

WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

Vedoucí konsorcia podílející se na pracovním balíčku

České vysoké učení technické v Praze, zodpovědná osoba Ing. Marcel Škarohlíd, Ph.D.

Členové konsorcia podílející se na pracovním balíčku

Technická univerzita v Liberci – S. Beroun; AICTA Design Work, s.r.o. – J. Hořenín; ~~BRANO – Havrda~~

Hlavní cíl balíčku

WP03A - Přizpůsobení přípravy směsi a spalovacích systémů vozidlových nebo zdrojových spalovacích motorů různým plyným palivům z biomasy, zpracování odpadů nebo odpadních plynů z různých výrobních procesů bez větší ztráty účinnosti motoru na úrovni regulovaného znečištění oxidy dusíku. (ČVUT, AICTA)

WP03B - Optimalizace konstrukce palivového systému se vstřikováním kapalného LPG do sacího (plnicího) traktu motoru, výroba funkčních vzorků vstřikovačů LPG, ověřovací laboratorní zkoušky vozidlových motorů při provozu na LPG. (TUL)

WP03C - Zlepšení nezávislých vozidlových topení použitím hořáků s nulovými emisemi CO₂. (BRANO, ČVUT)

WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

Dílčí cíle balíčku pro nejbližší období

WP03A - dílčím cílem/milníkem jsou zobecněné pokyny pro využití paliv v závislosti na aktuálních požadavcích trhu a splňující 5% neobnovitelného CO₂, výstupem prototyp motoru na pyrolýzní plyn a výsledkem software pro modelování motorů na různé plyny (12/2017, ČVUT Škarohlíd)

WP03B - dílčím cílem/milníkem jsou palivové systémy pro vozidlové motory se vstřikováním kapalného LPG a jejich optimalizace, palivový systém plynového vznětového (dvojpalivového) vozidlového motoru se vstřikováním kapalného LPG, výstupem směrnice pro konverzi vozidlového vznětového motoru na vozidlový plynový motor na LPG a výsledkem funkční vzorek vozidlového zážehového motoru se vstřikováním kapalného LPG s vysokou provozní spolehlivostí (12/2017, TUL Beroun)

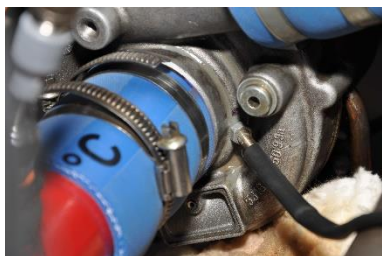
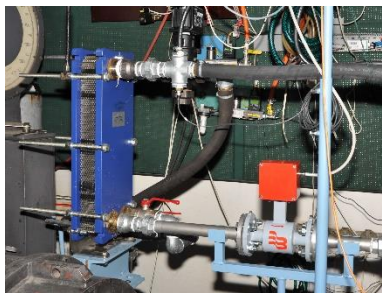
WP03C - dílčím cílem/milníkem jsou zkoušky emisí a účinnosti spalování nového nezávislého vozidlové topení a výstupem prototyp kompletního nového vozidlového topení s novým hořákem a spalovací komorou na paliva z obnovitelných zdrojů (12/2016, ČVUT Škarohlíd/Miklánek x Brano Havrda ?)

Popis obsahu balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

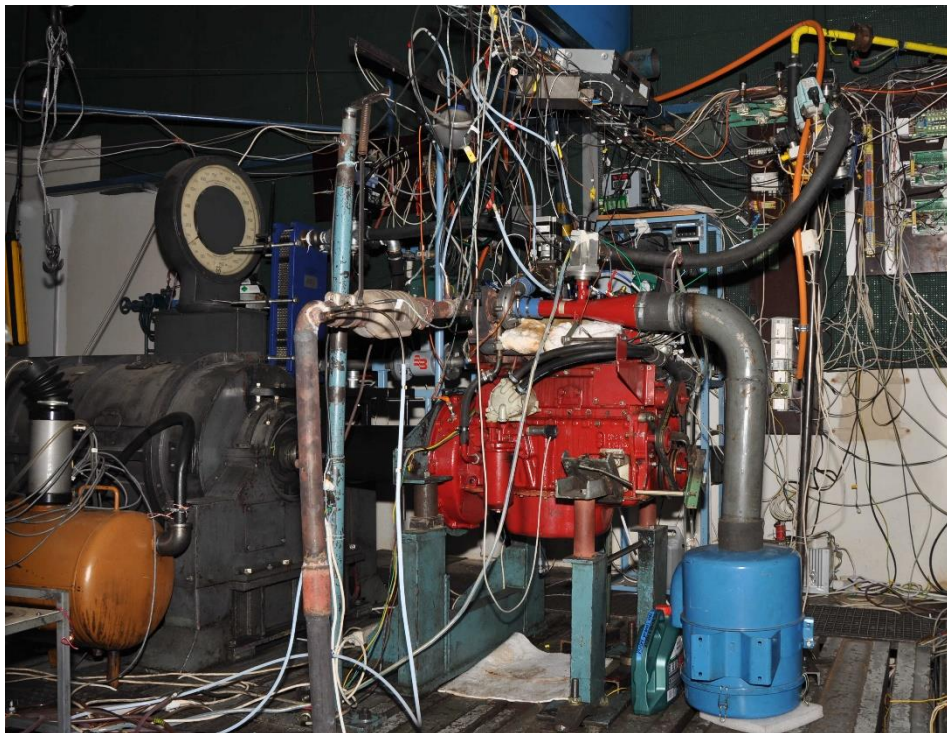
WP03A - Popis výstupů a výsledků

WP03M05: Zobecněné pokyny pro využití paliv v závislosti na aktuálních požadavcích trhu a splňující 5% neobnovitelného CO₂

Úprava nového testovacího stanoviště pro prototyp motoru:



PLYNOVÁ TRASA

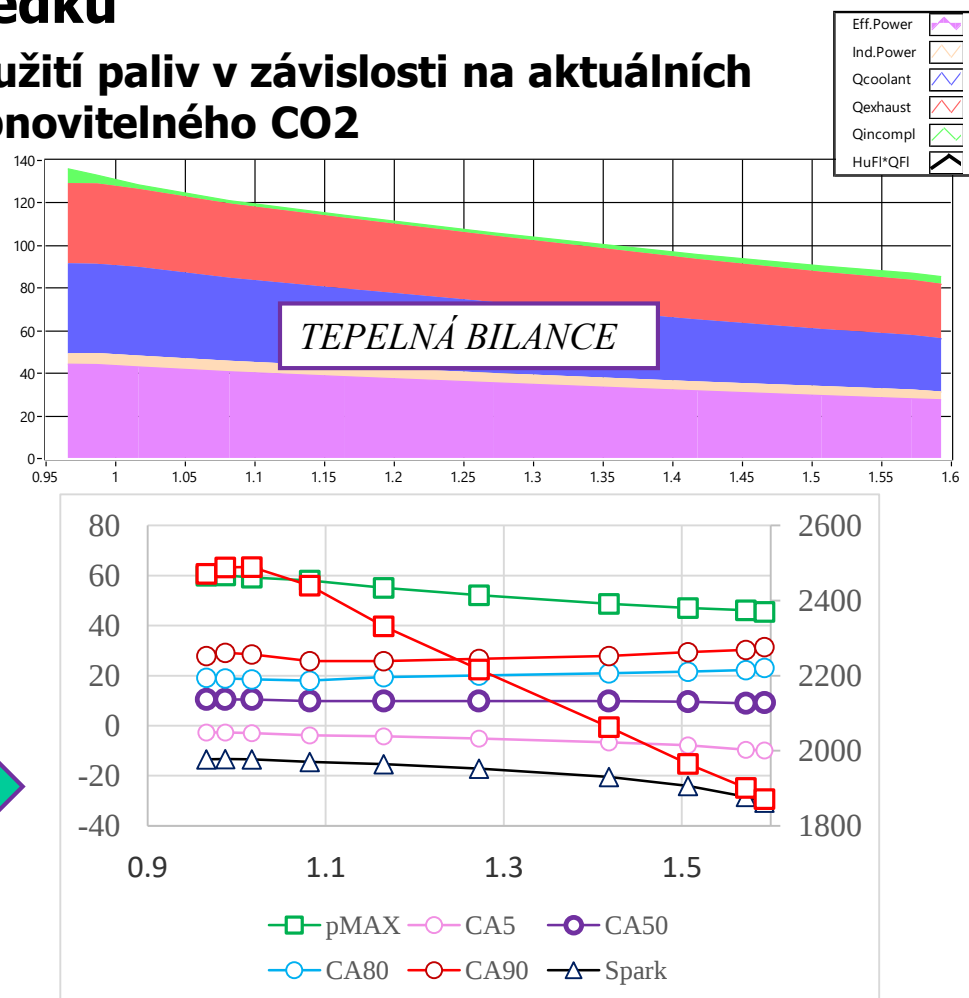
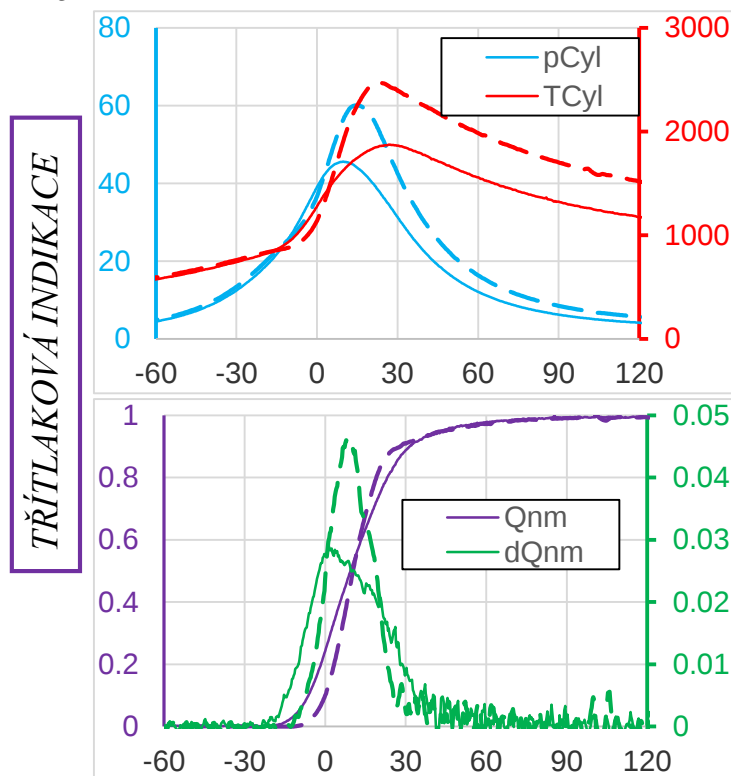


Popis obsahu balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

WP03A - Popis výstupů a výsledků

WP03M05: Zobecněné pokyny pro využití paliv v závislosti na aktuálních požadavcích trhu a splňující 5% neobnovitelného CO2

Referenční měření:



Popis obsahu balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

WP03A - Popis výstupů a výsledků

WP03M05: Zobecněné pokyny pro využití paliv v závislosti na aktuálních požadavcích trhu a splňující 5% neobnovitelného CO₂

Příprava plyných paliv:

plyn přesného složení dodaný standardním výrobcem (Linde, Air Products, AirLiquide, atd.)
=> cena plynu spotřebovaného za hodinu provozu motoru v řádech statisíců Kč

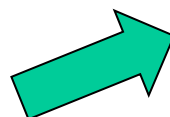
Složení požadovaných paliv:

	B-H ₂ O	B-CO ₂	PYR
CH ₄	8,5%	4,9%	20,6%
C ₂ H ₆	1,9%	1,2%	21,9%
C ₃ H ₈	0,0%	0,0%	11,4%
C ₄ H ₁₀	0,0%	0,0%	5,6%
CO	19,7%	31,7%	17,8%
CO ₂	31,0%	52,8%	11,1%
H ₂	38,9%	9,5%	11,3%
N ₂	0,0%	0,0%	0,4%

úprava plynové tratě - rozšíření na možnost smíchání tří přídavných složek a zemního plynu, investice v řádech tisíců Kč

CO, CO₂, H₂

výstupem prototyp motoru na pyrolyzní plyn a výsledkem software pro modelování motorů na různé plyny (12/2017)



Popis obsahu balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

WP03B - Popis výstupů a výsledků

WP03A14: Experimentální výzkum a vývoj konverze motorů na kapalná paliva pro použití LPG

