



ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ



KATEDRA ENERGETICKÝCH STROJŮ A ZAŘÍZENÍ

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI



JEDNOTLIVÝ PŘÍSPĚVEK ZE SBORNÍKU



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

STUDIE PROUDĚNÍ VZDUCHU VE VYTÁPĚNÉ MÍSTNOSTI S UVAŽOVÁNÍM CHLADNÉ STĚNY

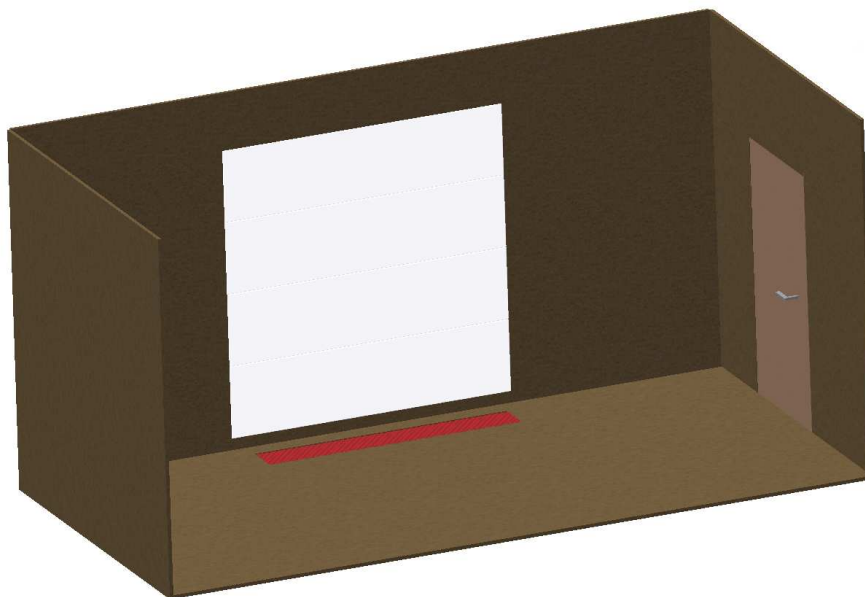
BARÁK Jan, FRAŇA Karel

Cílem je nalezení teplotních, rychlostních a tlakových polí ve vytápěné místnosti při uvažování existence chladicí stěny. Vzduch je ohříván konvektorem a vlivem přirozené konvekce dochází k cyklickému proudění vzduchu v místnosti. Část vzduchu je v okolí chladicí stěny ochlazena a klesá k podlaze, kde jej konvektor nasává. Práce si klade za cíl nejen vizualizovat a zhodnotit vírový efekt vznikající mezi chladicí stěnou a konvektorem. Výsledky práce budou doplňovat teoretické poznatky proudění a výsledky experimentálního měření.

Klíčová slova: proudění, chladicí stěna, vizualizace

1. Úvod

Práce se zabývá studiem proudění v místnosti s přesně definovanými rozměry. Tato místnost obsahuje podlahu a tři vertikální stěny. V zadní stěně je umístěna chladicí stěna. Tato reprezentuje přítomnost okna v místnosti. V pravé stěně se nachází dveře. Strop a přední stěna jsou vyvedeny jako volný prostup proudění do okolí. Místnost reprezentuje laboratoř zkonstruovanou za účelem experimentálního měření. Předpokládá se, že výsledky numerické simulace budou porovnány s experimentálními výsledky. Cílem nalezení je vyřešení teplotních, tlakových a rychlostních polí ve význačných bodech (oblastech) v celé místnosti. Náčrtek je vyobrazen na obr.1.



