

Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Vedoucí konsorcia podílející se na pracovním balíčku

České vysoké učení technické v Praze, zodpov. osoba Doc. Ing. Oldřich Vítek, Ph.D.

Členové konsorcia podílející se na pracovním balíčku

Ricardo Prague s.r.o. - Ing. Bohumil Hnilička

Hlavní cíl balíčku

Hlavním cílem je vývoj/aplikace nástrojů, které jsou schopny detailního popisu procesu spalování včetně tvorby hlavních škodlivin a včetně „netradičních“ módů spalování (klepání).

Dílčí cíle balíčku pro nejbližší období

Model spalování ve vznětovém motoru založený na turbulentních vlastnostech (ČVUT).

Rozšíření simulačního softwaru a příkladové modely (Ricardo).

Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Náplň pracovního balíčku

2012 - 2017: Testování modelů spalování, jejichž základem jsou lokální vlastnosti turbulence a zjednodušená chemická kinetika (ČVUT). => **z části rozpracováno v rámci EU projektu LESSCCV**

2014 - 2017: Možnosti modelování netradičních módů spalování (HCCI, PCCI, ...), optimalizace procesu spalování (tradiční i netradiční módy) (ČVUT).

2012 - 2015: Výzkum simulačních systémů a strategie řízení za účelem optimalizace celkové spotřeby energie a produkovaných emisí s ohledem na výpočet celkové energetické náročnosti tj. well-to-wheel (RICARDO). => **hotovo**

2016 - 2017: Rozšíření funkcionality základního softwaru ve smyslu zahrnutí nových technologií v době ukončení projektu (RICARDO).

Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Probíhající plánované aktivity v rámci WP05:

- ČVUT:

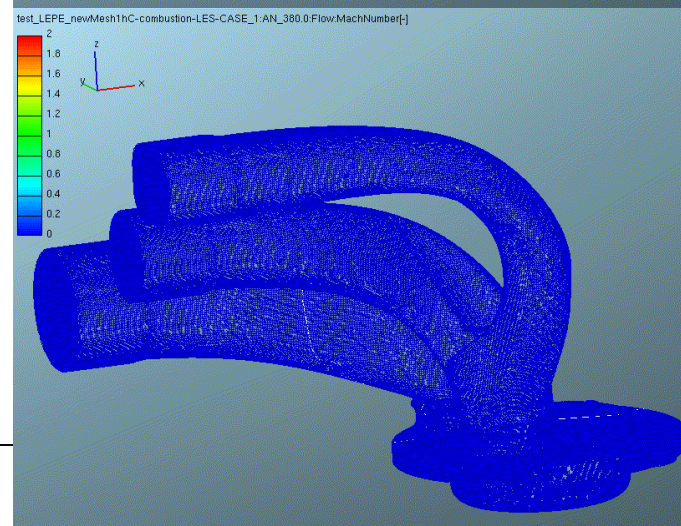
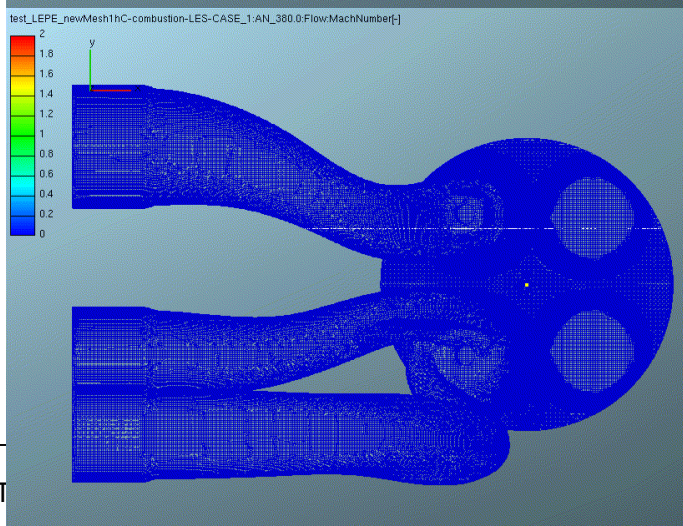
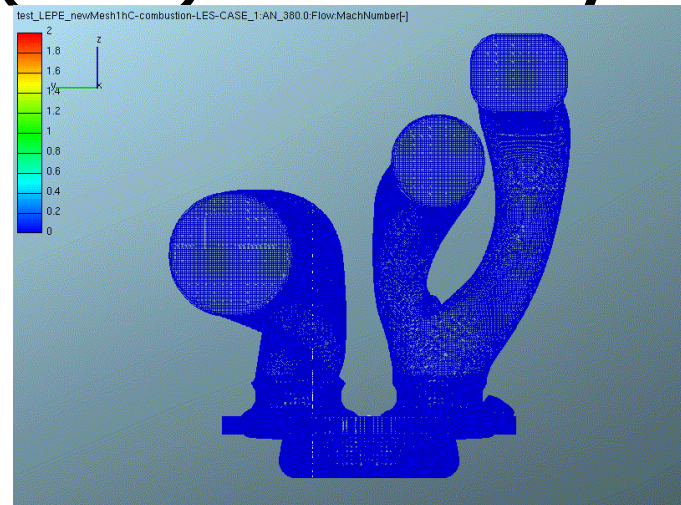
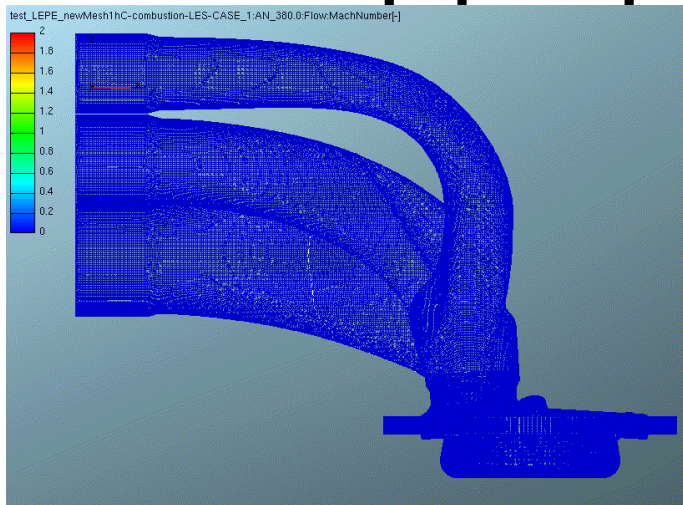
- model spalování v zážehovém motoru vhodný pro CCV
- model spalování v zážehovém – komůrkový zážeh (vazba na **WP02**)
- model spalování ve vznětovém motoru

- Ricardo:

- rozšíření SW IGNITE o nové funkce

Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Motor AVL SCRE: příprava pohyblivé sítě (WP05) + úvodní testy



Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Motor AVL SCRE: kalibrace CFD modelu paprsku

