

Porovnanie cenovej návratnosti centralizovaného a decentralizovaného vykurovacieho systému tepelných čerpadiel - modelový príklad bytového domu

Samuel Berezňanin¹

¹ Ústav technológie, ekonomiky a manažmentu v stavebníctve SvF TUKE, Vysokoškolská 4, Košice, samuel.bereznanin@tuke.sk

Abstract: This article presents the outputs of research activities on the topic of application heating in apartment building [1]. The aim was to show the influence of the appropriate choice of the heat pump system and the importance of appropriate source selection heating. Specifically, the thesis deals with the price comparison of central and decentral heating of a residential building using heat pumps of the type air-to-water heat pumps, their efficiency and overall price return. To calculate the need of the heat demand of the proposed four-storey apartment building with polyfunction, the TECHCON software was used. The outputs were used as constants to calculate the total energy demand for heating in a custom Excel spreadsheet. Further inputs were data from the SHMÚ measuring station in Košice and price tariffs from the East Slovak Energy a. s. Two variants were considered for the calculation, the decentralized system with 7 heat pumps IVT AIR X 90 and a variant with two central heat pumps IVT AIR X 170. Estimated investment costs for purchase and installation of the heat pumps are calculated on the basis of the price offered by the manufacturer and price lists CENKROS. For the comparison period in 2021, the operating costs for the decentralised system were found to be 19,41 € per year lower and the investment costs higher by € 53 369 compared to the centralised system. The results show that the centralised system is more cost-effective and energy saving of the decentralised heat pumps compared to the investment costs of purchasing and installation is negligible. In the compared period in 2021, operating costs for the decentralized system were found to be 19,41 € lower per year and investment costs 53 369 € higher compared to the centralized system. The results show that the centralized system is more cost-effective and the energy saving of decentralized heat pumps is negligible compared to the investment costs of purchase and installation. When calculating, it is necessary to take into account the location, the heating source and other parameters that affect the overall return of centralized and decentralized heating systems. At the end of the article, partial research results are presented.

Keywords: heat pumps, heating, residential sector, price return

Abstrakt: Tento článok prezentuje výstupy výskumnej činnosti na tému aplikácie vykurovania v bytovom dome [1]. Cieľom bolo poukázať na vplyv vhodného výberu systému zapojenia tepelných čerpadiel a dôležitosť vhodného výberu zdrojov vykurovania. Konkrétne sa práca zaoberá cenovým porovnaním centrálného a decentrálného vykurovania bytového domu pomocou tepelných čerpadiel typu vzduch-voda, ich efektívnosť a celkovú cenovú návratnosť. Pre výpočet potreby tepla navrhovaného štvorpodlažného bytového domu s polyfunkciou, bol použitý softvér TECHCON. Výstupy boli použité ako konštanty pre výpočet celkovej energetickej potreby pre vykurovanie vo vlastnej excelovskej tabuľke. Ďalšími vstupmi boli údaje z meracej stanice SHMÚ v Košiciach a cenové tarify z Východoslovenskej energetiky a. s. Pre výpočet boli uvažované dva varianty, decentralizovaný systém so 7 tepelnými čerpadlami IVT AIR X 90 a variant s dvomi centrálnymi tepelnými čerpadlami IVT AIR X 170. Odhadované investičné náklady na kúpu a montáž tepelných

čerpadiel sú vypočítané na základe ponúkanej ceny výrobcov a cenníkov CENKROS. V porovnávanom období v roku 2021 boli zistené prevádzkové náklady pre decentralizovaný systém o 19,41 € ročne nižšie a investičné náklady vyššie o 53 369 € oproti centralizovanému systému. Z výsledkov vyplýva, že centralizovaný systém je nákladovo efektívnejší a energetická úspora decentralizovaných tepelných čerpadiel je oproti investičným nákladom na kúpu a montáž zanedbateľná. Pri výpočtoch je potrebné brať do úvahy lokalitu, zdroj vykurovania a ďalšie parametre, ktoré vplývajú na celkovú návratnosť centralizovaných a decentralizovaných vykurovacích sústav. V závere článku sú uvedené parciálne výsledky výskumu [1].

