



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- AutoSymposium a Kolokvium Božek 31. 10. až 2. 11. 2017, Roztoky -



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

WP05: 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. B. Hnilička

Hlavní cíl balíčku a jeho plnění za dobu projektu

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



Popis obsahu 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). => **splněno**

2014 - 2017: Možnosti modelování netradičních módů spalování, optimalizace procesu spalování (ČVUT). => **splněno**

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). => **splněno**



Popis obsahu 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:

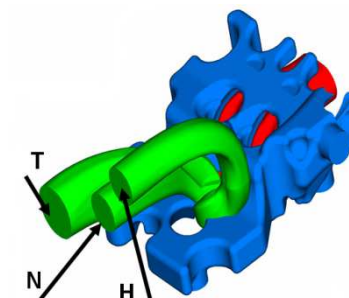
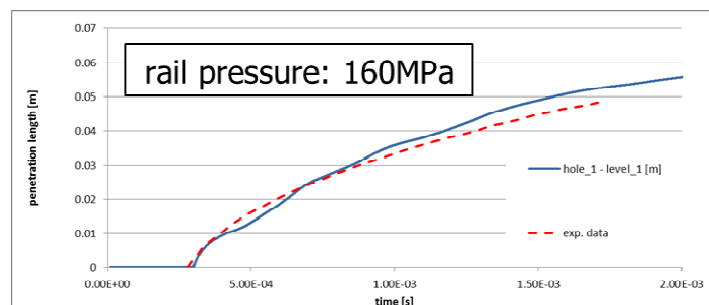
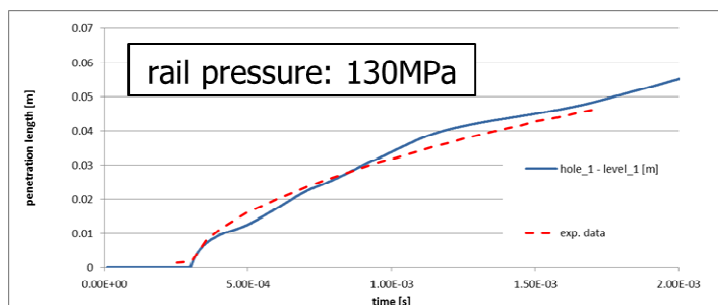
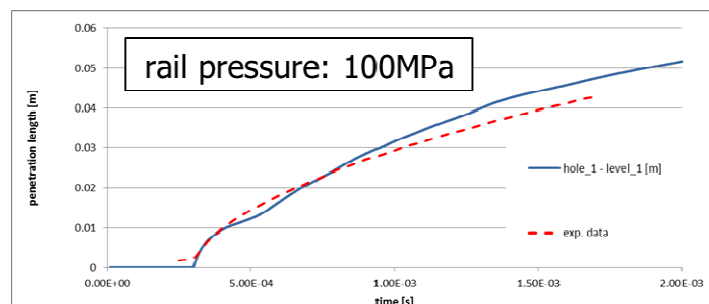
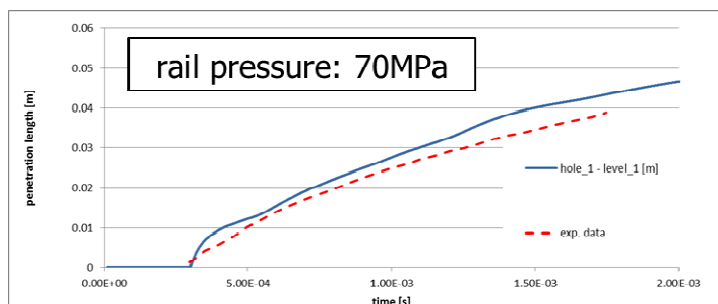
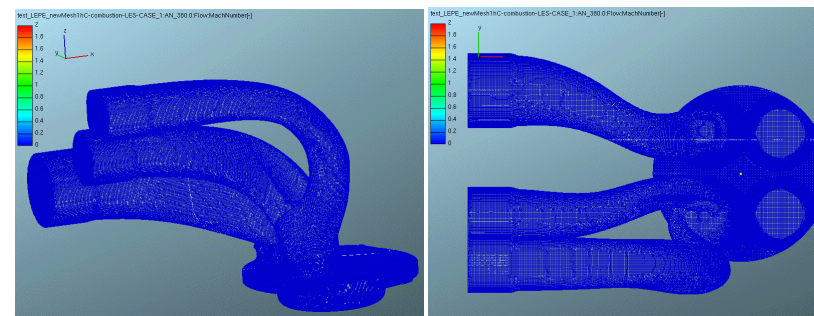
- rozšíření SW IGNITE o nové funkce



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

Motor AVL SCRE:

- LES model turbulence
- Kalibrovaný model paprsku (viz diagramy níže) + dostatečně jemná síť
- Chemický model spalování (LLNL-NC7 mech.)
- Kalibrovaný přestup tepla

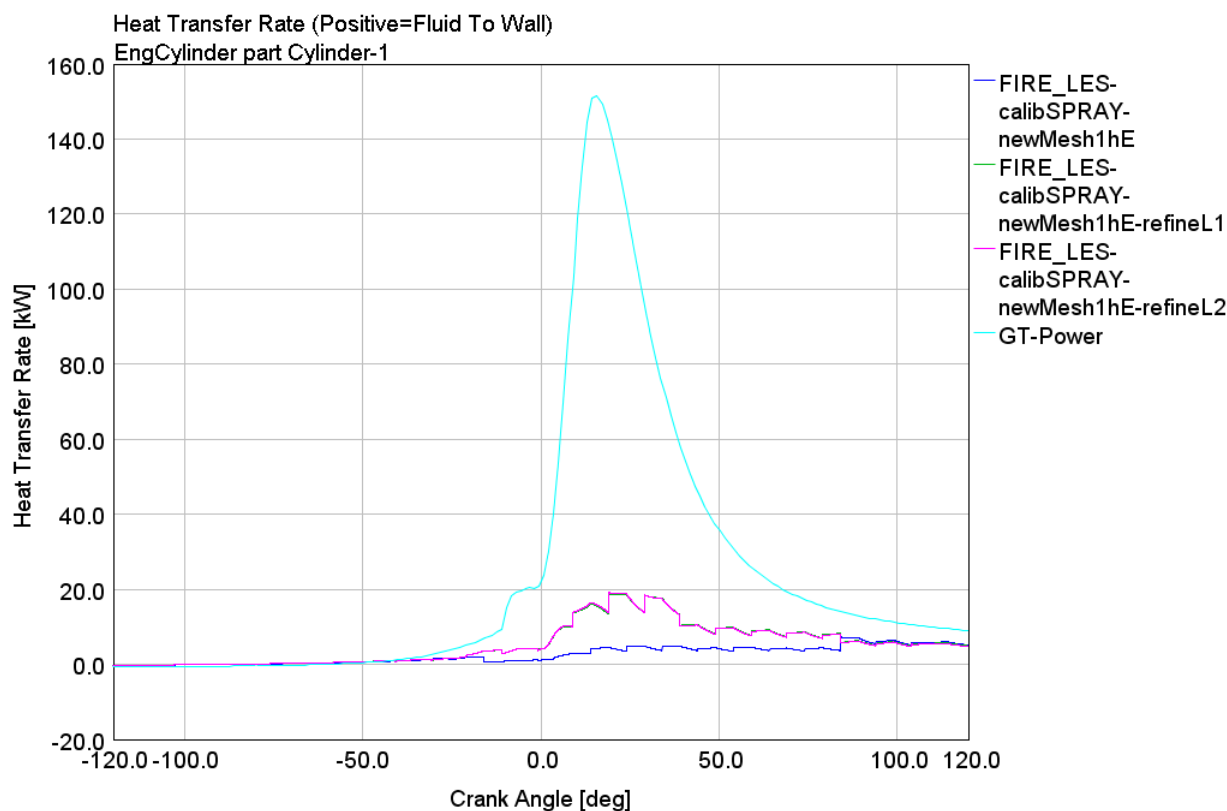




Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Motor AVL SCRE: vliv zjemnění sítě