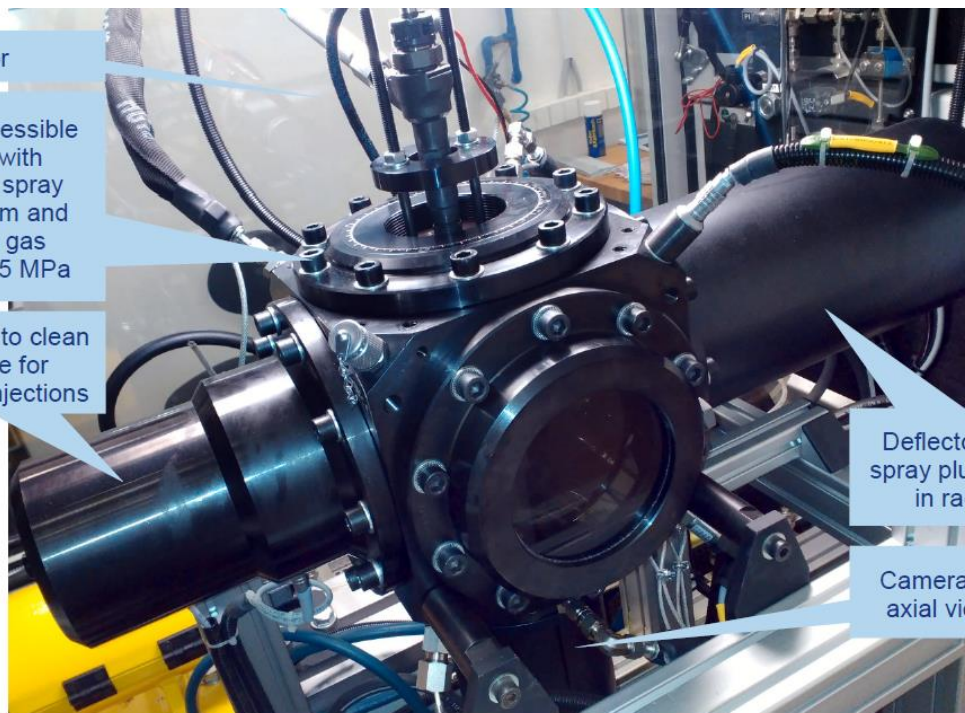
Injector

Optically accessible
chamber with
observable spray
length 65 mm and
maximum gas
pressure of 5 MPa

Fog extractor to clean
gas charge for
subsequent injections

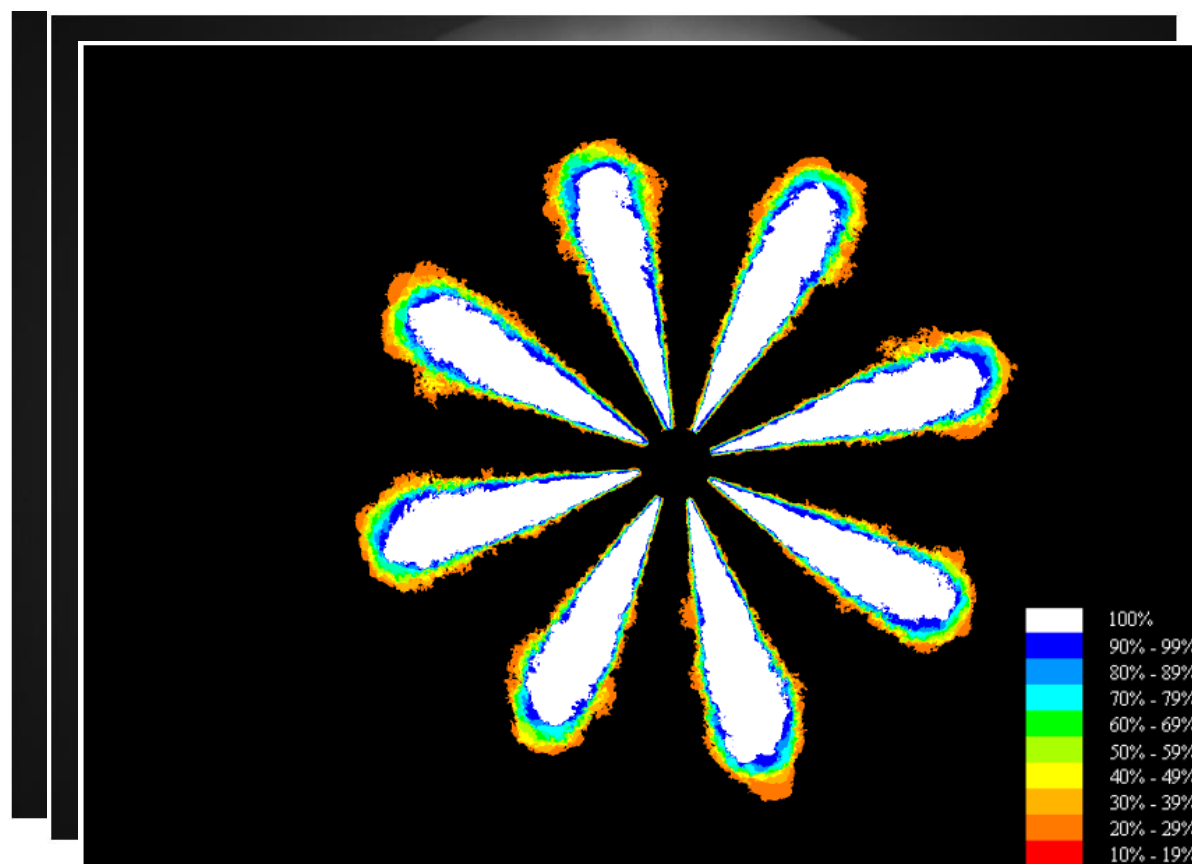
Deflector for single
spray plume analysis
in radial view

Camera installed in
axial view position



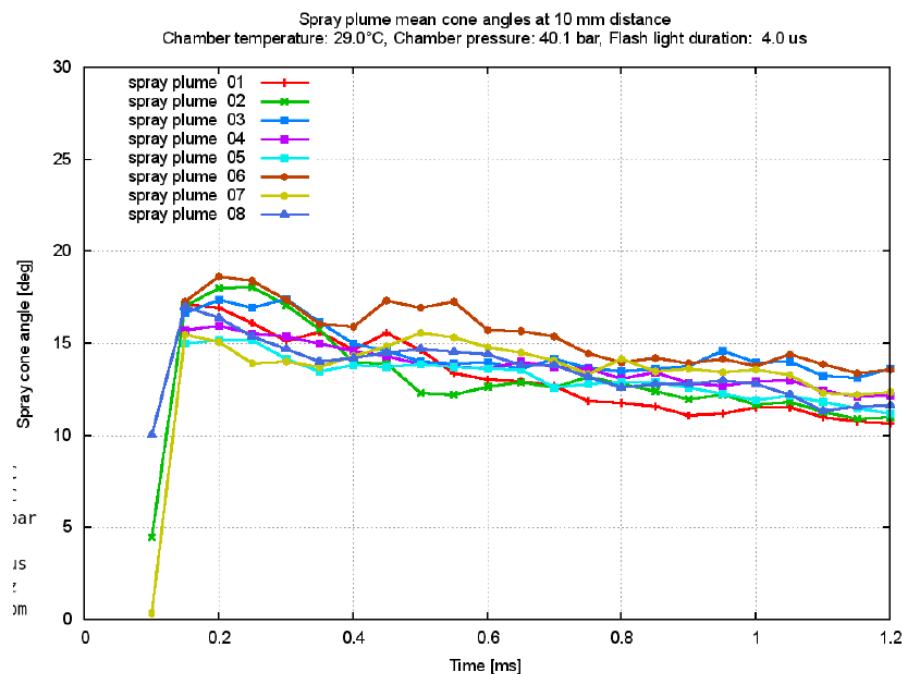
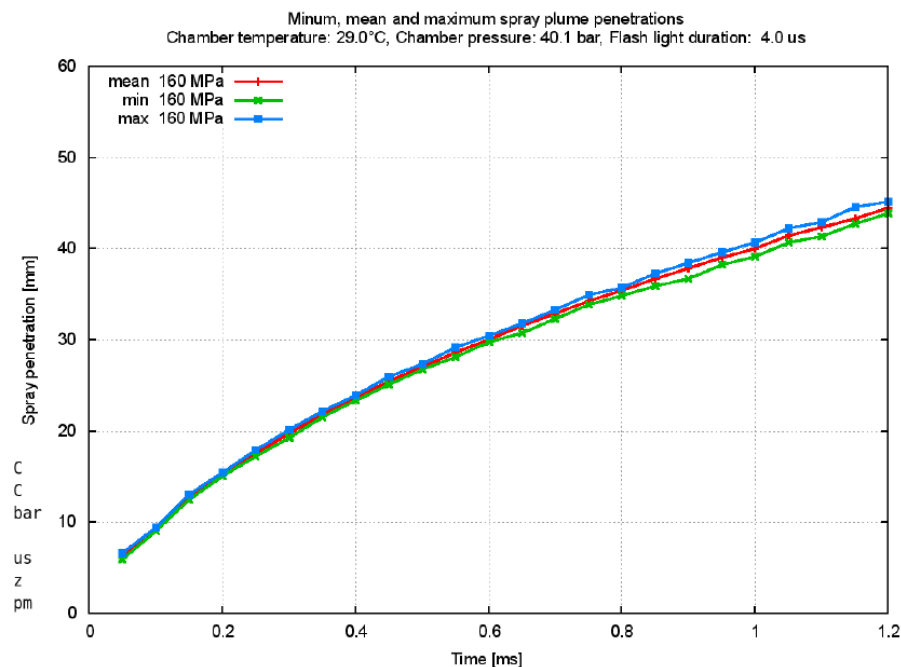
Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Motor AVL SCRE: kalibrace CFD modelu paprsku – exp. data



