



Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- Kolokvium Božek 2012, 6. 12. 2012 Roztoky -

Popis plnění balíčku WP20: Prediktivní nebo adaptivní řízení motoru za účelem snížení spotřeby paliva a škodlivých emisí

WP20: Prediktivní nebo adaptivní řízení motoru za účelem snížení spotřeby paliva a škodlivých emisí

Vedoucí konsorcia podílející se na pracovním balíčku

Ricardo Prague s.r.o., zodpovědná osoba B. Hnilička

Členové konsorcia podílející se na pracovním balíčku

České vysoké učení technické v Praze – Z. Šika; TÜV SÜD Czech s.r.o. – R. Vacek;

MOTORPAL, a.s. – K. Báča; Honeywell, spol. s r.o. – J. Pekař

Hlavní cíle balíčku

1. Vyvinout modulární unifikovanou řídicí strategii pro vznětové (CI), zážehové (SI) a hybridní pohonné systémy
2. Vyvinout nové procesy a softwarové nástroje pro návrh optimálních / adaptivních / prediktivních / robustních strategií, založených na modelech řízené soustavy.

Dílčí cíle balíčku pro nejbližší období

Definice architektury modulární unifikované řídicí strategie a specifikace systémových požadavků (dosažení 12/2013). Vývoj WAVE/WAVE-RT modelů, komponent řídicí strategie, plánování experimentů, algoritmů numerické optimalizace, prediktivního řízení (2012-2014).



Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- Kolokvium Božek 2012, 6. 12. 2012 Roztoky -

Výtah z provedených prací na WP20: Prediktivní nebo adaptivní řízení motoru za účelem snížení spotřeby paliva a škodlivých emisí

Aktuální výstupy

[1-5]: Začala společná práce na definici architektury modulární unifikované řídicí strategie a specifikace systémových požadavků.

[1]: Vytvořen WAVE a WAVE-RT model motoru IVECO. Oba modely byly úspěšně kalibrovány a validovány v simulaci v režimech plného zatížení, částečného zatížení, volnoběhu a režimu protáčení motorem. Začaly návrhy a výroba HW pro testování modulů Ricardo „prototyping“ řídicích jednotek.

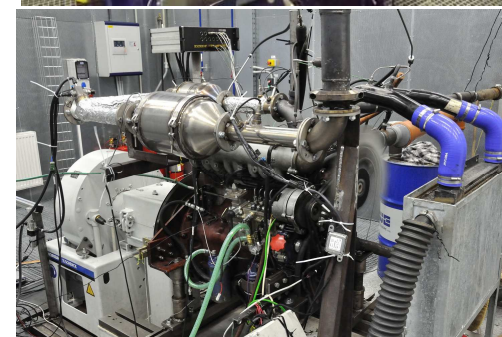
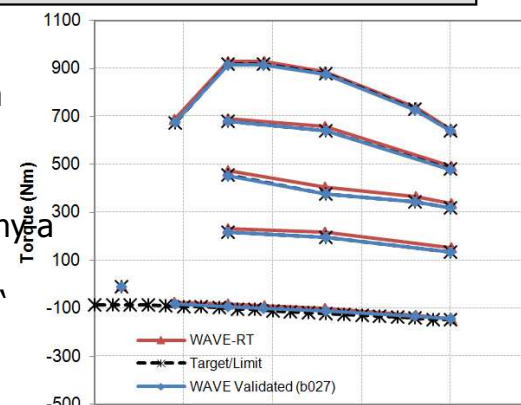
[2]: Zahájen výzkum robustního a prediktivního řízení nelineárních subsystémů spalovacího motoru s důrazem na mapování podstatných nelinearit a jejich odlišení od linearizovatelných podoblastí. Začal vývoj identifikačních algoritmů pro rychlé vytváření nelineárních prediktivních a simulačních modelů.

[3]: Připravuje se měřicí stanoviště pro provádění experimentů. Je provedena instalace měřicí techniky. Probíhá instalace softwarové nadstavby. Probíhá metrologické ověření měřících řetězců.

[4]: Ověřování možností implementace SW a připravenost HW, vzhledem k navrhované architektuře. Výroba a příprava stanice pro vizualizaci výstřiku. Příprava měření „aftertreatmentu“, pro posouzení vlivů na optimalizované vstřikování.

[5]: Začal vývoj „control oriented mean value engine models“ pro prediktivní regulaci.