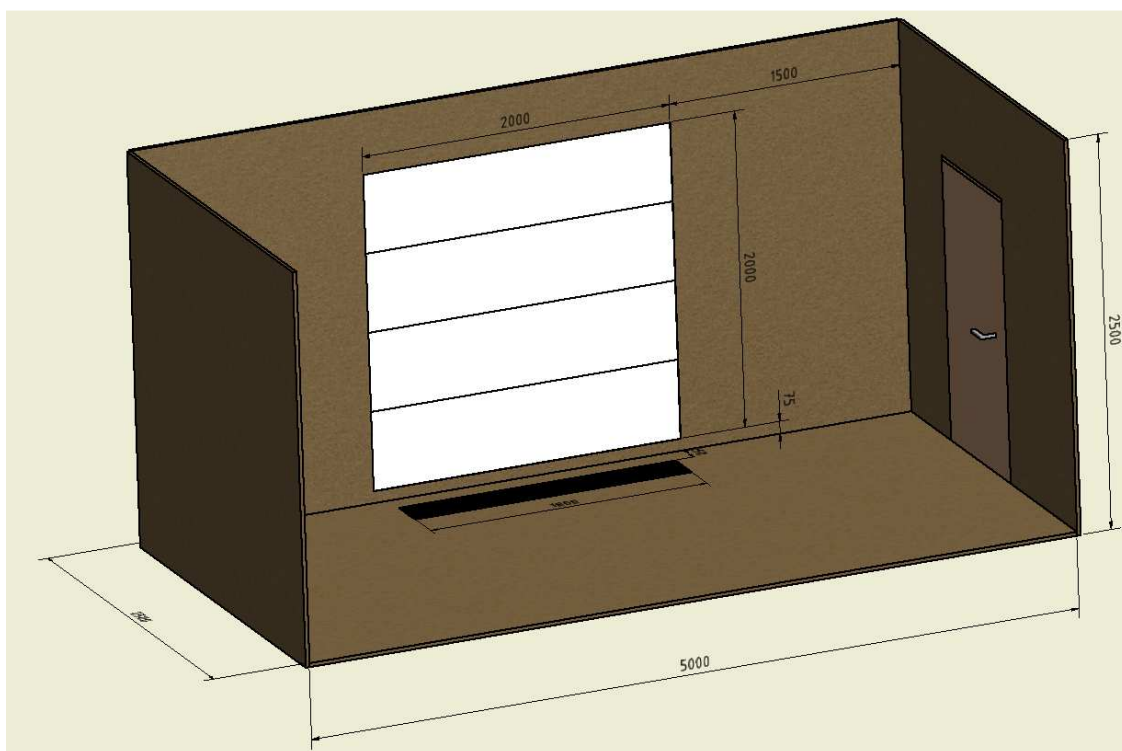
Obr. 1: Prostorové uspořádání místnosti

2. Popis problému

Práce má za úkol testovat možnosti proudění v různých režimech teplotních spádů konvektoru a teplot chladicí stěny. Bude použit výpočetní program Ansys CFX, verze 13. Proudění vzduchu bude v celém prostoru uvažováno jako přirozená konvekce. Jedná se o proudění neizotermní, nestlačitelné a nestacionární. Jako výpočetní turbulentní model je zvoleno Detached Eddy Simulation. Výsledky této počítačové simulace budou porovnávány s daty naměřenými experimentálně ve vybudovaném modelu místnosti v laboratořích Technické univerzity v Liberci. Pro zpracování výsledků je důležitá jejich závěrečná správná prezentace, proto byly výsledky časově zprůměrovány. Cílem práce je také pozorování víru vznikajícího v rohu místnosti, tedy v místě mezi chladnou stěnou a konvektorem.