Keywords: tepelné čerpadlá, vykurovanie, bytový sektor, cenová návratnosť

1. Úvod

História vzniku prvého tepelného čerpadla bola prirodzeným vývojom od vývoja parných turbín a chladiacich zariadení. V roku 1939 prof. Aurel Stodola pôvodom zo Slovenska sa preslávil vývojom prvej funkčnej parnej turbíny na svete a tiež v roku 1902 predstavil graf entropie (určenie množstva energie na jednotku tepla v neusporiadanom systéme), ktorý je základom pre navrhovanie tepelných čerpadiel [2, 3].

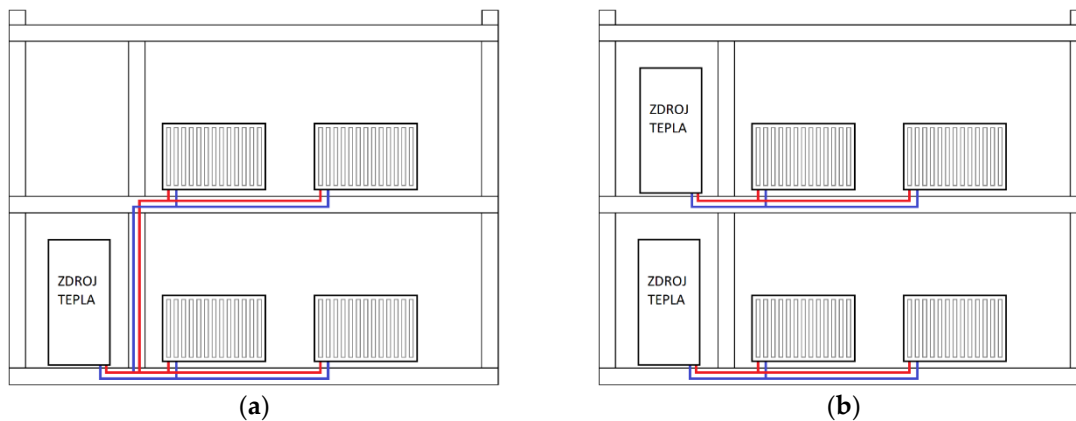
Tepelné čerpadlá znižujú spotrebu elektrickej energie na vykurovanie. Teplo sa získava z teploty vonkajšieho vzduchu pomocou chladiva a jeho následnej zmeny skupenstva, respektíve kompresie a dekompresie s využitím elektrickej energie.



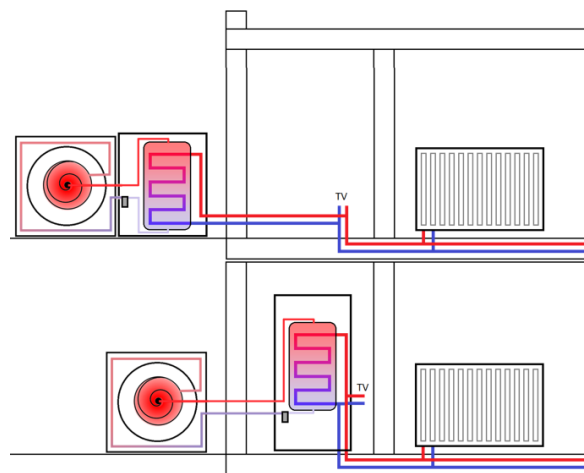
Obrázok 1. Schéma fungovanie tepelného čerpadla

Zdroj: [1]

V súčasnosti je na trhu veľký výber rôznych typov tepelných čerpadiel a možností ich zapojenia. Poznáme viaceré druhy tepelných čerpadiel, ktoré delíme podľa kombinácie zdroja tepla na vzduch-voda, vzduch-vzduch, voda-vzduch, voda-voda a zem-voda. Vykurovacie systémy delíme na centrálné a decentrálné (Obrázok 2), a podľa spôsobu zapojenia vonkajšej jednotky poznáme monoblock a split (Obrázok 3). Pri monoblocku sa vo vonkajšej jednotke nachádza výparník aj kondenzátor, čo znamená, že chladivový okruh sa nachádza len vo vonkajšej jednotke. Pri systéme split sa vo vonkajšej jednotke nachádza len výparník, zatiaľ čo vo vnútornej jednotke sa nachádza kondenzátor, a preto je chladivový okruh aj vo vnútri budovy [1, 4, 5].



