



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

TECHNOLOGIE PRO VYTÁPĚNÍ RODINNÝCH DOMŮ

HEATING TECHNOLOGIES FOR HOUSEHOLD HEATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR
PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Krakovič

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Lisý, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Vojtěch Krakovič**
Studijní program: Základy strojního inženýrství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Martin Lisý, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Technologie pro vytápění rodinných domů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provést rešerši a základní porovnání různých způsobů vytápění rodinných domů se zaměřením na nové, moderní technologie vytápění.

Cíle bakalářské práce:

Proveďte rešerši základních způsobů vytápění RD.
Zpracujte základní porovnání jednotlivých způsobů vytápění.
Proveďte základní technicko-ekonomické porovnání vybraných metod na modelovém domě.

Seznam doporučené literatury:

BAŠTA, Jiří. Regulace vytápění. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02582-9. BROŽ, Karel. Vytápění. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02536-5.
DOUBRAVA, Jiří. Regulace ve vytápění. 2., upr. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2007. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 978-80-02-01951-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D. děkan
fakulty

Abstrakt

Tato bakalářská práce představuje a porovnává současné možnosti vytápění rodinných domů. První část představuje dostupné technologie pro vytápění i druhy paliv, vysvětluje princip jejich fungování, ukazuje klady a zápory a pro jaký typ budovy jsou jednotlivé typy vhodné. Postupně představí vytápění pevnými palivy, plynem i elektřinou a pokračuje až po tepelná čerpadla a způsoby získávání sluneční energie.

Druhá část seznamuje s modelovým domem, pro který je hledán vhodný způsob vytápění. Jsou vypočítány tepelné ztráty a roční potřeba tepla. Po krátkém pojednání nad vhodnými variantami jsou zvoleny dvě vhodné možnosti, u kterých proběhne výpočet přibližných počátečních i provozních nákladů a doby návratnosti. Následuje srovnání a vyhodnocení, po kterém se dozvíme ekonomicky nejvhodnější způsob vytápění pro modelový dům.

Klíčová slova

Vytápění, zdroj tepla, rodinný dům, ekonomické srovnání

Abstract

This bachelor's thesis presents and compares the current options for heating family houses. The first part introduces the available heating technologies and types of fuels, explains the principle of their operation, shows the advantages and disadvantages, and for which type of building each type is suitable. It will gradually introduce heating with solid fuels, gas and electricity, and continue to heat pumps and methods of obtaining solar energy.

The second part introduces a model house for which a suitable heating method is being sought. Heat losses and annual heat demand are calculated. After a short discussion of suitable alternatives, two suitable options are chosen, for which the approximate initial and operating costs, as well as payback periods, are calculated. The following is a comparison and evaluation, after which we will find out the most economically suitable heating method for the model house.

Key words

Heating, heat source, family house, economic comparison

Bibliografická citace

KRAKOVIČ, Vojtěch. *Technologie pro vytápění rodinných domů* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/148224>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Martin Lisý.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Technologie pro vytápění rodinných domů** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Jméno a příjmení

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Martinu Lisému, Ph.D. za spoustu cenných připomínek a rad při vypracovávání obsahu této práce. Dále děkuji mému otci, Pavlu Krakoviči, za podělení se o jeho zkušenosti z praxe, kontrolu správnosti informací uvedených v textu, vysvětlení principů funkce u některých zařízení a společně s mou matkou, Ludmilou Krakovičovou, za finanční i psychickou podporu při celém studiu. Mé přítelkyni, Marii Axmanové, děkuji za kontrolu formálního vyjadřování a grafické stránky mé práce.

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Způsoby vytápění.....	11
2.1 Vytápění pevnými palivy	11
2.1.1 Uhlí a koks.....	11
2.1.2 Biomasa	12
2.1.3 Kotle na pevná paliva	13
2.2 Vytápění plynem	15
2.2.1 Zemní plyn	16
2.2.2 Zkapalněné plyny	16
2.2.3 Kotle na zemní plyn	16
2.3 Vytápění elektřinou	18
2.3.1 Výroba elektřiny	18
2.3.2 Elektrokotel	19
2.3.3 Akumulační kamna.....	19
2.3.4 Sálavé systémy	19
2.3.5 Další elektrické zdroje.....	20
2.4 Vytápění tepelnými čerpadly	21
2.4.1 Funkční princip tepelného čerpadla.....	21
2.4.2 Tepelné čerpadlo vzduch/voda	22
2.4.3 Tepelné čerpadlo země/voda	22
2.4.4 Tepelné čerpadlo voda/voda.....	23
2.4.5 Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch	23
2.4.6 Topný faktor	24
2.4.7 návratnost	24
2.5. Solární energie	25
2.5.1 Kapalinové solární vytápění	25
2.5.2 Teplovzdušné solární vytápění	25
2.5.3 Fotovoltaické solární systémy	26
2.6 Otopná soustava	27
2.6.1 Otopná tělesa	27
2.6.2 Integrované otopné plochy	28
2.7 Akumulace energie.....	29
2.8 Porovnání nejpoužívanějších způsobů vytápění RD.....	30
2.9 Zhodnocení řešerše.....	31

3 Porovnání vybraných druhů vytápění na modelovém domě	32
3.1 Modelový dům	32
3.2 Tepelné ztráty	33
3.2.1 Tepelné ztráty 1. bytové jednotky	34
3.2.2 Tepelné ztráty 2. bytové jednotky	36
3.2.3 Celkové tepelné ztráty	37
3.3 Výpočet potřeby tepla pro vytápění a přípravu teplé vody	37
3.4 Volba nového způsobu vytápění	38
3.4.1 Aktuální způsob vytápění	39
3.4.2 Kondenzační kotel	39
3.4.3 Tepelné čerpadlo	41
3.4.4 Ekonomické porovnání variant s výhledem do budoucna.....	43
3.4.5 Porovnání při použití cen z roku 2021	44
3.5 Zhodnocení.....	45
4 Závěr	46
Zdroje.....	47
Seznam použitých symbolů a zkratek.....	56
Seznam obrázků.....	58
Seznam tabulek	59

1 Úvod

Nacházíme se v době, kdy v médiích neustále slyšíme slovní spojení energetická krize. Je součástí politických debat, někdo ji spojuje s válečným konfliktem na Ukrajině, někdo z ní obviňuje vládu. V každém případě se to ale týká každého, kdo platí za vytápění domu či bytu. Každý by rád co nejvíce ušetřil, ale jak? Existuje mnoho možností vytápění, ale které je nejlepší? Je lepší vysoká počáteční investice do tepelného čerpadla, které pravděpodobně bude mít levnější provoz, nebo je výhodnější vytápění kotlem na plyn, u kterého jsou počáteční náklady mnohem nižší? Vyplatí se investice do bezemisních zařízení, které čerpají energii ze slunce? A existuje vůbec univerzální způsob vytápění, který by byl vhodný pro každou budovu? Tato práce odpovídá na tyto otázky.

První část práce zkoumá všechny dostupné zdroje od vytápění plynem nebo tuhými palivy po trendy dnešní doby, jako jsou tepelná čerpadla. Předává základní informace, popisuje funkci zařízení, ukazuje klady a zápory a porovnává tyto způsoby vytápění.

Po získání a vyhodnocení informací z první části následuje výpočet tepelných ztrát na modelovém rodinném domě. V tomto domě dosluhuje starý plynový kotel a je potřeba navrhnout nový způsob vytápění. Jaký způsob vytápění bude pro starý zrekonstruovaný dům ekonomicky nejvýhodnější?

2 Způsoby vytápění

Následující kapitola se zaměřuje na základní seznámení se zdroji vytápění rodinných domů, které se v dnešní době používají.

Tabulka 2.1 ukazuje jasný trend ústupu vytápění tuhými palivy (uhlí a koks), naopak nejvíce rostoucími jsou obnovitelné zdroje energie, mezi které patří i biomasa, a mírný nárůst můžeme sledovat i u topení elektřinou. Přestože za posledních 10-15 let mírně pokleslo vytápění zemním plynem, stále tvoří asi čtvrtinu trhu.

Tabulka 2.1 Vývoj spotřeby paliv a energií v domácnostech [1]

Palivo/energie	1990	2000	2010	2015	2020
Elektřina	11,5 %	18,5 %	17,4 %	18,3 %	19,2 %
Nakupované teplo	17,4 %	18,8 %	16,6 %	15,0 %	13,7 %
Zemní plyn	12,8 %	31,8 %	32,0 %	26,4 %	26,0 %
Tuhá paliva	42,8 %	14,1 %	12,8 %	12,3 %	8,9 %
Kapalná paliva	1,2 %	1,2 %	0,3 %	0,7 %	0,7 %
Obnovitelné zdroje energie	14,3 %	15,6 %	20,9 %	27,4 %	31,6 %

2.1 Vytápění pevnými palivy

Jako vytápění pevnými palivy nazýváme vytápění uhlím, od kterého se stále více upouští, z důvodu ochrany životního prostředí a vytápění biomasou. [2] V roce 2022 skokově vzrostla cena pevných paliv a v určitou dobu náklady na topnou sezónu dokonce překonaly náklady při topení plynem. V únoru 2023 je ale cena opět relativně nízká a dá se očekávat, že náklady na vytápění tímto způsobem budou opět považovány za levnější variantu v porovnání s plynem nebo elektřinou. [3]

2.1.1 Uhlí a koks

Vzhledem k historii těžby uhlí v České republice je tato varianta pro mnoho lidí stále atraktivní a oblíbená. Jedná se o relativně levný zdroj, který ale pravděpodobně nebude možností využívat v budoucnosti. Přestože moderní kotle na tuhá paliva vypouští do ovzduší v porovnání s dřívějšími kotli minimum emisí [4], Evropská unie jednoznačně bojuje za nahrazení jinými zdroji. Další nevýhodou je potřeba skladovacích prostor a nutná manuální obsluha kotle.

Uhlí můžeme rozdělit na černé a hnědé. Černé uhlí je starší a kvalitnější, těží se ve velké hloubce a produkuje méně emisí. Zároveň má vyšší cenu, náklady na vytápění jsou ale srovnatelné s hnědým uhlím, protože černé uhlí má vyšší výhřevnost. V Česku se z důvodu větší dostupnosti více využívá uhlí hnědé. [4]

Koks vzniká pyrolýzou černého uhlí při teplotě vyšší než 1000 °C bez přístupu vzduchu [5]. Při tomto procesu jsou z něj odstraněny prchavé látky a nežádoucí směsi. Díky tomu jsou zplodiny vzniklé spalováním minimální a vytápění koksem je oproti uhlí více ekologické. Koks má velmi dobrou výhřevnost, lépe se skladuje a je s ním lehčí manipulace. [6]

Výhřevnost hnědého uhlí se pohybuje kolem 18 MJ/kg, černého uhlí kolem 23 MJ/kg a koksu 27,5 MJ/kg. [7]

2.1.2 Biomasa

Pod pojmem biomasa rozumíme hmotu organického, tedy živočišného nebo rostlinného, původu. Pro vytápění domů se používají hlavně dřevní pelety, dřevní brikety a kusové dřevo. Jedná se o obnovitelný a ekologický zdroj tepla, který je uhlíkově neutrální. [8]

Pelety jsou malé válečky slisované z dřevěných pilin o průměru 6-8 mm a délce 20-30 mm [10]. Lisují se za vysokého tlaku a za vysokých teplot. Výhodou jsou moderní kotle, které jsou automatizované a pomocí dopravníku si přikládají pelety sami. Výhřevnost pelet je okolo 18 MJ/kg. [9]



Obrázek 2.1 Pelety [10]

Brikety se podobně jako pelety vyrábějí lisováním za vysokých teplot. Vyrábějí se jako válce s dírou, válce bez díry nebo kvádry. Mají nízkou vlhkost a vysokou výhřevnost, která se pohybuje okolo 18 MJ/kg. Je možné je použít i jako doplňkový zdroj tepla v krbových kamnech. [9]



Obrázek 2.2 Kvádrové brikety [11]

Při topení **kusovým dřevem** je důležitá jeho vlhkost. Při kácení v lese má vlhkost přes 50 % a proto je třeba jej alespoň 2 roky nechat vyschnout. To obnáší požadavky na větší skladovací prostory. Čím nižší vlhkost, tím vyšší výhřevnost. Při vlhkosti 25 % se pohybuje mezi 12-14 MJ/kg. Kromě skladovacích prostor má vytápění dřevem vyšší nároky taky na obsluhu (nutné přikládání a vymetání kotle) a je potřeba jej naštípat. V případě nákupu již vyschlého a naštípaného dřeva je znatelně vyšší cena. Palivové dřevo rozlišujeme také podle tvrdosti. Měkké dřevo z jehličnanů je vhodné na rozdělávání ohně, naopak tvrdé se používá pro udržení dlouhotrvajícího žáru. [12]

Tabulka 2.1 Výhřevnost dřeva v závislosti na vlhkosti [13]

Stáří dřeva	Obsah vody	Výhřevnost
Čerstvě kácené v lese	50-60 %	7,1 MJ/kg
Přes léto skladované	25-35 %	12,2 MJ/kg
Několik let skladované	15-25 %	14,4 MJ/kg

2.1.3 Kotle na pevná paliva

Jedná se o zařízení, které spalováním přeměňují energii uloženou v pevném palivu na teplo. Výhodou je poměrně nízká cena paliv a přijatelná pořizovací cena (i když je o něco vyšší než u kotlů na plyn nebo elektrokotlů), nevýhodou nutnost manuální obsluhy, ať už se jedná o přikládání nebo o vynášení popela. [14] Při instalaci nového kotle na pevná paliva s využitím kotlíkové dotace je až na výjimky povinnost instalace akumulární nádrže, což ještě zvyšuje už tak velké požadavky na velikost kotelny. [15] Můžeme je rozdělit do mnoha kategorií, podle zkoumaných kritérií. Podle materiálu, ze kterého je kotel vyroben, se dělí na **ocelové** a **litinové**. Můžeme je rozlišovat taky podle paliva, které spalují, na kotle na **dřevo**, **pelety**, nebo **uhlí**. [14]

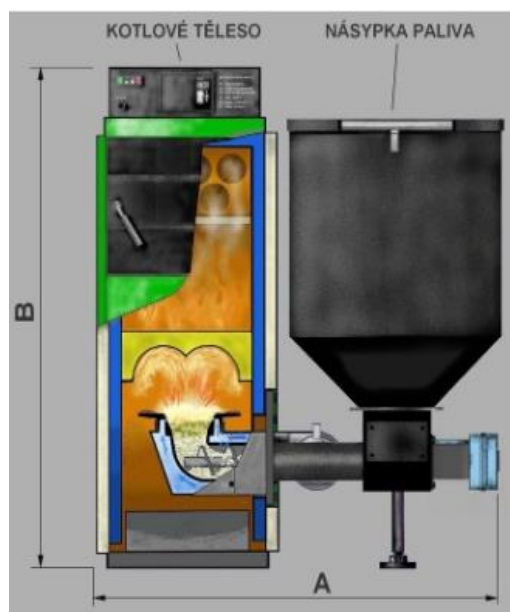
Podle přísunu vzduchu dělíme kotle s **přirozeným tahem komína**, u kterých je přísun vzduchu závislý pouze na tahu komína, který v ohništi vytváří podtlak a vzduch je do ohniště nasávám speciálními otvory. Druhou možností jsou kotle s **nuceným tahem**, u kterých je podtlak v ohništi vytvářen pomocí ventilátoru. V tomto případě můžeme podtlak podle potřeby regulovat a spalovací proces je pod vyšší kontrolou. [16]

Dále je můžeme rozdělit podle způsobu přísunu paliva na kotle s **ručním přikládáním** a kotle **automatické**. U kotlů s ruční dodávkou je nutné ručně přikládat několikrát denně. [14] Naopak kotle automatické si palivo sami dávkují a dopravují ze zásobníku pomocí dopravníku. Zásobník je potřeba doplnit obvykle v intervalu 1 až 10 dní, tuto dobu je možné prodloužit instalací externího podavače až na několik měsíců. Nejčastější palivo pro automatické kotle je hnědé uhlí nebo pelety a obvykle se používá v kombinaci se zplyňovacím kotlem. [17]

Nejdůležitější dělení je podle technologie spalování. Způsob spalování má vliv na ekologičnost, životnost, účinnost a s tím související cenu kotle. Dlouhou dobu stačilo dělení do 2 kategorií. A to na kotle **prohořivací** a **odhořivací**. S novými technologiemi se ale objevil další druh – **zplyňovací** kotel. [16]

Prohořivací kotel

V tomto typu kotle je vzduch přiváděn přes rošt zespodu a společně se vzniklými spalinami procházejí přes hořící vrstvu. Jedná se o nejstarší a nejjednodušší konstrukci kotle, který byl navržen pro paliva s malým obsahem prchavé hořlaviny, tedy pro koks a černé uhlí, případně dřevo. Účinnost transformace energie paliva na teplo je u tohoto kotle 50-60 % a v porovnání s novějšími typy kotlů produkuje více emisí. [17]



Obrázek 2.3 Schéma automatického kotle [18]

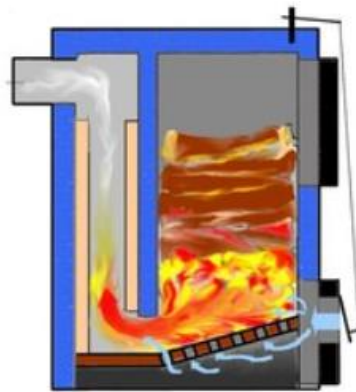


Obrázek 2.4 Schéma prohořivacího kotle [16]

Odhořivací kotel

Stejně jako u prohořivacího kotle je vzduch přiváděn přes rošt, na kterém hoří palivo. Z hořícího paliva je uvolňována prchavá hořlavina, která proudí do spalovací komory, ve které vyhoří lépe než v případě prohořivacího kotle. Spalování u tohoto kotle je plynulejší díky postupnému sesuvu paliva na rošt. Účinnost je mírně vyšší, a to 55-75 %.

