

Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích
Ústav technicko-technologický



Návrh parametrů tepelného čerpadla

Autor bakalářské práce: Jan Bartoš

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Kolínský, Ph.D.

Cíl práce

- Cílem této práce je stanovení obecných postupů při návrhu tepelného čerpadla pro vytápění obytných jednotek. Demonstrace využití postupu na zvolené jednotce.

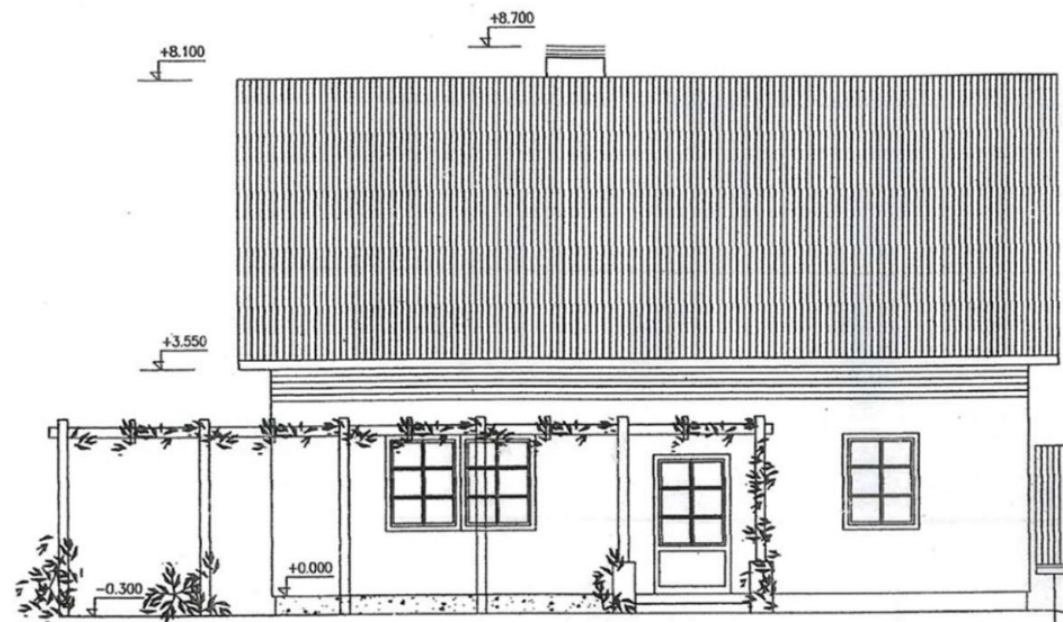
Metodika práce

- Teoreticko-metodologická část
 - sběr dat
- Aplikační část
 - sběr dat
 - zpracování dat
 - vyhodnocování dat



