



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

**OPTIMALIZACE A INOVACE VE VYTÁPĚNÍ
RODINNÝCH DOMŮ**

OPTIMATION AND INNOVATION OF FAMILY HOUSES HEATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr Vafek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Lisý, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Petr Vafek**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Martin Lisý, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

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:

Optimalizace a inovace ve vytápění rodinných domů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V poslední době je díky zdražování energií vytvářena společenská poptávka na zvyšování efektivity a ekologie při vytápění rodinných domů. Práce bude zaměřena na rešerži moderních způsobů vytápění rodinných domů a následný modelový výpočet pro vybraný objekt.

Cíle bakalářské práce:

- Zpracování rešerže nových technologií pro vytápění rodinných domů.
- Porovnat jednotlivé technologie z hlediska uživatele.
- Pro modelový dům zpracovat technicko–ekonomické porovnání vybraných variant vytápění.

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.

QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-2-7-3250-3. Dostupné také z:

<http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:cfbe8df0-1677-11e6-ae73-005056827e51>

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

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

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je shrnout dnešní způsoby vytápění rodinných domů včetně nových moderních, které postupně nahrazují staré nevyhovující zdroje vytápění. Dále jsou tyto způsoby porovnány a v poslední části je proveden technicko-ekonomický návrh vytápění pro modelový dům.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, kotel, palivo, teplo, životní prostředí, obnovitelné zdroje, elektřina, uhlí

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to resume present types of heating in the family houses including new modern types, which gradually supply old unsuitable heating sources. Further, these types are compared and in the last part a technical-economical proposal of heating source for model house is made.

KEY WORDS

Heating, boiler, fuel, heat, environment, renewable sources, electricity, coal

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VAFEK, P. *Optimalizace a inovace ve vytápění rodinných domů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 51 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Lisý, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Optimalizace a inovace ve vytápění rodinných domů vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Jméno a příjmení

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Martinu Lisému, Ph.D. za ochotu, věnovaný čas na konzultace a cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování závěrečné práce.

podpis

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Vytápění tuhými palivy	12
2.1	Zákon o ochraně ovzduší	12
2.2	Rozdělení podle druhu paliv	12
2.2.1	Tuhá fosilní paliva.....	13
2.2.2	Biomasa	13
2.3	Typy kotlů	14
2.3.1	Ruční přikládání	14
2.4	Výhody a nevýhody vytápění tuhými palivy.....	16
3	Vytápění plynem.....	17
3.1	Paliva	17
3.1.1	Zemní plyn	17
3.1.2	LPG	17
3.1.3	Bioplyn.....	17
3.2	Kotle na plyn	18
3.2.1	Kondenzační kotle.....	19
3.3	Výhody a nevýhody vytápění plynem	19
4	Vytápění topnými oleji	20
4.1	Paliva	20
4.1.1	Topné oleje extralehké	20
4.3	Kotle na topné oleje	21
4.4	Výhody a nevýhody vytápění topnými oleji.....	21
5	Vytápění elektřinou.....	22
5.1	Rozdělení elektrického vytápění	22
5.1.1	Rozdělení podle zdroje tepla	23
5.2	Výhody a nevýhody vytápění elektřinou	24
6	Vytápění tepelným čerpadlem	25
6.1	Princip TČ	25
6.2	Typy TČ.....	26
6.2.1	TČ podle tepelného zdroje	26
6.2.2	TČ dle druhu hnací energie	27
6.3	Výhody a nevýhody TČ.....	27
7	Vytápění pomocí slunečního záření.....	28
7.1	Solární kolektory	28
7.1.1	Popis systému.....	29

7.1.2	Rozdělení solárních kolektorů	29
7.2	Výhody a nevýhody vytápění slunečním zářením	30
8	Porovnání jednotlivých druhů vytápění	31
8.1	Porovnání z ekonomického hlediska.....	31
8.2	Porovnání z ekologického hlediska.....	32
8.3	Porovnání z pohledu komfortu uživatele	34
9	Návrh vytápění pro modelový dům.....	35
9.1	Popis modelového domu.....	35
9.1.1	Energetická náročnost modelového domu	36
9.2	Aktuální způsob vytápění – tepelné čerpadlo	38
9.3	Alternativní zdroje vytápění.....	39
9.3.1	Automatický kotel na uhlí a pelety	39
9.3.2	Kotel na zemní plyn.....	42
9.4	Vyhodnocení volby vytápění modelového domu	43
10	Závěr.....	44
	Seznam použitých zdrojů.....	45
	Seznam použitých symbolů a zkratk.....	48
	Seznam obrázků.....	50
	Seznam tabulek	51

1 Úvod

Výběr a instalace vhodného zdroje vytápění je velmi důležitým tématem při stavbě či rekonstrukci domu. Nejde přitom jenom o tepelný komfort rodiny. Zásadními faktory, které rozhodují o výběru nového zdroje vytápění jsou především ekonomika, spolehlivost systému, uživatelský komfort či ekologie. Přestože se stále často používají staré kotle, dnešním trendem je nahrazovat tyto zdroje za nové moderní. Těmi se zabývá tato práce, která je rozdělena do dvou částí, z nichž první je rešeršní a druhá se zabývá technicko-ekonomickým návrhem vytápění pro modelový dům.

V první části jsou shrnuty informace o základních druzích vytápění s důrazem na inovativní, optimalizované a moderní zdroje. Ty lze rozdělit na vytápění tuhými palivy, plynem, topnými oleji, elektřinou, tepelným čerpadlem a slunečním zářením. V práci jsou dále uvedeny hlavní přednosti či nedostatky zmíněných druhů vytápění, které jsou zaměřeny především na ekonomiku, komfort uživatele a ekologii. Na závěr je provedeno porovnání všech typů.

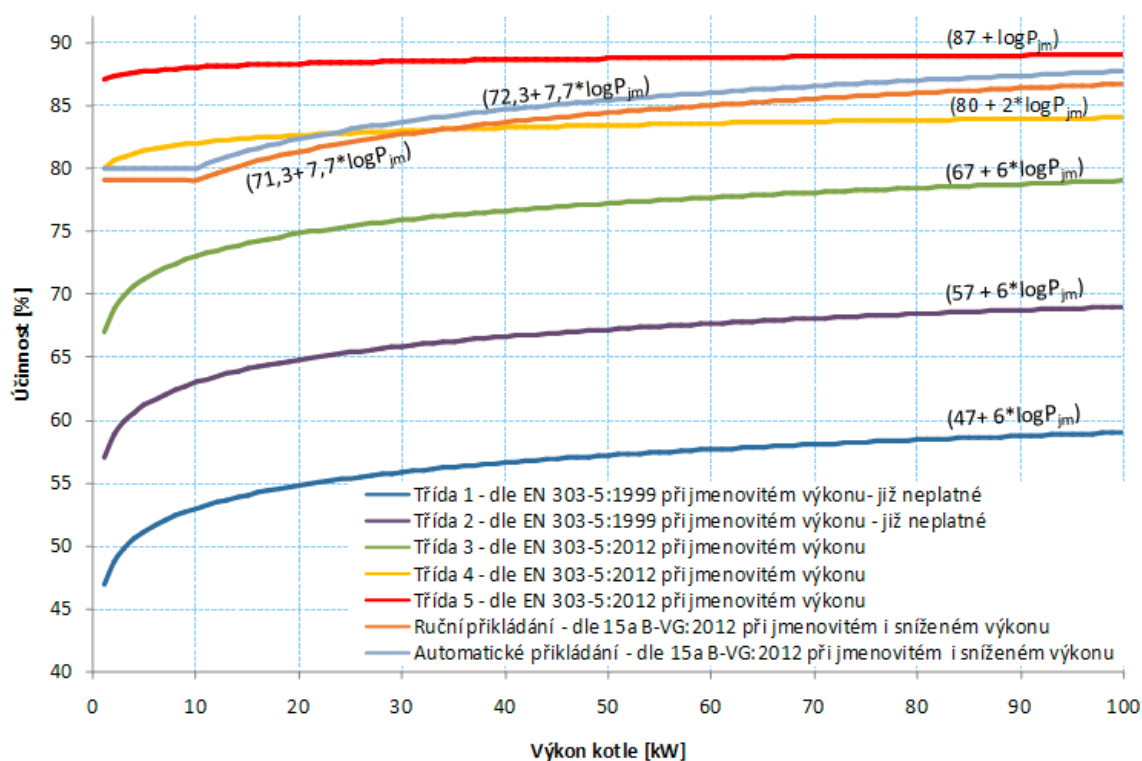
Ve druhé části je proveden technicko-ekonomický návrh vytápění pro modelový dům. Zde jsou navrženy alternativní druhy zdroje tepla tak, aby se co nejvíce podobaly stávajícímu druhu vytápění. Dále jsou spočítány roční náklady na vytápění, proveden odhad ceny alternativních druhů, čímž je získána návratnost stávajícího zdroje. Tím je zjištěno, zda jsou alternativní zdroje vhodnější než ten stávající.

2 Vytápění tuhými palivy

Vytápění tuhými palivy patří mezi jedno z nejoblíbenějších vytápění v České republice. Z posledního sčítání lidu z roku 2011 je zřejmé, že kotel na tuhá paliva používalo přes 600 000 domácností [1].

2.1 Zákon o ochraně ovzduší

Přestože je topení tuhými palivy oblíbené, má i své nevýhody. Jedním z největších problémů je, že při něm dochází k znečištění životního prostředí. Při spalování vzniká CO, CO₂, prach a další nežádoucí látky. Jejich množství je pak z velké části závislé na typu a účinnosti kotle, které jsou rozdělené do emisních tříd od 1 do 5. Číslo emisní třídy určuje technologickou vyspělost kotle, přičemž platí, že čím vyšší číslo, tím lepší kotel. V roce 2012 byl přijat nový zákon o ochraně životního prostředí, který zakazuje od roku 2014 umístění kotlů emisních tříd 1 a 2 na trh a také jejich uvedení do provozu. Od roku 2022 nebude možné tyto kotle vůbec provozovat. Zákaz prodeje kotlů 3. třídy je naplánován k roku 2018, 4. a 5. třídy k roku 2020. Všechny tyto kotle mají být nahrazeny kotli splňující požadavky Ekodesign¹. S tímto krokem úzce souvisí tzv. kotlíková dotace, kdy lidé vymění starý nevyhovující kotel za nový, na který obdrží dotaci [2], [3].



Obrázek 2.1 Minimální požadované účinnosti kotlů [2]

2.2 Rozdělení podle druhu paliv

Tuhé palivo je pevná látka, která když hoří, vytváří teplo, jež využijeme pro naši potřebu. Palivo se skládá z hořlaviny a balastu (voda a popelovina). Velký vliv na výhřevnost paliv má vlhkost. Čím větší vlhkost je, tím je menší výhřevnost. Tuhá paliva můžeme rozdělit do dvou skupin na paliva fosilní a biomasu [9].

¹Ekodesign je evropská norma určující parametry, které musí kotel uváděný na trh dodržet

2.2.1 Tuhá fosilní paliva

Tuhá fosilní paliva se vytvářela v bažinných ekosystémech jezerních pánví, říčních delt nebo nízko položených území při okrajích pevnin z těl pravěkých rostlin. Po odumření pak klesaly pod hladinu bažiny, kde se bez přítomnosti kyslíku nerozkládaly běžnými biologickými procesy. Hmoty podobná rašelině se s časem dostávala do větších hloubek. Pod velkým tlakem z ní byla vytěšňována voda a jiné látky, zatímco podíl uhlíku rostl. Právě podle procent uhlíku v uhlí se určuje jeho kvalita. Po masivním používání fosilních paliv od první průmyslové revoluce do dnešních dní se rapidně snížily jejich zásoby. Navíc jsou největším znečišťovatelem životního prostředí, a proto je tendence nahrazovat tyto paliva ekologičtějšími zdroji [10].

Černé uhlí

Černé uhlí vznikalo přibližně před 250–350 miliony let, a je uloženo v hloubkách dosahujících až 1200 metrů. Těží se v hlubinných dolech. Má vyšší výhřevnost než hnědé uhlí a je také šetrnější pro životní prostředí [11].

Hnědé uhlí

Hnědé uhlí je mladší a obsahuje méně uhlíku než černé uhlí. Vyskytuje se v relativně malých hloubkách, těží se tedy v povrchových dolech. Jedno z nejlevnějších paliv, ale jeho výhřevnost není vysoká. Navíc patří k největším znečišťovatelům ovzduší [11].

Koks

Koks vzniká pyrolýzou černého uhlí, děj probíhá při vysoké teplotě nad 1000 °C bez přístupu vzduchu. Disponuje vyšší výhřevností než u černého a hnědého uhlí. Náklady na vytápění jsou ale srovnatelné se zemním plynem [11,12].

2.2.2 Biomasa

Pod pojmem biomasa si lze představit veškerou organickou hmotu rostlinného a živočišného původu. Energetická biomasa je odpad ze zemědělství, lesnictví nebo průmyslu. Biomasa má tzv. nulovou bilanci CO₂. To znamená, že při spalování se uvolní stejné množství oxidu uhličitého, jako předtím stromy a rostliny vyprodukovaly. Biomasa k vytápění má největší zastoupení ve formě kusového dřeva, pelet nebo briket [13].

Kusové dřevo

Veškeré jehličnaté a listnaté stromy, které jsou pořezány a naštípány do formy špalků, jsou zdrojem kusového dřeva. Dřevěné špalky obsahují více vody a popele než ostatní biomasa. Právě vlhkost dřeva je rozhodujícím faktorem správného spalování. Při dostatečně dlouhém a správném uskladnění dřevo vysychá a tím stoupá jeho výhřevnost. Palivové dřevo zůstává velmi oblíbeným zdrojem tepla pro mnohé rodinné domy zejména díky jeho ceně [16].

Pelety

Ekologické topivo, které se vyrábí převážně z odpadních zbytků po dřevní výrobě stlačením dřevního prachu, drtě či pilin. Neobsahují žádná chemická pojiva. Pelety se lisují do tvaru válečků o různých velikostech, v průměru od 6 do 25 mm a délce až do 50 mm. Jelikož díky této technologii obsahují málo vody a popela, hoří velmi dlouho a nevzniká ani zdaleka tolik kouře jako u ostatních paliv [14].



