

# **ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, O.P.S.**

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R087 Podniková ekonomika a management obchodu

## **HODNOCENÍ ODCHYLEK HMOTNOSTÍ AUTOMOBILŮ ŠKODA POMOCÍ SYSTÉMU MASSCHECK**

**Yauheni SHKATULA**

Vedoucí práce: Ing. Josef Bradáč, Ph.D.

*Tento list vyjměte a nahradte zadáním bakalářské práce*

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením vedoucího práce.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a v práci jsem neporušil(a) autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Mladé Boleslavi dne 4. 2. 2019

Děkuji panu Ing. Josefu Bradáčovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, poskytování užitečných rad a informačních materiálů. Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům oddělení Technické informace za ochotu a poskytnutí podkladů a vstupních dat pro vypracování bakalářské práce.

## Obsah

Úvod .....	8
1 Faktory ovlivňující spotřebu paliva .....	9
1.1 Odpor valivý .....	9
1.2 Odpor vzduchu .....	11
1.3 Odpor stoupání .....	12
1.4 Odpor setrvačný .....	13
1.5 Odpor přívěsu .....	14
2 Emisní normy a zákonné předpisy .....	15
2.1 Měření produkce emisí .....	16
2.2 Zákonné předpisy měření emisí .....	16
2.2.1 Měření podle EHK 15 a EHK 18 .....	17
2.2.2 Měření podle ČSN 300510 .....	18
2.2.3 Měření podle NEDC .....	18
2.3 Rámcová úmluva OSN o změně klimatu .....	20
2.4 Kjótský protokol .....	21
2.5 Spotřeba paliva a emise CO <sub>2</sub> .....	22
2.6 Náběh nového měření WLTP .....	24
2.6.1 Důvody pro zavádění WLTP .....	24
2.6.2 Porovnání cyklů NEDC a WLTP .....	25
2.6.3 Cyklus RDE .....	27
2.6.4 WLTP z hlediska hmotností .....	28
3 Sledování odchylek hmotností pomocí systému MassCheck .....	29
3.1 MassCheck .....	30
3.2 Stanovený úkol .....	32
3.3 Odhad relativních četností .....	34
3.4 Funkcionality systému MassCheck .....	35
4 Návrhy pro budoucí rozvoj .....	38
Závěr .....	40
Seznam literatury .....	41
Seznam obrázků a tabulek .....	43

## Seznam použitých zkratk a symbolů

ACEA	The European Automobile Manufacturers Association
C.O.C.	Certificate of Conformity
CNG	Compressed Natural Gas
CO	Oxid uhelnatý
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
COP-3	Third session of the Conference of the Parties
ČR	Česká republika
ČSN	Česká soustava norem
ČVUT	České vysoké učení technické
EEA	European Environment Agency
EHK	Evropská hospodářská komise
ES	Evropská společenství
ESD	Oddělení Technické informace ŠKODA AUTO a.s.
EU	Evropská unie
EU-15	Státy, které byly členy Evropské unie již před rokem 2004
EURO	European emission standards
H <sub>2</sub> O	Voda
HC	Uhlovodík
CHP	Zatížení přední nápravy
CHZ	Zatížení zadní nápravy
N <sub>2</sub>	Dusík
N <sub>2</sub> O	Oxid dusný
NC	Nitrocelulóza
NEDC	New European Driving Cycle
NO	Oxid dusnatý

NO <sub>2</sub>	Oxid dusičitý
NO <sub>x</sub>	Oxid dusíku
O <sub>2</sub>	Kyslík
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OSN	Organizace spojených národů
PEMS	Portable emissions measurement system
PM	Particulate Matters
RDE	Real Driving Emissions
SCR	Selective Catalytic Reduction
ŠA	ŠKODA AUTO
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VV	Dvourozměrné pole systému MassCheck
VW	Volkswagen
WLTP	Worldwide harmonized light vehicles test procedure

## Úvod

Už od vzniku významných výrobců automobilů se tito výrobci snaží kromě boje s konkurencí najít i nejvhodnější technické řešení pro svoje automobily, a to i z hlediska ochrany životního prostředí, protože jedním z hlavních znečišťovatelů ovzduší je právě automobil. Proto se snaží přebírat technická řešení i z jiných odvětví. Jednou z cest, jak minimalizovat vlivy automobilů na životní prostředí, je analýza různých druhů odporů, které musí automobil při jízdě překonávat. Tyto aktivity jsou determinovány značným množstvím zákonných předpisů a nařízení, které byly navrženy z toho důvodu, aby bylo možné zastavit hlavní problém 21. století – globální oteplování.

Primárním cílem bakalářské práce je popis současného systému sledování odchylek mezi váženou a generovanou hmotností sériově vyráběných vozidel ve společnosti ŠKODA AUTO a.s. S využitím tohoto systému bude možné efektivně porovnávat a ověřovat správnost vstupních hmotnostních dat jednotlivých produkováných vozidel včetně kvality jejich vážení. Tato práce byla vyhotovena na základě praxe ve ŠA v oddělení Technických informací. Je v ní zmapován průběh nasazení nového analytického systému MassCheck, jehož cílem je umožnit sledování a současně kontrolu odchylek hmotností.

V první části bakalářské práce jsou popsány faktory, které ovlivňují současnou spotřebu paliva u automobilu.

Druhá kapitola obsahuje vývoj zákonných předpisů spojených s tématem automobilizmu a životního prostředí od jejich počátku až po dnešní dobu. V této části je popsána evoluce emisních norem a měření, které výrobci používají pro přesnější stanovení exhalací CO<sub>2</sub> a výfukových plynů.

Třetí část je zaměřená na popis aktuálního systému MassCheck a jeho hlavních cílů.

Čtvrtá část se věnuje nalezení slabých míst v procesu vážení automobilů. Dále zde bylo definováno několik možných řešení pro odstranění těchto slabých míst.

V závěru této práce jsou veškeré poznatky shrnuty a krátce vyhodnoceny.



# 1 Faktory ovlivňující spotřebu paliva

Už od začátku automobilové historie se výrobci snaží řešit problematiku jízdních odporů, aby získali technickou převahu nad konkurencí. Proto přebírají různá technická řešení i z jiných odvětví, která využívají i v konstrukci osobních a nákladních vozidel (např. z leteckého průmyslu). Řešení této problematiky je nutné nejenom pro snížení spotřeby paliva, ale i z pohledu snížení emisí výfukových plynů.

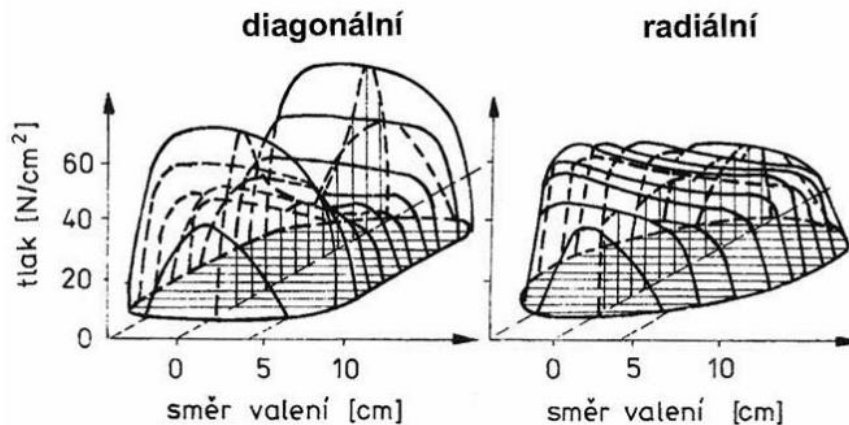
Jízdní odpory jsou síly, které ovlivňují pohyb vozidla. K jízdním odporům patří:

1. odpor valivý,
2. odpor vzduchu,
3. odpor stoupání,
4. odpor setrvačný,
5. odpor přívěsu.

## 1.1 Odpor valivý

Pojem valivý odpor představuje druh tření, vznikající při deformaci pneumatiky ve stykové ploše s vozovkou, kterou nazýváme stopou. **Na valivý odpor má vliv např.: teplota, tlak vzduchu v pneumatikách, povrch vozovky, zatížení, design a rozměr pneumatiky.** Proto je důležité dodržovat správný tlak v pneumatikách předepsaný výrobcem. (Interní materiály ŠA, 2018)

V přední části stopy ve směru jízdy vzniká stlačení obvodu pneumatiky do roviny vozovky a v zadní části se obvod opět vyrovnává do původního tvaru. Rozložení měrných tlaků ve stopě pneumatiky je znázorněno na obr. 1. Vlivem ztrát v pneumatice, které se transformují v teplo, jsou síly nezbytné ke stlačení pneumatiky větší než síly, jimiž působí pneumatika na vozovku při navracení se do původního tvaru. V tomto případě jsou měrné tlaky v zadní části nižší než ty v přední části. Zvyšováním rychlosti vozidla rozdíl mezi měrnými tlaky roste, tím roste i jízdní odpor. (Vlk, 2003)



Zdroj: Dynamika motorových vozidel, 2000

**Obr. 1 Deformace diagonální a radiální pneumatiky**

Velikost odporu valení je závislá na koeficientu valení  $f_K$  a radiální reakci vozovky  $Z_K$ . Předpokládáme-li moment pro jedno kolo:

$$O_f = Z_K \cdot f_K \quad (1)$$

pro celé vozidlo potom platí:  $O_f = \sum_i O_{fKi}$  (2)

kde:  $i$ .....je počet kol na vozidle.

Z předpokladu, že všechna kola na vozidle budou mít stejnou hodnotu koeficientu valení  $f_K = f$  (např. rozdíly v nestejném huštění předních a zadních pneumatik), bude platit rovnice:

- pro jízdu po rovině

$$O_f = f \cdot G \quad (3)$$

- pro jízdu na nakloněné rovině pod úhlem  $\alpha$ :

$$O_f = f \cdot G \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

kde:  $f$ .....koeficient valivého odporu,

$G$ .....tíhová síla automobilu,

$\alpha$ .....úhel mezi vodorovnou a nakloněnou rovinou.

