Výsledkem bylo číslo 292395608, které po vynásobení koeficientem 0,00000002027, udává výslednou spotřebu paliva **5,93 l/100 km**.

Záznam č. 3

Dle postupu popsaného v kapitole 11.2. vyšla suma součinu otáček motoru a zatížení motoru jako číslo 3009120375. Tuto hodnotu bylo zapotřebí vydělit ujetými kilometry a vynásobit číslem 100, aby byla získána spotřeba v l/100 km. Výsledkem bylo číslo 323058313, které po vynásobení koeficientem 0,00000002027, udává výslednou spotřebu paliva **6,55 l/100 km**.

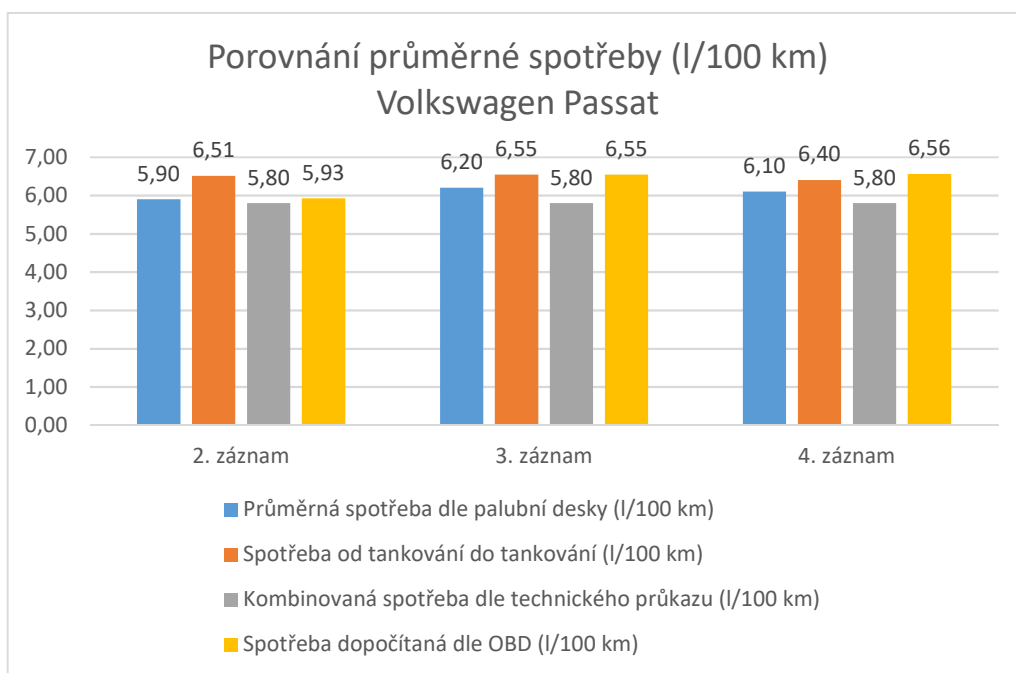
Záznam č. 4

Dle postupu popsaného v kapitole 11.2. vyšla suma součinu otáček motoru a zatížení motoru jako číslo 1797722100. Tuto hodnotu bylo zapotřebí vydělit ujetými kilometry a vynásobit číslem 100, aby byla získána spotřeba v l/100 km. Výsledkem bylo číslo 323708617, které po vynásobení koeficientem 0,00000002027, udává výslednou spotřebu paliva **6,56 l/100 km**.

9.3.2 Porovnání naměřených a zaznamenaných hodnot

Pro lepší grafické srovnání byl vytvořen graf č. 1, ve kterém jsou porovnány všechny získané průměrné spotřeby paliva na 100 km.

Graf č. 1 – Porovnání průměrné spotřeby – VW Passat



Zdroj: Vlastní zpracování

Na první pohled je z grafu č. 1 zřejmé, že kombinovaná spotřeba z technického průkazu uvedena výrobcem, je výrazně nižší než ostatní sledované hodnoty. Výchozí a směrodatnou hodnotou pro porovnání by měla být průměrná spotřeba paliva od tankování do tankování. V následující tabulce bude procentuálně vyjádřen rozdíl všech tří sledovaných hodnot oproti průměrné spotřebě paliva od tankování do tankování.

Tabulka č. 11 – Průměrný rozdíl spotřeb paliva – VW Passat

	Průměrná spotřeba dopočítaná dle OBD (l/100 km)	Průměrná spotřeba dle palubní desky (l/100 km)	Kombinovaná spotřeba dle technického průkazu (l/100 km)
2. záznam	9,82 %	10,37 %	12,28 %
3. záznam	0,00 %	5,64 %	12,93 %
4. záznam	2,42 %	4,94 %	10,36 %
Průměrný rozdíl	4,08 %	6,98 %	11,86 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Pomocí průměrného rozdílu se jeví pro měření vozidla Volkswagen Passat průměrná spotřeba paliva na 100 km dopočítaná z OBD vozu pomocí jednotky Gcom, jako druhá nejpříjemnější možnost po průměrné spotřebě paliva od tankování do tankování. Nejdále se umístila od průměrné spotřeby od tankování do tankování kombinovaná spotřeba, dle technického průkazu vozu.

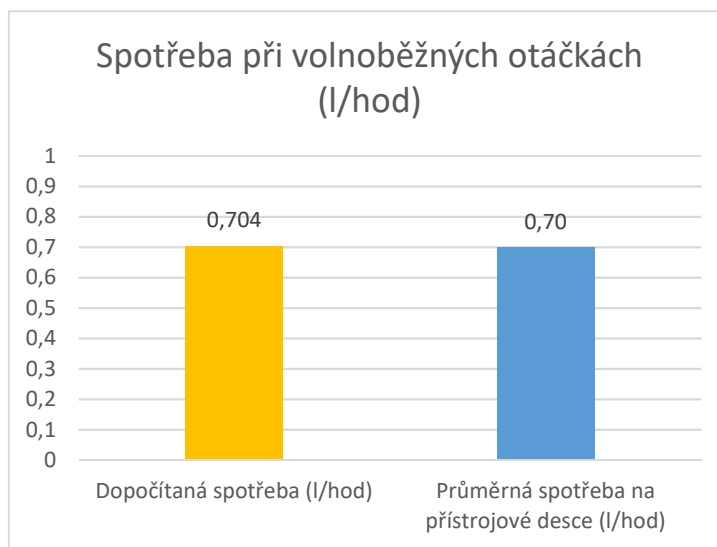
9.3.3 Spotřeba při volnoběhu

Pro další ověření správnosti získaného koeficientu byla zvolena spotřeba při volnoběžných otáčkách, která je udávána v l/hod. Výchozí hodnotou byla spotřeba paliva za hodinu zobrazená na přístrojové desce při volnoběhu. Ta byla porovnána s vypočtenou hodnotou z OBD. Hodnota byla vypočtena jako:

$$\text{Volnoběžné otáčky} \cdot \text{zatížení motoru} \cdot 3600 \cdot \text{Koeficient}_{OBD} = \varnothing \text{Spotřeba (l/hod)} \quad (14)$$

Volnoběžné otáčky vozu Volkswagen Passat jsou zhruba 800 otáček/minutu a zatížení motoru je během nich mezi 11–12 %. Po vynásobení je získána hodnota 9600, která pokud se opět vynásobí již známým koeficientem 0,00000002027 a provede se součin číslem 3600, vznikne výsledná spotřeba 0,704 l/hod.