Legenda: [1] – Ricardo, [2] – ČVUT, [3] – TUV, [4] – MOTORPAL, [5] – Honeywell





Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- Kolokvium Božek 2012, 6. 12. 2012 Roztoky -

Abstract of WP20: Engine predictive or adaptive flexible control for minimum fuel consumption and pollutant emissions

Current outputs

[1-5]: Start of works focused on a definition of modular unified engine control strategy and specification of system requirements.

[1]: WAVE and WAVE-RT models of IVECO engine were completed. Both models were successfully calibrated and validated in simulation at these modes: Full load, part loads, idle and motoring. Start of design and manufacturing works focused on test modules (used to validate Ricardo prototypes control units).

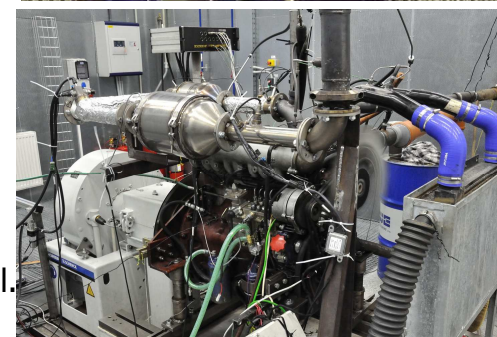
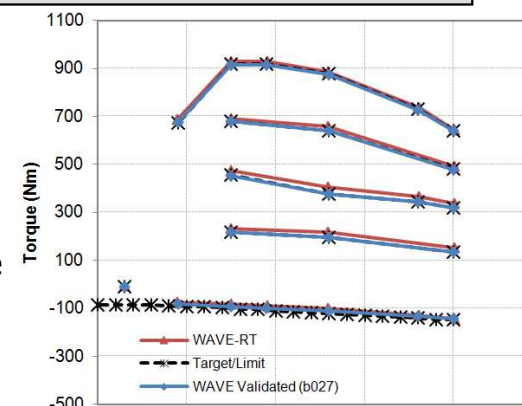
[2]: Start of research focused on a robust and predictive control of nonlinear internal combustion engine subsystems (with an emphasis on mapping of key nonlinearities and distinguishing them from linearised subsets). Start of development works focused identification algorithms that will be used to create the nonlinear predictive simulation models.

[3]: New testbed workplace preparation in Roztoky. Installation of measuring equipments have been completed. Installation of SW advanced tools continues. Metrological verification of all measuring channels is underway.

[4]: Verification of SW and HW requirements according to proposed architecture. Manufacturing and preparation of workplace to visualize the injections into engine cylinder. Preparation of measuring workplace to run tests with the engine aftertreatment.

[5]: Development of control oriented mean value engine models suitable for predictive control.

Legend: [1] – Ricardo, [2] – ČVUT, [3] – TUV, [4] – MOTORPAL, [5] – Honeywell





Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka - Kolokvium Božek 2012, 6. 12. 2012 Roztoky -

Popis plnění balíčku WP20: Prediktivní nebo adaptivní řízení motoru za účelem snížení spotřeby paliva a škodlivých emisí

Popis výstupů a výsledků

2012 – 06/2015:

Koncept architektury modulární řídicí strategie a specifikace systémových požadavků. [1-5]

Experimenty s řízením spalovacích motorů pro minimalizaci spotřeby paliva. [2, 3]

Nástroj pro robustní a prediktivní řízení nelineárních subsystémů spalovacího motoru v reálném čase. [2]

Základní unifikovaná řídicí strategie pro vznětové spalovací motory. [4]

Základní řídicí strategie vzduchové cesty pro zážehové motory. [5]

Základní unifikovaná řídicí strategie pro vznětové a zážehové spalovací motory a relevantní experimentální data. [1, 3]

WAVE a WAVE-RT modely a relevantní experimentální data. [1, 3]

2015 – 2017:

Nástroj plánování experimentů a identifikačních algoritmů pro rychlé vytváření nelineárních prediktivních a simulačních modelů. [2]

Integrovaný návrh řídicích systémů pro přepínávané zážehové motory. [5]

Funkční prototyp ECU pro vznětový motor. [4]

Unifikovaná řídicí strategie pro dieselové motory, optimalizovaný SW pro řízení a komunikaci s přídatnými zařízeními na dodatečnou úpravu výfukových zplodin. [4]

Základní řídicí strategie pro vznětové, zážehové a hybridní pohonné systémy a relevantní experimentální data. [1, 2, 3]