Plynový vznětový (tzv. dvojpalivový) motor – původní vozidlový vznětový přeplňovaný motor CUMMINS ISBE-150 (EURO 4 – 4BTA) ($V_z = 4,5 \text{ dm}^3$)

- vznětový motor s palivovým systémem Common Rail a vlastní EŘJ
- řízení v závislosti na provozním režimu motoru pomocí EŘJ Solaris Diesel+LPG, propojení s původní EŘJ pro kapalná paliva
- vnější tvoření směsi vstřikováním kapalného LPG (2 varianty umístění nového provedení vstřikovačů LPG v plnicím systému motoru)
- výpočtovým odhadem stanoveno seřízení vznětového motoru CUMMINS pro dvojpalivový provoz nafta + LPG v režimech ZCH (0% - nízké, 30-40% plné zatížení)



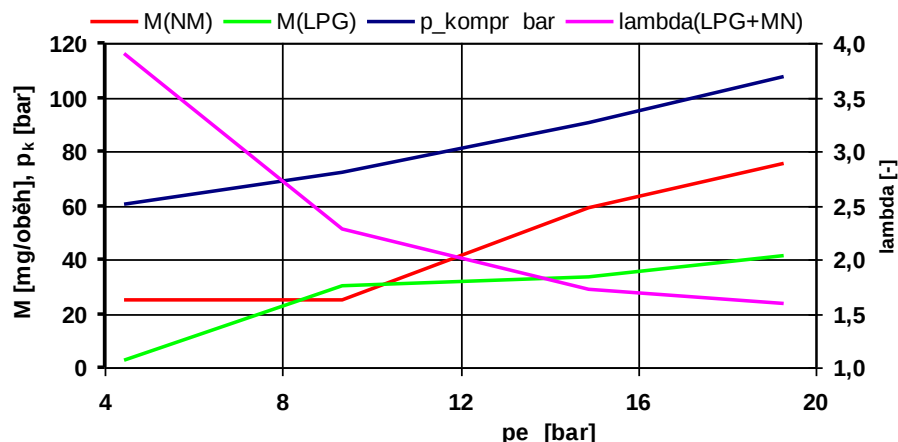
Popis obsahu balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

WP03B - Popis výstupů a výsledků

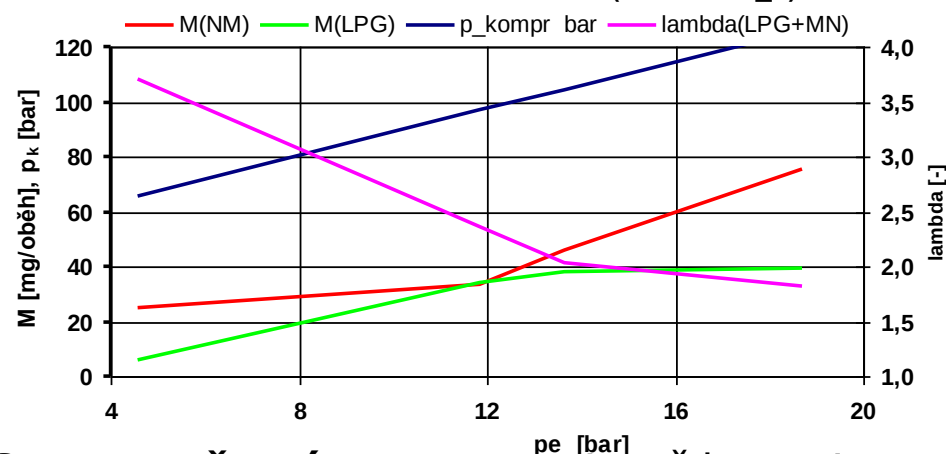
WP03A14: Experimentální výzkum a vývoj konverze motorů na kapalná paliva pro použití LPG

Podíl LPG v čerstvé náplni válce při vyšším zatížení motoru respektuje nízkou odolnost LPG proti klepání v podmínkách kompresního poměru vznětového motoru, zároveň musí dávka vstřikované nafty zajišťovat účinné chlazení vstřikovací trysky. Optimalizace seřízení poměru nafta/LPG v závislosti na provozním režimu motoru bude obsahem prací v r. 2017.

CUMMINS-duál: ZCH 1488 1/min (studie-var_2)



CUMMINS-duál: ZCH 1890 1/min (studie-var_2)



Spalování homogenní směsi vzduch+LPG ve vznětovém motoru je vždy spojeno s významným zvýšením obsahu HC ve výfuk. plynech: tento problém bude rovněž obsahem experimentálního výzkumu v r. 2017.

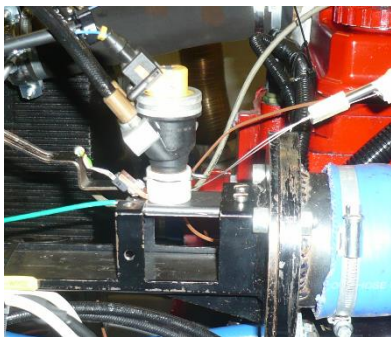
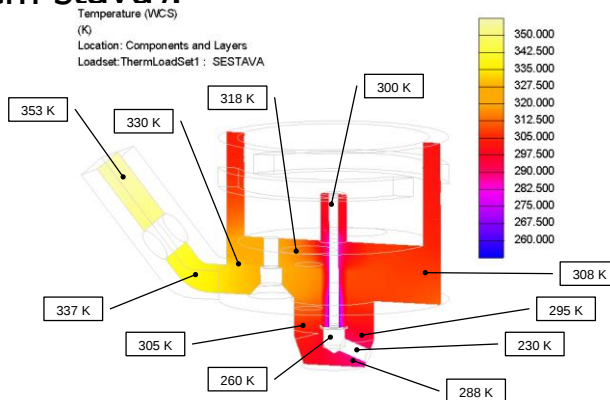
Popis obsahu balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

WP03B - Popis výstupů a výsledků

WP03A14: Experimentální výzkum a vývoj konverze motorů na kapalná paliva pro použití LPG

Probíhají funkční zkoušky nového provedení vstřikovačů LPG v kapalném stavu s vysoce účinným ohřevem výtokové trysky. Základní rozměry trysky v EV vstřikovače LPG a geometrie koncové části vstřikovače (EPI) LPG byly stanoveny výpočtovým odhadem (modelováním průběhu vstřikování dávky LPG v kapalném stavu).