Graf č. 2 – Spotřeba při volnoběžných otáčkách – VW Passat



Zdroj: Vlastní zpracování

9.4 Peugeot 5008 1.6 HDI, 80 kW

Tabulka č. 12 zobrazuje hodnoty naměřené řidičem vozu Peugeot 5008.

Tabulka č. 12 – Naměřené hodnoty – Peugeot 5008

	Datum tankování do plné nádrže	Stav počítadla ujeté vzdálenosti (km)	Skutečný nájezd (km)	Počet litrů při tankování do plné nádrže (l)
1. záznam	17.10.2017	161 483	x	54,86
2. záznam	25.10.2017	162 405	922	56,51
3. záznam	6.11.2017	163 323	918	54,85
4. záznam	18.11.2017	164 169	846	50,65
5. záznam	3.12.2017	165 108	939	56,57
6. záznam	15.12.2017	166 022	914	55,35

Zdroj: Vlastní zpracování

Z výše zaznamenaných hodnot byla dopočítána průměrná spotřeba od tankování do tankování. Dále je v tabulce č. 13 zaznamenaná průměrná spotřeba z přístrojové desky za sledované období a kombinovaná spotřeba z technického průkazu. V posledním sloupci jsou vypočítané hodnoty průměrné spotřeby z OBD pomocí jednotky Gcom.

Tabulka č. 13 – Vypočítané hodnoty – Peugeot 5008

	Průměrná spotřeba dle palubní desky (l/100 km)	Průměrná spotřeba od tankování do tankování (l/100 km)	Kombinovaná spotřeba dle technického průkazu (l/100 km)	Průměrná spotřeba dopočítaná dle OBD (l/100 km)
1. záznam	6,10			
2. záznam	6,20	6,13	4,47	
3. záznam	6,20	5,97	4,47	
4. záznam	6,20	5,99	4,47	6,11
5. záznam	6,30	6,02	4,47	6,02
6. záznam	6,40	6,06	4,47	5,94

Zdroj: Vlastní zpracování

Naměřeno bylo u vozu Peugeot 5008 šest záznamů. U záznamu 1 a u záznamu 2 však došlo k chybnému sběru dat jednotkou Gcom. Proto tyto dva záznamy nebylo možné vypočítat. Třetí záznam je tudíž prvním, od kterého se bylo možné odvíjet a posloužil pouze pro údaj tachometru a počtu dotankovaných litrů do plné nádrže. Porovnávanými záznamy jsou tedy záznamy 4, 5 a 6.

Záznam č. 4

Dle postupu popsaného v kapitole 11.2. vyšla suma součinu otáček motoru a zatížení motoru jako číslo 3045661300. Tuto hodnotu bylo zapotřebí vydělit ujetými kilometry a vynásobit číslem 100, aby byla získána spotřeba v l/100 km. Výsledkem bylo číslo 376395710, které po vynásobení koeficientem **0,00000001622**, udává výslednou spotřebu paliva **6,11 l/100 km**.

Záznam č. 5

Dle postupu popsaného v kapitole 11.2. vyšla suma součinu otáček motoru a zatížení motoru jako číslo 3175108250. Tuto hodnotu bylo zapotřebí vydělit ujetými kilometry a vynásobit číslem 100, aby byla získána spotřeba v l/100 km. Výsledkem bylo číslo 371414524, které po vynásobení koeficientem **0,00000001622**, udává výslednou spotřebu paliva **6,02 l/100 km**.

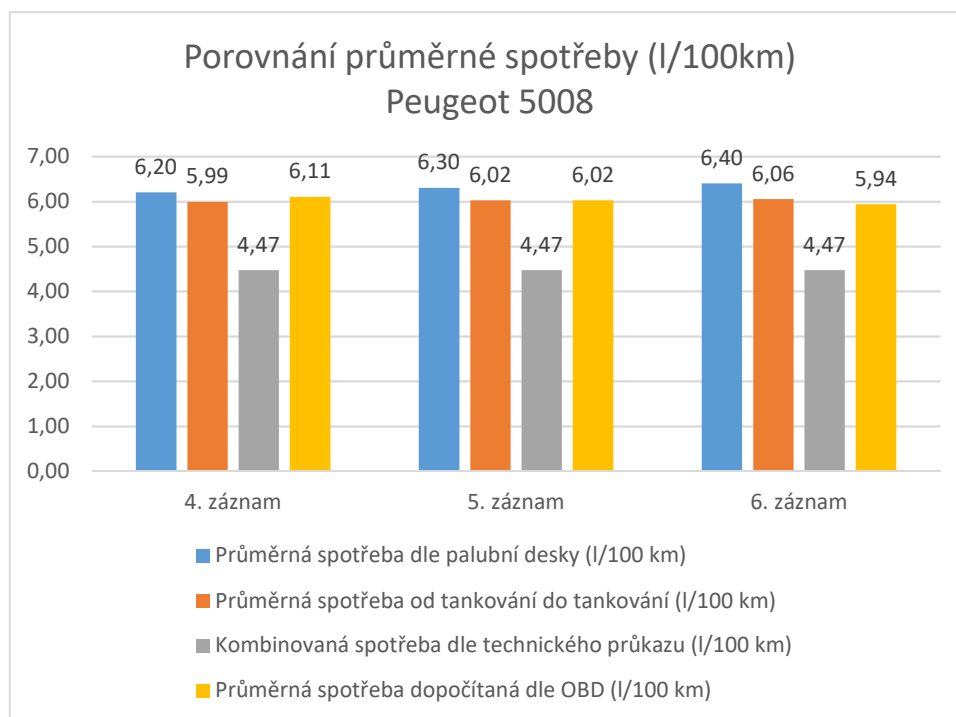
Záznam č. 6

Dle postupu popsaného v kapitole 11.2. vyšla suma součinu otáček motoru a zatížení motoru jako číslo 2885803475. Tuto hodnotu bylo zapotřebí vydělit ujetými kilometry a vynásobit číslem 100, aby byla získána spotřeba v l/100 km. Výsledkem bylo číslo 366102179, které po vynásobení koeficientem 0,00000001622, udává výslednou spotřebu paliva 5,94 l/100 km.