Obrázek 2.2 Pelety [14]

Brikety

Vyrábí se slisováním dřevních zbytků ve tvaru válců či kvádrů dlouhých až 30 cm. Lze s nimi topit ve všech typech kotlů na dřevo, uhlí nebo v krbových kamnech. Obdobně jako pelety mají malý obsah vody a popelovin. Mimo dřevěných se také vyrábí brikety rostlinné, rašelinové nebo papírové [15].

Štěpka

Strojně nakrácená a nadrcená dřevní hmota na částice o délce od 3 do 250 mm. Lesní štěpky jsou různorodou surovinou, obsahující drobné větvičky, kůry, jehličí, komponenty dříví a nedřevěné příměsi [16].

Ostatní biomasa

Rostliny nebo části rostlin, které vznikají buď jako zemědělský odpad, nebo se cíleně pěstují. Jsou to například balíky slámy, rostlinné brikety, semena plodin aj [13].

2.3 Typy kotlů

Výrobci v dnešní době řeší problémy, kdy při spalování tuhých paliv vzniká mnoho emisí a zároveň je omezuje evropská norma, která znemožnila některé kotle vyrábět. Výrobci se proto snaží vyrobit takové kotle, které by tyto emise co nejvíce eliminovaly. Důležitým faktorem je také cena kotle a jeho účinnost.

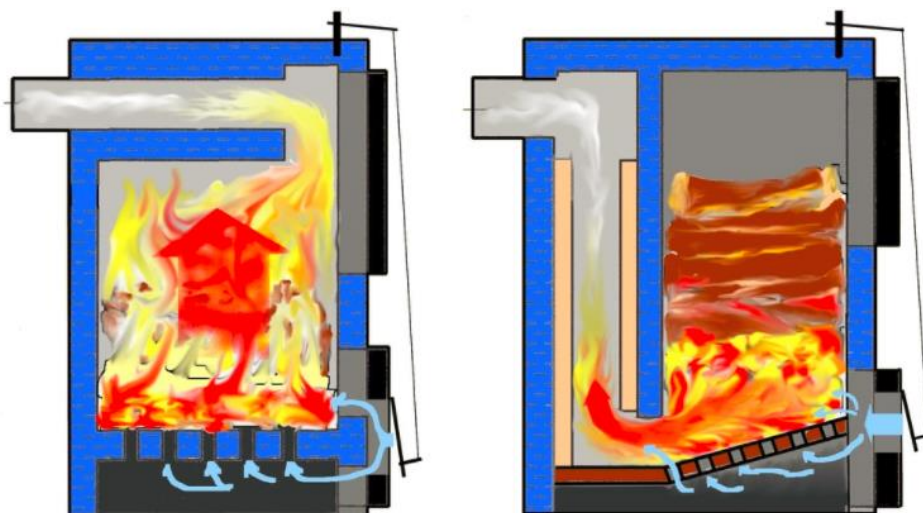
2.3.1 Ruční přikládání

Prohořivací kotle

Nové palivo (dřevo, uhlí, koks) se přikládá do kotle na již hořící vrstvu, která leží na roštu. Spaliny procházejí přes celou vrstvu paliva. Po přiložení se palivo ohřívá a suší, poté probíhá zplynění (uvolnění prchavé hořlaviny) a hoření odplyněného zbytku. Tyto kotle jsou díky svojí ceně a životnosti oblíbené, nesplňují však limity zákona o ochraně ovzduší. Pro lokální vytápění lze využít také krb, krbová kamna nebo kachlová kamna. Ty neslouží pouze k vytápění, ale mají také estetický efekt. Princip je obdobný jako u prohořivacího kotle [5].

Odhořívací kotle

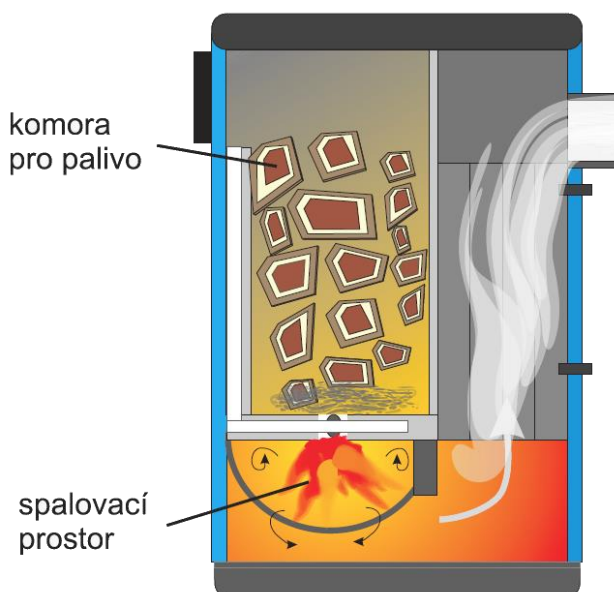
Palivo se přikládá do palivové násypky, která je umístěna nad ohništěm a postupem času se dopravuje směrem dolů k ohništi. Palivo hoří ve spodní části na roštích, ale spaliny neprocházejí celou vrstvou přiloženého paliva. Odhořívací kotle představují kompromis mezi cenou a kvalitou. Oproti prohořívacím kotlům disponují vyšší kvalitou spalování, ale nedosahují kvalit kotlů automatických a zplyňovacích. Na rozdíl od prohořívacích kotlů splňují některé odhořívací kotle požadavky zákona o ochraně ovzduší a mohou se prodávat i v ČR. [5]



Obrázek 2.3 Prohořívací (vlevo) a odhořívací (vpravo) kotel [5]

Zplyňovací kotle

Ve zplyňovacích kotlích probíhá proces, při němž je převedeno tuhé palivo na plyn. Spalovat plynné palivo je totiž podstatně jednodušší než spalovat tuhé. Palivo se přikládá do komory pro palivo, která je umístěna nad spalovací tryskou a spalovací komorou, v níž je plyn spálen. Jejich cena je vyšší než u kotlů prohořívacích a odhořívacích, ale dosahují vyšší účinnosti. [5, 6]



Obrázek 2.4 Zplyňovací způsob spalování [5]

Automatické kotle

Automatické kotle umožní uživateli větší komfort, ušetří mu mnoho času i námahy. Nemusí chodit několikrát denně přikládat a obsluhovat kotel. Automatické kotle totiž palivo samy zapálí, dodají ho do kotle a popel poté dopraví mimo spalovací prostor. Převahu ze zásobníku do hořáku umožňuje šnekový dopravník nebo otočný rošt. Řídící jednotka zajišťuje, aby v kotli hořelo jen tak malé množství paliva potřebné pro požadovaný výkon. Spalují palivo do velikosti 3 cm (uhlí, dřevěné pelety nebo případně ostatní rostlinou biomasu). Tyto kotle jsou 2× až 3× dražší než kotle s ručním přikládáním. Jejich účinnost ovšem přesahuje 80 %, uspoří se tak hodně paliva. [5,6,7]



Obrázek 2.5 Automatický kotel na tuhá paliva BENEKOV C 26 P [8]

2.4 Výhody a nevýhody vytápění tuhými palivy

Největší výhodou tuhých paliv je jejich ekonomická dostupnost. Počáteční investice do kotle i roční náklady na vytápění jsou nízké. V některých kotlech na tuhá paliva se může spalovat i více druhů paliv.

Problémem je, že ne všechny jsou šetrné k životnímu prostředí. Zejména prohořívací kotle mají nízkou účinnost, vytváří zplodiny a většina z nich nesplňuje limity zákona o ochraně ovzduší. Do roku 2022 budou muset být tyto kotle vyměněny za ekologičtější. Ideálně za kotle zplyňovací nebo automatické. Právě automatický kotel lze považovat za nejvíce inovativní a optimalizované řešení. Uživatel navíc získá větší komfort, nemusí totiž chodit několikrát denně přikládat. Nevýhodou však je vyšší pořizovací cena, větší rozměry kotle a potřebná skladovací místnost. Ta je ovšem nezbytná pro většinu tuhých paliv.

3 Vytápění plynem

Druh vytápění, při kterém teplo získáváme spalováním plynu v plynovém kotli. Jedná se o velice komfortní a ekologický způsob vytápění. Při spalování nevznikají prachové částice a saze. Emise CO a oxidů dusíku nejsou ani zdaleka tak vysoké jako u tuhých paliv. V rámci fosilních paliv se jedná o nejelekologičtější možnost. V roce 2011 využívalo v ČR plyn k vytápění zhruba 1,5 milionu domácností, což je zhruba třetina z celkového počtu. [1]

3.1 Paliva

3.1.1 Zemní plyn

Vysoce výhřevný přírodní plyn, který je složený z plynných uhlovodíků a nehořlavých látek. Až 98 % zemního plynu tvoří methan. Při spalování zemního plynu vzniká méně emisí než u ostatních fosilních paliv (viz tabulka 3.1). Předtím, než se plyn dostane k uživateli, musí se upravit (sušit, zbavovat mechanických nečistot a nežádoucích příměsí apod.). Těží se z mnohasetmetrových hloubek mořského dna nebo země. Zemní plyn se distribuuje pomocí plynovodů až k uživateli domů, kterému tak stačí pouze otočit kohoutek. [18]

Tabulka 3.1 Porovnání emisí fosilních paliv [19]

Emise	Hnědé uhlí	Koks	Topný olej	Zemní plyn
Popílek (mg/MJ)	608,4	309,2	50,4	0,6
SO ₂ (mg/MJ)	1129,4	389,9	426,7	0,3
CO (mg/MJ)	3146,9	1717,6	13,9	9,4
uhlovodíky (mg/MJ)	699,3	381,7	9,7	3,8
NO _x (mg/MJ)	209,8	57,3	236,4	47,2
CO ₂ (g/MJ)	111	92	75	56

3.1.2 LPG

LPG neboli zkapalněný ropný plyn je znám také pod názvem propan butan. Pokud dům nemá možnost připojení zemního plynu, může se uživatel rozhodnout pro vytápění pomocí LPG. Jedná se o uhlovodíkový plyn, jehož chemické složení je podobné jako u zemního plynu. Tvoří ho propan, butan nebo kombinace obojího. Zkapalněný plyn je udržován pod stálou teplotou a nízkým tlakem. Ukládá se v nadzemních a podzemních nádržích poblíž domu. Oproti zemnímu plynu má zhruba trojnásobnou výhřevnost. [20]

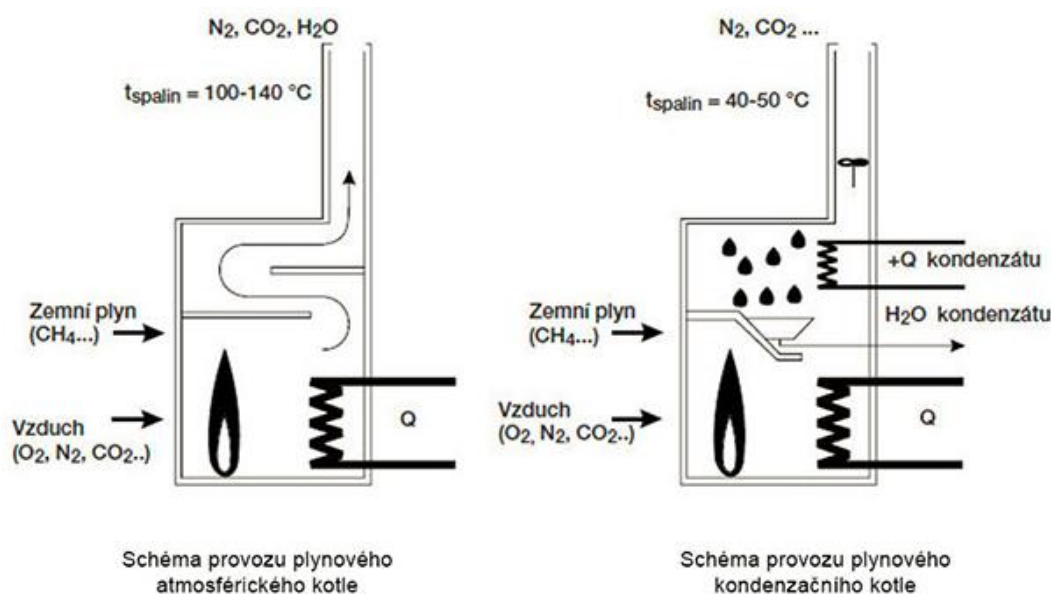
3.1.3 Bioplyn

Z biomasy se anaerobní fermentací, tedy kvašením bez přístupu vzduchu, rozkládá látka na methan (50–75 %), CO₂ (25–45 %), vodu a další látky. Bioplyn se vyrábí z několika typů biomasy v bioplynových stanicích. V zemědělství se vyrábí bioplyn ze statkářských hnojiv a energetických rostlin (kukuřice), v ostatních odvětvích například z kalů z čističek nebo komunálního bioodpadu. Vytápění bioplynem je vhodné jen v případě, že poblíž domu se nachází bioplynová stanice. [21,22]

3.2 Kotle na plyn

Při zvyšujících se cenách zemního plynu a vyšších nárocích na ochranu životního prostředí se plynové kotle vyvíjejí tak, aby měly co nejvyšší účinnost, produkovaly co nejméně emisí a zároveň byly cenově dostupné pro uživatele. Jejich výhodou je možnost regulace kotle, která je možná na základě vnitřní teploty pomocí prostorového termostatu, na základě venkovní teploty pomocí vestavěné ekvitermní regulace anebo jako kombinace obou.