D:\users\vitek\GT-Power-data-files\PBSTurbo\TACR_alfa1-valec_VTP_Roztoky-AVL_SCRE\opt_variandy\FIRE_calc-boundary_and_initial_conditions\compare_vs_FIRE_1
CASE_1 19.10.2017 11:32:42

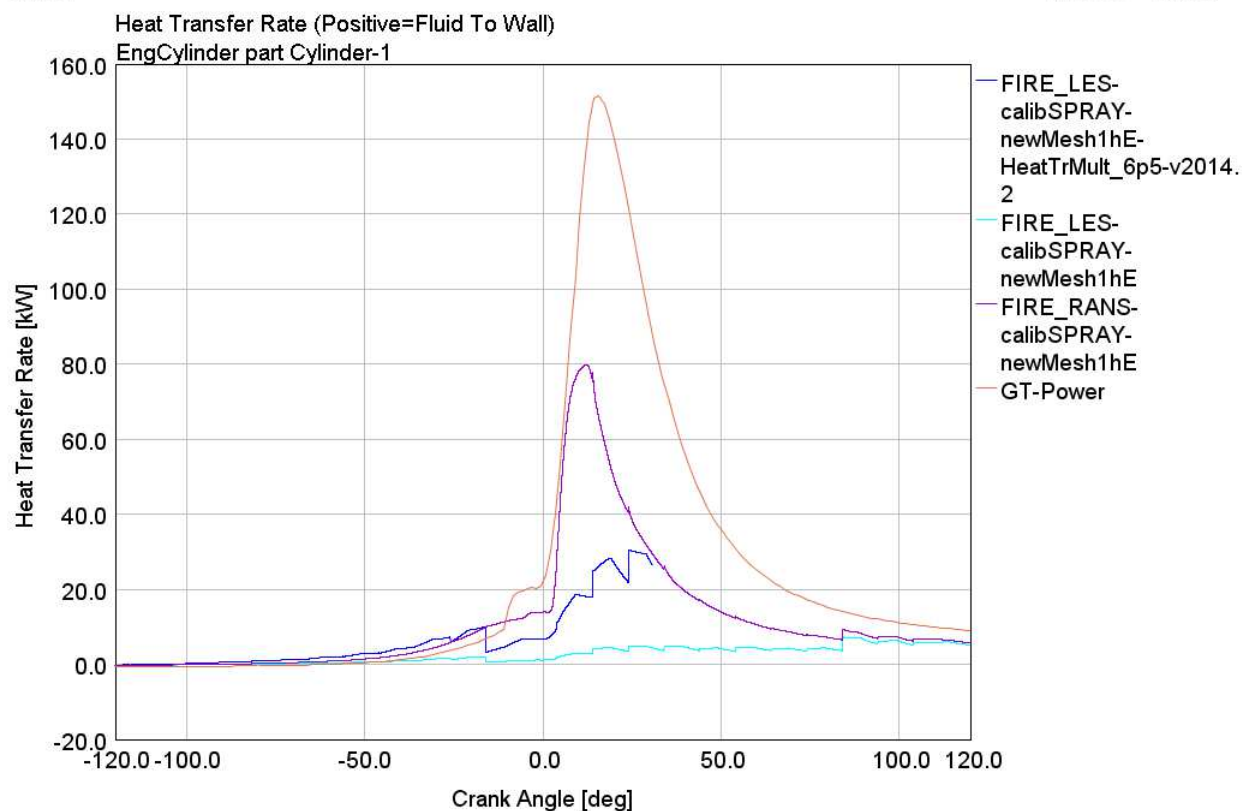




Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Motor AVL SCRE: kalibrace – přestup tepla

D:\users\vitek\GT-Power-data-files\PBSTurbo\TACR_alfa1-valec_VTP_Roztoky-AVL_SCRE\opt_varianty\FIRE_calc-boundary_and_initial_conditions\compare_vs_FIRE_1
CASE_1 19.10.2017 18:43:25





**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- AutoSymposium a Kolokvium Božek 31. 10. až 2. 11. 2017, Roztoky -



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

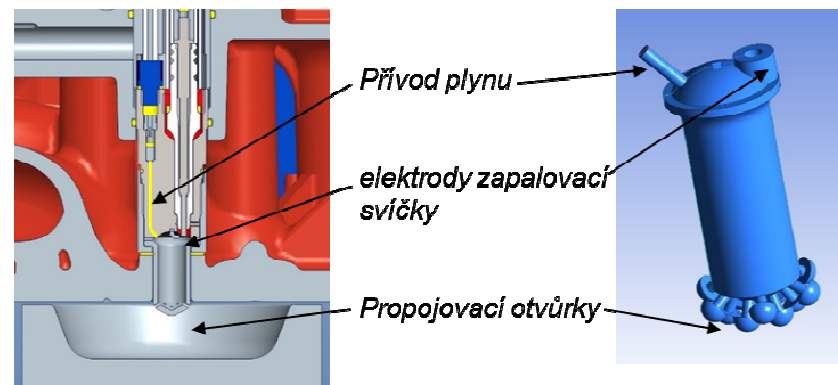
Motor AVL SCRE:



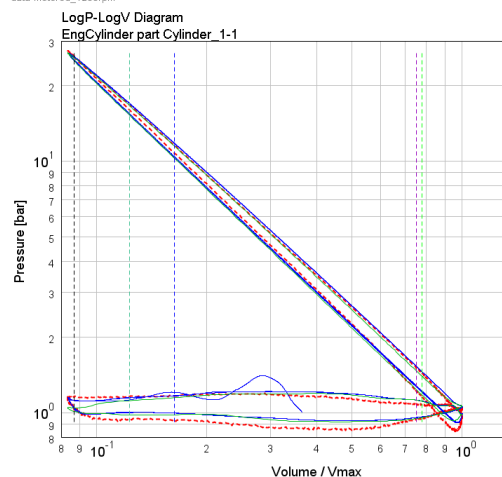
Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Motor AVIA (WP02):

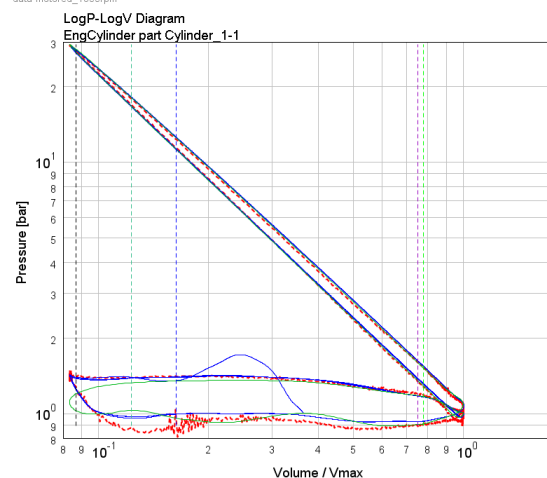
- LES model turbulence
- Turbulentní model spalování (LES ECFM-3Z)
- Kalibrovaný přestup tepla



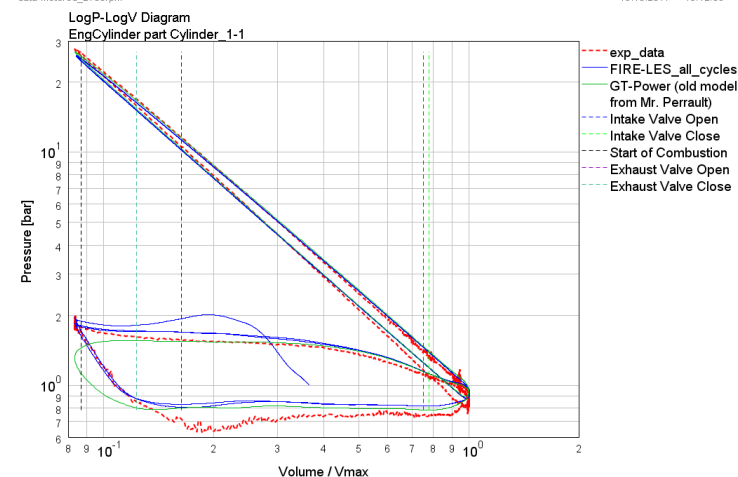
D:\users\vitek\GT-Power-data-files\preChamber-AVIA\FIRE\ladieni_SyrovatkaZ\compare-newMesh_v15_ports.gu
data-motored_1200rpm