Součinitel valivého odporu závisí i na typu povrchu vozovky, tab. 1. Na valivý odpor má vliv také deformace kola a rychlost vozidla. Při nízkém huštění tlaku v pneumatikách se zvětšuje deformace a roste valivý odpor. (Vlk, 2003)

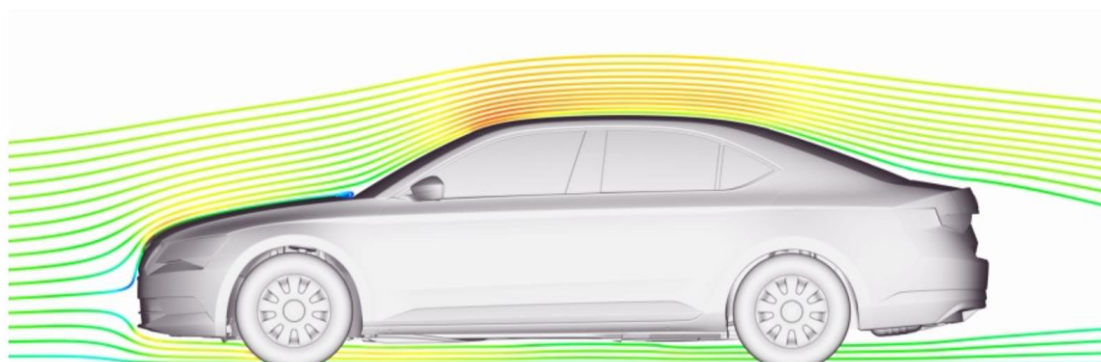
**Tab. 1 Součinitel valivého odporu pro různé povrchy vozovek**

Povrch	$f_K$	Povrch	$f_K$
asfalt	0,01 – 0,02	travnatý terén	0,08 – 0,15
beton	0,015 – 0,025	hluboký písek	0,15 – 0,30
dlažba	0,02 – 0,03	čerstvý sníh	0,20 – 0,30
makadam	0,03 – 0,04	bahnitá půda	0,20 – 0,40
poľní cesta – suchá	0,04 – 0,15	náledí	0,01 – 0,025
poľní cesta – mokrá	0,08 – 0,20		

Zdroj: Dynamika motorových vozidel, 2000

## 1.2 Odpor vzduchu

V dnešní době se výrobci snaží dosáhnout co nejnižšího odporu vzduchu vozidla, protože to znamená menší spotřebu paliva. Pohyb vozidla na obr. 2 vyvolává působení aerodynamické síly. Dochází tak k **relativnímu obtékání vozidla okolním vzduchem**. Proudnicе za vozidlem se neuzavírají, ale vznikají turbulence. Aerodynamický odpor vychází z výsledků vzdušných tlaků na povrch karoserie a sil, které ovlivňují proudění vzduchu kolem karoserie ve směru jízdy.



Zdroj: Interní materiály ŠA, 2018

**Obr. 2 Pohyb proudnic u automobilu Škoda Superb obtékaného vzduchem**

Poměrná rychlost proudu vzduchu je velice rozdílná v různých částech automobilu a závisí na tvaru vozidla a jednotlivých částech jeho povrchu. Toto má vliv na tlakové poměry na ploše karoserie. Tím, že tlakové poměry nejsou stejné, dochází k tomu, že nad autem vzniká velký podtlak a pod autem mírný přetlak, což má za následek víření vzduchu ve směru jízdy (tzv. **indukovaný vzdušný odpor**). (Vlk, 2003)

Do celkového odporu vzduchu patří i odpory, které vznikají při průchodu vzduchu chladičím a ventilačním systémem a odpory vznikající vířením a třením vzduchu u otáčejícího se kola vozidla.

Podíl jednotlivých dílčích odporů na celkové aerodynamice osobního automobilu je následující (Vala, 2002):

- tlakový odpor 50 – 80 %,
- indukovaný odpor 0 – 30 %,
- průchod chlazením a ventilací 8 – 20 %,
- povrchové tření 3 – 10 %,
- víření vzduch kolem kol do 5 %.

### 1.3 Odpor stoupání

Odpor stoupání vzniká při jízdě vozidla do svahu. Závisí na celkové hmotnosti vozidla a úhlu sklonu vozovky. Odpor stoupání lze vypočítat podle rovnice:

$$O_s = \pm m_a \cdot g \cdot \sin a \quad (4)$$

kde:  $m_a$ ..... hmotnost automobilu,

$g$ ..... tíhové zrychlení,

$a$ ..... úhel podélného sklonu vozovky.

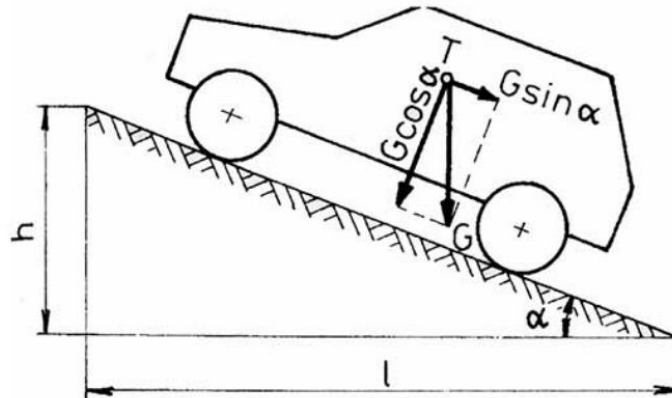
Podle rovnice (4) je odpor stoupání určen složkou hmotnosti automobilu rovnoběžnou s povrchem vozovky. Při jízdě do svahu působí tento odpor proti pohybu vozidla ve směru jízdy.

Odpor stoupání podle obr. 3 působí v těžišti T. Pro výpočet malých úhlů (kde  $\sin a \approx \tan \alpha$ ) může rovnice být použita ve tvaru:

$$O_s = \pm m_a \cdot g \cdot s \quad (5)$$

kde  $s$  je stoupání, pro které platí:

$$s = \frac{h}{l} = \tan \alpha \quad (6)$$



Zdroj: Dynamika motorových vozidel, 2000

**Obr. 3 Určení odporu stoupání**

Tento vztah lze použít jenom do hodnoty  $\alpha = 17^\circ$ , což odpovídá  $s = 0,3 = 30\%$ . 10 – 12 % jsou maximální hodnoty stoupání na silnicích (výjimečně mohou být větší na vysokohorských silnicích) a 6 % na dálnicích. (Vlk, 2003)

#### 1.4 Odpor setrvačný

Při zrychlení vozidla vzniká setrvačná síla, která působí proti směru jízdy. Při akceleraci působí proti směru jízdy, naopak při zpomalování po směru jízdy. Odpor setrvačný je určen (Vlk, 2003):

$$O_z = O_{zp} + O_{zr} \quad (7)$$

Odpor se skládá ze dvou složek:

- a) setrvačný odpor proti posuvné složce o hmotnost vozidla

$$O_{zp} = m \cdot a \quad (8)$$

kde:  $m$ ..... hmotnost vozidla,

$a$ ..... zrychlení (zpomalení) vozidla,

- b) setrvačný odpor otáčejících se částí

$$O_{zr} = \frac{M_r}{r_d} \quad (9)$$

kde:  $M_r$ ..... setrvačný moment rotačních částí vozidla,

$r_d$ ..... dynamický poloměr rotačních částí vozidla.

## 1.5 Odpor přívěsu

Síla, kterou vozidlo musí překonat při tahu přívěsu v ose spojovacího mechanismu, se nazývá odpor přívěsu. V obecném případě je to síla odkloněná od roviny rovnoběžky s vozovkou o úhel.

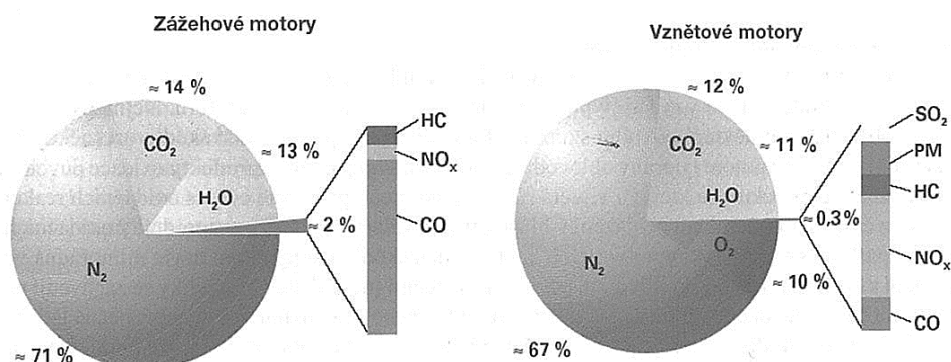
Na přívěs stejně jako na automobil působí jízdní odpory (valivý, vzduchu, stoupání, zrychlení), které lze stanovit identickým způsobem jako u vozidla. Odpor vzduchu se určuje jako celek, kde se pro vozidlo s přívěsem měří koeficient vzdušného odporu, popřípadě tahač s návěsem dohromady. Určení odporu přívěsu je nutné, protože výrazně zvyšuje spotřebu hnacího výkonu vozidla. (Vlk, 2003)

## 2 Emisní normy a zákonné předpisy

Při spalování uhlovodíkových paliv dochází (při dokonalé oxidaci) k produkci oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) a vody ( $\text{H}_2\text{O}$ ). U vznětových motorů se objevuje navíc kyslík ( $\text{O}_2$ ), protože motor pracuje s přebytkem vzduchu. U zážehového motoru se kyslík ( $\text{O}_2$ ) může taky objevit, ale z důvodu jeho přebytku v čerstvé směsi.

Hlavní složkou spalování je dusík ( $\text{N}_2$ ). Oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ) vznikají ve spalovacím prostoru při oxidaci vzdušného dusíku ve vysokých teplotách. Mezi hlavní zástupce patří zejména oxid dusnatý ( $\text{NO}$ ), v menších případech oxid dusičitý ( $\text{NO}_2$ ) a oxid dusný ( $\text{N}_2\text{O}$ ). (Hromádka a kol., 2011)

Jak uvádí Hromádka: „Za úplného nepřístupu vzduchu (uvnitř kapičky kapalného paliva) nastává při vysoké teplotě dekompozice molekul uhlovodíků, jejímž výsledkem je existence sazí ve spalinách, hlavně u vznětových motorů“. Na obr. 4 je znázorněno přibližné procentuální složení výfukových plynů zážehového a vznětového motoru.



Zdroj: Spalovací motory, 2011

**Obr. 4 Procentuální složení zážehových a vznětových motorů**

Produkce různých druhů oxidů ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ), pevných částic (PM), uhlovodíků (HC) a dalších, které vznikají v procesu spalování palivové směsi v motoru vozidel, ohrožuje naše životní prostředí a jeho další budoucnost. (Hromádka a kol., 2011) Proto je potřeba znát spotřebu paliva jak z etických, tak i z právních předpisů, aby bylo možné zastavit hlavní problém 21. století – globální oteplování. Pro takovou možnost je nutné znát **spotřebu paliva a faktory, které ovlivňují emise výfukových plynů.** (Interní materiály ŠA, 2018)

**Měření spotřeby paliva** je komplexní systém, který je založen na současných principech detekce spotřebovaného množství paliva a výkonových parametrů. Je to důležitá veličina, která odpovídá výkonu vozidel, pomocí ní se určuje diagnóza stavu motoru. V dnešní době se měření provádí ve stacionárních zkušebnách (např. použití válcového dynamometru). Použití **válcového dynamometru** pro analýzu technického stavu automobilu je vhodné z důvodů vydávání přesných dat spotřeby a exhalací automobilu. (Beroun, 2003)

Spotřebu paliva je možné měřit několika způsoby, které závisí na technických způsobech měření, legislativních požadavcích, časových a finančních nárocích.

