



Popis obsahu balíčku WP13: Aerodynamika motorového prostoru a chlazení

WP13: Aerodynamika motorového prostoru a chlazení Vedoucí konsorcia podílející se na pracovním balíčku

České vysoké učení technické v Praze, zodpov. osoba Doc. Ing. Jan Novotný Ph.D.

Členové konsorcia podílející se na pracovním balíčku

ŠKODA AUTO a. s. A. Vrána, České vysoké učení technické v Praze J. Novotný,

Hlavní cíl balíčku

Vývoj experimentálních a numerických postupů sloužících pro návrh nových separátorů a tvarovou optimalizaci výměníků tepla uvnitř motorového prostoru. Cílem je zvýšení účinnosti nově navržených separátorů a zlepšení termodynamických vlastností optimalizovaných výměníků. Plnění vytčených cílů jsme zajistili návrhem a finální realizací dvou prototypů separátorů a optimalizovaným výměníkem tepla s upravenými vstupními a výstupními kanály.

Dílčí cíle balíčku pro nejbližší období

WP13V004: Funkční vzorek optimalizovaného výměníku tepla.

WP13V005: Funkční vzorky optimalizovaného modelu separátoru s vyšší účinností.

WP13V006: Technický návod pro konstrukci nových chladičů (s cílem snížení třecích ztrát chladičů a zvýšení přestupu tepla).



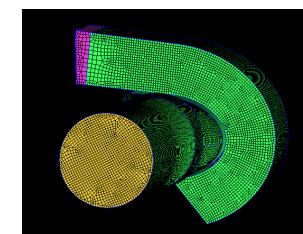
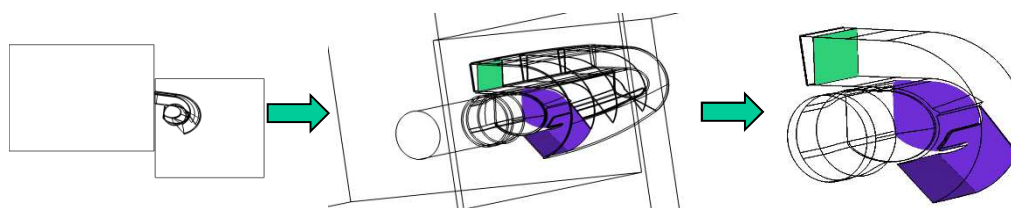
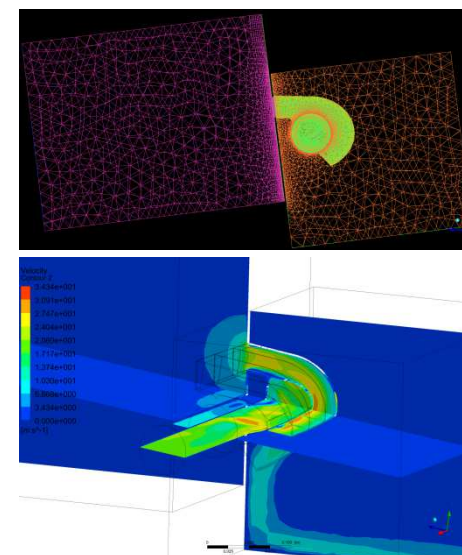
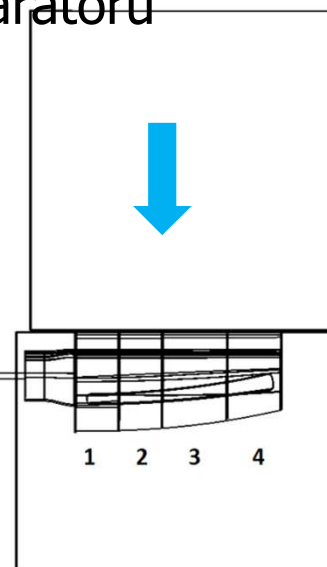
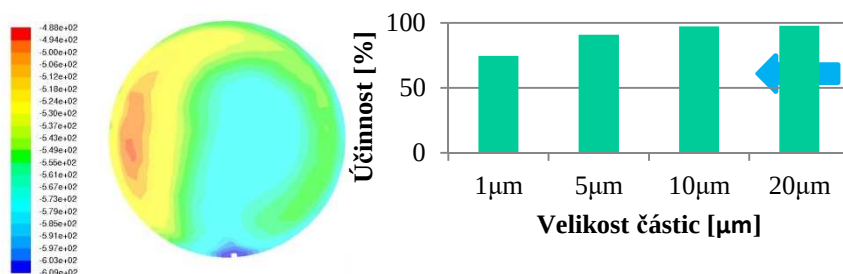
Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP13: Aerodynamika motorového prostoru a chlazení

Plnění cílů

Numerické simulace proudění uvnitř separátorů

Schéma výpočtu dvoufázového proudění

- Stacionární výpočet proudového pole
- Výběr/ nalezení oblasti vstupu druhé fáze
- Nestacionární výpočet pohybu druhé fáze