D:\users\vitek\GT-Power-data-files\preChamber-AVIA\FIRE\ladieni_SyrovatkaZ\compare-newMesh_v15_ports.gu
data-motored_1800rpm



D:\users\vitek\GT-Power-data-files\preChamber-AVIA\FIRE\ladieni_SyrovatkaZ\compare-newMesh_v15_ports.gu
data-motored_2700rpm

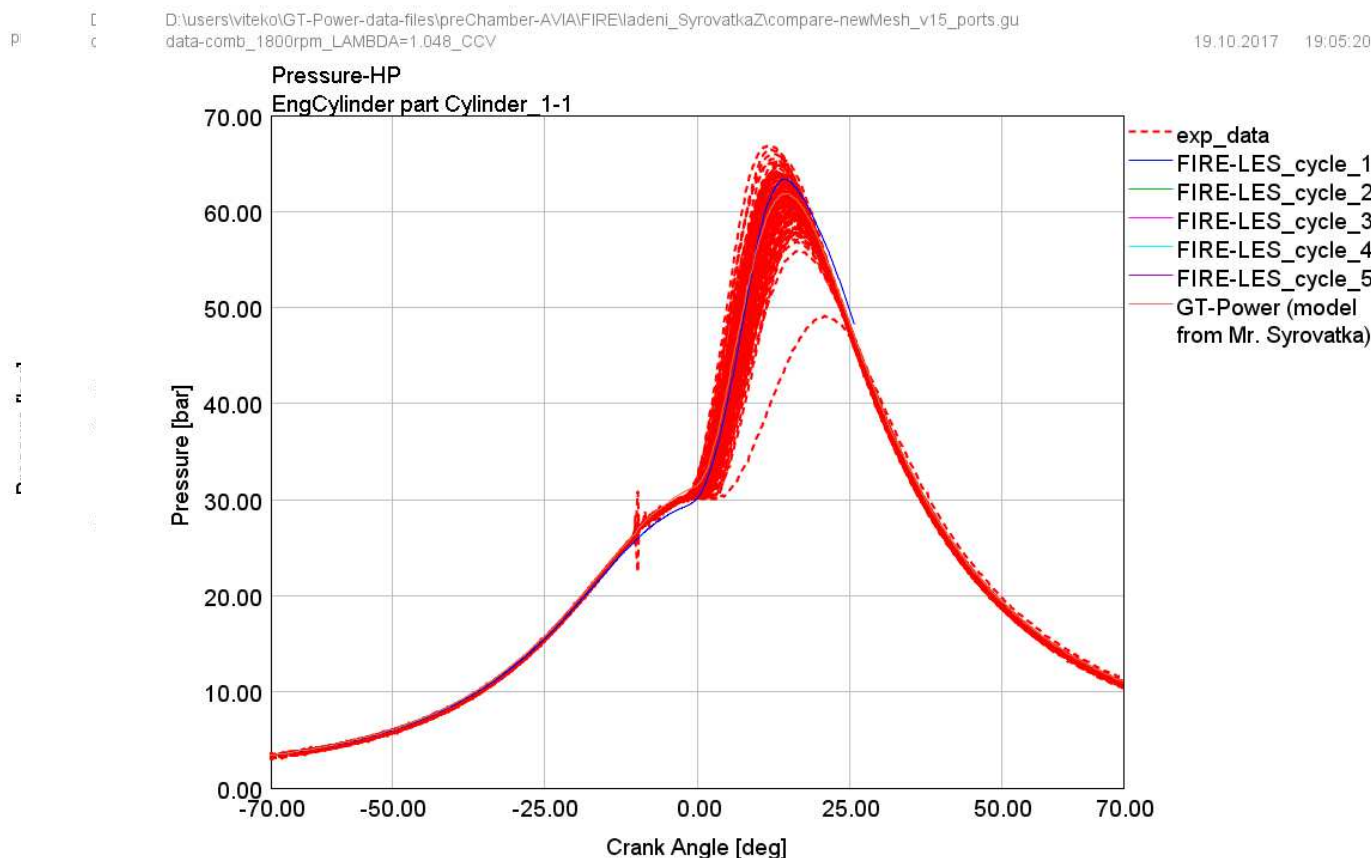


19.10.2017 19:12:05



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

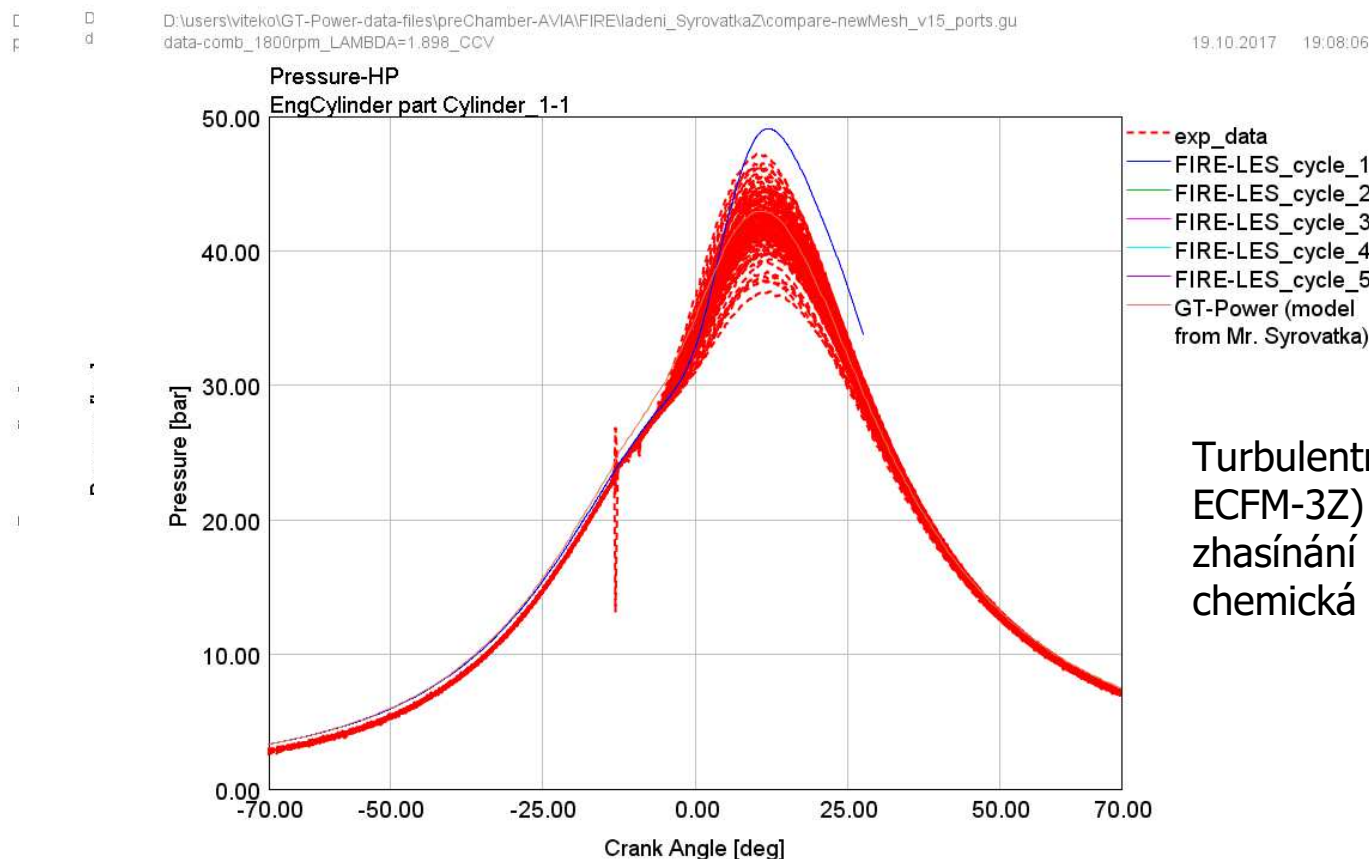
Motor AVIA (WP02): 1800rpm, $\lambda=1.048$





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

Motor AVIA (WP02): 1800rpm, $\lambda=1.898$



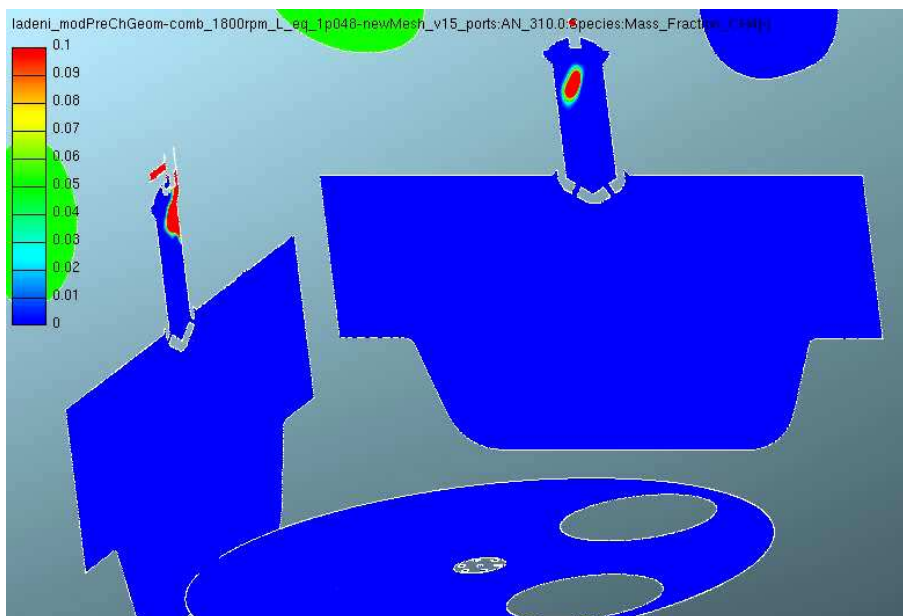
Turbulentní model spalování (LES ECFM-3Z) nedokáže zachytit zhasínání plamene (zde je chemická účinnost asi jen 85%).



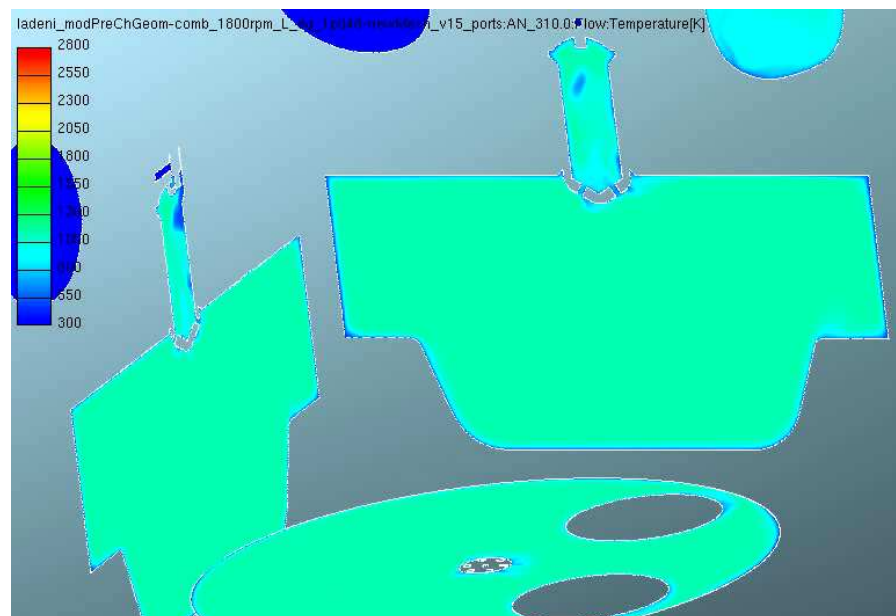
Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Motor AVIA (WP02): 1800rpm, $\lambda=1.048$

koncentrace CH₄



teplota





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

Rozšíření SW IGNITE o nové funkce

A Modelica editor added to IGNITE

- Uses ANTLR4 (ANother Tool for Language Recognition)
- Supports Modelica 3.3 grammar
- Fast flattening entire MSL library in about 4s
- Syntax highlighting and error checking
- Code completion

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.



```
15 type EquationSection range 16:3 -> 22:12 start();
16 initial equation
17 ... if initType == Init.SteadyState then
18 ... der(y) = 0;
19 ... elseif initType == Init.InitialState or
20 ... initType == Init.InitialOutput then
21 ... type of initialization (1: no init, 2: steady
18 ... Dialog(group="Initialization"));
11 ... pa type Annotation range 13:7 -> 13:50 or guess value
12 ... annotation (Dialog(group="Initialization"));
13 ... extends Interfaces.SISO(y(start=y_start));
14
22 ... end if;
23 equation type BinaryExpression range 24:14 -> 24:17
24 ... der(y) = k*u;
25 ... annotation (
26 ... Documentation(info="<html>
```

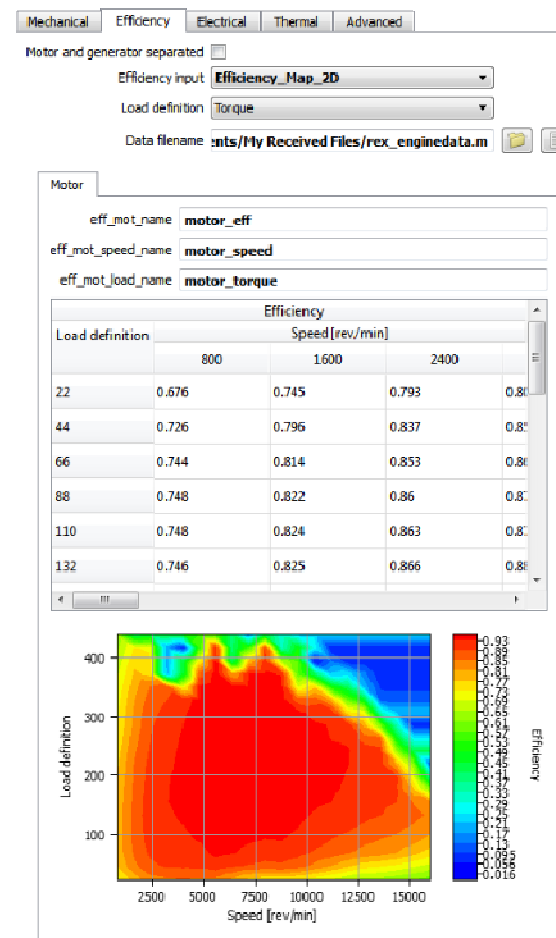


Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Rozšíření SW IGNITE o nové funkce

Input data editor and visualization

- Reading input data from m-files into tables
- Support for copy/paste of the external data
- Table and graph visualization for
 - Basic Engine (for each map)
 - Motor (split for different modes)
 - 1D and 2D interpolation tables
 - Mechanical Loss
- Read by IGNITE from external sources, hence independent of the model files



