

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Simulační analýza využitelnosti odpadního tepla z datového centra
Jméno autora:	Bc. Leoš Jindřich
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav techniky prostředí
Oponent práce:	Ing. Erika Langerová
Pracoviště oponenta práce:	Regulus spol. s.r.o & UCEEB ČVUT v Praze

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání práce hodnotím jako náročnější. Student musel prokázat znalost problematiky využití odpadního tepla z datacenter, tyto znalosti vhodně aplikovat na konkrétní řešený případ, sestavit simulační model a připravit pro něj vstupní data, vhodně zvolit simulační scénáře, indikátory hodnocení a okrajové podmínky simulace a v neposlední řadě zpracovat a vyhodnotit značné objemy výstupních dat.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Zadání práce bylo splněno v plném rozsahu.	

Zvolený postup řešení	vynikající
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup řešení považuji za správný. Student provedl rešerši současného stavu problematiky, uvedl technické parametry jím vybraného datacentra, vybral vhodný simulační nástroj a klíčové indikátory hodnocení. Kvalitu výstupů sestaveného simulačního modelu verifikoval. Sestavil několik simulačních scénářů. Výstupy simulací graficky a číselně vyhodnotil a v souvislostech diskutoval. Zjištěné poznatky uvedl v závěru práce.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Práce je na vysoké odborné úrovni. Student se orientuje v návrhových i provozních vlastnostech dílčích komponent systému využití odpadního tepla datacentra (chladiče, ventilátory, zvlhčovače aj.). Dokáže pracovat s výkonovými mapami dílčích zařízení, do simulačního modelu vhodně volí okrajové podmínky. Volbu odběrových profilů na straně spotřeby považuji za správnou, zejména zohlednění nejen odběru pro vytápění, ale také pro přípravu TV. Oceňuji verifikaci simulačního modelu a vyhodnocení simulace pro několik variant teplotních úrovní odběru tepla, zdrojů tepla a výkonových stupňů.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Formální, jazyková a typografická úroveň práce je na nadstandardní úrovni. Autor se vyhýbá překlepům a gramatickým chybám. Práce je velmi dobře strukturovaná a tvoří logicky propojený celek. Oceňuji využití programu LaTeX k vysázení práce.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	
Student vychází převážně z impaktovaných zahraničních odborných publikací a dále z relevantních norem a vyhlášek. Množství citovaných publikací je plně vyhovující (celkem 55 převážně zahraničních impaktovaných zdrojů). Citace jsou úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami. Veškeré převzaté prvky jsou řádně odlišeny od vlastních výsledků. Nedošlo k porušení citační etiky.	

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Z hlediska řešení mám pouze pár připomínek ke skriptům v pythonu:

- ➔ Student pro čtení/zápis dat z/do externích souborů (excel, csv) používá absolutní cestu od kořenového adresáře C:/. Bylo by vhodnější použít relativní cestu, která umožňuje snadnou přenositelnost a sdílení projektu. V pythonu je navíc možné používat relativní cesty nezávisle na operačním systému pomocí knihovny os.path a jejích metod, zejména os.path.join(), která automaticky zajišťuje správnou syntaxi cest pro konkrétní operační systém.
- ➔ Při sdílení zdrojových kódů projektu v pythonu napříč vývojáři je zvykem vygenerovat pro projekt soubor requirements.txt (pip freeze > requirements.txt), který obsahuje seznam všech knihoven a jejich verzí použitých v projektu. Pro sdílený projekt si každý vytvoří a aktivuje virtuální prostředí (virtual environment), které pomáhá zajistit konzistenci projektu a zároveň izoluje řešený projekt od ostatních projektů a systémových knihoven. Ze souboru requirements.txt se po aktivaci virtuálního prostředí instalují všechny potřebné závislosti (pip install -r requirements.txt). Vzhledem k tomu, že student do projektu importuje několik knihoven (pandas, numpy aj.), by soubor requirements.txt bylo vhodné vygenerovat i v jeho případě.
- ➔ Zdrojový kód by mohl být lépe okomentovaný. V ideálním případě tak, aby mohl být zpracován automatickým generátorem dokumentace (např. Sphinx). Části kódu pro generování rozvržení grafů jsou odkomentované a není jasné proč. Bylo by vhodné to buď v komentáři vysvětlit nebo před sdílením smazat.

Výše uvedené připomínky jsou pouze drobnosti, které nijak výrazně neubírají na kvalitě práce a neovlivňují dosažené výsledky.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Student prokázal schopnost samostatného přístupu k rozboru a řešení zvoleného tématu. Práce je logicky strukturovaná a velmi kvalitně zpracovaná po technické i jazykové stránce. Z úvodu práce oceňuji provedení velmi kvalitní rešerše případových studií, s jejichž výstupy student v závěru práce porovnává své výsledky. Z praktické části práce oceňuji výběr vhodných indikátorů hodnocení, přístup k sestavení simulačního modelu a přístup k jeho verifikaci. Ze strany vyhodnocení dat oceňuji využití pythonu, který v rámci výuky není probírán a student jej musel nastudovat samostatně. Z diskusní části práce je patrné, že student je schopen dosažené výsledky v souvislostech interpretovat a vyvozovat z nich relevantní závěry.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Otázky k obhajobě:

- ➔ Na str. 56 je uvedeno, že k výpočtu příkonu suchého chladiče je použitý regresní model křivky třetího řádu, který uvádíte v rovnici 7. **Jedná se o váš vlastní model nebo odněkud přejetý? V případě, že se jedná o vlastní model, stručně uveďte, z jakých dat a jakým postupem jste rovnici získal. V případě, že je přejetý, uveďte zdroj.**
- ➔ **Jak hodnotíte využití odpadního tepla z datacentra dalšími subjekty, např. provozovateli CZT, z pohledu energetické bezpečnosti?** O otázce lze diskutovat například v souvislosti s nedávno řešeným utlumením provozu datacentra ruské společnosti Yandex ve finském městě Mäntsälä a dopadech tohoto utlumení na připojenou síť CZT. Odpadní teplo z tohoto datacentra bylo původně využíváno jako primární zdroj tepla pro síť CZT. **Vidíte nějaká další potenciální rizika kromě stability dodávek, která by mohl zvažovat případný odběratel odpadního tepla z datacentra?**

Datum: 14.6.2023

Podpis: Ing. Erika Langerová