Obrázok 2. Schéma vykurovania: (a) Centrálny systém vykurovania; (b) Decentrálny vykurovací systém. Zdroj: [1]



Obrázok 3. Schéma systému zapojenia vonkajšej jednotky monoblock a split (bez ďalšieho vnútorného technického vybavenia)
Zdroj: [1]

V článku porovnávame využiteľnosť a cenovú návratnosť tepelných čerpadiel vzduch-voda medzi jedným centralizovaným systémom s dvomi tepelnými čerpadlami a siedmimi decentralizovanými tepelnými čerpadlami pre navrhovaný referenčný polyfunkčný bytový objekt. V navrhovanom objekte je v oboch prípadoch navrhovaný systém napojenia vonkajšej vzduchovej jednotky v riešení split. Pôvodne bola v práci očakávaná vyššia investičná návratnosť pri decentralizovaných tepelných čerpadlách, ktorá sa ale naopak vyvrátila a ukázala, že decentralizovaný vykurovací systém má oproti investičným nákladom centralizovaného systému pre tepelné čerpadlá vzduch-voda zanedbateľnú úsporu na elektrickej energii. [1].

2. Materiály a metódy

Metodológia

Pre cenový odhad investičných nákladov centrálného a decentrálneho systému vykurovania boli použité náklady podľa cenníkovej databázy CENEKON z roku 2021 pomocou softvéru CENKROS.

Cenový odhad prevádzkových a servisných nákladov sa určil podľa technickej dokumentácie výrobcu, spotreby elektrickej energie a priemerných cien elektrickej energie.

Spotreba elektrickej energie bola vypočítaná na základe výpočtu tepelných strát daných miestnosťami a efektivity tepelného čerpadla udávaného výrobcom. Výpočet projektovaného tepelného príkonu je vypočítaný v softvéri TECHCON a pre bytové jednotky je referenčný, nakoľko sú bytové jednotky na všetkých poschodiach rovnaké a výpočet prebehol iba pre jedno poschodie (pre

najnepriaznivejšie podmienky). Preto sú výsledky orientačné a tepelné straty objektu môžu byť v skutočnosti trochu nižšie.

Spotrebu elektrickej energie bola vypočítaná v softvéri Microsoft Excel. Vstupnými údajmi boli konštanty ako projektovaný tepelný príkon objektu, denná spotreba tepla v zimnom a v letnom období na prípravu teplej vody, priemerná vnútorná teplota objektu a priemerná vonkajšia teplota. Hodnoty COP tepelných čerpadiel IVT AIR X 90 a 170 sú uvedené na základe technických listov udávaných výrobcami. Referenčné teploty sú približné pre každých 6 hodín a boli vypočítané na základe meraní maximálnych, minimálnych a mediánových teplôt Slovenským hydrometeorologickým ústavom meraným v roku 2019 na hydrometeorologickej stanici Letisko Košice z webovej stránky www.meteoblue.com.

Nakoniec boli porovnané výsledky a posúdené náklady a návratnosť riešeného centrálného a decentrálného vykurovania pre 4 poschodový polyfunkčný bytový dom so zastavanou plochou cca 300 m².