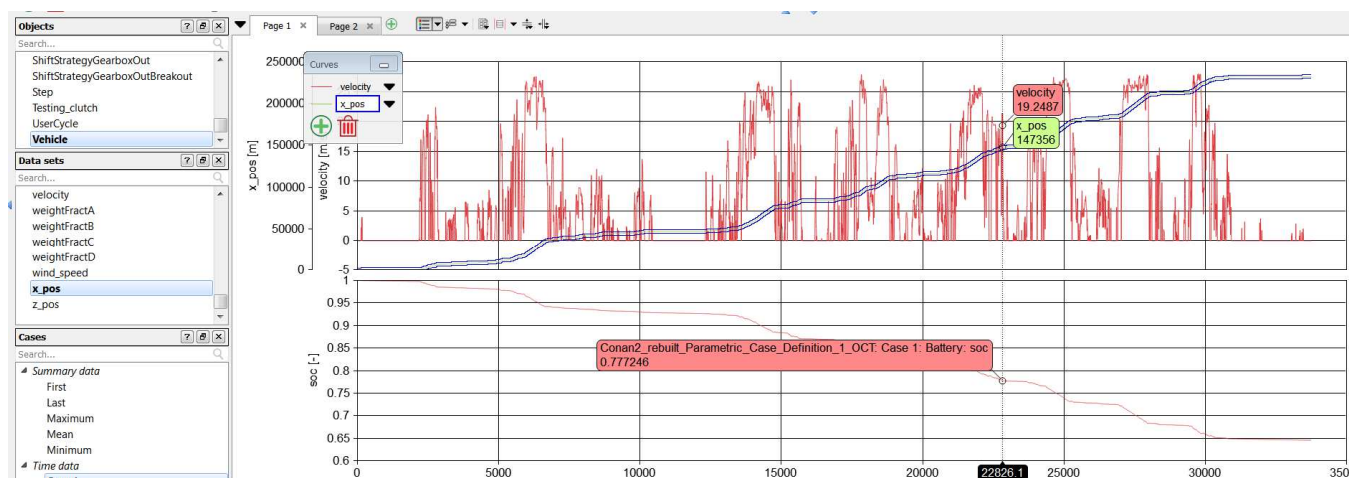


Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Rozšíření SW IGNITE o nové funkce

Postprocessing - RPOST

- RPOST as a postprocessor across different data sources
- Results templates (available within examples 2017.1)
- Cross plots with the test data
- Subplots and multi axes
- Tooltips across multiple curves
- A separate product - independent of the model

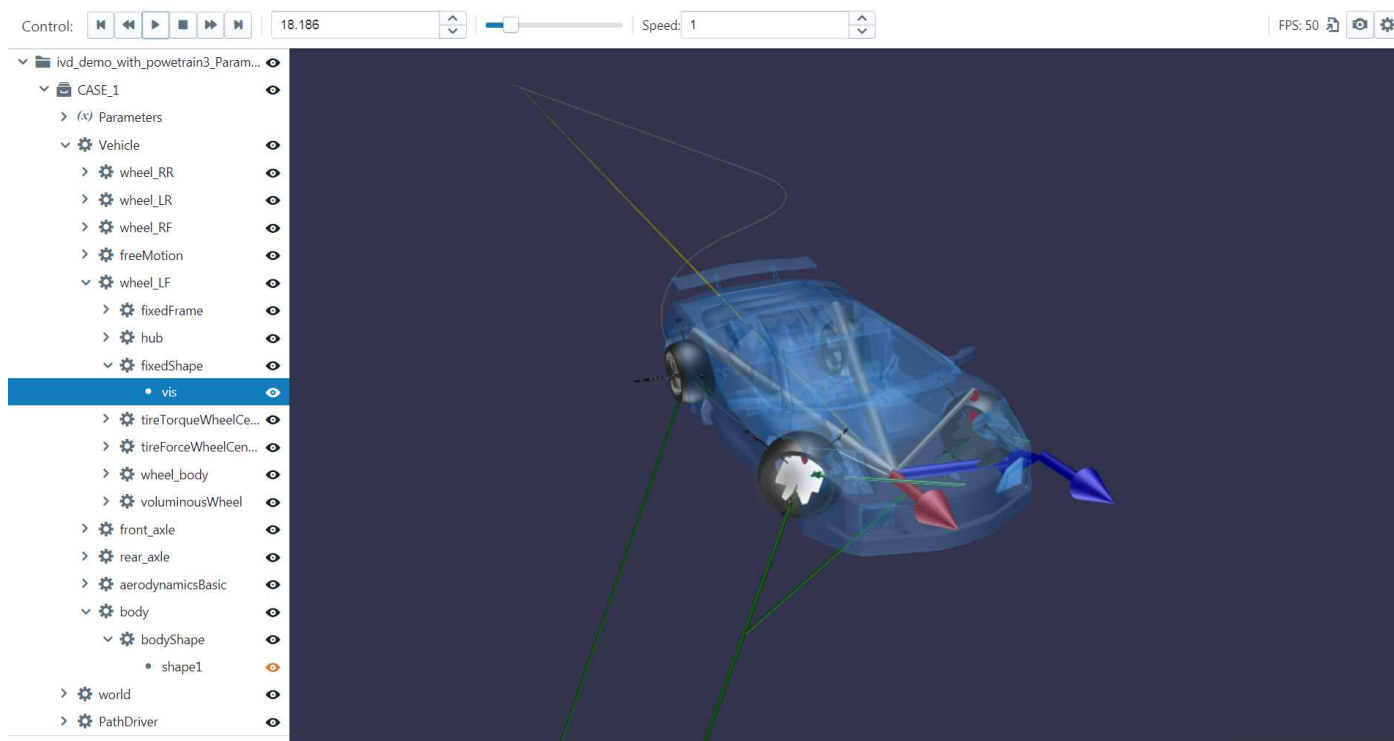




Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Rozšíření SW IGNITE o nové funkce

3D Visualization of Multibody Models



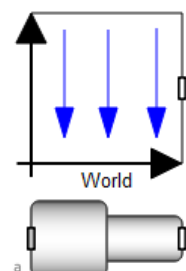


Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

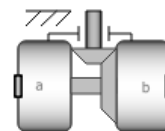
Rozšíření SW IGNITE o nové funkce

A new library for capturing dynamics of the vehicles

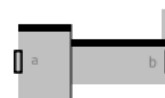
- Complete 3D Environment
- Weather and Road profile
- Vehicle Chassis Subcomponents
- Anti-roll Bar
- MacPherson
- Ackerman Steering
- Trailing Arm
- Various Types of Differentials
- Tires, TMeasy, MFTire
- Path driver
- Prepopulated Example Models