9.4.1 Porovnání naměřených a zaznamenaných hodnot

Pro lepší grafické srovnání byl vytvořen graf č. 3, ve kterém jsou porovnány všechny získané průměrné spotřeby paliva na 100 km.

Graf č. 3 – Porovnání průměrné spotřeby – Peugeot 5008



Zdroj: Vlastní zpracování

Na první pohled je z grafu č. 3 zřejmé, že kombinovaná spotřeba z technického průkazu uvedena výrobcem, je výrazně nižší než ostatní sledované hodnoty. Výchozí a směrodatnou hodnotou pro porovnání byla průměrná spotřeba paliva od tankování do tankování. V následující tabulce bude procentuálně vyjádřen rozdíl všech tří sledovaných hodnot oproti průměrné spotřebě paliva od tankování do tankování.

Tabulka č. 14 – Průměrný rozdíl spotřeb paliva – Peugeot 5008

	Průměrná spotřeba dopočítaná dle OBD (l/100 km)	Průměrná spotřeba dle palubní desky (l/100 km)	Kombinovaná spotřeba dle technického průkazu (l/100 km)
2. záznam	1,94 %	3,44 %	33,94 %
3. záznam	0,00 %	4,37 %	34,78 %
4. záznam	1,98 %	5,38 %	35,48 %
Průměrný rozdíl	1,31 %	4,40 %	34,73 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Pomocí průměrného rozdílu se jeví pro měření vozidla Peugeot 5008 průměrná spotřeba paliva na 100 km dopočítaná z OBD vozu pomocí jednotky Gcom, jako druhá nejpřijatelnější možnost po průměrné spotřebě paliva od tankování do tankování. Nejdále se umístila od průměrné spotřeby od tankování do tankování kombinovaná spotřeba, dle technického průkazu vozu, což potvrzuje i graf č. 2. Palubní deska ukázala data s přesností 4,4 %, což velmi dobře kopíruje i spotřebu od tankování do tankování.

9.5 Škoda Superb 2.0 TDI, 103 kW

Tabulka č. 15 zobrazuje hodnoty naměřené řidičem vozu Peugeot 5008.

Tabulka č. 15 – Naměřené hodnoty – Škoda Superb

	Datum tankování do plné nádrže	Stav počítadla ujeté vzdálenosti (km)	Skutečný nájezd (km)	Počet litrů při tankování do plné nádrže (l)
1. záznam	7.10.2017	124 113		49,01
2. záznam	25.10.2017	124 792	679	44,03
3. záznam	28.10.2017	125 667	875	55,10
4. záznam	10.11.2017	126 493	826	43,16
5. záznam	25.11.2017	127 378	885	54,01
6. záznam	10.12.2017	128 190	812	47,30
7. záznam	23.12.2017	129 150	960	52,06

Zdroj: Vlastní zpracování

Z výše zaznamenaných hodnot byla dopočítána průměrná spotřeba od tankování do tankování. Dále je v tabulce č. 16 zaznamenána průměrná spotřeba z přístrojové desky za sledované období a kombinovaná spotřeba z technického průkazu. V posledním sloupci jsou vypočítané hodnoty průměrné spotřeby z OBD pomocí jednotky Gcom.

Tabulka č. 16 – Vypočítané hodnoty – Škoda Superb

	Průměrná spotřeba dle palubní desky (l/100 km)	Průměrná spotřeba od tankování do tankování (l/100 km)	Kombinovaná spotřeba dle technického průkazu (l/100 km)	Průměrná spotřeba dopočítaná dle OBD (l/100 km)
1. záznam				
2. záznam	6,20	6,48	5,70	
3. záznam	5,90	6,30	5,70	
4. záznam	5,80	5,23	5,70	5,07
5. záznam	6,00	6,10	5,70	6,20
6. záznam	6,10	5,83	5,70	5,89
7. záznam	5,50	5,42	5,70	5,45

Zdroj: Vlastní zpracování

Naměřeno bylo u vozu Škoda Superb šest záznamů. U záznamu č. 1 a u záznamu č. 2, došlo k chybnému sběru dat jednotkou Gcom. Proto tyto dva záznamy nebylo možné vypočítat. Třetí záznam je tudíž prvním, od kterého se bylo možné v měření odvíjet, avšak posloužil pouze pro údaj tachometru a počtu dotankovaných litrů do plné nádrže. Porovnávanými záznamy jsou tedy záznamy 4, 5, 6 a 7.

Záznam č. 4

Dle postupu popsaného v kapitole 11.2. vyšla suma součinu otáček motoru a zatížení motoru jako číslo 3571332750. Tuto hodnotu bylo zapotřebí vydělit ujetými kilometry a vynásobit číslem 100, aby byla získána spotřeba v l/100 km. Výsledkem bylo číslo 392454148, které po vynásobení koeficientem 0,0000001292, udává výslednou spotřebu paliva 5,07 l/100 km.

Záznam č. 5

Dle postupu popsaného v kapitole 11.2. vyšla suma součinu otáček motoru a zatížení motoru jako číslo 577053850. Tuto hodnotu bylo zapotřebí vydělit ujetými kilometry a vynásobit číslem 100, aby byla získána spotřeba v l/100 km. Výsledkem bylo číslo 479521783, které po vynásobení koeficientem 0,00000001292, udává výslednou spotřebu paliva **6,20 l/100 km**.

Záznam č. 6

Dle postupu popsaného v kapitole 11.2. vyšla suma součinu otáček motoru a zatížení motoru jako číslo 3161567800. Tuto hodnotu bylo zapotřebí vydělit ujetými kilometry a vynásobit číslem 100, aby byla získána spotřeba v l/100 km. Výsledkem bylo číslo 455557320, které po vynásobení koeficientem 0,00000001292, udává výslednou spotřebu paliva **5,89 l/100 km**.