Kotle můžeme rozdělit podle způsobu umístění na kotle stacionární (umístěné na podlaze) a závěsné (umístěné na zdi). Dále podle způsobu provozu na kotle klasické, nízkoteplotní a kondenzační. Kondenzační kotle využívají kondenzaci odchozích spalin. Teplota vstupní vody je 35–40 °C a účinnost kondenzačního kotle je až 109 %². Klasické kotle jsou určeny pro provoz se suchými spaliny, minimální teplota vstupní vody je 60 °C. Účinnost klasického kotle dosahuje maximálně 88 %. Klasické kotle nevyhovují požadavkům Ekodesignu a od roku 2015 je možný pouze doprodej zásob. Nízkoteplotní kotel pracuje na stejném principu jako kotel klasický, liší se pouze proměnnou teplotou vstupní vody, která bývá u nízkoteplotních kotlů mezi 35–40 °C. Jeho účinnost dosahuje až 93 %. [19,23]

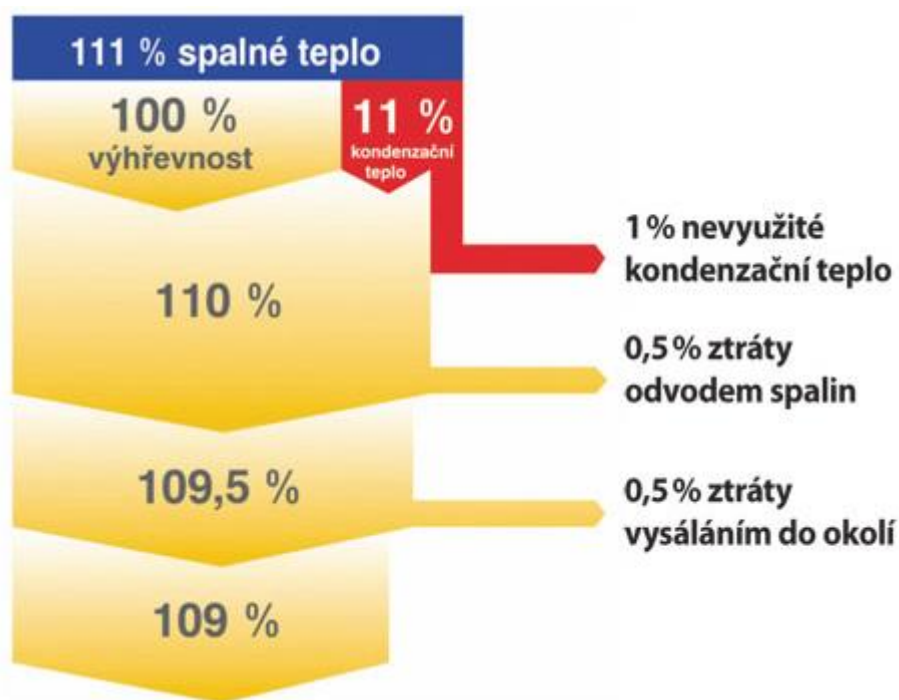


Obrázek 3.1 Klasický a kondenzační kotel [17]

² Výpočet účinnosti na základě výhřevnosti

3.2.1 Kondenzační kotle

Při spalování zemního plynu vznikají spaliny, ve kterých je v určitém množství obsažena také vodní pára. V té je ukryta tepelná energie, tzv. latentní teplo. Při ochlazení spalin na teplotu kondenzace voda změni skupenství na kapalně (zkondezuje) a uvolní se latentní teplo. Kondenzační kotel odebírá toto teplo pomocí výměníku a následně ho využívá pro ohřev topné vody nebo pro přípravu teplé užitkové vody. Oproti klasickému plynové kotli má kondenzační kotel vyšší účinnost a nižší spotřebu paliva. Tím klesnou roční náklady na vytápění a provoz je ekologičtější. Počáteční investice do kondenzačního kotle je ale vyšší. [23]



Obrázek 3.2 Výpočet účinnosti kondenzačního kotle [23]

3.3 Výhody a nevýhody vytápění plynem

Vytápění topnými plyny patří mezi ekologické způsoby vytápění. Oproti ostatním fosilním palivům vzniká při spalování mnohem méně emisí. Kondenzační kotle mají vysokou účinnost. Plynový kotel nezabere mnoho místa, přičemž při použití zemního plynu nepotřebujeme ani nádrž na uskladnění plynu. Díky vhodné regulaci se udržuje stálá teplota v obytném prostoru a zbytečně se prostory nepřetápí (úspora paliva).

Přestože technologie kotlů na plyn umožní ušetřit mnoho paliva, roční náklady na vytápění jsou kvůli stále se zvyšujícím cenám plynu vysoké.

4 Vytápění topnými oleji

Zdrojem tepla pro vytápění je v tomto případě topný olej, který se spaluje ve speciálních kotlech určených právě na toto palivo. Vytápění topným olejem se velmi podobá plynovému vytápění, zejména díky stejné technologii kotlů a jejich účinnostem, použité regulaci a podobnému chemickému složení paliva. Oproti vytápění zemním plynem je nezbytnou součástí kotlů na topné oleje plastová nádrž na palivo, ze které si kotel čerpá palivo. Obvykle nádrž bývá dostatečně velká na to, aby palivo vydrželo na celou topnou sezonu. Uživatel využije tento druh vytápění především tehdy, když nemá k dispozici připojení zemního plynu.

Přestože v Evropě, zejména západní, se vytápění topnými hojně využívá, v ČR o ně není zájem. Lze to přisuzovat zejména vysokým cenám topného oleje nebo možná politické kauze z 90. let minulého století, kdy lidé mohli ztratit důvěru v tento druh vytápění. [21, 24]

4.1 Paliva

Topné oleje, chemickým složením směsi uhlovodíků, se vyrábí rafinací nebo destilací ropy. Jejich velikou výhodou je, že nejsou výbušné, proto mohou být skladovány v plastových nádržích uvnitř domu. Rozdělit je lze na topné oleje extralehké (TOEL), lehké a těžké, přičemž pro vytápění rodinných domů se používají výhradně oleje extralehké.



Obrázek 4.1 Cisterna pro dovoz topného oleje do domu [24]

4.1.1 Topné oleje extralehké

Extralehký topný olej, též známý jako topná nafta, je středněvroucí směs uhlovodíků (150–370 °C) která má vyšší výhřevnost než uhlí, biomasa či zemní plyn. TOEL lze poznat na první pohled, musí mít totiž ze zákona červenou barvu. Díky svému nízkému obsahu síry je TOEL vhodný i do ekologicky zatížených či chráněných krajinných oblastí. [25]

4.3 Kotle na topné oleje

Obdobně jako u plynových kotlů se výrobci snaží vyrobit kotle co nejvíce ekonomicky úsporné, ekologické a automatizované. Kotle na topný olej lze rozdělit na kondenzační a nízkoteplotní, oba typy se vyrábí ve stacionárním či závěsném provedení. Jelikož kondenzační kotle využívají teplo obsažené ve spalinách, dosahují tak vyšší účinnosti (až 98 %) než kotle nízkoteplotní (88 %), a díky tomu uživatel každoročně ušetří mnoho paliva. Dalším krokem, jak snížit roční spotřebu paliva, je využití ekvitermní regulace, která je součástí většiny kotlů. Na trhu se lze setkat i s kotly, které mohou spalovat jak topné oleje, tak zemní plyn. Ty lze využít v situaci, kdy se výrazně zvýší cena jednoho druhu paliva. [25]



Obrázek 4.2 Kotel na topný olej s nádrží [24]

4.4 Výhody a nevýhody vytápění topnými oleji

Mezi výhody vytápěním topnými oleji patří bezobslužnost zařízení, nezávislost na každodenních dodávkách paliva, možnost kombinace s ostatními druhy vytápění a bezpečnost paliva, které není výbušné.

Jako nevýhodu lze uvést nutnost uložit objemnou nádrž na topný olej do domu, dále vyšší emisivitu některých prvků oproti vytápění zemním plynem (viz tabulka 3.1). Největší nevýhodou ovšem zůstává vysoká cena topného plynu.

5 Vytápění elektřinou

Elektřina je energie, bez které si lidé život už nemohou představit. Setkáváme se s ní každý den téměř všude a lze ji využít i k vytápění rodinného domu. Při vytápění elektřinou se nespaluje žádné palivo, přímo tak nevznikají žádné emise. Dalo by se proto říci, že je vytápění elektřinou nejvíce ekologickým typem získávání tepla. Je ale důležité zdůraznit, jak se elektrická energie vyrábí. Přestože se v ČR podíl vyrobené elektřiny uhelnými elektrárnami snižuje, mají na vyrobené energii podíl skoro 50 %, což rozhodně nepřispívá ke zlepšení životního prostředí. Oproti tomu například v Norsku mají skoro veškerou elektrickou energii vyrobenou z obnovitelných zdrojů, a proto i vytápění elektřinou zde lze považovat za velmi ekologické. V rámci optimalizace vytápění se využívá regulace, která výrazně zvyšuje komfort uživatele. Z ekonomického hlediska je investice do otopné soustavy nejnižší ze všech zmíněných druhů vytápění, avšak roční náklady vysoké. Ty lze do jisté míry snížit použitím dvoutarifní sazby cen elektřiny³. Vytápění elektřinou se vyplatí zejména v nízkoenergetických nebo pasivních domech, protože zde není potřeba tak výkonný zdroj tepla. Výhodné je také spojit toto vytápění s jiným druhem vytápění, například častá je kombinace s krbovými kamny nebo tepelným čerpadlem. [27]

Díky nízkým počátečním nákladům a komfortu, který uživatel dostává, je toto vytápění v ČR oblíbené a poměrně obvyklé. V roce 2011 zde vytápělo dům elektřinou přes 280 tisíc domácností. [1]

5.1 Rozdělení elektrického vytápění

Elektrické vytápění lze rozdělit podle zdroje tepla na elektrické přímotopné zdroje, elektrické akumulární zdroje a tepelná čerpadla (objasněna v kapitole 6). Dále lze rozdělit elektrické vytápění podle způsobu přenosu tepla, kdy šířením tepelné energie může probíhat prouděním (konvekci), sáláním (radiací) nebo vedením (kondukcí). Pro vytápění se využívá pouze proudění a sálání. Tepelné výměníky neboli koncové prvky soustavy, které slouží k přenosu tepla vytápěnému prostoru, mohou být umístěny na stropě, stěně nebo podlaze. [28]



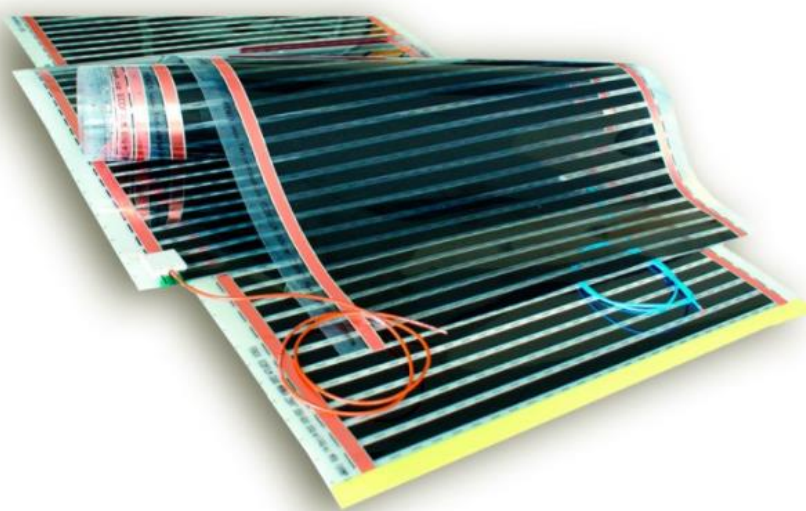
Obrázek 5.1 Použití stropní topné fólie [29]

³ Dvoutarifní sazba cen elektřiny znamená, že je uživateli domu poskytnuta nižší cena elektřiny v určitých hodinách dne a to včetně na ostatní elektrické spotřebiče.

5.1.1 Rozdělení podle zdroje tepla

Přímotopné zdroje

Systém topení, u něhož se elektřina přeměňuje pomocí topných prvků nebo topných desek na energii tepelnou, která se předává vzduchu uvnitř přímotopu. Přímotopy lze umístit ve vytápěné místnosti nebo mimo ni v rámci otopné soustavy. Přímoto v místnosti využíváme sálavé panely, infrazářiče, přímotopné konvektory a radiátory a topné podlahové fólie. V rámci otopné soustavy lze použít elektrokotel s ohřevem topné vody nebo přímotopný ohřívač vzduchu. Nákup přímotopů je cenově nejvýhodnější varianta. Snad pouze elektrokotel stojí výrazně více peněz než ostatní zdroje, ale spotřebuje přitom podobné množství elektřiny jako ostatní typy přímotopů, a proto se v dnešní době už tolik nevyplatí. [28]



Obrázek 5.2 Topná podlahová fólie [29]

Akumulační zdroje

Akumulační zdroje jsou založeny na principu ukládání energie, která je vyrobena v době nízkého tarifu a následně uložena do akumulátoru. V době špičky, když energii potřebujeme, se uvolní ve formě tepla a ohřeje tak vzduch. Obdobně jako u přímotopných zdrojů mohou být akumulace umístěny buď přímo v místnosti, nebo mimo ni v rámci otopné soustavy. Zdroje v místnosti mohou být například akumulace kamna, topné podlahové kabely nebo podmítkové topné fólie. V rámci otopné soustavy lze využít akumulace teplovodní zásobník. Oproti přímotopům musí uživatel investovat do akumulace zdrojů více, ale díky použité technologii a dvoutarifní sazbě cen elektřiny jsou náklady na vytápění nižší, přičemž se díky nízkému tarifu částečně sníží náklady na elektřinu za další spotřebiče. [28]

Akumulační elektrický přímotop

Speciálním typem jsou akumulací elektrické přímotopy, které využívají přímotopného sálavého panelu a akumulací části. Spojením přímotopného a akumulacího zdroje se zvyšuje účinnost celého otopného systému. [30]



Obrázek 5.3 Akumulační elektrický přímotop [30]

5.2 Výhody a nevýhody vytápění elektřinou

Mezi výhody vytápění elektřinou patří velmi nízká investice do otopného systému, u přímotopů je zcela nejnížší. Dále lze toto vytápění považovat za velice komfortní a ekologické v případě, že elektřina je vyrobena nízkouhlíkových zdrojů.

Nevýhodou je vysoká cena elektřiny, proto se elektrické zdroje vyplatí používat pouze do nízkoenergetických a pasivních domů.

6 Vytápění tepelným čerpadlem

Tepelné čerpadlo je stroj, který odebírá teplo ze zdroje v okolním prostředí (země, vzduch a voda) a využívá ho k vytápění domu. Jedná se o moderní technologii, která v poslední době nahrazuje ostatní typy vytápění. Provoz tepelného čerpadla běží bez jakéhokoliv zásahu uživatele, stálou teplotu v místnosti zajišťuje ekvitermní regulace (závislost na venkovní teplotě). Přitom se spotřebovává pouze elektrická energie, a proto přímo nevznikají žádné emise. Navíc tepelné čerpadlo spotřebuje k vytápění méně primární energie než vytápění přímé. Jeho účinnost je dána topným faktorem.⁴ I proto jsou roční náklady na vytápění srovnatelné s vytápěním biomasou a mnohem nižší než vytápění plynem, topnými oleji nebo elektřinou. Ještě lepších výsledků dosáhneme, když místo radiátorů použijeme podlahové vytápění. Investice do tepelného čerpadla je oproti ostatním druhům vytápění vysoká, u některých systémů 4-5x přesáhne i 200 000 Kč. V některých případech je ovšem návratnost několik let od uvedení do provozu, přičemž stát za určitých podmínek nabízí dotace na polovinu investičních nákladů [21].