Nestacionární výpočet pohybu druhé fáze - příprava

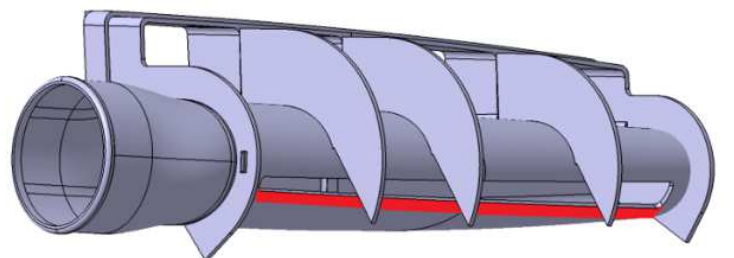


Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP13: Aerodynamika motorového prostoru a chlazení

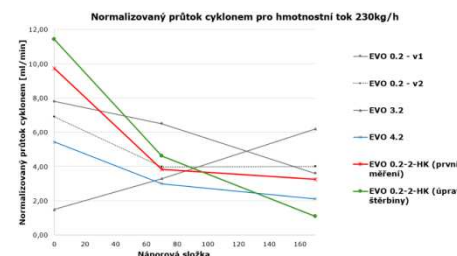
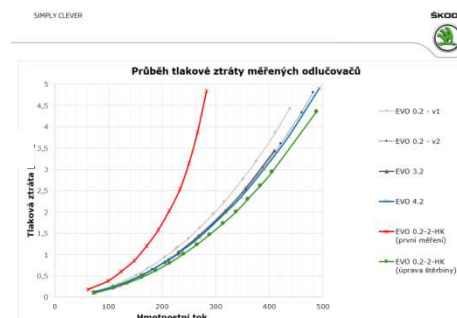
Plnění cílů

Funkční vzorky optimalizovaného modelu separátoru s vyšší účinností.

Návrh a výroba separátoru



Výsledky měření



EVO 0.3 (ŠA)	EVO 4.3 (ŠA)
pravé	levé
3	2
$\Delta m = 12g$	$\Delta m = 53g$
CONFIDENTIAL	ŠKODA



Popis obsahu balíčku WP13: Aerodynamika motorového prostoru a chlazení

Nový matematický model – Dělený model a úprava geometrie výměníku

- Výpočet rozdělen na dvě části a to na svazek trubek a na lamely.

- Svazek trubek – $\overline{Nu}_D = C \cdot Re_{D,max}^m \cdot Pr^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_s}\right)^{1/4}$

Lamely (laminární proudění) – $q = 2 \cdot h \cdot A_t \cdot \eta_o \cdot \theta_{b,1m}$

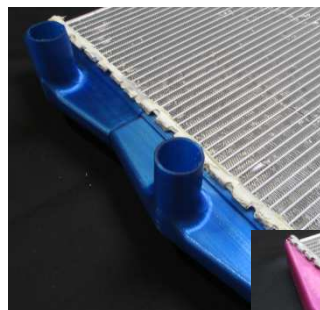
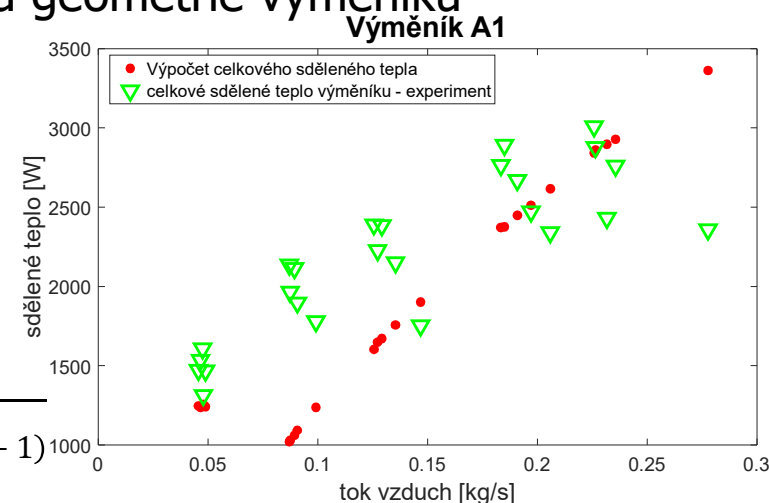
Lamely (turbulentní proudění) – $Nu_D = \frac{\left(\frac{f}{8}\right) \cdot (Re_D - 1000) \cdot Pr}{1 + 12,7 \cdot \left(\frac{f}{8}\right)^{1/2} \cdot (Pr^{2/3} - 1)}$

Re [-]	1033	1055	988	1009	1027
Sdělené teplo – experiment [W]	1312,882	1469,716	1471,456	1535,379	1608,488
Sdělené teplo – výpočet [W]	1256,273	1241,825	1247,108	1236,349	1244,795
Rozdíl [%]	4	15,5	15	19	22

Tab. 2. Porovnání experimentálních a vypočtených dat

Re [-]	4415	4228	4097	3936	3971
Sdělené teplo – experiment [W]	2338,339	2469,562	2670,868	2767,304	2893,892
Sdělené teplo – výpočet [W]	2618,205	2510,008	2447,42	2370,247	2376,803
Rozdíl [%]	12	1,6	8	14	18