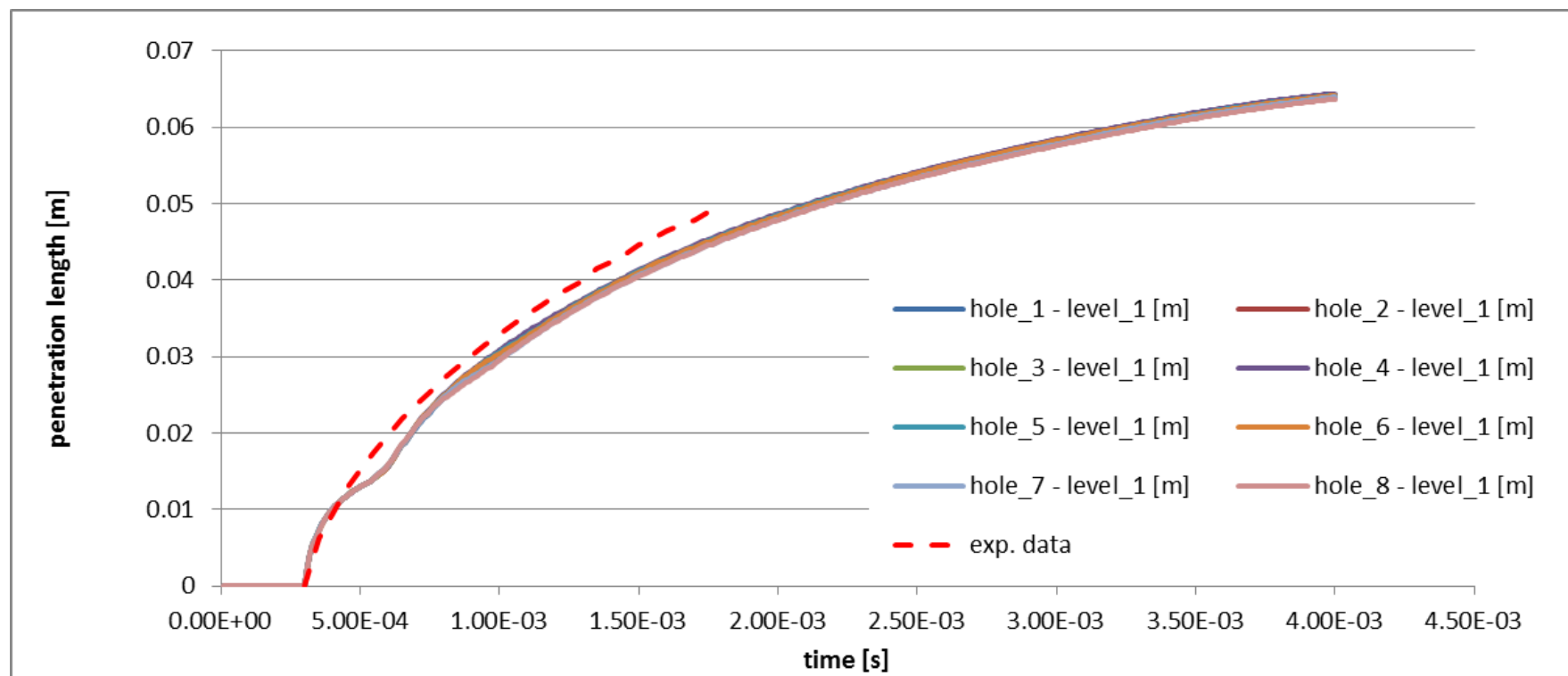
Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Motor AVL SCRE: kalibrace CFD modelu paprsku – exp. data



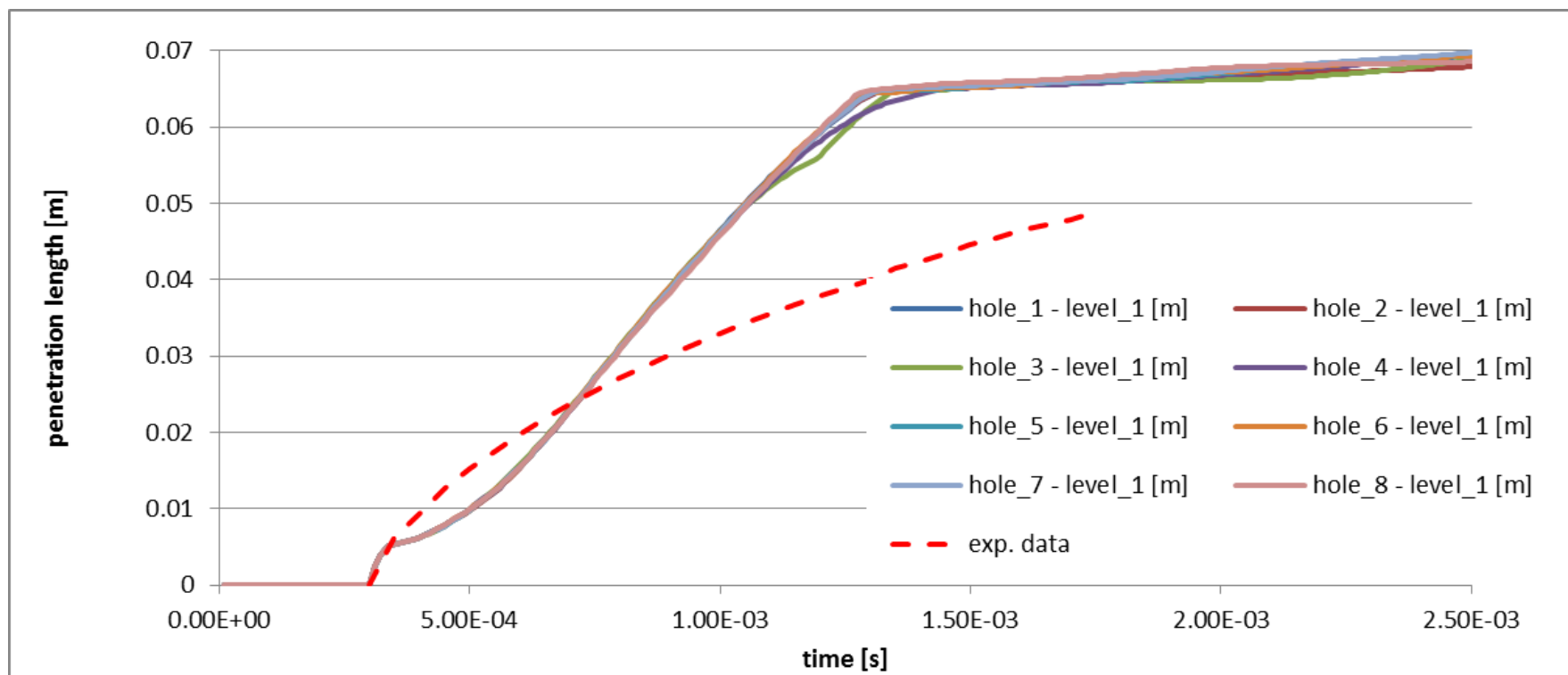
Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Motor AVL SCORE: kalibrace CFD modelu paprsku - RANS