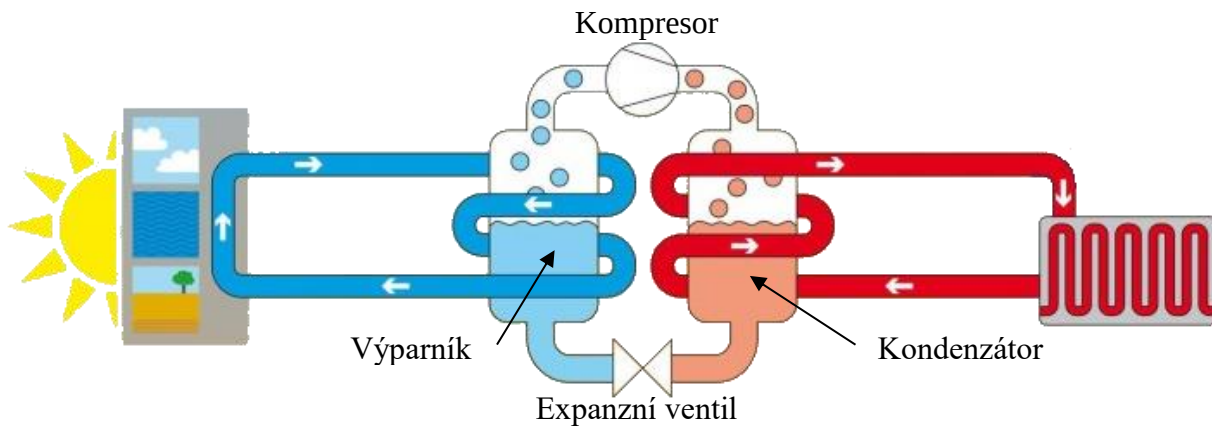
Obrázek 6.1 Tepelné čerpadlo vzduch/voda IVT [28]

První velký boom tepelných čerpadel přišel v 80. letech minulého století po první ropné krizi. Byly ovšem poruchové, neekologické a po návratu cen ropy i ekonomicky nevýhodné. Další nárůst tepelných čerpadel nastal na přelomu tisíciletí a stoupající tendence počtu tepelných čerpadel trvá dodnes [21].

6.1 Princip TČ

Tepelné čerpadlo získává nízkopotenciální teplo z okolního prostředí, a to nejčastěji ze vzduchu, země nebo vody. Ve výparníku TČ toto teplo ohřívá chladivo, které koluje v oběhu TČ. Jelikož má chladivo nízkou teplotu varu, tak se tímto ohřevem vypaří. Následně tento plyn doputuje do kompresu, kde je stlačen, a proto také ohřát. Zahřáté chladivo od kompresu dále putuje do kondenzátoru, kde předá teplo topné vodě pro vytápění. Chladivo změní svoje skupenství zpátky na kapalné a putuje přes expanzní ventil, kde se ochladí, zpět do výparníku a celý proces se opakuje [21,31].

⁴ Topný faktor udává poměr vyprodukovaného tepla a spotřebované energie, zpravidla je jeho hodnota vyšší jak jedna, často je uváděn zkratkou COP (Coefficient of Performance)



Obrázek 6.2 Princip tepelného čerpadla [32]

6.2 Typy TČ

6.2.1 TČ podle tepelného zdroje

V závislosti na zdrojích tepla lze tepelná čerpadla základně rozdělit na systémy vzduch/voda, vzduch/vzduch, země/voda a voda/voda. Před lomítkem se uvádí teplotonosné médium a za lomítkem odváděné tepelné médium.

Tepelné čerpadlo vzduch/voda

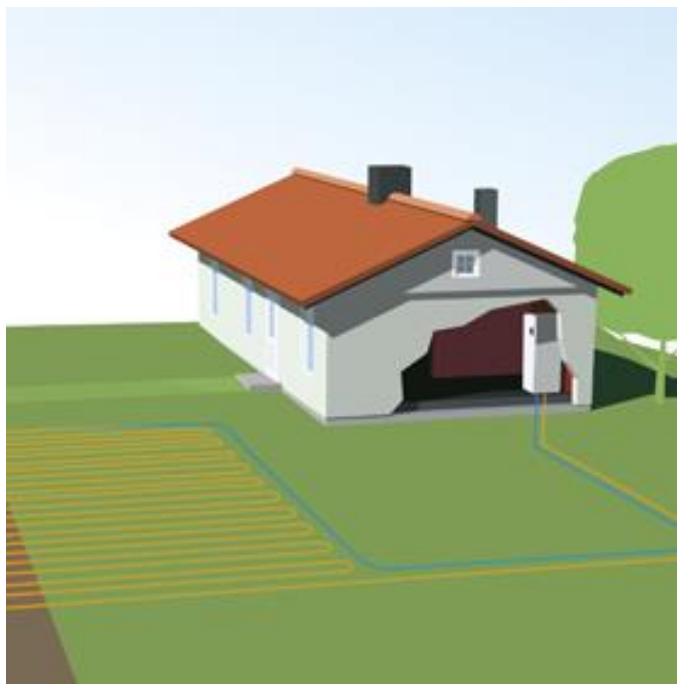
Odebírá teplo z venkovního vzduchu a využívá jej pro ohřev vody v topném systému. Jeho výhodou jsou nižší počáteční náklady a nenáročnost na velikost pozemku. Nevýhodou je naopak vyšší roční spotřeba elektřiny a hlučnost TČ [31,32].



Obrázek 6.3 Tepelné čerpadlo vzduch/voda [31]

Tepelné čerpadlo země/voda

Odebírá teplo ze země pod povrchem zahrady. Zde jsou umístěny trubice s nemrznoucí kapalinou, která přenáší teplo mezi zemí a TČ. Výhodou jsou nižší roční náklady a nízká počáteční investice. Pozemek ale musí být dostatečně velký, přibližně 200–400 m² [31,32].



Obrázek 6.4 Tepelné čerpadlo země/voda [31]

Tepelné čerpadlo vzduch/ vzduch

Odebírá teplo z venkovního vzduchu a ohřívá vzduch v budově. Disponuje nejnižší pořizovací cenou, jednoduchou instalací a v létě možností chlazení. Nelze s ním ale ohřívat vodu a provoz na plný výkon je hlučný [31].

Tepelné čerpadlo voda/ voda

Odebírá teplo, v tomto případě zdroj z povrchové, podzemní nebo spodní vody, která je čerpána do výměníku TČ a poté vrácena zpět do zdroje. Typ tepelného čerpadla voda/voda je ze všech typů nejúčinnější, a proto i roční náklady na vytápění jsou nejnižší. Tuto technologii lze využívat pouze, pokud má daná lokalita k dispozici zdroj vody [31,32].

6.2.2 TČ dle druhu hnací energie

Kompresová TČ

Princip spočívá v tom, že kompresor, který je poháněn nejčastěji elektromotorem nebo zřídka plynovým spalovacím motorem, již odpařené chladivo zkomprimuje, přičemž se také ohřeje [21].

Absorpční TČ

Kompresor používaný u výše zmíněného typu TČ je u absorpčního typu nahrazen termokompresorem. Ten má za úkol stlačit, a tím i zahřát chladivo chemicko-technologickým postupem – sorpcí. Toho lze dosáhnout například rozpuštěním amoniaku ve vodě [21].

6.3 Výhody a nevýhody TČ

Mezi výhody tepelného čerpadla patří nízká roční spotřeba elektrické energie, bezobslužnost zařízení a ekologický provoz.

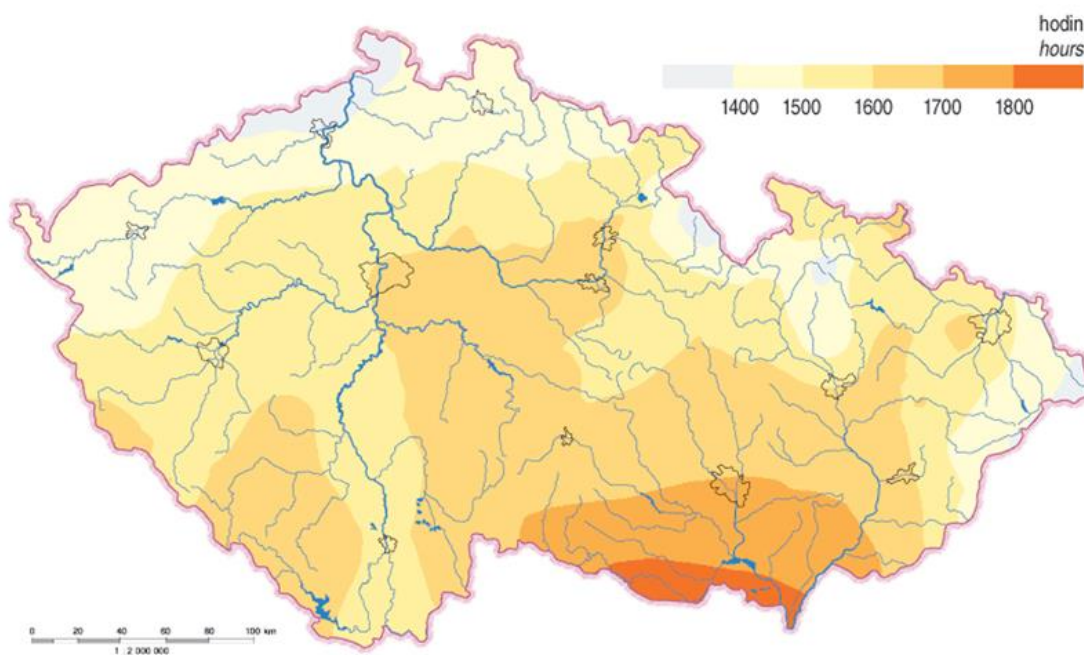
Největší nevýhodou je vyšší pořizovací cena, která často přesáhne částku 200 000 Kč. Některá TČ mohou být hlučná nebo požadují velké nároky na pozemek, podzemní vodu atd.

7 Vytápění pomocí slunečního záření

Slunce, přírodní zdroj tepla a světla, lze využít i pro vytápění domu, a to za pomoci solárního kolektoru⁵. Ten zachycuje sluneční paprsky a transformuje je na teplo, které následně využíváme. Solární systémy patří jako jediné z uvedených typů vytápění mezi obnovitelné zdroje energie. Tedy ne zcela úplně, asi 3–5 % tepelného zisku spotřebují pomocné systémy jako třeba čerpadlo nebo regulace. Ovšem i tak lze toto vytápění považovat jako šetrné k životnímu prostředí.

Uživatel musí zvážit, zda má toto vytápění smysl. Učiní tak pravděpodobně na základě doby slunečního svitu za rok, nadmořské výšky, čistoty ovzduší atd. Z obrázku 7.1 je zřejmé, že Slunce svítí nejdéle na jihu Moravy, proto se solární vytápění v rámci naší republiky vyplatí nejvíce právě zde.

Když teploty venku klesnou pod bod mrazu a slunce nesvítí, přichází největší problém. Solární kolektory neohřejí potřebné množství tepelného média, respektive ohřejí ale jenom za předpokladu, že je celá soustava velmi předimenzovaná a tím pádem i ekonomicky nevýhodná. Jako jediný zdroj energie solární kolektor nemůže fungovat a spíše se používá jako doplněk k jinému druhu vytápění. Jako příklad lze uvést, že solární kolektory samostatně vytápí dům na začátku podzimu a jara. Přes zimu ovšem nezvládají vytápět celý dům a pouze tak podporují alternativní zdroj. Naopak přes léto se stává, že systém nepracuje, protože zásobník je plný. Tím se celé zařízení zahřívá, nefunguje ideálně, přičemž může dojít i k poruše [33].



Obrázek 7.1 Mapa trvání slunečního svitu [30]

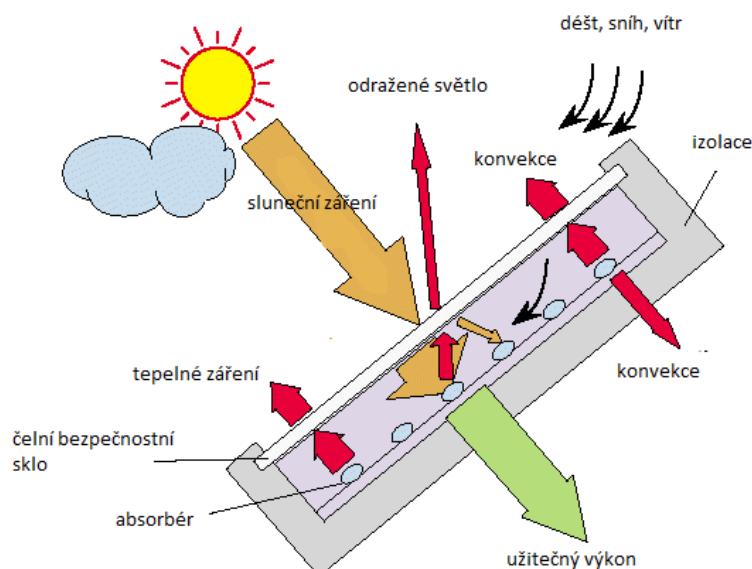
7.1 Solární kolektory

Solární kolektor je systém sloužící primárně k přípravě teplé vody, využívá se ale také k vytápění domu. Důležitá informace o solárním kolektoru je jeho účinnost. Ta vyjadřuje poměr mezi tepelným výkonem odváděným médiem ku slunečnímu záření dopadajícího na kolektor. Výrobci se proto snaží vyrobit takové zařízení, aby bylo co nejúčinnější, ale zároveň i levné a navržené tak, aby zabralo co nejméně místa [31].