Unifikovaný proces a nástroje pro návrh integrovaných optimálních řídicích strategií pro spalovací motory. [1-5]

Zobecněná metodika pro implementaci pokročilých řídicích algoritmů do „embedded“ aplikací. [1-5]

Legenda:

[1] – Ricardo, [2] – ČVUT, [3] – TUV, [4] – MOTORPAL, [5] – Honeywell



Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka - Kolokvium Božek 2012, 6. 12. 2012 Roztoky -

Popis plnění balíčku WP20: Prediktivní nebo adaptivní řízení motoru za účelem snížení spotřeby paliva a škodlivých emisí

Návrh dalšího postupu včetně návrhů na spolupráci a realizaci výstupů

Aktuální stav:

- Ověřena funkčnost předávání dat a pořádání telekonferencí mezi všemi členy balíčku
- Začala společná diskuse mezi členy balíčku na téma „Definice architektury modulární unifikované řídicí strategie a specifikace systémových požadavků“
- **Ricardo:**
 - Začala interní diskuse ohledně „Definice architektury unifikované řídicí strategie“.
 - Byl vytvořen WAVE model a WAVE-RT model motoru IVECO na základě současně dostupných měřených dat. Oba modely byly úspěšně kalibrovány a validovány v simulaci v režimech plného zatížení, částečného zatížení, volnoběhu a režimu protáčení motorem.
 - Začaly návrhy a výroba HW pro testování modulů Ricardo „prototyping“ řídicích jednotek. Nyní probíhá ověřování tohoto zařízení, kompletizace a vývoj nutného SW vybavení. Toto zařízení bude sloužit pro ověřování funkčnosti modulární Ricardo řídicí jednotky.
- **ČVUT:**
 - Byla zahájena práce na definování požadavků na unifikovanou řídicí strategii z hlediska možných kombinací známých řídicích strategií.
 - Byl zahájen výzkum robustního a prediktivního řízení nelineárních subsystémů spalovacího motoru s důrazem na mapování podstatných nelinearit a jejich odlišení od linearizovatelných podoblastí.
 - Začal vývoj identifikačních algoritmů pro rychlé vytváření nelineárních prediktivních a simulačních modelů.
- **TUV:**
 - Připravuje se nové měřicí stanoviště pro provádění experimentů. Je provedena instalace měřicí techniky a probíhá instalace softwarové nadstavby, která zautomatizuje provádění testů. Podrobnosti jsou v WP25.
 - Připravuje se metrologické ověření měřících řetězců.