Vybrané výstupy výskumnej činnosti podľa STN EN ISO 13790:

Ročná spotreba tepla na vykurovanie:

$$Q_{UK,rok} = \frac{\varepsilon}{\eta_r} \cdot \frac{24 \cdot \Phi_{HL} \cdot D}{(\theta_{is} - \theta_e)} [kWh/rok]$$

Kde:

ε – opravňový súčiniteľ, $\varepsilon = 0,85$

η_r – účinnosť vykurovacích rozvodov, $\eta_r = 1$

Φ_{HL} – projektovaný tepelný príkon objektu [kW]

D – počet dennostupňov [K.deň]

θ_{is} – priemerná vnútorná výpočtová teplota [°C]

θ_e – vonkajšia výpočtová teplota [°C]

Počet dennostupňov:

$$D = d \cdot (\theta_{is} - \theta_{es}) [K.deň]$$

Kde:

d – počet dní vykurovacieho obdobia v roku, $d = 212$ dní

θ_{is} – priemerná vnútorná výpočtová teplota [°C]

θ_{es} – priemerná vonkajšia teplota počas vykurovacieho obdobia, [°C]

Denná spotreba tepla v zimnom období na prípravu teplej vody:

$$Q_{TV,deň} = Q_{TV,deň,zima} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{TV} \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{3600} [kWh]$$

z – koeficient energetických strát systému, $z = 0,5$

ρ – merná hmotnosť vody, $\rho = 1000$ kg/m³

c – merná tepelná kapacita vody, $c = 4,186$ kJ/kg(kg.K)

V_{TV} – celková potreba teplej vody na deň [m³/deň]

θ_1 – teplota studenej vody, $\theta_1 = 10$ °C

θ_2 – teplota ohriatej vody, $\theta_2 = 55$ °C

Ročná spotreba tepla na prípravu teplej vody

$$Q_{(TV,rok)} = Q_{(TV,"deň"} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{(TV,"deň"} \cdot (\theta_{2-0} - \theta_{sv,leto}) / (\theta_{2-0} - \theta_{sv,zima}) \cdot (N - d) [kWh/rok]$$

$\theta_{sv,leto}$ – teplota studenej vody v letnom období, $\theta_{sv,leto} = 15^{\circ}\text{C}$

$\theta_{sv,zima}$ – teplota studenej vody v zimnom období, $\theta_{sv,zima} = 10^{\circ}\text{C}$

N – počet pracovných dní sústavy, N = 365 dní

Denná spotreba tepla v zimnom období

$$Q_{(TV,deň,zima)} = 0,8 \cdot Q_{(TV,"deň")} \cdot (\theta_{2-\theta_{sv,leto}}) / (\theta_{2-\theta_{(sv,"zima")}}) [\text{kWh}]$$

Očakávaná spotreba paliva/elektrickej energie

$$B_{(UK,rok)} = (0,0036 \cdot Q_{(UK,rok)}) / (H \cdot \eta_c) \cdot 1000 [\text{m}^3/\text{rok}]$$

H – výhrevnosť primárneho paliva [MJ/m³]

η_c – celková účinnosť zariadenia

Projektovaný tepelný príkon bytových jednotiek a predajne:

Predajňa:

$$Q_{HL1} = 4,5 \text{ kW}$$

Byt č. 201, 301, 401:

$$Q_{HL2} = 4,9 \text{ kW}$$

Byt. č. 202, 302, 402:

$$Q_{HL3} = 4 \text{ kW}$$

Spolu:

$$Q_{HL} = \sum Q_{HLi} = 4,5 + 4,9 \times 3 + 4 \times 3 = 31,2 \text{ kW}$$

Návrh jednotiek

Riešenie: Tepelné straty Q_{HLi} pre všetky bytové jednotky a predajňu sú v priemere 4 kW – 5 kW. Preto navrhujem samostatne vo všetkých bytových jednotkách a v predajni tepelné čerpadlo IVT AIR X 90 umiestnené na streche objektu [1].

Riešenie: Tepelné straty Q_{HL} pre celú budovu sú v priemere 31,6 kW. Preto navrhujem pre celý polyfunkčný bytový objekt dve tepelné čerpadlá IVT AIR X 170 umiestnené na teréne pri objekte [1].