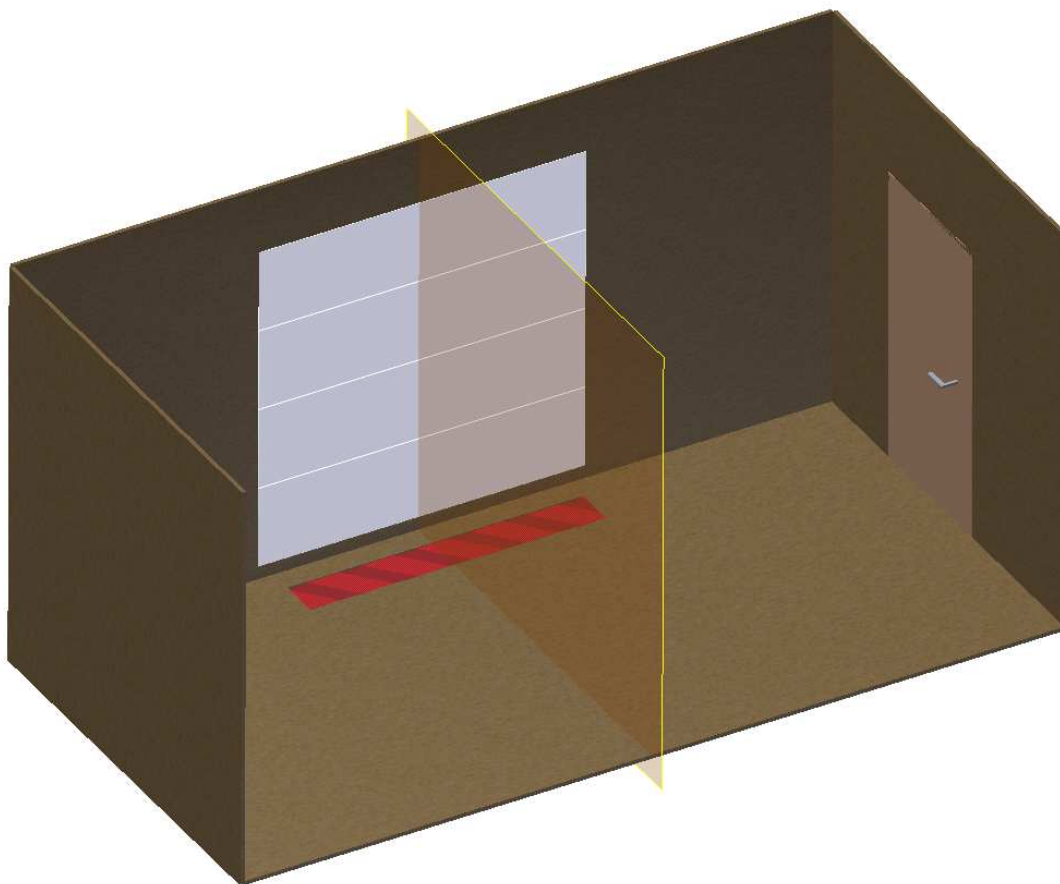
2.1 Fyzické rozměry místnosti a dispoziční uspořádání prvků

Na obrázku č. 2 je znázorněna poloha a velikost všech význačných prvků, které zkoumaná místnost obsahuje. Celková velikost místnosti je 2,5x5x2,5 metrů. Na podlaze je ve vzdálenosti 15 cm od okraje podélně namontován 180 cm dlouhý výměník. Tento výměník je napojen na přívod teplé vody z bojleru, který se nachází v technické místnosti lokalizované mimo zkoumanou oblast. V zadní stěně s rozměry 5x2,5 metrů je smontována chladicí stěna reprezentující okno. Tato stěna je se svými rozměry 2x2 metry umístěna 7,5 cm od podlahy ve vertikálním směru a 1,5 metru od kraje stěny v horizontálním směru. Tuto stěnu složenou ze čtyř konvektorů napájí studenou vodou chiller, který je též umístěn v technické místnosti.



Obr. 2: Rozměry a uspořádání prvků

Zkoumaná oblast je zvolena jako plocha rovnoběžná s bočními stěnami místnosti a procházející středem místnosti. Viz obr. č 3



Obr. 3: Rovina výpočtu

Tato rovina je zvolena jako reprezentativní pro zkoumání daných veličin. Je volena dostatečně velká, aby nedocházelo k ovlivňování klíčových částí výpočtu volbou okrajových podmínek.

2.2 Volba okrajových podmínek

Z náhledu obr. 3 lze vyčíst, že různé plochy se musí postihnout konkrétními fyzikálními parametry, které se liší v závislosti na jejich poloze a účelu použití.

Chladicí stěna ochlazuje vzduch v místnosti na teplotu $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($=278\text{ K}$). Tento vzduch má nulovou normálovou rychlost.

Plochy reprezentující vzdálenost chladicí stěny od podlahy a svislé stěny ke konvektoru mají jako typ okrajové podmínky volen pevnou stěnu s teplotou totožnou jako celý prostor místnosti, tedy 28°C ($=301\text{ K}$).

Nasávaný vzduch z místnosti je v ploše o celkové délce 95 mm ze směru od svislé stěny a 35 mm ze směru od středu místnosti. Tato plocha má charakter pressure outlet.

Výstup z konvektoru musí tedy být pressure inlet a teplota vzduchu, který vstupuje do místnosti je $39,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($=312,2\text{ K}$). Rychlost nasávání vzduchu i výstup z konvektoru mají rychlost

nastavenou na hodnotu $0,161 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pod úhlem 20° od normály plochy. Konvektor má šířku 242 mm.