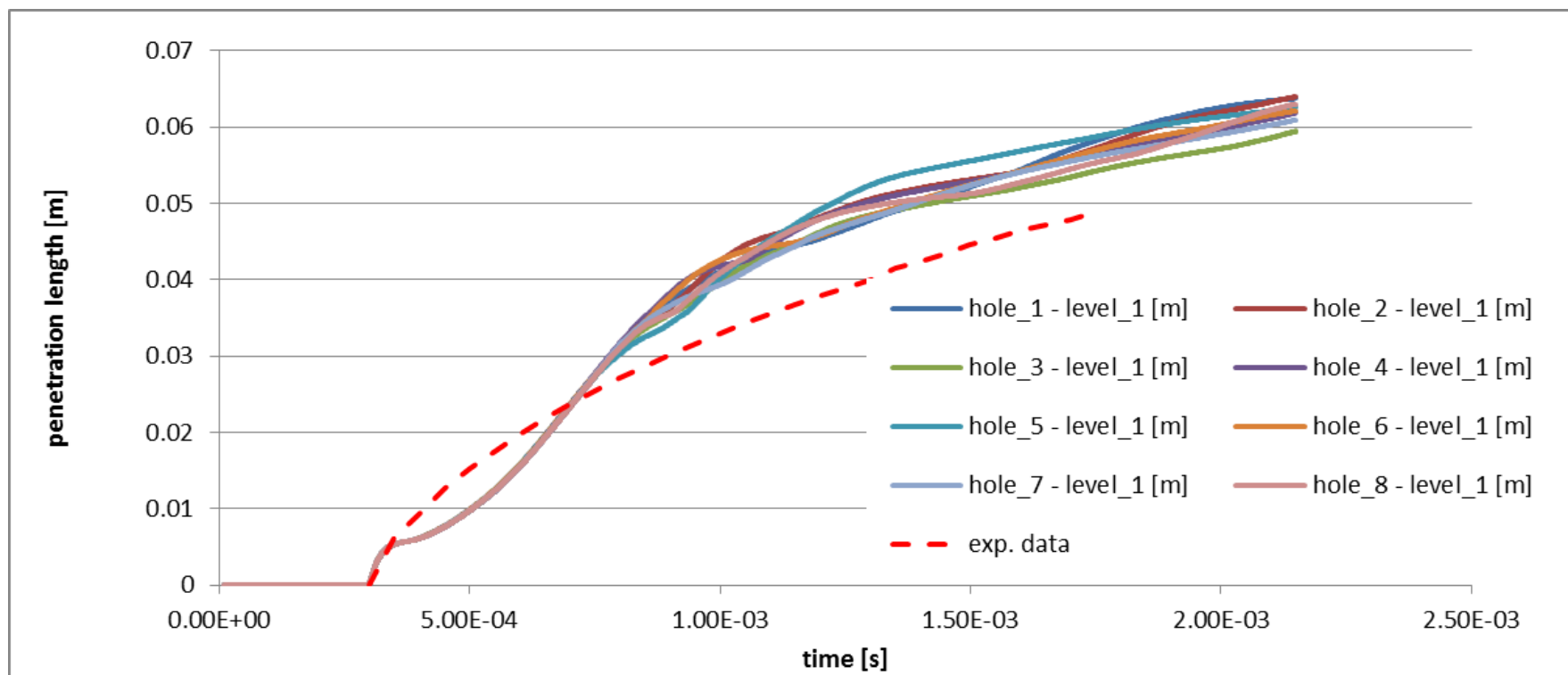
Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Motor AVL SCORE: kalibrace CFD modelu paprsku – LES ⇔ **problém**



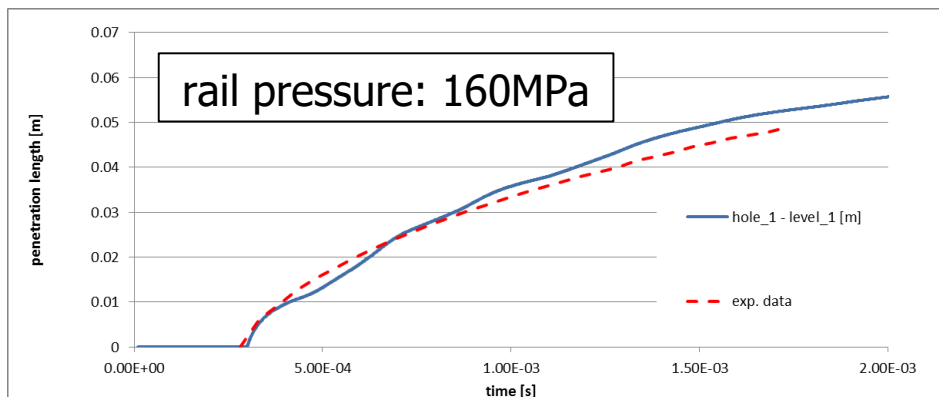
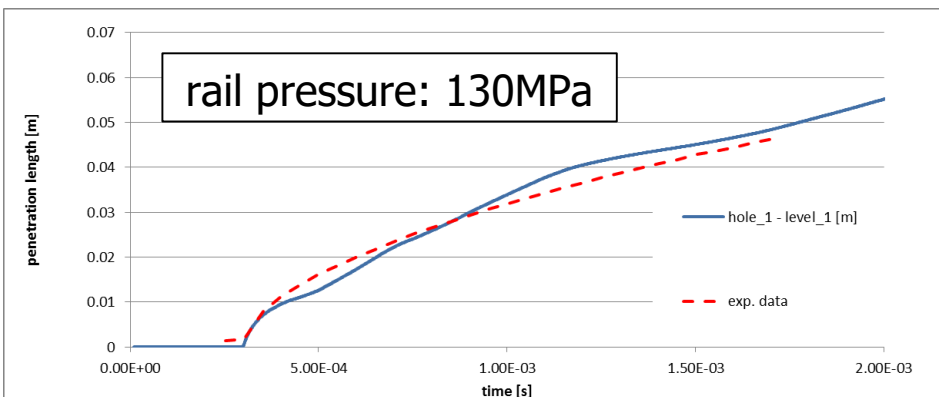
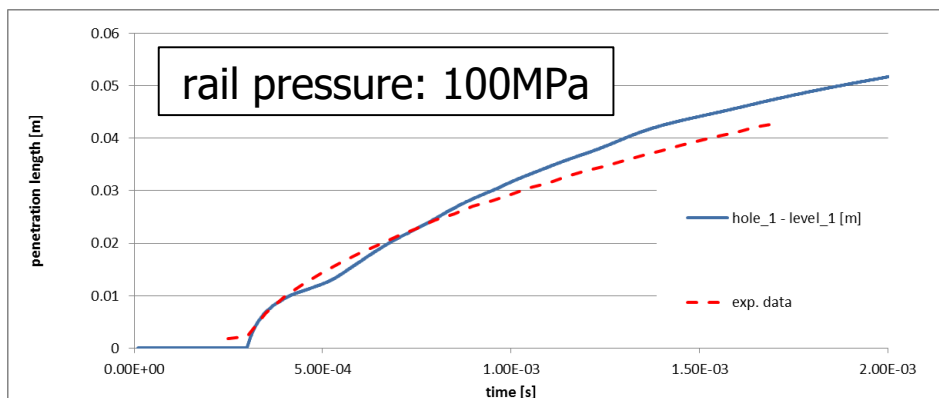
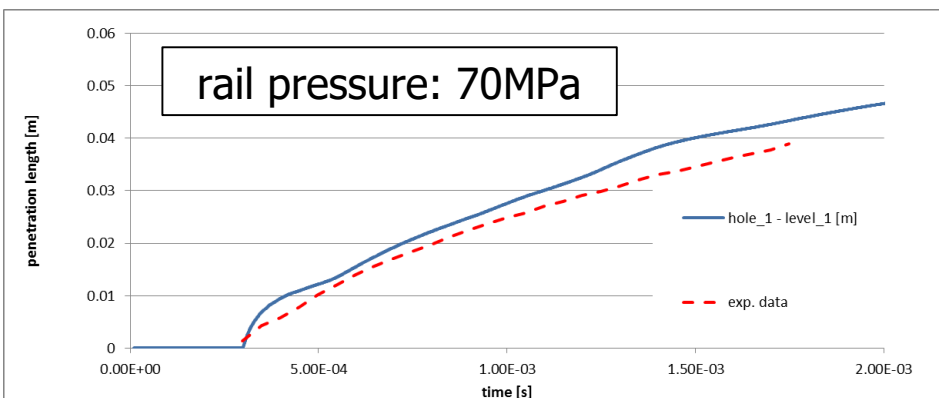
Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Motor AVL SCRE: kalibrace CFD modelu paprsku – LES $\Leftrightarrow$ velmi malý časový krok (10^{-7} s)



Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Motor AVL SCRE: kalibrace CFD modelu paprsku – LES $\Leftrightarrow$ velmi malý časový krok (10^{-7} s) + zjemnění kolem ústí trysky



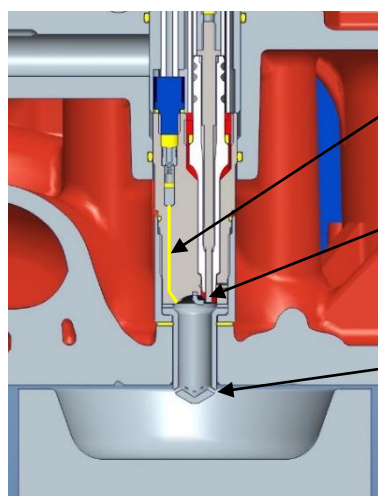
Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Motor AVIA (WP02): CFD samotné komůrky

Vytvoření 3D-CFD modelu vyplachované komůrky pro popis termodynamických dějů uvnitř předkomůrky

- model bez spalování, přívod paliva zatím pouze do předkomůrky
- popis: vyplachování, rozvrstvení směsi
- porovnávání testovaných variant (počet otvůrků, různý přívod plynu, citlivostní studie ovlivnění promíšení náplně)

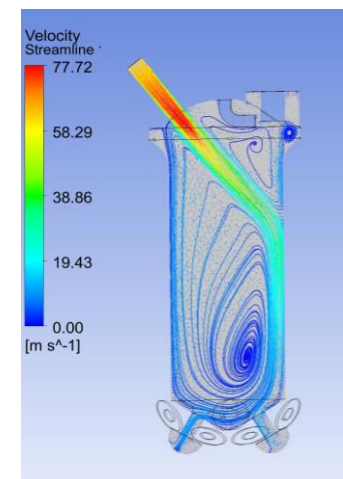
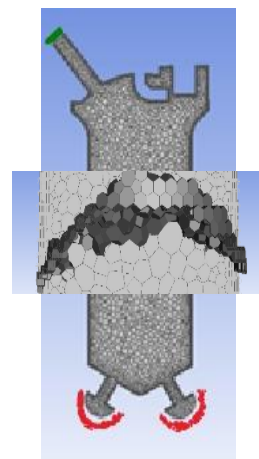
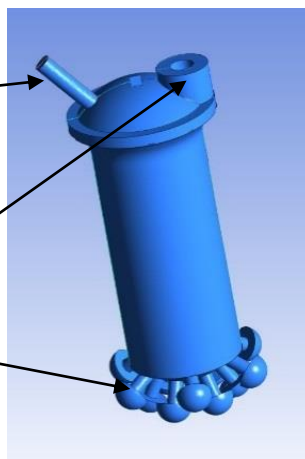
CAD model → **CFD geometrie** → **Sít' "polyhedral"** → **Rychlostní profil při sacím zdvihu**



Přívod plynu

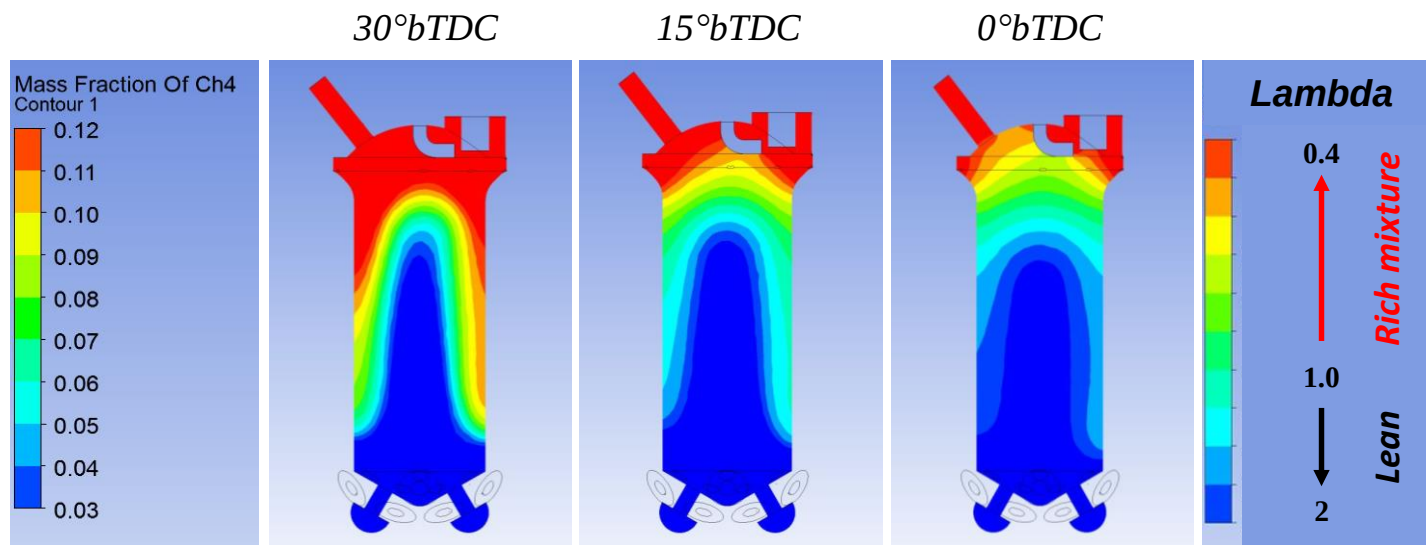
elektrody zapalovací
svíčky

Propojovací otvůrky



Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Motor AVIA (WP02): CFD samotné komůrky



Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Rozšíření SW IGNITE o nové funkce

IGNITE is a physics-based system simulation package focused on complete vehicle system modeling and simulation. IGNITE provides quick turnaround of vehicle performance, fuel economy, emissions and thermal management from concept through detailed powertrain integration.