Tab. 3. Porovnání experimentálních a vypočtených dat





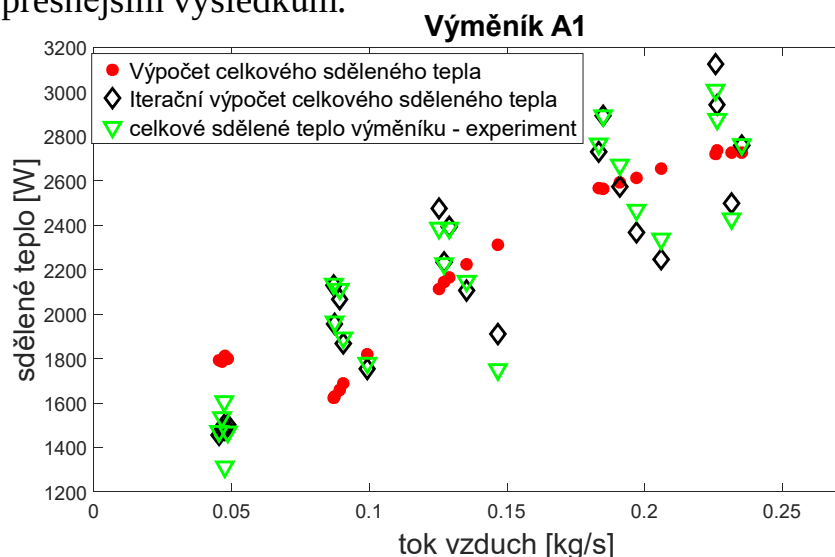
Návrh dalšího postupu v balíčku WP13: Aerodynamika motorového prostoru a chlazení

Schéma iteračního výpočtu a vliv iterací na výpočet

- K vypočteným sděleným teplům (s i bez iterace) byl přičten opravný koeficient K.

$$K = a \cdot \text{Průtok}_{\text{vzduch}}^b + c \cdot \text{Průtok}_{\text{vzduch}}$$

- Iterační výpočet má vliv hlavně na rozložení bodů.
- Při použití opravného koeficientu K je vidět, že iterační výpočet vede k přesnějším výsledkům.



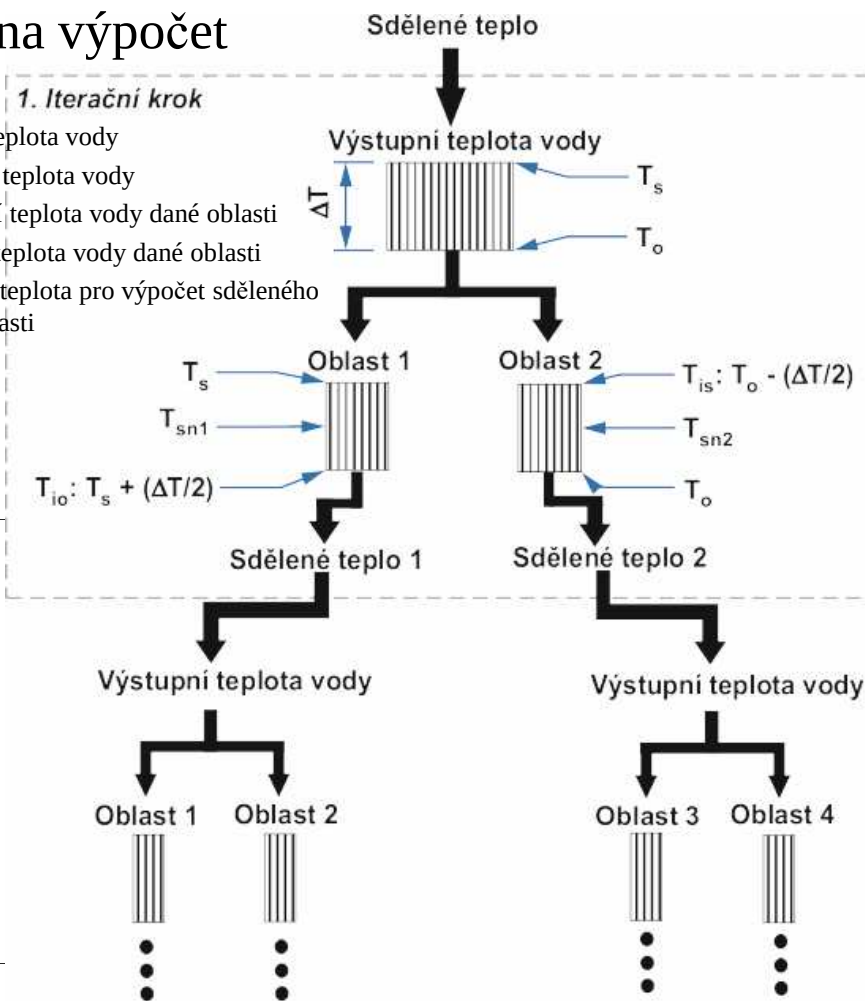
T_s – vstupní teplota vody

T_o – výstupní teplota vody

T_{io} – výstupní teplota vody dané oblasti

T_{is} – vstupní teplota vody dané oblasti

T_{sn} – vstupní teplota pro výpočet sděleného tepla dané oblasti





Návrh dalšího postupu v balíčku WP13: Aerodynamika motorového prostoru a chlazení