[17]



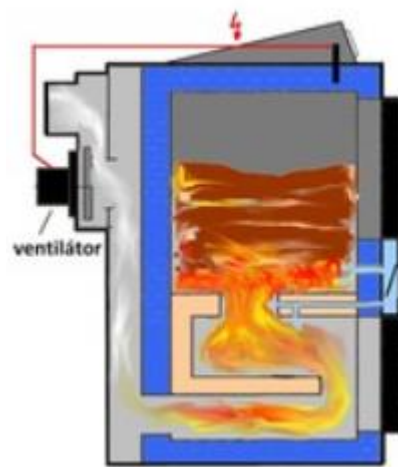
Obrázek 2.5 Schéma odhořivacího kotle [16]

Zplyňovací kotel

Jedná se o nejmodernější technologii spalování pevných paliv, konkrétně se používá na kusové dřevo a hnědé uhlí. V zásobníku kotle dochází hořením paliva k uvolňování prchavé hořlaviny (tento proces nazýváme zplyňování), která je vháněna skrz trysku do spalovací komory. [17] K tomuto procesu dochází při jakémkoliv spalování, u předchozích technologií ale část těchto hořlavin unikne bez využití komínem. [16] Spalovací vzduch (na obrázku 2.6 značen modrými šipkami) je vháněn do zásobníku i do spalovací komory nuceně ventilátorem. [17] Díky řízenému přísunu vzduchu dochází k dokonalému vyhoření prchavé hořlaviny. Odtud pochází název této technologie. [16] Tento kotel je poměrně ekologický a jeho účinnost je v rozmezí 60-85 %.

[17]

Zvýšení účinnosti a snížení emisí lze dosáhnout automatizací kotle, která je popsána výše.



Obrázek 2.6 Schéma zplyňovacího kotle [16]

Legislativa

Od roku 2000 se kotle na pevná paliva začali dělit do tříd 1, 2 a 3 dle normy ČSN EN 303-5. Pro zařazení do některé z tříd musel splnit definované emisní podmínky. Kvůli novým technologiím a vyšším ekologickým požadavkům byla v roce 2012 norma aktualizována. Přidala 2 další třídy 4 a 5 a zakázala výrobu kotlů tříd 1 a 2. V České republice byla přijata jako ČSN EN 303-5:2013. [19] Provoz kotlů emisní třídy 1 a 2 měl být ukončen k září 2022, kvůli energetické krizi a vysoké inflaci ale vláda toto datum posunula na 1. září 2024. Do tohoto data musí být všechny nevyhovující kotle vyměněny za varianty, které splňují emisní požadavky. [2] Na výměnu kotle lze využít takzvané kotlíkové dotace, která se odvíjí od příjmu domácnosti na osobu, technologie vytápění, kterou bude nahrazen starý, nevyhovující kotel a ceny nového zařízení. [20]

Od 1. ledna 2020 začaly platit nové požadavky na emise a účinnosti kotlů podle Nařízení Komise 2015/1189 o ekodesignu. Kotle uvedené na trh po tomto datu musí splňovat požadavky dle tohoto nařízení a třídy dle ČSN EN 303-5:2013 už nejsou podstatné, přestože se stále uvádí.

[21]

Krbová kamna a krby

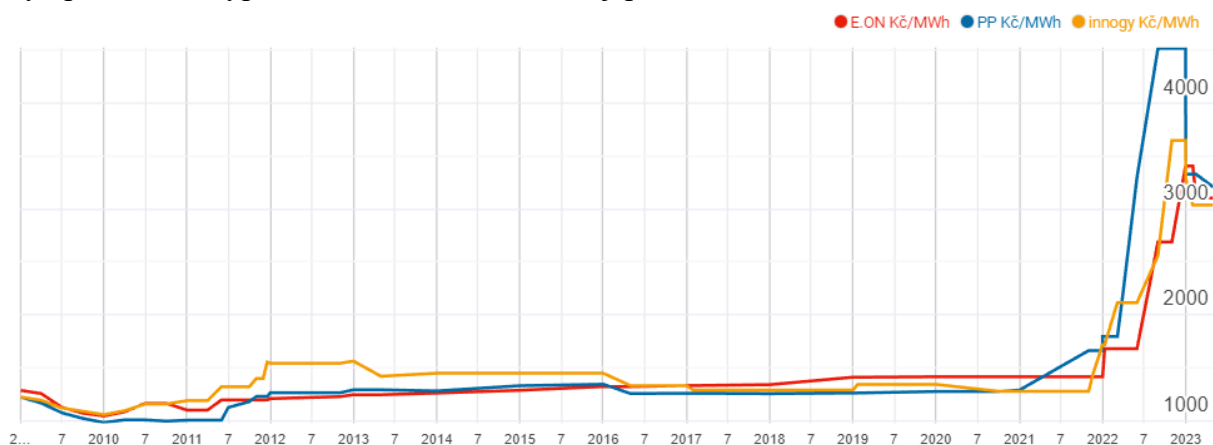
Krbová kamna jsou skvělý doplňkový zdroj vytápění. Jsou velmi oblíbené z mnoha důvodů, od možnosti pozorovat hořící dřevo z pohodlí domova, přes poslouchání praskání hořícího dřeva, po příjemné teplo, které krby poskytují. Jsou často využívány na chatách či chalupách, ale své místo mají i v rodinných domech. Tento způsob vytápění má spoustu podkategorií, které ale tato práce nebude detailně rozebírat. Alespoň rychlé zmínění si zaslouží možnosti, které se používají nejčastěji. Jsou to krbová kamna, krby, stavěná kamna, kanadská kamna, krby s výměníkem apod. [22]



Obrázek 2.7 Krbová kamna HARK s výměníkem [23]

2.2 Vytápění plynem

Jedná se o pohodlný způsob vytápění, u kterého není potřebná žádná práce navíc a ani skladovací prostory. [24] Náklady na pořízení plynového kotle nejsou příliš vysoké a dlouhou dobu se jako výhoda uváděla i nízká cena plynu. To se ale změnilo během vypuknutí válečného konfliktu na Ukrajině, kdy cena plynu několikanásobně vzrostla a spousta rodin, které vytápěly pouze plynem, se ocitlo ve finanční tísní. V tento moment cena plynu začíná klesat, ale je otázkou, jak tomu bude v budoucnosti. U plynových kotlů jsou navíc nutné každoroční revize a je potřeba mít k domu přípojku plynu. Její zřízení je poměrně drahá záležitost. Co se týče ekologie, produkce emisí je na 25-50 % ve srovnání s kotly na pevná paliva. [25] Jelikož se jedná o fosilní palivo, je možné, že v budoucnosti bude mít Evropská unie snahu zakázat vytápění tohoto typu, v blízké době ale toto nejspíše nehrozí.



Obrázek 2.8 Vývoj ceny zemního plynu od českých dodavatelů [26]

2.2.1 Zemní plyn

Zemní plyn se řadí mezi tzv. velmi výhřevné plyny. Vyskytuje se většinou společně s ropou nebo uhlím. Nachází se v hloubce několika kilometrů, a to jak na pevnině, tak pod mořským dnem. Těží se pomocí vrtů, které jsou vedeny přímo do ložisek. Hlavní složkou je metan a výhřevnost je asi 34 MJ/m^3 . Kromě vytápění se využívá i pro výrobu elektrické energie, v dopravě nebo při vaření. [27]

2.2.2 Zkapalněné plyny

V případě, že v obci není zaveden rozvod zemního plynu, je možnost použít na vytápění zkapalněné plyny, mezi které můžeme zařadit propan, butan i zemní plyn. Nevýhodou je potřeba nádrže na skladování plynů a pravidelné doplňování. Topení tímto způsobem je ale znatelně dražší, než topení zemním plynem nebo pevnými palivy. [28]

2.2.3 Kotle na zemní plyn

Instalace kotle na zemní plyn je pravděpodobně nejjednodušší záležitostí. Velkou výhodou je, že není potřeba žádná velká kotelna, může být zavěšen například v koupelně, v kuchyni nebo na chodbě. Omezení je dané pouze nutností dodávat kotli potřebné množství vzduchu a dále je potřeba správný odvod spalin. U těchto kotlů není požadována téměř žádná údržba, nutná je pouze každoroční revize. [28]

Stejně jako u kotlů na tuhá paliva můžeme kotle na plyn rozdělit do mnoha kategorií. Podle spalování plynu v hořáku máme kotle **atmosférické** a **přetlakové**. [29] Atmosférické kotle se od roku 2015 nesmí vyrábět, protože nesplňují emisní normy, proto se s nimi dá setkat jen vzácně. [30] Podle způsobu přenosu tepla máme kotle **sálavé** a **konvenční**. Podle způsobu umístění můžeme kotle rozdělit na **závěsné** a **stacionární**, další dělení může být podle materiálu, ze kterého je kotel vyroben. [29]

Pokud kotel neslouží jen k vytápění, ale taky k ohřevu vody, tak máme možnost dělení do dalších 3 kategorií. A to kotle **s průtokovým ohřevem vody**, které vodu ohřívají pouze v případě okamžité spotřeby. Výhodou je neomezená zásoba teplé vody a pořizovací cena kotle, nevýhodou pak časové zpoždění dodání teplé vody při otočení kohoutkem. Dále kotle **se zabudovaným zásobníkem teplé vody** a **s možností připojení nepřímo výhřevného zásobníku teplé vody**. Tyto kotle jsou dražší, ale poskytují podstatně větší komfort. [29] První varianta má zásobník zabudovaný uvnitř kotle, druhá varianta má nádoby větší a mimo kotel. Může to být buď akumulární nádoba, která pouze udržuje teplotu vody, nebo bojler, který má schopnost vodu přehřívát nezávisle na kotli. [30]



Obrázek 2.9 Rozdělení plynových kotlů k ohřevu vody [30]

Podle způsobu provozu kotle dělíme na **klasické, nízkoteplotní a kondenzační**. [31] Až na výjimky se v dnešní době prodávají pouze kotle kondenzační, které jsou nejekologičtější a mají nejvyšší účinnost. [32]

Klasické plynové kotle

Tento typ kotle pracuje se suchými spalinami. Nejnižší dovolená vstupní teplota vody do kotle je 60 °C, teplota spalin je mezi 120-180 °C. [33] Ačkoliv ve starší literatuře můžeme najít účinnost i přes 90 %, v dnešní době je uváděna do 84 %. [34]

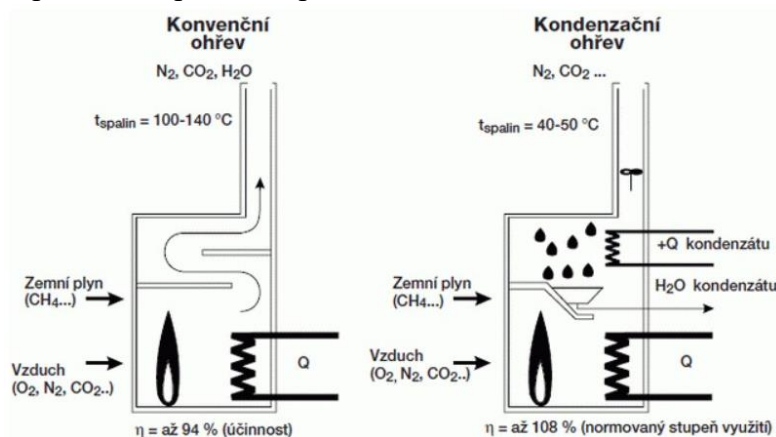
Nízkoteplotní kotle

I tento druh pracuje se suchými spalinami, avšak jak název napovídá, vstupní teplota vody do kotle může být nižší, a to 35-40 °C. Za určitých podmínek v tomto kotli může docházet ke kondenzaci, proto jsou zvýšené požadavky na materiál odolnější proti korozi. Teplota spalin se nachází v rozmezí 90-140 °C. [33] Stejně jako v předchozím případě se dá ve starší literatuře najít účinnost přes 90 %, ovšem novější zdroje uvádí účinnost mírně pod touto hodnotou, konkrétně méně než 89 %. [34]

Kondenzační kotle

Při spalování plynu vzniká určité množství vody, která se hořením v kotli přemění na páru a společně s oxidem uhličitým odchází ve formě spalin. Pokud tyto spaliny ochladíme pod teplotu jejich rosného bodu, vodní pára zkondenzuje, tedy změní své skupenství z plynné na kapalnou fázi a uvolní část tepelné energie tzv. latentní teplo. Princip tohoto kotle je založen na tom, že se vratná voda z otopného systému setká v kotli s teplými spalinami, obsahující vodní páru, a tyto dvě média si pak vymění teplo. Vratná voda se přehřeje a tím se sníží spotřeba plynu při následujícím ohřevu, naopak vodní pára sníží svou teplotu a zkondenzuje. Čím nižší je teplota vratné vody, tím lépe vodní pára zkondenzuje. Toho se dosahuje například u vytápění podlahovým topením. U tohoto typu kotle je třeba vyřešit odvod kondenzátu, je tedy potřeba připojit jej do kanalizace. Účinnost u tohoto kotle je ovlivněna tzv. teplotním spádem, tedy teplotami vody, s jakými kotel pracuje. [35] Při nízkém teplotním spádu je uváděna účinnost až 109 %, fyzikálně správná účinnost je ale 98 %. První hodnota tak byla přejmenována na normovaný stupeň využití. [34]

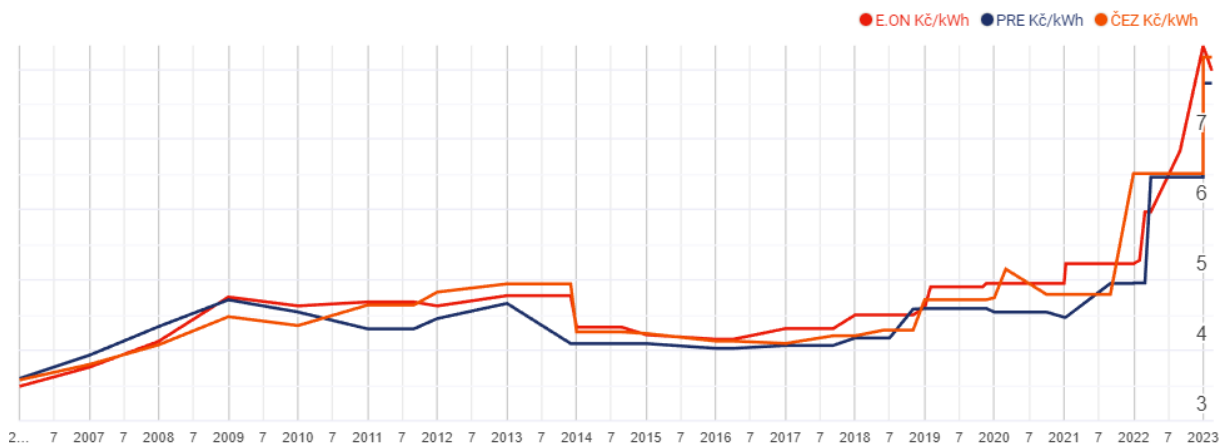
Účinnost se počítá ze **spalného tepla**, tj. množství tepla, které vznikne dokonalým spálením plynu a zahrnuje i latentní teplo. Normovaný stupeň využití se určuje z **výhřevnosti plynu**, která je rovna spalnému teplu bez tepla latentního. [31]



Obrázek 2.10 Porovnání principu klasického a kondenzačního kotle na plyn [36]

2.3 Vytápění elektřinou

Vytápění elektřinou je pohodlné, ale nehodí se pro všechny budovy. V porovnání s ostatními způsoby je sice dražší, ale na druhou stranu jsou nízké pořizovací ceny přímotopů a elektrokotlů. Proto je tento způsob vhodný pro dobře zateplené, energeticky nenáročné domy, kde je potřeba přitápět jen mírně a návratnost dražších zařízení by byla poměrně dlouhá kvůli malé spotřebě. [37] Cena elektřiny, stejně jako cena plynu, na přelomu roku 2021 a 2022 skokově vzrostla a nevíme, jak se bude vyvíjet dál. [38]



Obrázek 2.11 Vývoj ceny elektřiny za poslední 2 roky [38]

2.3.1 Výroba elektřiny

Na otázku, zdali se jedná o ekologický způsob vytápění, odpoví způsob výroby elektřiny. Při samotném topení nevznikají žádné emise, to ale ještě neznamená, že se emise netvoří při výrobě elektrické energie. Tabulka 2.3 ukazuje energetický mix ČR, ve kterém vidíme podíly jednotlivých zdrojů při výrobě elektřiny. Vyplývá z ní, že v roce 2021 bylo v ČR vyrobeno přibližně 46 % elektrické energie bez emisí oxidu uhličitého za pomoci obnovitelných zdrojů (převážně biomasa a sluneční energie) a jaderných zdrojů. Naopak 54 % bylo vyrobeno spalováním fosilních zdrojů, mezi které řadíme uhlí a zemní plyn. [39] Pro ČR je tak vytápění elektřinou poměrně neekologickou možností. Produkce CO₂ při vytápění elektrokotlem je dokonce dvojnásobně vyšší než při vytápění moderním kotlem na hnědé uhlí. Vytápění tepelným čerpadlem je o něco ekologičtější variantou než kotel na HÚ, nejlépe z tohoto srovnání vyjde kotel na zemní plyn. [40] Pokud chce spotřebitel jistotu zelené, tedy bezemisní, energie, může si na střechu domu nainstalovat solární elektrárnu, která je ale závislá na počasí. Během topné sezóny nejsou podmínky pro výrobu elektřiny tímto způsobem optimální, a proto bude stejně potřeba brát elektrickou energii ze sítě.