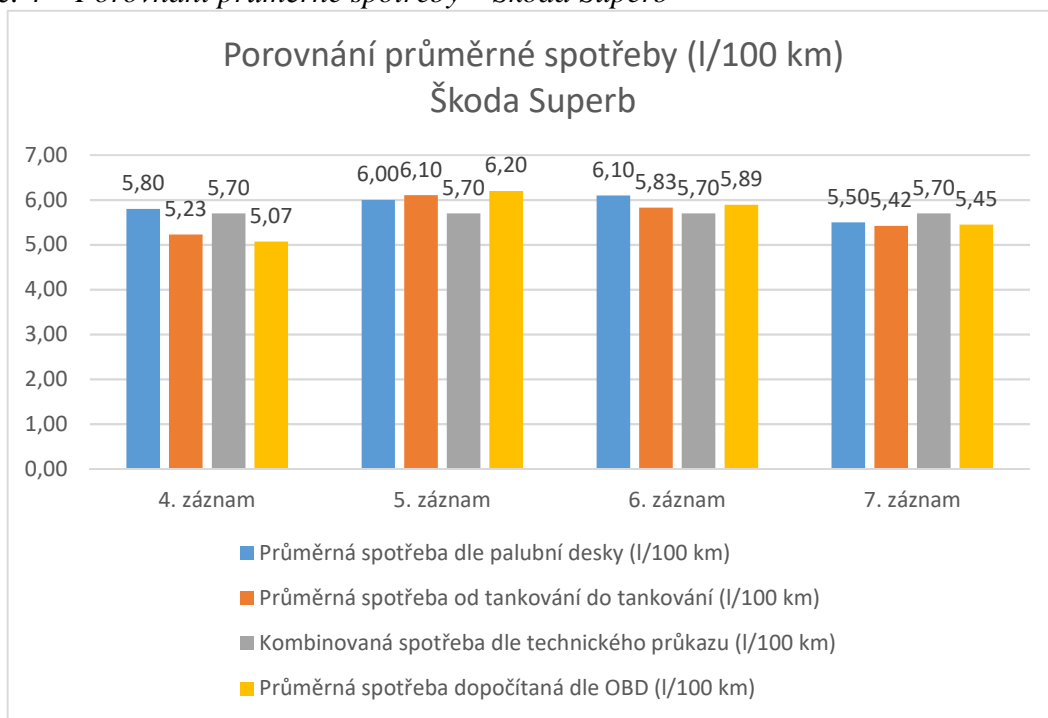
Záznam č. 7

Dle postupu popsaného v kapitole 11.2. vyšla suma součinu otáček motoru a zatížení motoru jako číslo 4042184700. Tuto hodnotu bylo zapotřebí vydělit ujetými kilometry a vynásobit číslem 100, aby byla získána spotřeba v l/100 km. Výsledkem bylo číslo 421553573, které po vynásobení koeficientem 0,00000001292, udává výslednou spotřebu paliva **5,45 l/100 km**.

9.5.1 Porovnání naměřených a zaznamenaných hodnot

Pro lepší grafické srovnání byl vytvořen graf č. 4, ve kterém jsou porovnány všechny získané průměrné spotřeby paliva na 100 km.

Graf č. 4 – Porovnání průměrné spotřeby – Škoda Superb



Zdroj: Vlastní zpracování

Díky grafu č. 4, lze na první pohled říct, že veškeré sledované metody měření jsou velmi podobné výchozí a směrodatné hodnotě průměrné spotřebě od tankování do tankování. V následující tabulce bude procentuálně vyjádřen rozdíl všech tří sledovaných hodnot oproti průměrné spotřebě paliva od tankování do tankování.

Tabulka č. 17 – Průměrný rozdíl spotřeb paliva – Škoda Superb

	Průměrná spotřeba dopočítaná dle OBD (l/100 km)	Průměrná spotřeba dle palubní desky (l/100 km)	Kombinovaná spotřeba dle technického průkazu (l/100 km)
4. záznam	3,06 %	9,91 %	8,33 %
5. záznam	1,57 %	1,71 %	7,07 %
6. záznam	1,10 %	4,51 %	2,20 %
7. záznam	0,50 %	1,40 %	4,86 %
Průměrný rozdíl	1,56 %	4,38 %	5,61 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Pomocí průměrného rozdílu se jeví pro měření vozidla Škoda Superb průměrná spotřeba paliva na 100 km dopočítaná z OBD vozu pomocí jednotky Gcom, jako druhá nejpříjemnější možnost po průměrné spotřebě paliva od tankování do tankování. Nejdále se umístila od průměrné spotřeby od tankování do tankování kombinovaná spotřeba dle technického průkazu, což potvrzuje i graf č. 4. S drobnou odchylkou, zhruba 4,5 %, vyšla průměrná spotřeba na 100 km dle přístrojové desky.

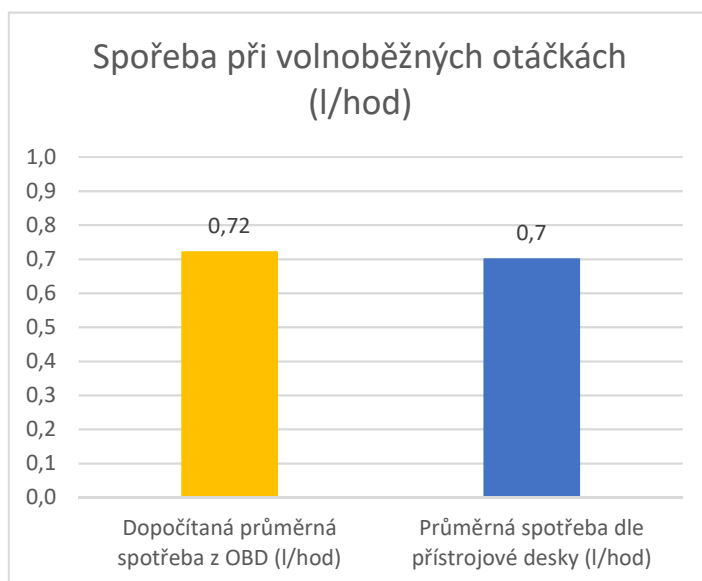
9.5.2 Spotřeba při volnoběhu

Pro další ověření správnosti získaného koeficientu byla zvolena spotřeba při volnoběžných otáčkách, která je udávána v l/hod. Výchozí hodnotou byla spotřeba paliva za hodinu zobrazená na přístrojové desce při volnoběhu. Ta byla porovnána s vypočtenou hodnotou z OBD. Hodnota byla vypočtena jako:

$$\text{Volnoběžné otáčky} \cdot \text{zatížení motoru} \cdot 3600 \cdot \text{Koeficient}_{OBD} = \emptyset \text{Spotřeba (l/hod)} \quad (14)$$

Volnoběžné otáčky vozu Škoda Superb jsou zhruba 775 otáček/minutu a zatížení motoru je během nich mezi 20–22 %. Po vynásobení je získána hodnota 15500, která pokud se opět vynásobí již známým koeficientem **0,00000001292** a provede se součin číslem 3600, vznikne výsledná spotřeba **0,72 l/hod.**

Graf č. 5 – Spotřeba při volnoběžných otáčkách – Škoda Superb



Zdroj: Vlastní zpracování

9.6 Srovnání naměřených hodnot

Pro celkové zhodnocení všech tří metod poslouží tabulka č. 18, která velmi dobře ukazuje přesnosti měření jednotlivých metod od metody od tankování do tankování při porovnání všech měřených vozidel.