Úprava kritériálních rovnic

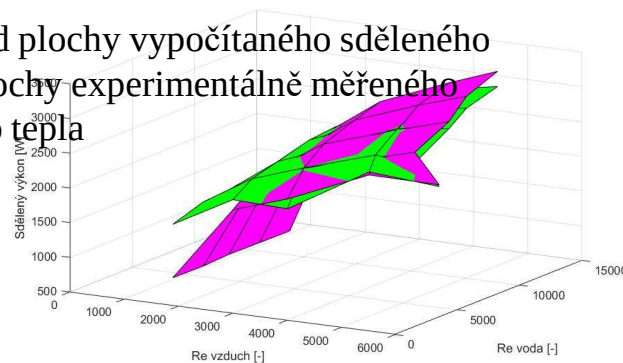
- Největší přestup tepla nastává na lamelách – proto je upravována kritériální rovnice pro sdílení tepla na lamelách pro turbulentní proudění.
- Byly vytvořeny dva opravné koeficienty. Koeficient C1 a C2.
- Dva způsoby aplikace C2 – na kritériální rovnici

$$Nu_D = \frac{\left(\frac{f}{8}\right) \cdot (Re_D - 1000) \cdot Pr}{1 + 12,7 \cdot \left(\frac{f}{8}\right)^{1/2} \cdot (Pr^{2/3} - 1)}$$

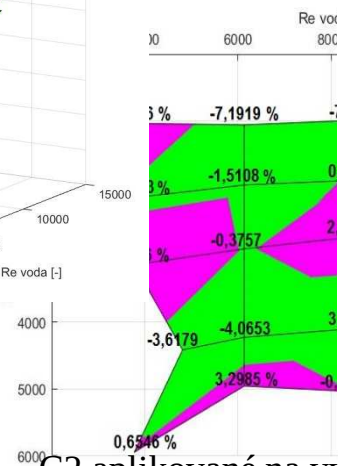
$$C_1 = \frac{Re_{poměr}^a}{Pr_{poměr}^b} \quad \text{na vypočtené sdílené teplo}$$

$$C_2 = (c \cdot Pe_{vzduch}^d + e \cdot Pe_{vzduch}^f) \cdot Pe_{vzduch}^g \cdot Re_{poměr}^h$$

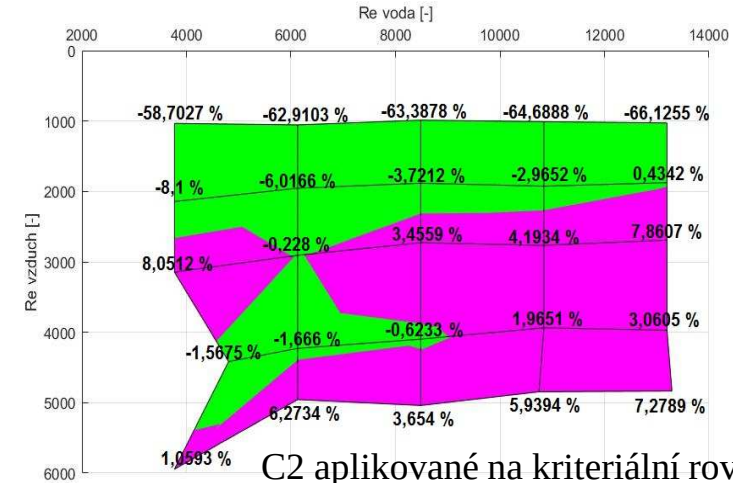
3D pohled plochy vypočítaného sdíleného tepla a plochy experimentálně měřeného sdíleného tepla



- Dosahovaná přesnost výpočtu v turbulentním proudění je do 10 %
- Je nutné zavést nové kritické Reynoldsovo číslo



C2 aplikované na vypočítané sdílené teplo



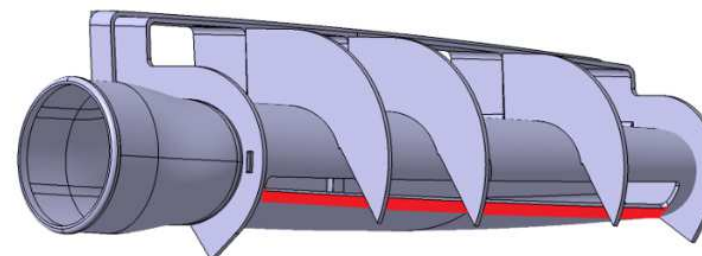
C2 aplikované na kritériální rovnici



Plnění cílů a výsledků, splněné výsledky balíčku WP13: Aerodynamika motorového prostoru a chlazení

Plnění cílů a výsledků

- Vývoj separátorů s vyšší účinností
- Funkční vzorky optimalizovaných výměníků

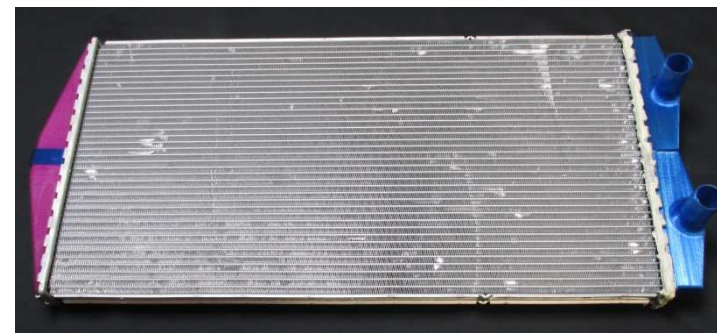
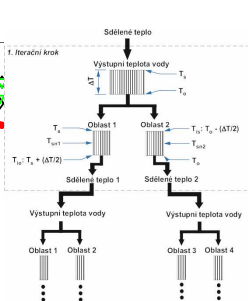
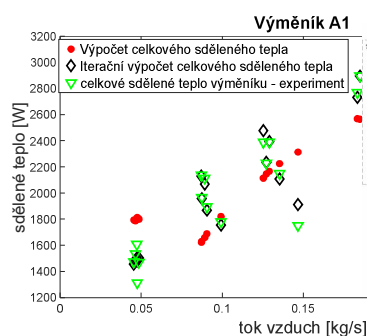