Tabulka 2.2 Energetický mix ČR v letech 2013-2021 [39]

Zdroje energie	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Obnovitelné zdroje [%]	5,68	10,95	11,77	10,11	7,60	6,17	3,90	6,75	5,56
Fosilní zdroje [%]	57,65	52,77	55,10	59,53	57,40	56,95	57,01	52,50	54,03
Jaderné zdroje [%]	36,67	36,28	33,13	30,36	35,01	36,88	39,09	40,75	40,41

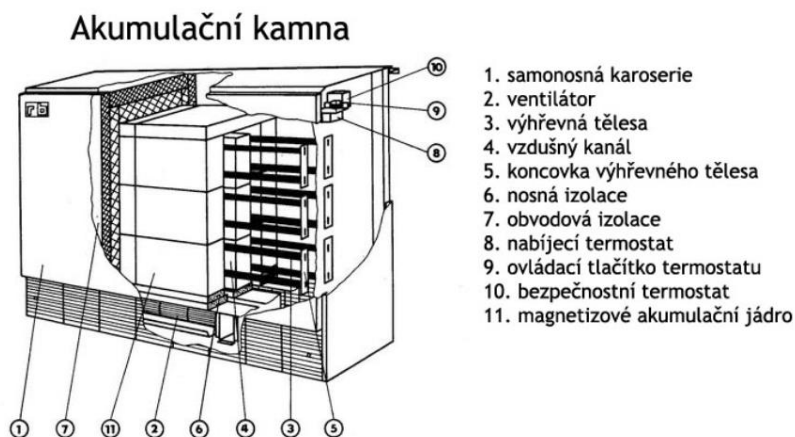
2.3.2 Elektrokotel

Narozdíl od jiných zařízení se v elektrokotli nic nespaluje ani netlakuje, proto není nutná pravidelná údržba ani servis. Zároveň není potřeba žádný komín, ani přípojka plynu. [41] Toto zařízení je ideální pro použití na chatách, kde slouží jako ochrana proti zamrznutí objektu, tedy přitápí jen tak, aby se teplota uvnitř budovy pohybovala nad bodem mrazu. Další možnost využití je v kombinaci s tepelným čerpadlem nebo kotlem na pevná paliva, kdy elektrokotel v případě potřeby pouze přitápí. Jako primární zdroj se hodí pouze pro nízkoenergetické či pasivní domy nebo dobře zateplené malé byty. [42]

Elektrokotel ohřívá vodu pomocí topných tyčí. Ohřátá voda je pomocí čerpadla distribuována do otopné soustavy. **Přímotopný** kotel vodu ihned po ohřátí posílá do otopné soustavy, zatímco **elektrokotel se zásobníkem** ohřívá vodu v akumulární nádrži, která může být kdykoliv využita. V druhém případě může být vytápění levnější, protože vodu může ohřát v dobu s nízkým tarifem elektřiny, na druhou stranu je ale potřeba více prostoru pro akumulární nádrž a delší reakční čas v případě změny teploty na kohoutku. [41]

2.3.3 Akumulační kamna

Stejně jako elektrokotle se zásobníkem i tato zařízení využívají odběru elektřiny s nízkým tarifem. V době s levnou elektřinou začnou kamna pomocí topných tyčí topit. Získané teplo ale neuvolňují do okolí, ale ukládají do tzv. akumulárních cihel, které v sobě ukládají teplo. Tyto cihly jsou obklopeny tepelnou izolací, která brání úniku tepla. Tyto tři komponenty dohromady tvoří akumulární jádro. [43] Z něj je pak v průběhu dne teplo uvolňováno pomocí ventilátoru, který je zabudován ve spodní části kamen. Ventilátor je ovládán pomocí regulátoru, proto si spotřebitel může snadno nastavit požadovanou teplotu místnosti. [44]



2.3.4 Sálavé systémy

Sálavé systémy fungují na jiném principu než předchozí zařízení a nevyužívají vzduch jako tepelný nosič. Tímto principem předává teplo například i Slunce. Tento způsob, nazýván také infratopení, přenáší teplo pomocí tepelných vln, které ohřívají předměty, povrchy a osoby, na které dopadnou. Až od nich se pak ohřívá vzduch v místnosti. Pro stejný pocit tepla, jako u jiných typů vytápění, stačí teplota vzduchu o 2-4 °C nižší, proto tento způsob šetří energii. Taky je u tohoto způsobu rovnoměrnější rozložení teplot v celé místnosti (menší rozdíl mezi teplotou u podlahy a u stropu). Mezi další výhody tohoto způsobu patří snadná montáž, přesná a rychlá regulovatelnost, díky které je možné rychlé dosažení požadované teploty. [45]

Tohoto principu využívají **sálavé panely**, které mohou být umístěny na stěnu nebo na strop (na stěně můžou mít různý design a můžou vypadat jako obrazy). [46] Další možností jsou **topné fólie**, které jsou určeny pro stropní i podlahové vytápění. Pro podlahové vytápění můžou být použity taky **topné kabely a rohože**. [45]



Obrázek 2.133 Nástěnný topný panel ECOSUN [47]



Obrázek 2.144 Topné rohože [48]

2.3.5 Další elektrické zdroje

Existuje ještě spousta dalších zařízení, které pomocí elektrické energie vytápí vnitřní prostory. Protože jejich použití jako hlavní zdroj vytápění není časté, tak se jim tato práce nevěnuje. Zmíním však aspoň některé typy.

Elektrické konvektory nasávají studený vzduch a pomocí elektřiny jej ohřívají. Výhodou je snadná montáž a nízká pořizovací cena. Mají schopnost místnost rychle vyhřát, ale mají velmi vysokou spotřebu. [49]

Elektrické radiátory ohřívají pomocí topných tyčí speciální kapalinu, která pak teplo předává do okolí. Výhodou těchto radiátorů je rychlost montáže. Stačí je pouze zapojit do zásuvky a hned začnou topit. Specializované firmy nabízejí i možnost vložení topné tyče do stávajících radiátorů, které využívají vytápění jiným zdrojem. Naopak je taky možno elektrické radiátory v případě potřeby připojit na klasický topný rozvod nebo můžou pracovat v hybridním režimu. Pokud uživatel nechce topit v celém objektu, může odpojit kotel a elektrickou si přitopit pouze v požadované místnosti. Tato technologie je také v provedení topných žebříků, které jsou oblíbené v koupelně. [50]



Obrázek 2.15 Elektrický topný žebřík Thermal [51]

2.4 Vytápění tepelnými čerpadly

Také tento zdroj tepla můžeme zařadit mezi vytápění elektřinou, ale vzhledem k tomu, že se jedná o velkou skupinu, která je trendem dnešní doby, tak věnuji tepelným čerpadlům samostatnou kapitolu. Tepelná čerpadla jsou zařízení, která využívají energii z okolního prostředí. Může to být ze vzduchu, ze země nebo z vody, ve kterých se nachází teoreticky neomezené množství tepla. V současné době jsou tato zařízení velmi oblíbená a stále více rodin sahá po tomto zdroji vytápění, ať už se jedná o novostavby nebo o zrekonstruované domy. Jedná se o ekologický zdroj tepla s výhodami jako nízké náklady na vytápění, nenáročnost z hlediska údržby a obsluhy, možnost kombinace s jinými typy vytápění a možnost použití ke chlazení vnitřních prostor v létě. Naopak nevýhodou je vysoká pořizovací cena a nízká účinnost při velmi nízkých teplotách, kdy je výhodnější topit elektrokotlem zabudovaným ve vnitřní jednotce TČ. [52][53]

2.4.1 Funkční princip tepelného čerpadla

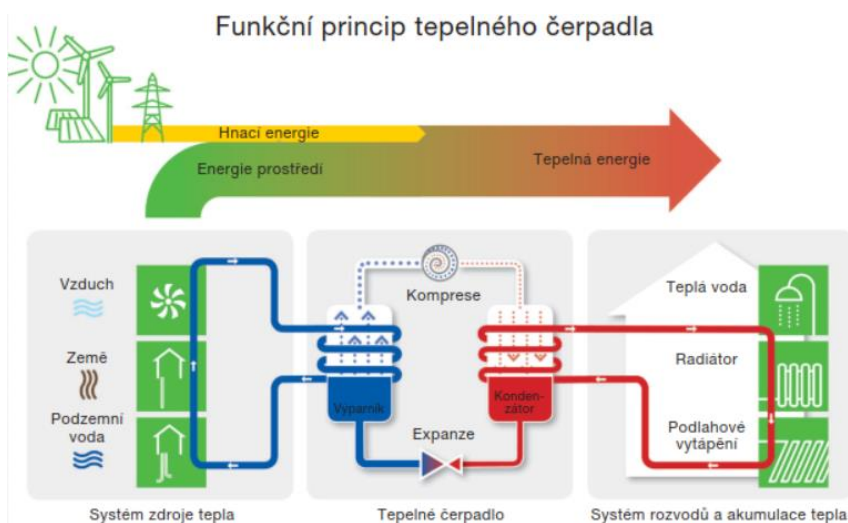
TČ čerpadlo využívá energii okolního prostředí, kterou ale kvůli nízké teplotní hladině nelze využít přímo k vytápění. Abychom teplo z nízké hladiny převedli na hladinu vyšší, potřebujeme k tomu elektrickou energii pro pohon kompresoru. Celková tepelná energie, kterou z tohoto způsobu získáme, je ze 75 % tvořena energií z okolí a jen 25 % tvoří energie elektrická. Uvedené hodnoty jsou jen orientační a záleží na teplotě prostředí, ze které energii bereme. Při velkých mrazech roste potřeba elektrické energie. Naopak čím vyšší je teplota okolí, tím efektivněji stroj pracuje. TČ pracuje v uzavřeném okruhu, který tvoří 4 části – výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. [54]

V tepelném výměníku obíhá nemrznoucí kapalina, která odebírá teplo z okolí. Do výparníku proudí speciální chladicí látka, tzv. chladivo. Tato látka v kapalně podobě dosahuje až $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, proto dokáže převzít teplo z nemrznoucí kapaliny i při teplotách pod bodem mrazu. Má schopnost vypařování při velmi nízkých teplotách, proto když převezme okolní teplo, změní své skupenství na plynné. Konstrukce některých TČ se liší v tom, že v tepelném výměníku neobíhá nemrznoucí kapalina, ale chladivo, které odebírá teplo z okolí přímo. Chladné chladivo v plynném skupenství putuje do kompresoru. Tady dojde k silnému stlačení a výraznému zvýšení teploty.

V dalším kroku tento plyn putuje do kondenzátoru, což je deskový výměník tepla. Teplo ze stlačeného chladiva se předá do topného okruhu, ve kterém dojde k využití získaného tepla vytápěním nebo užíváním ohřáté vody. Při předávání tepla chladivo opět zkapalní. Stále je ale pod vysokým tlakem a příliš teplé na to, aby opět převzalo teplo z okolí. V expanzním ventilu dojde ke snížení tlaku a tím i ke snížení teploty chladiva, které může opět odebírat teplo z okolního vzduchu. Celý cyklus nyní může začít nanovo. [55][56]

TČ se vyrábí ve variantách **split** a **monoblok** (někdy nazýván kompaktní). U monobloku probíhá celý proces popsany níže ve venkovní jednotce a do domu proudí ohřátá topná voda. U varianty split se ve venkovní jednotce nenachází kondenzátor, ten je umístěn uvnitř budovy. Trubkami do domu proudí chladivo a teplo je předáno topné vodě až uvnitř domu. [57] Výhodou monobloku je snadnější montáž, kterou může provést topeňář bez rozšířené kvalifikace. [58]

Dále TČ můžeme rozdělit na **elektrická**, které jsou používané nejčastěji, a proto je popis funkce věnován tomuto druhu. Kompresor je v tomto případě poháněn elektrickou energií. U **plynových** čerpadel je pro pohon kompresoru naopak použit plynový spalovací motor. V **absorpčních** TČ se kompresor nevyskytuje a hnací energie je dodávána ve formě tepla. [59]



Obrázek 2.16 Princip tepelného čerpadla [54]

2.4.2 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Tento druh TČ je instalován nejčastěji a je pro většinu domů nejvhodnější. Teplu odebírá z okolního vzduchu a předává jej do topného okruhu, ve kterém obíhá voda. Je prostorově nenáročná a pořizovací náklady jsou obvykle nižší než u dalších typů. Instalace tohoto typu je snadná a není potřeba žádná údržba, kromě doporučeného servisu. Nevýhodou je, že při extrémních mrazech výrazně klesá účinnost. Také má tento typ vyšší spotřebu elektrické energie než země/voda a u některých méně kvalitních čerpadel se objevuje nepříjemná hlučnost venkovní jednotky. [56] U tohoto typu je životnost kratší o 20-30 % oproti typu země/voda (uvádí se 10-15 let). [60]

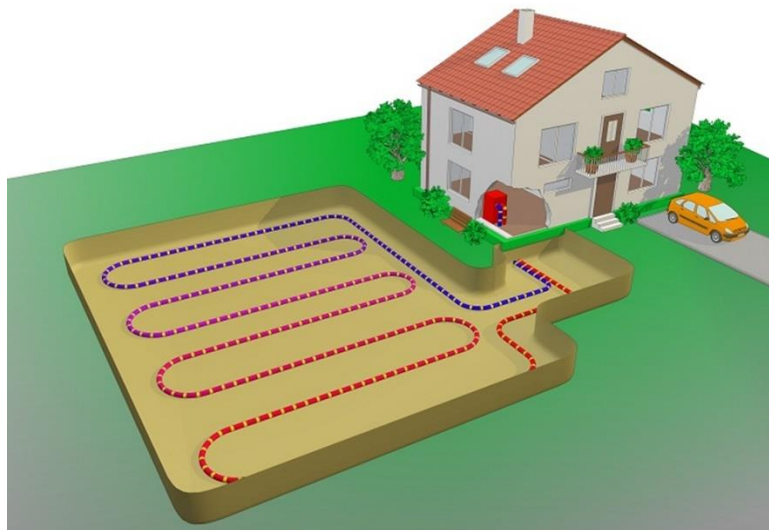


Obrázek 2.17 Tepelné čerpadlo Vaillant aroTHERM plus vzduch/voda [61]

2.4.3 Tepelné čerpadlo země/voda

Tento typ čerpá energii ze země. Kvůli nutnosti zhotovení zemních vrtů nebo plošných kolektorů, které by měli být zhruba 2x větší než obytný prostor, jsou počáteční náklady vyšší, než u provedení vzduch/voda, na druhou stranu provoz tohoto TČ je efektivnější. [62] Tento typ je vhodný pro domy s velkým pozemkem a pro domy v horských oblastech, kde bývají často velmi nízké teploty vzduchu. [63] Tento typ má taky mnohem delší životnost, a to až 20

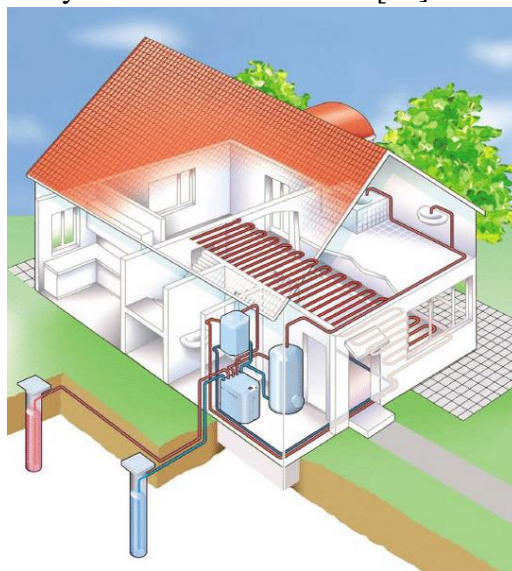
let. Poté v případě výměny některých součástí a pravidelného servisu je možné TČ používat ještě několik dalších let. [60]



Obrázek 2.18 Tepelné čerpadlo země/voda s plošným kolektorem [64]

2.4.4 Tepelné čerpadlo voda/voda

Tento typ se instaluje jen výjimečně. Teplo odebírá ze spodní vody, která je čerpána ze studny do výměníku a po ochlazení je vrácena zpět do země druhou studnou. [66] Pro použití těchto čerpadel je třeba souhlas úřadu a musí se dodržet platné předpisy o ochraně podzemní vody. [62] Ze všech typů mají nejnižší provozní náklady a dosahují nejvyšších topných faktorů. Mezi nevýhody možnost použití jen v lokalitách s dostatkem vody, vyšší náklady na servis a nižší životnost komponentů pro čerpání spodní vody. [65] Investiční náklady jsou obvykle nižší než u TČ země/voda, naopak ale vyšší než u vzduch/voda. [66]



Obrázek 2.19 Tepelné čerpadlo voda/voda [66]

2.4.5 Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch

Tento typ pracuje na stejném principu jako TČ vzduch/voda, jen s tím rozdílem, že získané teplo nepředává vodě, která by teplo předávala do domu přes otopnou soustavu. [67] Tento systém ohřívá vzduch přímo, a proto dosahuje nejvyššího topného faktoru. Teplo předává přes vnitřní jednotky a v létě může fungovat jako klimatizace. Má nejnižší pořizovací cenu, instalace je rychlá a snadná. Také umí odvlhčovat vzduch. Systém není vhodný pro domy

s velkým počtem místností, protože počet vnitřních jednotek je omezen. Vnitřní jednotka je při provozu na plný výkon hlučná a tento systém nelze využít pro ohřev vody. [68]