New compiler and solver

Modelon Optimica Compiler Toolkit (OCT)

- Replaces Open Modelica Compiler (OMC)
- Faster compilation and simulation
- Compatible with MSVS compiler kit
- Ability to re-use executable with multi-case analyses
- Wider coverage of the Modelica Standard Language
- Expanded FMI/FMU support

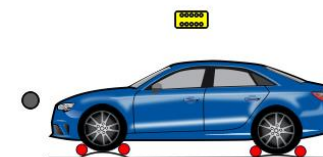


Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

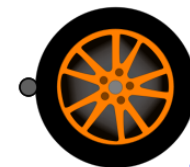
Rozšíření SW IGNITE o nové funkce

New Powertrain Library Modeling Objects

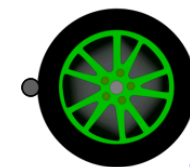
- **Road Load Vehicle** - vehicle with drag and rolling resistance defined by a road load curve
- **Magic Tire** – advanced tire dynamics based on the standard 'Magic Tire' formulas
- **TM Easy Tire** - advanced tire dynamics based on a semi-empirical tire model, can be applied with very little physical information
- **Mechanical Loss** – general object for modeling rotational mechanical losses



roadLoadVehicle1



magicTyre1



tMeasy1



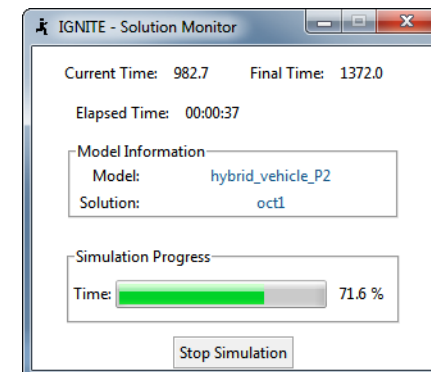
mechanicalLoss1

Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Rozšíření SW IGNITE o nové funkce

Library, program and GUI enhancements

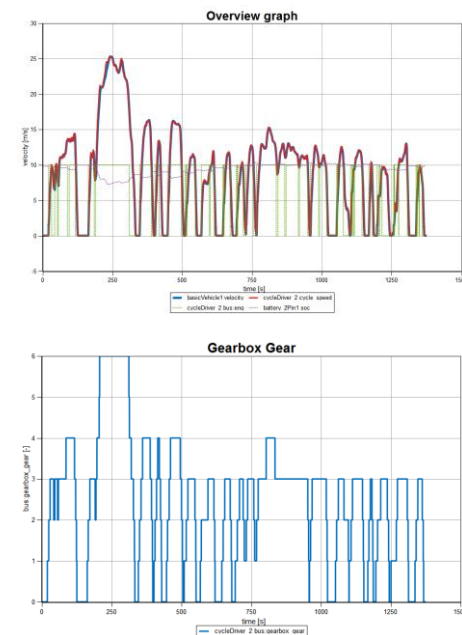
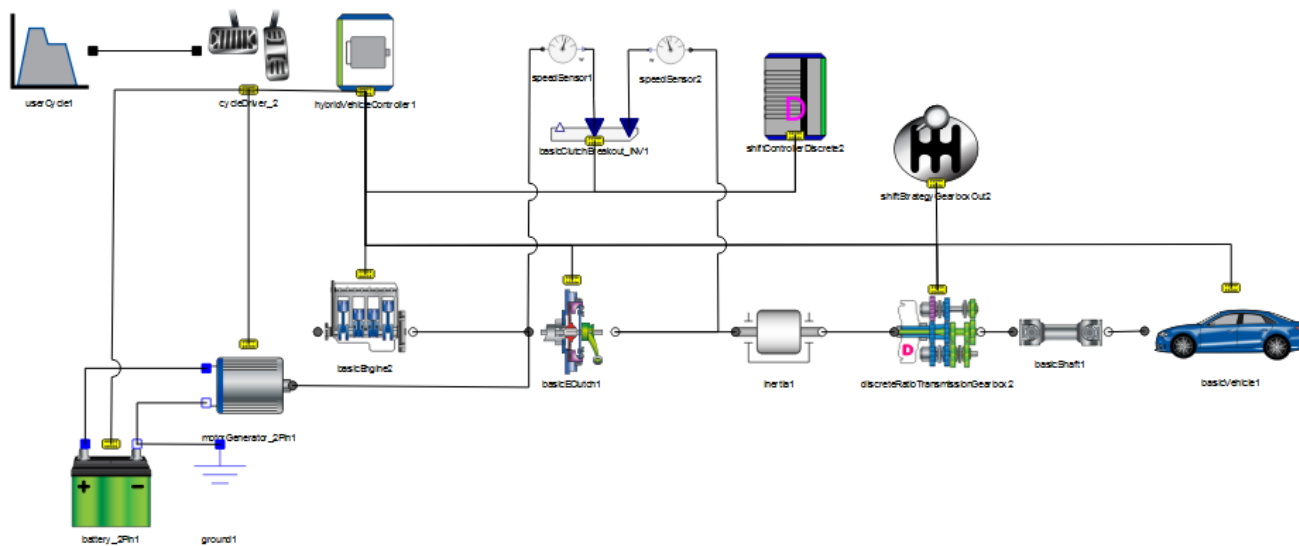
- **Motor Generator** now includes the option of specifying a 2D efficiency map (efficiency as a function of speed and load)
- **Solution Monitor** utility has been added, allowing users to view simulation progress and statistics during simulation.
- **Saving during simulation** - IGNITE now saves a results data up to the points of simulation failure or termination
- **CSV data export** - ability to export output data to CSV format



Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Rozšíření SW IGNITE o nové funkce

New example models (parallel hybrid architectures P1, P2, P3, examples with newly added objects...)



Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Plnění dílčích cílů, milníků a výstupů

nejsou

Přehled splatných výsledků a jejich plnění

nejsou

Publikace „mimo plán“ => žádost na TAČR pro dodatečné zařazení

J. Jenc, V. Myslivec, V. Ondrak and B. Hnilicka: *Advanced complete vehicle simulation toolchain based on co-simulation of IGNITE, WAVE/WAVE-RT and MATLAB/Simulink*, Ricardo Software UserCon Europe, April 2016.

Návrh dalšího postupu v balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Návrh dalšího postupu včetně návrhů na spolupráci a realizaci výstupů

ČVUT: dle plánu (těsná provázanost s **WP04**) + spolupráce s **WP10** při optimalizaci strategie použití systému deaktivace válců v kombinaci s velkou vnitřní recirkulací a s **WP02** při optimalizaci návrhu zapalovací komůrky

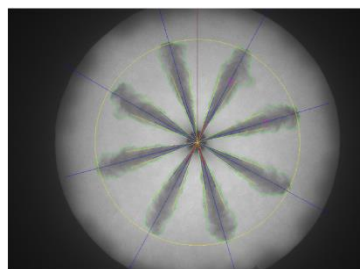
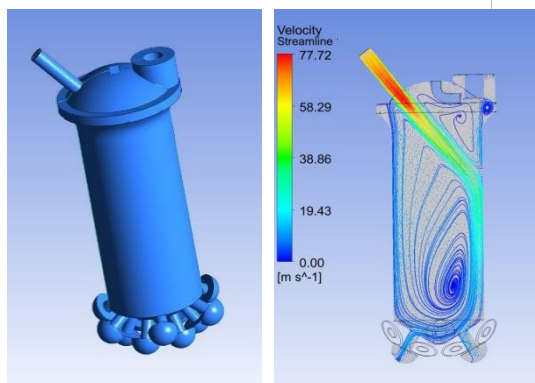
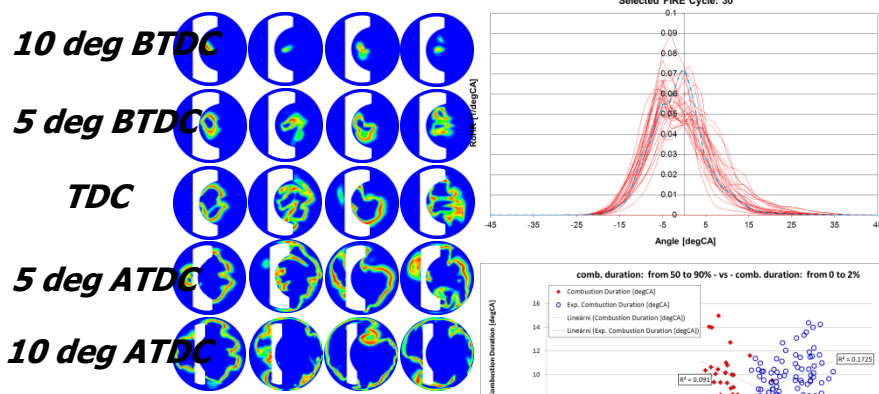
Ricardo: dle plánu + návaznosti na **WP20** (propojení IGNITE s Ricardo WAVE / WAVE-RT; použití IGNITE při návrhu a testování řídicích strategií motorů) a **WP24** (propojení IGNITE s Ricardo Agent-Drive) + použití SW IGNITE pro simulaci pohonného řetězce v projektu Evropské Unie IMPERIUM, podrobněji viz. WP24.