⁵ Přímou přeměnu solárního záření na teplo pro vytápění umožňují pouze solární kolektory, fotovoltaické panely slouží pouze k výrobě elektrické energie, kterou mohou použít na vytápění.

7.1.1 Popis systému

Vše důležité probíhá v solárním absorberu. Ten pohlcuje sluneční záření a přeměňuje jej na teplo. Aby se minimalizovaly ztráty, je absorber izolovaný a navržený tak, aby neodrážel příliš mnoho slunečního záření. Pak předává absorber získané teplo teplonosnému médium, které reprezentuje nejčastěji voda nebo také vzduch či olej. Médium doputuje pomocí čerpadla do akumulčního zásobníku. Ten slouží k tomu, abychom mohli používat získané teplo i tehdy, když Slunce nesvítí, tedy ani solární kolektor nepracuje [21].



Obrázek 7.2 Procesy u solárního absorberu [21]

7.1.2 Rozdělení solárních kolektorů

Ploché kolektory

Systém, který pracuje na principu skleníkového efektu. Prostřednictvím skleněné desky na povrchu se co nejvíce snižují tepelné ztráty. Pod skleněnou deskou je druhá deska s povlakem⁶, který má za úkol pohlcovat záření. Celý absorber je složen z měděných trubek a je z dolní strany dobře izolovaný. Ploché kolektory mají oproti vakuovým kolektorům větší ztráty, které ale kompenzují cenou kolektoru [21,34].

Vzduchové kolektory

Pro vytápění místnosti se využívá ohřátého vzduchu, nikoliv jako obvykle vody. Kvůli tomu, že vzduch hůře přijímá teplo než voda, jsou použity mnohem větší průřezy absorberu. Jinak se vzduchový kolektor neliší výrazně od plochého [21].

⁶ Povlak je nanosená vrchní vrstva barvy na kov absorberu, která má většinou černou barvu, protože nejlépe pohlcuje záření

Vakuové trubicové kolektory

Protože vzduch u plochých kolektorů způsobuje svým pohybem část ztrát, přišli výrobci s novým alternativním řešením – trubicovým vakuovým kolektorem. Ten využívá vakuum v dokonale uzavřených skleněných trubicích, aby předešel právě těmto ztrátám. V trubicích jsou uzavřené ploché absorberové pásy, přičemž se uprostřed každého z nich nachází tepelná trubice, tzv. heat pipe. V těchto trubicích je uložen metanol, který se používá jako teplotnosné médium. Při dopadu slunečních paprsků se metanol zahřeje, následně odpaří a stoupá vzhůru. Pára doputuje do kondenzátoru, kde opět změni svoje skupenství, a tím pomocí výměníku dodá teplo proudící vodě. Zkapalněné médium se vrací zpět a celý proces se opakuje. Výhodou vakuových trubicových kolektorů je vyšší energetický výnos, a to zejména v chladnějších obdobích. Oproti plochým kolektorům je zapotřebí menší plocha. Uživatel ale musí do těchto kolektorů investovat více peněz [21,34].

7.2 Výhody a nevýhody vytápění slunečním zářením

O výhodách vytápění pomocí slunečního záření nemusíme dlouho přemýšlet. Teplo nám totiž dodává sluneční záření, za které nic neplatíme. Zároveň můžeme označit toto vytápění za velice ekologické, oproti ostatním typům se nespáluje žádné palivo. Nevznikají tak proto ani žádné emise.

Značnou nevýhodou je, že v našich podmínkách není možno vytápět dům jen pomocí solárního kolektoru. Zejména v zimě tak pouze doplňuje alternativní zdroj tepla.

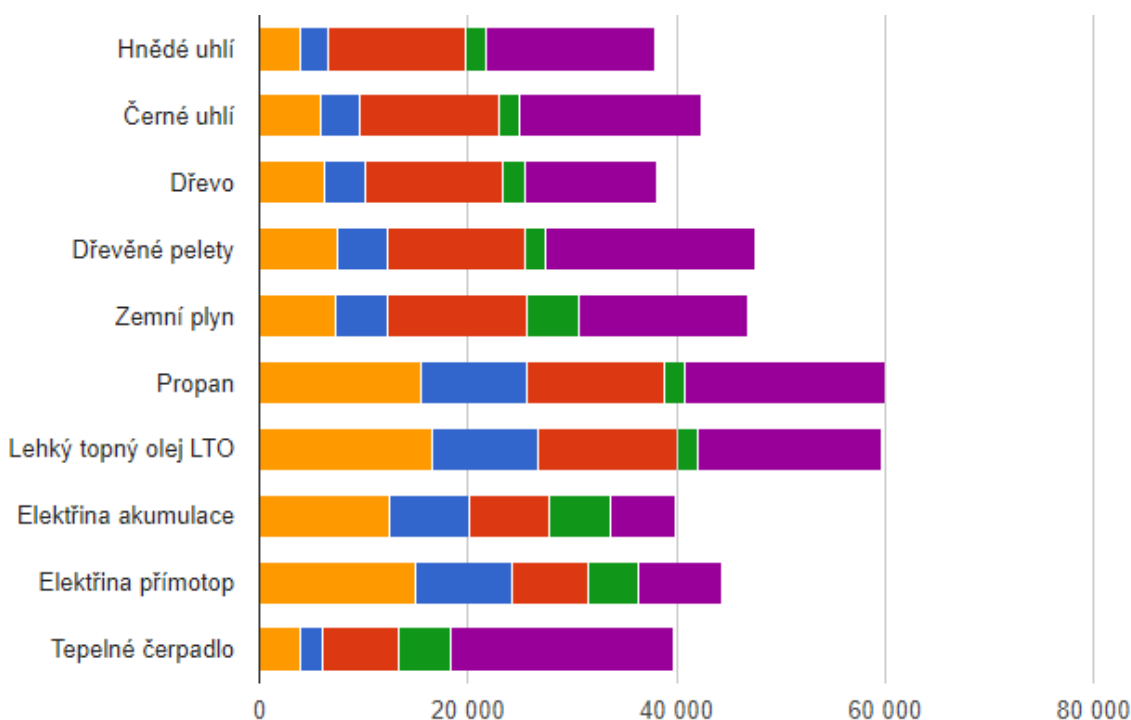
8 Porovnání jednotlivých druhů vytápění

Při volbě vytápění do rodinného domu má uživatel možnost si vybrat z mnoha variant, kde každá z nich má svoje výhody a nevýhody. Může se tak rozhodovat podle toho, kolik vytápění stojí, kolik vytváří emisí nebo podle toho, jak je vytápění komfortní.

8.1 Porovnání z ekonomického hlediska

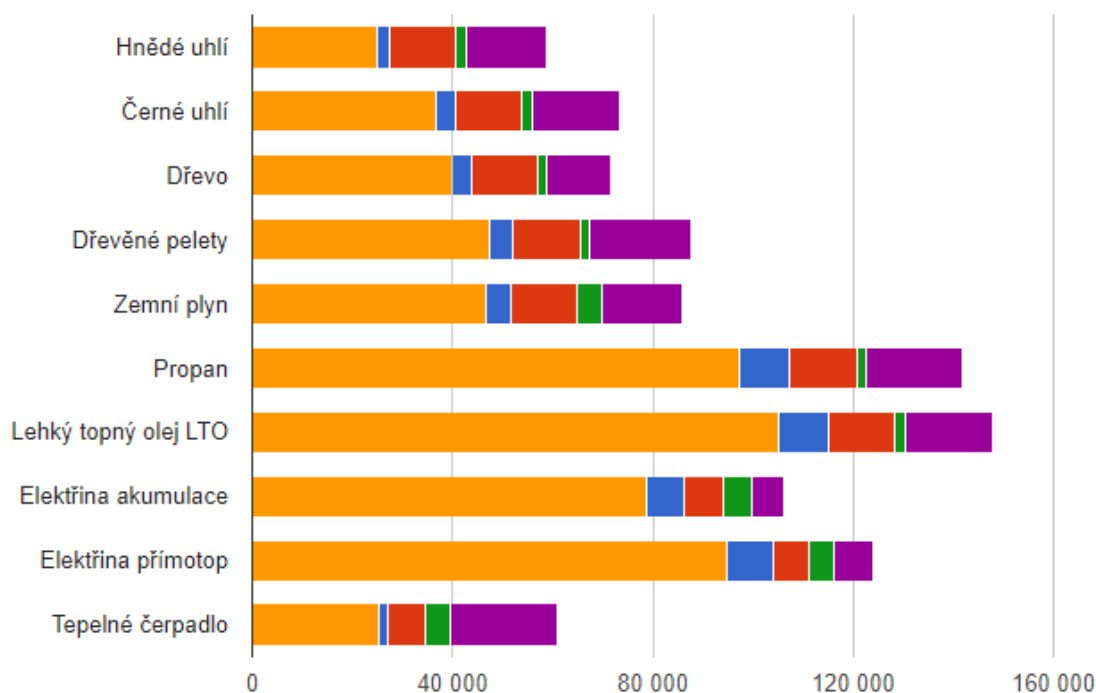
První věc, kterou uživatel domu při výběru vytápění řeší, je určitě jeho ekonomická stránka. Ekonomika vytápění je závislá na mnoha faktorech, kterými jsou cena zdroje tepla a jeho účinnosti, cena a výhřevnost paliva a parametry domu, ve kterém se bude topit. Možných situací je tedy mnoho, a proto nelze jednoznačně určit ani ekonomicky nejvýhodnější vytápění.

Uvést rozdíly lze na příkladu dvou domů. První je nízkoenergetický zateplený dům s nízkými ztrátami 5kW, druhý nezateplený dům s vysokými ztrátami 30kW. Přičemž oba domy se nachází v okolí Brna a mají stejný objem 405 m³. Výpočet byl proveden na stránce Tzb-info, uvedené tabulky ukazují roční náklady na vytápění (žlutá barva), na ohřev vody (modrá barva), ostatní elektrická spotřeba (červeně), paušální platby (zeleně) a roční náklady na údržbu a investici⁷ (fialově) [35].



Obrázek 8.1 Porovnání nákladů na vytápění (dům 1) [35]

⁷ Roční náklady na investici se určí tak, že se podělí celková investice do systému předpokládanou životností



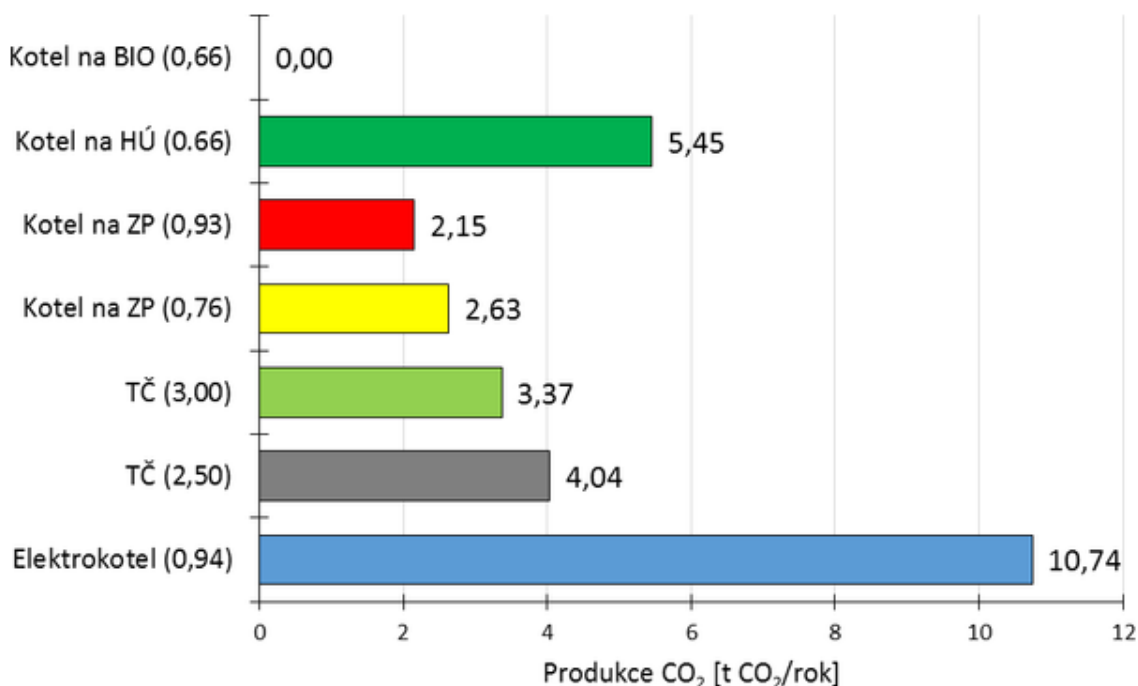
Obrázek 8.2 Porovnání nákladů na vytápění (dům 2) [35]

Z obrázků 8.1 a 8.2 je patrné, že v obou případech jsou roční náklady na vytápění a ohřev vody nejvýhodnější u vytápění uhlím, dřevem nebo tepelným čerpadlem. Naopak nejvíce ročně zaplatíme za vytápění topným olejem, propanem a elektřinou. Dále je možné vidět, že elektrické vytápění se při součtu všech nákladů vyplatí pouze jen v nízkoenergetických či pasivních domech. Naopak ve starých nezateplených domech s velkými ztrátami objektu, ztrácí toto vytápění ekonomicky smysl. Významný faktor při vybírání je i investice do nového zdroje. Zdaleka nejvíce musí uživatel zaplatit za tepelné čerpadlo, které mnohokrát přesáhne částku 200 000 Kč. Naopak elektrické vytápění, zejména některý typy přímotopných zdrojů, se dají pořídit i několikrát levněji než ostatní zdroje vytápění.

8.2 Porovnání z ekologického hlediska

V době, kdy se stále častěji mluví o znečištěném ovzduší a globálním oteplení, lze říci, že svůj podíl na současném stavu má i vytápění rodinných domů.

