

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Návrh koncepce ústředního vytápění rodinného domu pro použití hybridních fotovoltaických kolektorů ve spojení s tepelným čerpadlem
Jméno autora:	Bc. Zdeněk Prokopec
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav energetiky
Oponent práce:	Ing. Václav Novotný
Pracoviště oponenta práce:	ČVUT, FS, Ústav energetiky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání směřuje na aplikaci standardních poznatků, které student energetiky na FS získal v rámci absolvovaných předmětů.	

Splnění zadání	splněno s většími výhradami
<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 zmiňovalo provedení návrhu systému vytápění s cílem maximalizovat využití tepla a elektřiny z hybridních kolektorů. Zvolený návrh zaprvé nemaximalizoval využití tepla (více informací jak by mohla dodat rešerše, pokud by ji autor provedl), které pokud není odváděno, tak navíc hrozí poškození kolektorů. Zároveň ve využití elektřiny pouze předpokládal, že bilančně co se vyrobí, to se spotřebuje. Zde naprosto ignoroval časové rozložení výroby vs. spotřeby.	

Zvolený postup řešení	nesprávný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup a odborná úroveň jen těžko odpovídají inženýrské práci. Absencí rešerše obdobných řešení a state-of-the-art lze práci a navržený systém jen těžko brát v nějakém širším kontextu a porovnání. V úvodu (7 řádek) se čtenář dozví, že stávající zdroj vytápění je uhelný kotel, což je pak v práci několikrát vyvraceno (např., že stávající zdroj je elektrokotel) a až naprosto nakonec je teprve zřejmý záměr, stávající stav (uhelný kotel) a navrhované alternativy (elektrokotel a tepelné čerpadlo+termofotovoltaické kolektory)	
Práce nemá standardní formát sestávající z rešerše a popisů, následně metod a výpočtů, než přikročí k výsledkům a jejich diskuzi. Místo toho se např. po mnoha kapitolách obsahující výpočty a výsledky najednou objeví popis co je tepelné čerpadlo (poprvé v kapitole 9 na str. 34 v práci, co má TČ už v názvu!). Uvažované zapojení komponent celého systému není ani koncepčně nastíněné a objeví se až v jedné z posledních kapitol. Celkově je práce směsicí útržků textů z katalogů, nedovysvětlených postupů a částečných řešení. V práci se čtenář těžko orientuje. V práci se student např. často odvolává na názvy místností v modelovém objektu, tyto místnosti ale nejsou nikde popsány.	
Z faktického pohledu pak zmíněné využití elektřiny vůči fotovoltaické (PV) výrobě, kde autor předpokládá bilančně, že co se vyrobí, to se v domácnosti spotřebuje, a naprosto ignoruje časové rozložení výroby vs. spotřeby, ukazuje nepochopení problematiky obnovitelných zdrojů a současné energetiky. Nutno říci, že v jednom bodě řešení tuto časovou nestálost bere v potaz, ale platila by pouze v případě trvajících potřeby tepla v míře, že veškerou elektřinu spotřebuje TČ (a poté ale ignoruje úsporu na vlastní spotřebě elektřiny mimo vytápění) a v této fázi návrhu ignoruje tepelnou akumulaci. Ta dle jeho slov slouží pouze pro překlenutí doby vysokého tarifu elektřiny (které v průběžích v rámci dne také není ale bráno v potaz). V práci je použita řada online výpočetních nástrojů, u kterých ovšem často chybí (kromě samotné zmínky) jakýkoliv bližší popis toho, jak fungují a s jakými parametry byly použity. Nelze proto posoudit správnost a výsledky práce jsou obtížně replikovatelné.	
Podle aktuální vyhlášky již denostupňovou metodu není možné ji použít při výpočtu tepelné ztráty objektu, jelikož nezohledňuje tepelné zisky a výsledný návrh zdroje je pak s nepřipustnou chybou.	

Odborná úroveň

F - nedostatečně

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Odborná úroveň odpovídá zvolenému postupu řešení. Jako nejzásadnější odborné nedostatky uvádím tyto:

1. absence rešerše (popis, co jsou PVT panely parafrázovaný z TZB není rešerše dané problematiky zadání)
2. Neuvedení zdrojů u řady informací (více v hodnocení příslušného bodu)
3. Metodika je z popisu velmi nejasná, na mnoha místech si tvrzení a výsledky odporují, řada závěrů je podle oponenta špatně (např. bilance ušetřené elektřiny ze sítě) Zdůvodnění volby a postupů, pro které se student rozhodl, prakticky chybí.
4. Celkově struktura, kde samo TČ není zmíněno před cca poslední třetinou práce, neodpovídá srozumitelnému výsledku práce inženýra
5. Celkový přístup stylem, kdy většina práce spočívá v zadání dat do několika SW bez hlubšího pochopení jejich funkce a následně jsou výsledná data zkombinována a prezentována, není odborná úroveň odpovídající inženýrovi