Mezi základní způsoby patří (Hromádka a kol., 2011):

- a) hmotnostní měření,
- b) objemové měření,
- c) uhlíková bilance s využitím emisního měření.

## 2.1 Měření produkce emisí

Měření produkce emisí lze rozdělit do dvou skupin:

- Homologační testy – schválení vozidel nových nebo poprvé uváděných do provozu.
- Emisní kontroly – pravidelná emisní a někdy i technická kontrola všech vozidel v provozu.

Uvedené metodiky měření emisí jsou odlišné. Rozdílné jsou nejen odpovídající legislativní předpisy, ale i cenové hledisko, technická úroveň měřicí techniky, úrovně emisních limitů a statutární opatření. (Hromádka a kol., 2011)

## 2.2 Zákoné předpisy měření emisí

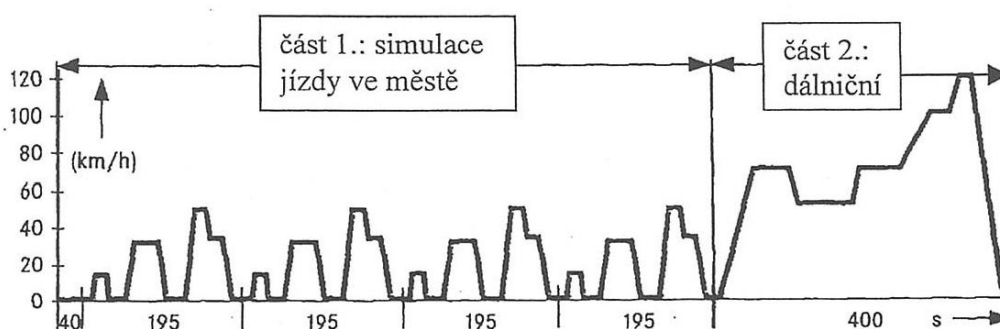
První myšlenky snížení emisí výfukových plynů a emise CO<sub>2</sub> přišly začátkem roku 1972. Při rychle rostoucí motorizaci a ohrožení životního prostředí byly Evropskou radou vydány předpisy proti emisím znečišťujících látek ze **vznětových motorů automobilů**. (Hromádka a kol., 2011)



## 2.2.1 Měření podle EHK 15 a EHK 18

Od roku 1971 Evropská hospodářská komise (EHK) **OSN** začala vydávat nařízení, které platilo pro celou Evropu. Prvním předpisem byl **EHK 15**, který vycházel ze 4 městských cyklů, měření obsahu oxidu uhelnatého (CO) a nespálených uhlovodíků (HC). Předpis se s časem měnil a doplňoval a k tomu přibýlo měření oxidu dusíku (NO<sub>x</sub>). Koncem osmdesátých let (1989) byl EHK 15 nahrazen novým adaptovaným předpisem **EHK 83** (v ČR od 1991), který se stal podkladem i pro dnes platné předpisy a používal se až do roku 1996. Předpis obsahoval **tři klasifikační třídy** (Hromádko a kol., 2011):

- Třída A byla stanovena pro hodnocení vozidel se zážehovými motory bez dodatečné úpravy spalín.
- Třída B byla určena pro hodnocení vozidel se zážehovými motory s katalyzátorem.
- Třída C byla stanovena pro hodnocení se vznětovými motory.



Zdroj: Základy automobilové techniky, 2003

### Obr. 5 Emisní test podle EHK 83

Předpis **EHK 83** byl od roku 1989 doplněn povolenými limitními hodnotami. S ohledem na legislativu i v ostatních státech mimo EU byly stanoveny tvrdé, ale dosažitelné limity CO, NC, NO<sub>x</sub> a pevných částic pro všechny druhy automobilů. Základními principy zkoušky byly následující podmínky (Hromádko a kol., 2011):

- a) Spotřeba automobilu se zjišťovala ve třech jízdách intervalech: 90 km/h, 120 km/h a simulaci městského provozu (viz obr. 5).
- b) Simulace městského režimu se prováděla na válcovém dynamometru.

- c) Simulace jízdních intervalů 90 km/h, 120 km/h se také prováděla na válcovém dynamometru s využitím jízdních odporů vozidla.
- d) Automobil byl naložen na 50% užitečné hmotnosti, nejméně však 180 kg.
- e) Do výsledků byly zohledněny aktuální atmosférické podmínky.

### 2.2.2 Měření podle ČSN 300510

Kontrola spotřeby paliva se aplikovala do poloviny 80 let v bývalém Československu podle normy **ČSN 300510**. Hlavním výsledkem bylo stanovení tzv. základní spotřeby paliva pro osobní automobily, která je vždy uvedena v technické dokumentaci (X litru/100 km při rychlosti Y km/h). Základními principy měření dle normy byly (Hromádka a kol., 2011):

- a) Měření na rovné silnici v intervalu 1 kilometru.
- b) Vozidlo naložené na 50% užitečné hmotnosti.
- c) Vozidlo jelo rychlostí, maximálně 110 km/h. Tato rychlost byla zaznamenávána.
- d) Objemové průtočné množství paliva do motoru bylo kontrolováno spotřeboměrem.
- e) Kvůli pokrytí rozptylu sériově vyráběných automobilů se k naměřeným výsledkům připočítalo 10%.

### 2.2.3 Měření podle NEDC

Začátkem devadesátých let, při silně rostoucí motorizaci, vychází ve státech EU nové emisní předpisy (norma **EURO**). V tab. 2 jsou znázorněny limity výfukových plynů u vozidel do 3,5 t. Metoda pro měření emisí výfukových plynů byla pojmenována **NEDC** (New European Driving Cycle). Základem pro ni sloužila EHK 83. (Hromádka a kol., 2011)

Základními principy měření dle normy byly:

- a) Spotřeba automobilu se zjišťovala ve městě a mimo město. Kombinovaná spotřeba se stanovila z předchozích hodnot.
- b) Cyklus měření trval 20 minut v maximálně povolených rychlostech 90 km/h a 120 km/h.

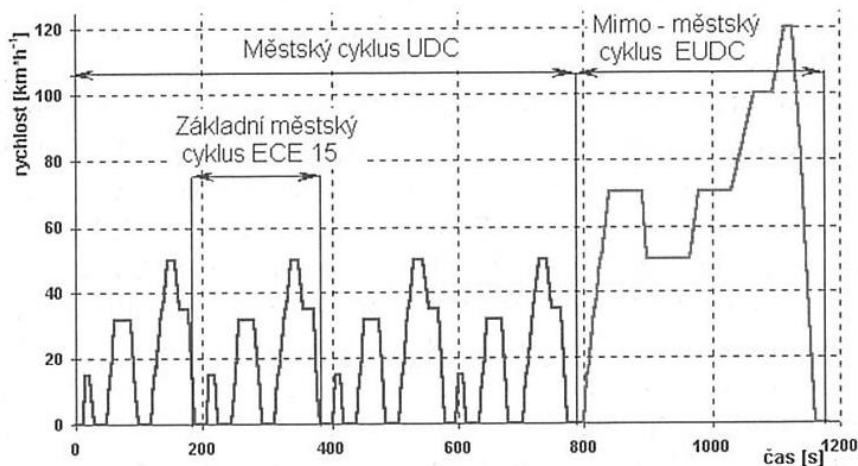
- c) Simulace jízdních cyklů se prováděla na válcovém dynamometru.
- d) Automobil prochází postupně zkušebními cykly po studeném startu motoru, kde se opakovaně brzdí a zrychluje.
- e) Před testem se automobil temperuje na teplotu 20-30°C.
- f) Automobil byl klasifikován do hmotnostní kategorie podle své pohotovostní hmotnosti zvýšené o 100 kg.
- g) Spotřeba paliva se počítala pomocí uhlíkové bilance z obsahu vyprodukovaných exhalací.

**Tab. 2 EU standardní limity emisí (g/km) osobních vozidel do 3.5 t.**

předpis	platnost	CO	HC	HC + NOx	NOx	PM
		<b>Diesel</b>				
		<b>g·km<sup>-1</sup></b>				
Euro 1	1992	2,72	–	0,97	–	0,14
Euro 2–IDI	1996	1	–	0,7	–	0,08
Euro 2–DI	1999	1	–	0,9	–	0,1
Euro 3	2000.01	0,64	–	0,56	0,5	0,05
Euro 4	2005.01	0,5	–	0,3	0,25	0,025
Euro 5	2009.09	0,5	–	0,23	0,18	0,005
Euro 6	2014.09	0,5	–	0,17	0,08	0,005
		<b>Petrol (Gasoline)</b>				
		<b>g·km<sup>-1</sup></b>				
Euro 1	1992.07	2,72 (3,16)	–	0,97 (1,13)	–	–
Euro 2	1996.01	2,2	–	0,5	–	–
Euro 3	2000.01	1,2	0,2	–	0,15	–
Euro 4	2005.01	1	0,1	–	0,08	–
Euro 5	2009.09	1	0,1	–	0,06	0,005
Euro 6	2014.09	1	0,1	–	0,06	0,005

Zdroj: Spalovací motory, 2011

Před začátkem platnosti „nového evropského jízdního cyklu“ (NEDC) v technických specifikacích a průkazech byly uváděny jenom 3 hodnoty (jízda ve městě s rychlostí do 50 km/h, mimoměstská jízda s rychlostí 90 – 120 km/h a aritmetický průměr těchto dvou hodnot). Takové měření nezohledňovalo „**studený**“ **start motoru**, zastavení na semaforech, brždění a zrychlování. S úmyslem zavádění srovnatelných hodnot v roce 1992 naběhlo měření NEDC. (Hromádka a kol., 2011) Jenom v červnu 2007 bylo rozhodnuto o změně pravidel měření, a pro určení spotřeby vozidla musely být přesně stanoveny valivé a aerodynamické odpory vozidla na silnici. Tyto naměřené údaje se přenášely na dynamometr a poté se prováděla standardizovaná jízdní zkouška. Tento cyklus měl určité nevýhody (viz. Kapitola 2.6.2).



Zdroj: Spalovací motory, 2011

**Obr. 6 Jízdní profil NEDC a simulace městského provozu**

### 2.3 Rámcová úmluva OSN o změně klimatu

Rámcová úmluva o změně klimatu **UNFCCC** (United Nations Framework Convention on Climate Change) byla navržena v roce 1992 v New Yorku na konferenci **OSN** o životním prostředí a budoucím rozvoji. V platnost vstoupila od 21. března 1994. Cílem úmluvy bylo zabránění antropogenních vlivů na celkový klimatický systém pomoci urychleného ustálení pevnosti emisí skleníkových plynů v atmosféře.