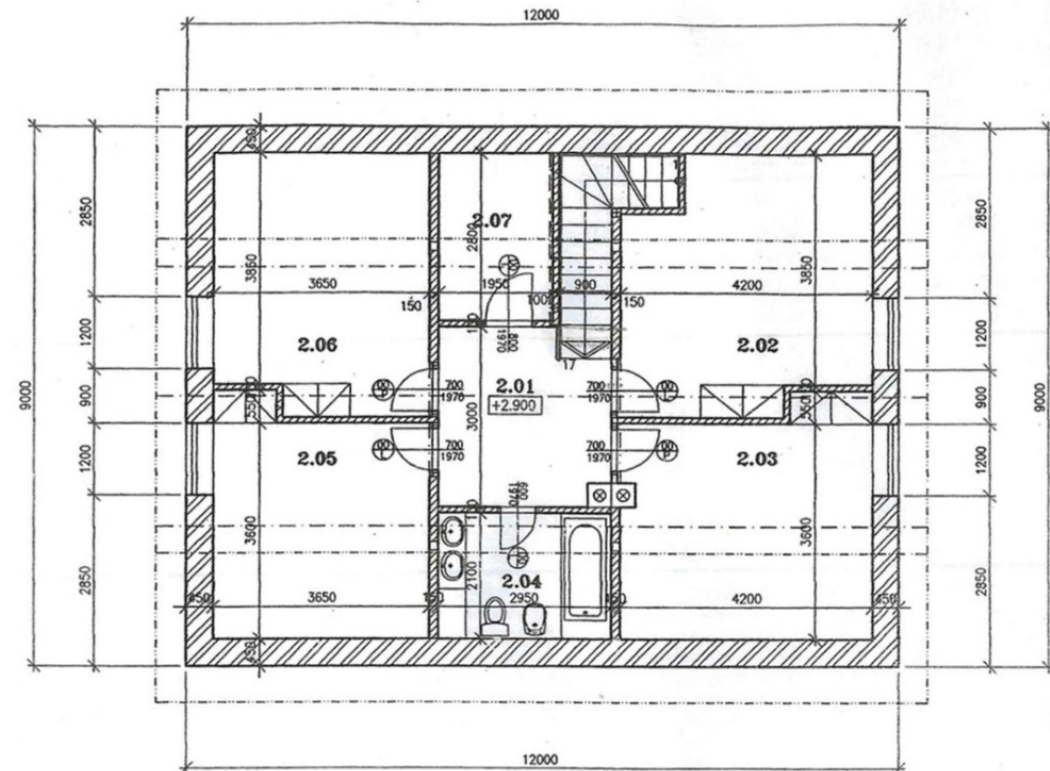
Aplikační část

- Popis rodinného domu
- Tepelné ztráty a roční potřeba tepla rodinného domu
- Návrh a porovnání tepelných čerpadel
- Diskuze výsledků a návrhy opatření



Popis rodinného domu

- Lokalita RD
- Analýza rozložení místností
- Analýza skladby stěn, podlah a střechy
- Energetická soběstačnost



Tepelné ztráty a roční potřeba tepla RD

- **Tepelná ztráta prostupem tepla**

- **Výpočet součinitele prostupu tepla**

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad R = \sum R_j \quad U_j = \frac{1}{R_{i,j} + R + R_{e,j}} = \frac{1}{R_T}$$

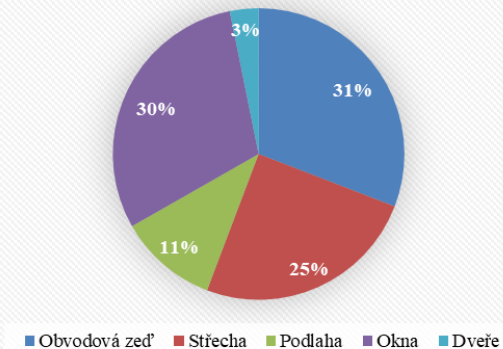
- **Celková tepelná ztráta prostupem tepla**

$$Q_0 = U_j \times S_j \times (t_i - t_{e,j}) \quad Q_j = Q_0 \times (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad Q_P = \sum Q_j$$

- **Q_P = 4654,5 W**

Složení obvodové zdi						
Interiér	Číslo	Materiál	d [m]	λ_u [W×m ⁻¹ ×K ⁻¹]	R _j [m ² ×K×W ⁻¹]	t _j [°C]
↓ Exteriér	1	Omítka vápenná	0,015	0,87	0,02	18,8
	2	Porotherm 44 Profi	0,44	0,111	3,96	-13,56
	3	Omítka perlitová	0,015	0,11	0,14	-14,67

Podíl typu konstrukcí na ztrátě prostupem tepla



Tepelné ztráty a roční potřeba tepla RD

- Tepelná ztráta větráním**

$$Q_v = V_v \times \rho_v \times c_p (t_i - t_e) \quad V_v = n_k \times V_m$$

$$\underline{Q_V = 2201,62 \text{ W}}$$

- Celková tepelná ztráta RD**

$$Q_{ZRD} = Q_P + Q_V$$

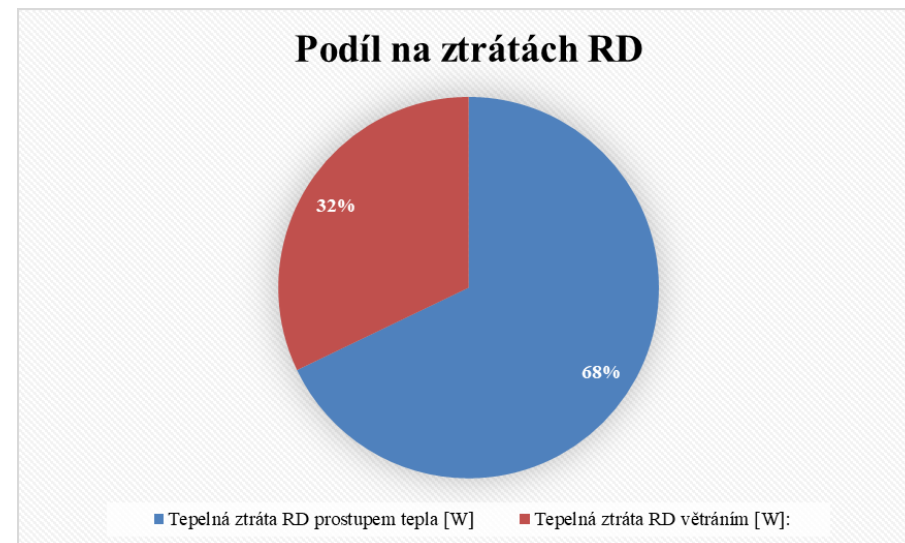
$$\underline{Q_{ZRD} = 6856,12 \text{ W}}$$