Výsledek modelování teplotního pole na novém provedení EPI při vstřikování plné dávky LPG ukazuje obrázek



Funkční zkoušky nového provedení vstřikovače LPG s elektrickým ohřevem výtokové trysky na motoru Cummins: vstřikovač je umístěn před sací potrubí motoru tak, aby směs vytvořená vstřikováním LPG bylo spotřebována motorem. Měření prováděná na vstřikovači jsou využita pro řešení finální varianty vstřikovače LPG v kapalném stavu.

Popis obsahu balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

WP03B - Popis výstupů a výsledků

WP03A14: Experimentální výzkum a vývoj konverze motorů na kapalná paliva pro použití LPG

Měření na vstřikovači LPG: teploty na výtokové trysce bez ohřevu a s ohřevem, vizualizace vstřiku



Doba vstřiku 7 ms, $f_{vstř} = 2000$ 1/min, $M_{LPG/1} = 12,3$ mg

Snímek vlevo bez ohřevu, $t_{tryska} = -27$ °C (námraza)

Snímek vpravo s ohřevem, $t_{tryska} = 10$ °C



Doba vstřiku 14 ms, $f_{vstř} = 2000$ 1/min, $M_{LPG/1} = 24$ mg

Snímek vlevo bez ohřevu, $t_{tryska} = -33$ °C (námraza)

Snímek vpravo s ohřevem, $t_{tryska} = 9$ °C

Popis obsahu balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

WP03C - Popis výstupů a výsledků

WP03M06: Zkoušky emisí a účinnosti spalování nového nezávislého vozidlové topení

Data naměřená na prototypu GREEN B V1 pomocí analyzátoru ČVUT v Praze:



*MĚŘENÍ PARAMETRŮ
PROTOTYPU GREEN B V1
pomocí analyzátoru ČVUT v
Praze*



*MĚŘENÍ PARAMETRŮ PROTOTYPU GREEN B V1
pomocí původního analyzátoru v BRANO*



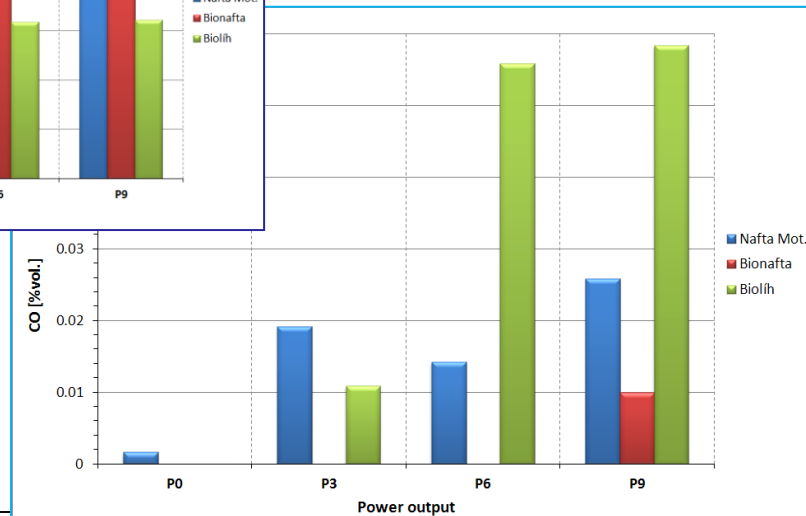
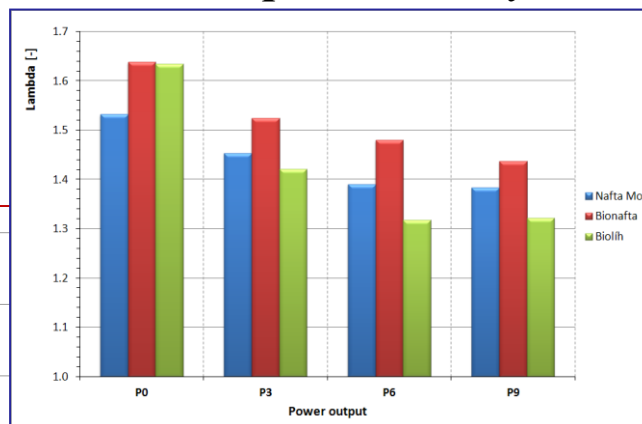
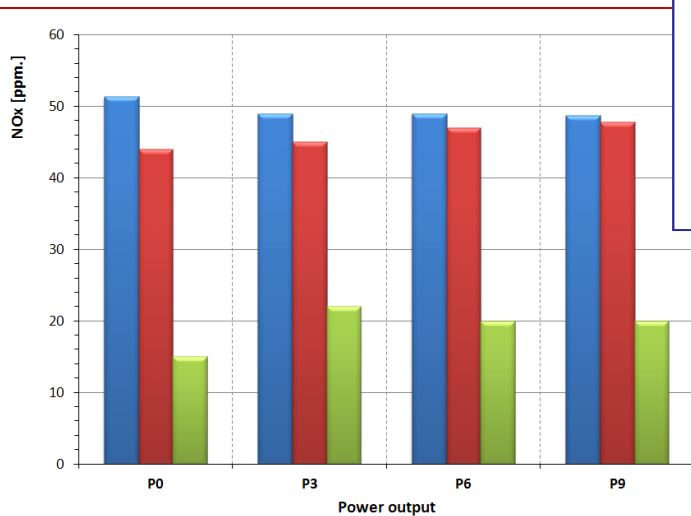
Popis obsahu balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

WP03C - Popis výstupů a výsledků

WP03M06: Zkoušky emisí a účinnosti ...