Některé další postřehy jsou uvedeny níže:

- U ukázky průběhu teplot není jasné, proč je uvedeno náhodně 6 měsíců z 12ti
- Není možné identifikovat jednotlivé místnosti, ke kterým se autor odkazuje
- Pokud je aktuální systém vytápění kotlem na tuhá paliva, je dost zvláštní, že v tomto případě je ale zároveň uváděna příprava teplé vody elektroohřevem
- Dimenzování TČ probíhá stylem *Tepelná ztráta objektu činí 7,389 kW, volíme tedy tepelné čerpadlo STIEBEL ELTRON HPA-O 6 CS PLUS (Obrázek č. 19)*. To je vše k vlastnímu dimenzování, když o daném TČ nebyla dříve žádná zmínka. Daný postup může být aplikován při obchodu u dodavatele dané značky, ale ne v odborné inženýrské práci
- Obdobně dimenzování *S ohledem na vybraný objekt jsem zvolil akumulční zásobník teplé vody o objemu větším, než je 100 l, a to z důvodu kombinace s FV/T kolektory. Doporučená akumulční nádrž pro daný objekt bude o objemu 290 litrů typu SBB 302 WP*
- U finálního systému není jasné, jaký je reální uvažovaný algoritmus funkce a jak (s jakou zvolenou metodou) se to promítlo do finální energetické roční bilance
- Z výpočtu (určení online nástrojem) intenzity slunečního záření (proloženého bilancí spotřeby elektřiny a určením tepelných ztrát objektu) je nejednou uvedena produkce elektřiny (kWh/měsíc), nicméně je to před bodem volby počtu kolektorů a není jasné, jak a jaká účinnost byla aplikována. To samé poté k výrobě tepla.
- Není vůbec jasné, na jakou plochu se dopadající záření vztahuje (vodorovnou, skloněnou pod úhlem x° , normálovou k záření?)
- Nejdříve analyzujete pokrytí výroby elektřiny z FV-T kolektoru (jednoho?) a následně dimenzujete, že na přípravu teplé vody jich bude potřeba 8. Kam se při finální instalaci dostal ten jeden předchozí? Jsou kolektory tedy navrhovány pro přípravu teplé vody, pokrytí potřeb vytápění, či obojího?

Bylo by vhodné se zamyslet nad:

- V kap. 4 je propustnost a pohltivost vztažena k čemu? Zasklení nebo absorbéru?
- Pro určení účinnosti kolektoru je ve jmenovateli intenzita slunečního záření vždy na referenční hodnotě?
- Co je n v rov. (9)?
- Jak se od sebe liší funkce „*funkci vytápění a ohřevu vody v topném okruhu podlahového topení*“?
- Proč je pro porovnání je zvolen elektrokotel? Zmíněno to není (a ano, fakticky aby to vyšlo výrazně hůř je jasné ihned)
- Proč je roční produkce elektřiny z FVT kolektorů vyšší, než produkce tepla
- Proč v Tab. 23 je u podlahového vytápění „*Instalace včetně příslušenství*“ a v následující u stejné položky není?
- Jaký smysl má výpočet NPV při volbě extrémně nízkého diskontu v horizontu <10 let?

Výroky, které dále snižují jasnost textu:

- *Trh s FV/T kolektory získává pozornost více a více lidí na evropském trhu a v několika evropských zemích.*
- *Solární panely pracují nejlépe za optimální teploty*

- jednosměrný elektrický proud
- Měrnou tepelnou ztrátu q [$W \cdot m^{-3}$] lze považovat za hodnotu tepelné ztráty dělenou rozdílem teplot interiéru a exteriéru
- [TČ] Jeho funkce spočívá na tzv. Carnotově cyklu, tedy ideálním oběhu s nejvyšší účinností mezi dvěma teplotami.
- Z grafu č. 14 jsem odečetl přesnou hodnotu bodu bivalence TČ Stiebel Eltron HPA-O 6 CS PLUS při $-5^\circ C$ (5 912,5 W), tepelný výkon čerpadla pokrývá tedy necelých 80 % (není jasné čeho)