Vypočítaná ročná spotreba tepla na vykurovanie

$$Q_{UK,rok} = 70,649 \text{ MWh} = 254 \text{ GJ}$$

Vypočítaná ročná spotreba tepla na prípravu teplej vody

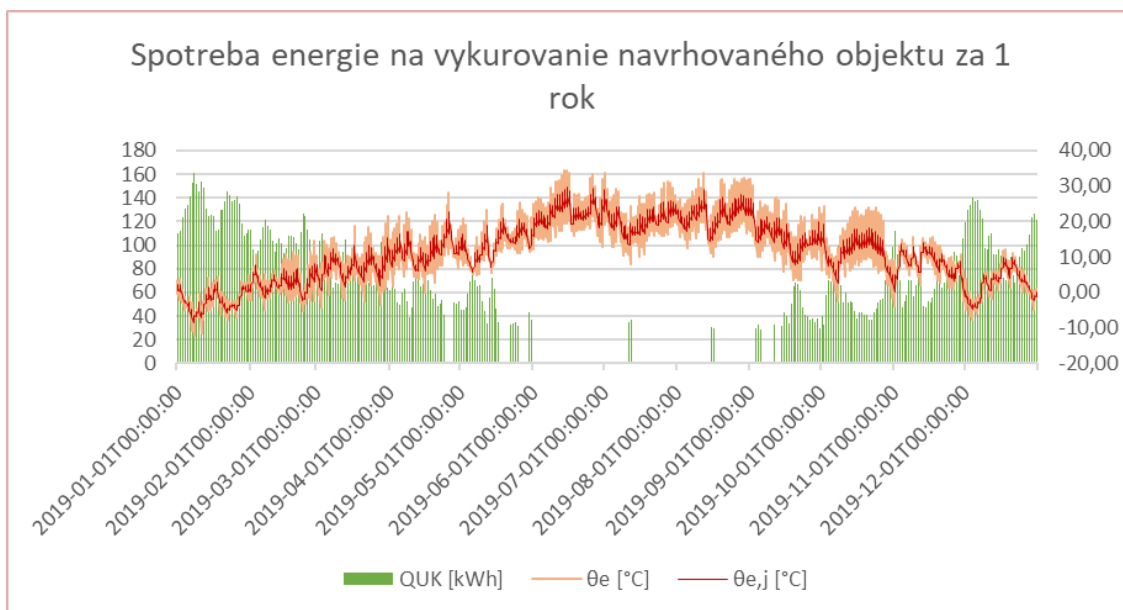
$$Q_{TV,rok} = 114,475 \text{ MWh} = 412 \text{ GJ}$$