2/ Provedeno prověření parametrů prototypů NT pro B100, E100 a zjištěna experimentální závislost CO na otáčkách dmychadla spalovacího vzduchu pro ethanol E100 – prototyp G BV1

Data naměřená na prototypu GREEN B V1 pomocí analyzátoru ČVUT v Praze , se zaměřením na NOx a CO:

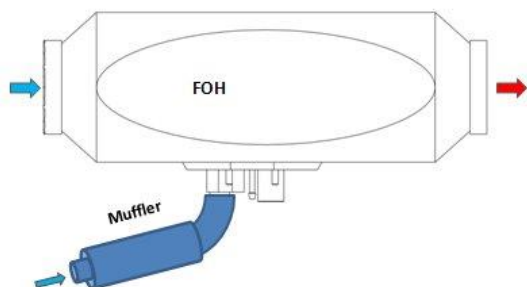


Popis obsahu balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

WP03C - Popis výstupů a výsledků

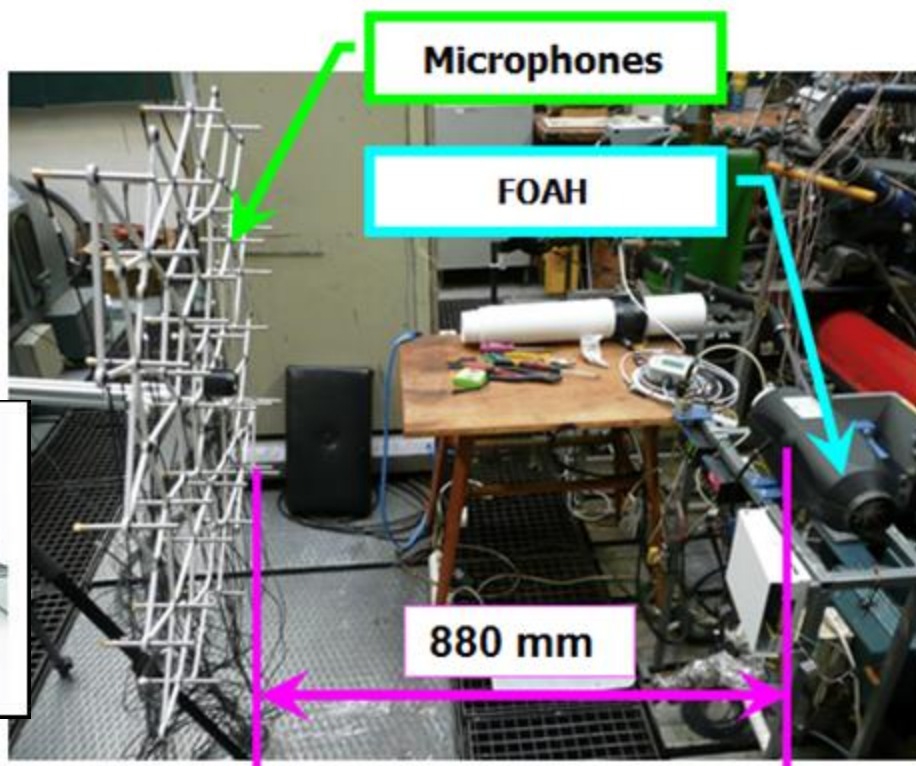
WP03C04: Prototyp kompletního nového nezávislého vozidlového topení s novým hořákem a spalovací komorou vhodného pro paliva z obnovitelných zdrojů

- Identifikace zdroje tzv. vysokofrekv. hluku (8-12kHz) topení v režimu P0 pomocí akustické kamery:



Akustická kamera Noise Inspector:

- Mikrofonní pole: Pavoučí síť,
- Počet mikrofonů: 32,
- Velikost pole: 800x800 mm,
- Frekvenční rozsah: 20Hz – 20kHz,
- HD algoritmy: DAS Beamforming, MUSIC



Popis obsahu balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

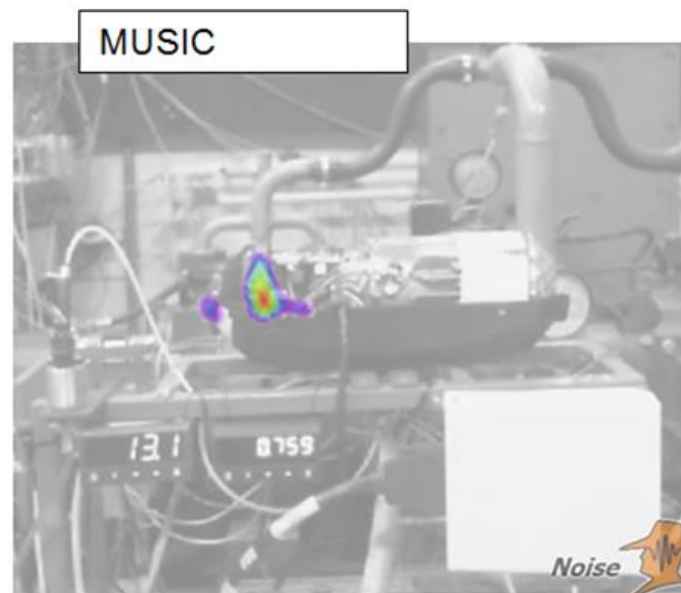
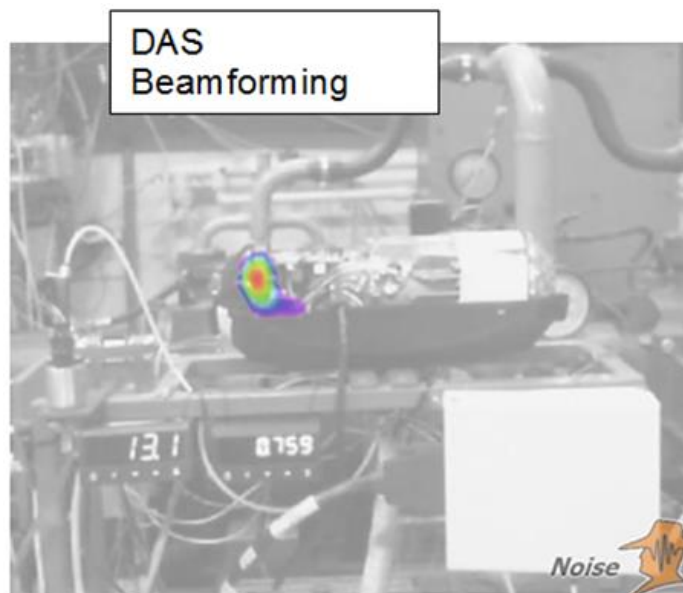
WP03C - Popis výstupů a výsledků

WP03C04: Prototyp kompletního nového nezávislého vozidlového topení s novým hořákem a spalovací komorou vhodného pro paliva z obnovitelných zdrojů

- Identifikace zdroje tzv. vysokofrekv. hluku topení v režimu P0 pomocí akustické kamery:

**Výsledky z obou
algoritmů (freq.
od 8kHz do 12
kHz):**

→ jsou takřka
identické,
→ lokace hluku: levá
strana elektromotoru,



Popis obsahu balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

WP03C - Popis výstupů a výsledků

WP03C04: Prototyp kompletního nového nezávislého vozidlového topení s novým hořákem a spalovací komorou vhodného pro paliva z obnovitelných zdrojů