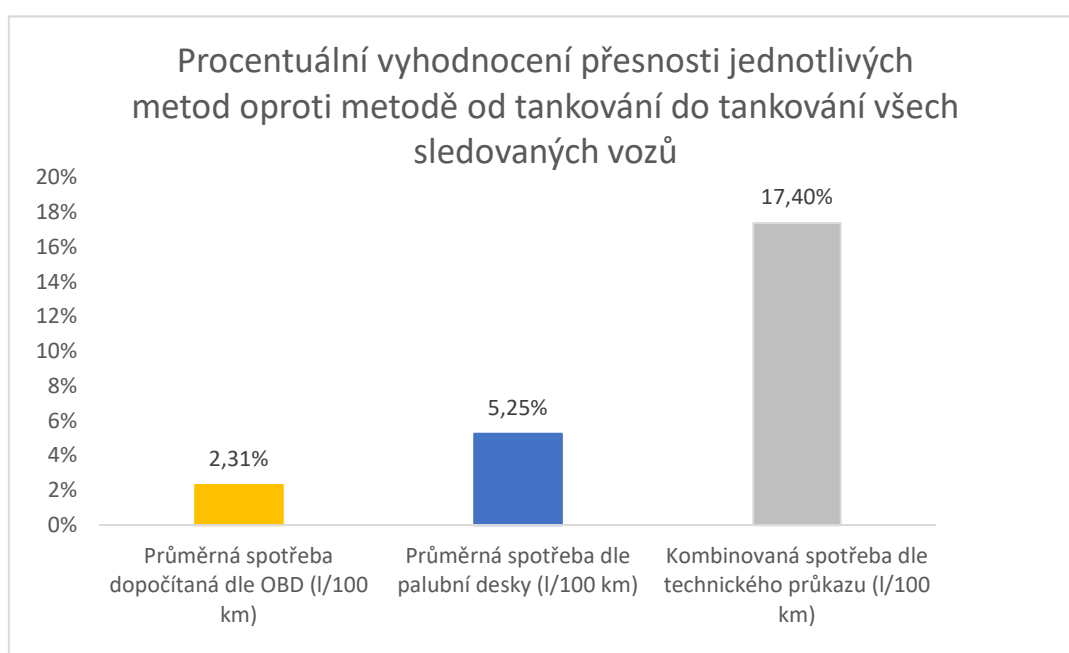
Tabulka č. 18 – Vyhodnocení přesnosti metod měření podle jednotlivých vozů

	Spotřeba od tankování do tankování (l/100 km)	Průměrná spotřeba dopočítaná dle OBD (l/100 km)	Průměrná spotřeba dle palubní desky (l/100 km)	Kombinovaná spotřeba dle technického průkazu (l/100 km)
Volkswagen Passat	Výchozí	4,08 %	6,98 %	11,86 %
Peugeot 5008	Výchozí	1,31 %	4,40 %	34,73 %
Škoda Superb	Výchozí	1,56 %	4,38 %	5,61 %
Vyhodnocení přesnosti metody	Výchozí	2,31 %	5,25 %	17,40 %
Pořadí metod	1	2	3	4

Zdroj: Vlastní zpracování

Z výsledků je zřejmé, že přesnost měření průměrné spotřeby paliva na 100 km z OBD pomocí jednotky Gcom je nejbližší měřením spotřeby paliva od tankování do tankování. Na dalším místě je zápis hodnot z přístrojové desky. Nejhůře dopadlo porovnání s technickým průkazem vozidla. Lze říci, že hodnota v technickém průkazu vozidla je pouze velmi orientační, avšak nedá se podle ní řídit. Pro grafické porovnání je vytvořen následující graf č. 6.

Graf č. 6 – Procentuální vyhodnocení přesnosti jednotlivých metod



Zdroj: Vlastní zpracování

10 Závěr

Cílem této práce bylo využití telekomunikační jednotky napojené na OBD konektor k měření provozních parametrů a ke stanovení spotřeby paliva osobního vozidla. Jako výchozí měření bylo zvoleno tzv. měření průměrné spotřeby paliva na 100 km od tankování do tankování, kdy každý řidič zapisoval termín tankování, počet natankovaných litrů paliva a reálný nájezd dle počítadla ujetých kilometrů. Oproti této metodě byly porovnány dopočítané hodnoty průměrné spotřeby paliva z OBD pomocí telekomunikační jednotky Gcom, kombinovaná spotřeba dle technického průkazu vozidla a údaje o průměrné spotřebě z přístrojové desky vozidla.

V této práci se na vzorku třech osobních automobilů ověřila dopočítaná hodnota průměrné spotřeby paliva z OBD pomocí telekomunikační jednotky Gcom. Bylo nutné stanovit pro každý měřený vůz koeficient, který se aplikoval na provozní parametry, kterými byly zatížení motoru a otáčky vozidla. Pro sběr dat byla využita jednotka Gcom, která odesílala data v reálném čase na server, který byl přístupný přes webové rozhraní systému RMC. Data ze systému byla stažena a upravena v programu MS Excel.

Z výsledků všech měření je možné konstatovat, že dopočítaná hodnota průměrné spotřeby paliva z OBD se ukázala jako velmi přesná metoda ke stanovení reálné průměrné spotřeby paliva u osobního automobilu. Oproti tomu se hodnoty z technického průkazu vozidla udané výrobcem ukázaly jako nejvíce odlišné od metody měření průměrné spotřeby od tankování do tankování. Průměrná spotřeba paliva hraje významnou roli při rozhodování nad koupí osobního vozu a má zásadní vliv na jeho pořizovací cenu. Z výsledků této práce vyplývá, že spotřeba udávaná výrobcem vychází odlišně od naměřených hodnot a není tak zcela směrodatným ukazatelem.

Dále byly v této práci shrnuty obecné principy, na kterých je telekomunikační jednotka postavena. Čtenář se seznámil s obecnými laboratorními principy měření spotřeby paliva. Také byl v práci obecně popsán produkt „Chytré auto“ od společnosti T-Mobile. Jak na produktu od společnosti Partner MB, tak na produktu od společnosti T-Mobile bylo ukázáno dvouleté TCO.