- Roční potřeba tepla RD**

$$Q_{RD} = Q_{vyt} + Q_{tuv} =$$

$$= 13\,328 + 5847,3 = \mathbf{19\,175 \text{ kWh/rok}}$$

Místnost	Plocha [m ²]	Výška stropu [m]	Objem [m ³]	Průtok vzduchu [m ³ ×h ⁻¹]	Rozdíl teplot [K]	Tepelná ztráta [W]
Obývací pokoj + kuchyň	33,6	2,65	89,040	44,520	35	662,24
Koupelna + WC 1.NP	7,5	2,65	19,875	9,938	35	147,82
Ložnice 1	14	2,65	37,100	18,550	35	275,93
Ložnice 2	14	2,65	37,100	18,550	35	275,93
Chodba	4,9	2,65	12,985	6,493	35	96,58
Schodiště	2,24	3,5	3,920	1,960	35	29,16
Pokoj 1 2.NP	16,17	2,65	42,851	21,425	35	318,70
Pokoj 2 2.NP	13,86	2,65	36,729	18,365	35	273,17
Koupelna + WC 2.NP	6,195	2,65	16,417	8,208	35	122,10
Tepelná ztráta RD větráním [W]:						2201,62



Návrh a porovnání tepelných čerpadel

- **Potřebný výkon tepelného čerpadla**

$$Q_{TČ} = \frac{24 \times Q_{ZRD}}{18} + \frac{5 \times Q_{tuVD}}{18}$$

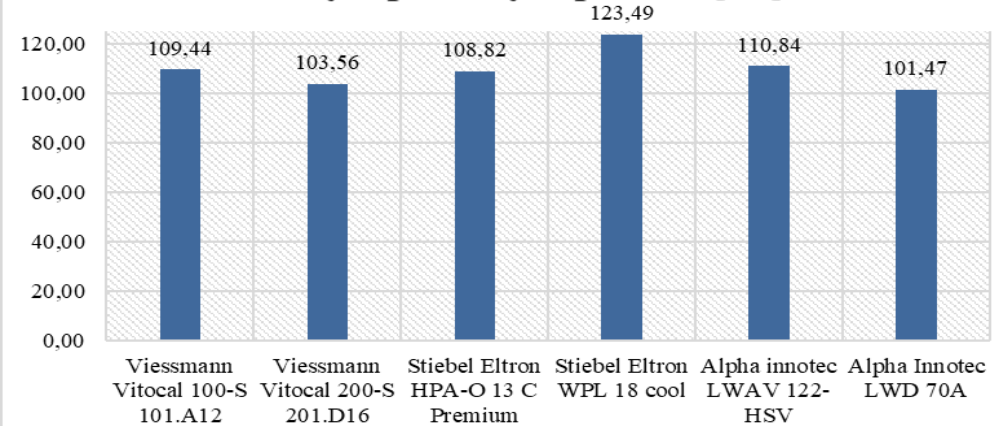
$$Q_{TČ} = 7,1 \text{ kW}$$

- **Výpočet návratnosti**

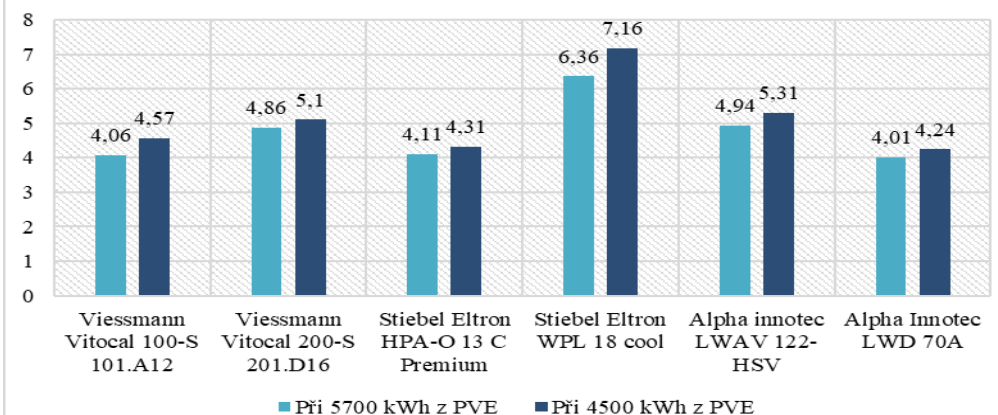
$$PI_{TČ} + (RN_{TČ} \times X) = PI_{PK} + (RN_{PK} \times X)$$

$$X = \frac{PI_{TČ}}{RN_{PK} - RN_{TČ}}$$

Pokrytí potřeby tepla TČ [%]