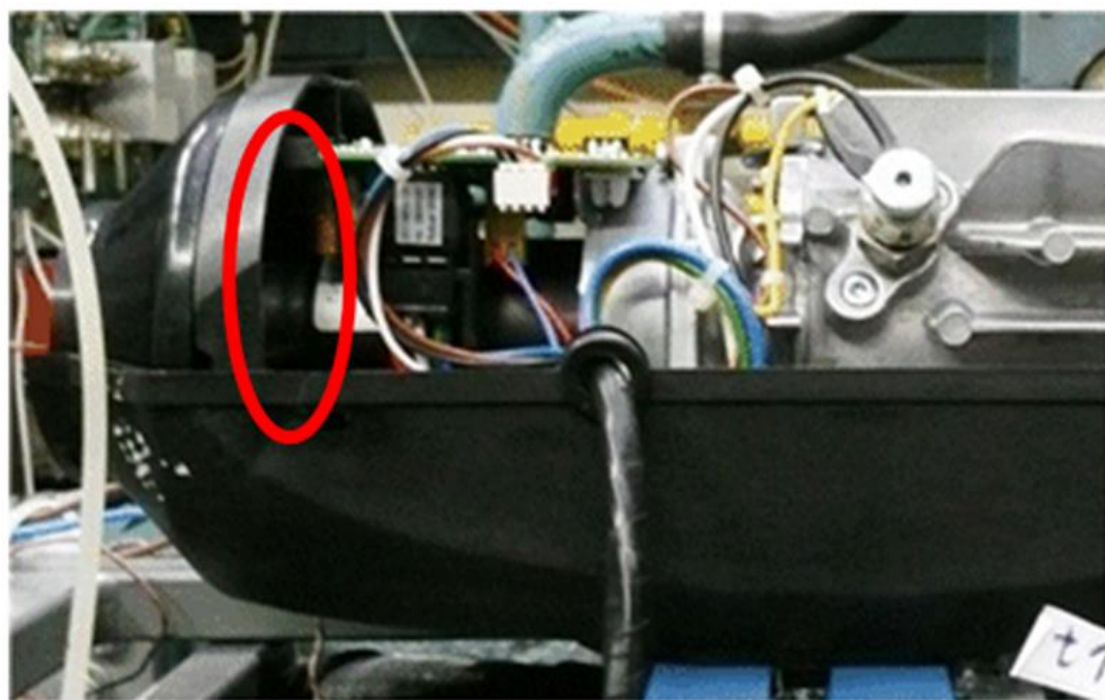
- Identifikace zdroje tzv. vysokofrekv. hluku topení v režimu P0 pomocí akustické kamery:

Výsledek:

→ zdroj vysokofrekv.
hluku: **levá strana
elektromotoru,**

Snížení vysokof. hluku:

→ vhodnou akustickou izolací,
→ použít jiný typ elektromotoru.



Plnění cílů, milníků a výstupů balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

Plnění dílčích cílů, milníků a výstupů

WP03A – na rok 2016 nejsou plánovány

WP03B – na rok 2016 nejsou plánovány

WP03C

WP03M06: Zkoušky emisí a účinnosti spalování nového nezávislého vozidlové topení.

WP03C04: Prototyp kompletního nového nezávislého vozidlového topení s novým hořákem a spalovací komorou vhodného pro paliva z obnovitelných zdrojů.

TE01020020DV005 - WP03V005: Prototyp kompletního nového vozidlového topení s novým hořákem a spalovací komorou na paliva z obnovitelných zdrojů.

Splněné výsledky balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

Přehled splatných výsledků a jejich plnění

WP03A

TE01020020V033 – Patent pro plynové motory využívající nekvalitní L-grade plyny různého složení (12/2016)

Získány 2 patenty č. 304888 a č. 305218

WP03B - nejsou plánované

WP03C

TE01020020V057 - Patent hořáku a spalovací komory pro nezávislé topení (NT) na paliva z obnovitelných zdrojů (12/2016)

Získány 2 patenty č. 305301 a č. 305302

Návrh dalšího postupu v balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

Návrh dalšího postupu včetně návrhů na spolupráci a realizaci výstupů

WP03A

Měření bioplynů a pyrolýzních plynů různého složení dle aktuálních požadavků na upraveném testovacím stanovišti (2017).

WP03B

Výzkum vozidlového dvojpalivového motoru - nafta + LPG (2017)

WP03C

Tato část bude ukončena koncem roku 2016

Návrh dalšího postupu v balíčku WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

Děkuji za pozornost.

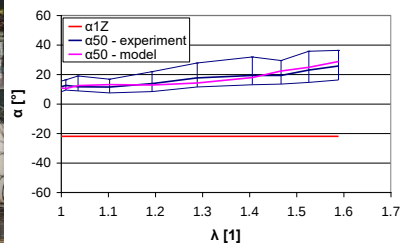
Výťah z prací 2012-2016 na WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

ČVUT + AICTA

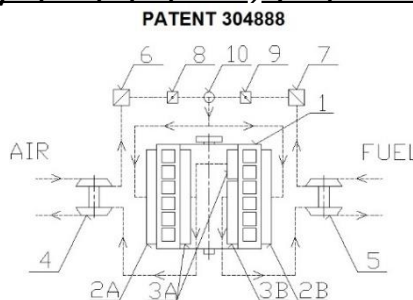
Motory na L-grade a pyrolyzní plyny a plyny s H_2 (experiment+simulace+směrnice+patent)



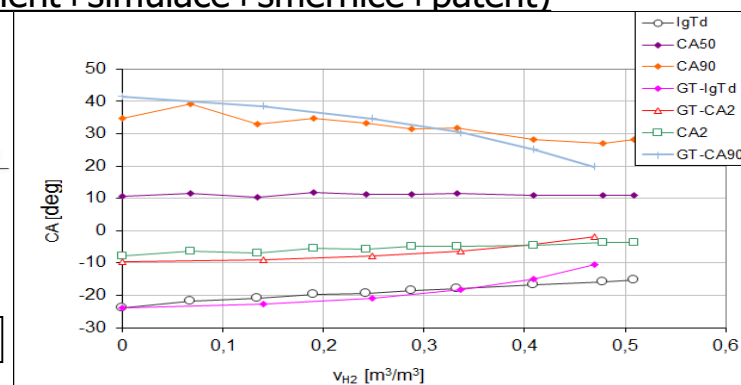
Testovací stanoviště ČVUT s
prototypem motoru