Přehled splatných výsledků a jejich plnění

WP13V004: Funkční vzorek optimalizovaného výměníku tepla.

WP13V005: Funkční vzorky optimalizovaného modelu separátoru s vyšší účinností.

WP13V006: Technický návod pro konstrukci nových chladičů (s cílem snížení třecích ztrát chladičů a zvýšení přestupu tepla).





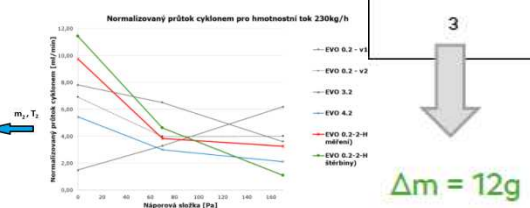
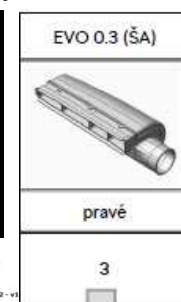
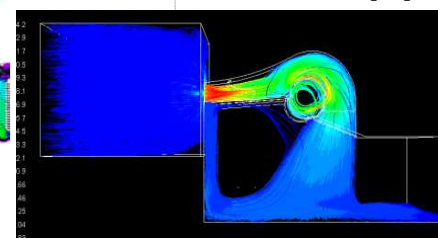
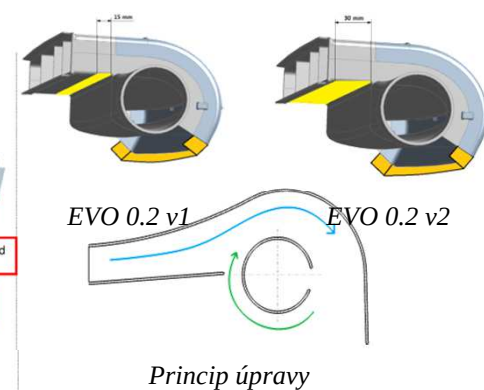
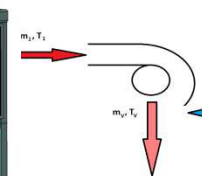
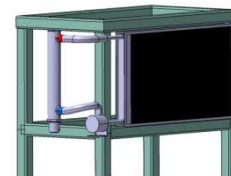
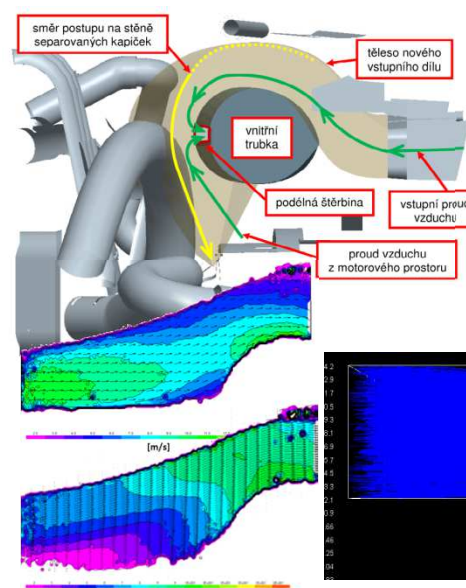
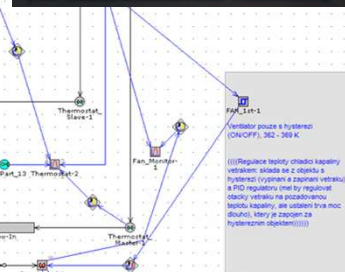
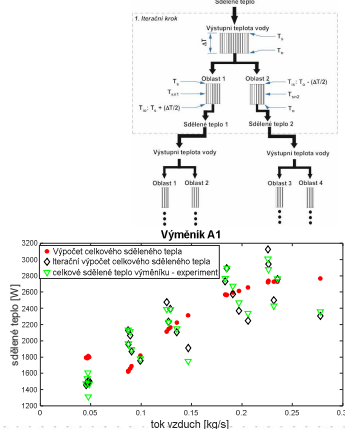
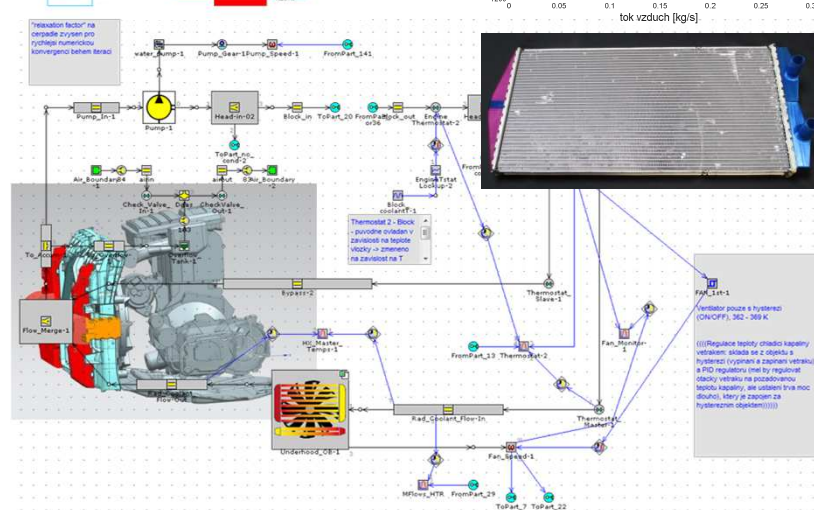
**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