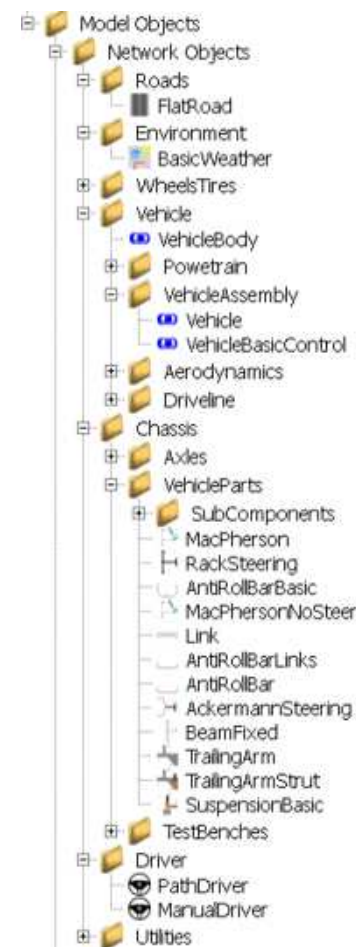
Cylindrical



Revolute



Prismatic



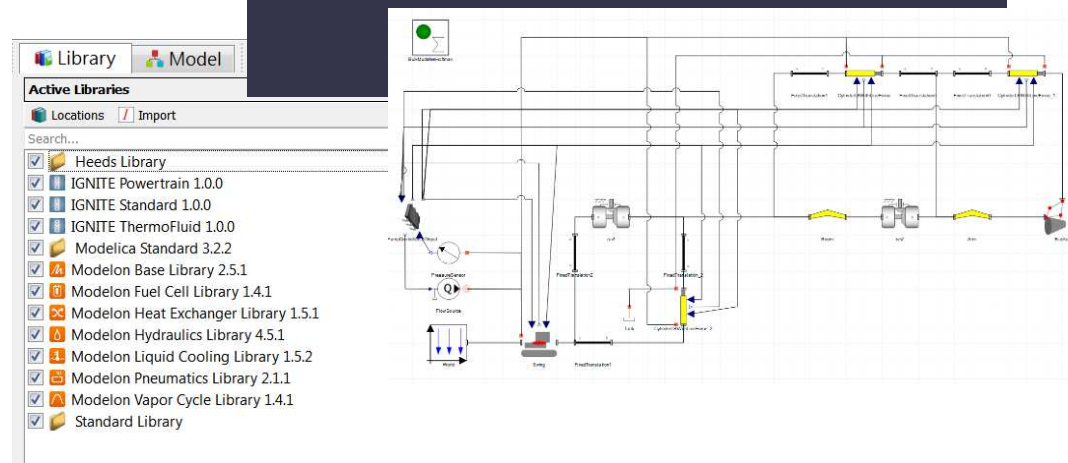
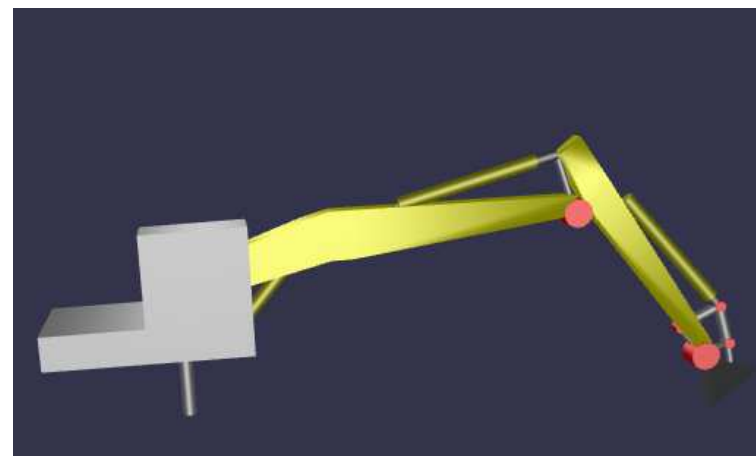


Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Rozšíření SW IGNITE o nové funkce

Modelon Libraries

- Fuel Cells
- Heat Exchanger
- Hydraulics
- Liquid Cooling
- Pneumatics
- Vapor Cycle





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

Plnění cílů

WP05M03: Model spalování vznětového motoru, který je vhodný pro popis difúzního plamene v tvořící se směsi. (ČVUT).

Realizováno pomocí 3-D CFD simulací, které probíhaly v letech 2015-2017. Jde hlavně o LES modely turbulence.

Přehled splatných výsledků a jejich plnění

WP05V004 (2017): Model spalování vznětového motoru. => **ASW existuje**

WP05V005 (2017): Nástroje pro ověření potenciálu různých modelů spalování. => **ASW existuje**

WP05V007 (2017) : Model spalování vznětového motoru. => **příprava článku do MECCA (Vítek O.)**



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

Plnění cílů

WP05M05: Simulační software rozšířený o nové technologie v době ukončení projektu, např. nové typy hnacích soustav, nové jízdní cykly a další identifikovatelné parametry (Ricardo).

Vytvořen komplexní SW nástroj IGNITE (2013-2017).

Přehled splatných výsledků a jejich plnění

WP05V006 (2017): Rozšíření simulačního softwaru. => ASW existuje



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

Celkové zhodnocení dopadu výsledků a jejich průběžná i budoucí realizace

- Hlavní cíl splněn – klepání nebylo řešeno, jako netradiční mód spalování je uvažován případ plynové vyplachované zapalovací komůrky (vazba na WP02).
- Úzká provázanost s WP04 (po celou dobu projektu) a v letech 2016-2017 také s WP02 (plynový motor – komůrkový zážeh).
- Úzká provázanost s WP20 (propojení IGNITE ⇔ WAVE/WAVE RT) a WP24 a H2020 Imperium (propojení IGNITE ⇔ Ricardo Agent-Drive).
- IGNITE se prodává od roku 2013.
- Výzkum v této oblasti bude pokračovat – budoucí projekty (OP VVV DMS, NCK) a diplomové/disertační práce.



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- AutoSympo a Kolokvium Božek 31. 10. až 2. 11. 2017, Roztoky -



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

Děkuji za pozornost



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- AutoSymposium a Kolokvium Božek 31. 10. až 2. 11. 2017, Roztoky -



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

Přílohy

Pokud jsou zapotřebí pro elektronickou formu sborníku. Nebudou prezentovány při přednášce.

Rozsah libovolný do celkového pdf rozsahu prezentace 10 MB.



FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

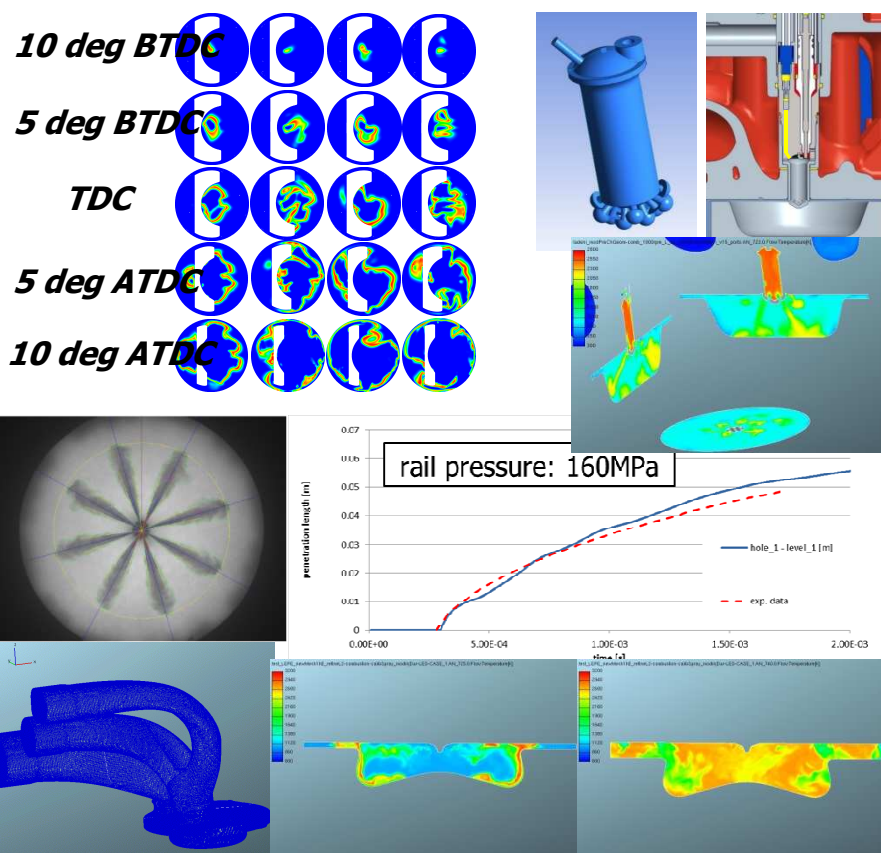
- AutoSymposium a Kolokvium Božek 31. 10. až 2. 11. 2017, Roztoky -



Výtah z prací 2012-2017 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)