Vypočítaná celková ročná spotreba tepla

$$Q_{rok} = Q_{UK,rok} + Q_{TV,rok} = 185,124 \text{ MWh} = 666 \text{ GJ}$$

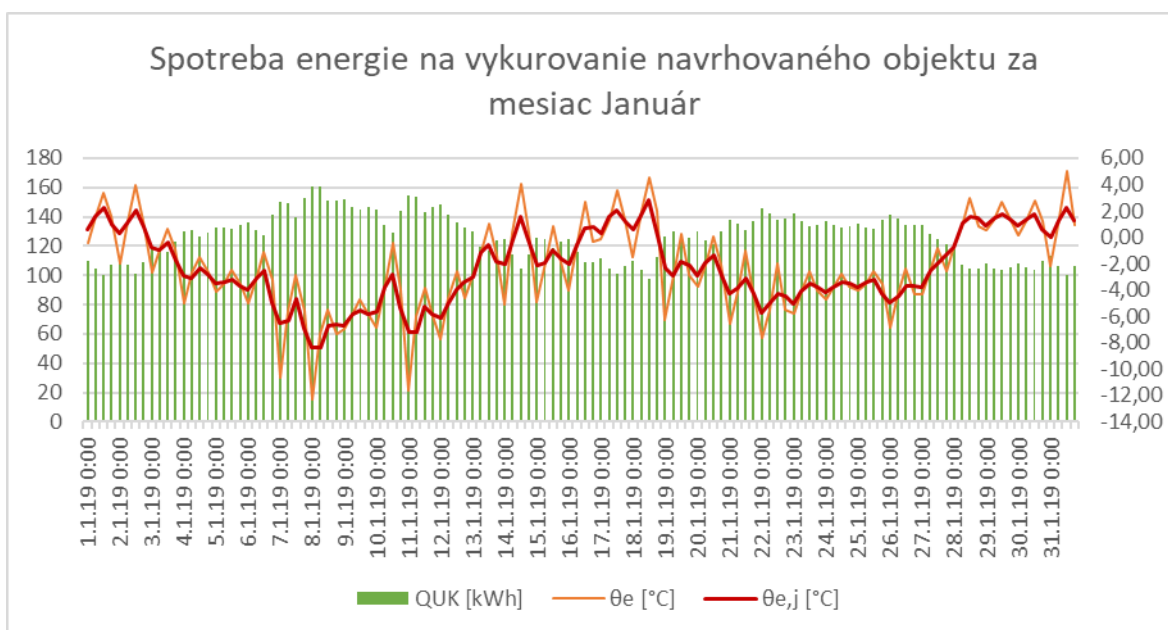
3. Výsledky a diskusia

Celková cena spotreby elektrickej energie po prepočítaní v dvojpásmovej tarife pri cenových sadzbách VSE pre rok 2020 bola 2884,86 eur pre decentralizovaný systém vykurovania a 2904,27 eur pre centralizovaný vykurovací systém.



Obrázok 4. Graf spotreby energie na vykurovanie navrhovaného objektu za 1 rok

Zdroj: [1].



Obrázok 5. Graf spotreby energie na vykurovanie navrhovaného objektu za mesiac Január

Zdroj: [1].

Pre navrhovaný objekt vyšli odhadované investičné náklady pre decentralizovaný systém vykurovania na 105 441 € (Tabuľka 1) a pre centralizovaný systém vykurovania 52 072 € (Tabuľka 2).

Tabuľka 1. Cenový odhad investičných nákladov decentralného vykurovania.

Popis	Celková cena
Izolácie tepelné	2230,76 €
Ústredné kúrenie - kotolne	76137,18 €
Ústredné kúrenie - strojovne	970,01 €
Ústredné kúrenie - rozvodné potrubie	3737,13 €
Vykurovacie telesá	15502,98 €
Ostatné	6862,88 €
Práce a dodávky PSV SPOLU:	105440,94 €

¹ Výpočet investičných nákladov decentralného vykurovania podľa cenníkov CENKROS a IVT.
Zdroj: Vlastné spracovanie

Tabuľka 2. Cenový odhad investičných nákladov centrálného vykurovania.

Popis	Celková cena
Izolácie tepelné	2083,195 €
Ústredné kúrenie - kotolne	26634,64 €
Ústredné kúrenie - strojovne	970,011 €
Ústredné kúrenie - rozvodné potrubie	3461,421 €
Vykurovacie telesá	15502,983 €
Ostatné	3419,3 €
Práce a dodávky PSV SPOLU:	52071,55 €

Pri navrhovaných riešeniach sú prevádzkové náklady pre decentralizovaný systém vykurovania nižšie o 19,41 € ročne v porovnaní s centralizovaným systémom vykurovania a investičné náklady sú vyššie o 53 369 €. Celková návratnosť navrhovaného centralizovaného systému vykurovania oproti decentralizovanému systému vykurovania preto vyšla za 10 rokov na 53 175 € [1].

Teória 1. Počas práce bola predpokladaná vyššia cenová návratnosť decentrálneho systému vykurovania tepelnými čerpadlami, a to z dôvodu predpokladanej nižšej spotreby elektrickej energie decentrálneho systému vykurovania tepelnými čerpadlami vzduch-voda.

Potvrdenie teórie 1. Predpokladaná nižšia spotreba elektrickej energie decentrálnym systémom vykurovania tepelnými čerpadlami sa potvrdila, ale predpoklad cenovej návratnosti nebol potvrdený, a to z dôvodu vysokých zriaďovacích nákladov.