Návrh dalšího postupu v balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Děkuji za pozornost

Výťah z prací 2012-2016 na WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

ČVUT: LES simulace mezicyklové variability včetně spalování, komůrkový zážeh

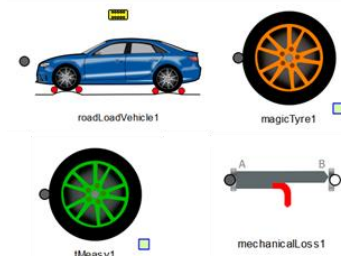


Ricardo: Systémová sim. celého pohonného řetězce (IGNITE)

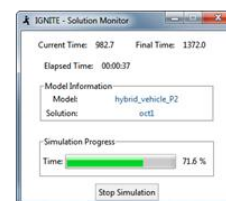
New Compiler and Solver



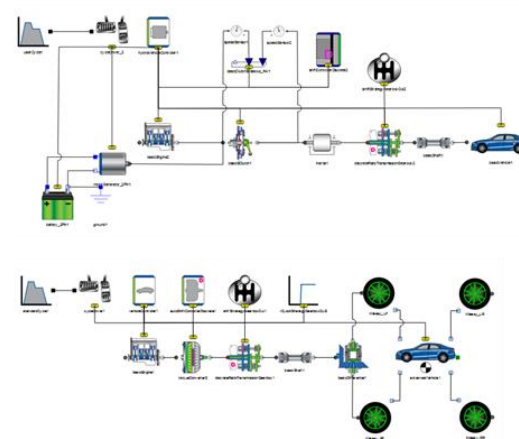
New Library Modeling Objects



Program and GUI Enhancements

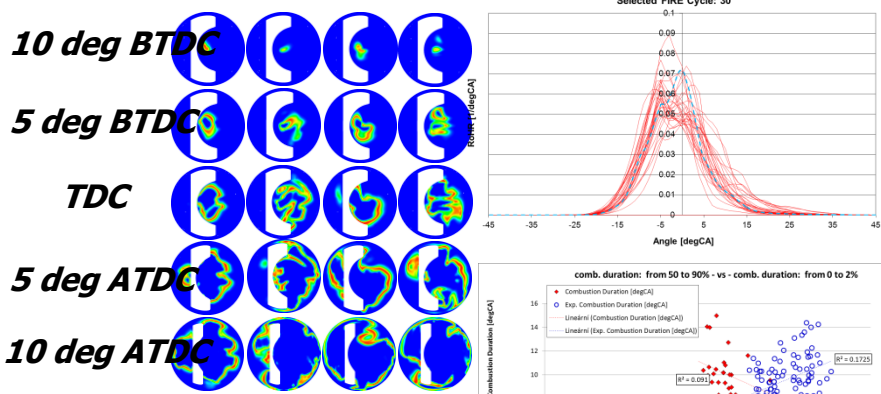


New model examples



Results of WP05 Virtual thermodynamic ICE – SW for simulation/optimization of combustion – Achieved 2012-2016

ČVUT: LES simulation of cyclic variability including combustion, pre-chamber ignition

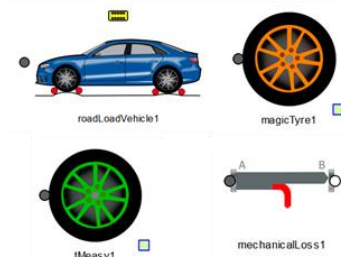


Ricardo: System simulation of the whole powertrain (IGNITE)