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



Popis plnění balíčku WP13: Aerodynamika motorového prostoru a chlazení Abstrakt 2017



$\Delta m = 12g$

TE 0102 0020

**T A
Č R**

Technologická agentura
České republiky

Str. 8



Za WP 13 Jan Novotný, ČVUT v Praze



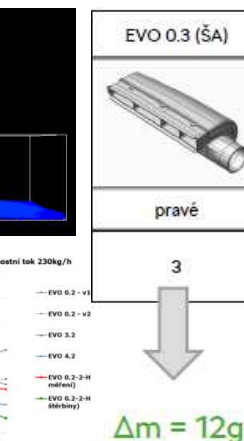
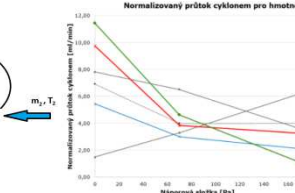
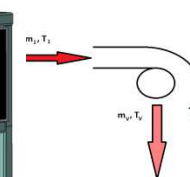
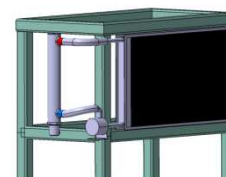
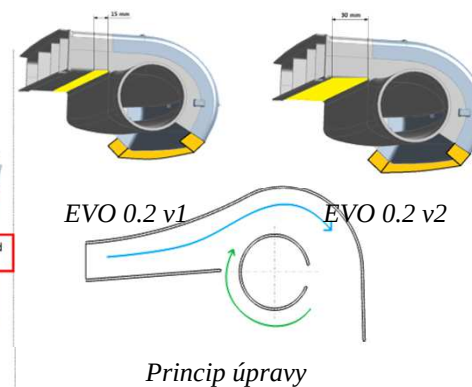
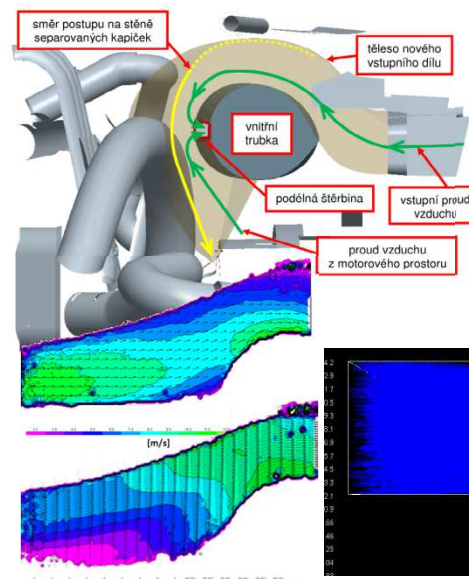
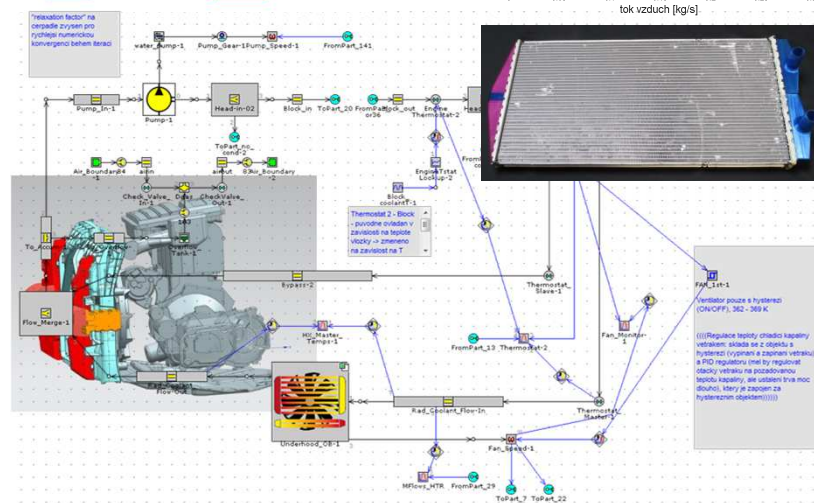
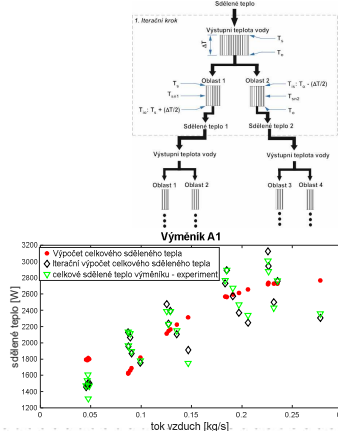
**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