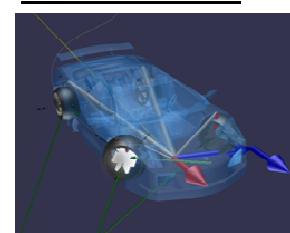
Nový Modelica parser

```

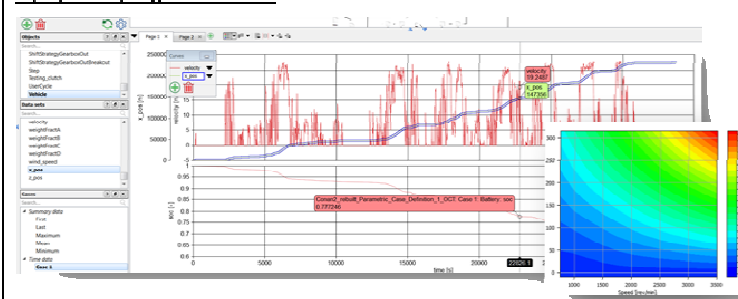
15 type EquationSection range 163 -> 22:12;
16 initial equation
17 if initType == Init.SteadyState then
18   der(y) = 0;
19 else if initType == Init.InitialState or
20   initType == Init.InitialOutput then
21   y = y_start;
22 end if;

```

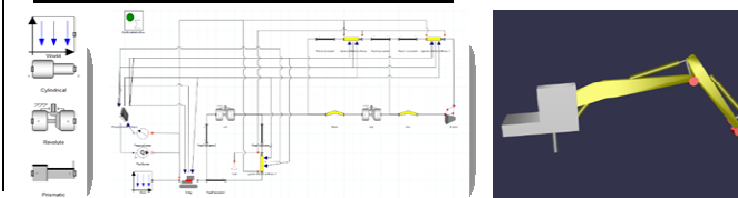
3D vizualizace modelů



Vylepšení programu a GUI



Nové knihovní objekty a modelové příklady





**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

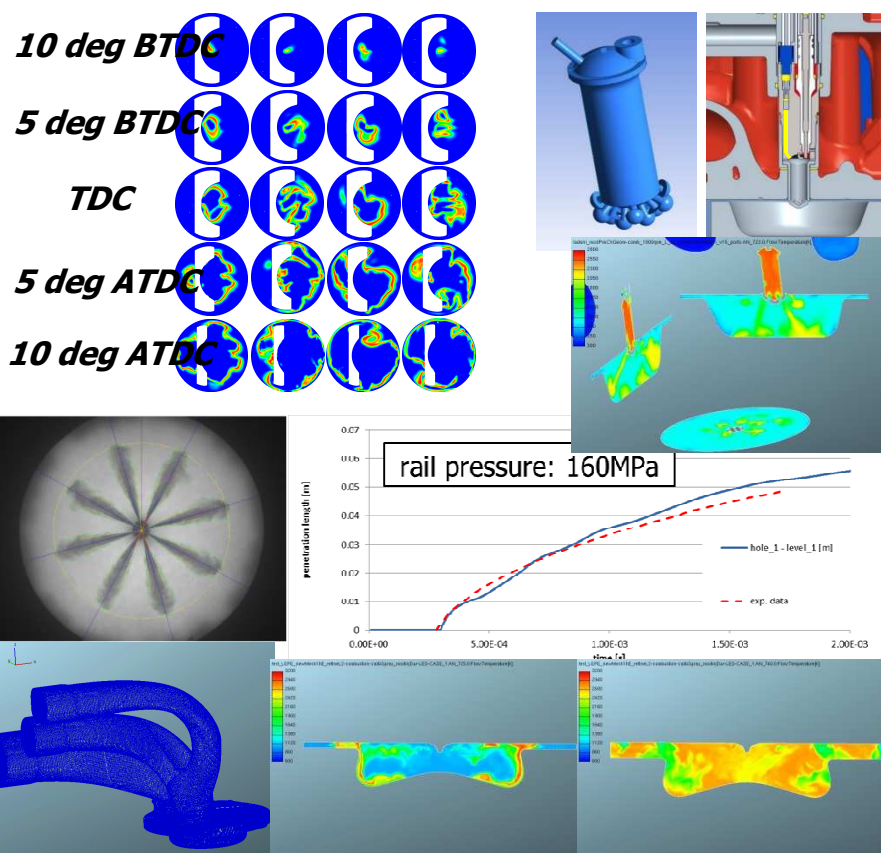
- AutoSympo a Kolokvium Božek 31. 10. až 2. 11. 2017, Roztoky -



Results of WP05 Virtual thermodynamic ICE – SW for simulation/optimization of combustion –Achieved 2012-2017

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

Ricardo: System simulation of the whole powertrain (IGNITE)

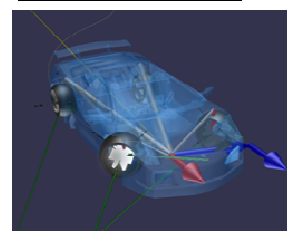


New Modelica parser

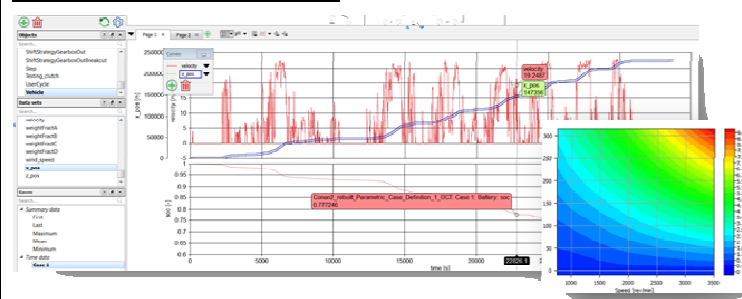
```

15 type EquationSection range 163 -> 22:12;
16 initial equation
17 if initType == Init.SteadyState then
18   de(y) = 0;
19 else if initType == Init.InitialState or
20   initType == Init.InitialOutput then
21   y = y_start;
22 end if;
  
```

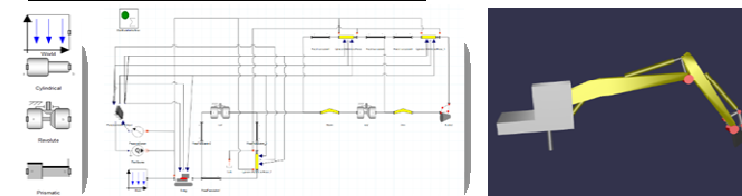
3D model visualization



Program and GUI Enhancements



New library objects and model examples





**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

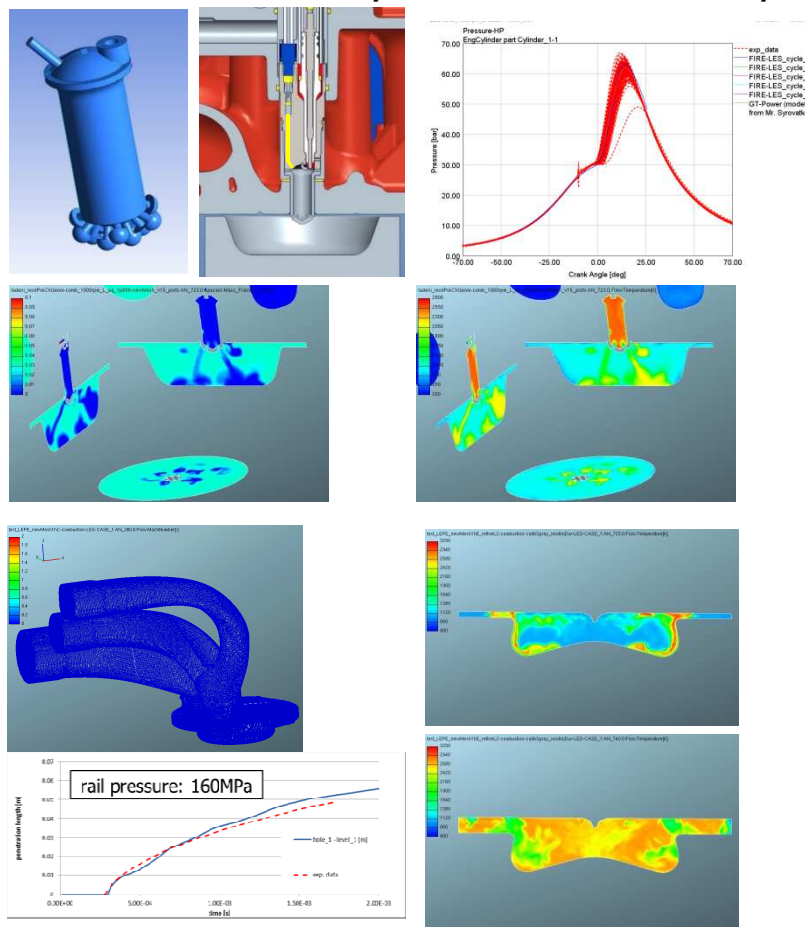
Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- AutoSymposium a Kolokvium Božek 31. 10. až 2. 11. 2017, Roztoky -