Nejčastěji skloňovaným plynem v souvislosti s globálním oteplováním je CO_2 . V tabulce 8.2 je znázorněno, kolik emisí CO_2 ročně vyprodukují jednotlivé druhy vytápění. Výpočet je stanoven pro rodinný dům s potřebou tepla 10 MWh/rok pomocí emisních faktorů CO_2 podle vyhlášky 480/2012 Sb. Hodnoty v závorce uvádí účinnosti jednotlivých zdrojů tepla. Je zřejmé, že nejvíce znečišťuje ovzduší oxidem uhličitým elektrické vytápění a vytápění hnědým uhlím. Vytápění elektřinou sice nevytváří žádné emise přímo, ale vytváří je při výrobě elektrické energie. Uhlé elektrárny totiž mají poloviční podíl na výrobě elektřiny. Ale ne všude tomu tak je, v některých evropských státech jako například v Norsku, Francii, Černé Hoře nebo Portugalsku vyrábí elektřinu z tzv. nízkouhlíkatých zdrojů, a to z velké části ze zdrojů obnovitelných. A právě proto se v těchto zemích stává vytápění elektřinou jedním z nejekologičtějších. Biomasa má tzv. nulovou bilanci CO_2 . I vytápění tepelným čerpadlem a zemním plynem lze považovat za ekologické. Aby ale vše nebylo černobílé, tak tato tabulka nepočítá s dovozem a zpracováním paliv. To se projeví především na výsledcích tuhých paliv. Biomasa tedy nemá ve skutečnosti zmíněnou nulovou bilanci CO_2 [27,36].



Obrázek 8.3 Srovnání roční produkce emisí CO₂ při uvažování standartních emisních faktorů daných vyhláškou [36]

Při spalování paliv ovšem nevzniká pouze CO₂, ale i jiné látky, které znečišťují ovzduší. Jsou to hlavně plyny jako oxid uhelnatý (CO), oxidy síry, oxidy dusíku (NO_x), uhlovodíky nebo tuhé látky jako například popílek a prach. Za nejproblematictější lze označit emise prachu a polycyklických aromatických uhlovodíků. Nejvíce těchto látek se vytváří při spalování tuhých paliv, a to zejména fosilních. Spalováním hnědého uhlí vzniká nejvíce emisí a patří tak k největším znečišťovatelům planety. Ačkoliv biomasa má tzv. nulovou bilanci CO₂, vznikají při jejím spalování ostatní emise, zejména CO, NO_x a tuhé látky, vznikající v podobné míře jako při spalování uhlí [37].

Tabulka 8.1 Kolik prachu vyprodukuje jeden dům za rok při vytápění tuhými palivy [37]

Typ konstrukce zařízení	HU	ČU	BUK	SMRK	BIO
Automatický kotel na pelety	6	12			0,1 až 12
Prohořivací kotel	249	59	16		
Odhořivací kotel	32	52	15		
Zplyňovací kotel 1	2		9		
Zplyňovací kotel 2			2	10	
Krbová kamna			7		

Závěrem lze říci, že nelze jednoznačně určit nejkologičtější způsob vytápění. Ovšem jako šetrné způsoby vytápění lze uvést vytápění biomasou, zemním plynem a tepelným čerpadlem. Při výrobě elektřiny, jejíž podíl je z většiny zastoupen z obnovitelných zdrojů, lze zařadit tepelné čerpadlo jako nejvíce šetrné k životnímu prostředí, v ČR tomu tak ale bohužel není. Jako nejméně vhodné způsoby lze uvést vytápění hnědým uhlím nebo elektřinou, přičemž výhoda vytápění elektřinou je taková, že neprodukuje emise přímo v domě, přičemž opět záleží na tom, z jakých zdrojů je elektřina vyrobena. Emise je možno snížit například použitím účinnějšího zdroje vytápění nebo solárního kolektoru jako doplňujícím zdrojem energie, který je takřka

bezemisní. Důležité také je, aby se spalovaly paliva v kotli k tomu určenému. Například spalování biomasy v kotli na uhlí může být značně neekologické.

8.3 Porovnání z pohledu komfortu uživatele

Jedním z dalších důležitých faktorů při porovnání druhů vytápění je komfort uživatele. Pod tím si lze představit například to, jestli musí uživatel několikrát denně přikládat palivo, musí mít komín, sklad paliva nebo jestli při náhlé odstávce elektřiny nebo zemního plynu může neustále vytápět dům.

Tabulka 8.2 Porovnání z pohledu komfortu uživatele

Typ zařízení	Ruční přikládání	Komín	Sklad paliva
Kotel na tuhá paliva	ano	ano	ano
Automatický kotel na tuhá paliva	ne	ano	ano
Kotel na zemní plyn	ne	ano	ne
Kotel na topný olej	ne	ano	ano
Elektrické vytápění	ne	ne	ne
Tepelné čerpadlo	ne	ne	ne

Tabulka 8.5 nabízí porovnání jednotlivých druhů vytápění. Za patrně nejdůležitější faktor lze považovat to, zda je nutné, aby uživatel několikrát denně přikládal. Tím pádem je vytápění kotlem na tuhá paliva s ručním přikládáním nejméně komfortním způsobem. Dalším aspektem je komín, který se musí pravidelně revidovat. To není nutné u elektrického vytápění a tepelného čerpadla. Lze je proto označit za nejvíce bezúdržbové a komfortní zdroje vytápění. Patrně nejkomfortnější způsob vytápění je elektrické. Zabere totiž nejméně prostoru (zejména při použití podlahového či stropního vytápění), není hlučné a je jednoduché na instalaci. Důležitým prvkem moderního vytápění je jeho regulace, kdy nyní už může uživatel obsluhovat svůj otopný systém ze svého chytrého telefonu.

9 Návrh vytápění pro modelový dům

Výběr vhodného vytápění do nové stavby nebo změna starého typu za nový zdroj vytápění, je bezesporu velmi důležitým krokem. Před samotným návrhem je potřeba ale zjistit potřebné údaje o daném domu. Důležitými faktory jsou: lokalita domu, konstrukce domu, počet obyvatel, požadovaná vnitřní teplota, požadovaná vnitřní teplota a ztráty daného domu.

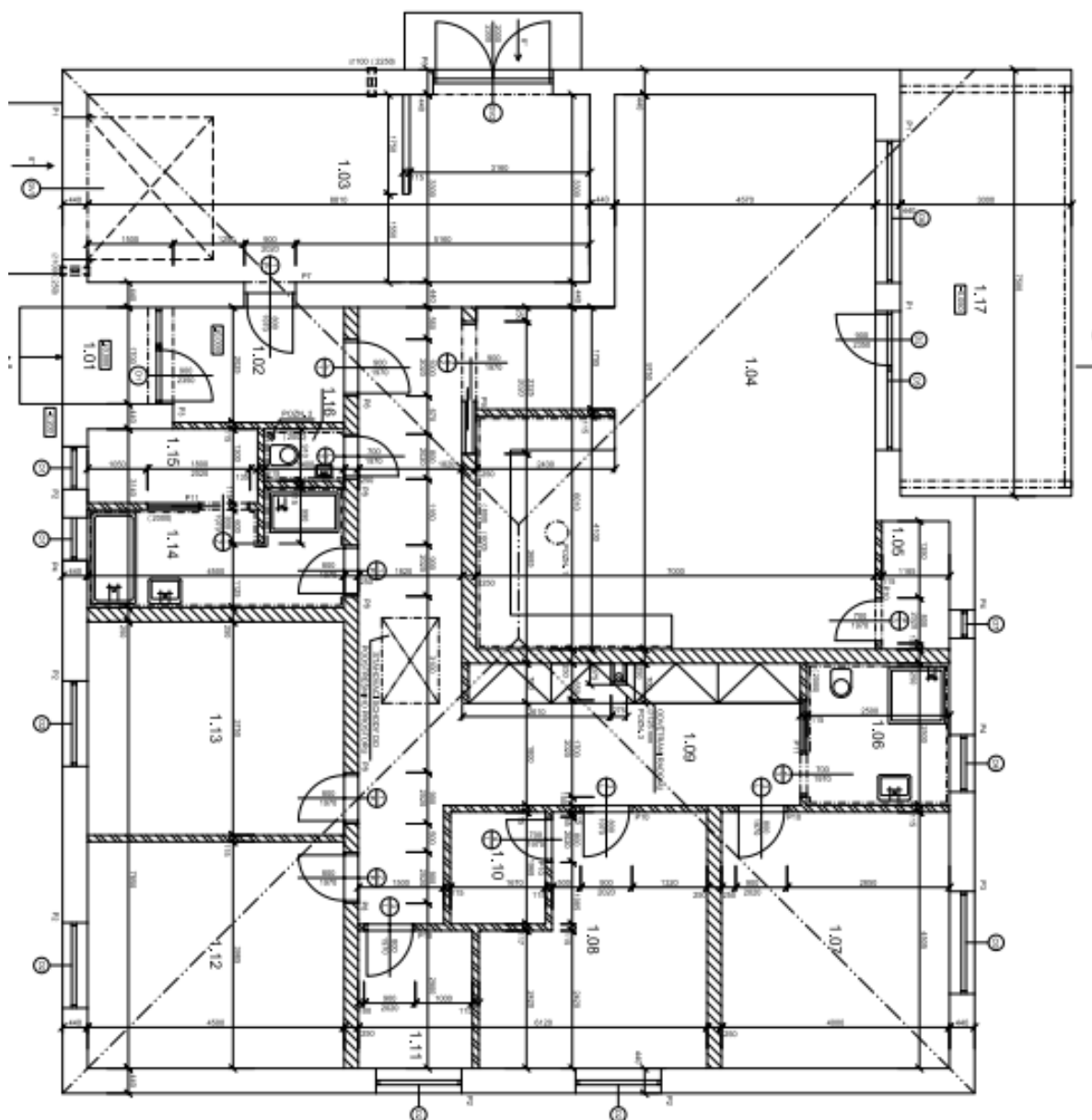
9.1 Popis modelového domu

Dům se nachází v České republice, v obci Kozlany na Třebíčsku, nedaleko Dalešické přehrady. Leží v nadmořské výšce 445 m.n.m., čímž zapadá do mírně teplé klimatické oblasti. Jedná se o samostatně stojící novostavbu s garáží. Dům je umístěn na okraji zástavby, blízko lesa. Celková energeticky vztažná plocha domu je 274,6 m², kterou bude obývat pětičlenná rodina. Stavba byla dokončena v roce 2018.



Obrázek 9.1 Rodinný dům v Kozlanech

Po obvodových zdech byly použity cihly Heluz family 44, zároveň bylo provedeno zateplení stropu foukanou minerální izolací o průměrné výšce 30 cm. Použity byly také moderní plastová okna.



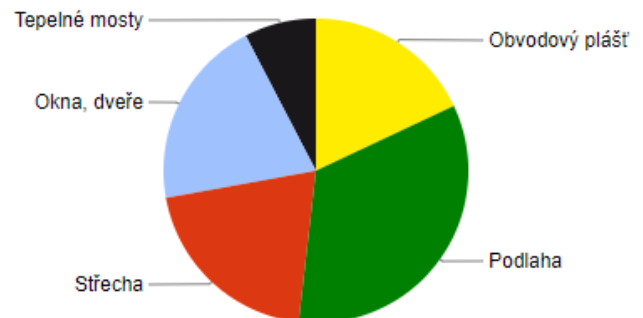
Obrázek 9.2 Půdorys domu

9.1.1 Energetická náročnost modelového domu

První informací, která je potřeba zjistit, jsou ztráty budovy. Výpočet je proveden na webu Tzb-info pomocí online kalkulačky. Obec Kozlany se při výběru lokality v dané kalkulačce nenachází, proto jsem použil jako náhradu nedaleké město Třebíč, které se nachází ve skoro stejné nadmořské výšce jako modelový dům v Kozlanech.

Tepelné ztráty domu při převažující vnitřní teplotě 20 °C činí podle online kalkulačky 8,689kW. Jelikož jde o novou budovu, je k dispozici také průkaz energetické náročnosti budovy, kde jsou ztráty domu 8,8 kW. Přestože se jednalo o hrubý výpočet, obě hodnoty jsou si velice podobné a mohou ztráty použít do dalších výpočtů [38].

Typ konstrukce (větrání)	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	1 348
Podlaha	2 533
Střecha	1 523
Okna, dveře	1 516
Jiné konstrukce	0
Tepelné mosty	571
Větrání	1 198
--- Celkem ---	8 689



Obrázek 9.3 Tepelné ztráty domu [38]

Dalším krokem je spočítat celkovou roční energii potřebnou na vytápění a ohřev teplé vody. Vyšel jsem opět z kalkulačky dostupné na portálu Tzb-info. Jako vstupní parametry jsem nastavil opět město Třebíč, tepelnou ztrátu z minulého výpočtu 8,689 kW a průměrnou vnitřní výpočtovou teplotu 20 °C.

Lokalita (Tabulka) ☐ $t_{em} = 12\text{ °C}$ ☒ $t_{em} = 13\text{ °C}$ ☐ $t_{em} = 15\text{ °C} ???$

Město Třebíč (Bítoványky) Délka topného období $d = 263$ [dny]

Venkovní výpočtová teplota $t_e = -15$ °C Prům. teplota během otopného období $t_{es} = 4.1$ °C

☒ **Vytápění**

Tepelná ztráta objektu $Q_c = 8,689$ kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = 20$ °C ???

Vytápěcí denostupně
 $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 4182$ K.dny

Opravné součinitele a účinnosti systému

$e_i = 0.85$??? $\eta_o = 1$???

$e_t = 0.90$??? $\eta_r = 0.95$???

$e_d = 1.00$???

Opravný součinitel ε ???

☒ $\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$

☐ $\varepsilon = 0.765$

$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$

$Q_{VYT,r} = \left(\begin{array}{l} 72.2 \text{ GJ/rok} \\ 20.1 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$

☒ **Ohřev teplé vody**

$t_1 = 10$ °C ??? $\rho = 1000$ kg/m³ ???

$t_2 = 55$ °C ??? $c = 4186$ J/kgK ???

$V_{2p} = 0.328$ m³/den ???

Koeficient energetických ztrát systému $z = 0.5$???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25.7$ kWh

Teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15$ °C

Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5$ °C

Počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365$ [dny]

$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0.8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$

$Q_{TUV,r} = \left(\begin{array}{l} 30.4 \text{ GJ/rok} \\ 8.5 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left(\begin{array}{l} 102.7 \text{ GJ/rok} \\ 28.5 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$

Obrázek 9.4 Výpočet potřebného tepla podle [39]

Celková roční spotřeba energie na vytápění vztažená na modelový dům vyšla 72,2 GJ/rok, případně 20,1 MWh/rok. Bohužel vypočítané hodnoty nemůžeme porovnat s reálnými, protože rodina v domu ještě nebydlí [39].