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



Popis plnění balíčku WP13: Underhood Aerodynamics and Cooling Abstrakt 2017





**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

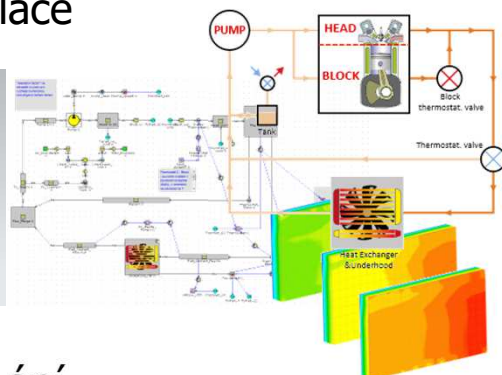
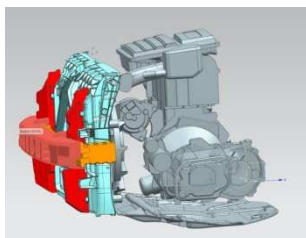
Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

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

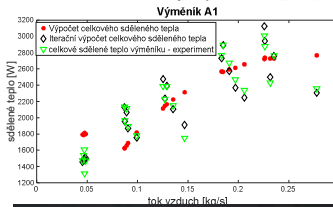
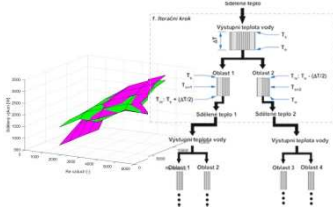
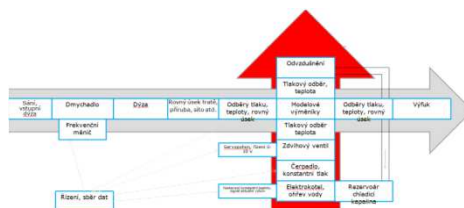


WP13: Aerodynamika motorového prostoru a chlazení Abstrakt Souhrn 2012-2017

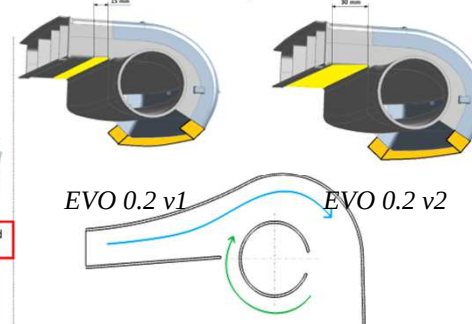
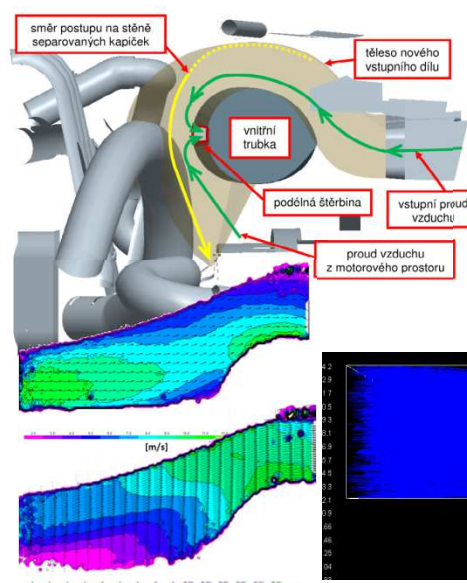
GT Cool simulace



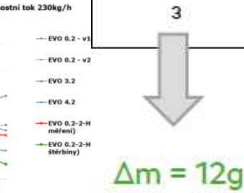
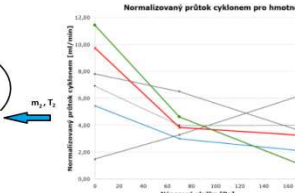
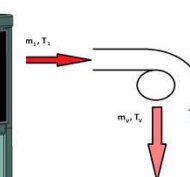
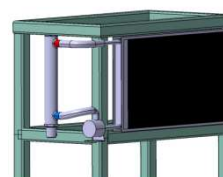
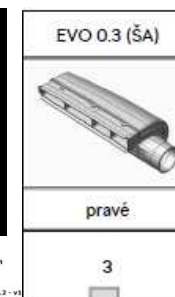
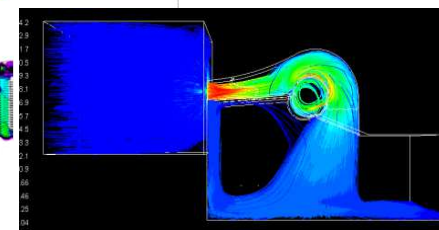
Měření a testování tepelných výměníků