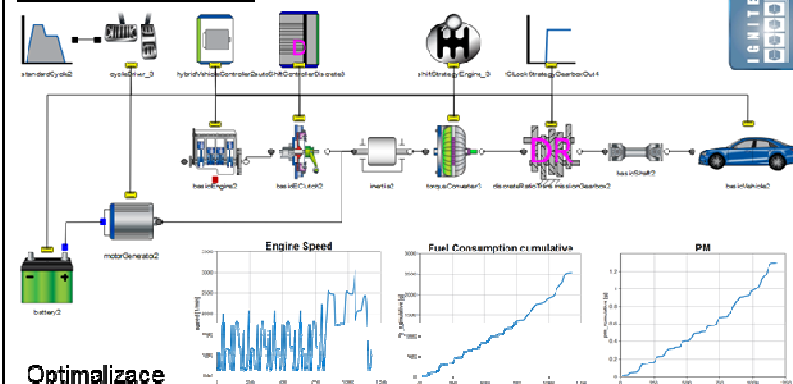


Výtah za r. 2017 z provedených prací na WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování paliva/skleníkových plynů

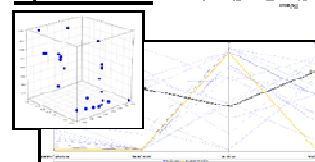
ČVUT: Vznětový motor & komůrkový zážeh Ricardo: SW IGNITE



Simulační SW IGNITE

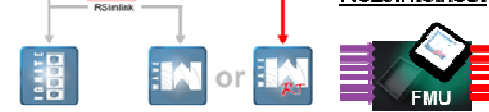


Optimalizace

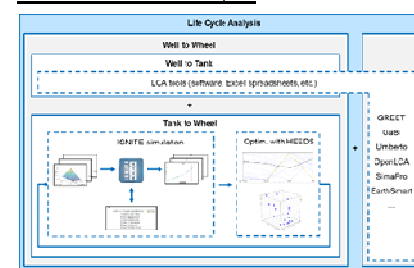


FMU

Rozšiřitelnost

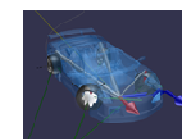


Well to Wheel analýza



Modelon

MODELICA



TE 0102 0020

**T A
Č R**

Technologická agentura
České republiky

Str. 25



Za WP 04 O. Vitek, ČVUT v Praze



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

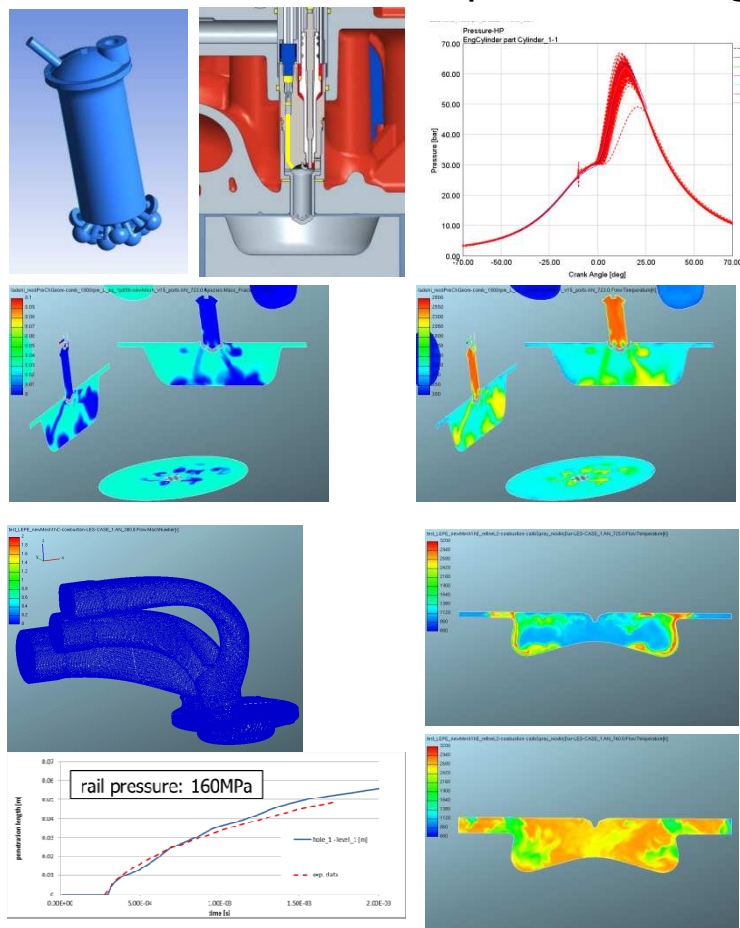
Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- AutoSymposium a Kolokvium Božek 31. 10. až 2. 11. 2017, Roztoky -



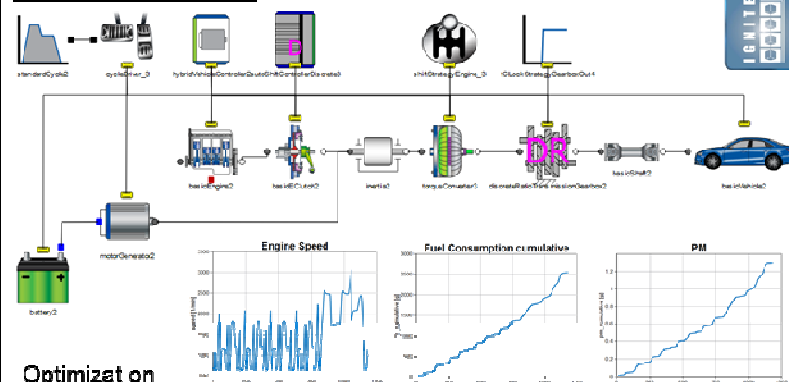
Abstract 2017 of WP05 Virtual thermodynamic ICE – SW for simulation/optimization of combustion

ČVUT: Diesel ICE & pre-chamber ignition

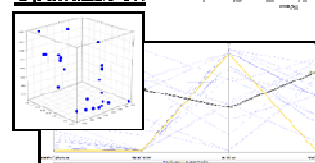


Ricardo: SW IGNITE

Simulation SW IGNITE

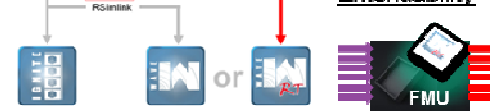


Optimization

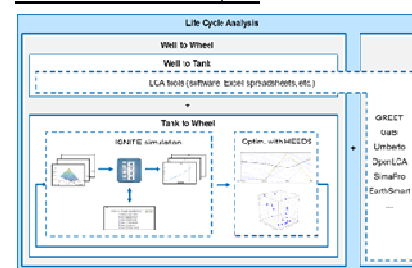


FMU

Extendability

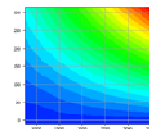


Well to Wheel analysis



Modelon

MODELICA



TE 0102 0020

**T A
Č R**

Technologická agentura
České republiky

Str. 26



Za WP 04 O. Vitek, ČVUT v Praze