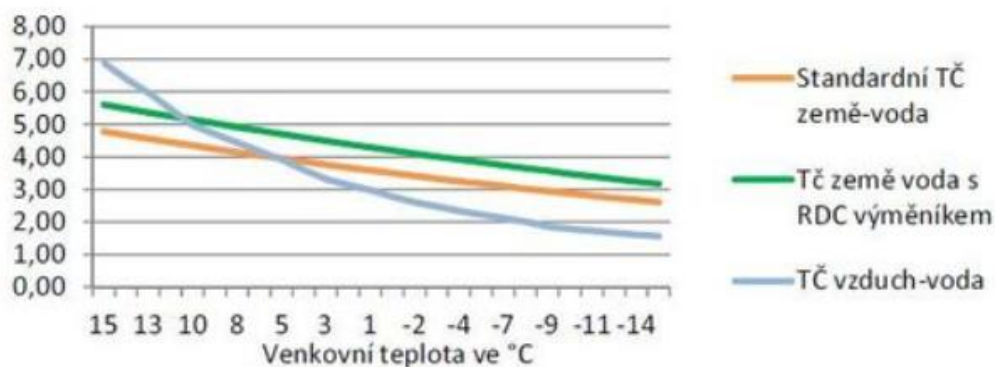
2.4.6 Topný faktor

Topný faktor je ukazatelem účinnosti a je to základní parametr tepelných čerpadel. Označuje se COP, je to bezrozměrné číslo a udává poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektrickou energií při provozu TČ. Čím vyšší je hodnota COP, tím efektivnější a cenově výhodnější je výroba tepla. COP se uvádí pro teplotu vstupního vzduchu a požadovanou teplotu vody topného okruhu, tzv. výstupní teplotě. Proto jsou TČ účinnější pro podlahové topení, do kterého vstupuje voda o nižší teplotě než pro vytápění radiátory. [69]

Výrobci TČ často uvádí taky sezónní topný faktor SCOP. Tento údaj se stanovuje na základě dat z testování ve zkušebně a z klimatických dat. Většinou se ale v topné sezóně skutečné podmínky výrazně liší a proto je tento ukazatel často matoucí a zdaleka se neshoduje s udávanou hodnotou. [70]

Podíl energie získané provozem tepelného čerpadla vůči vložené elektrické energii v závislosti na venkovní teplotě. (COP)

teplota topné vody je ve výpočtu stanovena ekvitemně pro top. systém 55/45



Obrázek 2.20 Porovnání topného faktoru pro různé typy TČ [71]

2.4.7 Návratnost

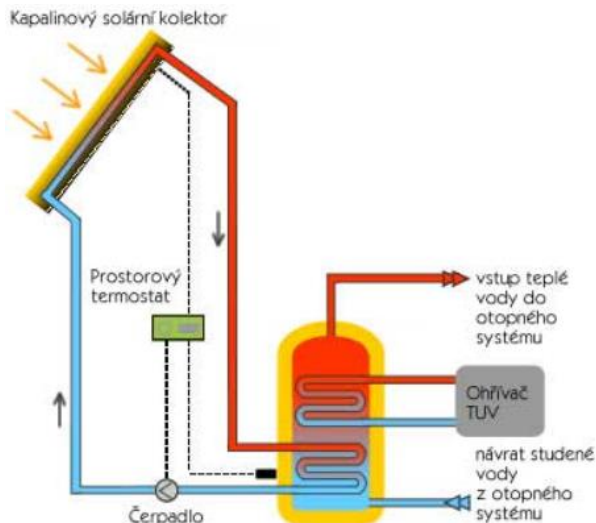
Návratnost pořizovací ceny TČ závisí na mnoha faktorech. Na zateplení domu, na přechodím způsobu vytápění a s tím souvisejícími náklady za energie a na roční spotřebě. Obecně se udává, že TČ zvládne ušetřit 50-60 % nákladů oproti elektrokotli a kolem 30 % oproti plynovému kotli. Vzhledem k velkému kolísání cen energií v dnešní době se návratnost velmi špatně odhaduje a je k tomu potřeba odborník, který vypočítá tepelné ztráty objektu a navrhne ideální řešení. U rodinných domů se návratnost obvykle odhaduje na 3 až 5 let, při špatném návrhu topné soustavy se ale může několikanásobně zvýšit. [111]

2.5. Solární energie

Tento způsob vytápění je šetrný k životnímu prostředí, protože energii čerpá z dopadajících slunečních paprsků. Používá se jak k vytápění, tak k ohřevu vody. Energií získávají solární kolektory, které jsou montovány na střechu domu. [72] I přes vysoké pořizovací náklady se počáteční investice vrátí do několika let. [74]

2.5.1 Kapalinové solární vytápění

Uvnitř solárních kolektorů, které jsou umístěny na střechu domu, se vyskytuje systém trubek. V tomto primárním okruhu proudí nemrzoucí směs, aby nedošlo k poškození potrubí v zimním období. Povrch solárních kolektorů je pokryt sklem, skrz které dochází k ohřátí kapaliny v primárním okruhu. Ohřátá kapalina pak proudí do akumulární nádrže, kde ve výměníku tepla předává získanou energii topné nebo užitkové vodě, která proudí v sekundárním okruhu a slouží k vytápění objektů nebo k všeobecnému použití. Ochlazená směs pak pomocí čerpadla opět proudí do kolektorů, kde dojde znovu k ohřátí. Nejúčinnější využití tohoto způsobu je pro soustavy s nízkoteplotním spádem a pro dobře zateplené, nízkoenergetické domy. Nevýhodou je, že v zimě, kdy je vytápění potřeba nejvíce, je sluneční energie nejméně, a proto ani zdaleka nepokryje všechny náklady. Značnou část ale ušetří během zbývajících částí roku. Uvádí se, že tento systém dokáže ušetřit 15-35 % ročních nákladů na ohřev vody a vytápění. [73] V případě nedostatečného ohřátí vody, lze přitápět jinými systémy. [76] Naopak v létě je teplé vody přebytek, proto je k solárním panelům nutné nainstalovat akumulární nádrž, do které se ukládá přebytečná energie. [75]



Obrázek 2.21 Princip kapalinového solárního vytápění [76]

2.5.2 Teplovzdušné solární vytápění

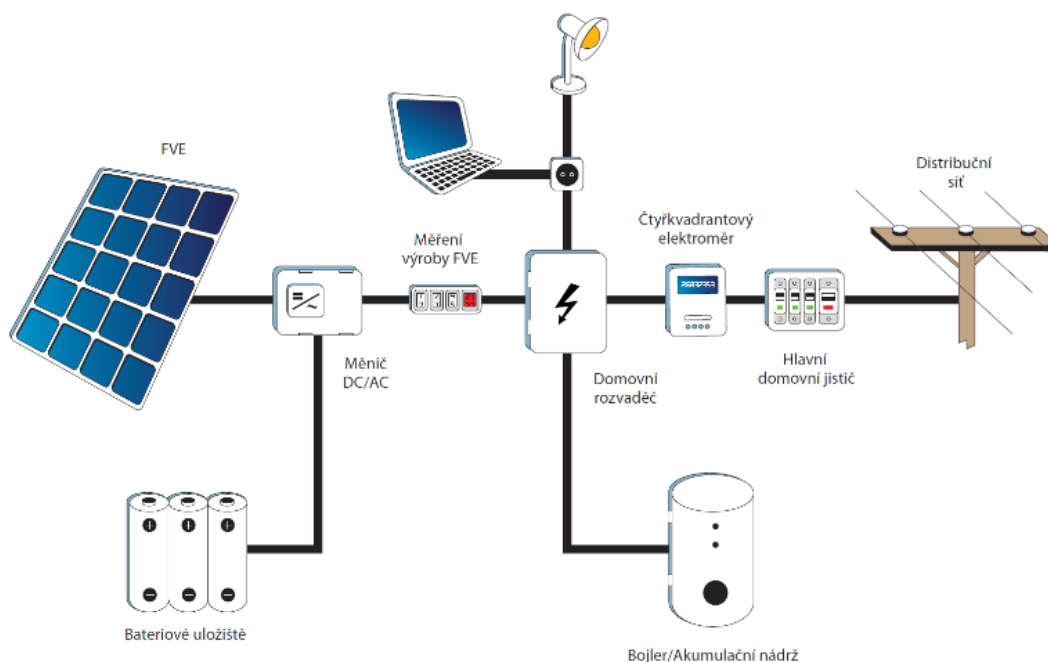
Stejně jako kapalinové solární kolektory, jsou i teplovzdušné solární kolektory vybaveny průsvitným nebo průhledným sklem, pod kterým se nachází systém trubek. V tomto případě jimi ale místo kapaliny proudí vzduch. [72] Jejich výhodou jsou nižší požadavky na těsnost a odolnost proti tlaku a mají jednodušší konstrukci. To z nich dělá levnější variantu, která má vysokou spolehlivost a životnost. Kromě vytápění objektů teplý proudící vzduch taky výborně odvlhčuje. Nevýhodou však je, že se tento způsob nedá použít pro ohřev užitkové vody. Tyto kolektory se nejčastěji umísťují na stěny nebo na střechu. Vzduch může proudit samovolně, nebo pomocí ventilátoru, který sice rychleji a efektivněji ohřívá objekt, na druhou stranu ale potřebuje k provozu elektrickou energii. Protože tento systém v zimě nedokáže samostatně vytopit požadovaný objekt, může být doplněn elektrickým nebo plynovým ohříváčem, který předehřátý vzduch dohřeje na požadovanou teplotu. [77] Panely můžeme rozdělit na panely ohřívající vzduch z místnosti a panely přivádějící čerstvý vzduch z venku. Často zařízení obsahuje i fotovoltaický panel, který pokryje spotřebu elektřiny ventilátoru. [78]



Obrázek 2.22 Princip teplovzdušného solárního vytápění [78]

2.5.3 Fotovoltaické solární systémy

Fotovoltaické panely neobsahují žádný systém trubek, ale jsou opatřeny vrstvou fotovoltaických článků, které mění sluneční záření na elektrickou energii. [72] Ta se obvykle využívá k provozu domácích spotřebičů, může ale také sloužit k provozu elektrických zdrojů vytápění. Obzvláště v kombinaci s tepelným čerpadlem je tento systém velmi úsporný. Opět platí, že vytápění tímto způsobem se hodí hlavně pro nízkoenergetické domy s nízkoteplotním spádem. Uživatel ale nemůže očekávat, že mu fotovoltaika přes zimu pokryje většinu nákladů. I když jsou v poslední době poměrně teplé a slunečné zimy, tak v topné sezóně je potřeba brát velkou část elektrické energie ze sítě. [79] Výhodou tohoto zařízení je hlavně zisk elektrické energie v letních měsících, protože pokryje velkou část spotřeby v domácnosti. Přebytky může spotřebitel prodávat do veřejné rozvodné sítě, nebo je akumulovat do baterií a poté takto uloženou elektrickou energii využít v hodinách, kdy slunce nesvíti, nebo je špatné počasí. [80]



Obrázek 2.23 Schéma zapojení fotovoltaické elektrárny [81]

2.6 Otopná soustava

Otopná soustava zajišťuje přenos tepla od zdroje do vytápěných prostor a využívá ji většina zdrojů tepla. Výjimku tvoří lokální zdroje tepla, jako například krby nebo elektrické přímotopy, které otopnou soustavu nevyužívají. Podle teplotní látky, která v otopné soustavě proudí, rozlišujeme **tepl vodní** nebo **tepl vzdušné** soustavy. [82] Samotné předání tepla ze soustavy do vytápěných prostor zajišťují tepelné výměníky, které nazýváme otopné plochy. Ty mohou mít formu **otopných těles** nebo **integrovaných otopných ploch**. [83]

2.6.1 Otopná tělesa

Článeková otopná tělesa

Tyto tělesa jsou složeny z jednotlivých článků, které se spojují buď závitovými vsuvkami nebo svařováním. Nejčastěji používané materiály jsou litiny, slitiny hliníku nebo ocelový plech. [84]



Obrázek 2.24 Článekové otopné těleso ze slitiny hliníku [86]



Obrázek 2.25 Článekové otopné těleso z litiny [85]

Desková otopná tělesa

Jedná se o souvislé hladké desky, které mohou mít zvětšený povrch např. zvlněním. Jsou to v současnosti nejpoužívanější otopná tělesa. Tvoří je dvě prolisované desky, mezi které jsou navařeny prolisy tvořící kanálky. Díky malému vodnímu obsahu rychle reagují na požadovanou změnu teploty a zároveň mají nižší hmotnost než tělesa článeková. [84] Tento typ otopných těles lze využít i pro nízkoteplotní vytápění. [86]



Obrázek 2.27 Desková otopná tělesa [87]



Obrázek 2.26 Schéma deskového otopného tělesa [84]

Trubková otopná tělesa

Tato tělesa mají rozvodné a sběrné komory, které jsou propojeny řadou trubek, které mohou mít různé průřezy (kruhové, čtvercové, obdélníkové apod). Nejčastěji používaná tělesa tohoto typu jsou koupelňová otopná tělesa ve tvaru žebříku. [84]

Konvektory

Tato tělesa se obvykle skládají z trubkového výměníku tepla a skříně, která je opatřena výdechovou mřížkou. Konvektor nasává chladný vzduch a pomocí výměníku je ohříván teplonosnou látkou. Proudění vzduchu probíhá buď přirozeně nebo pomocí ventilátoru. Můžou být nástěnné, soklové, samostojné, které jsou podobné elektrickým přímotopům, nebo zapuštěné, které dále můžeme rozdělit na podlahové, stěnové a stropní. [89]



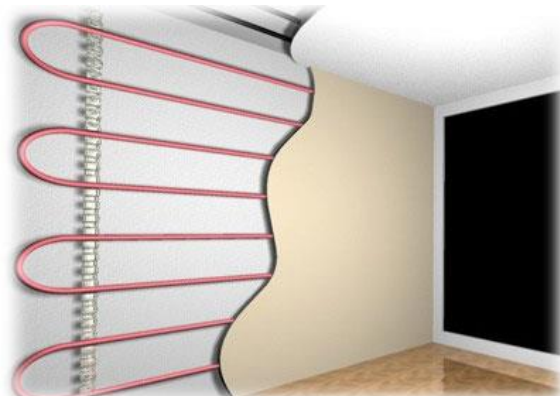
Obrázek 2.28 Podlahový konvektor [88]

2.6.2 Integrované otopné plochy

Jedná se o již popsané sálavé panely nebo o velkoplošné vytápění, které může být podlahové, stěnové nebo stropní. [90] Velkoplošné vytápění může být teplovodní nebo elektrické, které je popsáno v kapitole 2.3.4. Tento způsob vytápění předává teplo převážně sáláním. To znamená, že sálající plocha ohřívá okolní tělesa, od kterých se poté ohřívá vzduch. [91] Tento systém je vhodný pro nízkoteplotní vytápění v kombinaci s kondenzačním kotlem nebo tepelným čerpadlem. Mezi výhody patří úspora prostoru a vzhled místnosti, protože nejsou instalována žádná otopná tělesa, trubky s teplou vodou jsou umístěny v podlaze, stěně nebo stropu. Pro tento způsob je charakteristické rovnoměrné rozložení teploty a zajišťuje optimální vlhkost v obytných prostorách. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady a dlouhý čas vytopení prostoru, na druhou stranu ale podlaha zůstává příjemně teplá i několik hodin po odstavení zdroje tepla. [92] Tento systém se v létě dá využít i pro chlazení místností. [93][94]



Obrázek 2.29 Podlahové topení [95]

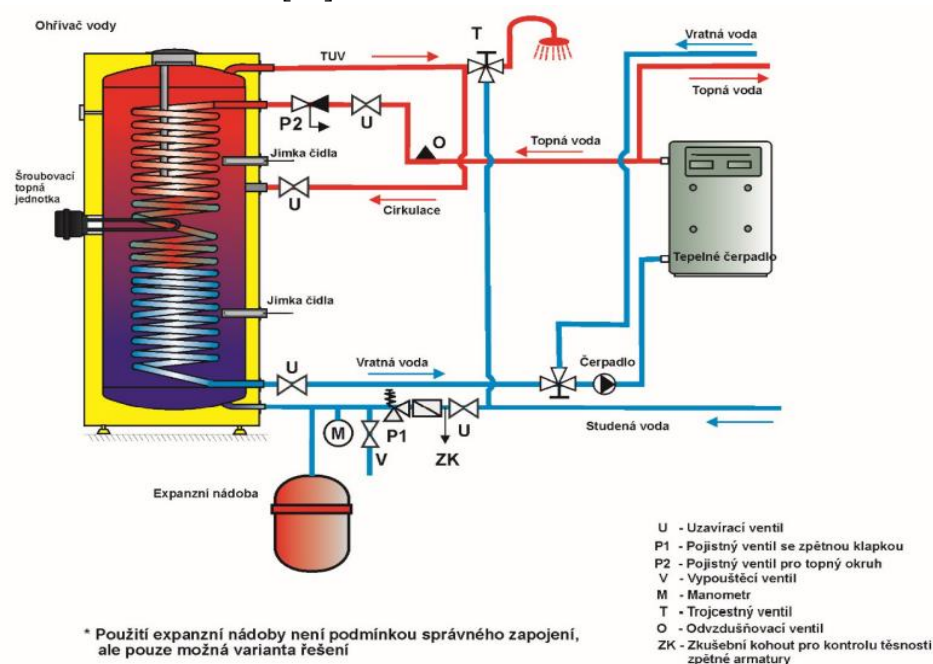


Obrázek 2.30 Stěnové topení [96]

2.7 Akumulace energie

Tohoto principu se využívá v období, kdy je přebytek energie. Využívá se u většiny otopných systémů. Solární energii máme možnost získávat pouze přes den, proto se ukládá na pozdější využití. V případě vytápění elektřinou je výhodné ohřát vodu v době s nízkým tarifem elektřiny, naopak tepelné čerpadlo pracuje s vyšší účinností přes den, kdy je okolní teplota vyšší než v noci. Kotle na pevná paliva je ve většině případů možné provozovat pouze s akumulací nádrží [15] a využívá se toho i při vytápění plynem.