Ve většině společností je dlouhodobou snahou snižování nákladů, a to ať už se jedná o fixní nebo variabilní náklady. Telekomunikační jednotky mohou díky přesným údajům

z GPS a online datům pomoci k významné kontrole nad vozovým parkem společnosti. Díky již dostupným funkcionalitám je např. u služebních vozů snadné mít pod kontrolou knihu jízd s online reportingem na denní bázi a možnost rozčlenění ujetých kilometrů dle účelu. Nezadržitelným trendem je nejen sledování spotřeby paliva, ale i styl jízdy řidiče, na základě kterého dokážou telekomunikační jednotky poskytnout podklady pro povinné či havarijní pojištění.

11 Seznam použité literatury

- [1] RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2002. ISBN 80-248-0124-8.
- [2] ACKROYD, Neil. a Robert. LORIMER. *Global navigation: a GPS user's guide*. New York: Lloyd's of London Press, 1990. ISBN 18-504-4232-0.
- [3] DANCIK, R. J. a L. L. PRYOR. *The NAVY navigation satellite system (TRANSIT)* [online]. Johns Hopkins APL Technical Digest, 1990 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: http://www.jhuapl.edu/techdigest/views/pdfs/V11_1-2_1990/V11_1-2_1990_Danchik.pdf
- [4] DIVIS, D. A. SA No More. *GPS Accuracy Increases 10 Fold*. Geospatial Solutions, 2000. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5467708/>
- [5] *GPS.gov: Space Segment* [online]. 2017 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <https://www.gps.gov/systems/gps/space/>
- [6] *Metoda GPS: Land Manager* [online]. Publikováno 3. 12. 2007 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <http://www.la-ma.cz/?p=87#more-87>.
- [7] *Los Angeles Air Force Base: GPS Operational Control Segment* [online]. 2012-11-27 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <http://www.losangeles.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Article/343722/gps-operational-control-segment/>
- [8] HRDINA, Z., PÁNEK, P., VEJRAŽKA, F. *Rádiové určování polohy: Družicový systém GPS*. Praha: ČVUT, 1999 dotisk. 259 s. ISBN 80-01-01386-3.
- [9] VEJRAŽKA, F. *Družicové systémy určování polohy GPS, Glonass, Galileo a Egnos, jejich současnost a budoucnost*: sborník přednášek Radiokomunikace 2001. Pardubice, 2001, str. 35 – 66.
- [10] PETERKA, J. *Data v mobilních sítích* [online]. Archiv článků a přednášek Jiřího Peterky. Publikováno 2000 [cit. 2018-02-23]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/a008s200/a008s200.php3>.
- [11] CHOD, J. *Mobilní komunikační sítě: Přednášky předmětu* [online]. [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <https://moodle.fel.cvut.cz/enrol/index.php?id=1809>
- [12] BALCAR, T. *Datové přenosy GPRS, EDGE: Rozšíření GSM* [online]. [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: http://radio.feld.cvut.cz/personal/mikulak/MK/MK05_semestralky/Rozsireni_GSM_o_paket_y_Tomas_Balcar.pdf
- [13] SVÍTEK, M., TVRZKÝ, T., HOLUB, O., MANDA, P., DUDEK, J., STÁREK, T., WILITZA, R. *Výzkum systémové architektury pro platbu a automatickou identifikaci pomocí GSM technologie zejména ve veřejné dopravě* [online]. Výzkumná zpráva. Publikováno 2009 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <http://www.mdcr-vyzkum.cz/>
- [14] RICHTER, T. *Technologie pro mobilní komunikaci* [online]. Poslední aktualizace 2002-01-19. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <http://tomas.richt.r.cz/mobil/>.

- [15] RICHTR, T. *Základní struktura GSM sítě: Úvod* [online]. Publikováno 19. 1. 2002 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/gsm-strukt.htm>.
- [16] RICHTR, T. *Základní struktura GSM sítě: Subsystem základových stanic* [online]. Publikováno 19. 1. 2002 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/gsmstruktbss.htm>.
- [17] RICHTR, T. *Základní struktura GSM sítě: Úvod* [online]. Publikováno 19. 1. 2002 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/gsm-strukt.htm>.
- [18] SNÁŠEL, J. GSM pod lupou 14. díl. *Rádio plus – KTE, magazín elektroniky*. 2005, roč. 13, č. 1, s. 30.
- [19] FENCL, P., PADĚRA, J. *Prezentace GSM* [online]. 2004 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: [http://www.kiv.zcu.cz/~simekm/vyuka/pd/zapocty-2004/cellular-padera-fencl/Prezentace%20GSM%20\(img\)/images/snimek27.gif](http://www.kiv.zcu.cz/~simekm/vyuka/pd/zapocty-2004/cellular-padera-fencl/Prezentace%20GSM%20(img)/images/snimek27.gif)
- [20] *Transmission Control Protocol: RFC: 793* [online]. Information Science Institute, University of Southern California, 1989 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <https://tools.ietf.org/html/rfc793>
- [21] VLK, František. *Automobilová elektronika*. Brno. 2006. ISBN 80-239-7062-3
- [22] Automa: časopis pro automatizační techniku [online]. Praha: FCC Public, 2001 [cit. 2018-02-10]. ISSN 1210-9592. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=33717
- [23] POLÁK, K. *Sběrnice CAN* [online]. Brno. 2003 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/03021/index.html>
- [24] MAŠEK, Z. *Komunikační protokol SAE J1939* [online]. 2012 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: http://dspace.upce.cz/bitstream/handle/10195/45452/MasekZ_OptimalizaceRizeni_SG_2012.pdf?sequence=3
- [25] KOŘÍNEK, F. *Návrh analyzátoru sběrnice CAN pro nákladní automobily* [online]. 2007 [cit. 2018-02-17]. Dostupné z: https://support.dce.felk.cvut.cz/mediawiki/images/b/b1/Dp_2010_korinek_frantisek.pdf
- [26] VLK, F. *Diagnostika motorových vozidel: [diagnostické testery, motortestery, brzdové soustavy, geometrie řízení, tlumiče, kontrola podvozku, diagnostické linky]*. Brno. 1. vydání, 2006. ISBN 80-239-7064-X
- [27] *RMC System: GPS Monitoring vozidel a strojů* [online]. [cit. 2017-12-27]. Dostupné z: <http://www.rmc-system.com/>
- [28] HLAVŇA, V. *Dopravný prostředek – jeho motor*. Žilina. Žilinská univerzita, 2000. ISBN 80-7100-665-3
- [29] HROMÁDKO, J. *Spalovací motory*. Praha. Grada Publishing, a.s., 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.