Zásadou rámcové úmluvy vznikla povinnost pro jednotlivé státy dodržovat určitá pravidla, mezi která patří například (UNFCCC, 2006):

- tvorba národních programů na zmírňování negativních dopadů na změny klimatu a jejich pravidelná aktualizace;
- stálá kontrola objemů národních produkováných skleníkových plynů a monitorování jejich aktuální situace.

Úmluva se skládala ze dvou dodatků. **Dodatek 1** obsahoval rejstřík hospodářsky vyspělých zemí a většinu států střední a východní Evropy, jejichž ekonomiky se blížily k tržnímu hospodářství. **Dodatek 2** obsahoval jenom státy OECD s výjimkou Polska, Mexika, Maďarska, Jižní Koreje a České republiky. Úmluva OSN navrhovala těmto státům přijmout stanovené nařízení, sledovat a monitorovat snižování produkci skleníkových plynů. (UNFCCC, 2006)

## 2.4 Kjótský protokol

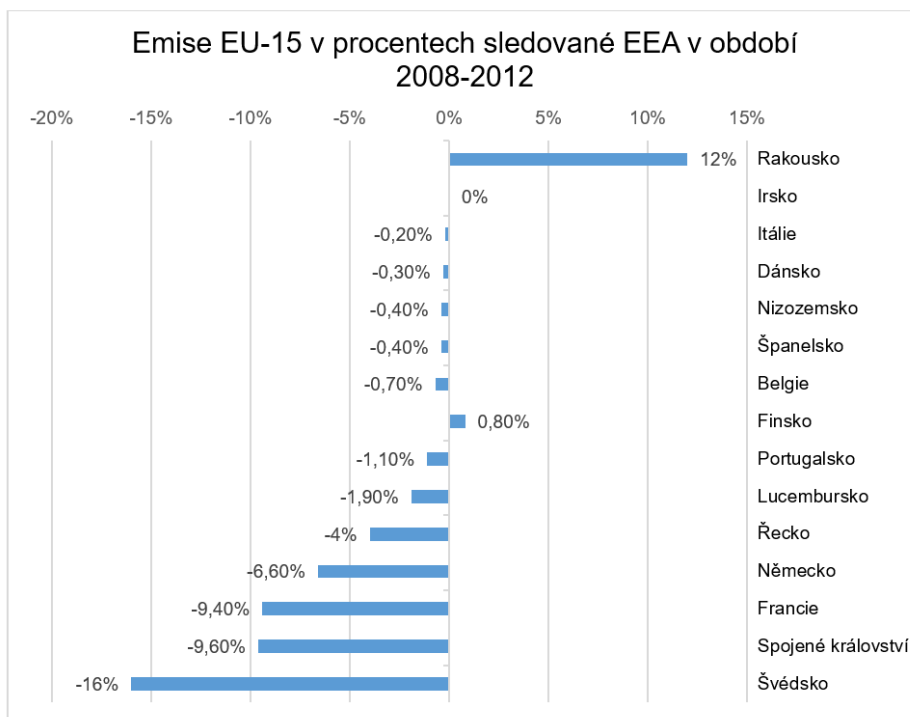
V prosinci roku 1997 na „**Třetí konferenci smluvních stran (COP-3)**“ v Kjótu byl přijat **Kjótský protokol** k rámcové úmluvě OSN o změně klimatu. Protokol byl zaměřen na ustanovení snížení koncentrací skleníkových plynů v atmosféře na takové hladině, která by neohrožovala životní prostředí a jeho další budoucnost. Tato hladina by měla zajistit (UNFCCC, 2006):

- a) přirozenou adaptaci ekosystémů;
- b) stálou produkci potravin;
- c) ekonomický rozvoj trvalého charakteru.

Kjótský protokol vstoupil v platnost v roce 2006. Tento protokol podepsalo 84 států Úmluvy a akceptovalo jej 163 zemí z Dodatku 1. První fáze protokolu platila do roku 2012. Spojené státy americké Kjótský protokol podepsaly, ale jeho ratifikaci odmítly s tím, že by oslabil jejich ekonomiku. Čína – největší znečišťovatel ovzduší na světě – se ke Kjótskému protokolu nepřihlásila. (UNFCCC, 2006)

Tento protokol zavedl, aby se ve státech, které tento protokol přijaly, v prvním kontrolním období (2008-2012) snížily emise skleníkových plynů nejméně o 5,2% v porovnání s rokem 1990. Koncem první fáze protokolu bylo zjištěno, že plánované cíle byly dosaženy některými zemi nad rámec 5% už v roce 2008: Francie, Německo, Velká Británie, Česká republika, Bulharsko, Maďarsko, Lotyšsko, Litva, Polsko, Slovensko, Švédsko. Tím udělaly dobrý pokrok ke splnění kjótských cílů a dosáhly, podle výzkumu **EEA** (European Economic Area), v roce 2009 celkovou emisí skleníkových plynů o 6,2% nižší oproti základnímu roku (1990). Ostatní členské země EEA (Island, Norsko, Lichtenštejnsko a Švýcarsko, Chorvatsko atd.) měly v plánu snižování domácích emisí stěhováním uhlíku. (EEA, 2012)

V roce 2012 v rámci programu Kjótského protokolu obsahující opatření na zmírnění změn klimatu bylo navrženo prodloužení Programu OSN, které bylo předepsáno na osm let (2013-2020) a kde se 28 členských států EU zavázalo snížit emise skleníkových plynů (metanu, oxidu dusného, oxidu uhličitého, polyfluorovodíků a hydrogenovaných fluorovodíků) o 20% v porovnání s rokem 1990. (EEA, 2012)



Zdroj: European Economic Area

**Obr. 7 Předpokládaný rozdíl mezi emisemi skleníkových plynů v EU při plnění závazků Kjótského protokolu v období 2008-2012 oproti roku 1990**

## 2.5 Spotřeba paliva a emise CO<sub>2</sub>

Rokem 1995 **Společenství EU** přijmulo strategii na redukce emisí CO<sub>2</sub> z automobilů. Cíle Společenství: udělit producentům pro nové automobily více jistoty při plánování produkce a více možností na přizpůsobení se pro splnění požadavků na snížení emisí CO<sub>2</sub>.

Tato strategie staví na třech základních principech:

1. dobrovolných závazků automobilového průmyslu snížit exhalace;
2. zdokonalení v oboru informovanosti spotřebitelů;
3. subvenci palivově hospodárných vozidel pomocí celních opatření.

Od roku 1998 **ACEA** (The European Automobile Manufacturers' Association) vzala na sebe povinnost snížit průměrné emise CO<sub>2</sub> z nových prodávaných automobilů do roku 2008 na 140 g/km. Úspěch byl dosažen koncem roku 2008. (ESIPA, 1998)

V prosinci 1999 byly Evropským parlamentem a Radou EU přijata pravidla o dostupnosti informací pro spotřebitele o spotřebě paliva a emisích CO<sub>2</sub> osobních vozidel nabízených k prodeji nebo na leasing, aby tím potenciální zákazníci mohli učinit vědomé rozhodnutí o koupi před návštěvou prodejního místa. V tomto případě výrobci museli vytvořit štítek s údaji o úspornosti pro všechna nová osobní vozidla v místě prodeje a tím přijímat kroky ke snížení spotřeby paliva vyráběných vozidel. (ESIPA, 1999)

23. dubna 2009 **Evropský parlament** a **Rada ES** přijaly pravidla pro stanovení norem pro snížení emisí CO<sub>2</sub> u nových osobních automobilů. S ohledem na (ESIPA, 2009):

- trhy;
- konkurenceschopnost výrobců;
- přímé a nepřímé náklady vznikající podnikům;
- výhody, které vznikají v souvislosti podpory inovací a snížení spotřeby energie.

Všechny tyto výsledky poskytly výrobcům možnosti pro plnění požadavků na snížení emisí výfukových plynů a jistoty při plánování výroby.

Další změna začala platit od 25. července 2011, kde Evropská komise stanovila postup schvalování a certifikace inovačních technologií vztahujících se k ekologické inovaci. S ohledem na strategii Společenství byl stanoven Rámec právní úpravy, kde technologie zahrnující systémy monitorování tlaku v pneumatikách, ukazatele rychlostních stupňů, valivý odpor pneumatik, účinnost klimatizačních systémů, používání biopaliv a výrobní postupy, které jsou již široce dostupné po určitou dobu na trhu – **nebyly definované jako ekologické inovace**. (ESIPA, 2011)

Hlavním cílem všech nařízení je vytvořit stimul pro automobilový průmysl, aby investoval do nových technologií. Nařízení aktivně podporují ekologické inovace a berou v úvahu budoucí technologický výkon. V roce 2014 **nařízení EU** (č. 253/2014) navrhla upravit „nový evropský jízdní cyklus“ (NEDC) a provést změny tak, aby byly co nejpřesněji odhadnuty exhalace CO<sub>2</sub> a spotřeba paliva. Tím bylo navrženo stanovení zkoušek v reálním provozu a vytváření jízdního cyklu **WLTP**

(Worldwide Harmonized Light Duty Vehicles Test Produce), který byl přijat Světovým fórem pro motorová vozidla jako celosvětový technologický pokyn č. 15 v březnu 2014. (esipa.cz, 2014) Navíc byl stanoven takový přechod, aby výrobci byli schopni vytvořit ekologické inovace. Toto nařízení platí od 1. září 2017 pro nové typy automobilů a od 1. září 2018 – pro všechna vozidla. (VW, 2018)

## 2.6 Náběh nového měření WLTP

**WLTP** (Worldwide Harmonized Light Duty Vehicles Test Produce) – je nový jízdní cyklus pro měření spotřeby paliva, emise výfukových plynů, exhalace CO<sub>2</sub>, anebo v případě elektromobilů dojezdové vzdálenosti, které jsou podobné podmínkám reálného provozu.