Teplo se ukládá do **akumulačních nádrží** (někdy nazývaných bojler nebo zásobník), které mohou být s **přípravou TUV** (teplé užitkové vody) nebo **bez přípravy TUV**. Jedná se o nádoby s malou tepelnou ztrátou. Objem nádrží v domácnosti se obvykle pohybuje od 100 do 1000 litrů. K těmto nádržím jsou připojeny zdroje tepla, popsány výše a pomocí tepelného výměníku, který je uvnitř nádoby, ohřívají vodu, která je připravena k pozdějšímu užití. V případě propojení se solárními kolektory nebo TČ je potřeba ještě dalšího, záložního zdroje. [98] Jako pracovní látka se používá voda, protože má velkou tepelnou kapacitu a nízkou cenu. Méně používaným způsobem je akumulace do pevných látek, tohoto využívají třeba akumulací nebo kachlová kamna. [97]



Obrázek 2.31 Schéma zapojení zásobníku TUV s tepelným čerpadlem [100]

V případě fotovoltaických elektráren se akumulace elektrické energie dělí na dva typy. Buď se jedná o přímou akumulaci v bateriových úložištích nebo nepřímá akumulace, tedy přeměna elektrické energie na energii tepelnou uloženou v zásobnících TUV, popsaných výše. [99]

2.8 Porovnání nejpoužívanějších způsobů vytápění RD

Tabulka 2.4 porovnává některé faktory nejpoužívanějších způsobů vytápění, které můžou rozhodovat při výběru nového otopného systému.

Tabulka 2.3 Porovnání vybraných způsobů vytápění [60, 101-109]

Zařízení	Pořizovací cena [Kč]	Výkon [kW]	Životnost	Nutnost obsluhy	Potřeba skladovacích prostor
Zplyňovací kotel na dřevo	60-150 tis.	16-100	15 let	Ano	Ano
Automatický kotel na pelety nebo HÚ	60-250 tis.	4-80	15 let	Spíše ne	Ano
Kondenzační plynový kotel	50-90 tis.	2-100	15-20 let	Ne	Ne
Elektrokotel	17,5-32 tis.	4-60	Více než 50 let	Ne	Ne
Elektrické topné rohože	1400-5500 Kč/m ²	80-200 W/m ²	30-50 let	Ne	Ne
TČ vzduch/vzduch	18-100 tis.	2,5-7	15 let	Ne	Ne
TČ vzduch/voda	140-500 tis.	2-15	15 let	Ne	Ne
TČ země/voda	200-520 tis.	5,9-32,5	20 let	Ne	Ne
Solární kolektory	140-220 tis.	4-12	25-30 let	Ne	Ne

V tabulce 2.5 se podíváme na porovnání paliv, které se používají v zařízeních pro vytápění.

Tabulka 2.4 Porovnání paliv používaných při vytápění domů [26, 111-116]

Druh paliva	Cena	Výhřevnost	Cena za MJ
Hnědé uhlí	6-7 Kč/kg	18 MJ/kg	0,33-0,38 Kč/MJ
Černé uhlí	Od 6 Kč/kg	23 MJ/kg	Od 0,26 Kč/MJ
Koks	Asi 15 Kč/kg	27,5 MJ/kg	0,55 Kč/MJ
Pelety	Asi 10 Kč/kg	18 MJ/kg	0,56 Kč/MJ
Brikety	9-11 Kč/kg	18 MJ/kg	0,5-0,6 Kč/MJ
Kusové dřevo	1200-2000 Kč/m ³	14,4 MJ/kg	0,17-0,28 Kč/MJ
Zemní plyn	3000-3700 Kč/MWh	34 MJ/m ³	Asi 1 Kč/MJ
Elektrina	5800-8400 Kč/MWh	-	-

Na rok 2023 byly vládou zastropovány ceny zemního plynu a elektřiny. Zemní plyn může stát maximálně 3025 Kč/MWh a elektřina nesmí přesáhnout 6050 Kč/MWh. Tato cena ale nezahrnuje poplatky za distribuci, proto reálné ceny v tabulkách přesahují tyto hranice. [110]

2.9 Zhodnocení řešerše

Při volbě systému na vytápění RD je rozhodujících spousta faktorů. Může to být cena paliv, pořizovací ceny otopných soustav, dostupné prostory a v neposlední řadě taky vliv na životní prostředí. Jasným trendem je přechod na obnovitelné zdroje, které neprodukují buď žádné, nebo velmi nízké množství emisí CO₂. Na tyto způsoby vytápění jsou dostupné dotace. Vzhledem k velkým výkyvům cen paliv je vhodné mít kombinaci více zdrojů. Pro každý dům se hodí jiný způsob vytápění v závislosti na tepelných ztrátách domu. Jiný způsob bude zvolen pro starý dům s velkými tepelnými ztrátami a jiný pro nízkoenergetickou novostavbu. Proto nelze prohlásit, že některý ze způsobů je lepší než jiný, nebo snad že je dokonce nejlepší a nenahraditelný.

3 Porovnání vybraných druhů vytápění na modelovém domě

Pro každý dům je vhodný jiný způsob vytápění. Proto je třeba provést výpočet tepelných ztrát domu a potřeby tepla pro vytápění a ohřev vody. Je důležité taky vědět lokalitu, podle které se určuje délka topné sezóny a propočítat ekonomickou výhodnost jednotlivých systémů vytápění.

3.1 Modelový dům

Stavba se nachází v Jihomoravském kraji v obci Svatobořice-Mistřín. Starý rodinný dům, který asi před 20 lety prošel kompletní rekonstrukcí, se nachází v nadmořské výšce 193 m n. m. Jedná se o dvoupatrový dům, který bočními stěnami sousedí s vedlejšími domy. Je celoročně obydlen 3 až 4 osobami a k vytápění slouží starý plynový kotel, který už dosluhuje a je potřeba jej vyměnit. Dále pro předehřev TUV je dům vybaven dvěma solárními kapalinovými kolektory a v obývacím pokoji se nachází krb, který se v zimních měsících používá pro přitápění a zvyšování pohodlí.



Obrázek 32.1 Modelový dům

Tabulka 3.1 ukazuje rozdělení domu na jednotlivé místnosti. 2. bytová jednotka je momentálně neobydlena, ale objekt je temperován na teplotu 15 °C.

Tabulka 3.1 Legenda místností

Číslo	Název místnosti	Plocha podlahy [m ²]	Průměrná teplota [°C]
1. Bytová jednotka – 1. podlaží			
1.01	Vstup, garáž	31,30	8
1.02	Zádvěří	6,70	17
1.03	WC	1,40	20
1.04	Koupelna	3,20	20
1.05	Šatna	1,55	17
1.06	Obývací pokoj	18,00	22

1.07	Kuchyně, jídelna	25,40	22
1.08	Schodiště, zádveří	7,00	16
2. Bytová jednotka – 1. podlaží			
1.09	Ložnice	16,70	15
1.10	Kuchyně, jídelna	11,95	15
1.11	Zádveří	6,60	12
1.12	Koupelna	4,65	14
1.13	Spíž	2,50	10
1.14	WC	1,30	12
1. Bytová jednotka – 2. podlaží			
2.01	Pokoj	30,90	20
2.02	Koupelna, WC	9,00	20
2.03	Obývací pokoj	18,00	20
2.04	Pracovna	4,50	20
2.05	Ložnice	15,50	18
2.06	Pracovna ženy	12,00	20
2.07	Chodba, schodiště	10,60	20

3.2 Tepelné ztráty

Přibližné stanovení tepelných ztrát získáme pomocí online kalkulačky na webu tzb-info. [117] V tabulce 3.2 jsou geografické hodnoty určené podle lokality, ve které se dům nachází.

Tabulka 3.2 Hodnoty v závislosti na lokalitě budovy [117]

Lokalita	Okres Hodonín
Venkovní návrhová teplota v zimním období Θ_e	-13 °C
Délka otopného období d	208 dní
Průměrná venkovní teplota v otopném období Θ_{em}	3,9 °C

Přestože je 2. bytová jednotka neobydlená, vytápí se na přibližně 15 °C, což není zanedbatelné. Z důvodu rozdílné převládající teploty interiéru je nejjednodušší rozdělit výpočet tepelných ztrát pro každou bytovou jednotku zvlášť.

3.2.1 Tepelné ztráty 1. bytové jednotky

Tabulka 3.3 přidává některé charakteristické rozměry budovy. Solární tepelné zisky jsou přibližně vypočteny dle vyhlášky č. 291/2001 Sb [117].

Tabulka 3.3 Charakteristika 1. bytové jednotky [117]

Převažující vnitřní teplota v otopném období Θ_{im}	20 °C
Objem budovy V	390 m ³
Celková plocha A	272,15 m ²
Celková podlahová plocha A_c	162 m ²
Objemový faktor tvaru budovy (A/V)	0,7 m ⁻¹
Trvalý tepelný zisk H^+	380 W
Solární tepelné zisky H_{s^+}	1053 kWh/rok

Tabulka 3.4 ukazuje zadané hodnoty do online kalkulačky [117] a z nich vypočítané měrné ztráty prostupem tepla podle vztahu 3.1:

$$H_{Ti} = A_i * U_i * b_i \quad (3.1)$$

kde:

H_{Ti}	Měrná ztráta prostupem tepla	[W/K]
A_i	Plocha konstrukce	[m ²]
U_i	Součinitel prostupu tepla	[W/m ² K]
b_i	Činitel teplotní redukce	[-]

Činitel teplotní redukce je určován dle doporučených hodnot na webu TZB info a může se oproti reálným hodnotám mírně lišit. Je určen ze vztahu 3.2:

$$b_i = \frac{\theta_i - \theta_{za\ konstrukci}}{\theta_{im} - \theta_e} \quad (3.2)$$

kde:

b_i	Činitel teplotní redukce	[-]
θ_i	Vnitřní návrhová teplota	[°C]
$\theta_{za\ konstrukci}$	Návrhová teplota za konstrukcí	[°C]
θ_{im}	Převažující vnitřní návrhová teplota	[°C]
θ_e	Zimní extrémní návrhová teplota	[°C]

Tabulka 3.4 Ochlazované konstrukce objektu, zateplení, okna [117]

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla před zateplením U_i [W/m ² K]	Tloušťka zateplení d [mm]	Plocha A_i [m ²]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_{Ti} [W/K]
Venkovní stěna	1,40	50	45,5	1,00	23,2
Stěna dvůr	1,40	100	21	1,00	6,5
Stěna garáž	1,40	-	17	0,35	8,3
Stěna mezi 1. a 2. BJ	1,40	-	9,2	0,15	1,9
Podlaha na terénu	0,68	započteno v součiniteli	44,25	0,40	12
Podlaha nad sklepem	0,94	započteno v součiniteli	18	0,45	7,6
Strop pod půdou	0,15	započteno v součiniteli	100,5	0,9	13,6
Okna	1,40	-	8,7	1,00	12,2
Okna střešní	1,1	-	5	1,00	5,5
Vstupní dveře	4,70	-	2	1,00	9,4
Dveře průjezd	4,70	-	3	0,35	4,9

Online kalkulačka k výpočtu tepelných ztrát potřebuje znát ještě následující hodnoty. Dosazená hodnota prostupu tepla je pro konstrukce s běžnými tepelnými mosty. Intenzita větrání se pohybuje v rozmezí 0,4 h⁻¹ u novostaveb až po 1 h⁻¹ pro nezateplené budovy. [117]

Tabulka 3.5 Tepelné mosty a větrání [117]

Lineární tepelné mosty	$\Delta U=0,10$ W/m ² K
Intenzita větrání	0,6 h ⁻¹

Po dosazení všech hodnot do online kalkulačky jsme získali informace ohledně tepelných ztrát. Obálka budovy získala energetický štítek C2 a celkové tepelné ztráty činí 6,2 kW. [117]

Tabulka 3.65 Tepelné ztráty 1. bytové jednotky [117]

Typ konstrukce	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	1319
Podlaha	648
Střecha	448
Okna, dveře	1049
Tepelné mosty	898
Větrání	1859
Celkem	6221

3.2.2 Tepelné ztráty 2. bytové jednotky

Totéž zopakujeme pro druhou bytovou jednotku.

Tabulka 3.7 Charakteristika 2. bytové jednotky [117]

Převažující vnitřní teplota v otopném období Θ_{im}	15 °C
Objem budovy V	118 m ³
Celková plocha A	155,5 m ²
Celková podlahová plocha A_c	43,7 m ²
Objemový faktor tvaru budovy (A/V)	1,32 m ⁻¹
Trvalý tepelný zisk H_+	50 W
Solární tepelné zisky H_{s+}	319 kWh/rok

Tabulka 3.8 Ochlazované konstrukce objektu, zateplení, okna [117]

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla před zateplením U_i [W/m ² K]	Tloušťka zateplení d [mm]	Plocha A_i [m ²]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_{Ti} [W/K]
Stěna dvůr	1,40	100	18,7	1,00	5,8
Stěna k sousedům	1,40	50	31,1	1,00	15,8
Stěna vedle nevytápěné přístavby	1,40	-	11,3	0,70	11,1
Podlaha na terénu	3,10	-	43,7	0,40	54,2
Strop pod půdou	0,12	započteno v součiniteli	43,7	0,9	4,7
Okna	1,40	-	5	1,00	7
Vstupní dveře	4,70	-	2	1,00	9,4

Tabulka 3.9 Tepelné mosty a větrání [117]

Lineární tepelné mosty	$\Delta U=0,10$ W/m ² K
Intenzita větrání	0,6 h ⁻¹

Obálka 2. bytové jednotky získala energetický štítek E, což je pravděpodobně způsobeno nezateplenou podlahou. Přibližné tepelné ztráty činí 4,2 kW. [117]

Tabulka 3.10 Tepelné ztráty 2. bytové jednotky [117]

Typ konstrukce	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	916
Podlaha	1517
Střecha	132
Okna, dveře	459
Tepelné mosty	435
Větrání	716
Celkem	4175

3.2.3 Celkové tepelné ztráty

Použitím online kalkulačky získáváme **celkový odhad tepelných ztrát**, který činí přibližně **10,4 kW**. To poslouží k výpočtu potřeby tepla a návrhu vhodného zdroje vytápění.

3.3 Výpočet potřeby tepla pro vytápění a přípravu teplé vody

Přibližné stanovení potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé vody získáme opět pomocí online kalkulačky z webu TZB-info. [118]

Tabulka 3.11 Informace o podnebí lokality modelového domu [118]

Lokalita	Okres Hodonín
Venkovní výpočtová teplota	-13 °C
Střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období	13 °C
Délka otopného období	215 dní
Průměrná teplota během otopného období	4,2 °C

Potřeba tepla pro vytápění

Součinitel nesoučasnosti tepelné ztráty větráním a tepelné ztráty prostupem získáme, když podělíme tepelnou ztrátu prostupem celkovou tepelnou ztrátou a v našem případě je roven 0,75. [118] Součinitel e_t zahrnuje vliv snížení teploty během noci a volíme hodnotu 0,9. [118] Součinitel e_d se zahrnuje ve výpočtech, kde vytápění neprobíhá celých 7 dní v týdnu. Protože se v modelovém domě vytápí celý rok, hodnota je tohoto součinitele je 1. [118]

Tabulka 3.12 Hodnoty pro výpočet potřeby tepla pro vytápění [118]

Tepelná ztráta objektu	$Q_c=10,4 \text{ kW}$
Průměrná vnitřní teplota	$t_{is}=20 \text{ °C}$
Součinitel e_i	$e_i=0,75$
Součinitel e_t	$e_t=0,90$
Součinitel e_d	$e_d=1,00$
Účinnost možnosti regulace soustavy	$\eta_o=0,95$
Účinnost rozvodu vytápění	$\eta_r=0,96$
Potřeba tepla na vytápění	$Q_{VYT}=19,6 \text{ MWh/rok}=70,6 \text{ GJ/rok}$

Potřeba tepla pro ohřev teplé vody

Potřeba teplé vody činí 0,438 m³/den, dle vyúčtování z minulého roku. Koeficient energetických ztrát systému závislý na rozvodech teplé vody se pro staré budovy pohybuje v rozmezí od 2 do 4. [118] Jelikož byl ale modelový dům před 20 lety kompletně zrekonstruován, uvažujeme hodnotu nižší, a to 1,5.

Tabulka 3.13 Hodnoty pro výpočet potřeby tepla pro ohřev teplé vody [118]

Teplota studené vody	$t_1=10\text{ °C}$
Teplota ohřáté vody	$t_2=53\text{ °C}$
Potřeba teplé vody za 1 den	$v_{2p}=0,438\text{ m}^3/\text{den}$
Koeficient energetických ztrát systému	$z=1,5$
Hustota vody	$\rho_v=1000\text{ kg/m}^3$
Měrná tepelná kapacita vody	$C_v=4186\text{ J/kgK}$
Teplota studené vody v létě	$t_{svl}=15\text{ °C}$
Teplota studené vody v zimě	$t_{svz}=5\text{ °C}$
Počet pracovních dní soustavy v roce	$N=365\text{ dní}$
Potřeba tepla pro ohřev vody	$Q_{TUV}=17\text{ MWh/rok}=61,1\text{ GJ/rok}$

Celková potřeba tepla

Sečtením potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody získáváme celkovou hodnotu potřeby tepla pro modelový dům, která činí **36,6 MWh za rok** neboli 131,7 GJ za rok.