9.2 Aktuální způsob vytápění – tepelné čerpadlo

Současným zdrojem tepla v domě je tepelné čerpadlo typu vzduch/voda od švédské značky IVT. Disponuje jmenovitým tepelným výkonem 14kW a topným faktorem 3,16. Tento typ tepelného čerpadla byl vybrán z toho důvodu, že k domu nepřipadá dostatečně velká plocha potřebná pro tepelné čerpadlo země/voda a je také levnější než tento typ. Jeho nevýhodou je, že spotřebuje více elektřiny než typ země/voda. Pro případ, kdy teploty klesnou hluboko pod bod mrazu a tepelné čerpadlo nepracuje ideálně, je do systému připojen elektrokotel. Tato situace nastane ale jen maximálně v pár dnech v roce. Pro hrubý výpočet jsem proto počítal pouze s tepelným čerpadlem a nízkým tarifem, protože je tepelné čerpadlo schopno v době vysoké energie akumulovat energii v zásobníku. Při výpočtu jsem použil dvoutarifní sazbu elektřiny D 57 d od společnosti E.ON, kde je cena za 1 MWh v nízkém tarifu 2 546,01 Kč a ve vysokém 3 105,60 Kč. Zároveň se měsíčně platí za jistič, konkrétně 280 Kč za jistič do 16 A od společnosti E.ON. Rodina investovala do tepelného čerpadla 210 000 Kč.



Obrázek 9.5 Tepelné čerpadlo nainstalované v modelovém domě

Roční spotřeba elektrické energie tepelného čerpadla:

$$P_{T\check{c}} = \frac{Q_{max}}{\varepsilon_t} [MWh] \quad (1)$$

$$P_{T\check{c}} = \frac{20,1}{3,16} = 6,4 MWh$$

kde:

Q_{max}	[MWh]	energie potřebná k vytápění
$P_{T\check{c}}$	[MWh]	roční spotřeba elektřiny k pohonu TČ k vytápění
ε_t	[-]	topný faktor TČ

Náklady na vytápění:

$$Nv_{T\check{c}} = P_{T\check{c}} \times C_e + 12 \times C_p \text{ [MWh]} \quad (2)$$

$$Nv_{T\check{c}} = 6,4 \times 2546,01 + 12 \times 280 = 19\,654 \text{ Kč}$$

kde:

$Nv_{T\check{c}}$ [Kč]	náklady na vytápění pomocí TČ
$P_{T\check{c}}$ [MWh]	roční spotřeba elektřiny k pohonu TČ k vytápění
C_e [Kč/MWh]	cena elektřiny za 1MWh
C_p [Kč]	měsíční poplatek za jistič

Výpočet nebyl proveden pro případy, kdy tepelné čerpadlo nahradí elektrický kotel. To se stane ale pouze v pár dnech v roce a roční náklady se zvýší v rámci stovek korun.

9.3 Alternativní zdroje vytápění

Při návrhu jiných zdrojů vytápění pro modelový dům je potřeba najít takové zdroje, aby měli co možná nejbližší výkon jako stávající zdroj. Srovnáním jednotlivých druhů vytápění získáme informace o finančních nákladech, úspoře a návratnosti. Právě návratnost jsem vztahoval na tepelné čerpadlo, protože má nejvyšší investiční náklady. Při výběru jiných zdrojů tepla jsem dbal především na komfort uživatele a ročních nákladech na vytápění. Jako alternativní zdroje jsem tedy zvolil kotel na zemní plyn a automatický kotel na pelety.

9.3.1 Automatický kotel na uhlí a pelety

Jako první alternativní zdroj jsem zvolil automatický kotel na pelety Benekov B20 s maximálním výkonem 19 kW. Splňuje podmínky Ekodesignu a jeho účinnost je 94 %. Kotel je určen pro hnědé uhlí (ořech 2) a dřevěné pelety. Jeho pořizovací cena činí 71 000 Kč. Když se připočítá stavba komínu, skladu na palivo, další příslušenství a montáž kotle, dosáhne jeho cena přibližně 120 000 Kč. Výpočet jsem provedl pro obě paliva, přičemž výhřevnost dřevěných pelet uvažuji 6,5 MJ/kg, cenu za 1 kg pelet 5,5 Kč, výhřevnost uhlí 17,6 MJ/kg a cenu za 1 kg uhlí 3,5 Kč [39].



Obrázek 9.6 Kotel Benekov B20 [39]

Roční spotřeba pelet:

$$M_{pelety} = \frac{Q_{max}}{\eta_{kotel} \times H_{pelety}} [\text{kg}] \quad (3)$$

$$M_{pelety} = \frac{72\,200}{0,94 \times 16,5} = 4655 \text{ kg}$$

kde:

M_{pelety}	[kg]	roční spotřeba pelet
Q_{max}	[MJ]	energie potřebná k vytápění
η_{kotel}	[-]	účinnost kotle
H_{pelety}	[MJ/kg]	výhřevnost pelet

Náklady na vytápění při použití pelet:

$$N_{pelety} = M_{pelety} \times C_{pelety} \quad (4)$$

$$N_{v_{T\check{c}}} = 4655 \times 5,5 = 25\,603 \text{ Kč}$$

kde:

N_{pelety}	[Kč]	náklady na vytápění pomocí pelet
M_{pelety}	[kg]	roční spotřeba pelet
C_{pelety}	[Kč/kg]	cena 1 kg pelet

Návratnost tepelného čerpadla při použití pelet:

$$D_C = \frac{P_{C_{T\check{c}}} - P_{C_{AK}}}{N_{v_{pelety}} - N_{v_{T\check{c}}}} [\text{roky}] \quad (5)$$

$$D_C = \frac{210000 - 120000}{25603 - 19654} \cong 15,1 \text{ let}$$

kde:

D_C	[roky]	návratnost tepelného čerpadla
$P_{C_{T\check{c}}}$	[Kč]	pořizovací cena tepelného čerpadla
$P_{C_{AK}}$	[Kč]	pořizovací cena automatického kotle na pelety
$N_{v_{pelety}}$	[Kč]	náklady na vytápění peletami
$N_{v_{T\check{c}}}$	[Kč]	náklady na vytápění pomocí TČ

Návratnost tepelného čerpadla je v tomto případě 15,1 let. Při životnosti tepelného čerpadla 25 let je z dlouhodobého hlediska výhodnější právě vytápění původním zdrojem – tepelným čerpadlem. Cena pelet pro výpočet je 5,5 Kč/kg. Jedná se spíše o posezónní levnější cenu, v topné sezóně se ceny mohou zvýšit až o 20 %, což by se projevilo i na zmíněné návratnosti.

Roční spotřeba uhlí:

$$M_{uhlí} = \frac{Q_{max}}{\eta_{kotel} \times H_{uhlí}} [\text{kg}] \quad (6)$$

$$M_{pelety} = \frac{72\,200}{0,94 \times 17,6} = 4364 \text{ kg}$$

kde:

$M_{uhlí}$	[kg]	roční spotřeba uhlí
Q_{max}	[MJ]	energie potřebná k vytápění
η_{kotel}	[-]	účinnost kotle
H_{pelety}	[MJ/kg]	výhřevnost uhlí

Náklady na vytápění při použití uhlí:

$$N_{uhlí} = M_{uhlí} \times C_{uhlí} \quad (7)$$

$$N_{v_{TČ}} = 4364 \times 3,5 = 15\,274 \text{ Kč}$$

kde:

$N_{uhlí}$	[Kč]	náklady na vytápění uhlím
$M_{uhlí}$	[kg]	roční spotřeba uhlí
$C_{uhlí}$	[Kč/kg]	cena 1 kg uhlí

Návratnost tepelného čerpadla při použití uhlí:

$$D_C = \frac{P_{C_{TČ}} - P_{C_{AK}}}{N_{v_{uhlí}} - N_{v_{TČ}}} [\text{roky}] \quad (8)$$

$$D_C = \frac{210000 - 110000}{15274 - 19654} \cong -28,5 \Rightarrow \infty \text{ let}$$

kde:

D_C	[roky]	návratnost tepelného čerpadla
$P_{C_{TČ}}$	[Kč]	pořizovací cena tepelného čerpadla
$P_{C_{AK}}$	[Kč]	pořizovací cena automatického kotle na pelety
$N_{v_{uhlí}}$	[Kč]	náklady na vytápění pomocí pelet
$N_{v_{TČ}}$	[Kč]	náklady na vytápění pomocí TČ

Vytápění hnědým uhlím je levnější než vytápění tepelným čerpadlem. Investice do TČ se proto nevrátí.

9.3.2 Kotel na zemní plyn

Dalším alternativním zdrojem, který poskytuje vysoký komfort uživatele, je kotel na zemní plyn. Pro modelový dům jsem vybral kondenzační závěsný kotel Protherm Panther Condens s výkonem 6,6–26,7 kW. Jeho účinnost je 106,8 % a pořizovací cena 46 600 Kč. Když se připočte přípojka zemního plynu do domu, komín, montáž a další příslušenství bude cena přibližně 95 000 Kč. Výhřevnost zemního plynu uvažuji 33,5 MJ/m³. Při výpočtu mi vyšla spotřeba plynu v metrech krychlových, cenu ale prodejce uvádí jenom v MWh. Pro hrubý výpočet lze ale použít, že 1 m³=10,6 kWh. Cena zemního plynu od E.ON je 1,337 za 1 kWh [40].



Obrázek 9.7 Kondenzační kotel Protherm Panther Condens [40]

Roční spotřeba plynu:

$$V_{\text{plyn}} = \frac{Q_{\text{max}}}{\eta_{\text{kotel}} \times H_{\text{plyn}}} [\text{m}^3] \quad (9)$$

$$V_{\text{plyn}} = \frac{72\,200}{1,068 \times 33,5} = 2018 \text{ m}^3$$

kde:

V_{plyn}	[m ³]	roční spotřeba zemního plynu
Q_{max}	[MJ]	energie potřebná k vytápění
η_{kotel}	[-]	účinnost kotle
H_{plyn}	[MJ/kg]	výhřevnost zemního plynu

Náklady na vytápění:

$$N_{\text{plyn}} = V_{\text{plyn}} \times 10,6 \times C_{\text{plyn}} \quad (10)$$

$$N_{v_{T\check{C}}} = 2018 \times 10,6 \times 1,337 = 28\,600 \text{ Kč}$$

kde:

N_{plyn} [Kč]	náklady na vytápění pomocí zemního plynu
V_{plyn} [m ³]	roční spotřeba zemního plynu
C_{plyn} [Kč/kWh]	cena za 1 MWh zemního plynu

Návratnost tepelného čerpadla:

$$D_c = \frac{P_{c_{TČ}} - P_{c_{PK}}}{Nv_{plyn} - Nv_{TČ}} \quad (11)$$

$$D_c = \frac{210000 - 95000}{28600 - 19654} \cong 12,9 \text{ let}$$

kde:

D_c	[roky]	návratnost tepelného čerpadla
$P_{c_{TČ}}$	[Kč]	pořizovací cena tepelného čerpadla
$P_{c_{PK}}$	[Kč]	pořizovací cena kotle na zemní plyn
Nv_{plyn}	[Kč]	náklady na vytápění pomocí zemního plynu
$Nv_{TČ}$	[Kč]	náklady na vytápění pomocí TČ

Návratnost tepelného čerpadla je v tomto případě 12,9 let. Při životnosti tepelného čerpadla 25 let je vytápění z dlouhodobého hlediska tepelným čerpadlem výhodnější.

9.4 Vyhodnocení volby vytápění modelového domu

Při konečném zhodnocení nákladů na vytápění jsem dospěl k následujícím závěrům. V mém modelovém domě je nainstalováno tepelné čerpadlo vzduch/ voda. Jeho výhodou je, že spotřebuje nejméně energie, v mém případě 6,4 MWh/rok, za což uživatel zaplatí 19 645 Kč. V porovnání s automatickým kotlem na tuhá paliva při použití uhlí se tepelné čerpadlo nevyplatí. Při vytápění uhlím se ušetří oproti tepelnému čerpadlu ročně 4 000 Kč, a proto se investice do tepelného čerpadla nikdy nevrátí. Při použití dřevěných pelet uživatel ročně zaplatí o 5 958 Kč a při vytápění plynem o 8 955 Kč více než u tepelného čerpadla. Návratnost tepelného čerpadla je 15,1, respektive 12,9 let.

Přestože vytápění automatickým kotlem na uhlí je ekonomicky výhodnější než tepelné čerpadlo, není tomu tak z hlediska ekologie a komfortu uživatele. Když uvažuji životnost tepelného čerpadla více jak 25 let, tak je životnost vyšší než návratnost při vytápění peletami nebo zemním plynem. Doba návratnosti je ovšem vysoká. To je zapříčiněno tím, že investice do tepelného čerpadla je 210 000 Kč, což je zhruba dvakrát více než investice do alternativních zdrojů.

Nainstalované tepelné čerpadlo sice není úplně nejlevnější zdroj vytápění pro modelový dům. Pokud ho ale bude rodina využívat po dobu jeho životnosti, investice je to, vyjma vytápění uhlím, správná. Snížit návratnost lze využitím dotací na vytápění, které nejsou ve výpočtu zohledněny.

10 Závěr

Cílem této práce bylo shrnout známé informace v oblasti moderního vytápění. V dnešní době se stále více směřuje ke snižování energie, čímž se kladou stále větší nároky i na vytápění rodinných domů. Mezi příčiny vedoucí ke snižování energie patří zdražování a vyčerpávání fosilních zdrojů, které byly v minulém století takřka jediným zdrojem energie nejen pro vytápění. Čím dál větší důraz je kladen také na ekologii, kdy jsou kvůli zpříšňujícím se normám daných EU zakazovány některé druhy kotlů. Moderní ekologické zdroje jsou ale zároveň podporovány dotacemi. Svůj prostor proto stále více dostávají nízkouhlíkové zdroje energie, a to především ty obnovitelné. Zároveň se zdroje nejen na fosilní paliva stále modernizují a inovují tak, aby byly maximálně účinné a co nejméně zatěžovaly životní prostředí. Jako příklad lze uvést, že staré prohořivé kotle jsou nahrazovány kotly automatickými, klasické plynové kotle za kotle kondenzační, elektrický kotel za akumulární panely, kombinace primárního vytápění se solárními panely a další.