Návratnost TČ [rok]



Návrh a porovnání tepelných čerpadel

Stiebel Eltron HPA-O 13 C Premium		
Potřebný tepelný výkon	7,1	kW
Celková potřeba tepla za rok	19175	kWh
Jmenovitý tepelný výkon (A2/W35)	8,33	kW
Pokrytí potřeby tepla TČ	108,82	%
Pokrytí potřeby tepla plynovým kotlem	0	%
Topný faktor COP	4,14	-
Topná práce dodaná TČ	20865,6	kWh
Příkon	1,77	kW
Spotřebovaná energie ročně	5040	kWh
Dostupná energie z PV elektrárny pro TČ	5700	kWh
Pokrytí Spotřeby TČ PV elektrárnou	113,10	%
Náklady ne elektrickou energii	0	Kč
Náklady na vytápění plynem	0	Kč
Hladina akustického výkonu	55	dB(A)

Alpha Innotec LWAV 122-HSV		
Potřebný tepelný výkon	7,1	kW
Celková potřeba tepla za rok	19175	kWh
Jmenovitý tepelný výkon (A2/W35)	8,8	kW
Pokrytí potřeby tepla TČ	110,84	%
Pokrytí potřeby tepla plynovým kotlem	0	%
Topný faktor COP	4,01	-
Topná práce dodaná TČ	21253	kWh
Příkon	2,13	kW
Spotřebovaná energie ročně	5300	kWh
Dostupná energie z PV elektrárny pro TČ	5700	kWh
Pokrytí Spotřeby TČ PV elektrárnou	107,55	%
Náklady ne elektrickou energii	0	Kč
Náklady na vytápění plynem	0	Kč
Hladina akustického výkonu	50	dB(A)

Náklady a návratnost		
Počáteční investice vč. instalace	334000	Kč
Předpokládaná dotace	100000	Kč
Celková investice	234000	Kč
Návratnost	4,11	roků

Náklady a návratnost		
Počáteční investice vč. instalace	381593	Kč
Předpokládaná dotace	100000	Kč
Celková investice	281593	Kč
Návratnost	4,94	roků

Diskuze výsledků a návrhy opatření

- Nízké ztráty prostupem tepla – nezateplená zeď
- Data o výrobě z FVE pouze za rok – nepřesný odhad dostupné energie
- Změna na západní straně obvodové zdi – pergola
- Doporučení na zateplení obvodové zdi
- Doporučení na zvětšení bateriového úložiště

Závěr

- Získání znalostí v oblasti TČ
- Tepelné čerpadlo – ekologický zdroj tepla a při správném dimenzování úspora financí
- RD má dostatečné zateplení, aby bylo smysluplné používat TČ
- Pro optimalizaci provozu byli navržena doporučení – zateplení a zvětšení baterie u FVE
- Ze 6 navržených čerpadel by tepelným požadavkům vyhověla všechna
- Ze dvou smysluplných řešení bylo vybráno to s kratší ekonomickou návratností

Děkuji za pozornost

Zdroje

- <https://www.vecteezy.com/vector-art/8151362-success-ladder-aspiration-to-achieve-target-business-goal-or-work-purpose-aim-for-perfection-concept-businessman-climb-up-ladder-high-into-the-sky-to-aiming-for-perfect-bullseye-target-dartboard>
- <https://www.voxco.com/blog/how-to-write-research-methodology/>
- <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/23093-tepelna-cerpadla-zakladni-informace>

Doplňující dotazy oponenta

Podle čeho se určuje účinnost tepelného čerpadla?

Topný faktor COP – Coefficient of Performance

COP 4 znamená, že z 1 kW elektrické energie vyrobíme 4 kW energie tepelné

Proč ve Vašem porovnání tepelných čerpadel není porovnán i důležitý parametr bod bivalence?

Vzhledem k naměřeným teplotním minimům za uplynulé roky mi přišel relativně zanedbatelný. U většiny TČ $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ a naměřená minima max 7x do roka nižší.

Vysvětlete princip tepelného čerpadla s kompresorem a jeho výhody a nevýhody.

V kompresoru se stlačují páry chladiva, tím se zahřívají. Teplo předají stěnou kondenzátoru a po zchlazení kondenzují a pomocí vysokého tlaku v okruhu jsou puštěny přes expanzní ventil zpět do výparníku. Ve výparníku opět chladivo odebírá energii potřebnou ke skupenské přeměně a jde ve formě páry opět do kompresoru.

Nevýhoda je oproti sorpčním TČ 5-10x potřeba elektrické energie k pohonu kompresoru. Výhodou pak jsou menší rozměry, vyšší topný faktor COP a nezávislost na dalších zdrojích tepelné energie.