3.4 Volba nového způsobu vytápění

V první části jsme získali základní informace o možných variantách. Kotel na pevná paliva často vychází jako nejlevnější varianta, pro tento dům ji ale vyřadíme hned z několika důvodů. V domě není kotelna, která by vyhovovala tomuto způsobu vytápění a zároveň se zde nenachází ani dostatečné skladovací prostory. Při volbě tohoto způsobu by byly zapotřebí rozsáhlé stavební práce a s tím spojené vysoké počáteční náklady. Rodina zároveň požaduje nízké nároky na obsluhu. Solární vytápění v těchto klimatických podmínkách v žádném případě nemůže posloužit jako hlavní zdroj, z důvodu nevhodného počasí v otopném období. Vytápění elektřinou je vhodné pro pasivní či energetické domy, což není tento případ. Proto předem můžeme prohlásit, že jako hlavní zdroj vytápění celého domu, by elektrokotel sice byl variantou s nízkou počáteční investicí, ale náklady na roční vytápění by vysoce přesáhli další varianty.

Po vyřazení nevhodných způsobů zůstávají 2 varianty. A to buď **kondenzační plynový kotel** nebo **tepelné čerpadlo**. Plynem se v domě vytápí i v současné době a výměna kotle by byla snadná a rychlá a náklady za montážní práce nízké. Pokud by se zvolilo tepelné čerpadlo, jednalo by se o variantu vzduch/voda. Na jiné varianty není na pozemku prostor. Instalace by byla o trochu složitější a dražší, protože je potřeba potrubím propojit venkovní a vnitřní jednotku.

3.4.1 Aktuální způsob vytápění

Momentálně je budova vytápěna pomocí plynového kotle **Destila DPL 25**.

- Jmenovitý výkon: 25 kW
- Účinnost: 90-92 % (vzhledem ke stáří kotle budeme počítat s 80 %)

Provozní náklady:

Domácnost nemá zafixovanou cenu plynu, proto se počítá s průměrnou cenou, kterou aktuálně dodavatelé nabízí.

$$N_a = \frac{Q_{VYT} + Q_{TUV}}{\eta_a} * C_{pl} \quad (3.3)$$

$$N_a = \frac{36,6}{0,8} * 3300 = 150\,975 \text{ Kč/rok} \quad (3.4)$$

kde:

N_a	Roční náklady na vytápění a ohřev TUV aktuálním způsobem	[Kč/rok]
Q_{VYT}	Roční potřeba tepla na vytápění	[MWh/rok]
Q_{TUV}	Roční potřeba tepla pro ohřev TUV	[MWh/rok]
η_a	Účinnost aktuálního způsobu vytápění	[-]
C_{pl}	Aktuální cena plynu	[Kč/MWh]

3.4.2 Kondenzační kotel

První variantou nového zdroje vytápění je plynový kondenzační kotel. Po prohlédnutí katalogu firmy Vaillant [119] jsem zvolil model **VU 20CS/1-5 ecoTEC plus** z výrobní řady ecoTEC plus ioniDetect.

- Účinnost 109 % (toto je hodnota uváděna výrobcem pro optimální výkon, reálná účinnost bude o něco nižší)
- Rozsah tepelného výkonu 2,7-21 kW (platí pro teplotní spád 50/30 °C, což modelový dům splňuje)
- Expanzní nádoba 10 l součástí balení
- Pořizovací cena včetně DPH 59 411 Kč

Ke kotli je zvolen nepřímotopný stacionární zásobník Dražice OKH 100 NTR/HV o objemu 100 litrů [123].

Ceny s * v tabulce 3.14 jsou aktuální ceny z katalogu Vaillant [119]. Ostatní jsou přibližné ceny odhadnuté instalátérem. Dále je nutné u kotle dělat každoroční revizi, která je zahrnuta v provozních nákladech.



Obrázek 33.2 Kotel Vaillant VU 20CS/1-5 ecoTEC plus [120]

Tabulka 3.14 Počáteční náklady – kondenzační kotel

Položka	Náklady s DPH [Kč]
Kotel	59 411 *
Odkouření	13 000
Ekvitermní regulace	6 849 *
Zásobník TUV	11 989 *
Spojovací materiál	5 000
Montáž	10 000
Revize komínu	2 500
Spuštění revizním technikem	3 000
Celkem	111 749

Provozní náklady:

$$N_k = \frac{Q_{VYT} + Q_{TUV}}{\eta_k} * C_{pl} \quad (3.5)$$

$$N_k = \frac{36,6}{1} * 3300 = 120\,780 \text{ Kč/rok} \quad (3.6)$$

kde:

N_k	Roční náklady na vytápění a ohřev TUV kondenzačním kotlem	[Kč/rok]
Q_{VYT}	Roční potřeba tepla na vytápění	[MWh/rok]
Q_{TUV}	Roční potřeba tepla pro ohřev TUV	[MWh/rok]
η_k	Účinnost kondenzačního kotle	[-]
C_{pl}	Aktuální cena plynu	[Kč/MWh]

Návratnost:

$$V_k = \frac{N_{k,p}}{N_a - N_k} \quad (3.7)$$

$$V_k = \frac{111\,749}{150\,975 - 120\,780} = 3,7 \text{ let} \quad (3.8)$$

kde:

V_k	Doba návratnosti počátečních investic do kondenzačního kotle	[rok]
$N_{k,p}$	Počáteční náklady za kondenzační kotel	[Kč]
N_a	Roční náklady na vytápění a ohřev TUV aktuálním způsobem	[Kč/rok]
N_k	Roční náklady na vytápění a ohřev TUV kondenzačním kotlem	[Kč/rok]

3.4.3 Tepelné čerpadlo

Jako druhou variantu jsem zvolil TČ vzduch/voda opět od firmy Vaillant. Jedná se o sestavu aroTHERM split s hydraulickým modulem a regulací multiMATIC 700. Konkrétně jde o sestavu **VWL 105/5 400 V + VWL 127/5 IS + VRC 700**. [119]

- Výkon 10,5 kW
- Sezónní koeficient výkonu SCOP 4,69 (pro průměrné klima a při ohřevu vody na 35 °C)
- Topný faktor COP 4,57 (pro venkovní teplotu 7 °C a při ohřevu vody na 35 °C)
- Třída energetické účinnosti A++
- Pořizovací cena včetně DPH 218 284 Kč

K čerpadlu je zvolena akumulční nádrž NAD 100 v1 od firmy Dražice o objemu 100 litrů [121] a zásobník TUV Dražice OKC 200 NTRR/BP o objemu 200 litrů [122].



Obrázek 34.3 Tepelné čerpadlo aroTHERM split vzduch/voda [124]

Tabulka 3.15 Počáteční náklady – tepelné čerpadlo

Položka	Náklady s DPH [Kč]
Tepelné čerpadlo	218 284
Pryžová patka	2 553
Dvojitá trubka 25 m 3/8" – 5/8"	7 500
Akumulční nádrž	7 286
Zásobník TUV	21 054
Spojovací materiál	9 000 *
Montáž	20 000 *
Zapojení montážním technikem	5 000 *
Celkem	290 677

Ceny s * v tabulce 3.15 jsou odhadnuté ceny instalátérem. Ostatní jsou aktuální ceny dle katalogu Vaillant [119] nebo dle uvedených zdrojů.

Provozní náklady:

Domácnost nemá zafixovanou cenu elektřiny. Dosazená cena je dle vyúčtování za poslední měsíc. Sezónní koeficient výkonu SCOP je 4,69 pro průměrné klima a při ohřevu vody na 35 °C. Jelikož voda pro topení se ohřívá na 40 °C a TUV na asi 50 °C, tak této hodnoty pravděpodobně nebude dosaženo. Proto pro reálné podmínky odhadneme SCOP na 3,8.

$$N_{T\check{c}} = \frac{Q_{VYT} + Q_{TUV}}{SCOP} * C_e \quad (3.9)$$

$$N_{T\check{c}} = \frac{36,6}{3,8} * 7169 = 69\,049 \text{ Kč} \quad (3.10)$$

kde:

$N_{T\check{c}}$	Roční náklady na vytápění a ohřev TUV tepelným čerpadlem	[Kč/rok]
Q_{VYT}	Roční potřeba tepla na vytápění	[MWh/rok]
Q_{TUV}	Roční potřeba tepla pro ohřev TUV	[MWh/rok]
$SCOP$	Sezónní koeficient výkonu tepelného čerpadla	[-]
C_e	Aktuální cena elektřiny	[Kč/MWh]

Návratnost:

$$V_{T\check{c}} = \frac{N_{T\check{c},p}}{N_a - N_{T\check{c}}} \quad (3.11)$$

$$V_{T\check{c}} = \frac{290\,677}{150\,975 - 69\,049} = 3,55 \text{ let} \quad (3.12)$$

kde:

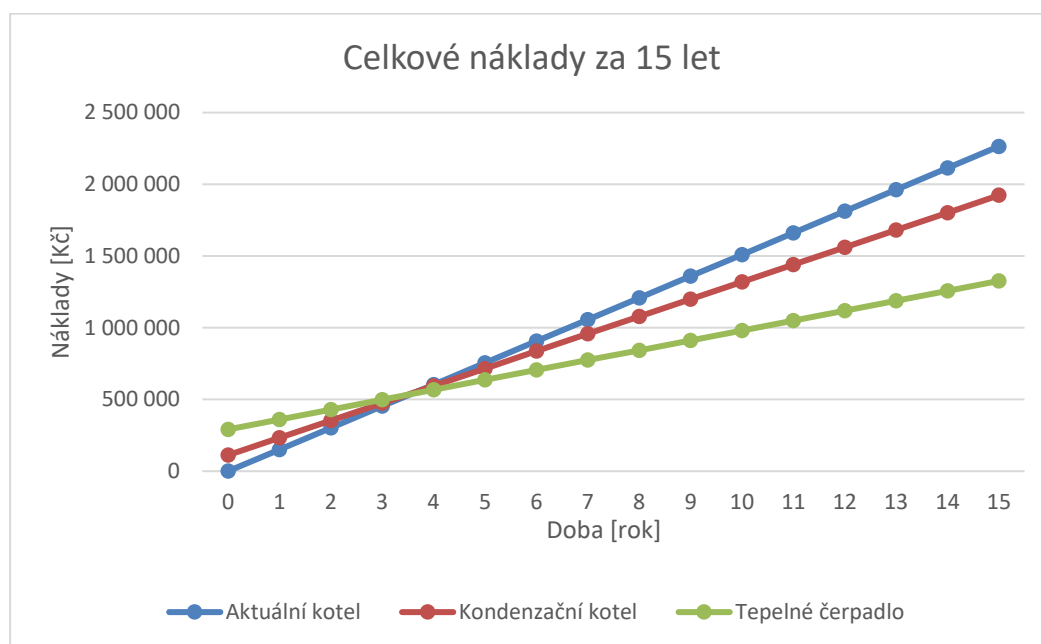
$V_{T\check{c}}$	Doba návratnosti počátečních investic do tepelného čerpadla	[rok]
$N_{T\check{c},p}$	Počáteční náklady za kondenzační kotel	[Kč]
N_a	Roční náklady na vytápění a ohřev TUV aktuálním způsobem	[Kč/rok]
$N_{T\check{c}}$	Roční náklady na vytápění a ohřev TUV tepelným čerpadlem	[Kč/rok]

3.4.4 Ekonomické porovnání variant s výhledem do budoucna

Tabulka 3.16 a obrázek 3.4 ukazují, na kolik by se za aktuálních cen vyšplhali náklady za vytápění a ohřev TUV. Životnost TČ je předpokládána na 15 let, proto jsou provedeny výpočty na tuto dobu. Z důvodu těžce předvídatelné situace se nepočítá s vývojem cen energií a inflace.

Tabulka 3.16 Ekonomické porovnání způsobů vytápění

	Aktuální vytápění	Kondenzační kotel	Tepelné čerpadlo
Provozní náklady [Kč/rok]	150 975	120 780	69 049
Počáteční investice [Kč]	-	111 749	290 677
Návratnost [rok]	-	3,7	3,55
Celkové náklady za 15 let [Kč]	2 264 625	1 923 449	1 326 412



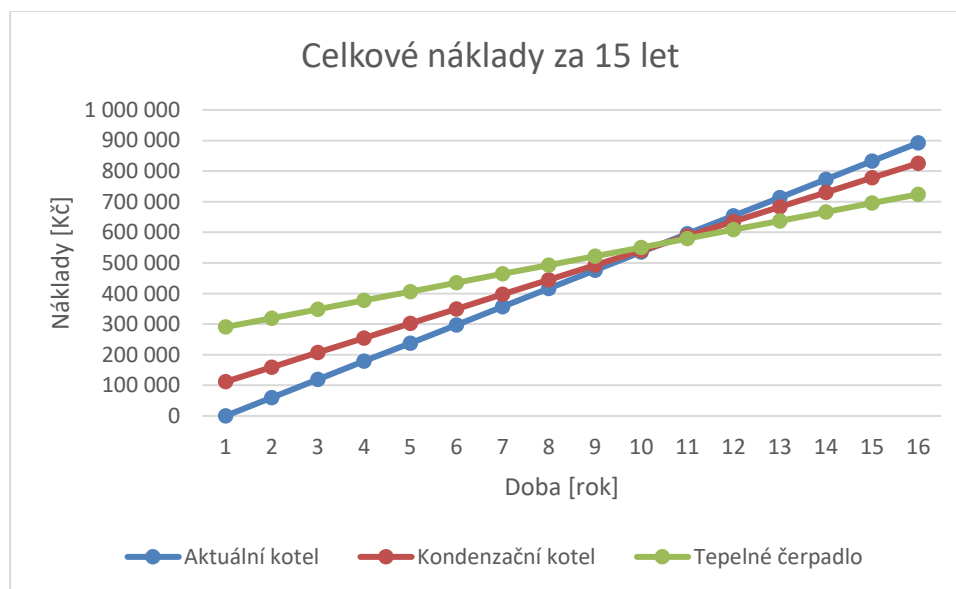
Obrázek 35.4 Celkové náklady za 15 let

3.4.5 Porovnání při použití cen z roku 2021

Jak jistě každý z nás zaregistroval, a zároveň jsme si to potvrdili v rešeršní části práce, došlo v minulém roce k obrovskému nárůstu cen zemního plynu i elektřiny. Nevíme, jak se ceny budou do budoucna vyvíjet, proto je vhodné při volbě nového způsobu vytápění použít více modelů. Model s aktuálními cenami již máme zhotovený, ale bude zajímavé se podívat, jak by to vypadalo se starými cenami. To ukazuje tabulka 3.17 a obrázek 3.5. Průměrná cena plynu za 1 MWh k 1.1.2021 se pohybovala kolem 1300 Kč [26]. Cena elektřiny byla asi 3000 Kč/MWh pro sazbu D 57d, kterou získá provozovatel TČ [38]. Pořizovací náklady necháme s aktuálními cenami.

Tabulka 3.17 Ekonomické porovnání způsobů vytápění s cenami energií z roku 2021

	Aktuální vytápění	Kondenzační kotel	Tepelné čerpadlo
Provozní náklady [Kč/rok]	59 475	47 580	28 895
Počáteční investice [Kč]	-	111 749	290 677
Návratnost [rok]	-	9,39	9,51
Celkové náklady za 15 let [Kč]	892 125	825 449	724 102



Obrázek 36.5 Celkové náklady za 15 let s cenami z roku 2021

3.5 Zhodnocení

Při použití aktuální cen plynu a elektřiny vychází jako mnohem vhodnější způsob vytápění tepelné čerpadlo. Provozní náklady jsou téměř poloviční, což je obrovský rozdíl, který jsem nepředpokládal. I když návratnost vyjde dle použitých předpokladů téměř stejná, tak rozdíl po 15 letech používání je obrovský. Po uplynutí této doby, kdy by tepelné čerpadlo mělo pomalu dosluhovat, by domácnost ušetřila téměř 600 tisíc Kč při použití dnešních cen. Cena plynu by musela výrazně poklesnout, aby vytápění kondenzačním kotlem připadalo v úvahu. Pro rok 2023 jsou ceny pro zemní plyn i elektřinu zastropované, otázkou však zůstává, jak tomu bude v dalších letech.

Roční náklady na vytápění a ohřev TUV pomocí TČ dosahují téměř 70 000 Kč, reálná částka by ale měla být o něco nižší. Domácnost dosáhne mírných úspor díky krbu, kterým si přitápí v zimním měsících, naopak v létě dojde k předehřevu TUV pomocí solárních kolektorů.

Pokud bychom se vrátili s cenami za energie o 2 roky zpět, situace by se moc nezměnila. Roční náklady opět vyšli mnohem lépe u vytápění tepelným čerpadlem, a i přes vyšší počáteční náklady by po 15 letech byla úspora přes 100 tisíc Kč.

Jako vhodnější varianta pro tento RD se mi tedy jednoznačně jeví tepelné čerpadlo. Oba modely ukazují velmi podobné výsledky. Navíc při použití TČ může domácnost využívat 20 hodin denně sazbu D 57d, kdy má nižší ceny elektřiny, takže úspor dosáhne i při používání domácích elektrospotřebičů. Aby se situace změnila a vytápění plynem se stalo výhodnější variantou, museli by se radikálně změnit ceny energií.