- [30] PEXA, M. *Možnosti uplatnění dynamických měření při diagnostice motorových vozidel* [online]. Praha. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005. Česká zemědělská univerzity v Praze. Dostupné z WWW:<http://tf.czu.cz/~PEXA/Publikace/Disertacni_prace.pdf>.
- [31] VLK, F. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. Brno. Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2001. ISBN 80-238-6573-0.
- [32] *Laboratorní cvičení z Fyziky I a II*. Herodes [online]. 2011 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/index.php>.
- [33] PEXA, M. *Přednášky k předmětu Technická diagnostika* [online]. 2006 [cit. 2018-02-17]. Dostupné z: https://student.czu.cz/popup.php?id_menu=2&id_subject=2700
- [34] *Co znamenají pojmy 2G, 3G, LTE apod.* [online]. 25.10.2013 [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <http://blog.pidisoft.cz/clanky/121-co-znamenaji-pojmy-2g--3g--lte-a-prehled-2g-a-3g-frekvenci-od-operatoru-nejen-v-cr/>
- [35] VACULÍK, P. *Pokrytí LTE v Česku dosahuje až 99 %* [online]. 2017-02-27 [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <https://dotekomanie.cz/2017/02/pokryti-lte-cesku-dosahuje-az-99-lte/>
- [36] KLOC, P. *Diagnostika EOBD* [online]. [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <https://www.blog.autodiagnostik.cz/autodiagnostika-eobd/>
- [37] *ISO 15765-4:2005: Road vehicles -- Diagnostics on Controller Area Networks (CAN) -- Part 4: Requirements for emissions-related systems* [online]. 2005 [cit. 2018-02-23]. Dostupné z: <https://www.iso.org/standard/33619.html>
- [38] *Monitoring fuel consumption on your vehicle in "Real – Time"* [online]. [cit. 2018-02-23]. Dostupné z: <http://www.windmill.co.uk/obdii.pdf>
- [39] *Chytré auto - T-Mobile.cz* [online]. [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <https://www.t-mobile.cz/chytre-auto>

12 Seznam obrázků, tabulek a grafů

12.1 Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – Čtvrtletní vývoj cen nafty a benzínu	1
Obrázek č. 2 – Schéma satelitního monitoringu.....	6
Obrázek č. 3 – Průtokový měřič Pieburg.....	8
Obrázek č. 4 – Měření spotřeby paliva pomocí váhy	9
Obrázek č. 5 – Coriolisův průtokoměr	10
Obrázek č. 6 – Měření emisí za pomoci metody CVS	11
Obrázek č. 7 – Strukturální schéma systému GPS	15
Obrázek č. 8 – Kosmický segment systému GPS.....	16
Obrázek č. 9 - Řídicí segment systému GPS	17
Obrázek č. 10 – Zjednodušená struktura celulární sítě.....	23
Obrázek č. 11 - Blokové schéma GSM sítě.....	24
Obrázek č. 12 – Konvenční přenos dat (Bosch)	32
Obrázek č. 13 – Bitové přidělování; Dominantní/Recesivní stav	35
Obrázek č. 14 – Principiální struktura sítě CAN dle ISO 11898.....	35
Obrázek č. 15 – Vedení CAN bus	36
Obrázek č. 16 – Vrstvy protokolu CAN SAE J1939.....	38
Obrázek č. 17 – Linková vrstva.....	39
Obrázek č. 18 – Konektor DLC.....	41
Obrázek č. 19 – Umístění konektoru ve vozidle	42
Obrázek č. 20 – Umístění konektoru ve vozidle	42
Obrázek č. 21 – Struktura chybového kódu	47
Obrázek č. 22 – Zapojení sběrnice LIN.....	48
Obrázek č. 23 - Monitoring pomocí Gcom osobních vozidel	51
Obrázek č. 24 – Zařízení Gcom.....	52

Obrázek č. 25 - Jednotka T-Mobile Chytré auto	54
Obrázek č. 26 – Printscreen aplikace „Chytré auto“ 1	56
Obrázek č. 27 - Printscreen aplikace „Chytré auto“ 2.....	57
Obrázek č. 28 - Printscreen aplikace „Chytré auto“ 3	58
Obrázek č. 29 – Čas tankování zobrazený na mapě	60
Obrázek č. 30 – Neupravená data z jednotky Gcom	61
Obrázek č. 31 – Součin v jednotlivých buňkách	62

12.2 Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Převody jednotek	13
Tabulka č. 2 – Přehled tříd přenosových rychlostí	28
Tabulka č. 3 – Zkušební módy dle normy SAE J1979	41
Tabulka č. 4 - Obsazení pinů konektoru	41
Tabulka č. 5 – Diagnostické režimy	43
Tabulka č. 6 – Pořadí v osmimístném kódu	44
Tabulka č. 7 – Dvouleté TCO „Gcom“	53
Tabulka č. 8 – Dvouleté TCO produktů „Chytré auto“	55
Tabulka č. 9 – Naměřené hodnoty – VW Passat	63
Tabulka č. 10 – Vypočítané hodnoty – VW Passat	63
Tabulka č. 11 – Průměrný rozdíl spotřeb paliva – VW Passat	65
Tabulka č. 12 – Naměřené hodnoty – Peugeot 5008	67
Tabulka č. 13 – Vypočítané hodnoty – Peugeot 5008	68
Tabulka č. 14 – Průměrný rozdíl spotřeb paliva – Peugeot 5008	70
Tabulka č. 15 – Naměřené hodnoty – Škoda Superb	70
Tabulka č. 16 – Vypočítané hodnoty – Škoda Superb	71
Tabulka č. 17 – Průměrný rozdíl spotřeb paliva – Škoda Superb	74
Tabulka č. 18 – Vyhodnocení přesnosti metod měření podle jednotlivých vozů	75

12.3 Seznam grafů

Graf č. 1 – Porovnání průměrné spotřeby – VW Passat.....	65
Graf č. 2 – Spotřeba při volnoběžných otáčkách – VW Passat	66
Graf č. 3 – Porovnání průměrné spotřeby – Peugeot 5008.....	69
Graf č. 4 – Porovnání průměrné spotřeby – Škoda Superb	73
Graf č. 5 – Spotřeba při volnoběžných otáčkách – Škoda Superb	75
Graf č. 6 – Procentuální vyhodnocení přesnosti jednotlivých metod.....	76