System představuje celosvětově odsouhlasený **testovací standard** měření spotřeby a emisí osobních vozidel. Tento postup je založený na skutečných jízdních datech, získaných z celého světa, které v budoucnosti pomůžou stanovit situace reálného provozu v laboratorních podmínkách. Hlavním cílem nového testovacího standardu měření je **imitování jízdního chování**. Nový cyklus je mnohem náročnější, a tím poskytuje přesnější informace zákazníkům o spotřebě paliva a emisích CO<sub>2</sub>. (VW, 2018)

Cyklus analyzuje styl řízení, který lépe simuluje využití v každodenním provozu a určuje jak exhalace, tak i spotřebu různých druhů paliv (např. nafta, benzin, stlačený zemní plyn nebo elektřina). Statistiky měření stejných automobilů pomocí metody WLTP budou mít přibližně identické výsledky ve všech zúčastněných krajinách. Možnost porovnání je podmíněna přesností sbíraných dat v laboratořích. (VW, 2018)

Od září 2018 byl nový cyklus měření (WLTP) zaveden pro všechna prodávaná vozidla. Platí to pro Evropu a mnoho dalších zemí po celém světě. Ohledně toho Volkswagen již oznámil, že podle jeho odhadů bude vyrobeno 200 000 – 250 000 vozidel všemi značkami v koncernu se zpožděním. (MICROSOFT NETWORK, 2018)

### 2.6.1 Důvody pro zavádění WLTP

Před nasazením systému měření WLTP se skutečné hodnoty o spotřebě automobilů a emise výfukových plynů měřené NEDC mohly odlišovat od

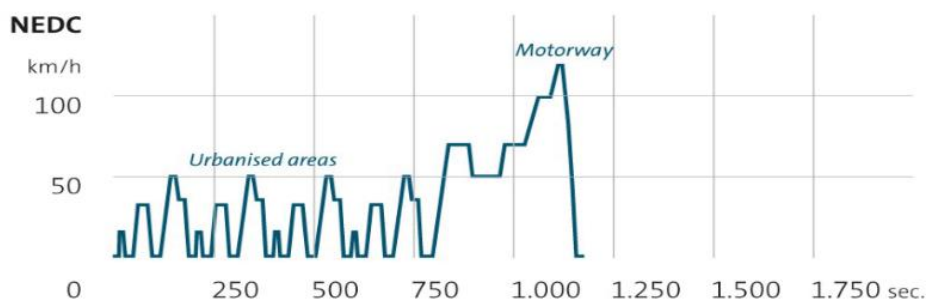


naměřených výrobcem. Tyto se staly předmětem kritiky, například problém VW s „Dieselgate“ v roce 2015. Uvedená aféra se dále týká emisí **NO<sub>x</sub>** (oxid dusíku).

V dnešní době skutečná **spotřeba paliva závisí hlavně na stylu jízdy**, výbavě automobilu a jeho hmotnosti. Jízda automobilu mimo město, na silnicích nebo po dálnicích - to vše může ovlivnit spotřebu paliva. Podmínky simulace reálného provozu jízdního cyklu NEDC byly upraveny tak, aby zefektivnily výpočet modelových situací. **Styl jízdy závisí na způsobu zrychlení, vyšší průměrné rychlosti a maximální rychlosti**. Byly také stanoveny změny v jízdním cyklu měření a místo simulovaného městského a mimoměstského provozu, je nyní automobil testován ve 4 různých rychlostních intervalech: nízkém, středním, vysokém a extra vysokém. (AUDI, 2018)

## 2.6.2 Porovnání cyklů NEDC vs. WLTP

### Přehled NEDC (VW, 2018):



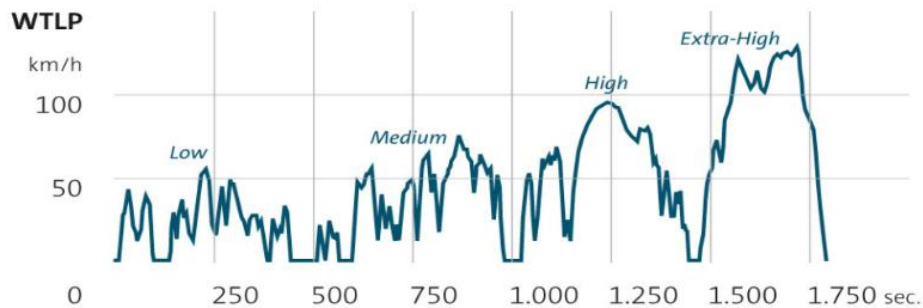
Zdroj: VW, 2018

#### Obr. 8 Přehled jízdního cyklu NEDC

- a) teplota ovzduší (místnosti) je v intervalu 20-30°C;
- b) cyklus trvá 20 minut;
- c) ujetá vzdálenost je 11 km;
- d) jízda se skládá ze dvou částí:
  - 13 minut – simulace jízdy ve městě;
  - 7 minut – simulace jízdy mimo město;
- e) maximální rychlost 120 km/h;

- f) okamžiky řazení pro modely s manuální převodovkou jsou přesně definovány;
- g) výbava na přání ani klimatizace nejsou zohledněny.

### Přehled WLTP (VW, 2018):



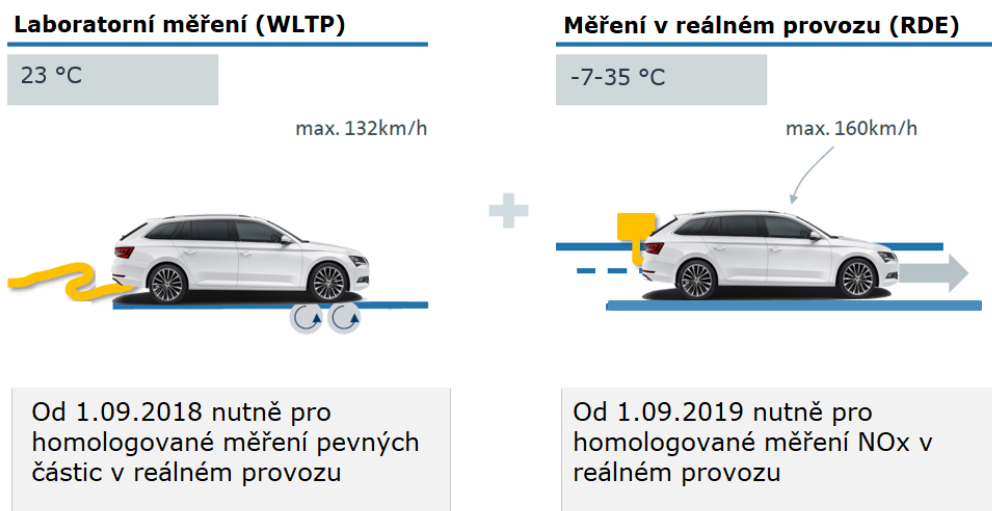
Zdroj: VW, 2018

### Obr. 9 Přehled jízdního cyklu WLTP

- a) teplota ovzduší je 23°C;
- b) cyklus trvá 30 minut;
- c) ujetá vzdálenost je 23 km;
- d) jízda se skládá ze čtyř částí:
  - low;
  - medium;
  - high;
  - extra-high;
- e) maximální rychlost více než 130 km/h;
- f) okamžiky řazení jsou dopředu individuálně určeny pro každé vozidlo;
- g) hmotnost a výbava na přání jsou zohledněny v analýze;
- h) jsou měřeny všechny připravované kombinace motorů a převodovek.

### 2.6.3 Cyklus RDE

RDE (Real Driving Emissions) – je **doplňkový testovací standard**, který byl stanoven pro jízdní cyklus WLTP. Na rozdíl od metody WLTP se měření exhalace CO<sub>2</sub> a výfukových plynů neprovádí na dynamometru, ale v reálném silničním provozu.



Zdroj: Interní materiál ŠA, 2018

#### **Obr. 10 Rozdíl mezi WLTP a RDE měřením**

Pro měření „hlavních emisí“ automobil náhodně zrychluje a brzdí na stanovené trase, která se skládá ze tří částí (VW, 2018):

- jízda městem;
- jízda po silnicích mimo město;
- jízda po dálnicích.

Průměrná rychlost ve městě je stanovená v intervalu od 15 a 40 km/h s maximem 60 km/h, na silnicích mimo město od 60 do 90 km/h a na dálnicích 145 km/h, krátkodobě do 160 km/h. Vozidlo je vybaveno **přenosným systémem pro měření emisí** (PEMS). Toto zařízení měří toxické emise NO<sub>x</sub> (oxydy dusíku), CO (oxid uhelnatý) a podíl pevných částic (jemný prach). Jízda trvá od 90 do 120 minut. Vnější teplota musí být v intervalu od -7 do +35°C, klimatizace automobilu může být zapnutá. (VW, 2018)

#### 2.6.4 WLTP z hlediska hmotností

Jedním z faktorů, které mají vliv na **spotřebu paliva** a tím i na **množství emisí**, je **hmotnost**, která je přímo úměrná k zvyšování emisí. To znamená, pokud výrobci automobilů chtějí redukovat jejich emise, musí najít taková technologická řešení, která by vedla ke snížení hmotnosti.

V prosinci 2012 Evropská komise vydala nový požadavek pro schvalování motorových vozidel ohledně jejich hmotností a rozměrů. Proto je nutné stanovit rovněž zvláštní požadavky, postupy a zkoušky. V tomto případě výrobce musí stanovit pro každou verzi vozidla tato kritéria (EUR-LEX, 2012):

- a) maximální technicky přípustnou hmotnost naloženého vozidla;
- b) maximální technicky přípustnou hmotnost naložené jízdní soupravy;
- c) maximální technicky přípustnou přípojnou hmotnost;
- d) maximální technicky přípustné zatížení na nápravy nebo na skupinu náprav;
- e) maximální technicky přípustné zatížení působící v bodě (bodech) spojení, přičemž se zohlední technické vlastnosti spojovacích zařízení, jež případně jsou nebo mohou být namontována na vozidlo.

Výrobce při stanovení hmotností musí (EUR-LEX, 2012):

- a) Zohlednit nejlepší dostupné technické znalosti a nejlepší postupy certifikované technické praxe, aby se minimalizovala rizika proti mechanickému selhání.
- b) Brát v úvahu maximální rychlost, která je dána konstrukcí vozidla.
- c) Neukládat žádná omezení využívání vozidla, s výjimkou omezení týkajících se parametrů pneumatik.
- d) Doplnit další stupeň výroby v případě nedokončených automobilů.

### 3 Sledování odchylek hmotností pomocí systému MassCheck

Automobil je s námi už více než jedno století. Za tu dobu se vyvíjel jak vnější, tak i vnitřní design a procházel různými změnami (bezpečnost, výbava, výkon, komfort atd.). Počet automobilů ve světě stále roste a tím dochází k ekologickým problémům. Právě nárůst počtu vozidel a zavádění nových ekologických nařízení Komise EU nutí výrobce, kromě jiného, ke snížení celkové hmotnosti produkováných automobilů. Důvodem je zvýšení efektivity motorů, snížení emisí výfukových plynů a CO<sub>2</sub>.

**Hmotnost** je jedním z klíčových faktorů pro splnění stanovených cílů. Proto byl vyvinut systém **MassCheck**, který by umožnil sledování hmotnosti vozidel pomocí matematických algoritmů. Zavedení systému do produkce usnadňuje práci odborným pracovníkům oddělení **ESD**, které zodpovídá: za správu a zpracování dat technických informací, za datovou komunikaci s externími partnery a zahraničními závody, za koordinaci oblasti technických norem a normalizovaných dílů ve společnosti ŠA. Systém MassCheck analyzuje rozdíly mezi odchylkami hmotností. Sledování rozdílů vah je důležité i z pohledu předpisu EU č. 1230/2012. Tento předpis zavazuje výrobce automobilů uvádět skutečnou hmotnost vyrobených vozidel **s maximální odchylkou  $\pm 3\%$**  oproti vygenerované. Vygenerovaná hmotnost je hmotnost vypočítaná na základě teoreticky stanovených hmotností jednotlivých dílů.