4 Závěr

Volba vhodného systému pro vytápění rodinného domu se řeší v každé době, ať už je krize nebo blahobyt. Každý má potřebu mít v pohodlí domova příjemnou teplotu a teplou vodu. Proto je toto téma neustále aktuální a zabývá se jím spousta rodin. Někteří staví nový dům a hledají vhodný způsob vytápění pro novostavbu, někomu dosluhuje momentální zařízení a řeší, která alternativa se jim nejvíce vyplatí a někdo chce v dnešní době nestálých cen ušetřit, a tak bere volbu nového otopného systému jako investici. Všichni ale mají stejnou otázku. Jaký druh vytápění je pro náš dům nejvhodnější? Odpověď můžou nalézt v této bakalářské práci.

První část představuje dostupné varianty vytápění. Slouží jako přehled, ve kterém se dozvíme, jak jednotlivé systémy fungují, jaké jsou požadavky na jejich provoz nebo pro jaký typ domu jsou vhodné. Zároveň podává základní informace o palivech, které jednotlivé systémy využívají. Pro každý dům se hodí jiný způsob vytápění v závislosti na typu budovy, tepelných ztrátách a roční potřebě tepla pro celou domácnost. Volbu ovlivňuje spousta dalších faktorů od pořizovací ceny otopné soustavy a ceny paliv, přes dostupné prostory a náročnost obsluhy, až po produkci emisí. Nemůžeme o nějaké technologii prohlásit, že by byla nejlepším řešením pro každou budovu. Po prostudování této části by čtenáři měli mít základní představu, jaké varianty by potenciálně mohli být vhodné pro jejich dům a jaké naopak můžou vyřadit.

Druhá část práce už ukazuje postup při návrhu otopného systému pro reálnou budovu. To může lidem, kteří řeší tento problém, posloužit pro získání představy, co od některých způsobů vytápění očekávat. Samozřejmě to nenahradí názor a výpočty odborníků, ale může to posloužit jako dobrý odhad a nabyté zkušenosti můžou použít právě při řešení variant s odborníky.

Jako modelový dům byla zvolena stará stavba, která je ale kompletně zrekonstruovaná a zateplená. Nejprve je potřeba zjistit tepelné ztráty budovy a poté dopočítat potřebu tepla. Když víme základní informace o budově a požadavky rodiny, můžeme provést návrh vhodného systému pro konkrétní dům.

Pro naši stavbu byly k porovnání zvoleny dva systémy. Tepelné čerpadlo a kondenzační plynový kotel. Byly vypočítány jak roční náklady na vytápění, tak počáteční investice a návratnost v porovnání s aktuálním způsobem vytápění, což byl starý plynový kotel Destila. Tento kotel už dosluhuje, a proto bylo třeba jej nahradit. Zajímavé zjištění bylo, že při dnešních cenách za energie by návratnost obou systémů byla pouze necelé 4 roky. Proto i u budov, které nutně výměnu stávajícího zdroje nepotřebují, se jedná o zajímavou formu investice.

Tepelné čerpadlo vyšlo pro modelový dům jako mnohem vhodnější varianta, protože roční náklady na vytápění byly téměř poloviční a po 15 letech by byl rozdíl více než půl milionu Kč, pokud bychom uvažovali, že se ceny energií nebudou měnit. S tím ale počítat nemůžeme, a proto byl proveden výpočet ještě pro druhou variantu. V tomto případě se počítalo s cenami energií, které byly začátkem roku 2021. I v tomto případě vychází jako vhodnější varianta tepelné čerpadlo. Roční náklady vyšli opět skoro poloviční, ale kvůli nižším cenám za energie je rozdíl po 15 letech "pouze" 100 tisíc Kč.

V této době je poměrně těžké z důvodu rychle se měnících cen energií i materiálů určovat vhodný způsob vytápění. Nemůžeme dělat dlouhodobé předpovědi, protože za pár měsíců či let to může být úplně jinak. V tuto chvíli, i s omezeným výhledem do budoucna, se ale pro tuto budovu celkem jednoznačně jeví jako vhodnější varianta tepelné čerpadlo. Pokud má rodina možnost více investovat, doporučoval bych ještě snížit závislost na dodávkách elektrické energie pomocí fotovoltaických panelů. Kromě snížení nákladů za vytápění by to zároveň znamenalo i snížení účtů za ostatní elektrospotřebiče v domácnosti.

Zdroje

- [1] Spotřeba paliv a energií v domácnostech Energo - 2021. *Czso.cz* [online]. 2022 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/konecna-spotreba-paliv-a-energie-v-domacnostech>
- [2] BŘEZINOVÁ, Jana. Jaké zvolit vytápění domu, abyste ušetřili za energie?. *Srovnejto.cz* [online]. 2020 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.srovnejto.cz/blog/jake-zvolit-vytapeni-domu-abyste-usetrili-za-energie/>
- [3] LYČKA, Zdeněk. Únor 2023: Výrazný pokles cen dřevních pelet pro vytápění domácností. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2023 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-pevnymi-palivy/24903-unor-2023-vyrazny-pokles-cen-drevnich-pelet-pro-vytapeni-domacnosti>
- [4] Černé versus hnědé uhlí. *Enviweb.cz* [online]. 2022 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.enviweb.cz/122061>
- [5] Úvodem o koksu. *Koksovny.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.koksovny.cz/cz/uvodem-o-koksu>
- [6] Topení koksem: Jak topit koksem?. *Obyvat.cz* [online]. 2019 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.obyvati.cz/topeni-koksem-jak-topit-koksem/>
- [7] PONCAROVÁ, Jana. Fosilní paliva: Výhody a nevýhody. *Ekolid.cz* [online]. 2013 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.ekolid.cz/fosilni-paliva-vyhody-a-nevyhody/>
- [8] PONCAROVÁ, Jana. Vytápění biomasou. Na kolik vyjde? Vyplatí se?. *Nazeleno.cz* [online]. 2018 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/vytapeni-biomasou.na-kolik-vyjde-vyplati-se/>
- [9] STUPAVSKÝ, Vladimír. O vytápění biomasou od A až do Z. *Oze.tzb-info.cz* [online]. Česká peleta, 2020 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/vytapeni-peletami/8814-o-vytapeni-biomasou-od-a-az-do-z>
- [10] Pelety. *Ceska-peleta.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://ceska-peleta.cz/palivo/pelety/>
- [11] Bukové brikety. *Hepa-shop.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.hepa-shop.cz/bukove-brikety/>
- [12] Kusové dřevo. *Kotle-verner.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <http://www.kotle-verner.cz/vytapeni/paliva-a-jejich-vyuziti/kusove-drevo>
- [13] NOVÁK, Libor. Topení kusovým dřevem je nejlevnější, ale... *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2008 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-pevnymi-palivy/4844-topeni-kusovym-drevem-je-nejlevnejsi-ale>
- [14] Typy kotlů na pevná paliva. *Topmeuhlim.cz* [online]. 2016 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.topmeuhlim.cz/typy-kotlu-na-pevna-paliva/>

[15] LYČKA, Zdeněk. Výměna kotlů a povinná akumulace. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2019 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vymeny-kotlu/19406-vymena-kotlu-a-povinna-akumulace>

[16] LYČKA, Zdeněk. Jak vybírat nový kotel na pevná paliva (1). *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2013 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1>

[17] RYŠAVÝ, Jiří, Jiří HORÁK, František HOPAN, Kamil KRPEC, Petr KUBESA a Jiří KREMER. Komfort kotlů na tuhá/pevná paliva – část I. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. Ostrava, 2018 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-pevnymi-palivy/17137-komfort-kotlu-na-tuha-pevna-paliva-cast-i>

[18] TEPLOVODNÍ AUTOMATICKÉ KOTLE AM LICOTHERM. *Automatickekotle.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: http://www.automatickekotle.cz/cz/index.php?route=product/product&product_id=53

[19] LYČKA, Zdeněk. Třídy teplovodních kotlů. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2019 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vymeny-kotlu/18994-tridy-teplovodnich-kotlu>

[20] WOFF, Petr. Kotlíkové dotace 2022. *Srovnejto.cz* [online]. 2022 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.srovnejto.cz/blog/kotlikove-dotace-2022-penez-zbyva-dost-ale-nove-technologie-jsou-nedostatkove/>

[21] LYČKA, Zdeněk. Ekodesign kotlů na pevná paliva. *TZB-info* [online]. 2019 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vymeny-kotlu/19071-ekodesign-kotlu-na-pevna-paliva-uvadeni-vyrobku-na-trh-a-do-provozu-od-1-1-2020>

[22] Možnosti dnešních krbů a kamen. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2016 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/14484-moznosti-dnesnich-krbu-a-kamen>

[23] KRBOVÁ KAMNA HARK 88 WW GT ECOPLUS. *Krby-fortell.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.krby-fortell.cz/krbova-kamna-hark-88-ww-gt>

[24] 5 důvodů, proč přejít na vytápění plynem. *Plyn.cz* [online]. 2020 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.plyn.cz/proc-prejit-na-vytapani-plynem>

[25] Vytápíme plynem. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem>

[26] Cena plynu 2023 - srovnání. *Tzb-info.cz* [online]. 2023 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/13-prehled-cen-zemniho-plynu>

[27] BUDÍN, Jan. Zemní plyn – těžba, vlastnosti a rozdělení. *Oenergetice.cz* [online]. 2015 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/plyn/zemni-plyn-tezba-vlastnosti-a-rozdeleni>

[28] Jak vybrat plynový kondenzační kotel?. *Viessmann.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/jak-vybrat-plynovy-kotel.html>

- [29] Jaký plynový kotel do rodinného domu?. *Viessmann.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/jaky-plynovy-kotel-do-rodinneho-domu.html>
- [30] Jak vybrat kotel na plyn. *Arecenze.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.arecenze.cz/tepelne-kotle/kotle-na-plyn/#jak-vybrat-kotel-na-plyn>
- [31] Zdroje tepla na plyn. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2007 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/4048-zdroje-tepla-na-plyn>
- [32] PONCAROVÁ, Jana. Klasické plynové kotle končí, od září pořídíte už jen kondenzační. *Penize.cz* [online]. 2015 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.penize.cz/spotrebitel/302135-klasicke-plynove-kotle-konci-od-zari-poridite-uz-jen-kondenzacni>
- [33] VALENTA, Vladimír. Kondenzační kotel pro každého (I). *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2002 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/868-kondenzacni-kotel-pro-kazdeho-i>
- [34] Účinnost a výkon plynového kotle. *Viessmann.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/ucinnost-a-vykon-plynoveho-kotle.html>
- [35] Kondenzační kotel: Zjistěte, jak funguje. *Plyn.cz* [online]. 2020 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.plyn.cz/kondenzacni-kotel-zjistete-jak-funguje>
- [36] BUFKA, Aleš, Jana BLECHOVÁ TOURKOVÁ, Miloslav MODLÍK a Jana VEVERKOVÁ. Přehled trhu plynových kotlů 2017 – 2019, díl 1. – Kategorie kotlů, druhy plynů a spotřeby. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2020 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/20786-prehled-trhu-plynovych-kotlu-2017-2019-dil-1-kategorie-kotlu-druhy-plynu-a-spotreby>
- [37] Vytápění rodinného domu – výhody a nevýhody jednotlivých zdrojů tepla. *Chytře-bydlení.cz* [online]. 2019 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.chytre-bydleni.cz/rekonstrukce/vytapeni-rodinneho-domu-vyhody-a-nevyhody-jednotlivych-zdroju-tepla>
- [38] Cena elektřiny 2023 - srovnání. *Tzb-info.cz* [online]. 2023 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/14-ceny-elektriny>
- [39] Zbytkový energetický mix. *Ote-cr.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/zbytkovy-energeticky-mix>
- [40] NOVOTNÝ, Jiří a Tomáš MATUŠKA. Emise CO₂ a jejich dopad na hodnocení zdrojů v budovách. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2018 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/provoz-a-udrzba-vytapeni/17112-emise-co2-a-jejich-dopad-na-hodnoceni-zdroju-v-budovach>
- [41] JANDUŠOVÁ, Martina. Proč si k vytápění vybrat elektrokotel?. *Prumyslovaekologie.cz* [online]. 2021 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.prumyslovaekologie.cz/info/proc-si-k-vytapeni-vybrat-elektrokotel>

[42] Uvažujete o vytápění elektrinou? Kdy se vyplatí?. *Thermona.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.thermona.cz/aktuality/kdy-se-vyplati-elektrokotel-pro-domacnost>

[43] Jak fungují akumulční kamna a kam se hodí?. *Vytapeni-klimatizace.bydleniprokazdeho.cz* [online]. 2013 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapani-klimatizace.bydleniprokazdeho.cz/krby-kamna-kominy/jak-funguji-akumulacni-kamna-a-kam-se-hodi.php>

[44] Jak fungují akumulční kamna?. *Elektrokohout.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: https://www.elektrokohout.cz/html/reg_check.php

[45] KUHNOVÁ, Erika. Dá se elektrinou topit úsporně?. *Homebydleni.cz* [online]. 2020 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://homebydleni.cz/dum/vytapani/da-se-elektρινou-topit-usporne/>

[46] TVRZOVÁ, Iva. Topení elektrinou. *Chatar-chalupar.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.chatar-chalupar.cz/topeni-elektρινou/>

[47] Keramické topné panely. *Primotopy.eu* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.primotopy.eu/keramicke-infrapanely-a183/>

[48] MATĚJKA, Jan. Elektrické podlahové vytápění – extra tenké topné rohože. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2019 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/125699-elektricke-podlahove-vytapani-extra-tenke-topne-rohoze>

[49] Jaká řešení existují pro vytápění elektrinou?. *Viessmann.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: [https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/reseni-pro-vytapani-elektμερινou.html](https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/reseni-pro-vytapani-elektρινou.html)

[50] Elektrické radiátory. *Lipovica.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.lipovica.cz/elektricke-radiatory>

[51] Thermal Trend KH-EM 750 x 970 elektrický topný žebřík. *Topnyzebrik.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.topnyzebrik.cz/thermal-trend-kh-em-750-x-970-elektricky-topny-zebrik--500w-kh-em-750-970-500w--stribrna-ral-9006/>

[52] Vytápění domu tepelným čerpadlem. *Tepelka.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.tepelka.cz/vytapani-domu-tepelnym-cerpadlem.php>

[53] Vytápění tepelným čerpadlem - kdy se vyplatí a kdy je lepší elektrické vytápění?. *Estav.cz* [online]. 2022 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/10681.vytapani-tepelnym-cerpadlem-kdy-se-vyplati-a-kdy-je-lepsi-elektricke-vytapani>

[54] DRAGON, Martin. Tepelná čerpadla – Základní principy a hlavní komponenty. *Topin.cz* [online]. 2022 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/testo-academy-tepelna-cerpadla-zakladni-principy-a-hlavni-komponenty-detail-12891>

[55] Jak funguje tepelné čerpadlo Vaillant. *Vaillant.cz* [online]. 2017 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=vqP0OhxwJAU&ab_channel=VaillantCZ

- [56] Jak funguje tepelné čerpadlo vzduch-voda. *Schlieger.cz* [online]. 2022 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: https://www.schlieger.cz/radce/jak-funguje-tepelne-cerpadlo-vzduch-voda/?gclid=CjwKCAiA_6yfBhBNEiwAkmXy58S841Ag1qDsiVUa-A7KncwTabD7pAHsxeh_2lh-1k3eByesFWiWkBoCiccQAvD_BwE
- [57] NÁPRSTEK, Karel. Rozdíl TČ split a monoblok. *Woltair.cz* [online]. 2022 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.woltair.cz/poradna/tepelna-cerpadla/rozdil-tc-split-a-monoblok>
- [58] Je lepší splitové nebo kompaktní tepelné čerpadlo vzduch-voda?. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2021 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/22103-je-lepsi-splitove-nebo-kompaktni-tepelne-cerpadlo-vzduch-voda>
- [59] BUDÍN, Jan. Tepelná čerpadla – princip funkce a rozdělení. *Oenergetice.cz* [online]. 2015 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/tepelna-cerpadla>
- [60] Životnost tepelného čerpadla. *Viessmann.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/tepelne-cerpadlo-zivotnost.html>
- [61] Tepelné čerpadlo aroTHERM plus vzduch/voda. *Vaillant.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/pro-zakazniky/produkty/tepelne-cerpadlo-arotherm-plus-vzduch-voda-42113.html>
- [62] Vytápějte s ohledem na životní prostředí a minimální spotřebou energie!. *Vaillant.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/pro-zakazniky/tepelna-cerpadla/vse-o-tepelnych-cerpadlech/>
- [63] Je lepší vzduch/voda nebo země/voda?. *Abeceda-cerpadel.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/vzduch-voda-nebo-zeme-voda>
- [64] Vyberáme tepelné čerpadlo. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2012 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/8295-vybirame-tepelne-cerpadlo>
- [65] Voda/voda (studny). *Cerpadla-ivt.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-voda-voda-studny>
- [66] Voda-voda. *M-klima.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.m-klima.cz/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-voda-voda/>
- [67] Princip tepelného čerpadla. *Remko.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.remko.cz/princip-tepelneho-cerpadla>
- [68] Vzduch/vzduch. *Cerpadla-ivt.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch>
- [69] Topný faktor COP - účinnost tepelného čerpadla. *Abeceda-cerpadel.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/topny-faktor-cop-ucinnost-tepelneho-cerpadla>
- [70] Topný faktor SCOP. *Abeceda-cerpadel.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/topny-faktor-scop>

[71] Volba typu tepelného čerpadla. *Hicop.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <http://www.hicop.cz/typ-tepelneho-cerpadla>

[72] Solární vytápění – přímé topení energií slunce. *Topeni-topenari.eu* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/>