V práci je dále zpracováno porovnání z pohledu uživatele. Ukázalo se, že neexistuje univerzální řešení, žádný způsob vytápění není tím nejekonomičtějším ve všech případech. Pro každý dům i situaci je vhodný jiný způsob. Nízké náklady na vytápění mají například kotle na tuhá paliva nebo tepelná čerpadla. Nejnákladnější je vytápění topnými oleji, propanem a v určitých situacích i vytápění elektřinou. S nejvyšší investicí musí uživatel počítat při koupi tepelného čerpadla, naopak s nejnižší při pořízení elektrického vytápění. V dnešní době již nejsou rozhodující pouze náklady, velký důraz je kladen také na ekologii. Jednou z příčin globálního oteplování a znečištěného ovzduší je i vytápění rodinných domů. Největším viníkem je zde hnědé uhlí, jehož spalováním vzniká nejvíce emisí vůbec. Ač se elektrické vytápění na první pohled zdá jako velice šetrné k životnímu, opak je pravdou. Ve zdejších podmínkách, kde je takřka polovina elektrické energie vyrobena uhelnými elektrárnami, je elektrické vytápění oproti ostatním typům naopak neekologické. Naopak veškeré vytápění, které využívá obnovitelné zdroje lze pak považovat za ekologické. Neméně důležitou informací o vytápění je jeho komfort vzhledem k uživateli. Zde jasně nejhorší variantou je použití kotle s ručním přikládáním. Uživatel domu ve 21. století hledá pohodlný způsob, jak vytápet dům, a přikládání paliva několikrát denně do kotle do něj jistě nepatří. Plně automatizované je naopak vytápění plynem, elektřinou nebo tepelným čerpadlem. Při použití moderní regulace lze dokonce řídit teplotu v domě pomocí chytrého mobilního telefonu.

V poslední části práce je vypracováno technicko-ekonomické porovnání vybraných druhů vytápění. Stávající zdroj, tepelné čerpadlo, bylo porovnáno s alternativními zdroji. Ty jsou vybrány tak, aby se co nejvíce přibližovaly výkonem a uživatelským komfortem právě k tepelnému čerpadlu. Zvolen tudíž byl kondenzační kotel na zemní plyn a automatický kotel na uhlí a dřevěné pelety. Pomocí tepelných ztrát byl proveden výpočet ročních nákladů na vyt. A byla také odhadnuta jejich cena. Tím bylo zjištěno, že nejnižší roční náklady pro modelový dům jsou pomocí automatického kotle, do něhož používáme pouze uhlí. Jsou dokonce nižší než náklady tepelného čerpadla, do kterého se proto investice oproti kotli na uhlí nikdy nevrátí. Oproti kondenzačnímu kotli a kotli na pelety stojí ročně provoz tepelného čerpadla méně. Jeho velkou investicí ale vzrůstá i jeho návratnost (12,9 a 15,1 let), která však nepřekračuje životnost tepelného čerpadla. Tepelné čerpadlo lze považovat za vhodný způsob vytápění v případě, že uživatel počítá s návratností investice až za několik let. Pokud i nadále budou růst ceny fosilních paliv, návratnost tepelného čerpadla se bude snižovat.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Obydlené byty podle převládajícího způsobu vytápění. Český statistický úřad [online]. [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-vyhledavani&vyhltext=kotle&bkvt=a290bGU.&katalog=all&pvo=PVOR12>
- [2] Emisní třídy kotlů na tuhá paliva. Česká peleta [online]. [cit. 2018-02-09]. Dostupné z: <http://www.ceska-peleta.cz/tiskove-zpravy/emisni-tridy-rozhoduji-ktre-kotle-zustanou-na-trhu/>
- [3] Kotlíková dotace. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2018-02-09]. Dostupné z: http://mzp.cz/cz/news_161011_revize_kotlu
- [4] Jaké parametry musí splnit kotle na tuhá paliva. Tzb-info [online]. [cit. 2018-02-09]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9665-jake-parametry-musi-splnit-kotle-na-tuha-paliva-legislativa-v-cr-a-evrope>
- [5] Co nejvíce ovlivní Tvůj kouř? Tzb-info [online]. 14.1.2013 [cit. 2018-02-09]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9475-co-nejvice-ovlivni-tvuj-kour>
- [6] TYPY KOTLŮ NA PEVNÁ PALIVA. TOPME UHLÍM [online]. [cit. 2018-02-09]. Dostupné z: <http://www.topmeuhlim.cz/typy-kotlu-na-pevna-paliva/>
- [7] Kotle na tuhá paliva. Bydlení pro každého [online]. [cit. 2018-02-09]. Dostupné z: <http://vytapani-klimatizace.bydleniprokazdeho.cz/kotle-a-ohrivace/vse-o-vytapani-6.-kotle-na-tuha-paliva.php>
- [8] BENEKOV C 26 P. In: Benekov [online]. [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://www.benekov.com/produkt/benekov-c-26-p>
- [9] O spalování tuhých paliv v lokálních topeništích. Tzb-info [online]. [cit. 2018-02-09]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/8618-o-spalovani-tuhych-paliv-v-lokalnich-topenistich-1>
- [10] JAK VZNIKLO UHLÍ. OKD [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/jak-uhli-vzniklo>
- [11] Fosilní paliva. Ekolid.cz [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <http://www.ekolid.cz/fosilni-paliva-vyhody-a-nevyhody/>
- [12] Úvodem o koksu. OKK [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <http://www.kokso-vny.cz/cz/uvodem-o-koksu>
- [13] O vytápění biomasou od A až do Z. Tzb-info [online]. [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/peletky/8814-o-vytapani-biomasou-od-a-az-do-z>
- [14] Pelety. Česká peleta [online]. [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://www.ceska-peleta.cz/pelety-brikety-drevo/pelety/>

- [15] Brikety. Česká peleta [online]. [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://www.ceska-peleta.cz/pelety-brikety-drevo/brikety/>
- [16] Další biopaliva. Česká peleta [online]. [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://www.ceska-peleta.cz/pelety-brikety-drevo/dalsi-biopaliva/>
- [17] Proč zvolit kondenzační plynový kotel. ZEMNÍ PLYN [online]. 2016 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <http://www.zemniplyn.cz/aktuality.aktuality/aktualita/1P>
- [18] Zemní plyn a jeho druhy. Innogy [online]. [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://www.innogy.cz/o-innogy/zemni-plyn/>
- [19] Plyn ve vytápění. TZB-info [online]. 2002 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem/1163-plyn-ve-vytapani-i>
- [20] FLAGA [online]. [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: www.flaga.cz
- [21] QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha: Gradapublishing, 2010. ISBN 978-80-247-3250-3
- [22] Bioplyn a bioplynové stanice v ČR. ONERGETICE.cz [online]. 2015 [cit. 2018-02-28]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/bioplyn-a-bioplynove-stanice-v-cr/>
- [23] Plynové kondenzační kotle. JUNKERS [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: http://www.junkers.cz/pro_nase_zakazniky/produkty_junkers/technologie/technologie_od_junkers/1_uroven/kondenzacni_plynove_kotle
- [24] Olejové vytápění. THERMOIL & NRG Group [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <http://www.thermoil.cz/olejove-vytapani>
- [25] Topné oleje. Petroleum.cz [online]. [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/vyroby/topne-oleje.aspx>
- [26] Vytápění topným olejem. Tzb-info [online]. 6. 10. 2010 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/6831-vytapani-rodinnych-domu-topnym-olejem-i>
- [27] Electricity map [online]. [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <https://www.electricitymap.org>
- [28] Varianty elektrického vytápění. Tzb-info [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/304-varianty-elektrickeho-vytapani>
- [29] ECOFILM-F. FENIX [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://www.fenixgroup.cz/cs/produkty/ecofilm-f-folie-pro-podlahove-vytapani>
- [30] Elektrický přímotopný panel s akumulací tepla. Hetta [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: https://www.hetta.cz/?gclid=EAIaIQobChMIrcGqyNeX2gIVJbXtCh27XgLxEAAAY-BCAAEgKOzfD_BwE

- [31] IVT Tepelná čerpadla s.r.o. [online]. [cit. 2018-03-23]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/>
- [32] Tepelná čerpadla. *OENERGETICE.cz* [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/tepelna-cerpadla/>
- [33] Fotovoltaika v podmínkách České republiky. *Isofen energy* [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/slunecni-zareni-v-cr.aspx>
- [34] Na jakém principu funguje solární kolektor. *Viessmann* [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/solarni-kolektor-princip.html>
- [35] Porovnání nákladů na vytápění TZB-info. *Tzb-info* [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>
- [36] NOVOTNÝ, Jiří a Tomáš MATUŠKA. Emise CO₂ a jejich dopad na hodnocení zdrojů v budovách. *Tzb-info* [online]. 19.3.2018 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/provoz-a-udrzba-vytapani/17112-emise-co2-a-jejich-dopad-na-hodnoceni-zdroju-v-budovach>
- [37] HORÁK, Jiří a Petr KUBESA. *O spalování tuhých paliv v lokálních topeništích* [online]. 28.5.2012 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/8644-o-spalovani-tuhych-paliv-v-lokalnich-topenistich-2>
- [38] On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám. *Tzb-info* [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor-a-dotaci-zelena-usporam>
- [39] Benekov B 20. *Benekov* [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.benekov.com/produkt/40-benekov-b-20>
- [40] Kondenzační kotel Panther Condens. *Protherm* [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/product-detail-page-0.html#!>

Seznam použitých symbolů a zkratek

TOEL	topný olej extralehký
TČ	tepelné čerpadlo
HU	hnědé uhlí
ČU	černé uhlí
LPG	zkapalněný ropný plyn
Q_{max} [MWh]	energie potřebná k vytápění
$P_{TČ}$ [MWh]	roční spotřeba elektřiny k pohonu TČ k vytápění
ε_t [-]	topný faktor TČ
$Nv_{TČ}$ [Kč]	náklady na vytápění pomocí TČ
$P_{TČ}$ [MWh]	roční spotřeba elektřiny k pohonu TČ k vytápění
C_e [Kč/MWh]	cena elektřiny za 1MWh
C_p [Kč]	měsíční poplatek za jistič
M_{pelety} [kg]	roční spotřeba pelet
Q_{max} [MJ]	energie potřebná k vytápění
η_{kotel} [-]	účinnost kotle
H_{pelety} [MJ/kg]	výhřevnost pelet
N_{pelety} [Kč]	náklady na vytápění pomocí pelet
M_{pelety} [kg]	roční spotřeba pelet
C_{pelety} [Kč/kg]	cena 1 kg pelet
D_C [roky]	návratnost tepelného čerpadla
P_{CAK} [Kč]	pořizovací cena automatického kotle na pelety
Nv_{pelety} [Kč]	náklady na vytápění peletami
$M_{uhlí}$ [kg]	roční spotřeba uhlí
Q_{max} [MJ]	energie potřebná k vytápění

η_{kotel} [-]	účinnost kotle
H_{pelety} [MJ/kg]	výhřevnost uhlí
$N_{uhlí}$ [Kč]	náklady na vytápění uhlím
$M_{uhlí}$ [kg]	roční spotřeba uhlí
$C_{uhlí}$ [Kč/kg]	cena 1 kg uhlí
D_C [roky]	návratnost tepelného čerpadla
P_{CAK} [Kč]	pořizovací cena automatického kotle na pelety
$Nv_{uhlí}$ [Kč]	náklady na vytápění pomocí pelet
V_{plyn} [m ³]	roční spotřeba zemního plynu
Q_{max} [MJ]	energie potřebná k vytápění
η_{kotel} [-]	účinnost kotle
H_{plyn} [MJ/kg]	výhřevnost zemního plynu
N_{plyn} [Kč]	náklady na vytápění pomocí zemního plynu
V_{plyn} [m ³]	roční spotřeba zemního plynu
C_{plyn} [Kč/kWh]	cena za 1 MWh zemního plynu
D_C [roky]	návratnost tepelného čerpadla
P_{CPK} [Kč]	pořizovací cena kotle na zemní plyn
Nv_{plyn} [Kč]	náklady na vytápění pomocí zemního plynu

Seznam obrázků

Obrázek 2.1 Minimální požadované účinnosti kotlů [2]	12
Obrázek 2.5 Pelety [14]	14
Obrázek 2.2 Prohořivací (vlevo) a odhořivací (vpravo) kotel [5]	15
Obrázek 2.5 Automatický kotel na tuhá paliva BENEKOV C 26 P [8]	16
Obrázek 3.1 Klasický a kondenzační kotel [17]	18
Obrázek 3.2 Výpočet účinnosti kondenzačního kotle [23]	19
Obrázek 4.1 Cisterna pro dovoz topného oleje do domu [24]	20
Obrázek 4.2 Kotel na topný olej s nádrží [24]	21
Obrázek 5.1 Použití stropní topné fólie [29]	22
Obrázek 5.2 Topná podlahová fólie [29]	23
Obrázek 5.3 Akumulační elektrický přímotop [30]	24
Obrázek 6.1 Tepelné čerpadlo vzduch/voda IVT [28]	25
Obrázek 6.2 Princip tepelného čerpadla [32]	26
Obrázek 6.3 Tepelné čerpadlo vzduch/voda [31]	26
Obrázek 6.4 Tepelné čerpadlo země/voda [31]	27
Obrázek 8.1 Porovnání nákladů na vytápění (dům 1) [35]	31
Obrázek 8.2 Porovnání nákladů na vytápění (dům 2) [35]	32
Obrázek 8.3 Srovnání roční produkce emisí CO ₂ při uvažování standartních emisních faktorů daných vyhláškou [36]	33
Obrázek 9.1 Rodinný dům v Kozlanech	35
Obrázek 9.2 Půdorys domu	36
Obrázek 9.4 Výpočet potřebného tepla podle [39]	37
Obrázek 9.5 Tepelné čerpadlo nainstalované v modelovém domě	38
Obrázek 9.6 Kotel Benekov B20 [39]	39
Obrázek 9.7 Kondenzační kotel Protherm Panther Condens [40]	42

Seznam tabulek

Tabulka 3.1 Porovnání emisí fosilních paliv [18]	16
Tabulka 8.3 Srovnání roční produkce emisí CO ₂ při uvažování standardních emisních faktorů daných vyhláškou[34]	30
Tabulka 8.4 Kolik prachu vyprodukuje jeden dům za rok při vytápění tuhými palivy [35]	31