Rozdíly hmotností byly dříve sledovány pouze u **prototypů** a **předsériových vozidel** (cca. 100 vozů na model). Nasbírané informace o vážení základních modelů sloužily pro stanovení základních hmotností a rozložení zatížení na přední a zadní nápravu. Kromě toho odborní pracovníci oddělení ESD zadávali a zadávají hmotnosti mimořádných výbav automobilů, které v součtu s hmotnostmi základních modelů vytváří generovanou hmotnost, která je uváděna na **C.O.C. listech** (Certificate of Conformity).

Hmotnost vozidla se skládá z hmotnosti vozidla bez volitelné výbavy (tj. základní hmotnosti automobilu, která se skládá z hmotnosti motoru, převodovky, karoserie atd.) a z hmotnosti volitelných výbav. To jsou výbavy, které si doobjedná zákazník. Mezi objednáním automobilu v zákaznickém centru na začátku a jeho předáním zákazníkovi na konci, musí tato zakázka projít velkým počtem operací. Jednou

z nich je i založení vozidla pomocí tzv. „**Modelových klíčů**“ a „**PR kódů**“. „**Modelový klíč**“ je šestimístný alfanumerický kód, který definuje typ vozidla, jeho motor, převodovku, karoserii a stupeň výbavy. „**PR kód**“ je třímístný alfanumerický kód, který definuje, jaká volitelná výbava je v objednaném automobilu přesně namontovaná. Každá volitelná výbava má svůj „PR kód“. (Interní materiály ŠA, 2018)

### 3.1 MassCheck

**MassCheck** – systém společnosti ŠKODA AUTO a.s., který byl vyvinut z důvodu zavádění nových zákonných postupů pro certifikaci osobních automobilů. Ve spolupráci s prof. Ing. Milanem Hofreitrem z ČVUT. Tento systém je částečně založen i na algoritmech **Diferenciální evoluce**, kterou přesně popsali autoři R. Storn a K. Price. Popis jednotlivých algoritmů Diferenciální evoluce je nad rámec této bakalářské práce.

Hlavními cíli projektu MassCheck jsou:

- a) efektivní kontrola odchylek mezi váženou a generovanou hmotností sériově produkovaných automobilů;
- b) analýza odchylek hmotnosti;
- c) pomocí matematických metod navrhnout optimalizace pro zpřesnění výpočtu teoretické hmotnosti vozidla s cílem eliminovat odchylky;
- d) predikovat přesnost vypočtených dat pomocí simulací optimálních řešení na již vyrobených vozech.

Dřívější kontrola odchylek hmotnosti sériově produkovaných vozidel byla manuální, to vedlo k neefektivnímu využití lidských zdrojů. Nasazením systému MassCheck do produkce byly **sníženy kapacitní nároky** a zároveň s tím dostali odborníci Technického vývoje přístup k novým informacím o odchylkách mezi váženými a generovanými hmotnostmi, čím byla umožněna i **efektivní kontrola vypočítaných dat vážení a jednotlivých mimořádných výbav automobilů**. (Interní materiály ŠA, 2018)

Před zavedením systému do produkce byla provedena instalace **vah** na výrobní linky, s cílem zjišťování skutečné hmotnosti pomocí vážení sériově produkovaných

vozidel. Namontování vah muselo být provedeno tak, aby nevznikly žádné negativní dopady na výrobní proces, nebo byly minimalizovány.

V současné době se vozidlo váží na konci linky a pouze s částečnou **náplní provozních kapalin** (např. palivo, voda v ostříkovačích, SCR, CNG). Hmotnost každého automobilů se zjišťuje na **předních a zadních nápravách**. Zpětnou vazbou a analýzou odchylek dokáží odborníci z Technického vývoje přesněji stanovit hmotnost mimořádných výbav. Pro toto zpřesnění se používají i polohy těžišť jednotlivých dílů, které tyto mimořádné výbavy vytváří. Na **C.O.C. listech** se uvádí vypočítaná hmotnost vozidla s řidičem (stanovená hmotnost 75 kg.) a se 100 % náplní provozních kapalin.

Při analýze vážení automobilů se používá (Interní materiály ŠA, 2018):

- **Hrubá vážená hmotnost** – je hmotnost, která vzniká vážením vozidla na konci výrobní linky pro každé kolo zvlášť.
- **Korekční hmotnost**, která je zadávána pracovníky oddělení ESD. Korekční hmotnost tvoří výbavy, které ještě nejsou v okamžiku vážení namontovány, ale v C.O.C. dokumentech musí být započítány (např. příslušenství).
- **Vážená hmotnost**, která se získá součtem korekční a hrubé hmotnosti.
- **Generovaná hmotnost** (vypočítaná hmotnost), která se získá součtem vah základního modelu a mimořádných výbav automobilu. Počítá se s řidičem a s plnou náplní provozních hmo.

Na hmotnost automobilů mohou mít vliv i další faktory (Interní materiály ŠA, 2018):

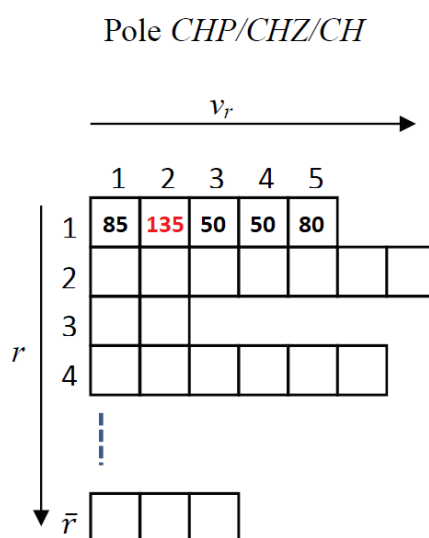
- a) **počet lakování** – každým lakováním se hmotnost vozidla zvýší o cca 3.5 kg;
- b) **výrobní tolerance** – např. tloušťka plechu, kterou je nutné dodržovat ve stanovených tolerancích, ale není možné stanovit přesnou hmotnost;
- c) **množství tlumících látek** – např. plastizol, jehož množství závisí do jisté míry i na lidském faktoru a nelze vydefinovat přesnou váhu.





Na obr. 11 je vidět **dvourozměrné pole VV**, kde systém zaznamenává počet objednaných automobilů s konkrétními výbavami. Pro výpočet odchylek hmotnosti vozidla a vydefinování „podezřelých“ dílů je potřeba zaznamenat všechna vozidla včetně jejich použitých výbav do dvourozměrného pole VV. Na osách jsou znázorněny:

- $\bar{r}$  – počet rodin jednotlivých výbav, kde je možnost výběru zákazníkem;
- $v_r$  – buňky výběrů z jednotlivých rodin v řádcích.



Zdroj: Interní materiál ŠA, 2018

**Obr. 12 Struktura dvourozměrného pole pro CHP/CHZ/CH**

Předpokládejme, že ve skutečnosti bylo vyrobeno a zváženo např. 900 automobilů značky Škoda, u kterých je potřeba zjistit, zda celková hmotnost automobilu odpovídá teoretickému výpočtu **v rámci tolerančního pole  $\pm 3\%$** . Analytický systém MassCheck zohledňuje všechna vyprodukovaná vozidla, což je 900 vybraných automobilů. Dále systém analyzuje, kolik mimořádných výbav z jedné rodiny je nejvíce objednáno na jednom modelu, což u 900 vozidel byla z **rodiny A** nejvíce objednávana výbava č. 5 – 250 ks. (viz obr. 11). Následujícím krokem systému výpočtu je hledání „podezřelých“ mimořádných výbav obdobnou metodikou, kde se do dvourozměrného pole připočítávají výbavy jenom v tom okamžiku, pokud odchylka u konkrétního vozidla přesáhne  $\pm 3\%$ . (viz obr. 12).

Z obr. 12 je vidět, že u vozidel s objednanou výbavou č. 5 z **rodiny A** bylo 80 výbav mimo toleranční pole  $\pm 3\%$ , ale při tom vozidel s výbavou č. 2 z **rodiny A** bylo 135 automobilů mimo toleranční pole. Z každé rodiny se potom vybere ta výbava a má největší podíl při nadlimitních odchylkách, ta je potom prohlášena za nejvíce „podezřelou“, která je podrobena další analýze. Obdobný postup se poté používá i ve větším detailu, to znamená zjišťování odchylek pro přední a zadní nápravu (**CHP** a **CHZ**).

Vážený automobil je sestaven z jednotlivých výbav, které jsou přiřazeny do odpovídajících rodin a určitých variant (každé výbavě odpovídá příslušná buňka) (Interní materiály ŠA, 2018):

Jestli je zjištěná celková hmotnost vozidla mimo toleranční pásmo  $\pm 3\%$ , vozidlo včetně namontovaných dílů bude označeno **v dvourozměrném poli CH**.

Jestli je zjištěná hmotnost vozidla (zvážená na přední nebo zadní nápravě) mimo toleranční pásmo  $\pm 3\%$ , je uvedené vozidlo včetně namontovaných výbav označeno v dvourozměrném poli (CHP a CHZ).

### 3.3 Odhad relativních četností

Pro vydefinování „podezřelých“ dílů je třeba stanovit procentuální podíl pro veškeré rodiny, kde byla nalezena vozidla s objednanými mimořádnými výbavami mimo toleranční pole. Vyšší relativní četnost zjištěná pro každou buňku znamená i větší podezření (objednaná výbava na stejném modelu má hmotnost, která se ze všech dostupných nejvíce odlišovala od deklarované).

- $\frac{CHP}{VV}$  určení procentuálního podílu „podezřelých“ dílů na přední nápravě;
- $\frac{CHZ}{VV}$  určení procentuálního podílu „podezřelých“ dílů na zadní nápravě;
- $\frac{CH}{VV}$  určení procentuálního podílu „podezřelých“ dílů na celkové nápravě.