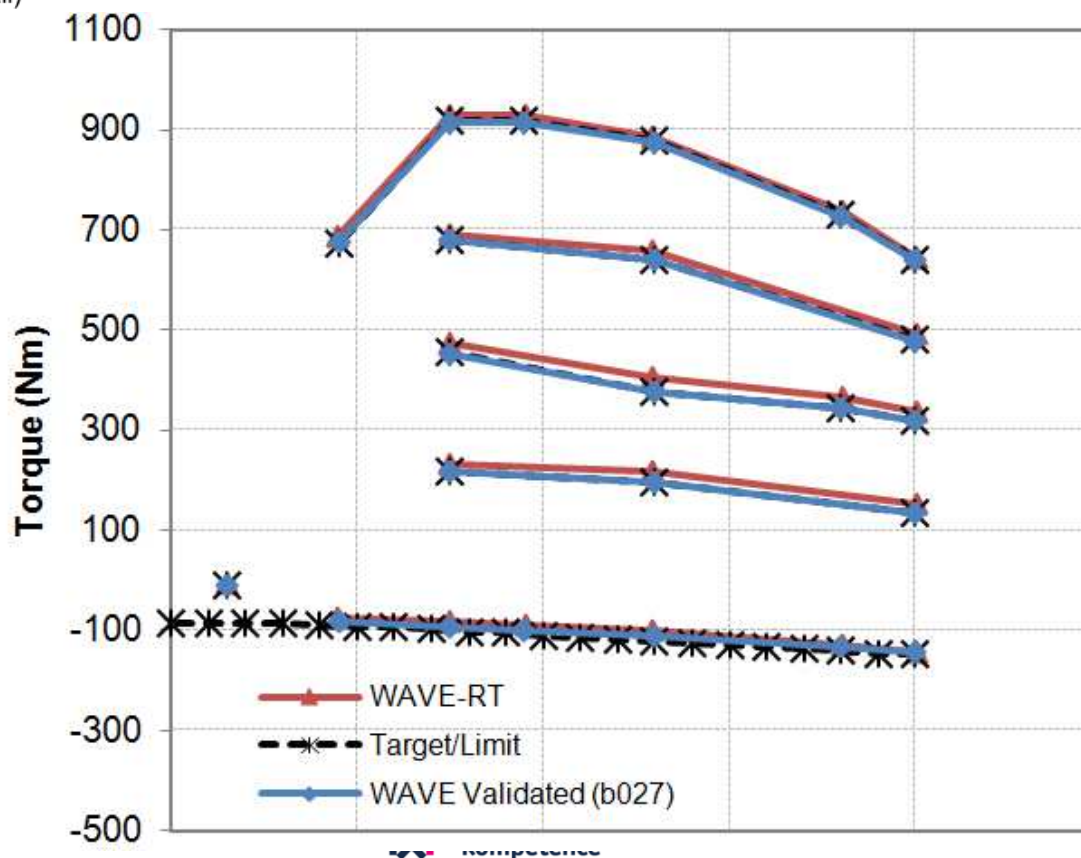
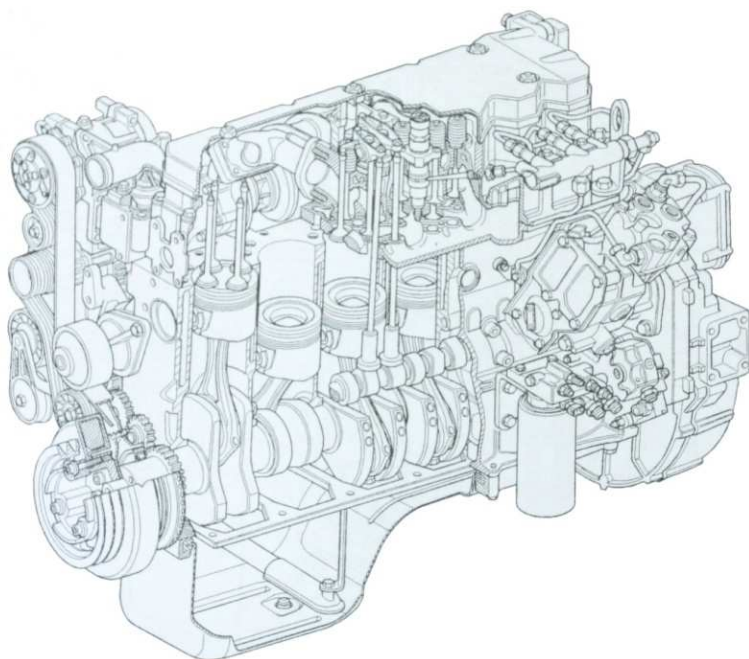
Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- Kolokvium Božek 2012, 6. 12. 2012 Rostoky -

Popis plnění balíčku WP20: Prediktivní nebo adaptivní řízení motoru za účelem snížení spotřeby paliva a škodlivých emisí

Ricardo: WAVE a WAVE-RT model pro IVECO motoru

Manufacturer:	IVECO EURO 3
Type:	F4 AE 0682 C*C with intercooler and oil cooling system
Max. power/engine speed:	176/194 kW/2500 rpm
Max. torque/engine speed:	810/930 Nm
Number of cylinders:	6 cylinders, inline
Stroke volume:	5.9 dm ³
Fuel injection system:	HPCR electronic (common rail)





Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- Kolokvium Božek 2012, 6. 12. 2012 Roztoky -

Popis plnění balíčku WP20: Prediktivní nebo adaptivní řízení motoru za účelem snížení spotřeby paliva a škodlivých emisí

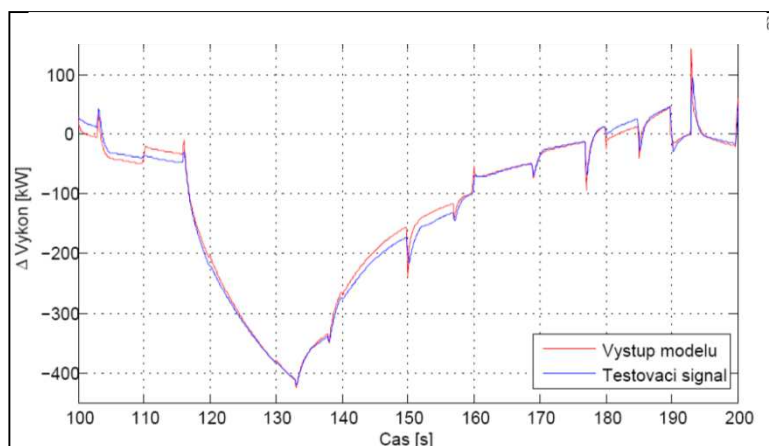
ČVUT: Probíhal výzkum metod řízení a efektivního vytváření modelů pro unifikovanou řídicí strategii.