13 Seznam použitých zkratk

AuC – Authentication Centre

BG – Border Gateway

BSC – Base Station Controller

BSS – Base Station Subsystem

BTS – Base Transceiver Station

CAL – CAN Application Layer

CAN – Controller Area Network

CEPT – European Conference of Postal and Telecommunications Administrations

CG – Charging Gateway

CiA – Can in Automatization

CVS – Constant Volume Sampling

DLC – Data Link Connector

DLC – Data Link Connector

EIR – Equipment Identity Register

EOBD – European On-Board Diagnostics

FDMA – Frequency Division Multiple Access

GGSN – GPRS Gateway Support Node

GLONASS – Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistěma

GMSC – Gateway Mobile Switching Centre

GPRS – Generalised Packet Radio Service

GPS – Global Positioning System

GSM – Groupe Special Mobile

HLR – Home Location Register

HSDPA – High-Speed Downlink Packet Access

HSUPA – High-Speed Uplink Packet Access

http – Hypertext Transfer Protocol

IMEI – International Mobile Equipment Identity

ISDN – Integrated Services Digital Network

ISO/OSI – Open System Organization

JPO – Joint Program Office

LIG – Legal Interception Gateway

LIN – Local Intranet Network

LTE – Long-Term Evolution

MAF – Mass Air Flow

MAS – Mass Air Flow Sensor

MEO – Medium Earth orbit

MOST – Media Oriented System Transport

MS – Mobile Station

NATO – North Atlantic Treaty Organization

NMT – Nordic Mobile Telephone

NSS – Síťový spojovací subsystém

OBD – On-Board Diagnostics

OSEK – Offene Systeme und deren Schnittstellen für die elektronik in Kraftfahrzeuge

OSS – Operační a podpůrný systém

PID – Parameters IDs

PIN – Personal Identification Number

PLU – Pierburg Luftfahrt Union

PRN – Pseudo Random Noise

PUK – Personal Unblocking Key

SAE – Society of Automotive Engineers

SGSN – Serving GPRS Support Node

SIM – Subscription Identification Module

SS7 – Signaling systém 7

SSH – Secure Shell

TC – TransCoder

TCO – Total Cost of Ownership

TCP – Transmission Control Protocol

TDI – Turbocharged Direct Injection

TDMA – Time-Division Multiple Access

UDP – User Datagram Protocol

VAN – Vehicle Area Network

VLR – Visitor Location Register

VSS – Vehicle Speed Senzor

14 Přílohy

Příloha č. 1 – Tabulka pro zápis naměřených hodnot.....	90
Příloha č. 2 - Příklad dat – Zatížení	91
Příloha č. 3 – Příklad dat – Otáčky	92
Příloha č. 4 Příklad dat-Rychlost.....	93

Příloha č. 1 – Tabulka pro zápis naměřených hodnot

Druh vozidlo	Osobní automobil
Výrobce vozidla	
Obchodní označení	
Zdvihový objem [cm ³]	
Provozní hmotnost [kg]	
Max výkon [kW]	
Palivo	
Rok výroby	

	Datum tankování do plné nádrže	Stav počítadla ujeté vzdálenosti (km)	Skutečný nájezd (km)	Počet litrů při tankování do plné nádrže (l)	Průměrná spotřeba dle palubní desky (l/100 km)	Průměrná spotřeba od tankování do tankování (l/100 km)	Kombinovaná spotřeba dle technického průkazu (l/100 km)	Průměrná spotřeba dopočítaná dle OBD (l/100 km)
1. záznam								
2. záznam								
3. záznam								
4. záznam								
5. záznam								
6. záznam								

Postup: Těsně před natankováním zapište celkový počet najetých kilometrů z palubního počítače. Natankujte do plné nádrže a zaznamenejte počet natankovaných litrů paliva a jejich cenu. Umožňuje-li Váš palubní počítač průměrnou spotřebu od minulého natankování, zaznamenejte ji.

Příloha č. 2 - Příklad dat – Zatížení

0	0	0	0	92	92	75	75	82	71	71	50	50	40	40
41	15	15	22	69	67	65	81	33	33	63	63	69	64	64
77	77	66	55	41	41	38	24	23	23	23	23	49	55	57
35	35	34	40	43	43	37	37	34	40	40	40	40	35	35
71	51	51	56	69	56	38	0	0	55	51	51	49	49	49
50	50	54	54	53	53	49	42	44	45	49	49	56	57	56
58	46	46	48	33	33	36	36	42	45	45	71	71	68	68
36	33	33	34	33	33	35	69	69	42	23	23	27	15	15
17	17	15	25	18	18	17	20	19	17	0	0	24	19	19
18	0	0	0	21	21	48	48	44	32	32	60	43	16	16
29	48	48	34	25	27	27	36	36	31	34	34	27	42	42
37	34	32	33	32	32	33	33	32	33	33	34	33	34	34
23	23	9	39	58	55	22	22	19	4	0	12	27	36	36
43	43	39	34	34	34	34	34	34	33	33	55	50	48	42
52	51	45	38	38	54	54	54	0	85	85	29	0	0	0
33	33	33	33	35	34	34	34	33	37	35	35	23	23	0
34	34	34	34	33	34	34	33	33	33	33	33	32	33	33
34	33	34	33	33	34	34	34	33	34	34	46	39	31	32
23	23	42	42	17	33	33	34	25	0	18	18	16	16	32
33	32	33	33	32	52	51	40	16	16	12	31	31	32	17
21	50	32	60	63	33	33	20	20	0	0	0	42	45	36
34	34	33	33	40	42	42	45	15	0	13	13	29	21	34
36	36	36	36	37	36	36	36	39	39	43	31	31	32	37
21	0	36	35	34	34	34	34	34	34	34	37	37	44	38
55	3	50	50	54	47	47	29	29	23	0	0	0	22	0
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	58
0	21	7	0	0	39	39	34	34	34	35	35	34	33	34
35	34	34	34	36	34	35	34	34	34	34	34	35	35	48
35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	35	35	35	34	33
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	35	35	34	34	34
56	49	49	62	62	0	14	16	16	48	67	67	8	0	0
46	45	45	46	46	45	47	48	43	43	45	45	78	78	93
68	78	63	63	38	38	20	18	18	18	40	40	40	33	34
50	38	38	47	47	64	56	28	28	43	52	52	46	43	43
41	61	61	62	62	23	15	15	22	30	39	39	32	32	41
32	25	14	14	11	11	0	0	0	0	0	17	32	32	65
50	50	37	21	21	38	35	35	40	40	40	46	46	57	51
23	31	31	73	73	41	18	29	63	74	74	75	58	58	59