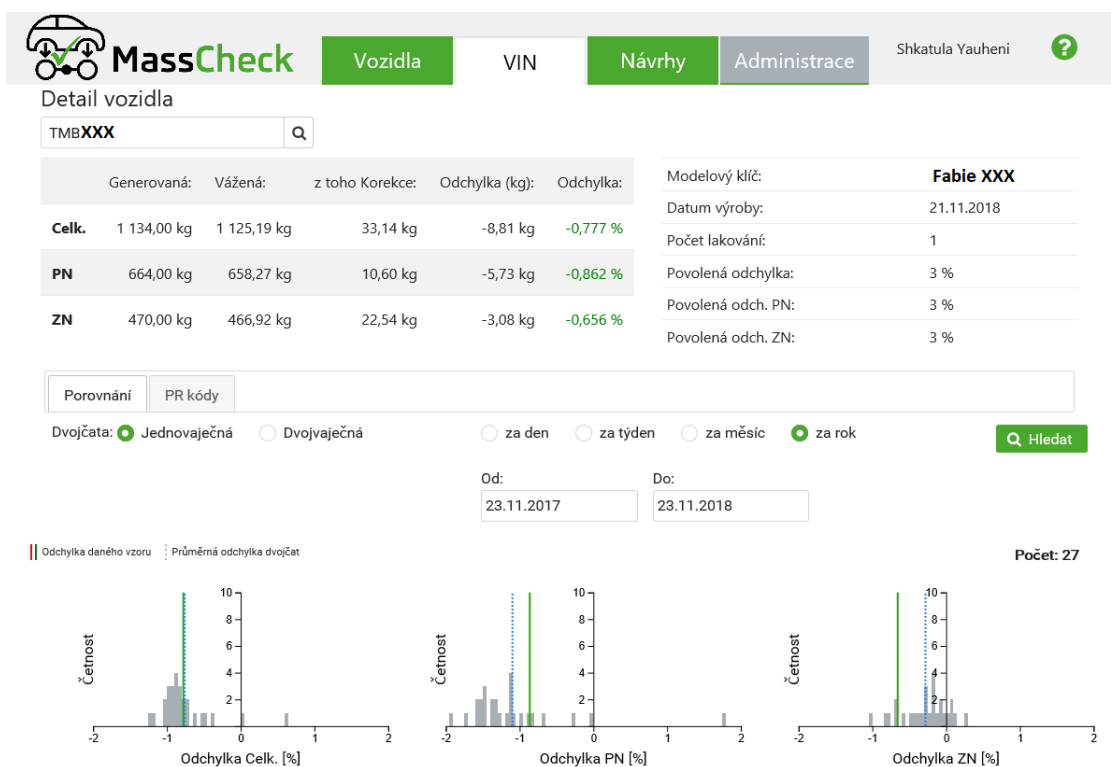
Odlišením podílů CHP a CHZ je možné získat i částečnou informaci o poloze „podezřelých“ dílů v automobilu.

Na základě těchto výpočtů a zjištění vozovky „podezřelých“ dílů lze použít pro vydefinování optima mimořádných výbav soustavu lineárních rovnic. Protože těchto rovnic je velké množství, používá se pro jejich výpočet Diferenciální

evoluce, která byla navržena již zmíněným prof. Ing. Milanem Hofreitrem. (Interní materiály ŠA, 2018)

### 3.4 Funkcionality systému MassCheck

Analytický systém MassCheck ve společnosti ŠKODA AUTO a.s. je nástroj, který je znázorněn na obr. 13. Údaje o zváženém vozidle lze zjistit druhý den po aktualizaci dat systému. Kontrola hmotnostní odchylky (generovaná a skutečná hmotnost) každého automobilu je prováděna tímto systémem pracovníky oddělení ESD. Nahoře na obrázku jsou vidět jednotlivé záložky. Záložka „Vozidla“ – systém ukazuje všechny vyprodukované a zvážené automobily v registru. Záložka „VIN“ – systém zobrazuje detailní analýzu hmotnosti vybraného automobilu. Záložka „návrhy“ – slouží k vyhledávání „podezřelých“ mimořádných výbav. Záložka „administrace“ – slouží k administrativním účelům.



Zdroj: Systém MassCheck ve ŠKODA AUTO a.s.

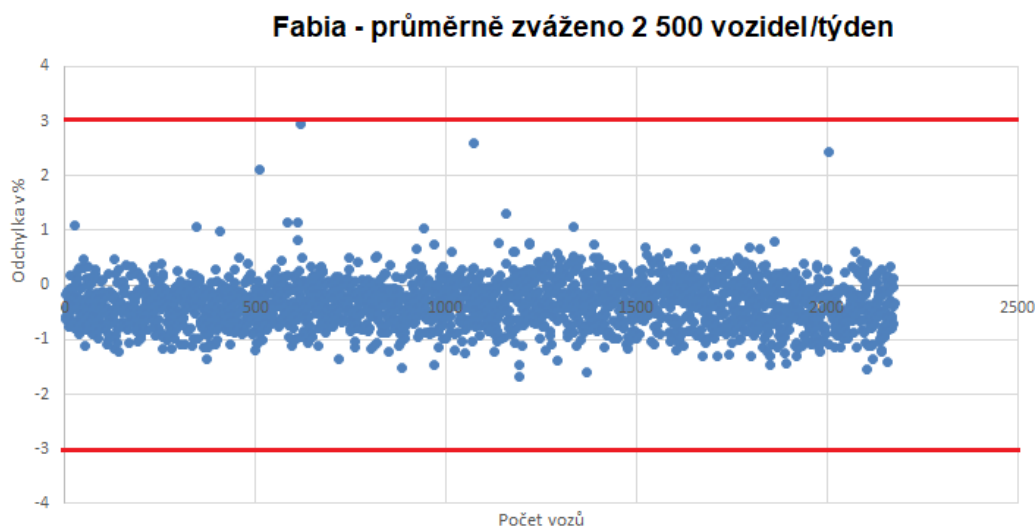
**Obr. 13 Porovnání teoretické a skutečné hmotnosti vozidla v MassCheck**

Na začátku kapitoly 3 bylo popsáno, že jedním z cílů analytického systému MassCheck je kontrola odchylek vážené a generované hmotnosti produkovaných vozidel. Na obrazovce jsou přehledně znázorněny **hmotnosti, korekce** a

**vypočítané odchylky.** Označení **PN** a **ZN** představují rozložení hmotnosti vozidla na přední a zadní nápravu. Systém eviduje i modelový klíč vozidla, datum jeho výroby a počet lakování. Principem využití systému MassCheck je možnost okamžitě reagovat na nové trendy vývoje hmotnostních odchylek automobilů v tolerančním pásmu. Jednou z funkcionalit systému je i možnost zobrazit „**PR-popis**“ objednaného automobilu, což jsou mimořádné výbavy, které byly vybrány zákazníkem. Další funkcionalitou MassCheck je analýza hmotnosti vozidel se stejnými výbavami, kde se předpokládá, že by měla být stejná a kontroluje se tím přesnost vážení vozidla na lince. V dolní části obr. 13 jsou znázorněny 3 grafy:

- je celková odchylka hmotnosti automobilu (Celk.);
- je odchylka hmotnosti vozidla na přední nápravě (PN);
- je odchylka hmotnosti vozidla na zadní nápravě (ZN).

**Zelenou čarou** (ve všech grafech) na obr. 13 je znázorněná odchylka hmotnosti konkrétní Fabie XXX, která leží v oblasti od -1 do 0. Její celková odchylka je - 0,777 %. **Čárkovaná** (modrá čára) v grafu ukazuje průměrnou odchylku všech vyrobených automobilů ve stejné konfiguraci, jakou má sledovaný automobil.



Zdroj: Systém MassCheck ve ŠKODA AUTO a.s.

**Obr. 14 Zobrazení přehledu odchylek v grafu**

Další z funkcionalit systému MassCheck je možnost exportu dat vybrané množiny vozidel do programu MS Excel, ve kterém lze pak následně udělat i **grafické**

**vyhodnocení jednotlivých odchylek** (viz obr. 14). Na obrázku je vidět **modré tečky**, které znázorňují odchylky hmotností jednotlivých vyrobených a zvážených automobilů. **Červená linie** vyznačuje hranice tolerančního pole, ve kterém se tyto hmotnostní odchylky mohou pohybovat. Z grafu je patrné, že teoretické výpočty odpovídají naměřeným hodnotám a zjištěné odchylky se až na několik výjimek pohybují v rámci tolerance  $\pm 1\%$ . V některých případech, pokud se odchylka přiblížila k hranicím tolerančního pole  $\pm 3\%$ , byla tato vozidla detailně zanalyzovaná odborníky oddělení ESD. (Interní materiály ŠA, 2018)

## 4 Návrhy pro budoucí rozvoj

Na základě toho, že původně **takové systémy neexistovaly a zjišťování hmotností produkovaných automobilů bylo manuální a v omezeném počtu** (malý počet zvážených vozidel – předsériová vozidla), je možné říct, že odborníci Technického vývoje začali dostávat mnoho informací ohledně hmotnosti vozidel. Tento systém slouží k hledání jak optimálních řešení, tak i „podezřelých“ výbav a efektivní kontrole odchylek hmotností. Po bližším seznámení s tímto systémem, bylo nalezeno několik dalších **možností vedoucích k jeho vylepšení**:

- **Rozšíření přístupů do dalších oddělení**

V dnešní době je **tento systém zaveden jenom pro oddělení Technické informace**. Odborníci ESD poskytují zpětnou vazbu ohledně vah a optimálních řešení dalším oddělením společnosti ŠA. Zjednodušením tohoto procesu by bylo, pokud by všechna zúčastněná pracoviště ve ŠA měla přístup do tohoto systému. Dalším krokem je potřeba nastavení práv pro určité uživatele (např. omezení Administrátorských práv).

- **Zjišťování odchylek online**

Hlavním jádrem pro řešení tohoto problému jsou výrobní linky společnosti ŠA. **Problémem je to, že kontrola hmotností neprobíhá online**. V dnešní době je na lince zjišťována hmotnost automobilu bez možnosti kontroly, jestli se hmotnost nachází v toleranci  $\pm 3\%$  oproti hmotnosti vypočítané. Tuto odchylku lze zjistit v systému až druhý den po aktualizaci dat systému. V té době může být analýza nesprávné hmotnosti fyzického automobilu značně složitá. Opatřením, které by vyřešilo tuto situaci, by bylo využití **čárového kódu**, který již existuje pro autorizaci objednaného vozidla na lince. Tento kód v současné době pomáhá pracovníkům na lince identifikovat a namontovat odpovídající součásti mimořádných výbav. **Existuje možnost doplnit čárový kód informacemi o generované hmotnosti automobilu, který by se naskenoval při jeho vážení**. Tím by došlo k okamžitému zjištění odchylky a následnému spuštění procesu jejího zdůvodnění. Nejprve je potřeba tento systém zavést do výrobní fáze, kde se začíná vážení automobilů na instalovaných váhách (tj. konec výrobní linky)

- **Focení**

Pro analýzu zjištěných odchylek by mohlo sloužit i **focení vozidla v okamžiku vážení**, na základě kterého by se dalo později identifikovat, **jestli bylo vozidlo v předepsaném stavu vážení** (např. zavřená kapota, dveře atd.).