Výzkum robustního a prediktivního řízení nelineárních subsystémů spalovacího motoru

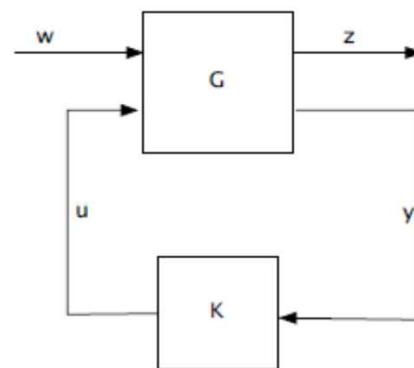
- Prediktivní řízení s globálním nelineárním a lokálně linearizovaným modelem
- Prediktivní řízení s přepínáním mezi lineárními modely
- Robustní řízení s globální optimalizací parametrů pro sadu lokálně linearizovaných modelů
- Testování regulátorů na simulačních modelech (MATLAB/Simulink)

Vývoj identifikačních algoritmů pro rychlé vytváření prediktivních a simulačních modelů

- Lokální linearizace modelu – generování sítě, linearizace v ustálených stavech
- Vytváření prediktivních modelů jednostupňové: z dat (měřených případně simulovaných)
- Vytváření prediktivních modelů dvoustupňové: z matematických simulačních modelů
- Automatizace vyhodnocování chyb linearizace



Testování prediktivního modelu



$$\begin{bmatrix} \dot{\hat{x}} \\ u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{A} & \hat{B} \\ \hat{C} & \hat{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{x} \\ y \end{bmatrix}$$
$$\begin{bmatrix} \dot{\hat{x}} \\ \dot{\hat{x}} \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_K & B_K \\ C_K & D_K \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \hat{x} \\ w \end{bmatrix}$$

Schéma řízení pro sadu linearizovaných modelů



Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka - Kolokvium Božek 2012, 6. 12. 2012 Roztoky -

Popis plnění balíčku WP20: Prediktivní nebo adaptivní řízení motoru za účelem snížení spotřeby paliva a škodlivých emisí

– MOTORPAL:

- Probíhá diskuse na téma „Definice architektury unifikované řídicí strategie“.
- Ověřování možností implementace software a připravenost hardware, vzhledem k navrhované architektuře.
 - MATLAB/Simulink
 - dSpace MicroAutoBox
- Výroba a příprava stanice pro vizualizaci výstřiku (synergie s balíčkem WP9)
 - Optimalizace vstřikovacích tlaků a předvstříků v jednotlivých režimech
 - » Rychlost výstřiku
 - » Tvaru výstřiku
 - » Vstřikovací tlak
- Příprava měření „aftertreatmentu“, pro posouzení vlivů na optimalizované vstřikování (synergie s balíčkem WP12)

– Honeywell:

- Zahájení interní diskuse o vhodném modelování zážehových motorů pro potřeby návrhu prediktivní strategie řízení.
- Zahájení diskuse s Honeywell Turbo Technologies o dostupnosti potřebných dat pro vývoj „control oriented mean value“ modelů pro prediktivní regulaci.

Obecně využitelné souvislosti mezi WP:

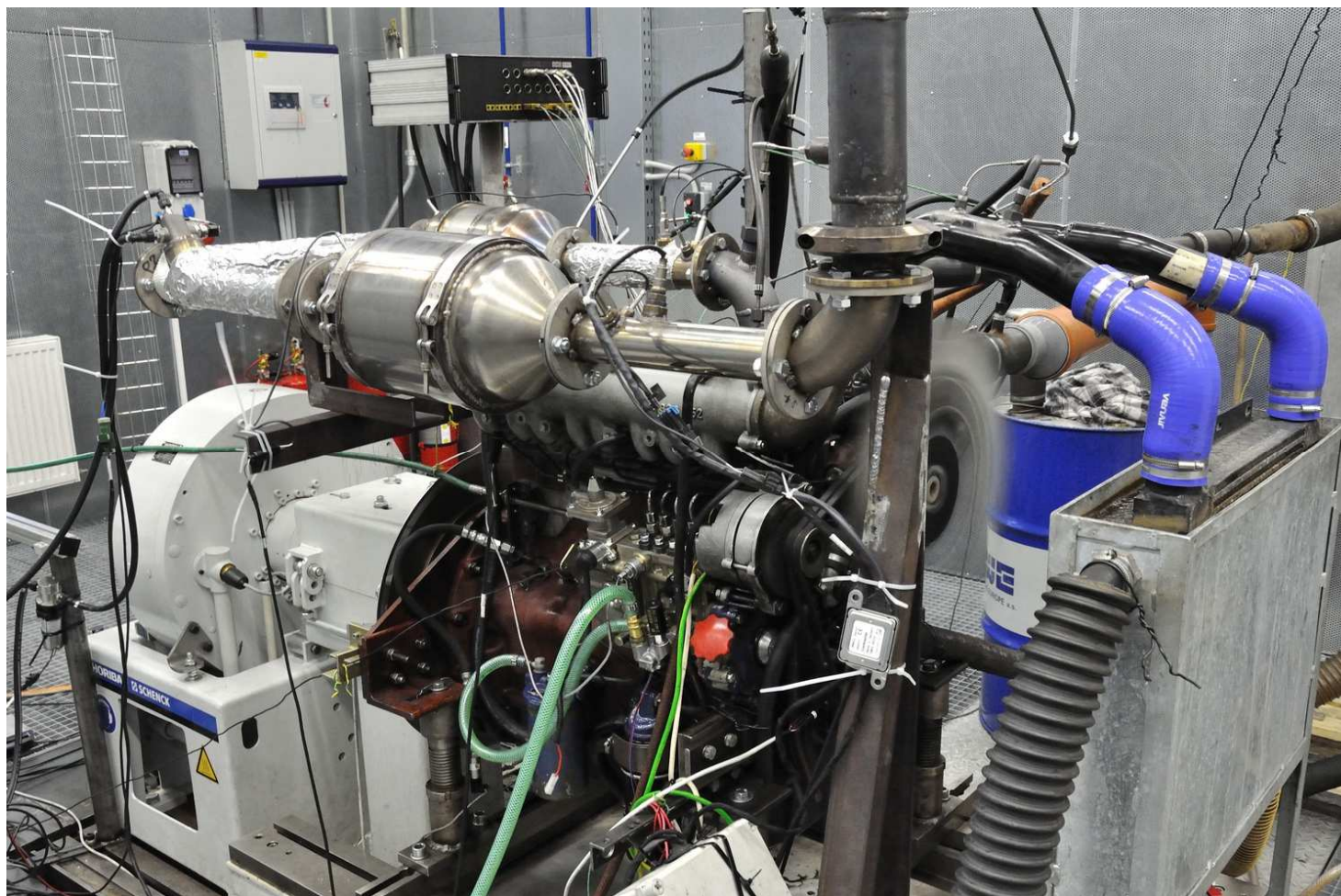
- Předpokládá se synergie s balíčky WP9 a WP12 zabývající se:
 - vývojem vstřikovacího zařízení pro spalovací motory s vyššími technicko-ekonomickými parametry a nízkými emisemi
 - návrhem a zkouškami příslušenství pro plnění a vstřikování paliva ve vznětových motorech pro uvažovaná budoucí paliva
- Předpokládá se synergie s balíčkem WP6 zabývající se optimalizací činnosti turbodmychadel a jejich použití v komplexních řídicích algoritmech
- Předpokládá se synergie s balíčkem WP25 zabývající se pokročilými zkušebními metodami pro spalovací motory a hnací řetězec



Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka - Kolokvium Božek 2012, 6. 12. 2012 Rostoky -

Popis plnění balíčku WP20: Prediktivní nebo adaptivní řízení motoru za účelem snížení spotřeby paliva a škodlivých emisí

MOTORPAL: Měření systému SCR na motoru Zetor 1605





Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka - Kolokvium Božek 2012, 6. 12. 2012 Roztoky -

Popis plnění balíčku WP20: Prediktivní nebo adaptivní řízení motoru za účelem snížení spotřeby paliva a škodlivých emisí

MOTORPAL:

Vyrobené šasi stanice vizualizace výstřiku



Testování navržených modelů z prostředí MATLAB/Simulink ve vývojové laboratoři - na testovací stanici