Následující plocha reprezentující zbytek plochy je ve skutečnosti podlaha a má okrajovou podmínku typu pevná stěna.

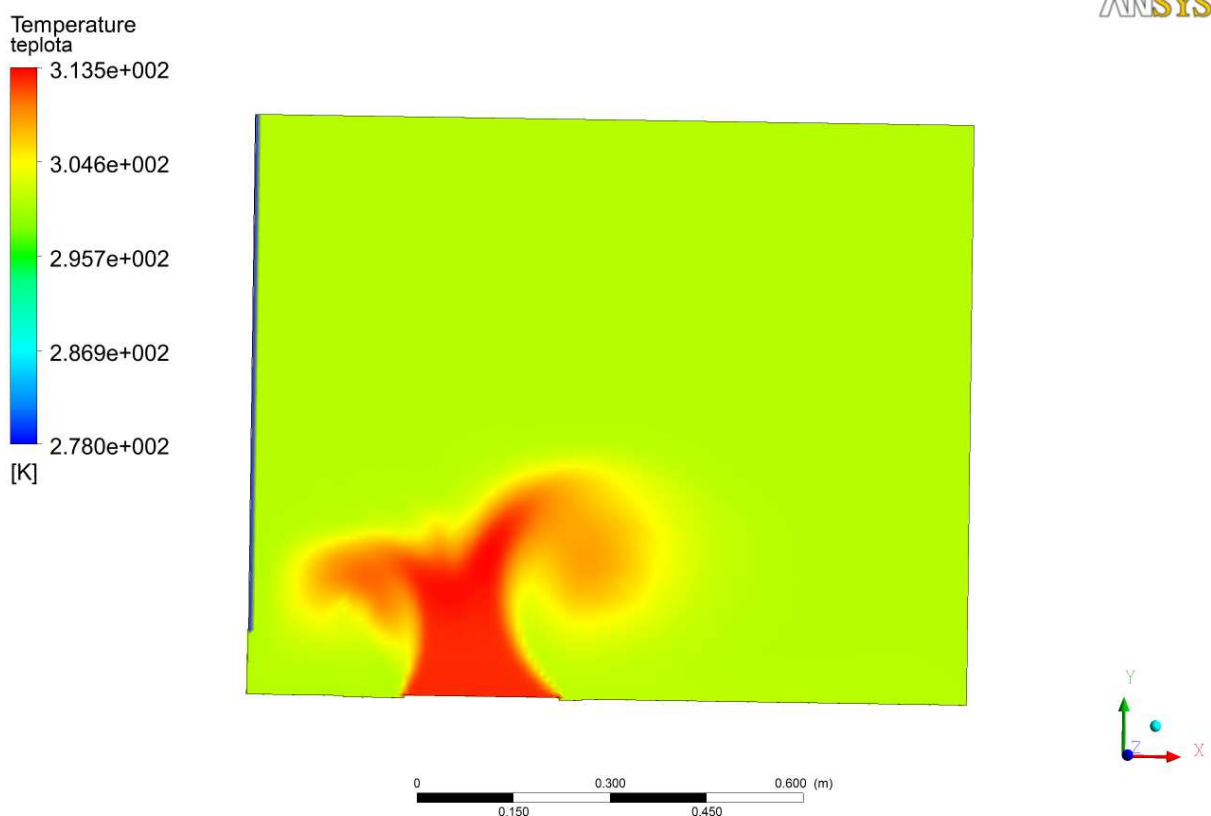
Jak již bylo zmíněno výše, tak čelní strana a strop mají shodnou podmínku, tedy pressure outlet.

2.3 Výpočetní síť

Pro tento případ byla volena výpočetní síť s elementy ve tvaru pravidelných čtyřúhelníků. Tato síť obsahuje celkem 88 825 uzlů a 12 526 elementů. Volba velikosti výpočetní sítě se odvíjí z celkové velikosti plochy. Pro potřeby výpočtu byla daná plocha rozšířena na třídimenzionální objekt tloušťky 10 mm kvůli problémům s načtením 2D dat. Toto způsobilo, že rovině výpočtu a její ekvidistančně ve vzdálenosti 10 mm musela nutně být přiřazena podmínka periodicity.