- **Semafor a zvukový signál**

Vzhledem k tomu, že **data z vážení vozidla jsou interními daty** výrobce automobilů, je vhodné, aby k nim měl přístup omezený počet lidí. Dalším opatřením systému MassChek je možnost nainstalovat **semafor** a doplnit ho **zvukovým signálem**, který by upozornil na to, zda je hmotnostní odchylka váženého vozidla v toleranci nebo nikoliv. Tím bude dosaženo toho, že data váženého automobilu zůstanou utajená, ale zároveň se při překročení odchylky spustí procesy pro analýzu jejího vzniku.

## Závěr

Vyvinutý systém MassCheck je založen na hlavních matematických algoritmech (diferenciální evoluce je součástí tohoto systému) a fyzikálních principů. To poskytuje odborníkům Technického vývoje nejenom více informací o hmotnostech sériově produkovaných automobilů, ale také provádí analýzu mezi zváženou a generovanou hmotností, navrhuje optimální řešení pro zpřesnění výpočtu a provádí simulaci optimálního řešení. Předchozí analýza odchylek hmotnosti byla manuální a tím vedla k značnému využívání lidských zdrojů při hledání vzniklých odchylek. Tím pracovníci oddělení ESD trávili mnoho času při stanovení hmotností různých produkovaných modelů a vycházeli jenom z informací obdržených od odborných útvarů. To vedlo ve společnosti ŠA ke značným kapacitním, časovým a finančním nárokům. Cílem pracovníků oddělení ESD bylo tyto nároky snížit. Zavedením tohoto systému došlo k redukci výše uvedených nároků. Pro činnost systému byla nutná i instalace vah na výrobních linkách, která byla zároveň i předpokladem pro splnění zákonných předpisů potřebných pro certifikaci osobních automobilů.

Zároveň lze pomocí tohoto systému analyzovat hmotnosti produkovaných vozidel a navrhovat opatření pro snížení hmotnosti, která mají přímý dopad na redukci emisí výfukových plynů.

Tento systém bude začleněn i do další fáze automobilového vývoje, což je blížící se elektromobilita, která nastane podle přehledů analytiků už v roce 2025. Vzhledem k tomu je velice důležité hmotnost budoucího automobilu stále sledovat a hledat potenciály pro redukci hmotnosti, protože se u elektromobilů z důvodů velké hmotnosti jejich baterií očekává celková hmotnost přes 2 tuny.



## Seznam literatury

AUDI. Blíže k reálné spotřebě: WLTP nahrazuje nový evropský jízdní cyklus (NEDC). Audi.cz. [online]. [cit. 20. 10. 2018]. Dostupný z URL: <<https://www.audi.cz/wltp>>

AUDI Co je WLTP? Audi.cz. [online]. [cit. 20. 10. 2018]. Dostupný z URL: <<https://www.audi.cz/wltp/co-je-wltp>>

BEROUN, S. Základy automobilové techniky. Mladá Boleslav: ŠA VŠ MB, 2003. 200 s. ISBN 80-239-0659-3.

ESIPA. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 443/2009 [online]. 23. 04. 2009 [cit. 8. 11. 2018]. Dostupný z URL: <<https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32009R0443>>

ESIPA. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 253/2014 [online]. 26. 02. 2014 [cit. 8. 11. 2018]. Dostupný z URL: <<https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32014R0253>>

ESIPA. Prováděcí nařízení Komise (EU) č. 725/2011 [online]. 25. 07. 2011, [cit. 8. 11. 2018]. Dostupný z URL: <<https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32011R0725>>

ESIPA. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 1999/94/ES [online]. 13. 12. 1999, [cit. 10. 10. 2018]. Dostupný z URL: <<https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=31999L0094>>

EUR-LEX. Nařízení Komise (EU) č. 1230/2012. Eur-lex.europa.eu. [online]. 21. 12. 2012, [cit. 8. 11. 2018]. Dostupný z URL: <[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32012R1230#ntr6-L\\_2012353CS.01003101-E0006](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32012R1230#ntr6-L_2012353CS.01003101-E0006)>

European Environment Agency. Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2009 [online]. 12. 11. 2009, [cit. 25. 09. 2018]. Dostupný z URL: <[https://www.eea.europa.eu/publications/eea\\_report\\_2009\\_9](https://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2009_9)>

HROMÁDKO, Jan. Spalovací motory. : Komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.

Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.

KOVANDA, Jan. Bezpečnostní aspekty návrhu dopravních prostředků. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05893-0.

CREMER A., SCHWARTZ J. VW says 250,000 cars could be delayed by new testing rules. Msn.com. [online]. 08. 06. 2018, [cit. 25. 10. 2018]. Dostupný z URL: <<https://www.msn.com/en-gb/cars/news/vw-says-250000-cars-could-be-delayed-by-new-testing-rules/ar-AAyqg6u>>

ŠKODA AUTO: Worldwide harmonised Light duty vehicle Test Procedure. Skoda-auto.com. [online]. [cit. 20. 10. 2018]. Dostupný z URL: <<http://www.skoda-auto.com/services/wltp>>

UNFCCC. Kyoto protocol reference manual on accounting of emissions and assigned amount. Unfccc.int. [online]. [cit. 10. 11. 2018]. Dostupný z URL: <[https://unfccc.int/resource/docs/publications/08\\_unfccc\\_kp\\_ref\\_manual.pdf](https://unfccc.int/resource/docs/publications/08_unfccc_kp_ref_manual.pdf)>

UNFCCC. Kyoto protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Unfccc.int. [online]. [cit. 8. 11. 2018]. Dostupný z URL: <<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html>>

UNFCCC. Status of Ratification of the Convention [online]. Unfccc.int. [online]. [cit. 8. 11. 2018]. Dostupný z URL: <<https://unfccc.int/process/the-convention/what-is-the-convention/status-of-ratification-of-the-convention>>

VALA, M., TESAŘ, M. Teorie a konstrukce silničních vozidel I. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-503-X.

VLK, František. Dynamika motorových vozidel. Brno: Vlk František, 2000. 434 s.

VOLKSWAGEN. Blíží se reálné spotřebě: Cyklus WLTP upravuje hodnoty spotřeby. Volkswagen.cz. [online]. [cit. 20. 10. 2018]. Dostupný z URL: <<https://www.volkswagen.cz/technologie/wltp>>

## Seznam obrázků a tabulek

### Seznam obrázků

Obr. 1 Deformace diagonální a radiální pneumatiky .....	9
Obr. 2 Pohyb proudnic u automobilu Škoda Superb obtékaného vzduchem .....	10
Obr. 3 Určení odporu stoupání .....	12
Obr. 4 Procentuální složení zážehových a vznětových motorů .....	14
Obr. 5 Emisní test podle EHK 83.....	16
Obr. 6 Jízdní profil NEDC a simulace městského provozu .....	19
Obr. 7 Předpokládaný rozdíl mezi emisemi skleníkových plynů v EU při plnění závazků Kjótského protokolu v období 2008-2012 oproti roku 1990 .....	21
Obr. 8 Přehled jízdního cyklu NEDC .....	24
Obr. 9 Přehled jízdního cyklu WLTP .....	25
Obr. 10 Rozdíl mezi WLTP a RDE měřením .....	26
Obr. 11 Struktura dvourozměrného pole pro VV .....	31
Obr. 12 Struktura dvourozměrného pole pro CHP/CHZ/CH .....	32
Obr. 13 Porovnání teoretické a skutečné hmotnosti vozidla v MassCheck .....	34
Obr. 14 Zobrazení přehledu odchylek v grafu .....	35

### Seznam tabulek

Tab. 1 Součinitel valivého odporu pro různé povrchy vozovek.....	10
Tab. 2 EU standardní limity emisí (g/km) osobních vozidel do 3.5 t. ....	18

## ANOTAČNÍ ZÁZNAM

<b>AUTOR</b>	Yauheni Shkatula		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	6208R087 Podniková ekonomika a management obchodu		
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Hodnocení odchylek hmotností automobilů Škoda pomocí systému MassCheck		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Ing. Josef Bradáč, Ph. D.		
<b>KATEDRA</b>	KLAT - Katedra logistiky, kvality a automobilové techniky	<b>ROK ODEVZDÁNÍ</b>	2018
<b>POČET STRAN</b>	45		
<b>POČET OBRÁZKŮ</b>	14		
<b>POČET TABULEK</b>	2		
<b>POČET PŘÍLOH</b>	0		
<b>STRUČNÝ POPIS</b>	<p>Tématem bakalářské práce je popis a analýza moderního systému MassCheck, který má za úkol sledování odchylek mezi váženou a generovanou hmotností sériově produkováných automobilů.</p> <p>V práci je provedena analýza a následné zhodnocení efektivnosti systému MassCheck ve společnosti ŠKODA AUTO a.s. a představeny návrhy vedoucí k jeho vylepšení. S využitím tohoto systému bude možné efektivně porovnávat a ověřovat správnost vstupních hmotnostních dat jednotlivých vozidel včetně kvality jejich vážení.</p> <p>Jako vstupní data pro práci byly použity aktuální informace ohledně automobilového průmyslu a interní informace z oddělení Technických informací ve ŠA, na základě jejichž analýzy byly vydefinovány další návrhy na zlepšení systému a současného procesu vážení hmotností automobilů.</p>		
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	Informační systémy, systémy kontroly, hmotnost automobilu, analýza odchylek hmotnosti, WLTP, NEDC, RDE		

## ANNOTATION

<b>AUTHOR</b>	Yauheni Shkatula		
<b>FIELD</b>	6208R087 Business Administration and Sales		
<b>THESIS TITLE</b>	The evaluation of the weight variances of Škoda vehicle according to the MassCheck system		
<b>SUPERVISOR</b>	Ing. Josef Bradáč, Ph. D.		
<b>DEPARTMENT</b>	KLAT - Department of Logistics, Quality and Automotive Technology	<b>YEAR</b>	2018
<b>NUMBER OF PAGES</b>			
	45		
<b>NUMBER OF PICTURES</b>			
	14		
<b>NUMBER OF TABLES</b>			
	2		
<b>NUMBER OF APPENDICES</b>			
	0		
<b>SUMMARY</b>	<p>The topic of the bachelor thesis is a description and analysis of the modern system MassCheck, which aims to the monitoring of variances between the weighted and generated weights of mass-produced automobiles.</p> <p>This thesis based on the analysis and subsequent evaluation of the effectiveness of the system MassCheck in company ŠKODA AUTO a.s. There are presented suggestions for improvement. Beneficial of the system is effectively comparing and verifying the accuracy of the entry information, including the quality of individual vehicles weights.</p> <p>As input data for the thesis were used current information about the automotive industry and internal information from the Technical Information Department in ŠA, on the basis of the analysis have been defined by other proposals to improve the system and the weight of the current process.</p>		
<b>KEY WORDS</b>	Information systems, control systems, vehicle weight, analysis of weight variances, WLTP, NEDC, RDE		