Plynná směs CH_4/C_2H_6
Závislost CA50 na součiniteli přebytku vzduchu



Získány patenty č. 304888 and 305218



Porovnání modelové a experimentální závislosti vybraných fází průběhu uvolněného tepla hořením na podílu vodíku v palivu

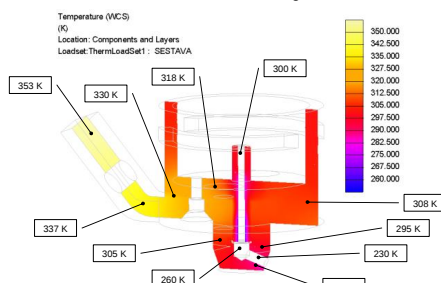
TUL Vstřikovače LPG & Duální motor (model + experiment)



Měření na vstřikovači LPG - vizualizace vstřiku
Doba vstřiku 14 ms, $v_{fst} = 2000$ 1/min
MLPG/1 = 24 mg



Plynný vznětový (tzv. dvojpaliivový) motor –
původní vozidlový vznětový přepínávací motor
CUMMINS ISBE-150 (EURO 4 – 4BTA)



Výsledky modelování teplotního pole koncové části vstřikovače LPG

ČVUT + BRANO

Nezávislé
vozidlové
topení
(experiment
patent
prototyp)

Získány patenty č. 305301 a 305302



Prototyp čerpadla paliva, nezávislého topení, hořáku a spalovací komory

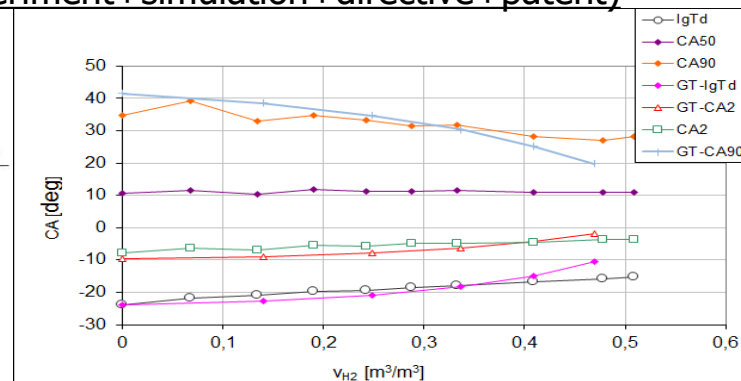
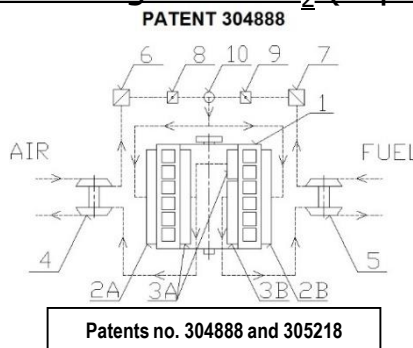
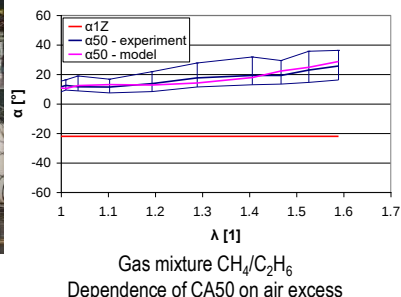
Results of WP03 Matching ICE to future alternative fuels and innovative systems to reduce pollution and emissions of GHG – Achieved 2012-2016

ČVUT + AICTA

Engines on L-grade and pyrolysis gases and gas with H_2 (experiment+simulation+directive+patent)



CTU test bed with engine prototype



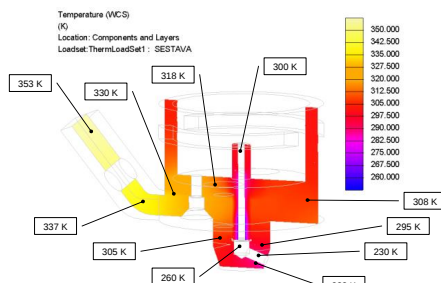
TUL LPG injectors & Dual fuel engine (model + experiment)



LPG injector measurement - injection visualization
Injection duration 14 ms, $v_{fstř} = 2000$ 1/min,
MLPG/1 = 24 mg



Gas diesel(dual fuel) engine – vehicle
turbocharged diesel engine CUMMINS ISBE-150
(EURO 4 – 4BTA)



ČVUT + BRANO

Independent
vehicle
heating
(experiment
patent
prototype)

Patents no. 305301 and 305302



Prototype of fuel pump, independent heater, burner and combustion chamber



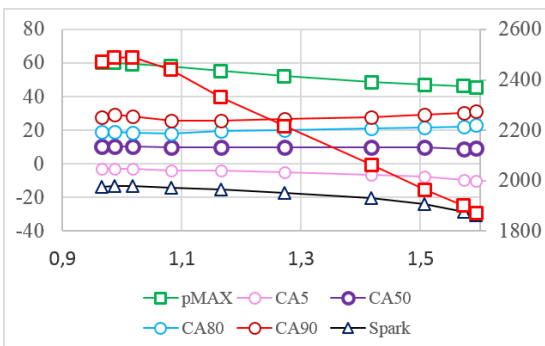
Výťah za r. 2016 z provedených prací na WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

ČVUT + AICTA

Motory na alternativní plyny (měření+simulace+směrnice+patenty)



Nové testovací stanoviště s prototypem motoru



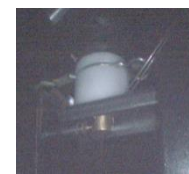
Maximální tlak a teplota ve válci, fáze průběhu vývinu tepla v závislosti na součiniteli přebytku vzduchu

TUL

Vstřikovače LPG & Duální motor
(model+experiment)



Měření na vstřikovači LPG - vizualizace vstřiku
Doba vstřiku 14 ms, $\dot{V}_{\text{vstř}} = 2000 \text{ l/min}$,
MLPG/1 = 24 mg



Plynový vznětový (tzv. dvojpalivový) motor –
původní vozidlový vznětový přeplňovaný motor
CUMMINS ISBE-150 (EURO 4 – 4BTA)