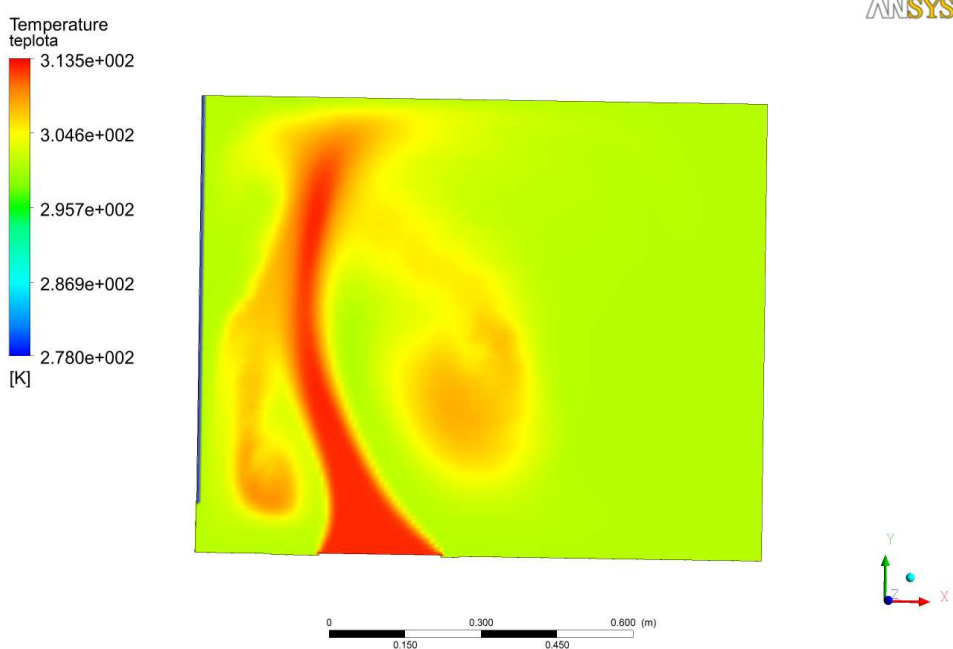
3. Výsledky

Úloha byla počítána tak, aby bylo zjištěno proudění v době do 10 s od zapnutí konvektoru s krokem po 0,5 s. Na ukázkou byly vybrány charakteristické časové okamžiky k prezentování okamžitých hodnot rychlostních a teplotních polí.



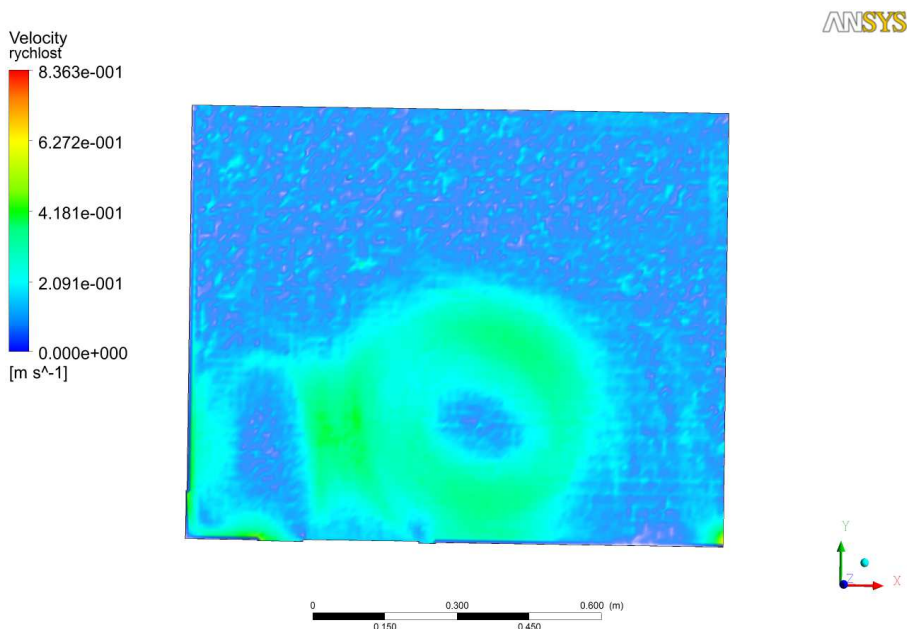
Obr. 4: Teplotní pole v čase $t=3\text{s}$

Obrazek č.4 vykresluje rozložení teplotního pole ve zkoumané ploše v čase $t=3\text{s}$ od začátku pozorování proudění.