Vývoj nových separátorů. Testování a numerické simulace, Škoda AUTO, ČVUT FS



Princip úpravy



$\Delta m = 12g$



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

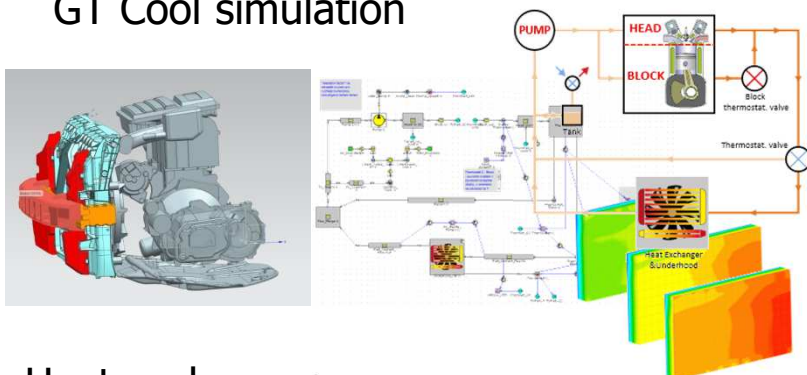
Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

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

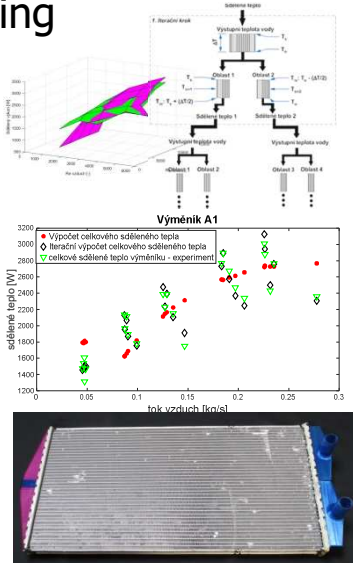
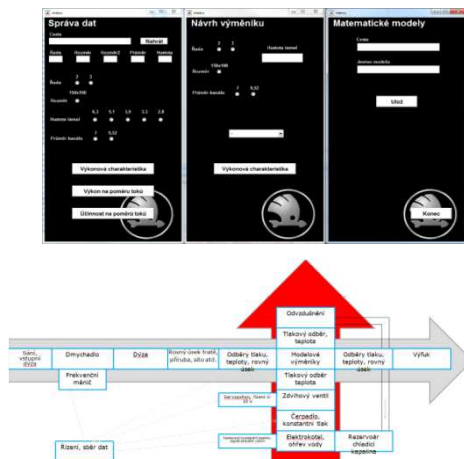


WP13: Underhood Aerodynamics and Cooling Abstrakt 2012-2017

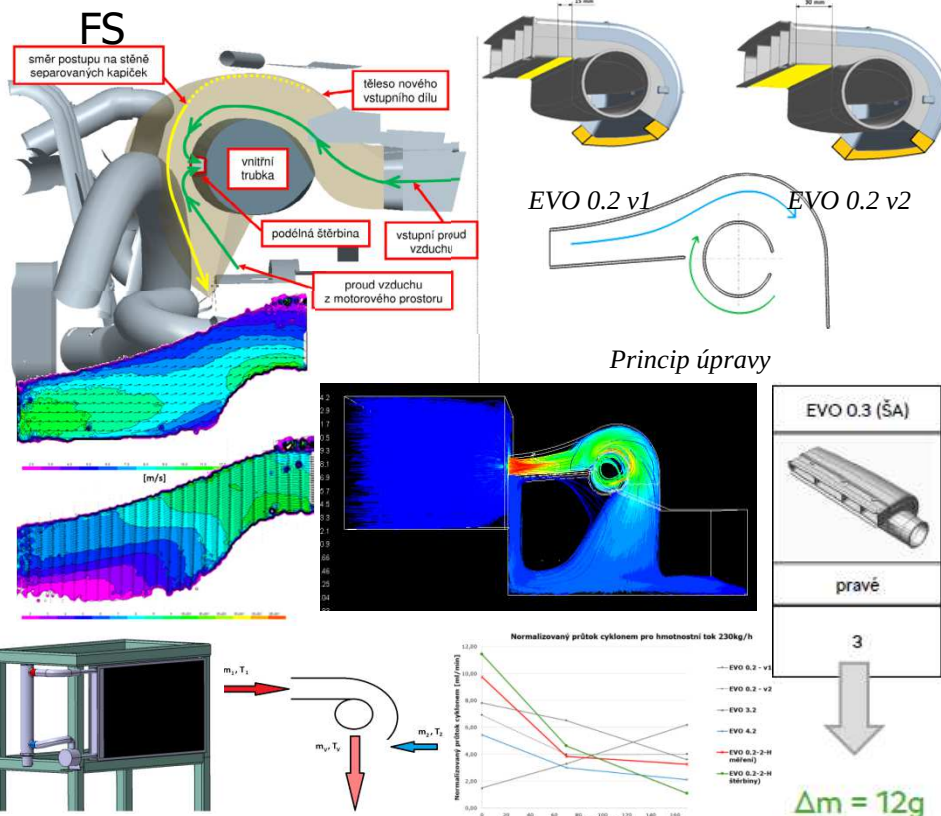
GT Cool simulation



Heat exchanger measurement and testing



Development of innovative separators. Testing and numerical simulation, ŠKODA AUTO, ČVUT



TE 0102 0020

**T A
Č R**

Technologická agentura
České republiky

Str. 11



Za WP 13 Jan Novotný, ČVUT v Praze