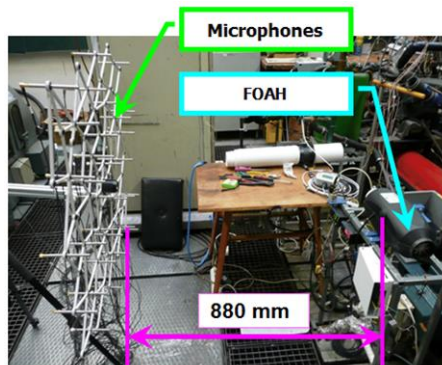
ČVUT + BRANO

Nezávislé vozidlové topení (experiment+patenty+prototypy)

Získány patenty č. 304888 a 305218



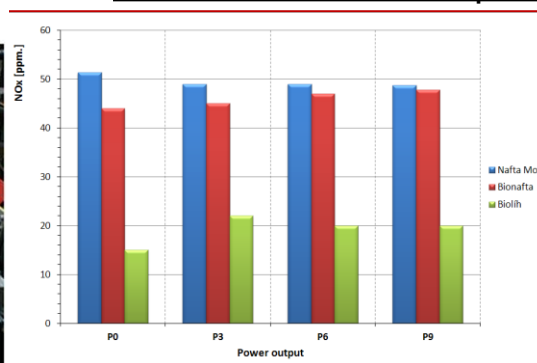
Měření hluku nezávislého topení akustickou kamerou



Microphones

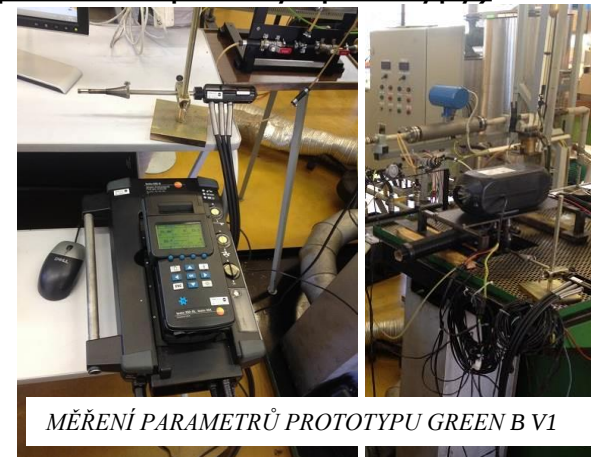
FOAH

880 mm



Výsledky měření emisí oxidů dusíku nezávislého topení
pro jednotlivé úrovně výkonu

Získány patenty č. 305301 a 305302



MĚŘENÍ PARAMETRŮ PROTOTYPU GREEN B V1

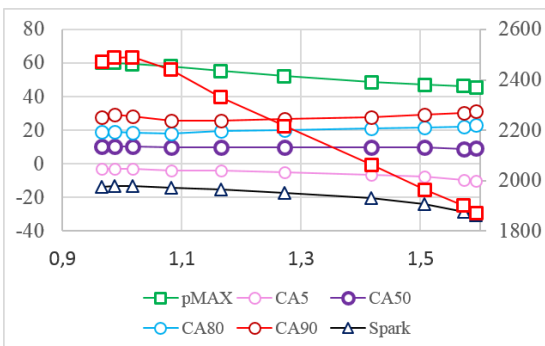
Abstract 2016 of WP03 Matching ICE to future alternative fuels and innovative systems to reduce pollution and emissions of GHG

ČVUT + AICTA

Alternative fuel engines (experiment+simulation+directive+patents)



New test bed with prototype of engine



Maximum in-cylinder pressure and temperature, phases of heat release pattern for different air excess

TUL

LPG injectors & Dual fuel engine
(model+experiment)



LPG injector measurement - injection visualization
Injection duration 14 ms, $f_{vstř} = 2000$ 1/min,
MLPG/1 = 24 mg

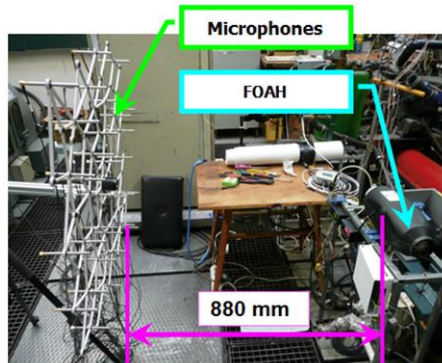


Gas diesel(dual fuel) engine - vehicle
turbocharged diesel engine CUMMINS ISBE-150
(EURO 4 - 4BTA)

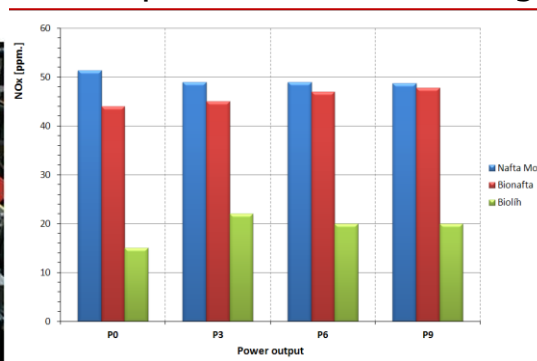
ČVUT + BRANO

Independent vehicle heating (experiment+patents+prototypes)

Patents no. 304888 and 305218

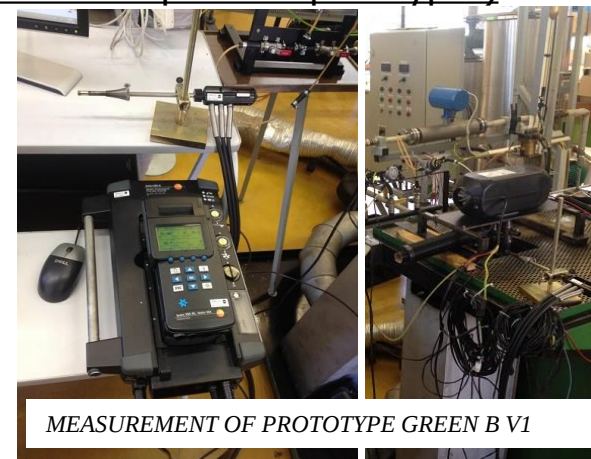


Independent heating noise measurement with acoustic camera



The results of NOx emission measurement of independent heating for each level of performance

Patents no. 305301 and 305302



MEASUREMENT OF PROTOTYPE GREEN B V1