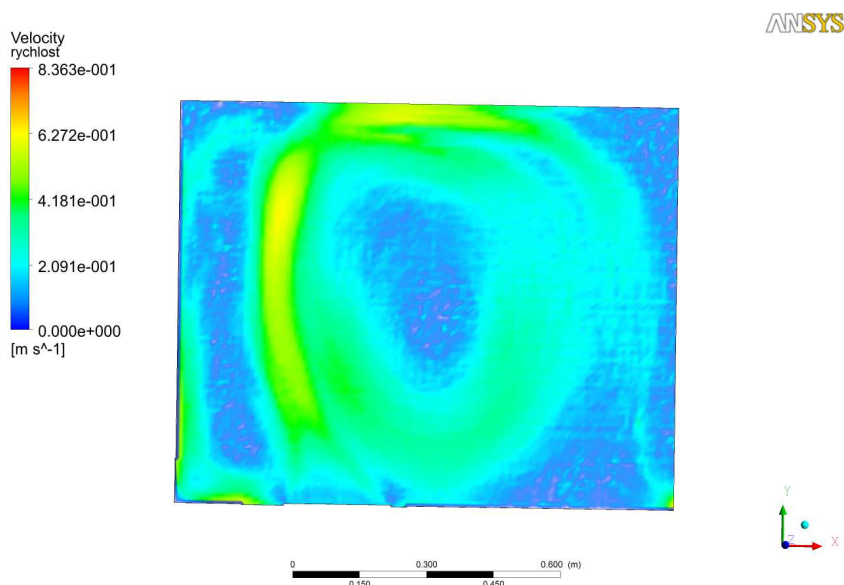
Obr. 5: Teplotní pole v čase $t=6s$

Obr. č 5 již názorněji zobrazuje stav rozložení teplotního pole ve zkoumané oblasti. V důsledku přirozené konvekce stoupá ohřátý vzduch nahoru ke stropu, ale část vzduchu je ochlazena od chladící stěny (reprezentuje např. okno v místnosti v zimním období). Tímto vzduch klesá a vrací se zpět do místa, kde jej konvektor nasaje.



Obr. 6: Rychlostní pole v čase $t=4s$

Obrázek č. 6 postihuje rozložení rychlostního pole v čase $t=4s$ od začátku pozorování proudění. Již zde lze pozorovat vliv chladící stěny a stoupající velikost rychlosti klesání proudu do levého dolního rohu výše zobrazené výpočetní roviny.



Obr. 7: Rychlostní pole v čase $t=6s$

Obrázek č. 7 již představuje rozvinutější proudění v místnosti pomocí vykreslení rychlostního pole. Lze na něm zpozorovat hlavní pohyb vzduchu v místnosti, který se vytvoří v důsledku přirozené konvekce a vliv chladicí stěny. Výsledky byly dále publikovány v [2].

4. Závěr

Provedená simulace potvrzuje předpoklad, že v okolí chladicí stěny dochází k sestupu studeného vzduchu, který je následně nasáván konvektorem a ohříván na teplotu vystupujícího vzduchu z konvektoru, tedy $39,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tímto se změní jeho hustota a samovolně stoupá výše. Ve vyšších polohách se již projevuje chladicí efekt stěny. Akumulace vzduchu u stropu a čelní stěny je dána volbou okrajových podmínek na těchto plochách a nebyla prvotně předmětem této práce. Testy numerické simulace dále pokračují, přičemž v následujícím období budou tyto výsledky porovnány s experimentálním měřením. Konečným výstupem celého projektu je nalezení optimálního umístění konvektoru v závislosti na maximálním možném tepelném výkonu topného zařízení.

4.1 Poděkování

Tato studentská práce byla podpořena v rámci projektu TAČR TA01020231.

4.2 Literatura

- [1] Kuppian T., Heat exchanger design handbook, Taylor and Francis Group, 2000
- [2] Fraňa, K., Muller, M., and Lemfeld F., An enhance of the energy effectiveness of the convectors used for heating and cooling, International Conference on Architecture, Civil, Urban and Environmental Engineering, Ecological and Environmental Engineering, Stockholm 2012

Bc. BARÁK Jan, Technická univerzita v Liberci, pintu@seznam.cz

Doc. Ing. FRAŇA Karel, Ph.D., Technická univerzita v Liberci, karel.frana@tul.cz