[73] MATUŠKA, Tomáš. Solární vytápění. *Oze.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/142-solarni-vytapeni>

[74] Solární systémy. *Viessmann.cz* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytne-budovy/ktery-topny-system/solarni-systemy.html>

[75] Solární systémy na ohřev vody a přitápění objektu. *Solarenavi.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.solarenavi.cz/a-17-solarni-systemy-na-ohrev-vody-a-pritapeni-objektu.html>

[76] Kapalinové solární systémy vytápění. *Solarni-vytapeni.eu* [online]. 2012 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.solarni-vytapeni.eu/nabidka/kapalinove-solarni-systemy/>

[77] Teplovzdušné solární kolektory. *Topeni-topenari.eu* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/teplovzduzne/>

[78] Solární ohřívače a ventilační panely. *Lgsystem.cz* [online]. 2012 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <http://www.lgsystem.cz/domaci-automatizace/clanky/recenze/solarni-ohrivace-a-ventilacni-panely/>

[79] Vytápění domu fotovoltaikou. *Geniusfve.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://geniusfve.cz/2022/07/10/vytapeni-domu-fotovoltaikou/>

[80] Fotovoltaické solární panely zajistí levnou elektřinu i teplo. *Topeni-topenari.eu* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/fotovoltaicke/>

[81] Jaká jsou PRO a PROTI fotovoltaické elektrárny na střeše rodinného domu?. *Premereni.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.premereni.cz/cs/o-spolecnosti/clanky/jaka-jsou-pro-a-proti-fotovoltaicke-elektrarny-na-strese-rodinneho-domu/>

[82] BLAŽÍČEK, Jan. Začátek otopné sezóny: Co kontrolovat na soustavě a regulaci topení. *Estav.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/3924.zacatek-otopne-sezony-co-kontrolovat-na-soustave-a-regulaci-topeni>

[83] Otopné plochy. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/otopne-plochy>

[84] BAŠTA, Jiří a Roman VAVŘIČKA. Otopné plochy (II) - Druhy otopných těles. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2006 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/otopne-plochy/3064-otopne-plochy-ii-druhy-otopnych-teles>

[85] Litinový radiátor. *Nejremeslnici.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.nejremeslnici.cz/fotka/579554-vymena-radiatoru>

[86] POJAR, Petr. Vybíráte do svého bytu nová otopná tělesa?. *Ceskestavby.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/vybirate-do-sveho-bytu-nova-otopna-telesa-20574.html>

[87] EISNER, Jan. Kompletní program deskových otopných těles značky Buderus. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2010 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/otopne-plochy/6655-kompletni-program-deskovych-otopnych-teles-znacky-buderus>

[88] SRBA, Oldřich. Funkce a regulace moderního podlahového konvektoru. *Topin.cz* [online]. 2015 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/new-practic-podlahove-konvektory-s-ec-motory-komfort-uspora-a-spolehlivost-detail-3379>

[89] Topné konvektory – vytápění místností teplým vzduchem. *Topeni-topenari.eu* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.topeni-topenari.eu/topeni/otopna-telesa/konvektory/>

[90] BAŠTA, Jiří. Velkoplošné vytápění (I). *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2006 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/3383-velkoplosne-vytapeni-i>

[91] Podlahové vytápění. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/podlahove-vytapeni>

[92] Poznejte výhody a nevýhody podlahového topení. *Viessmann.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/vyhody-a-nevyhody-podlahoveho-vytapen.html>

[93] Stropní vytápění. *Neota.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.neota.cz/stropni-vytapeni/>

[94] Mýty o chlazení podlahou. *Cerpadla-ivt.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/myty-o-chlazení-podlahovym-vytapenim>

[95] Montážní instrukce pro systém podlahového vytápění FV THERM. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. 2017 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/podlahove-vytapeni/16258-montazni-instrukce-pro-system-podlahoveho-vytapeni-fv-therm>

[96] Stěnové topení – moderní způsob vytápění s nízkou spotřebou energie. *Topeni-topenari.eu* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.topeni-topenari.eu/topeni/systemy-vytapeni/stenove/>

[97] BECHNÍK, Bronislav. Akumulace tepelné energie – fyzikální principy. *Oze.tzb-info.cz* [online]. 2003 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-tepla/1482-akumulace-tepelne-energie-fyzikalni-principy>

[98] AKUMULAČNÍ NÁDRŽE NADO A NADOS. *Dzd.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.dzd.cz/akumulacni-nadrze/s-pripravou-tuv#vice-informaci>

[99] Možnosti skladování energie ve fotovoltaice. *Viessmann.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/skladovani-energie-fotovoltaika.html>

[100] Nepřímotopný zásobník vody. *Centrumvytapani.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: https://www.centrumvytapani.cz/user/documents/file_en_7330.pdf

[101] Klimatizace. *Vip-klima.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: https://vip-klima.cz/klimatizace?gclid=CjwKCAiAr4GgBhBFEiwAgwORrdBKO_S14HY-3mKYI5d4oEEKaO2sa7noC95IO_E50qctVHfm4Jm-0RoChn8QAvD_BwE&sort=nejdrazsi

[102] *Centrum Vytápění* [online]. 2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.centrumvytapani.cz/>

[103] Nejlepší kotle na tuhá paliva 2023. *Spotřebitelskytest.cz* [online]. 2022 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.spotřebitelskytest.cz/kotle-na-tuha-paliva>

[104] Vyznejte se v plynových kotlích: Účinnost vás u těch nejnovějších překvapí. *Plyn.cz* [online]. 2019 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.plyn.cz/vyznejte-se-v-plynovych-kotlich>

[105] Princip našeho systému. *Galan* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.elektrokotel.com/>

[106] Klasika, která i po letech nachází nové možnosti uplatnění. *Topin.cz* [online]. 2021 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/klasika-ktera-si-i-po-letech-nachazi-nove-moznosti-uplatneni-detail-11012>

[107] Ceny solárního ohřevu pro rodinné domy. *Kocián* [online]. 2023 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://solarni-ohrev-vody.cz/cenik-solarnich-systemu>

[108] Životnost solárních kolektorů. *Viessmann.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/zivotnost-solarnich-kolektoru.html>

[109] Podle čeho vybírat topnou rohož?. *Topny-kabel.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.topny-kabel.cz/elektricke-topne-rohoze/>

[110] Snižujeme ceny elektřiny i plynu. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: https://www.cez.cz/cs/prejdeteknam?ppcbee-adtext-variant=RSA+-+elektrina-cena&gad=1&gclid=Cj0KCQjw3a2iBhCFARIsAD4jQB3Kz6NURiUUxzuR-jDnkezDWBdyVuuo4ZrNRIojS_6FY_cRzPxYWQaAsWKEALw_wcB

[111] HAMALČÍKOVÁ, Kamila. Kdy se vyplatí pořídit tepelné čerpadlo na vytápění. *Elektrina.cz* [online]. 2022 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/tepelna-cerpadla-pro-vytapani-odbornik-radi>

[112] *Biomac* [online]. c2013-2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://eshop.biomac.cz/>

[113] Kolik stojí palivové dřevo v roce 2023. *Fondik.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.fondik.cz/clanky/palivove-drevo-cena>

[114] Ceník uhlí. *K&B uhlí* [online]. 2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <http://kb-uhli.cz/cenik/>

[115] Uhlí. *Havelka* [online]. c2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <http://www.havelka.cz/pevna-paliva/uhli/>

[116] Ceník. *Uhelné sklady Raškovice* [online]. 2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.uhli-raskovice.cz/cenik>

[117] REINBERG, Zdeněk, Roman ŠUBRT a Lucie ZELENÁ. On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám. *TZB-info* [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor-a-dotaci-zelena-usporam>

[118] REINBERG, Zdeněk. Výpočet potřeby tepla pro vytápění, větrání a přípravu teplé vody. *TZB-info* [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-vypocet-potreby-tepla-pro-vytapani-vetrani-a-pripravu-teple-vody>

[119] *Ceník produktů Vaillant*. I. verze. Chrást'any: Vaillant Group Czech s.r.o, 2022.

[120] Vaillant ecoTEC Plus VU 20CS. *Zboží.cz* [online]. c1996-2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.zbozi.cz/vyrobek/vaillant-ecotec-plus-vu-20cs-1-5-0010024599/>

[121] Dražice NAD 100 v1 Akumulační nádrž s izolací. *Topenilevne.cz* [online]. c2007-2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: https://www.topenilevne.cz/drazice-nad-100-v1-p43896/?gclid=CjwKCAjwuqiiBhBtEiwATgvixGymVSpC-kyJpHYEi5vPYrYV5BTCrVJqLnz1IkIsXekxB2e7CuKeChoCWlsQAvD_BwE

[122] Dražice OKC 200 NTRR/BP ohřívač vody nepřímotopný stacionární. *Topenilevne.cz* [online]. c2007-2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: https://www.topenilevne.cz/drazice-okc-200-ntrr-bp-p222/?gclid=CjwKCAjwuqiiBhBtEiwATgvixLeWS9kyALE-KpuhrLeWekNADHmpdKfXZVzlfV3trPBQqdmduEyIwxoCePsQAvD_BwE

[123] Dražice OKH 100 NTR/HV ohřívač vody nepřímotopný stacionární. *Topenilevne.cz* [online]. c2007-2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: https://www.topenilevne.cz/drazice-okh-100-ntr-hv-p44219/?gclid=CjwKCAjwuqiiBhBtEiwATgvixCh5UmqAOxbTp7c9V-Eb2YgtAAYjT0ANk8a6yBhUfd9ZByQp5x1PuhoCLeQQAvD_BwE

[124] Tepelná čerpadla Vaillant. *Vaillant.cz* [online]. c2022 [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/pro-zakazniky/produkty/tepelna-cerpadla/>

Seznam použitých symbolů a zkratek

Symbol	Význam	Jednotka
A	Celková plocha stěn budovy	[m ²]
A _c	Celková podlahová plocha	[m ²]
A _i	Plocha konstrukce	[m ²]
b _i	Činitel teplotní redukce	[-]
C _e	Aktuální cena elektřiny	[Kč/MWh]
CO ₂	Oxid uhličitý	-
COP	Topný faktor	[-]
C _{pl}	Aktuální cena plynu	[Kč/MWh]
C _v	Měrná tepelná kapacita vody	[J/kgK]
ČR	Česká republika	-
d	Tloušťka zateplení	[mm]
e _d	Součinitel zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu	[-]
e _i	Součinitel nesoučasnosti tepelné ztráty větráním a tepelné ztráty prostupem	[-]
e _t	Součinitel vlivu snížení teploty během noci	[-]
H ₊	Trvalý tepelný zisk	[W]
H _{s+}	Solární tepelné zisky	[kWh/rok]
H _{Ti}	Měrná ztráta prostupem tepla	[W/K]
H _Ú	Hnědé uhlí	-
N	Počet pracovních dní v soustavě	[dny]
N _a	Roční náklady na vytápění a ohřev TUV aktuálním způsobem	[Kč/rok]
η _a	Účinnost aktuálního způsobu vytápění	[-]
N _k	Roční náklady na vytápění a ohřev TUV kondenzačním kotlem	[Kč/rok]
η _k	Účinnost kondenzačního kotle	[-]
N _{k,p}	Počáteční náklady za kondenzační kotel	[Kč]
η _o	Účinnost možnosti regulace soustavy	[-]
η _r	Účinnost rozvodu vytápění	[-]
N _{TČ}	Roční náklady na vytápění a ohřev TUV tepelným čerpadlem	[Kč/rok]
N _{TČ,p}	Počáteční náklady za kondenzační kotel	[Kč]
Θ _e	Zimní extrémní návrhová teplota	[°C]

Θ_i	Vnitřní návrhová teplota	[°C]
Θ_{im}	Převažující vnitřní návrhová teplota	[°C]
$\Theta_{za\text{ konstrukcí}}$	Návrhová teplota za konstrukcí	[°C]
Q_c	Tepelná ztráta objektu	[W]
Q_{TUV}	Potřeba tepla pro ohřev vody	[MWh/rok]
Q_{VYT}	Potřeba tepla na vytápění	[MWh/rok]
RD	Rodinný dům	-
SCOP	Sezónní topný faktor	[-]
t_1	Teplota studené vody	[°C]
t_2	Teplota ohřáté vody	[°C]
TČ	Tepelné čerpadlo	-
t_{is}	Průměrná vnitřní teplota	[°C]
t_{svl}	Teplota studené vody v létě	[°C]
t_{svz}	Teplota studené vody v zimě	[°C]
TUV	Teplá užitková voda	-
U_i	Součinitel prostupu tepla	[W/m ² K]
V	Objem budovy	[m ³]
v_{2p}	Potřeba teplé vody za 1 den	[m ³ /den]
V_k	Doba návratnosti počátečních investic do kondenzačního kotle	[rok]
$V_{TČ}$	Doba návratnosti počátečních investic do tepelného čerpadla	[rok]
z	Koeficient energetických ztrát systému	[-]
ρ_v	Hustota vody	[kg/m ³]

Seznam obrázků

Obrázek 2.1 Pelety [10]	12
Obrázek 2.2 Kvádrové brikety [11]	12
Obrázek 2.3 Schéma automatického kotle [18]	13
Obrázek 2.4 Schéma prohořivacího kotle [16]	13
Obrázek 2.5 Schéma odhořivacího kotle [16]	14
Obrázek 2.6 Schéma zplyňovacího kotle [16]	14
Obrázek 2.7 Krbová kamna HARK s výměníkem [23]	15
Obrázek 2.8 Vývoj ceny zemního plynu od českých dodavatelů [26]	15
Obrázek 2.9 Rozdělení plynových kotlů k ohřevu vody [30]	16
Obrázek 2.10 Porovnání principu klasického a kondenzačního kotle na plyn [36]	17
Obrázek 2.11 Vývoj ceny elektřiny za poslední 2 roky [38]	18
Obrázek 2.12 Schéma akumulčních kamen [44]	19
Obrázek 2.13 Nástěnný topný panel ECOSUN [47]	20
Obrázek 2.14 Topné rohože [48]	20
Obrázek 2.15 Elektrický topný žebřík Thermal [51]	20
Obrázek 2.16 Princip tepelného čerpadla [54]	22
Obrázek 2.17 Tepelné čerpadlo Vaillant aroTHERM plus vzduch/voda [61]	22
Obrázek 2.18 Tepelné čerpadlo země/voda s plošným kolektorem [64]	23
Obrázek 2.19 Tepelné čerpadlo voda/voda [66]	23
Obrázek 2.20 Porovnání topného faktoru pro různé typy TČ [71]	24
Obrázek 2.21 Princip kapalinového solárního vytápění [76]	25
Obrázek 2.22 Princip teplovzdušného solárního vytápění [78]	26
Obrázek 2.23 Schéma zapojení fotovoltaické elektrárny [81]	26
Obrázek 2.25 Článekové otopné těleso ze slitiny hliníku [86]	27
Obrázek 2.24 Článekové otopné těleso z litiny [85]	27
Obrázek 2.26 Schéma deskového otopného tělesa [84]	27
Obrázek 2.27 Desková otopná tělesa [87]	27
Obrázek 2.28 Podlahový konvektor [88]	28
Obrázek 2.29 Podlahové topení [95]	29
Obrázek 2.30 Stěnové topení [96]	29
Obrázek 2.31 Schéma zapojení zásobníku TUV s tepelným čerpadlem [100]	29
Obrázek 3.1 Modelový dům	32
Obrázek 3.2 Kotel Vaillant VU 20CS/1-5 ecoTEC plus [120]	39
Obrázek 3.3 Tepelné čerpadlo aroTHERM split vzduch/voda [124]	41
Obrázek 3.4 Celkové náklady za 15 let	43
Obrázek 3.5 Celkové náklady za 15 let s cenami z roku 2021	44

Seznam tabulek

Tabulka 2.1 Vývoj spotřeby paliv a energií v domácnostech [1].....	11
Tabulka 2.2 Výhřevnost dřeva v závislosti na vlhkosti [13]	12
Tabulka 2.3 Energetický mix ČR v letech 2013-2021 [39].....	18
Tabulka 2.4 Porovnání vybraných způsobů vytápění [60, 101-109].....	30
Tabulka 2.5 Porovnání paliv používaných při vytápění domů [26, 111-116]	30
Tabulka 3.1 Legenda místností.....	32
Tabulka 3.2 Hodnoty v závislosti na lokalitě budovy [117].....	33
Tabulka 3.3 Charakteristika 1. bytové jednotky [117]	34
Tabulka 3.4 Ochlazované konstrukce objektu, zateplení, okna [117]	35
Tabulka 3.5 Tepelné mosty a větrání [117]	35
Tabulka 3.6 Tepelné ztráty 1. bytové jednotky [117].....	35
Tabulka 3.7 Charakteristika 2. bytové jednotky [117]	36
Tabulka 3.8 Ochlazované konstrukce objektu, zateplení, okna [117]	36
Tabulka 3.9 Tepelné mosty a větrání [117]	36
Tabulka 3.10 Tepelné ztráty 2. bytové jednotky [117].....	37
Tabulka 3.11 Informace o podnebí lokality modelového domu [118]	37
Tabulka 3.12 Hodnoty pro výpočet potřeby tepla pro vytápění [118].....	37
Tabulka 3.13 Hodnoty pro výpočet potřeby tepla pro ohřev teplé vody [118]	38
Tabulka 3.14 Počáteční náklady – kondenzační kotel.....	40
Tabulka 3.15 Počáteční náklady – tepelné čerpadlo.....	41
Tabulka 3.16 Ekonomické porovnání způsobů vytápění.....	43
Tabulka 3.17 Ekonomické porovnání způsobů vytápění s cenami energií z roku 2021	44