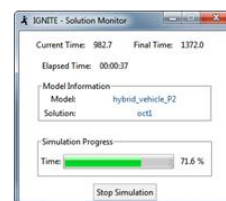
New Compiler and Solver



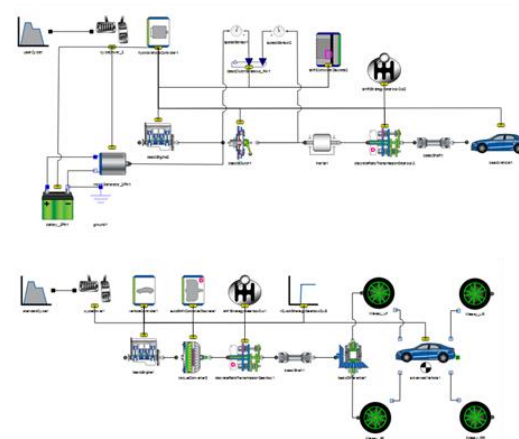
New Library Modeling Objects



Program and GUI Enhancements

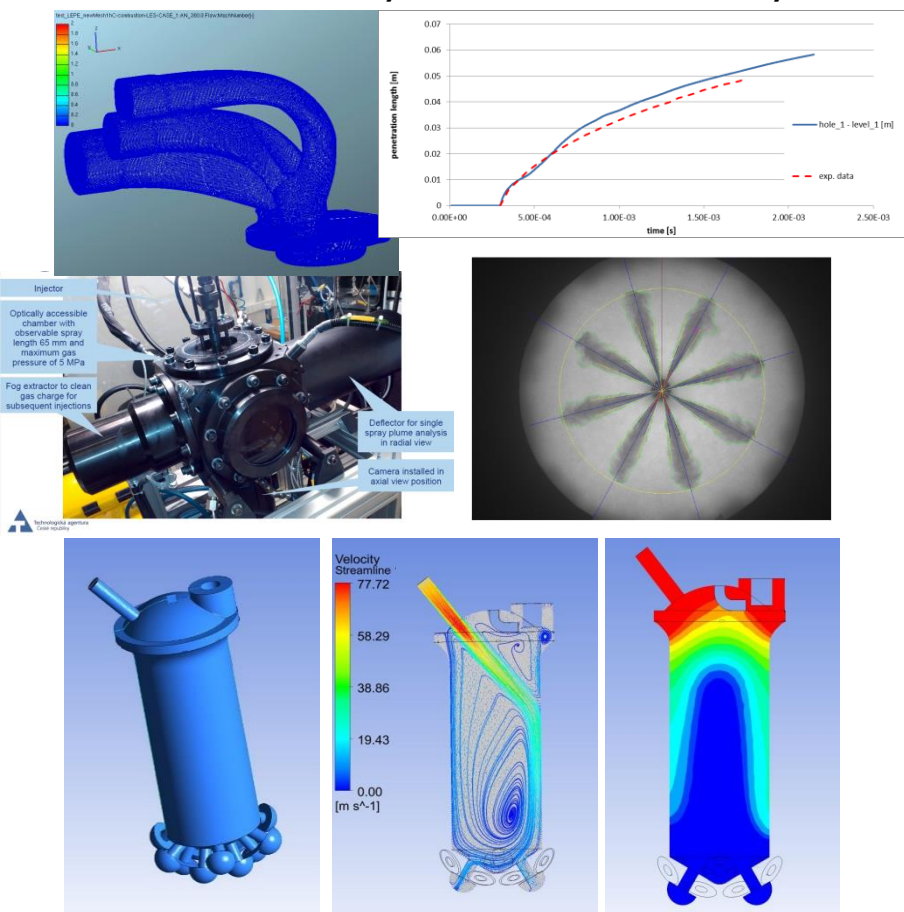


New model examples

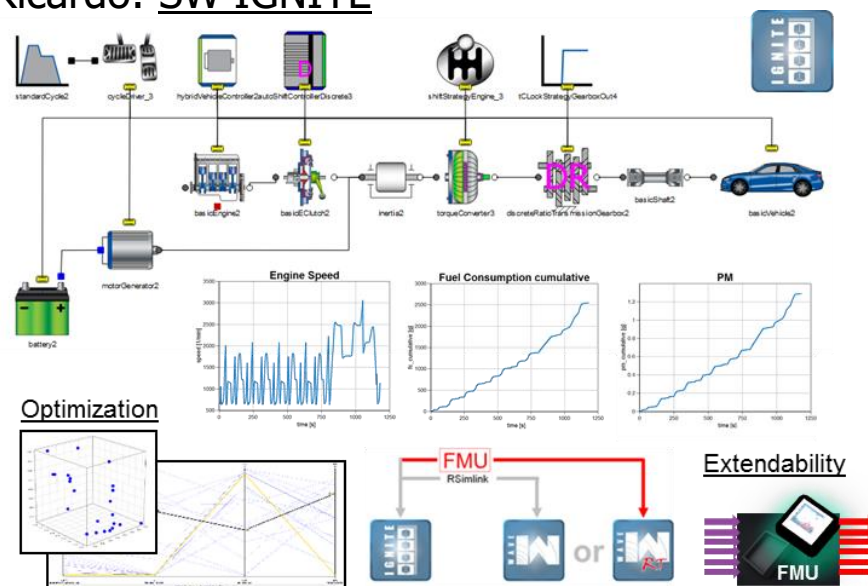


Výťah z provedených prací na WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

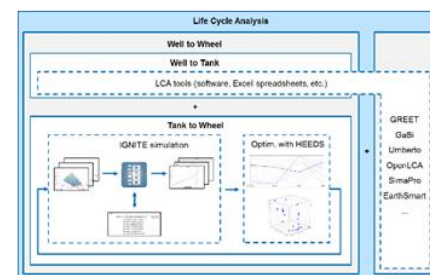
ČVUT: Vznětový motor & komůrkový zážeh



Ricardo: SW IGNITE



Well to Wheel analysis

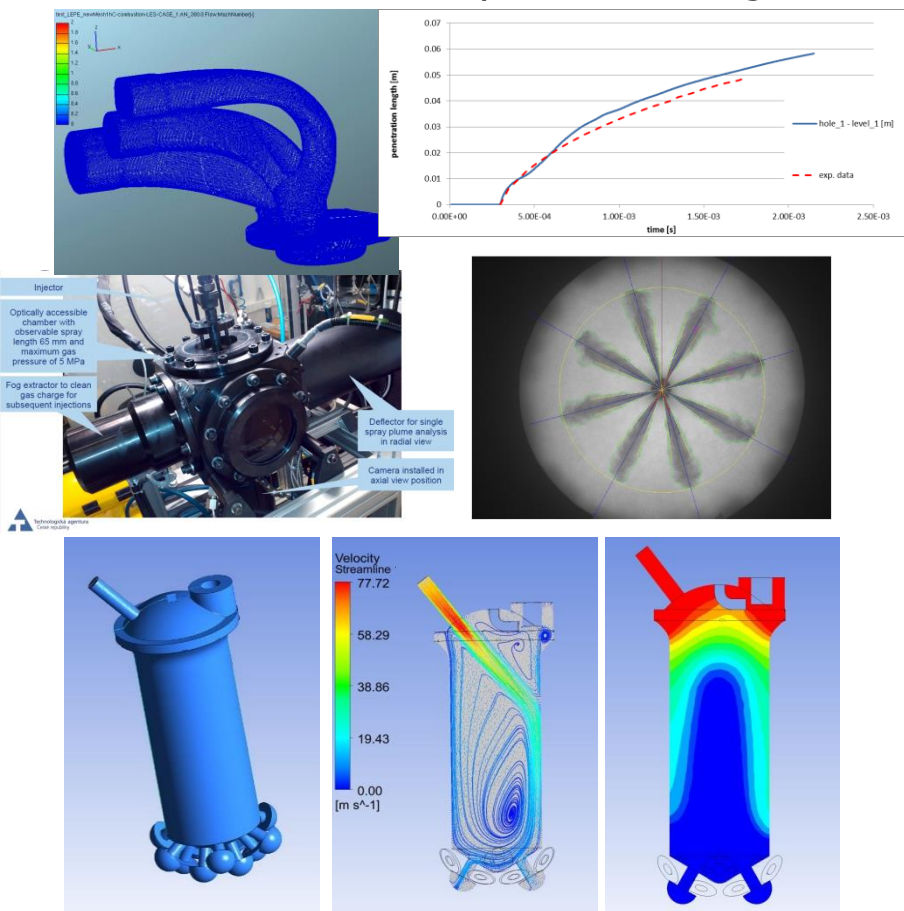


SW Enhancements

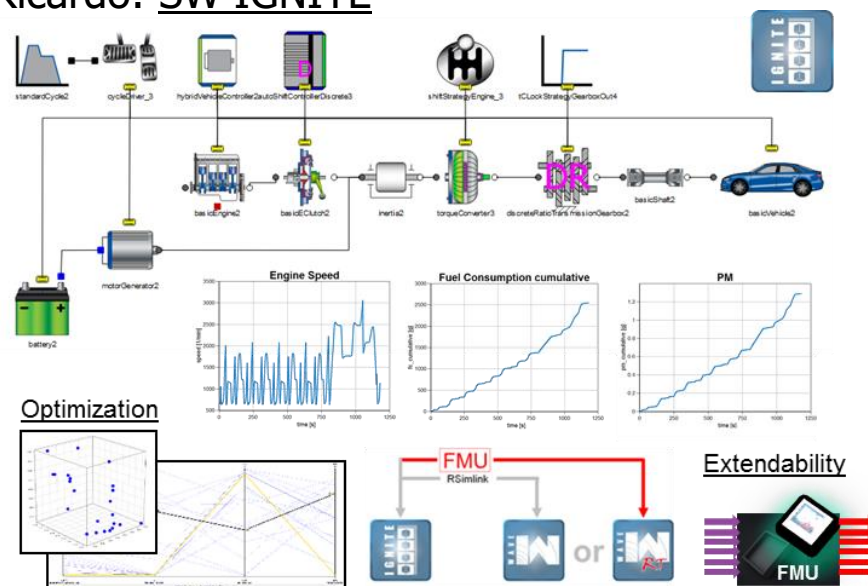


Abstract 2016 of WP05 Virtual thermodynamic ICE – SW for simulation/optimization of combustion

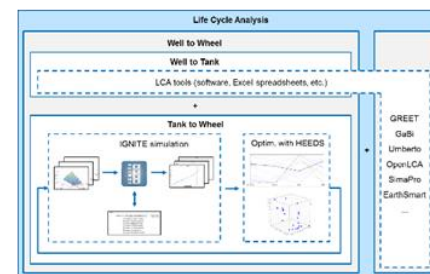
ČVUT: Diesel ICE & pre-chamber ignition



Ricardo: SW IGNITE



Well to Wheel analysis



SW Enhancements