V danej práci sa nám podarilo potvrdiť výrazný vplyv výberu systému vykurovania tepelným čerpadlom na efektívnosť a počiatočné zriaďovacie náklady. Zistili sme, že pri danom posudzovanom návrhu vykurovacieho systému tepelných čerpadiel je oveľa výhodnejšie využiť centrálny vykurovací systém. Cenová návratnosť centrálného systému vykurovania oproti decentrálnemu systému vykurovania bola tak vysoká, že je možné predpokladať vyššiu návratnosť aj pri iných tepelných čerpadlách typu vzduch-voda.

4. Záver

V súčasnej dobe je naliehavé hľadanie optimálnych riešení na zabezpečenie energetických potrieb vo svete ako aj na Slovensku využitím obnoviteľných a udržateľných zdrojov. K naplneniu týchto výziev môžu pomôcť práve optimálne návrhy systémov vykurovania jednotlivých budov. Výhody centrálného vykurovacieho systému stále prevládajú aj nad tepelnými čerpadlami a sú efektívnym spôsobom vykurovania budov. Počiatočne investičné náklady na montáž rozvodov sú síce pri centralizovaných systémoch vykurovania tepelnými čerpadlami vyššie, ale celková cena s kúpou centralizovaných zariadení je oveľa nižšia ako decentrálne systémy a svojou účinnosťou sa im takmer vyrovná. Z daného vyplýva, že pri využití tepelných čerpadiel je pri návrhu vykurovania vhodné uprednostniť centrálny systém vykurovania.

V súčasnosti je potrebné zameriavať sa na výber vhodného vykurovacieho zariadenia už pri samotnom projektovaní stavieb a pri riešení objektov rôznych, či už energetických, priemyselných, alebo obytných budov, pričom je potrebné dbať aj na to, aby sa posudzovali nie len vhodné energetické zdroje, ale aj ich systémy zapojenia. Pre efektívny návrh je tiež potrebné porovnávať viaceré dostupné zariadenia na trhu ako sú napríklad solárne panely, plynové a elektrické kotle, a zároveň prihliadať na lokalitu a účel budovy, pre ktorú sa daný objekt navrhuje.

Práca vytvára priestor pre zahrnutie iných zdrojov tepla do analýzy, ako sú plynové, alebo elektrické kotle, prípadne iné druhy tepelných čerpadiel. Na prácu je možné nadviazať a využiť na výpočet obdobných typov tepelných čerpadiel, alebo sledovať vývoj cien energií a iných zdrojov tepla ako sú dodávky tepla z výmenníkových staníc, geotermálneho tepla, solárnych panelov a pod.

Acknowledgment: This contribution is supported by the project APVV Project code: 20-0601 „Research and development of a modular system of medium-sized hybrid energy sources based on an ecological energy mix optimized for the user and locality“(2021-2023).

Literatúra

1. Samuel Berezňanin. Aplikácia vykurovania v bytovom dome. Bakalárska práca, TUKE, Košice, 21.05.2021
2. Tülin Tatar. Steam and gas turbines – ship machinery i. Research assignment, Yıldız Teknik Üniversitesi. İstanbul, Türkiye, 2020, dostupné online: https://www.academia.edu/49229139/STEAM_AND_GAS_TURBINES (01.11.2023)
3. Múzeum Janka Kráľa, dostupné online: <https://aurelstodola.sk/vedecka-a-technicka-cinnost/> (01.11.2023)
4. IVT Tepelná čerpadla s.r.o., dostupné online: <https://www.ivt.sk/sk/> (21.05.2021)
5. Glen Dimplex Group, <https://www.glendimplex.sk/o-tepelnych-cerpadlach/princip-fungovania-tepelnehocerpadla/> (21.05.2021)
6. STN EN ISO 13790, Tepelnotechnické vlastnosti budov. Výpočet potreby energie na vykurovanie.