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

F - nedostatečně

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Formálně práce má řadu malých i velkých nedostatků jako např. popis tabulky jako obrázku, popis os grafů, špatná kvalita obrázků, věty a konstatování bez smyslu (např. *elektrické topné tyče umístěné v akumulční nádrži spolu s FV/T kolektory*) a zřejmě kompilace katalogových textů (např. při výpočtu dle plochy panelu je zopakováno, že se jedná o francouzský kolektor, při popisu konkrétního kolektoru SolarAngel jsou uvedeny texty patřící ke kolektorům obecně), katalogové tabulky s parametry jsou pouze překopírovány jako obrázek. Kapitola „Výrobci“ o výrobcích neříká téměř nic, ale ukazuje několik příkladů komerčních produktů (pouze kolektorů, o TČ zde ještě není ani zmínka). Řada věcí zůstává přesto nedovysvětlena. Jak již bylo zmíněno, členění práce, kdy je jednou za čas se objeví jednodstavcová a max. jednozdrojová „minirešerše“ technologie, typicky před nějakou volbou parametru také není vhodná. V práci je redundance prezentace stejných výsledků v grafu i v tabulce, ale dokonce např. pro tepelné čerpadlo jsou 2 generické velké obrázky vizualizace TČ s odstupem jedné strany. Student se v jednom bodě odkazuje na kapitolu detailně popisující optickou účinnost kolektoru, žádná taková kapitola, ale neexistuje (důsledek kopírování textu?). Fakt, že tabulky nemají popisky nad nimi, či řada tabulek a obrázků nemá v textu odkaz, jsou poté již v porovnání s ostatními body jen zanedbatelné. Obdobně absence vysvětlení zkratk, vybraných symbolů či používání nekonzistentně PV a FV.

Výběr zdrojů, korektnost citací

F - nedostatečně

Vyjáďte 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.

Student neprovedl žádnou rešerši řešení, na které práce cílila. Velmi jednoduše lze nalézt odborné publikace typu:

-Cai, Jingyong, et al. "Performance analysis of a novel air source hybrid solar assisted heat pump." *Renewable Energy* 139 (2019): 1133-1145.

-Emmi, Giuseppe, Angelo Zarrella, and Michele De Carli. "A heat pump coupled with photovoltaic thermal hybrid solar collectors: A case study of a multi-source energy system." *Energy Conversion and Management* 151 (2017): 386-399.

-Kim, Taehoon, et al. "A comparative investigation of solar-assisted heat pumps with solar thermal collectors for a hot water supply system." *Energy Conversion and Management* 172 (2018): 472-484.

V této DP ale není žádný podobný odkaz a snaha nalézt dřívější řešení.

Ještě závažnější je ale fakt, že obrovské množství informací (textu i obrázků) je uvedeno bez citace zdroje. Některé (necitované) části textu znějí, jako vytržené z katalogů. Dále nebyly v textu práce nalezeny zdroje v seznamu literatury [9] a [12]. Díky těmto závažným nedostatkům není možné tento bod hodnotit jinak, než nedostatečně.

Další komentáře a hodnocení

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

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

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

Jako oponent musím konstatovat, že práce nesplňuje řadu náležitostí diplomové práce, a to jak z formálního hlediska (např. extrémní plagiátorství a nevhodná chaotická struktura), tak faktického (např. absence rešerše,

nejasné výpočty, ignorování časového rozložení výroby elektřiny a její spotřeby). Pokud by student práci přesto obhajoval, vybrané dotazy k vyjasnění jsou následující:

- Z uvedených tepelně ztrátových výkonů objektu rozpočítaných do jednotlivých měsíců na str. vychází roční potřeba tepla k vytápění cca 20 MWh. Následně je ale uvedeno, že je roční spotřeba tepla na vytápění je 15 MWh. Vysvětlete prosím rozdíl hodnot. Vzhledem k užívání dále v práci hodnoty 15 MWh, vysvětlete postup získání rozložení výkonů v čase z této hodnoty.
- Několikrát v textu zmiňujete, že kolektory připravují horkou vodu, zároveň ale uvádíte, že maximální bezpečná teplota pro kolektory je 58°C (dle skutečného neocitovaného zdroje jsem dohledal 85°C). Vysvětlete na schématu systému s uvedenými teplotními úrovněmi ve všech uzlech, které součástí jsou horkovodní.
- Jasně vysvětlete režim řízení navrženého systému a na modelovém průběhu potřeb energií letního, přechodného a zimního týdne (nebo alespoň dne) ukažte průběh klíčových parametrů v systému (energetické toky, teploty, uložené teplo v nádrži) a vyhodnoťte množství reálně využitelného tepla a elektřiny
- Na základě doplňující rešerše ukažte trend v teoretických studiích a praktických instalacích z hlediska konfigurací, volby typu systému i absolutních počtů pro systémy spojující TČ a FV-T kolektory.
- Otázky zmíněné v popisu ostatních bodů výše

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **F - nedostatečně**.

Datum: 14.6.2021

Podpis:

