



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

MODERNÍ TECHNOLOGIE PRO VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

MODERN TECHNOLOGIES FOR FAMILY HOUSE HEATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Vidlák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Lisý, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **David Vidlák**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Martin Lisý, Ph.D.**
Akademický rok: 2015/16

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:

Moderní technologie pro vytápění rodinného domu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

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

Cíle bakalářské práce:

Provedení rešerže základních způsobů vytápění RD
Základní porovnání jednotlivých způsobů vytápění

Seznam literatury:

Jandačka, J., Mikulík, M.: Technologie pre zvyšovanie energetickeho potencialu biomasy. TU Žilina 2007, ISBN 978-80-969595-4-9

Bašta J.: Regulace vytápění, ČVUT v Praze, 2007 ISBN - 978-80-01-02582-6

Brož, K.: Vytápění. Praha 2006, ISBN 80-01-02536-5

Firemní a internetové zdroje

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 1. 12. 2015



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

doc. Ing. Jaroslav Kátolický, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je přiblížit si poznatky o technologiích moderního vytápění rodinných domů. První část práce je věnována historii a základním informacím o vytápění. Další část práce se zabývá nejpoužívanějšími vytápěcími systémy. Poslední část práce vyhodnocuje způsob vytápění konkrétního domu a navrhuje možnosti využití jiných alternativních způsobů vytápění.

Klíčová slova

Teplo, vytápění, energie, kotel, palivo, biomasa, uhlí, plyn, pelety, tepelné čerpadlo, solární, elektrická energie

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to outline the basic knowledge of modern heating methods of family houses. The first part of this thesis describes the history of heating and gives a basic information about heating systems. The second part is dealing with the most frequently used heating systems. The last part of the thesis evaluates the way of heating a particular family house and suggests the possibility of using different heating methods.

Key words

Heat, heating, energy, boiler, fuels, biomass, coal, gas, pellet, thermo pump, solar, electric power

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VIDLÁK, D. *Moderní technologie pro vytápění rodinného domu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 60 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Lisý, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci na téma **Moderní technologie pro vytápění rodinného domu** vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Martina Lisého, Ph.D. a s použitím odborné literatury uvedené na konci mé práce.

.....
V Brně dne

.....
David Vidlák

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinu Lisému, Ph.D. za odbornou pomoc, připomínky a další cenné rady, které mi pomohly k vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za neustálou podporu v mém studiu.

OBSAH

1.	ÚVOD	11
2.	HISTORIE A VÝVOJ OTOPNÝCH SOUSTAV	12
3.	ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA OTOPNÉ SOUSTAVY	14
4.	CENA TEPLA	15
4.1.	Vliv času na vývoj cen energie	15
5.	VYTÁPĚNÍ TUHÝMI PALIVY	17
5.1.	Biomasa	17
5.1.1.	Pelety	17
5.1.2.	Brikety	18
5.1.3.	Dřevní štěrka	18
5.2.	Spalování biomasy	19
5.3.	Kotle na tuhá paliva	19
5.3.1.	Zplyňovací kotle	19
5.3.2.	Kotle na kusové dřevo	20
5.3.2.1.	Prohořivací kotle	20
5.3.2.2.	Odhořivací kotle	21
5.3.3.	Kotel na pelety	21
5.3.4.	Kotel na dřevní štěrku	22
6.	VYTÁPĚNÍ TUHÝMI FOSILNÍMI PALIVY	23
6.1.	Černé a Hnědé uhlí	23
6.2.	Koks	24
6.3.	Spalování uhlí	24
6.4.	Kotle na uhlí	25
7.	VYTÁPĚNÍ PLYNEM	28
7.1.	Náklady na plynové vytápění	28
7.2.	Plynná paliva	28
7.2.1.	Zemní plyn	28
7.2.2.	Bioplyn	29
7.2.3.	Zkapalněné plyny	30
7.3.	Spalování plyných paliv	31
8.	ELEKTRICKÉ VYTÁPĚNÍ	32
8.1.	Podlahové vytápění	32
8.2.	Stěnové vytápění	32
8.3.	Stropní vytápění	33

8.4.	Elektrokotle.....	34
8.4.1.	Požadavky na elektrokotle.....	34
8.4.2.	Bezpečnost provozu – pasivní, aktivní.....	35
8.4.3.	Spolehlivost provozu.....	35
9.	TEPELNÁ ČERPADLA.....	37
9.1.	Princip tepelného čerpadla.....	37
9.2.	Typy tepelných čerpadel	38
9.2.1.	Vzduch/Voda	38
9.2.2.	Voda/Voda	38
9.2.3.	Vzduch/Vzduch.....	39
9.2.4.	Země/Voda	39
10.	SOLÁRNÍ VYTÁPĚNÍ	41
10.1.	Fototermické solární systémy.....	41
10.1.1.	Ploché deskové kolektory.....	42
10.1.2.	Trubicové vakuové kolektory.....	42
10.2.	Fotovoltaické systémy	43
10.2.1.	Amorfní solární panely.....	43
10.2.2.	Monokrystalické solární panely	44
10.2.3.	Polykrystalické solární panely	44
11.	MODELOVÝ DŮM.....	45
11.1.	Popis modelového domu.....	45
11.2.	Návrh roční potřeby energie na vytápění a ohřev teplé vody	46
11.3.	Skutečná roční spotřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody.....	47
11.4.	Finanční náklady na roční spotřebu energie na vytápění a ohřev teplé vody	47
11.5.	Návrh alternativního způsobu vytápění.....	48
11.5.1.	Vytápění kotlem na uhlí	48
11.5.2.	Vytápění kotlem na pelety	49
11.5.3.	Vytápění tepelným čerpadlem vzduch/voda	51
11.6.	Vyhodnocení alternativních způsobů vytápění	52
12.	ZÁVĚR	53
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	54
	SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	57
	SEZNAM OBRÁZKŮ	58

1. ÚVOD

Vytápění domů bylo a je celosvětovým tématem, které je řešeno ať už v rodinných nebo panelových domech. Výběr správného vytápěcího systému a jeho následná realizace jsou důležité pro komfort prostředí a všeobecnou pohodu. Vytápění obytných prostor se dá řešit několika způsoby. Moderním způsobem vytápění jsou tepelná čerpadla a solární kolektory. Dalšími způsoby vytápění jsou plynové kotle, kotle na tuhá paliva a elektřina. Při výběru vytápěcího systému se přihlíží zejména k jeho pořizovací ceně, provozním nákladům a návratnosti investovaných finančních prostředků. Dalšími důležitými aspekty jsou ale také komfort vytápění, jeho spolehlivost a nezávislost. V současné době se také stále více sleduje ekologický dopad vytápěcích systémů na životní prostředí.

Bakalářskou práci lze rozdělit do dvou hlavních částí. První část je věnována jednotlivým typům vytápěcích soustav, zejména jejich charakteristice, způsobům provedení, vhodnosti jejich využití a také jejich výhodám a nevýhodám. Ve druhé části práce aplikuji svoje poznatky na modelový dům, u kterého vyhodnotím způsob jeho vytápění, skutečnou roční spotřebu energie na vytápění a ohřev teplé vody, včetně finančních nákladů na spotřebovanou energii. Provedu zhodnocení některých alternativních způsobů vytápění modelového domu a navrhnou možnosti jejich využití.

2. HISTORIE A VÝVOJ OTOPNÝCH SOUSTAV

Za první ústřední vytápění můžeme označit soustavu s využitím kouřových plynů k vytápění podlahy v 80. letech př. n. l. v domech a vilách římských občanů. Prvním známým autorem této myšlenky byl Sergius Orata. Později se vedle podlahy využilo vedení kouřových plynů ve stěnových dutinách (Aula Palatina v Trevíru). Na počátku n. l. došlo k využití kouřových plynů k vytápění v Číně (soustava Kang). Na rozdíl od římských poměrů bylo čínské vytápění využíváno i středními vrstvami obyvatel. Spalovalo se jak dříví, tak i uhlí. Po pádu římské říše se čekalo na vytápění kouřovými plyny až do 18. století. Technické nedostatky (netěsnosti kanálů) zhoršovaly hygienu vytápěných prostor, a tak se od tohoto způsobu vytápění postupně ustoupilo. Výsledkem snah po odstranění hygienických závad při přímém využívání kouřových plynů bylo použití výměníku, ve kterém se kouřovými plyny ohřívá vzduch. Tento ohřátý vzduch se pak používal k vytápění místností. Primitivní výměník vznikl vytvořením další klenby nad ohništěm, a takto vzniklým meziprostorem proudil samotížně čerstvý vzduch, který se po ohřátí rozváděl do vytápěných místností. Tento ojedinělý případ (hrad Marburg – 14. století) lze považovat za první teplovzdušné vytápění.

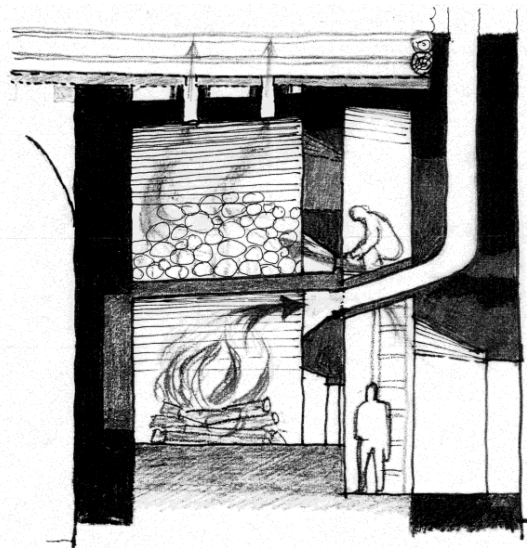
Za první moderní soustavu teplovzdušného vytápění se považuje návrh vídeňského inženýra Meisnera (1821) na oběhové teplovzdušné vytápění, realizované v budově gymnázia v Heilbronnu. Tady byly poprvé provedeny i tepelně technické výpočty, a poté byly ověřovány na vyrobeném zařízení. V Anglii bylo použito k nucenému oběhu ohřátého vzduchu osového ventilátoru. Do počátku 20. století bylo teplovzdušné vytápění v Evropě nejrozšířenější.

Vytápění vodní párou bylo poprvé použito v Anglii již v roce 1652 (Hugh Platt). Další Angličan, William Cook, o sto let později navrhl parní vytápění s využitím kondenzačního tepla páry, a v roce 1770 realizoval vynálezce parního stroje James Watt ve své továrně vytápění párou odebíranou přímo z kotle. Prvenství je však připisováno Neil Snograssemu. Používalo se páry o tlaku 0,1 až 0,2 MPa.

Nízkotlaké parní vytápění vzniklo až v roce 1878 (Bechem) a pracovalo s přetlakem 0,03 MPa. Tři roky předtím vznikl radiátor jako vytápěcí těleso (USA).

Počátky vytápění teplou vodou je možné hledat již u Římanů, kteří využívali termálních pramenů a zaváděli termální vodu do dutých kovových desek nebo do keramických trubek v podlaze. Teplovodní soustava pro vícepodlažní dům byla realizována v Anglii Francouzem de Chabannesem v roce 1817.

Historickou událostí bylo použití vody horké 120 až 150 °C při tlaku 0,2 až 0,3 MPa v uzavřené soustavě (Perkins). Tato soustava vznikla ze snah po úsporách mědi (trubky). Kolem roku 1900 bylo poprvé použito nuceného oběhu teplé vody a tato soustava si udržela své dominantní postavení dodnes.



Obr. 2.1 Prvotní způsob vytápěcí soustavy (1)

První ústřední otopné soustavy u nás pocházejí z let 1890 až 1910. Vyskytovaly se zcela ojediněle v přepychových vilách. Tyto soustavy používali jednoduchých rozvodů, hojně předimenzovaných, s velmi malým počtem speciálních prvků.

Po první světové válce, v letech 1920 až 1930 a ještě později se otopné sousta vyřešily také jako teplovodní samotížné dvoutrubkové s otevřenou expanzní nádobou, ale se spodním rozvodem. Tato soustava se s velkou oblibou požívá i dnes, díky své spolehlivosti a vyzkoušenému chodu otopného zařízení.

V letech 1940 až 1945, tj. za druhé světové války, a v letech těsně po ní, následovala stagnace, bylo provedeno jen velmi málo zařízení.

Nebývalý rozvoj ústředního vytápění u nás byl zaznamenán až po roce 1945. V tomto roce bylo ústředním vytápěním vybaveno jen 2 % bytů, v roce 1955 to bylo už 7 %, v roce 1975 přes 30 % bytů, a v roce 1990 již skoro 60 % bytů. Rozvoj výstavby si vyžádal i změnu koncepce řešení zdrojů tepla. Z lokálních kotelen pro jeden objekt se přešlo na centrální kotelny pro celé areály. Dálkové vytápění a rostoucí výška budov upevnily i postavení teplovodních soustav s nuceným oběhem. Byly realizovány soustavy s použitím trubek malých průměrů a soustavy s hranatými trubkami (Lázňovský).

V letech 1960 a dalších nalézá uplatnění teplovodní soustava s nuceným oběhem otopné vody i v rodinných domcích, protože nucený oběh umožňuje několik samostatných rozvodů. Do té doby nebyl u nás dostatek vhodných čerpadel.

V poslední době existuje řada otopných soustav vhodných pro vytápění rodinných domků [1].

3. ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA OTOPNÉ SOUSTAVY

Po provedené volbě určitého druhu otopné soustavy pro konkrétní stavební objekt (rodinný domek) je nezbytné při jejím návrhu postupovat podle daných hledisek a zásad a splnit zároveň základní požadavky:

1. Požadavek z hlediska splnění platných norem a předpisů
2. Požadavek z hlediska zdroje tepla a návazných technických zařízení
3. Požadavek z hlediska teplonosné látky
4. Požadavek z hlediska zajištění oběhu otopné vody
5. Požadavek z hlediska bezpečnosti provozu
6. Požadavek z hlediska zajištění hydraulické a tepelné stability
7. Požadavek z hlediska provozně – energetického provozování
8. Požadavek z hlediska antikoroze a antiinkrustační ochrany
9. Další hlediska [1].

4. CENA TEPLA

Stanovení cenových relací cen energie je s ohledem na jejich stálé přehodnocování a přibližování se ke skutečným nákladům na jejich výrobu, distribuci, rozdělování a spotřebu (světové ceny) velmi svízelné. Vždy je nutné uvažovat s vlivem času na vývoj cen energetických zdrojů [1].

4.1. Vliv času na vývoj cen energie

Primárním faktorem ovlivňujícím rozvoj energetické soustavy ČR je nákladovost výroby energie. Náklady rozložené v čase jsou váženy 10 % diskontní sazbou (u elektrické energie). V podmínkách tržního hospodářství je energie charakterizována jako zvláštní druh zboží pro svou neobnovitelnost, neskladovatelnost, vazby na ekologii apod. Ceny musí odpovídat nákladům na pořízení energetických zdrojů v tuzemsku, resp. reálně možným dovozům. Musí být zajištěny takové relace cen, při nichž bude přihlédnuto k principu rovnosti nákladů na získání konečné užité hodnoty. Elektrická energie nemá světovou cenu a je stanovena (stejně jako v ostatních zemích) na úrovni tuzemských reprodukčních nákladů tepla. Do tvorby cen musí být promítnuty ekonomické nástroje státu (soustava spotřebních energetických a ekologických daní, dotace na aktivity atd.). Ceny paliv a energie, které stimulují realizaci efektivní energetické politiky, musí být stanoveny, respektive regulovány ekonomickým centrem.

V případě, že výrobce nebo dodavatel tepla (investor) je zároveň uživatelem nebo odběratelem (jedna osoba), pak má prioritu při určování nákladů stanovisko investora (spotřebované palivo).

a) Ceny uhlí:

Současné ceny uhlí obsahují příslušné ceníky podle kvality konkrétních typů.

Určují se podle:

- Vývoj ceny energetického uhlí odpovídá vývoji světové ceny ropy
- Vývoj ceny energetického uhlí na bázi vývoje cen zemního plynu

b) Ceny zemního plynu:

Na celkovou úroveň cen zemního plynu má zásadní vliv vývoj cen světových cen ropy.

c) Vývoj cen elektrické energie:

Nejnižší měrné výrobní náklady na výrobu elektřiny jsou podle propočtů u jaderných elektráren (v ČR JE Dukovany a JE Temelín)

d) Vývoj cen ropy:

Vývoj světových cen ropy se pohybuje podle vývoje světové ekonomiky a politické situace.

Ve světě se cena paliv stanovuje také s ohledem vlivu při jejich spalování na životní prostředí [1].

Konstrukce ceny tepla

Cena tepla je podřízena zákonu č. 526/1990 Sb. o cenách a vyhlášce č. 450/2009 Sb., kterou se provádí zákon č. 526/1990 Sb., o cenách, ve znění pozdějších předpisů. Konstrukce ceny tepla je záležitostí výrobce a distributora.

Základem správné konstrukce ceny tepelné energie v celém řetězci od získávání paliv, přes výrobu tepla a distribuci až ke konečnému spotřebiteli, je rozdělení nákladů a jejich ocenění náklady za energii (proměnný náklad) a náklady za výkon (stálý náklad).

Konstrukce ceny tepelné energie má velký význam pro financování prvních třech měsíců roku, kdy v klimatických podmínkách ČR se spotřebuje více jak 50 % energie z celoroční spotřeby [1].

5. VYTÁPĚNÍ TUHÝMI PALIVY

Vytápění tuhými palivy je jedním z nejzákladnějších a nejstarších vytápění vůbec. Nejrozšířenějším tuhým palivem je podle statistik hnědé uhlí, dražší volbou je černé uhlí. Tento fakt je však závislý na cenách energie, účinnosti spalování a dalších aspektech.

Dalšími využívanými palivy je například biomasa, nebo různě zpracované dřevo ve formě pelet, briket apod., které mají vysokou účinnost a především přijatelnou cenu, která je například nižší, než u vytápění plynými palivy. Při spalování biomasy nedochází k tak značnému úniku prachových částic do ovzduší.

S vývojem způsobů spalování tuhých paliv se mění i trendy vytápění, což má za následek větší zájem o paliva pocházející z obnovitelných zdrojů. S nástupem automatických kotlů se velmi zvýšil komfort vytápění.

5.1. Biomasa

Jedním z nejpobulárnějších obnovitelných zdrojů v dnešní době je právě biomasa. Biomasa je definována jako jakákoliv hmota organického původu, jak živočišného, tak i rostlinného.

V České republice zastupují všechny druhy biomasy až 80% veškeré produkce energie z obnovitelných zdrojů.

Hlavním zdrojem energetické biomasy bývá zemědělský a lesnický odpad. V současné době se rozvíjí cílené pěstování rostlin přímo pro výrobu biomasy.

Biomasa se dělí na suchou a mokrou. Suchá biomasa je především dřevní odpad a sláma. Lze ji spalovat přímo nebo stačí pouze mírné vysušení. Mokrý biomasa se skládá z tekutých a pevných výkalů zvířat, které jsou promíchané s vodou. Nelze ji spalovat přímo. Základními procesy suchého spalování jsou vedle spalování také zplynování a pyrolýza. Procesy mokré páry zahrnují anaerobní vyhnívání, lihové kvašení a výrobu biovodíku [3].

5.1.1. Pelety

Peletky jsou ekologické palivo, které je vyráběno především z dřevní (piliny, hobliny, sláma) a okrajově rostlinné biomasy. Nejčastější formou, ve které je můžeme zakoupit, je forma slisovaných granulí válečkového tvaru, jsou tedy dobře skladné a snadno se s nimi manipuluje. Rozměry se pohybují okolo 5 - 40 mm délka a 5 - 10 mm průměr.

Svoji vysokou výhřevností (18 MJ/kg) předčí i některé druhy uhlí a k vytápění celého rodinného domu je zapotřebí pouze 4-5 tun pelet ročně.

Pelety se nejčastěji spalují ve speciálních automatických kotlích nebo kamnech na pelety, kde je dosaženo podobného komfortu obsluhy, jako například u elektrokotlů nebo plynového kotle [4].



Obr. 5.1 Pelety (2)

5.1.2. Brikety

Brikety jsou ve formě slisovaných dřevních zbytků, které mají nejčastěji tvar válců nebo kvádrů a jsou dlouhé až 30 cm. Na trhu se objevují brikety s otvorem, které jsou vhodné pro výtop objektů, z důvodu rychlejšího prohořívání. Jsou univerzálním palivem. Můžeme s nimi topit ve všech typech kotlů na dřevo, uhlí nebo krbových kamnech. Jejich vlastnosti jsou podobné peletám (nízký obsah vody a popelovin). Brikety se vyrábí z odlišných zdrojů biomasy. Například lehčí a perforované brikety usnadňují vytopení menších prostor, ale naopak plné a těžší brikety, zajišťují stabilní a pomalý žár, který může trvat několik hodin [5].



Obr. 5.2 Brikety (3)

5.1.3. Dřevní štěpka

Dřevní štěpka je jedním z dalších ekologických druhů paliva. Je vyráběna z odpadů po lesní těžbě dřeva či dřevozpracujících provozech nebo i cíleně pěstovaných energetických dřevin. Je strojně nakrácena a nadrcená na části od 3 do 250 mm. Dřevní štěpka je určena k vytápění větších budov. Podle kvality štěpky se dělí na štěpku zelenou, hnědou a bílou.

Zelenou dřevní štěpku získáváme například z částí drobných větví, listí, případně jehličí a z toho plyne její vysoká vlhkost.

Hnědá štěpka je získávána např. z částí kmenů nebo pilařských odřezů. Charakteristický je pro ni určitý obsah kůry vlivem nezpracovaného dříví, které nebylo odkořeněno.

Bílá štěpka je získána z odkořeněného dříví obvykle z odřezků při pilařských pracích [6].



Obr. 5.3 Dřevní štěpka (4)

5.2. Spalování biomasy

Biomasa se nedá spalovat v běžných kotlích na fosilní paliva. Volbou správného kotle podle druhu paliva dosahujeme nejvyšší možné účinnosti.

Při spalování biomasy má v podstatě nulovou bilanci CO₂, který patří mezi tzv. skleníkové plyny. Produkce CO₂ při spalování biomasy je na neutrální hodnotě, protože hodnota CO₂, která vznikne spalováním, je v odhadech stejná jako ta, která je zpětně vázána do rostlin v zemědělských a lesních prostorech nebo na energetických plantážích.

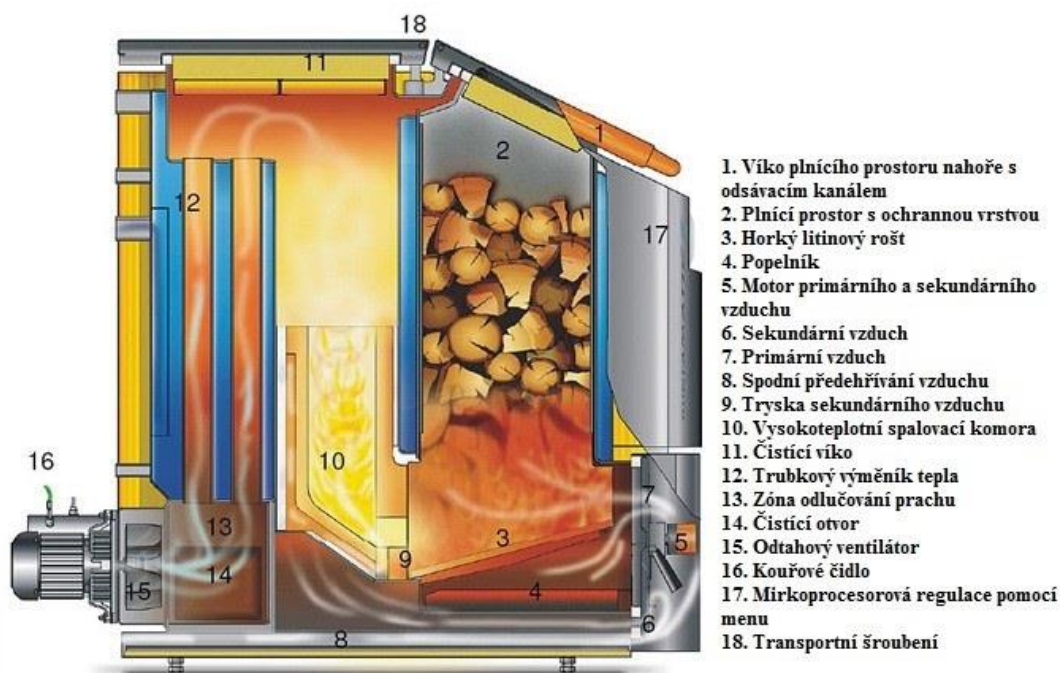
Při spalování biomasy je podíl těkavé hořlaviny velmi vysoký (u dřeva 70%, u slámy 80%) a vzniklé plyny mají různé spalovací teploty. Dokonalé spalování biomasy nám zaručí vysoká teplota, účinné směšování se vzduchem a prostor dostatečný k tomu, aby plyny dokonale shořely tam, kde mají a nehořely například v komíně [7].

5.3. Kotle na tuhá paliva

5.3.1. Zplyňovací kotle

Zplyňovací kotle jsou konstruovány pro spalování dřeva založeného na principu tzv. generátorového zplyňování s použitím odtahového ventilátoru, který odsává spaliny z kotle, nebo s použitím tlačného ventilátoru, který vhání spalovací vzduch do kotle. Jednoduše řečeno, tento typ kotlů provádí tepelný rozklad organických a anorganických látek v uzavřené komoře kotle za mírného přetlaku vytvářeného ventilátorem.

Výhodami těchto kotlů je především jejich spalovací prostor, kde je možné spalovat velké kusy dřeva. Objemný zásobník paliva umožňuje dlouhé doby hoření. Účinnost se pohybuje v rozmezí 81 až 87 %, ale záleží na typu kotle. Díky dobře umístěnému odtahovému ventilátoru dochází k bezprašnému vybírání popela. Dále je kotel vybaven také zařízeními, usnadňujícími jeho obsluhu. Po dohoření paliva dochází díky spalínovému termostatu k automatickému vypnutí kotle [8].



Obr. 5.4 Zplynovací kotel na kusové dřevo a brikety (5)

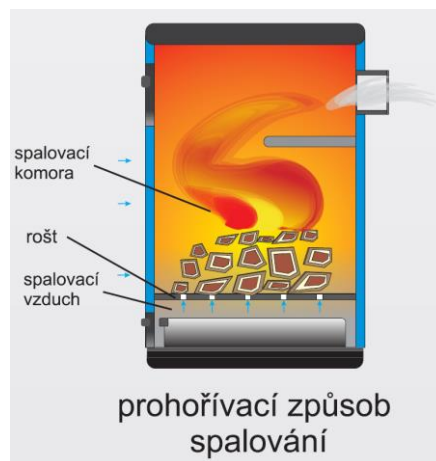
5.3.2. Kotle na kusové dřevo

Tyto kotle často plní funkci nejen spalování kusového dřeva, ale také je v nich možné spalovat i uhlí.

5.3.2.1. Prohořivací kotle

Prohořivací kotle mají roštové ohniště ve spalovací komoře, kam se přidává nová dávka paliva již na hořící vrstvu, která leží na roštu. Spaliny se snaží projít přes celou vrstvu přiloženého paliva. Po přiložení paliva dochází k fázi ohřevu, sušení, zplynění a hoření odplyněného zbytku paliva nebo uhlíku. Provoz těchto kotlů není příliš kvalitní a je zde vysoké dehtování a vysoká emise CO. Ale i přes tyto nevýhody je stále široce používán, jako spalovací zařízení a jejich účinnost dosahuje hodnot 50 až 83 %.

Tento typ kotle se dá také nazvat lidově, jako kamna. Toto provedení, má ale nejčastěji námi známe čelní prosklení a topí se v něm kusovým dřevem [9].

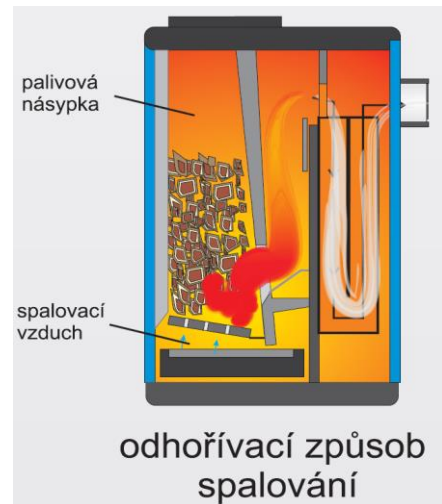


Obr. 5.5 Prohořivací kotel (6)

5.3.2.2. Odhořivací kotle

Palivo (uhlí, dřevo) je přikládáno do zásobníku paliva, které se nachází nad ohništěm. Palivo zde hoří na roštích postupně a spaliny neprocházejí celou vrstvou vloženého paliva. Během provozu se palivo postupným hořením sesouvá z palivové šachty do prostoru spalovací komory.

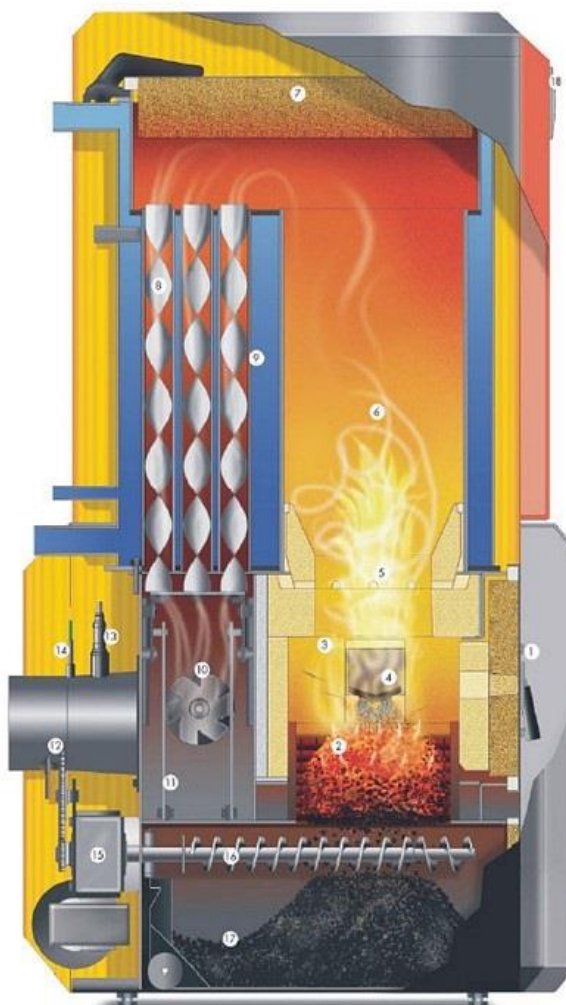
Prchavá hořlavina uvolněná z paliva v násypce prochází oblastí vysokých teplot ve spalovací komoře. Díky tomu je využití hořlaviny vyšší, než u prohořivacích kotlů [9].



Obr. 5.6 Odhořivací kotel (7)

5.3.3. Kotel na pelety

Kotle na pelety jsou konstruovány tak, že do levé nebo pravé strany kotle je zabudován hořák pelet, který automaticky za pomoci šnekového dopravníku odebírá pelety ze zásobníku, který je zpravidla umístěn vedle kotle, nebo ve vedlejší místnosti [10].



Legenda

1. Dvířka topeniště
2. Stupňový rošt - Primární vzduch
3. Spalovací komora
4. Ukazatel naplnění
5. Vířivá tryska - Sekundární vzduch
6. Reakční trubka z ušlechtilé oceli
7. Čistící víko
8. Virbulátory / vířidla
9. Trubkový výměník tepla
10. Odtahový ventilátor
11. Čištění výměníku tepla
12. Kouřovod
13. Sonda lambda
14. Kouřové čidlo
15. Pohon čištění resp. roštu
16. Šnekový dopravník popela
17. Pojízdný popelník
18. Regulace pomocí menu

Obr. 5.7 Kotel na pelety (8)

5.3.4. Kotel na dřevní štěpku

Kotle na dřevní štěpku jsou schopné ji spalovat zcela nestlačenou a nadrobno rozdrčenou (štěpkovač, drtič) nebo nasekanou (nožový štěpkovač). Vlivem toho, že štěpku nestlačujeme je na její skladování potřeba větší prostor (velkoobjemová síla, sklady) [11].



Obr. 5.8 Automatický kotel na dřevní štěpku (9)

6. VYTÁPĚNÍ TUHÝMI FOSILNÍMI PALIVY

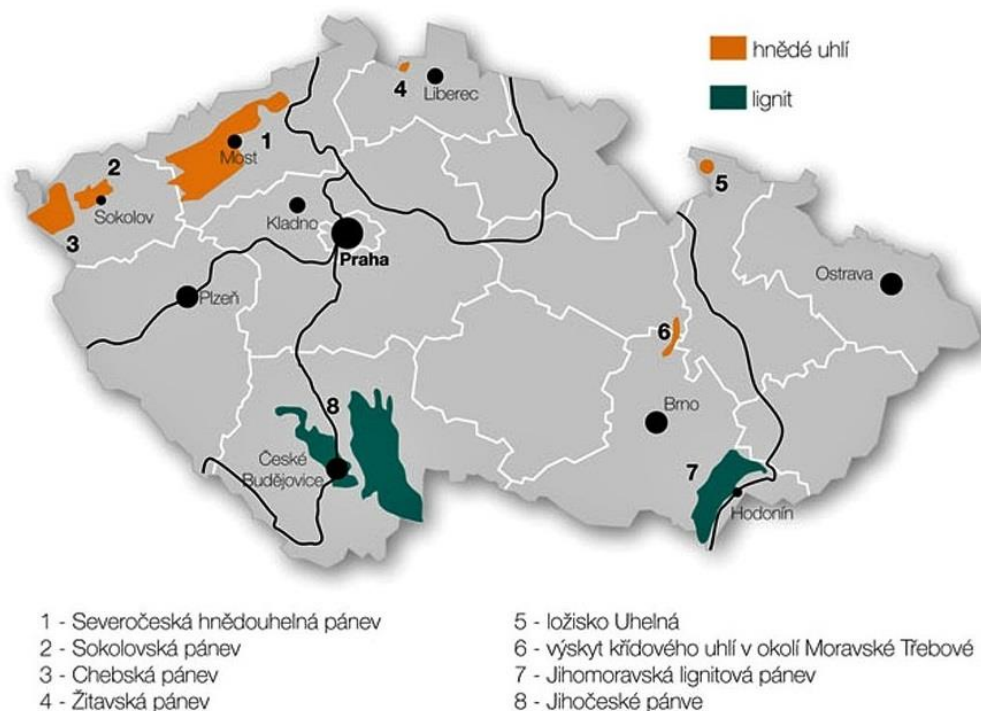
Vytápění tuhými fosilními palivy je nejstarším způsobem. Tato paliva získávají díky neustále se zvyšujícím cenám elektřiny a plynu opět větší oblibu. Lidé nejčastěji topí černým uhlím, hnědým uhlím nebo koksem. Tento návrat ke starým zdrojům s sebou však přináší i nevýhody ekologického charakteru. Při spalování uhlí vzniká velké množství škodlivých látek, které nepříznivě působí na životní prostředí. Trendem do budoucna je vytvářet moderní technologie kotlů, které zefektivňují jejich spalování a částečně regulují množství škodlivých látek vypouštěných do ovzduší [12].

6.1. Černé a Hnědé uhlí

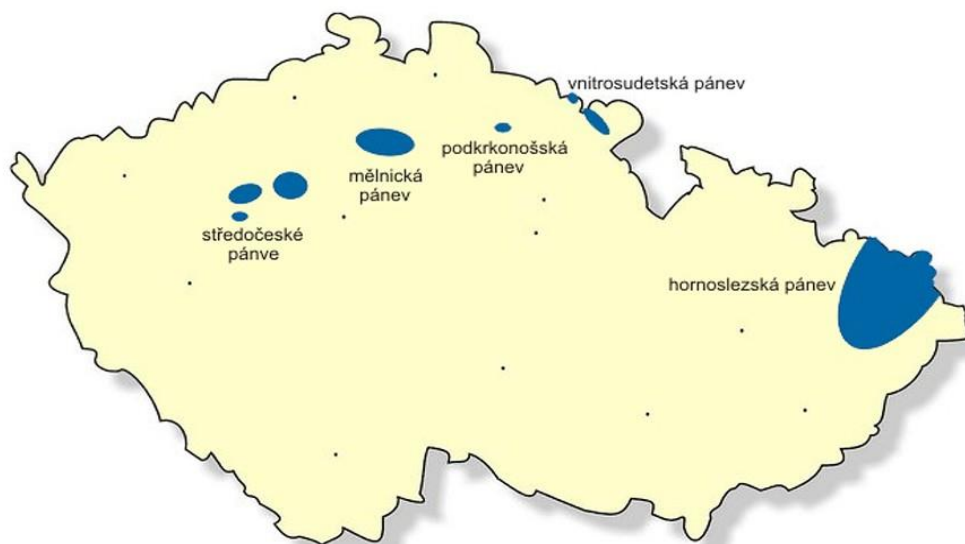
Uhlí je fosilní palivo s vysokým obsahem uhlíku C a vodíku H. Většina světových zásob uhlí pochází už z dob karbonu, tj. přibližně před 300 miliony let. Z geologické stránky je starší černé uhlí (antracit). Geologickému stáří odpovídá kvalita a tím i výhřevnost uhlí a složení emisí při jeho spalování. Černé uhlí je tedy oproti hnědému příznivější pro životní prostředí a má výhodnější energetické a emisní vlastnosti. Z toho důvodu je cena černého uhlí vyšší než cena hnědého uhlí [13].



Obr. 6.1 Černé uhlí (10)



Obr. 6.2 Hnědouhelné pánve a ložiska hnědého uhlí a lignitu v České republice (11)



Obr. 6.3 Mapa ložisek černého uhlí (12)

6.2. Koks

Při výrobě koksu vzniká velké množství nežádoucích látek pro životní prostředí (čpavek, síra, surový dehet a další). Koks vzniká pyrolýzou černého uhlí při vysokých teplotách (nad 1000 °C) bez přístupu vzduchu. Pro výrobu koksu se klade důraz na obsah síry a vhodné vlastnosti pro termické zpracování černého uhlí. Tím jsou odstraněny prchavé složky a nežádoucí příměsi. Dále nevznikají při topení koksem téměř žádné nebezpečné zplodiny a z komína odchází prakticky jen čistá CO₂. Koks se vyznačuje vysokou výhřevností (až 29,6 MJ/kg), proto stačí polovina množství na roční vytápění než u černého uhlí. Výhodou tohoto vytápěcího paliva je, že koks je oproti uhlí lehký a není těkavý, takže může prohořívát jednoduchým způsobem v kotlích, které nejsou konstrukčně příliš složité [14].



Obr. 6.4 Koks (13)

6.3. Spalování uhlí

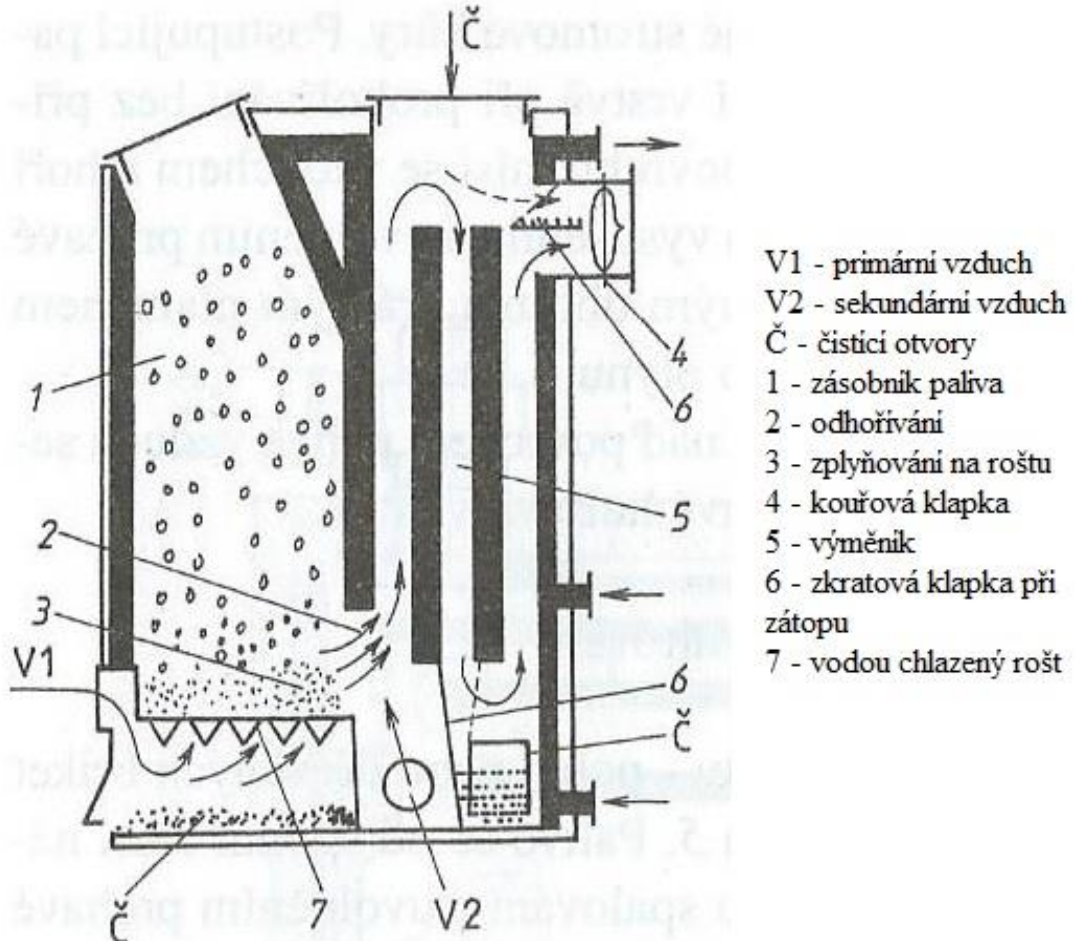
Při spalování uhlí se použijí kotle s pevným nebo pohyblivým roštem. Spalování uhlí s velkým obsahem prchavé hořlaviny nejčastěji probíhá spodním odhoříváním. Na roštu se spaluje malá vrstva paliva, aby došlo k dobrému vyhoření paliva a zároveň při malém obsahu spalovaného paliva je výkon kotle snáze regulovatelný. Přívod spalovacího vzduchu je nejčastěji přirozený a podobně jako u spalování dřeva se pod rošt přivádí vzduch primární a do zóny spalování vzduch sekundární. Zásobníky paliva se proti dřívějším kotlům zvětšily a obsah vody se v kotli snížil. Celkově převládá tendence zajistit poloautomatický provoz kotlů s proměnlivým výkonem.

Při spalování uhlí a koksu zůstává větší obsah popelovin než při spalování dřeva. Je nutné zajistit čištění výměníku, prostor pod výměníkem a dále zajistit vybírání popelníku [1].

6.4. Kotle na uhlí

a) Kotel s pevným roštem s atmosférickým spalováním

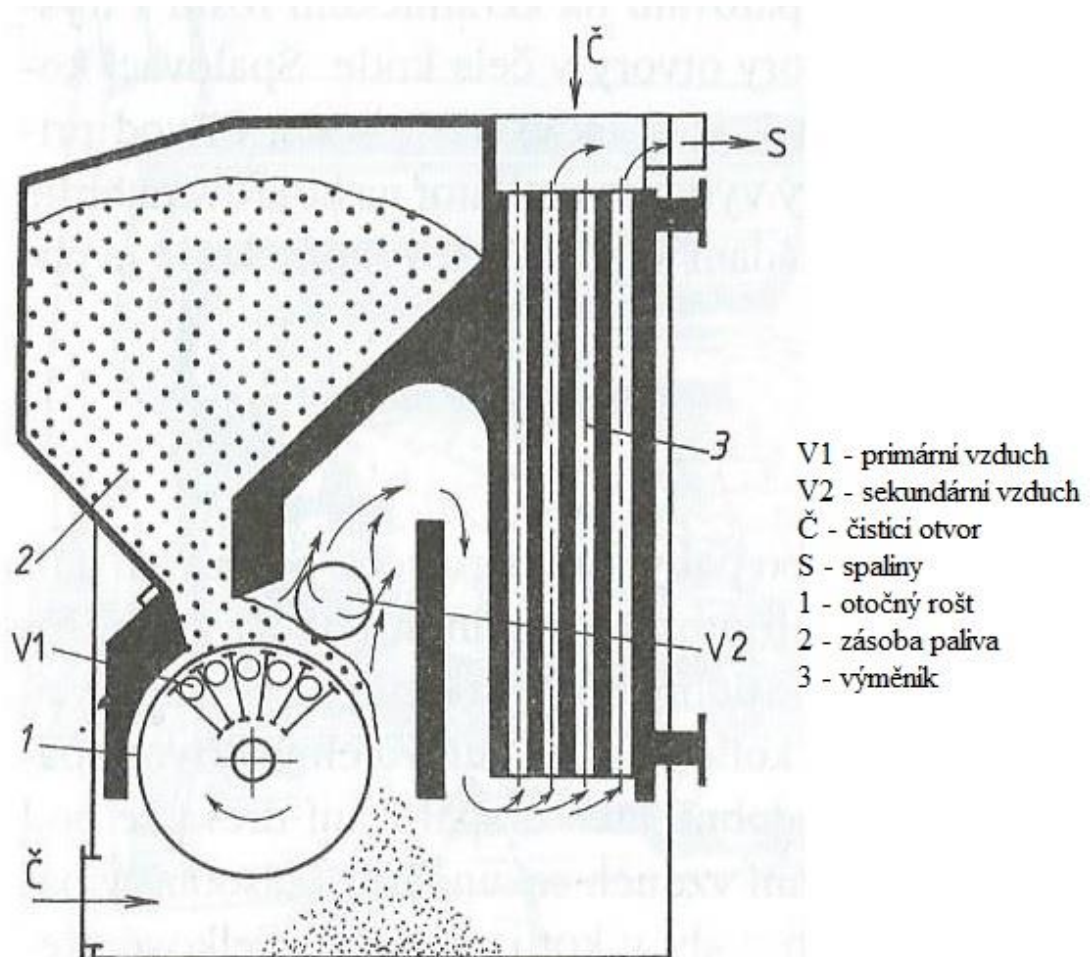
Kotel má deskový výměník sestavený ze tří kotlových tahů s možností zkratu pro proudění spalin při zátoku s menší tlakovou ztrátou ve výměníku 5. Horním poklopem nad výměníkem je možné výměník čistit a pod výměníkem je otvor pro vybírání sazí. Zásobník paliva je dostatečně dimenzován.



Obr. 6.5 Kotel s pevným roštem s atmosférickým spalováním (14)

b) Kotel s pohyblivým roštem

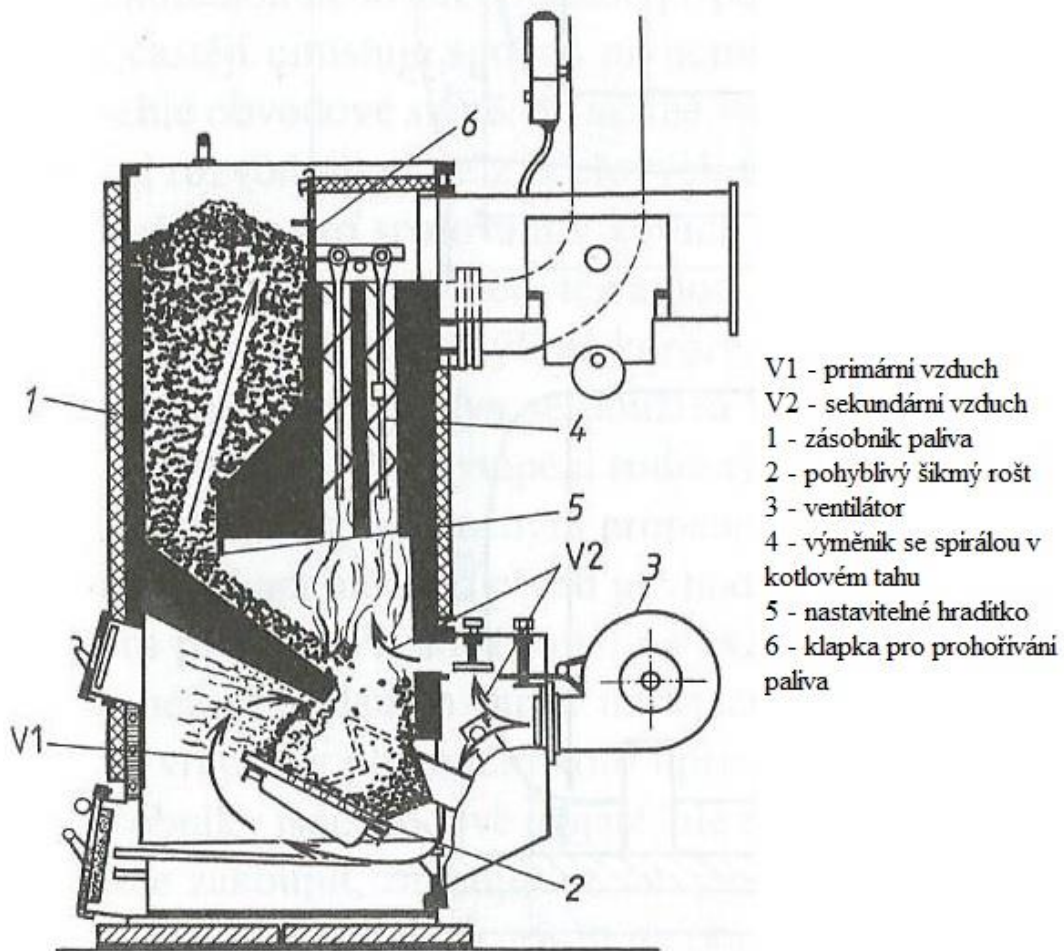
Pod zásobníkem kotle se otáčí rošt a palivo odhořívá v malé vrstvě. Výkon kotle závisí na rychlosti otáčení roštu. Primární vzduch se přivádí pod rošt a sekundární do oblasti spalování. Výměník je trubkový (plameneč) jednořadý.



Obr. 6.6 oteel s pohyblivým roštem (15)

c) Kotel s přetlakovým spalováním

Dávkování paliva je řazeno hradítkem, které zajišťuje pohyb paliva do spalovacích komor v malé vrstvě. Spalování probíhá při padajícím palivu na šikmý nastavitelný rošt. Přívod primárního vzduchu nad rošt a sekundárního vzduchu do spalovací zóny je zajištěn ventilátorem. Nastavení průtoku sekundárního vzduchu a tím i výkonu kotle se děje ventilem. Množství spalovaného paliva se řídí pohybem roštu. Výměník je trubkový, jednořadý s usměrňujícími spirálami pro zvýšení turbulence spalin. Spalovací proces je řízen ventilátorem, pohybem roštu a přivíráním přívodu vzduchu. Klapka v horní části výměníku je pro alternativní prohořívání paliva (šipka vzhůru) [1].



Obr. 6.7 Kotel s přetlakovým spalováním (16)

7. VYTÁPĚNÍ PLYNEM

Vytápění plynem je druhem vytápění, které je šetrné k našemu ovzduší. Vlivem spalování paliv nevzniká tolik škodlivých látek, jako například u spalování uhlí. Proto je toto vytápění s postupem času používané nejen pro svůj kladný dopad z ekologické stránky, ale také pro jeho plně automatický chod a snadnou regulaci teploty.

Mezi nejpoužívanější paliva patří zemní plyn a zkapalněné plyny jako je propan nebo butan.

7.1. Náklady na plynové vytápění

Při pořizování teplovodního vytápění s plynovým kotlem pro rodinný dům se mohou ceny velmi lišit. Především záleží na tom, jestli je dům vybaven radiátory, kolik radiátorů je instalováno a jestli má dům i podlahové vytápění.

Pro běžný rodinný dům lze pořídit instalaci například šesti kusů teplovodních radiátorů a běžného kotle v ceně od 80 000 do 100 000 Kč (včetně DPH) za podmínky, že už byl do domu zaveden přívod zemního plynu, je k dispozici vhodný odvod spalin (komín, který nevlozkuje) a je zde místo pro kotelnu (nebudou se provádět dodatečné práce na dalších prostorách). Pokud by se ale rodinný dům vybavoval lokálními plynovými topidly, což není podle odborníků obvyklé, samotná topidla by se dala pořídit za zhruba 45 000 Kč (cca 7 500 Kč za kus, včetně DPH), přičemž by se musela připočíst cena rozvodu zemního plynu a cena za technické úpravy odvodu spalin. Ve výsledku se nejčastěji dosahuje podobné hodnoty ceny, jako u prvního příkladu.

Pro jeho komfortnost, regulovatelnost a dobrou účinnost lze použít například i v menších bytech, kde by investice a provoz kotle s radiátory vyšla mnohem draž [15].

7.2. Plyná paliva

7.2.1. Zemní plyn

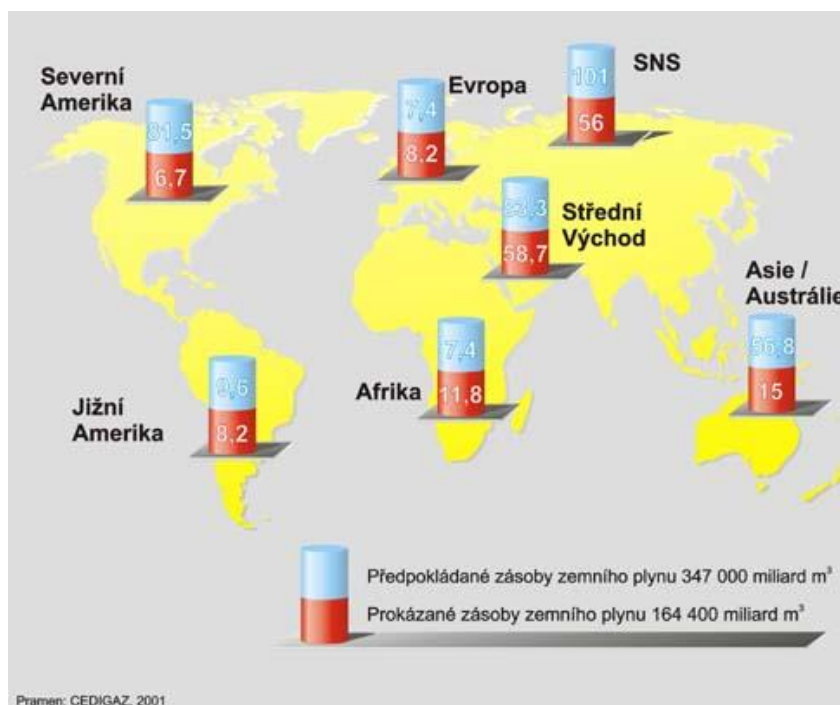
Zemní plyn je nejpoužívanějším plynným palivem. Jeho doprava potrubními systémy na námi požadovaná místa nevyžaduje žádnou hnací sílu a je minimálně ztrátová. Zemní plyn se používá především kvůli jeho vysoké energetické účinnosti při spalování. Plynové spotřebiče mají velmi snadnou regulovatelnost, automatizaci a jsou snadno ovladatelné. Jeho vysoký



Obr. 7.1 Plynový sporák - ilustrační foto (17)

energetický obsah a příznivé složení je velmi šetrné k životnímu prostředí. Jedinou škodlivinou při spalování zemního vzniku, která nám dělá starosti, je vznik oxidů dusíku NO_x . Tato škodlivina vzniká při spalování jakéhokoliv paliva, které při spalování využívá vzduch. Tvorba NO_x je závislá na teplotě spalování – čím vyšší teplota, tím vyšší i tvorba NO_x . U zemního plynu mohou vznikat oxidy dusíku pouze ze vzdušného dusíku, protože neobsahuje žádné dusíkaté látky. V dnešní době už

se výrobci plynových kotlů zaměřují na omezení vzniku NO_x konstrukčními úpravami hořáků a spalovacích komor spotřebičů [16].

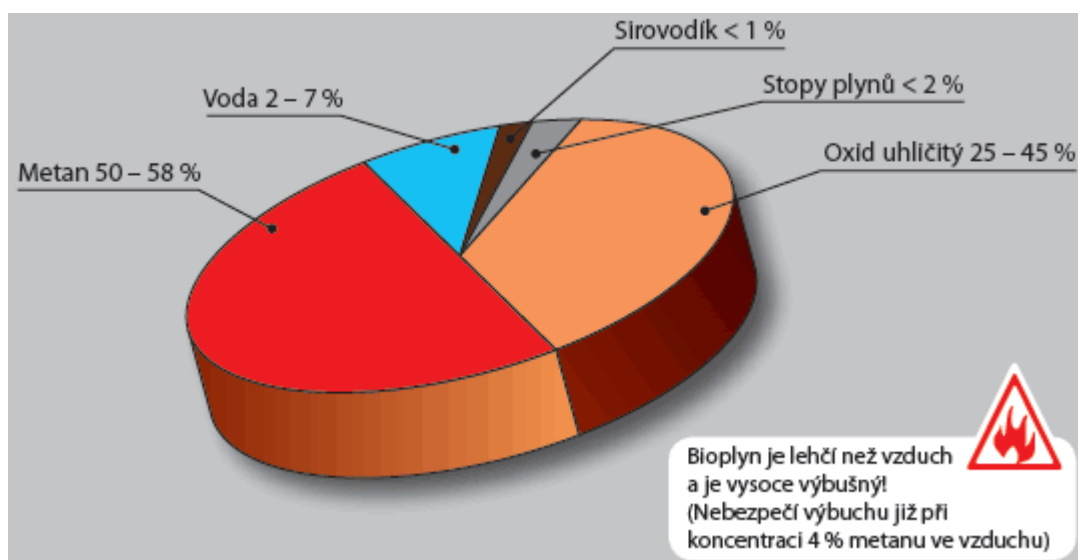


Obr. 7.2 Celková zásoba zemního plynu (18)

7.2.2. Bioplyn

Z názvu vyplývá, že bioplyn má vysoké pozitivní přínosy pro ochranu a tvorbu životního prostředí. Termín bioplyn se začal používat až koncem 20. století. Dříve se označoval jako tzv. „kalový plyn“ nebo také „čistírenský plyn“. Je to tedy nejčastěji bezbarvá směs metanu (cca 60%) a oxidu uhličitého (cca 40%), získané z organických látek (např. vyhnívání). V přírodě tento proces probíhá v místech, kde není přístup vzduchu, jako např. bažiniště, dna jezer apod. Hlavní podstatou je, že směsná kultura mikroorganismů postupně rozkládá organickou hmotu. Z hlediska reakčních teplot se anaerobní procesy dělí podle teplot na psychrofilní (5 – 30 °C), mezofilní (30 – 40°C), termofilní (45 – 60°C) a extrémně termofilní (nad 60°C). Od teploty se dále odvíjí hygienizace materiálu. Optimální teplotou, která je nejbezpečnější a nejpoužívanější je cca 38°C, tedy mezofilní.

V dnešní době se rozrůstají speciální skládky (uzavřené nádrže) odpadů, které obsahují biologicky rozložitelné komponenty, z kterých plyn vzniká. Proces fermentace vzniká v uzavřených a míchaných nádržích – fermentorech. Fermentory mohou být jak nadzemní, tak i částečně zapuštěné v zemi. Ve fermentorech dochází k odbourání sušiny v obsahu 50 – 70%. Skládkový plyn má nízký obsah dusíku a velmi nízký obsah kyslíku při majoritním zastoupení pouze metanu a oxidu uhličitého. Obsahuje ale i jiné látky.



Obr. 7.3 Složení bioplynu z energetických rostlin (19)

Vedlejším produktem je stabilizovaný anaerobní materiál (fermentační zbytek, fermentát), který je v současné době asi nejvíce využíván jako hnojivo. Fermentační zbytek je třeba uskladnit v souladu se zásadami správné zemědělské praxe [17], [18].

7.2.3. Zkapalněné plyny

Nejčastěji se využívá zkapalněného zemního plynu tam, kde není možná přivést klasický zemní plyn. Tento plyn má vysokou výhřevnost, nízké pořizovací náklady, které se pohybují v rozmezí 30 – 35 tisíc korun. Například v porovnání s vytápěním elektřinou tak můžeme ušetřit až 20 % nákladů na vytápění. Vytápění na zkapalněný plyn je také v některých případech výhodnější, než vytápění tepelným čerpadlem (u domů s nižší spotřebou energie).

Zkapalněný plyn se skladuje v zásobníku, který se nachází v blízkosti domu. Při odběru přechází z kapalného skupenství do plynného a je veden potrubím do budovy, kde je pak dále využíván. Další možné umístění je podzemní zásobník.

Zkapalněný plyn je nejen levný ale také velmi šetrný k okolnímu ovzduší. Vzniká totiž jako druhotná surovina při těžbě plynu, ropy nebo při její rafinaci [19].

	ZKAPALNĚNÝ PLYN	TEPELNÉ ČERPADLO	ELEKTRINA	TUHÁ PALIVA
SKLADOVÁNÍ	Uchovává se v zásobnících o obsahu 2700 nebo 4850 l, které je možné pronajmout u dodavatele plynu.	Systém voda-voda je náročný na dostatek vody (2–3 m ³ /hod.), zem-voda vyžaduje použití plastových trubek osazených v zemi na ploše 10–30 m ² na 1 kW výkonu, případně hloubkové vrty.	Není třeba.	Je potřebný velký prostor ve sklepě nebo u domu, aby bylo možné udělat zásobu na celou sezónu.
SPALINY	Čisté emise, tvořené malým obsahem oxidu uhličitého a vodou, nevzniká žádný pevný odpad ani saze.	Jsou nepřímé – přes spotřebovanou elektřinu na pohon čerpadla (představuje 1/3 výkonu čerpadla).	Jsou nepřímé vznikající při výrobě elektřiny. 70 % elektrické energie v celosvětovém měřítku je produktem spalování fosilních paliv (velmi vysoké emise).	Popel a spalinové plyny, v případě uhlí i struska.
OBSLUHA A ÚDRŽBA	Zásobník se doplňuje podle potřeby, obsluha jednoduchá, systém automatický (termostat) a komfortní, nevyžaduje žádnou speciální údržbu.	U systémů voda-voda velmi náročná, u systémů zem-voda se velmi těžko řeší případné poruchy pod zemí.	Automatická obsluha termostatů, složitější při akumulacím topení.	Třeba často doplňovat palivo, čistit kotel, uklízet popel.
VÝHODY	Nezávislost na veřejném plynovodu, snadné čištění kotle, možnost vaření, snadná změna na zemní plyn.	Nízké provozní náklady.	Snadná instalace, není třeba skladování a kotel.	Lehce dostupné, levné.
NEVÝHODY	Prostor pro umístění zásobníku.	Velmi vysoké počáteční investice a vedlejší náklady. Nedostatečný výkon při velmi nízkých teplotách a hluchost systémů vzduch-voda.	Vysoké provozní náklady.	Hodné místa na skladování, pracná obsluha – třeba přikládat ručně, hodně popelu a usazenin.

Obr. 7.4 Porovnání alternativ vytápění v místech bez dosahu zemního plynu (20)

7.3. Spalování plyných paliv

Podíl plyných paliv na vytápění rodinných domků v posledních letech stále více vzrůstá. Vzhledem k tomu, že se jedná o ekologicky nejkvalitnější palivo a provoz zdroje je plně automatický a regulovatelný, bude se i v budoucnu stále více používat plyných topných zdrojů.

Druhy plynu a možnost použití:

- Svítliplyn – přestal být dodáván do ČR po roce 1996
- Zemní plyn – je dodáván do téměř všech sítí venkovních plynovodů pod nízkým tlakem do 5 kPa nebo středním tlakem 0,3 MPa. Je-li v místě odběru dostatečně dimenzovaná plynovodní síť je možné, se souhlasem plynárenského podniku, připojit se nízkotlakou nebo středotlakou přípojkou. Přípojka končí hlavním uzávěrem, který se nejčastěji umísťuje spolu s plynoměrem nebo také s regulátorem tlaku do skříně v přílehlé obvodové stěně, do skříně v instalačním přístavku nebo v oplocení domku. Vnitřní rozvod plynu je z ocelových trubek a je ukončen před kotlovým uzávěrem.
- Bioplyn – lze pro spalování v kotlích navrhovat v případě, že je v blízkosti zdroj např. skládka, ustájený dobytek apod. Pro přepravu v ocelovém potrubí je nevhodný vzhledem k možnosti zvýšené koroze potrubí.
- Zkapalněný topný plyn – používá se všude tam, kde není místní plynovodní síť se zemním plynem. Pro vytápění rodinných domů a pro přípravu TUV se používají zásobní nádrže se zkapalněným propanem. Plynový kotel na zkapalněný propan může být provozován až do doby, než se v daném místě uskuteční plynofikace zemním plynem.

8. ELEKTRICKÉ VYTÁPĚNÍ

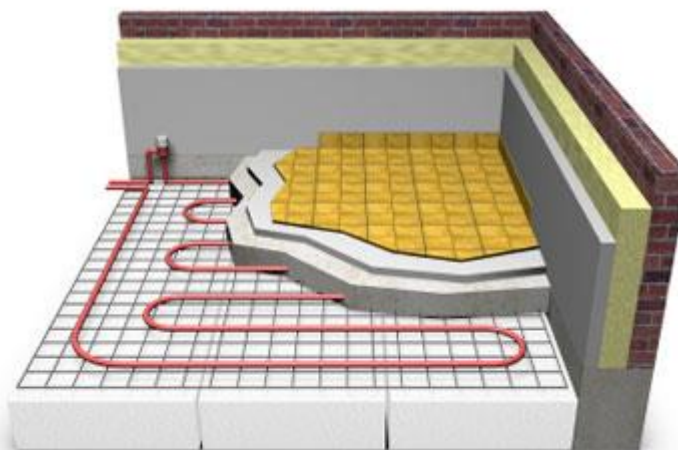
Jedná se o jeden z nejkomfortnějších a nejméně investičních způsobů vytápění v dnešní době díky snadné a velice přesné regulaci. Nízké náklady na otopnou soustavu kompenzují vyšší cenu elektřiny, a to zejména v případě vytápění domů s nízkou spotřebou elektrické energie.

Elektrická instalace může být realizována v rámci stavební konstrukce (podlaha, stěna, strop).

Zdrojem tepla v případě elektrického vytápění může být elektrický přímotopný zdroj, elektrický akumulární zdroj nebo tepelné čerpadlo. Výhodný tarif na odebíranou elektřinu je využíván i pro všechny ostatní spotřebiče. Při stále se zvyšující spotřebě elektřiny v domácnostech tak dochází k zajímavým úsporám [20].

8.1. Podlahové vytápění

Je to určitý druh velkoplošného vytápění, kde tvoří otopnou plochu některá ze stěn ohraničující vytápěný prostor (strop, stěna, podlaha). U plošného vytápění je výhodou, že okolní prostory jsou vytápěny především sáláním. Probíhá to ale tak, že sálající plochy ohřívají plochy osálané a až pak ohřívají osálané plochy vzduch. Teploty plochy podlahového vytápění nedosahují vysokých teplot, tudíž i teplota teplotonosné látky je nízká. Výhodou tohoto vytápění je jeho umístění, které je pod podlahou vytápěného prostoru [20].



Obr. 8.1 Provedení podlahového vytápění v praxi (21)

8.2. Stěnové vytápění

Nízkoteplotní stěnové vytápění, velmi podobné podlahovému vytápění, má svoje přednosti. Vytváří nejideálnější teplotní klima, je flexibilní při projektování a přináší nové možnosti využití v bytové výstavbě, včetně chlazení interiéru. Tepelná pohoda se dostavuje dříve než například u podlahového a radiátorového vytápění.

Hlavním principem je uložení trubek ve stěně místnosti pod tenkou vrstvou omítky.

Vytápěná stěna představuje velkoplošný zdroj sálavého tepla, které dosahuje teplot cca 35 °C, ale i více. Jedná se o sálavé vytápění, takže se zde zase vytápí i okolní plochy (podlaha, strop). Vlivem sálavého šíření tepla ze stěn se zabraňuje jejich rosení a tedy vzniku plísní [22].



Obr. 8.2 Provedení stěnového vytápění v praxi (22)

8.3. Stropní vytápění

System je v principu stejný jako stěnové vytápění, rozdíl je v tom, že potrubí je vedeno do stropní části prostor. Stropní vytápění lze provádět i u nakloněných stropů, nebo i jinak zešíkmených tvarů. Stejně jako u podlahového a stěnového vytápění zde může systém plnit funkci jak vytápěcí, tak i chladicí.



Obr. 8.3 Provedení stropního vytápění v praxi (23)



Obr. 8.4 Podíl tepelného toku sáláním pro různé druhy vytápění (24)

8.4. Elektrokotle

8.4.1. Požadavky na elektrokotle

Dobrý přímotopný elektrokotel je technologicky složitý výrobek. Vývoj a výroba kotle je nákladná záležitost. Každý elektrokotel, jako vyhrazené zařízení, podléhá ze zákona schvalovacímu řízení státní autorizovanou zkušebnou (Strojírenským zkušebním ústavem v Brně). Cena kotlů tomu, samozřejmě, odpovídá. Neschválené výrobky zpravidla nesplňují a ani nejzákladnější požadavky bezpečnosti a funkce. Z právního hlediska pak spotřebitel pozbývá nároku na náhradu škody nebo jiné ochrany ze zákona. Vyžadujte proto vždy atest zkušebního ústavu. Na přímotopný elektrokotel se kladou nejčastěji požadavky vysoké spolehlivosti a bezpečnosti provozu [1].

8.4.2. Bezpečnost provozu – pasivní, aktivní

a) Pasivní bezpečnost

Pasivní bezpečnost je nejdůležitější parametr elektrokotle. Přes všechna opatření se může stát, že dojde k nejhorší možné havárii, tj. k uzavření elektrokotle a selhání havarijních ochran. Tehdy prudce vzrůstá teplota a tlak v kotli do okamžiku překročení meze pevnosti konstrukčního materiálu. Následuje destrukce pláště aktivního prostoru a k úniku přehřáté páry. V horším případě dojde k explozi kotle se všemi důsledky.

Riziko exploze a závažnost jejích důsledků je tím větší, čím je větší naakumulovaná energie – tedy čím je větší vnitřní aktivní objem kotle. Velkým objemem se vyznačují především kotle nádobového typu. Příkladem těchto velkoobjemových elektrických kotlů, ale pro větší výkon, je elektrokotel s topnou jednotkou 72 kW. Malý vnitřní objem kotle zajišťuje vnitřní pasivní bezpečnost

b) Aktivní bezpečnost

Snížená rizika vzniku havarijních stavů mají na starosti havarijní ochrany – kotlový termostat a teplovodní pojistka. Velkou roli zde hraje jejich umístění, výběr typu a především jejich vstupní a výstupní funkční kontrola.

Nezbytné je, aby havarijní ochrany měly dominantní postavení k zapojení. Při působení kterékoliv havarijní ochrany musí být odpojen veškerý návazný ovládací obvod, aby při poruše následného obvodu nebyly ignorovány povely havarijní ochrany k odstavení zařízení. Jednoduchost a promyšlené zapojení ovládacího obvodu rovněž snižuje riziko vzniku havarijních stavů.

Občas se objevují různé topné vložky pro montáž do klasických radiátorů, pro takzvané přitápění. Bez vhodně umístěných a zapojených havarijních ochran a ovládacích prvků jsou tato řešení velmi nebezpečná. Jednoduchost a spolehlivost ovládacích obvodů významně zvyšuje bezpečnost a spolehlivost provozu. Každý další prvek může sice zvyšovat funkčnost výrobku, ale zároveň zvyšuje riziko selhání celku [1].

8.4.3. Spolehlivost provozu

Důležitou vlastností každého výrobku je provozní spolehlivost. U elektrokotlů to platí dvojnásob. I sebemenší závada znamená z pravidla odstavení vytápění. Nevytápěný byt nebo provozní prostory jsou od druhého dne nepoužitelné.

Každý elektrokotel (s ním i otopná soustava) by měl být kontrolován alespoň na deset let bezchybného provozu. Přípustné jsou pouze pohledové kontroly a drobné úkony (vyčištění, dotažení spojů atd.) u dobrých kotlů nejdříve po třech až čtyřech letech. Zcela nevyhovující jsou kotle, které vyžadují periodickou obměnu prvků nebo úpravu návazného zařízení (úprava vody apod.)

Spolehlivost zařízení je nepřímě úměrná celkovému riziku selhání zařízení a vzniku poruchy. Obecně platí, že vyšší počet prvků zařízení zvyšuje riziko, a tedy snižuje spolehlivost. Laik se někdy diví nad bohatým vybavením kotle a netuší, že nadbytečná (a většinou i zbytečná) zařízení pouze zvětšují rozměry a zvyšují cenu výrobku a zároveň snižují jeho spolehlivost.

Životnost, tedy i spolehlivost topenářské části elektrokotlů je zásadně ovlivněna otopnou vložkou. Úkolem otopné vody je, mimo jiné, topné vložky chladit a to rovnoměrně, aby bylo dosaženo co nejmenšího rozdílu teplot v jednotlivých částech vložky.

Velmi žádoucí je zabránit vzniku mikrosvaru, tj. jevu, kdy vložka je obalena parními bublinkami. Ty se postupně slévají a zhoršují přestup tepla z vložky do otopné vody. Vnitřek vložky je přehříván a po utišení parní vrstvy dochází k teplotnímu šoku na povrchu pláště vložky.

Životnost vložek lze prodloužit jejich lepším ochlazováním otopnou vodou. V kotlích nádobovitého typu jsou vložky ochlazovány otopnou vodou a laminárním prouděním a dochází v nich k jevům popisovaným v předchozím odstavci [1].

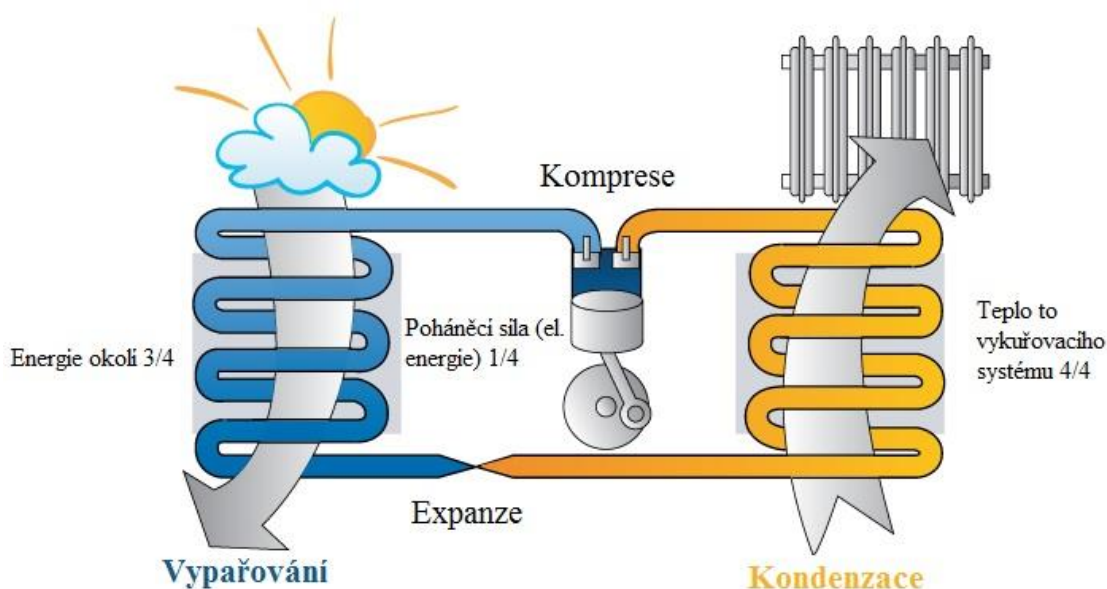
9. TEPELNÁ ČERPADLA

9.1. Princip tepelného čerpadla

Velmi zjednodušeně řečeno, tepelné čerpadlo lze principem přirovnat k chladničce. Odebírá teplo potravinám, které jsou v ní uloženy a tímto teplem vytápí místnost, kde se nachází. V případě tepelného čerpadla se teplo získává z okolního prostředí, nejčastěji prostřednictvím kapalin – nemrznoucí směsi (nejčastěji denaturovaný líh), které proudí v trubkách zakopaných v zemi a „natahuje“ teplo z okolí.

Kapalina ohřátá „přírodním teplem“ se odvádí do výparníku tepelného čerpadla, kde se nízko potenciální teplo předává chladivu kolujícímu uvnitř zařízení. To platí u systémů, kdy se tepelná energie obsažená v zemi přenáší do domu. Obdobně však lze teplo z venkovního vzduchu procházející výparníkem odnímat přenosem do chladiva, a to i při velmi nízkých teplotách vzduchu. Chladivo se tím ve výparníku vypaří a vzniklý plyn je nasán kompresorem. Kompresor prudce stlačí o několik stupňů ohřáté plynné chladivo, a díky fyzikálnímu principu komprese, kdy při vyšším tlaku stoupá teplota, jako teplotní výtah „vynese“ ono nízko potenciální teplo na vyšší teplotní hladinu cca 80 °C. Toto kompresorem zahřáté chladivo putuje do kondenzátoru, zde předá teplo do topné vody k vytápění celého domu, ohřevu vody v bojleru nebo bazénu a plynné chladivo změni svoje skupenství na kapalné. Z kondenzátoru dále putuje kapalné chladivo přes expanzní ventil, kde se prudce ochladí, zpět do výparníku, kde se opět ohřeje.

Takovýto cyklus se stále rychleji opakuje, což způsobuje ono přečerpávání tepla z vnějšího prostředí do vytápěného domu [2].



Obr. 9.1 Schéma principu tepelného čerpadla (25)

9.2. Typy tepelných čerpadel

9.2.1. Vzduch/Voda

Tento systém má mnoho výhod vyplívajících ze snadné instalace a velké univerzálnosti. Tepelné čerpadlo tohoto typu lze namontovat prakticky na jakoukoli stavbu. Při použití tohoto typu odpadají složité zemní práce spojené s případem zemního tepelného čerpadla, a je jasné, že i pořizovací náklady budou tedy nižší.

Výkon tohoto typu čerpadla se mění s teplotou venkovního vzduchu, tedy vrůstá-li teplota venkovního vzduchu, roste i výkon tepelného čerpadla a naopak. Minimální teplota, při které vzduchové čerpadlo ještě pracuje je cca 20 °C (jsou ale i výjimky), ale nárazově dokáže pracovat i při nižších teplotách. Při dlouhodobě nižších teplotách pokrývá tepelnou potřebu jen doplňkový zdroj, a proto musí jeho výkon pokrýt potřebu tepla celého objektu.

Tepelná čerpadla vzduch/voda se skládají buď ze dvou jednotek a to venkovní a vnitřní, nebo z kompaktního provedení, kdy celé tepelné čerpadlo může stát venku, nebo uvnitř objektu. V případě děleného provedení venkovní část nasává okolní vzduch a je většinou umístěna na straně domu nebo na střeše, vnitřní zajišťuje ohřev teplé vody a topného systému.

Vzduch protékající tepelným čerpadlem vytváří určitou úroveň hluku. Tento hluk může rušit okolní obyvatele, proto je třeba brát ohled na jeho umístění na svém pozemku. Toto čerpadlo, jak již bylo zmíněno, je závislé na okolním vzduchu, proto není vhodné jej umístit do horských oblastí s dlouhotrvajícími nízkými teplotami [2].



Obr. 9.2 Způsob provedení tepelného čerpadla Vzduch/Voda (26)

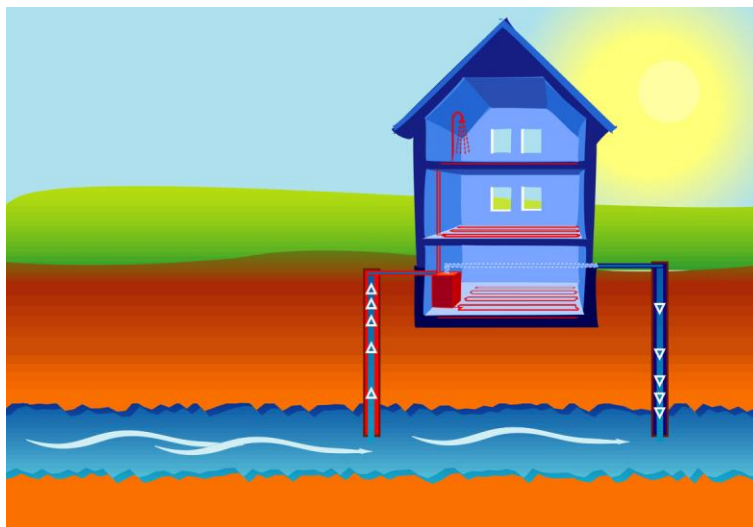
9.2.2. Voda/Voda

Tento druh tepelného čerpadla nabízí nejvyšší topný faktor, ale lokalit vhodných k jeho instalaci je naopak málo.

Tepelná energie se může odebírat z vody povrchové nebo podzemní. Pokud to geologické dispozice a vydatnost pramene dovolí, jsou studny tím nejlepším zdrojem tepelné energie.

Jak už název napovídá, k tomuto typu čerpadla jsou zapotřebí dva zdroje vody (dvě studny), a to jeden topný a druhý vsakovací. Vzdálenost mezi nimi by měla být minimálně 15 m. Důležitým faktorem je také vydatnost pramene, který by se měl pečlivě prověřit, aby jeho hodnota byla alespoň 0,5 l/s.

Řeky, rybníky a jiné vodní plochy jsou jako zdroj tepla v instalacích tepelných čerpadel spíše raritou. Jejich využívání je spojeno s náročnou administrativou a souhlasy vlastníků, které jsou ve výsledku vždy nejisté [2].



Obr. 9.3 Způsob provedení tepelného čerpadla Voda/Voda (27)

9.2.3. Vzduch/Vzduch

Princip tepelného čerpadla vzduch/vzduch je podobný principu čerpadla vzduch/voda s tím rozdílem, že tepelný výkon předávají vnitřnímu vzduchu objektu. Tyto čerpadla se v současné době provádí nejčastěji jako malá nástěnná. Jsou velmi vhodná do objektů s požadavkem na vytápění především v topné sezoně, například chaty. Dále se mohou použít do malých bytů, kde se ale tepelné čerpadlo používá k vytápění místnosti, ve které je instalováno, a do dalších místností se teplo dostává obtížně [2].

9.2.4. Země/Voda

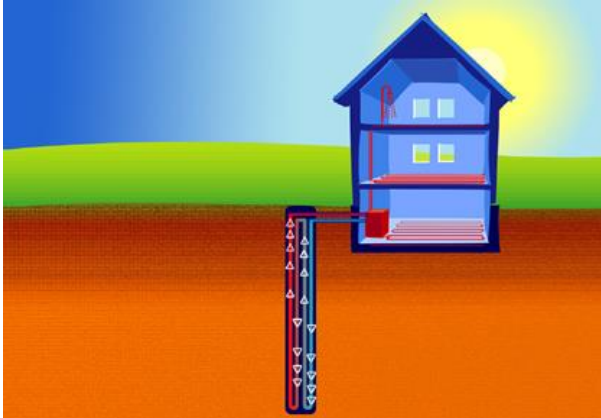
Tento systém je hodnocen jako „nejstabilnější“ vzhledem k jeho provozu vůči venkovním klimatickým podmínkám. Jedná se o zařízení, které je umístěno uvnitř objektu, většinou v technické místnosti. Na trhu lze nalézt provedení jak kompaktní (tepelné čerpadlo včetně bojleru na teplou užitkovou vodu a doplňkového zdroje), tak pro vedení standardní (pouze tepelné čerpadlo).

Jeho jedinou nevýhodou jsou zemní práce, které jsou s jeho instalací velice úzce spjaty. Pro čerpání tepla ze země potřebujeme buď zemní kolektor, nebo geotermální vrty. Zemní kolektor vyžaduje rozsáhlé zemní výkopy. Ty se však dají pořídit relativně levně oproti geotermálním vrtům, které jsou jednou z nejdražších položek celého systému vytápění objektu.

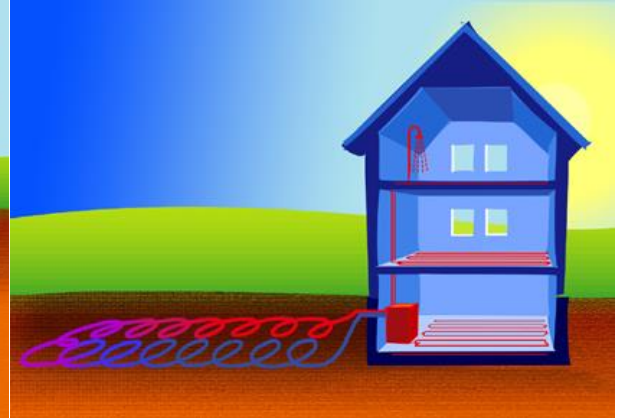
Podmínky pro volbu řešení jsou dány především geologickou situací a dále umístěním budovy v zástavbě. U nových domů, které se staví na zelené louce a mají k dispozici dostatečný prostor, se rozhodně doporučují geotermální vrty. V případě, že není dostatečná plocha pro geotermální vrt, volí se zemní kolektor.

Tepelná čerpadla, pracující s tímto systémem, poskytují stabilní výkon a úspory, které dosahují až 70 % provozních nákladů na provoz tradičního topného systému. Zmiňovaná stabilita se projevuje ve velmi dlouhé životnosti celého systému.

Jeho využití je široké, díky jeho nezávislosti na venkovních klimatických podmínkách, nevyjímaje drsné horské oblasti [2].



Obr. 9.4 Způsob provedení tepelného čerpadla Země/Voda jako hlubinný vrt (28)



Obr. 9.5 Způsob provedení tepelného čerpadla Země/Voda jako zemní kolektor (29)

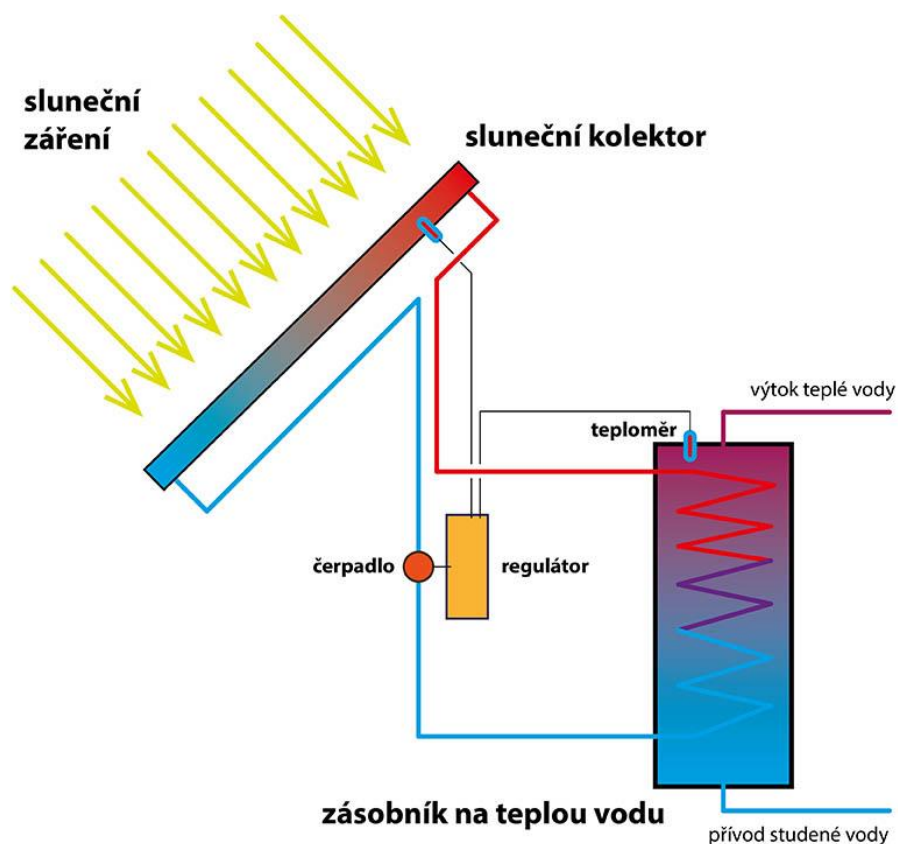
10. SOLÁRNÍ VYTÁPĚNÍ

10.1. Fototermické solární systémy

Je to určitý celek součástí zjišťující přeměnu slunečního záření na tepelnou energii (např. pro ohřev užitkové vody, ohřev bazénové vody, pro přitápění, sušení atd.). Základ tohoto systému je vždy tvořen solárními kolektory.

K solárnímu kolektoru jsou dále potřeba i další součásti, které jako celek tvoří solární systém. Samotný princip tohoto systému je jednoduchý. Sluneční záření dopadá na kolektor, ve kterém je absorbér (nejčastěji měděný plech s černou selektivní vrstvou). Na tento absorbér jsou ze spodní strany přiletovány měděné trubky, ve kterých je teplosnosné medium – voda. Sluneční záření dopadající na absorbér způsobuje její zahřívání. Elektronická regulace pomocí teplotních čidel neustále vyhodnocuje rozdíly teplot v zásobníku a kolektoru. V okamžiku, kdy je v kolektoru vyšší teplota než v zásobníku (tzn., že můžeme využít teploty media k ohřevu vody v zásobníku), spustí regulaci oběhové čerpadlo, které dopraví ohřáté medium do zásobníku teplé vody a dojde k předání tepelné energie. Pak se celý systém zastaví, a opět se čeká na nerovnováhu teplot, děj se opakuje.

Tyto solární systémy jsou využívány po celý rok, proto se využívá nemrznoucího teplosnosného média. Účinnost při využití nejnovějších technologií dosahuje hodnoty 50 %. Účinnost samotných kolektorů je však vyšší, vlivem ztrát tepla při transportu do výměníku [23].



Obr. 10.1 Schéma principu fototermického systému (30)

10.1.1. Ploché deskové kolektory

Ploché deskové kolektory využívají nejmodernějších materiálů, které zaručují dlouhou životnost a co nejvyšší energetický zisk. Jedná se o kolektory, které jsou určeny pro celoroční provoz. Solární tvrzené sklo má vysokou odolnost proti poškození a zároveň vysokou propustnost pro sluneční záření. Absorbér je nejčastěji vyroben z hliníku, který je ultrazvukovým svařováním přivařen k měděnému plechu se čtyřmi vývody. Rám kolektoru je vyroben z hliníkových profilů a spodní uzavírací plech je také hliníkový.

Tyto kolektory jsou opatřené silnou selektivní vrstvou, která je chráněna keramickou membránou, která chrání tento povrch před korozí a zajišťuje dlouhou životnost kolektoru, která je delší než 30 let [24].



Obr. 10.2 Deskový kolektor (31)

10.1.2. Trubicové vakuové kolektory

Principem tohoto kolektoru je, že sluneční energie dopadá na absorpční vrstvu a mění se v teplo, které sálá na vnitřní hliníkovou lamelu. Tato lamela předává teplo měděnému supravodivému jádru. Při teplotě 25 °C se začíná vařit medium v trubici a teplé páry stoupají do horní části (kondenzátoru), kde předají energii do vody v horním sběrači kolektoru. Po předání energie pára následně zkapalní a stéká zpět do spodní části trubice. Proces se dále opakuje.

Často používané vakuové trubice jsou opatřeny třívrstevným vysoce selektivním povrchem. Vnitřní super čistá měděná vrstva zajišťuje vyššího sálání na hliníkovou lamelu a tím i vyšších teplot.

Tento systém má vyšší výkon především v ranních a večerních hodinách než je tomu u deskových kolektorů. To znamená, že v zimním období dodává větší množství tepla. Při poškození trubice stačí pouze vyměnit poškozenou trubici a není nutno systém demontovat. Bohužel má tento typ kolektoru vyšší pořizovací náklady a nižší účinnost v letních měsících [25].

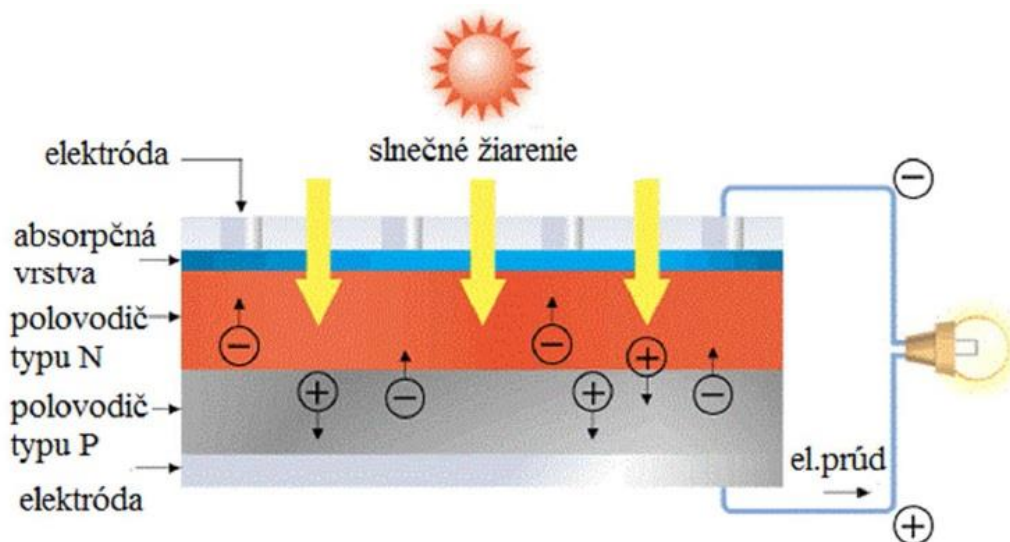


Obr. 10.3 Trubicový (vakuový) kolektor (32)

10.2. Fotovoltaické systémy

Podstatou fotovoltaických systémů je, že sluneční paprsky dopadají na fotovoltaické články solárního kolektoru, které fungují na principu velkoplošné fotodiody alespoň s jedním P-N přechodem. Využívají tzv. fotovoltaického jevu, jehož podstatou je, že na rozhraní dvou materiálů, na něž dopadá světlo, vzniká elektrické napětí a uzavřením obvodu lze získat elektrický proud. Fotovoltaické články přeměňují stejnosměrný proud pomocí zabudovaného střídače na střídavý a stávajícím elektrickým rozvodem se proud vyvede do místností rozvodné sítě.

V solárním kolektoru se nacházejí nejčastěji křemíkové články. Tyto články jsou nejpoužívanější z důvodu jejich polovodičových vlastností a jejich krystalické pevnosti se strukturou podobnou diamantu. Oproti diamantům se při jejich osvětlení rapidně zvýší jejich vodivost. Dále rozlišujeme monokrystalické články, které se skládají z jednoho krystalu křemíku o velikostech větších jak 10 cm, a články polykrystalické, které se skládají z většího množství krystalů o velikosti 1 – 100 mm [27], [28].

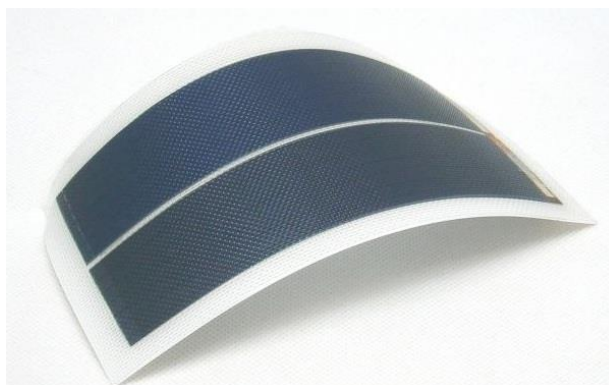


Obr. 10.4 Schéma principu fotovoltaických systémů (33)

10.2.1. Amorfnní solární panely

Základem těchto panelů je tenká křemíková vrstva nanesená na sklo nebo folii. Účinnost těchto panelů je nižší a pohybuje se v rozmezí 8 – 9 %, pro stejný instalovaný výkon je potřeba přibližně dvakrát větší plocha, než je u monokrystalických nebo polykrystalických solárních panelů. Toto je však kompenzováno tím, že je celoroční výnos u těchto panelů o 10 % vyšší z důvodu širšího spektra zpracování slunečního svitu.

Výhodou těchto panelů je



Obr. 10.5 Amorfnní solární panel (34)

především jejich dobrá účinnost při malé intenzitě osvětlení a ohebnost vlivem nanesené křemíkové vrstvy na folii [29].

10.2.2. Monokrystalické solární panely

Monokrystalické solární panely jsou vyrobené z křemíkových destiček a vyznačují se dlouhodobou stabilitou výkonu. Monokrystalické buňky jsou osmiúhelníkového tvaru a mají větší účinnost než polykrystalické solární panely. Hodnota účinnosti se pohybuje mezi 13 – 17 %. Jejich životnost může být až 25 let [29].



Obr. 10.6 Monokrystalický solární panel (35)

10.2.3. Polykrystalické solární panely

Tento druh solárního panelu je vyroben z pravidelných čtvercových dílků a dokonale tak pokryje celou plochu modulu. Jednotlivé díly jsou spojené křemíkovými páskami a tvoří celistvou multifunkční strukturu.

Vyznačují se vysokou životností (až 25 let) a obrovskou výhodou tohoto systému je, že tento panel dokáže vyrábět elektrickou energii bez přímého osvětlení, na základě difuzního záření. Účinnost těchto panelů je 10 – 14 % [29].



Obr. 10.7 Polykrystalický solární panel (36)

11. MODELOVÝ DŮM

Každý vlastník vytápěného objektu hledá vhodný způsob vytápění, který by vyhovoval požadavkům spotřebitele, odpovídal počtu osob žijících v objektu a zabezpečoval vytápění i dalších přídatných systémů jako jsou např. bazény. Nejdůležitějším parametrem při výběru způsobu vytápění však ve většině případů zůstávají finanční náklady.

11.1. Popis modelového domu

Jako modelový dům mně poslouží dům v obci Budišov v okrese Třebíč, v kraji Vysočina. Jedná se o dvoupodlažní dvougenerační rodinný dům, který nesousedí s žádným objektem. Zastavěná plocha domu je 100 m². Objem budovy je 550 m³. Spodní část domu je neobydlená, horní část obývají trvale dvě osoby.

Stěny domu jsou provedeny z tvárnice Ytong. Dům není zateplený, ale má nová plastová okna vybavená trojskly. Dveře jsou rovněž plastové. Střecha je částečně zateplena. V domě se vytápí pouze obydlená část domu. Vytápění a ohřev teplé vody je zajišťováno plynovým kotlem o výkonu 27 kW a kotlem na tuhá paliva.



Obr. 11.1 Modelový dům (37)

11.2. Návrh roční potřeby energie na vytápění a ohřev teplé vody

Před výběrem vhodného způsobu vytápění provedeme odhad potřeby energie na vytápění a ohřev teplé vody (dále jen „TUV“) a odhad tepelných ztrát.

Roční potřeba energie na vytápění a ohřev TUV v modelovém domu byla spočítána s ohledem na všechny faktory uvedené při popisu modelového domu při převažující vnitřní teplotě v otopném období 20 °C a při venkovní teplotě -15 °C [31].

Lokalita (Tabulka)		<input type="radio"/> $t_{em} = 12\text{ °C}$ <input checked="" type="radio"/> $t_{em} = 13\text{ °C}$ <input type="radio"/> $t_{em} = 15\text{ °C}$???	
Město	Třebíč (Bítoványky)	Délka topného období	$d = 212$ [dny]
Venkovní výpočtová teplota $t_e =$	-15 °C	Prům. teplota během otopného období	$t_{es} = 4.1$ °C
<input checked="" type="checkbox"/> Vytápění		<input checked="" type="checkbox"/> Ohřev teplé vody	
Tepelná ztráta objektu	$Q_C = 14$ kW	$t_1 = 10$ °C	ρ = 1000 kg/m ³ ???
Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} =$	20 °C ???	$t_2 = 55$ °C	c = 4186 J/kgK ???
Vytápěcí denostupně		$V_{2p} = 0.2$ m ³ /den	???
$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) =$	3371 K.dny	Koeficient energetických ztrát systému $z =$	0.5 ???
Opravné součinitele a účinnosti systému		Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody	
$e_i = 0.9$???	$\eta_o = 0.95$???	$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 15.7$ kWh	
$e_t = 0.90$???	$\eta_r = 0.97$???	Teplota studené vody v létě	$t_{svl} = 15$ °C
$e_d = 1.00$???		Teplota studené vody v zimě	$t_{svz} = 7$ °C
Opravný součinitel ε ???		Počet pracovních dní soustavy v roce $N =$	365 [dny]
<input checked="" type="radio"/> $\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.81$		$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0.8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$	
<input type="radio"/> $\varepsilon = 0.765$		$Q_{TUV,r} = \left(\begin{matrix} 17.7 \text{ GJ/rok} \\ 4.9 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \right)$ Náklady	
$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ $Q_{VYT,r} = \left(\begin{matrix} 102.4 \text{ GJ/rok} \\ 28.4 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \right)$ Náklady		Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody $Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left(\begin{matrix} 120.1 \text{ GJ/rok} \\ 33.4 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \right)$ Náklady	

Obr. 11.2 Odhad roční spotřeby energie na vytápění a ohřev TUV (38)

Prvním předpokladem pro výpočet celkové potřebné energie je určení **celkové roční tepelné ztráty domu**. Tato hodnota byla vyčíslena za pomoci součinitelů prostupu tepla stavebními konstrukcemi prostřednictvím kalkulačky na portálu TZB – info.cz. Hodnota tepelné ztráty modelového domu byla stanovena na **14 kW** a získal jsem ji jako podklad při zadání modelového domu. Do tabulky „Odhad roční spotřeby energie na vytápění a ohřev „TUV“ byla hodnota tepelné ztráty domu doplněna do její levé části. Dále pak byly doplněny opravné součinitele v závislosti na vlastnostech modelového domu. Pravá část tabulky je věnována výpočtu potřeby energie na ohřev TUV dimenzované

pro dvě osoby. Na základě roční tepelné ztráty byla vypočtena **celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody $Q_r = 33,4$ MWh/rok.**

11.3. Skutečná roční spotřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

Skutečná roční spotřeba energie na vytápění a ohřev TUV byla vypočtena na základě vyfakturované roční spotřeby zemního plynu jejím dodavatelem a na základě spotřeby palivového dřeva.

Roční spotřeba energie ze zemního plynu byla převzata z posledního vyúčtování za období od června 2014 do června 2015 a činí stejně jako i v předcházejícím vyúčtování za stejné období **23 MWh/rok.**

Roční spotřeba dřeva byla 5 m^3 . Bylo použito suché palivové dřevo s výhřevností 15 J/m^3 .

Jeho spálením byla dodána energie v přibližné celkové hodnotě **10 MWh/rok.**

Výpočet celkové dodané energie za rok:

$$1 \text{ m}^3 \cong 500 \text{ kg} = m_d$$

$$R_{sd} = 5 \text{ m}^3$$

$$H_d = 15 \text{ MJ} / \text{m}^3$$

$$m_{sd} = m_d * R_{sd} = 500 * 5 = 2500 \text{ kg}$$

$$Y_{de} = m_{sd} * H_d = 2500 * 15 = 37500 \text{ MJ} / \text{rok} \cong 10 \text{ MWh} / \text{rok}$$

m_d [kg]	hmotnost dřeva na jeden metr krychlový
R_{sd} [m ³]	roční spotřeba dřeva v metrech krychlových
H_d [MJ/m ³]	výhřevnost dřeva
m_{sd} [kg]	hmotnost potřebného množství dřeva za rok
Y_{de} [MJ/rok]	hodnota celkové dodané energie za rok

Z výše uvedeného vyplývá, že v modelovém domě je skutečná roční spotřeba energie **33 MWh/rok.**

11.4. Finanční náklady na roční spotřebu energie na vytápění a ohřev teplé vody

Náklady na roční spotřebu energie ze zemního plynu ve výši 23 MWh při aktuální ceně dle sazebníku dodavatele 1 500 Kč za 1 MWh činí **34 500 Kč.**

Náklady na roční spotřebu palivového dřeva štípaného svépomocí 5 m^3 při nákladu 300 Kč za 1 m^3 činí **1 500 Kč.**

Z výše uvedeného vyplývá, že v modelovém domě jsou celkové roční náklady na vytápění a ohřev TUV **36 000 Kč.**

11.5. Návrh alternativního způsobu vytápění

Vzhledem k velké ploše domu a s ohledem na rostoucí cenu plynu se jeví stávající vytápění modelového domu jako poměrně finančně náročné.

Pokusím se najít alternativní způsob vytápění, který by mohl konkurovat plynovému kotli po finanční stránce a zároveň splňovat i ostatní kritéria jako je komfort obsluhy a ekologičnost provozu.

11.5.1. Vytápění kotlem na uhlí

Kotel na hnědé uhlí s ručním přikládáním od výrobce OPOP s.r.o., model H420EKO, o topném výkonu 20 kW, kotel emisní třídy číslo 3, lze pořídit včetně nákladů na jeho instalaci za částku kolem 35 000 Kč. Podle ceníku výrobce je cena kotle včetně DPH 27 576 Kč. Na instalaci kotle a úpravu kotelny jsou předpokládány náklady kolem 7.000 Kč. Náklady na vytápění pomocí hnědého uhlí $[N_{\text{uhlí}}]$ při předpokládané roční spotřebě uhlí kolem 5 000 kg $[S_{\text{uhlí}}]$, při ceně hnědého uhlí 3,55 Kč/kg $[C_{\text{uhlí}}]$, při výhřevnosti uhlí 18 MJ/kg $[H_{\text{uhlí}}]$ a účinnosti kotle 82 % $[\eta_{\text{kotel}}]$, lze očekávat kolem 17 000 Kč. Vytápění hnědým uhlím ušetří oproti plynu přibližně 19 000 Kč.

Doba návratnosti kotle na uhlí $[D_{\text{kotel}}]$ by byla 1,8 let. Náklady na provoz kotle na uhlí jsou tedy podstatně nižší než náklady na plynový kotel [32], [36].



Obr. 11.5.1 Kotel na pevná paliva OPOP H420EKO (39)

Roční spotřeba uhlí:

$$Q = 69,9 * 10^3 \text{ MJ}$$

$$\eta_{\text{kotel}} = 0,82 \text{ [-]}$$

$$H_{\text{uhlí}} = 18 \text{ MJ / kg}$$

$$S_{\text{uhlí}} = \frac{Q}{\eta_{\text{kotel}} * H_{\text{uhlí}}} = \frac{69,9 * 10^3}{0,82 * 18} = 4735,77 \text{ kg} \cong 4736 \text{ kg}$$

$S_{\text{uhlí}}$ [kg]	roční spotřeba uhlí
Q [MJ]	energie potřebná na vytápění
η_{kotel} [-]	účinnost kotle
$H_{\text{uhlí}}$ [MJ/kg]	výhřevnost uhlí

Náklady na vytápění hnědým uhlím:

$$S_{uhlí} = 4736 \text{ kg}$$

$$C_{uhlí} = 3,55 \text{ Kč/kg}$$

$$N_{uhlí} = S_{uhlí} * C_{uhlí} = 4736 * 3,55 = 16812,80 \text{ Kč} \approx 16813 \text{ Kč} \approx 17000 \text{ Kč}$$

$N_{uhlí}$ [Kč] roční náklady na vytápění modelového domu uhlím

$S_{uhlí}$ [kg] roční spotřeba uhlí

$C_{uhlí}$ [Kč/kg] cena hnědého uhlí

Doba návratnosti kotle na uhlí:

$$I_{uhlí} = 35000 \text{ Kč}$$

$$N_{MD} = 36000 \text{ Kč}$$

$$N_{uhlí} = 17000 \text{ Kč}$$

$$D_{kotel} = \frac{I_{uhlí}}{N_{MD} - N_{uhlí}} = \frac{35000}{36000 - 17000} = 1,84 \text{ let}$$

N_{MD} [Kč] roční náklady na vytápění modelového domu plynem a dřevem

$N_{uhlí}$ [Kč] roční náklady na vytápění MD uhlím

$I_{uhlí}$ [Kč] investice do kotle na uhlí

D_{kotel} [rok] doba návratnosti investice do kotle na uhlí

11.5.2. Vytápění kotlem na pelety

Pořízení automatizovaného kotle na pelety od výrobce ATMOS, model D20P s rozsahem výkonu 6,5 – 22 kW, včetně jeho příslušenství jako je hořák, zásobník na pelety, oběhová čerpadla, by představovalo investici kolem 85 000 Kč. Cena samotného kotle včetně DPH dle ceníku výrobce je 45 617 Kč. Cena hořáku A25 je 19 400 Kč a nádrž na pelety o objemu 500 l stojí přibližně 7 000 Kč. Zbytek ceny tvoří oběhová čerpadla a zapojení kotle. Náklady na vytápění pomocí pelet [N_{pelety}] při předpokládané roční spotřebě pelet kolem 4 500 kg [S_{pelety}], při ceně pelet 5,20 Kč/kg [C_{pelety}], při průměrné výhřevnosti pelet 17 MJ/kg [H_{pelety}] a účinnosti kotle 91% [η_{kotel}], lze očekávat kolem 23 000 Kč. Vytápění peletami ušetří oproti plynu přibližně 13 000 Kč.

Doba návratnosti kotle na pelety [D_{kotel}] by byla 6,5 let. Náklady na provoz kotle na pelety jsou vyšší než u předešlé varianty, ale nižší než náklady na vytápění v modelovém domu prostřednictvím plynu a palivového dřeva.

Výhodou výše uvedeného kotle na pelety je, že umožňuje v případě potřeby topit kusovým dřevem po vyjmutí hořáku ze spalovací komory [33], [36].



Obr. 11.5.2 Kotel na pelety ATMOS D20P (40)

Roční spotřeba pelet:

$$Q = 69,9 * 10^3 \text{ MJ}$$

$$\eta_{kotel} = 0,91 [-]$$

$$H_{pelety} = 17 \text{ MJ / kg}$$

$$S_{pelety} = \frac{Q}{\eta_{kotel} * H_{pelety}} = \frac{69,9 * 10^3}{0,91 * 17} = 4518,42 \text{ kg} \cong 4518 \text{ kg}$$

S_{pelety} [kg]	roční spotřeba pelet
Q [MJ]	energie potřebná na vytápění
η_{kotel} [-]	účinnost kotle
H_{pelety} [MJ/kg]	výhřevnost pelet

Náklady na vytápění peletami:

$$S_{pelety} = 4518 \text{ kg}$$

$$C_{pelety} = 5,2 \text{ Kč / kg}$$

$$N_{pelety} = S_{pelety} * C_{pelety} = 4518 * 5,2 = 23493,6,80 \text{ Kč} \cong 23494 \text{ Kč} \approx 23000 \text{ Kč}$$

N_{pelety} [Kč]	roční náklady na vytápění modelového domu peletami
S_{pelety} [kg]	roční spotřeba pelet
C_{pelety} [Kč/kg]	cena pelet

Doba návratnosti kotle na pelety:

$$I_{pelety} = 85000 \text{ Kč}$$

$$N_{MD} = 36000 \text{ Kč}$$

$$N_{pelety} = 23000 \text{ Kč}$$

$$D_{kotel} = \frac{I_{pelety}}{N_{MD} - N_{pelety}} = \frac{85000}{36000 - 23000} = 6,538 \text{ let}$$

N_{MD} [Kč]	roční náklady na vytápění modelového domu plynem a dřevem
N_{pelety} [Kč]	roční náklady na vytápění MD peletami
I_{pelety} [Kč]	investice do kotle na pelety
D_{kotel} [rok]	doba návratnosti investice do kotle na pelety

11.5.3. Vytápění tepelným čerpadlem vzduch/voda

Pořízení tepelného čerpadla vzduch/voda od firmy Hotjet CZ, s.r.o., model 11ASK by představovalo investici včetně nákladů na příslušenství, instalaci a další práci kolem 200 000 Kč. Podle ceníku výrobce je cena čerpadla včetně DPH 163 108 Kč. Cena příslušenství, jako je akumulční nádrž, předpokládá částku kolem 30 000 Kč a zbývajících 7 000 Kč představuje náklady na instalaci čerpadla. Výkon čerpadla uvádí výrobce 10 kW a topný faktor 3,82. Pro výpočet nákladů na vytápění tepelným čerpadlem je nezbytné určit roční spotřebu elektrické energie k pohonu tepelného čerpadla pro vytápění [$S_{el.energie}$]. Tato hodnota [$S_{el.energie}$] ve výši 4 197 kWh byla převzata z portálu TZB – info.cz při zadání dvoutarifové sazby D56d, nízkého tarifu 2,402 kWh, jističe nad 3 x 10A do 3 x 16A včetně a topného faktoru 3,82. Jistič potřebný k chodu čerpadla se platí měsíční sazbou, dle portálu TZB – info.cz je měsíční platba za výše uvedený jistič v nízkém tarifu 279 Kč, tj. za rok bude platba za jistič 3 348 Kč. Na základě stanovení roční spotřeby elektrické energie k pohonu tepelného čerpadla, ceny elektřiny v nízkém tarifu a roční ceny za jistič lze vypočítat roční náklady na vytápění tepelným čerpadlem. Náklady na vytápění tepelným čerpadlem [$N_{el.energie}$] při práci v nízkém tarifu by činily přibližně 13 000 Kč za odebranou elektrickou energii. Vytápění tepelným čerpadlem ušetří 23 000 Kč oproti plynu.

Doba návratnosti tepelného čerpadla [$D_{TČ}$] by byla 8,7 let. Delší doba návratnosti je z důvodu vyšší investice do pořízení tepelného čerpadla [36], [37], [38].



Obr. 11.5.3 Tepelné čerpadlo HOTJET 11ASK (41)

Náklady na vytápění tepelným čerpadlem při práci v nízkém tarifu:

$$S_{el.energie} = 4197 \text{ kWh}$$

$$C_{el.energie} = 2,402 \text{ Kč / kWh}$$

$$C_{jistič} = 261 \text{ Kč}$$

$$N_{el.energie} = (S_{el.energie} * C_{el.energie}) + (12 * C_{jistič}) =$$

$$= (4197 * 2,402) + (12 * 261) = 13429,19 \text{ Kč} \approx 13429 \text{ Kč} \approx 13000 \text{ Kč}$$

$N_{el.energie}$ [Kč]	roční náklady na vytápění modelového domu tepelným čerpadlem
$S_{el.energie}$ [kWh]	roční spotřeba elektrické energie
$C_{el.energie}$ [Kč/kWh]	cena hnědé elektrické energie v nízkém tarifu

Doba návratnosti investice do tepelného čerpadla:

$$I_{T\check{C}} = 200\,000 \text{ Kč}$$

$$N_{MD} = 36\,000 \text{ Kč}$$

$$N_{el.energie} = 13\,000 \text{ Kč}$$

$$D_{T\check{C}} = \frac{I_{T\check{C}}}{N_{MD} - N_{el.energie}} = \frac{200\,000}{36\,000 - 13\,000} = 8,696 \text{ let}$$

N_{MD} [Kč]	roční náklady na vytápění modelového domu plynem a dřevem
$N_{el.energie}$ [Kč]	roční náklady na vytápění MD tepelným čerpadlem (TČ)
$I_{T\check{C}}$ [Kč]	investice do tepelného čerpadla vzduch/voda
$D_{T\check{C}}$ [rok]	doba návratnosti investice do tepelného čerpadla

11.6. Vyhodnocení alternativních způsobů vytápění

Vytápění kotlem na uhlí se jeví jako finančně nejvýhodnější. Kotel na uhlí má nejnižší pořizovací cenu ve srovnání s ostatními způsoby vytápění. Výhodou jsou i nízké náklady na provoz kotle a příznivá cena uhlí. Jeho velkou nevýhodou ale je malá soběstačnost. Kotel na uhlí vyžaduje vysoké nároky na obsluhu, zejména v souvislosti s manipulací a doplňováním paliva. Tento proces je možné zautomatizovat instalací zásobníku, ale tím by se zvýšily náklady na jeho provoz.

Vytápění kotlem na pelety je vysoce ekologické a efektivní topení, protože pelety mají vyšší výhřevnost než klasické nezpracované dřevo díky nižšímu obsahu vody, popele a dusíku. Nevýhodou je ale vyšší pořizovací cena kotle a tím i delší návratnost investovaných finančních prostředků. Velkou nevýhodou je i to, že tento způsob vytápění potřebuje větší prostor pro umístění kotle a zásobníku na pelety.

Vytápění tepelným čerpadlem vzduch/voda představuje vysoké náklady na instalaci čerpadla. Jeho pořizovací cena značně převyšuje oba předešlé způsoby vytápění, včetně plynového. Tuto investici je třeba pečlivě zvážit, protože až po uhrazení počátečních nákladů začíná tepelné čerpadlo spořit. Výhodou vytápění tepelným čerpadlem vzduch/voda jsou ale nízké provozní náklady, které jsou i podstatně nižší oproti stávajícímu plynovému kotli.

S ohledem na výše uvedené, z hlediska ochrany životního prostředí a s ohledem na užívání modelového domu staršími lidmi, kteří zřejmě upřednostní komfort vytápění před jeho vyššími finančními náklady, bych doporučil ponechat stávající způsob vytápění plynem a dřevem. Doporučil bych ale snížit topný výkon plynového kotle, protože předimenzovaný kotel často spíná a tím dochází k neekonomickému provozu a nadměrnému opotřebení.

Jiným řešením vytápění v modelovém domě, které by bylo levnější než stávající, by bylo vytápění uhlím na místo plynu, protože kotel na tuhá paliva je v modelovém domě už pořízen. Toto palivo je dnes často využíváno v důsledku neustále rostoucí ceny plynu a elektřiny.

12. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce na téma „Moderní technologie pro vytápění rodinného domu“ bylo zpracovat stávající poznatky z oblasti vytápění rodinných domů.

První část práce se zabývá historií a vývojem otopných soustav. Současným trendem v oblasti vytápění je nahrazovat vytápěcí systémy využívající neobnovitelné zdroje alternativními ekologičtějšími zdroji jako jsou solární energie, využití energie vzduchu/vody/země pomocí tepelných čerpadel. Nevýhodou těchto vytápěcích systémů je jejich vyšší pořizovací cena, a protože často nejsou schopny pokrýt celkovou spotřebu tepla pro vytápění, bývají doplněny o další zdroj, jako je např. plynový kotel, elektřina či krbová kamna. Jejich velkou předností je komfort vytápění, protože pracují téměř samostatně.

Práce navíc zpracovává další možnosti vytápění, jako například klasické vytápění prostřednictvím kotle na uhlí nebo dřevo. Tento způsob vytápění je často využíván z důvodu nízkých provozních nákladů. Není ale vhodný pro uživatele, kteří upřednostňují pohodlí a komfort vytápění. Samostatný provoz ale zajišťují plynové kotle a elektrické vytápění, a tak jsou často využívaným způsobem vytápění domů a bytů. Jejich nevýhodou je neustále rostoucí cena plynu a elektřiny.

Druhá část bakalářské práce je věnována problematice vytápění v konkrétním modelovém domě. Jednak byl zpracován návrh celkové roční potřeby energie na vytápění domu a ohřev teplé vody. Následně pak byla vypočtena skutečná celková roční spotřeba energie a vypočteny finanční náklady na roční spotřebu energie na vytápění a ohřev teplé vody v modelovém domě.

Na základě údajů, nezbytných pro zjištění energetické náročnosti modelového domu, byl proveden rozbor tří alternativních způsobů vytápění, prostřednictvím kotle na uhlí, kotle na pelety a tepelného čerpadla vzduch/voda. Byly porovnány investiční a provozní náklady na jednotlivé typy vytápění a následně byl proveden výpočet ekonomické návratnosti. Jednotlivé typy pak byly posouzeny z hlediska jejich parametrů, jako jsou finanční náklady, návratnost investic a také komfort vytápění.

Na základě kompromisu mezi ekonomickými náklady, účinností a komfortem obsluhy doporučuji ponechat stávající způsob vytápění plynem a dřevem a to zejména s ohledem na soběstačnost plynového vytápění. V tomto případě ale bylo doporučeno snížit výkon plynového kotle.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. LÁZŇOVSKÝ, Miroslav, Milan KUBÍN a Petr FISCHER. *Vytápění rodinných domků*. Praha: T. Malina, 1996. ISBN 80-901975-2-3.
2. KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. Praha: Grada, 2009. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-2720-2.
3. Informace o využívání biomasy. *Skupina ČEZ* [online]. c2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/biomasa/informace-o-vyuzivani-biomasy.html>
4. Peletky. *TZB-info* [online]. c2001-2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/peletky>
5. Brikety. *Česká peleta* [online]. c2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.ceska-peleta.cz/pelety-brikety-drevo/brikety/>
6. Dřevní štěpka. *Biomass trading* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.biomtrade.cz/drevni-stepka.html>
7. Jak funguje výroba energie z biomasy. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/biomasa/flash-model-jak-funguje-vyroba-energie-z-biomasy.html>
8. Zplynovací kotle na dřevo. *ATMOS* [online]. c2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/zplynovaci-kotle-na-drevo/>
9. Co nejvíce ovlivní Tvůj kour? *TZB-info* [online]. 2013 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9475-co-nejvice-ovlivni-tvuj-kour>
10. Kotle na peletky. *ATMOS* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/kotle-na-pelety/>
11. STUPAVSKÝ, Vladimír: Kotel na dřevní štěpku. *Biom.cz* [online]. 2010 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kotel-na-drevni-stepku> ISSN: 1801-2655.
12. Možnosti vytápění. *Arnika* [online]. c2014 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://arnika.org/moznosti-vytapani>
13. Uhlí. *Vítejte na Zemi* [online]. c2013 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=uhli&site=energie>
14. Topení koksem je ekologicky čistým způsobem vytápění. *KOTLE.cz* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.kotle.cz/index.php/kotle-cz-vse-o->

[kotlich/kotle-na-koks/212-topeni-koksem-je-ekologicky-cistym-zpusobem-vytapeni](#)

15. DIVIŠOVÁ, Michaela: Topíme plynem: Výhody a nevýhody různých způsobů plynového vytápění. *penize.cz* [online]. 2014 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.penize.cz/nakupy/290240-topime-plynem-vyhody-a-nevyhody-ruznych-zpusobu-plynoveho-vytapeni>
16. MUSIL, Ladislav: Plyn ve vytápění (I). *TZB-info* [online]. 2002 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1163-plyn-ve-vytapeni-i>
17. Bioplyn. *Česká bioplynová asociace* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/bioplyn/>
18. BIOPLYN Popis anaerobní technologie: Anaerobní technologie. *Bioprofit* [online]. c2007 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm
19. Zájem o vytápění na LPG roste. *TZB-info* [online]. 2012 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/8403-zajem-o-vytapeni-na-lpg-roste>
20. KOPAČKOVÁ, Dagmar, BLAŽÍČEK, Jan: Varianty elektrického vytápění - rozdělení podle zdroje tepla. *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/10833-varianty-elektrického-vytapeni-rozdeleni-podle-zdroje-tepla>
21. Biochemie výroby bioplynu. *SCHAUMANN ČR s.r.o. Volyně* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://bioplyn.schaumann.cz/vyroba/>
22. Stěnové teplovodní vytápění. *TZB-info* [online]. 2012 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/9350-stenove-teplovodni-vytapeni>
23. FOTOTERMICKÉ SOLÁRNÍ SYSTÉMY. *Základní škola Jihlava* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.zsseifertova.ji.cz/sites/default/files/html/slundos/ft.pdf?referrer=Safari>
24. Srovnání vakuových a deskových solárních panelů. *Solární systémy Kocián* [online]. Stádlec [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://solarnisystemynaohrevvody.cz/ploche-kolektory-vs-vakuove>
25. Trubicové vakuové solární kolektory Sunheat: Jak si vybrat solární kolektory. *Sunheat* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.trubicove-kolektory.cz/info.html>
26. Srovnání vakuových a deskových solárních panelů. *Solární systémy Kocián* [online]. Stádlec [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://solarnisystemynaohrevvody.cz/ploche-kolektory-vs-vakuove>
27. Fotovoltaika princip. *Česká solární* [online]. c2008-2015 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: http://www.ceska-solarni.cz/fotovoltaika_princip.php

28. Trubicové vakuové solární kolektory Sunheat: Jak si vybrat solární kolektory. *Sunheat* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.trubicove-kolektory.cz/info.html>
29. BECHNÍK, Bronislav: Nejpoužívanější pojmy ve fotovoltaike. *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11772-nejpouzivanejsi-pojmy-ve-fotovoltaice>
30. Panely. *Solarvolt* [online]. 2011 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.solarvolt.sk/index.php/sk/panely>
31. Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *TZB-info* [online]. 2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
32. Ceník produktů OPOP. *OPOP* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.opop.cz/ceniky>
33. Ceník. *ATMOS* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/cenik/>
34. Hotjet_cenik_2015_cz.pdf. *HOTJET - tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: http://www.hotjet.cz/files/Hotjet_cenik_2015_cz.pdf
35. Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva. *TZB-info* [online]. c2001-2016 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139>
36. Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva. *TZB-info* [online]. c2001-2016 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139>
37. Přehled cen elektrické energie ceny platné od 1.1.2016. *TZB-info* [online]. c2001-2016 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/14-prehled-cen-elektricke-energie#d56>
38. Porovnání nákladů na vytápění TZB-info: Výpočet a grafické porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii v budovách. *TZB-info* [online]. c2001-2016 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka	Popis
TUV	teplá užitková voda
Q_f [MWh/rok]	celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody
m_d [kg]	hmotnost dřeva na jeden metr krychlový
R_{sd} [m ³]	roční spotřeba dřeva v metrech krychlových
H_d [MJ/m ³]	výhřevnost dřeva
m_{sd} [kg]	hmotnost potřebného množství dřeva za rok
Y_{de} [MJ/rok]	hodnota celkové dodané energie za rok
$S_{uhlí}$ [kg]	roční spotřeba uhlí
Q [MJ]	energie potřebná na vytápění
η_{kotel} [-]	účinnost kotle
$H_{uhlí}$ [MJ/kg]	výhřevnost uhlí
$N_{uhlí}$ [Kč]	roční náklady na vytápění domu uhlím
$S_{uhlí}$ [kg]	roční spotřeba uhlí
$C_{uhlí}$ [Kč/kg]	cena hnědého uhlí
N_{MD} [Kč]	roční náklady na vytápění domu plynem a dřevem
$N_{uhlí}$ [Kč]	roční náklady na vytápění domu uhlím
$I_{uhlí}$ [Kč]	investice do kotle na uhlí
D_{kotel} [rok]	doba návratnosti investice do kotle na uhlí
S_{pelety} [kg]	roční spotřeba pelet
H_{pelety} [MJ/kg]	výhřevnost pelet
N_{pelety} [Kč]	roční náklady na vytápění domu peletami
S_{pelety} [kg]	roční spotřeba pelet
C_{pelety} [Kč/kg]	cena pelet
N_{MD} [Kč]	roční náklady na vytápění domu plynem a dřevem
N_{pelety} [Kč]	roční náklady na vytápění domu peletami
I_{pelety} [Kč]	investice do kotle na pelety
D_{kotel} [rok]	doba návratnosti investice do kotle na pelety
$N_{el.energie}$ [Kč]	roční náklady na vytápění domu TČ
$S_{el.energie}$ [kWh]	roční spotřeba elektrické energie
$C_{el.energie}$ [Kč/kWh]	cena hnědého elektrické energie v nízkém tarifu
N_{MD} [Kč]	roční náklady na vytápění modelového domu plynem a dřevem
$N_{el.energie}$ [Kč]	roční náklady na vytápění domu TČ
$I_{TČ}$ [Kč]	investice do tepelného čerpadla vzduch/voda
$D_{TČ}$ [rok]	doba návratnosti investice do tepelného čerpadla

SEZNAM OBRÁZKŮ

1. Obr. 2.1 Prvotní způsob vytápěcí soustavy: <http://uhm-prednasky.fpf.slu.cz/index.php?page=dalsi-zarizeni-slouzici-k-vytapeni-obytnych-prostoru>
2. Obr. 5.1 Pelety: <http://www.ceska-peleta.cz/clenove/enviterm-a-s/>
3. Obr. 5.2 Brikety: <http://www.ceska-peleta.cz/pelety-brikety-drevo/brikety/>
4. Obr. 5.3 Dřevní štěpka: <http://beranvelkoobchod.cz/img/biomasa.htm>
5. Obr. 5.4 Zplynovací kotel na kusové dřevo a brikety: <http://biom.cz/cz/obrazek/zplynovaci-kotel-na-drevo-guntamatic-synchro>
6. Obr. 5.5 Prohořivací kotel: <http://vytapani.tzb-info.cz/docu/clanky/0094/009475o3.png>
7. Obr. 5.6 Odhořivací kotel: <http://vytapani.tzb-info.cz/docu/clanky/0094/009475o5.png>
8. Obr. 5.7 Kotel na pelety: <http://biom.cz/cz/obrazek/automaticky-kotel-na-pelety-guntamatic-biocom>
9. Obr. 5.8 Automatický kotel na dřevní štěpku: <http://biom.cz/cz/obrazek/automaticky-kotel-na-drevni-stepku-guntamatic-powerchip>
10. Obr. 6.1 Černé uhlí: <http://www.tempex.cz/cerne-uhli/>
11. Obr. 6.2 Hnědouhelné pánve a ložiska hnědého uhlí a lignitu v České republice: <http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=uhli&site=energie>
12. Obr. 6.3 Mapa ložisek černého uhlí: <http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=uhli&site=energie>
13. Obr. 6.4 Koks: <http://www.tempex.cz/koks/>
14. Obr. 6.5 Kotel s pevným roštem s atmosférickým spalováním: LÁZŇOVSKÝ, Miroslav, Milan KUBÍN a Petr FISCHER. *Vytápění rodinných domků*. Praha: T. Malina, 1996. ISBN 80-901975-2-3
15. Obr. 6.6 Kotel s pohyblivým roštem: LÁZŇOVSKÝ, Miroslav, Milan KUBÍN a Petr FISCHER. *Vytápění rodinných domků*. Praha: T. Malina, 1996. ISBN 80-901975-2-3
16. Obr. 6.7 Kotel s přetlakovým spalováním: LÁZŇOVSKÝ, Miroslav, Milan KUBÍN a Petr FISCHER. *Vytápění rodinných domků*. Praha: T. Malina, 1996. ISBN 80-901975-2-3

17. Obr. 7.1. Plynový sporák - ilustrační foto:
<http://magazin.ceskenoviny.cz/zpravy/srovnani-ceniku-plynu-kolik-usetrite-zmenou-dodavatele/1309706>
18. Obr. 7.2 Celková zásoba zemního plynu: <http://www.zemniplyn.cz/plyn/#vlastnosti>
19. Obr. 7.3 Složení bioplynu z energetických rostlin:
<http://bioplyn.schaumann.cz/vyroba/>
20. Obr. 7.3 Porovnání alternativ vytápění v místech bez dosahu zemního plynu:
<http://vytapani.tzb-info.cz/8403-zajem-o-vytapani-na-lpg-roste>
21. Obr. 8.1 Provedení podlahového vytápění v praxi: <http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani>
22. Obr. 8.2 Provedení stěnového vytápění v praxi:
<http://www.geosun.cz/cz/reference/podlahove-a-stropni-vytapani/stenove-vytapani-bazenu>
23. Obr. 8.3 Provedení stopního vytápění v praxi: <http://www.jupiter-system.cz/produkty/system-ideal-up/system-ideal-up/>
24. Obr. 8.4 Podíl tepelného toku sáláním pro různé druhy vytápění:
<http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani>
25. Obr. 9.1 Schéma principu tepelného čerpadla:
https://www.sirux.sk/klimatizacia/Princip-tepelneho-cerpadla-a6_20.htm
26. Obr. 9.2 Způsob provedení tepelného čerpadla Vzduch/Voda:
http://www.vse.sk/wps/PA_Minnesota/content/nvse.A4320.A/img/TC-vzduch-voda.jpg
27. Obr. 9.3 Způsob provedení tepelného čerpadla Voda/Voda:
http://www.zelenabuducnost.sk/wps/PA_Minnesota/content/zb.F2430/img/TC-voda-voda.jpg
28. Obr. 9.4 Způsob provedení tepelného čerpadla Země/Voda jako hlubinný vrt:
<http://www.agt.sk/images/TC-hlbinny-vrt.jpg>
29. Obr. 9.5 Způsob provedení tepelného čerpadla Země/Voda jako zemní kolektor:
<http://www.agt.sk/images/TC-podzemne.jpg>
30. Obr. 10.1 Schéma principu fototermického systému:
<http://pozorovanislunce.eu/slunce/energie-ze-slunce/vyuziti-slunecni-energie/solarni-systemy-a-jejich-vyuziti.html>
31. Obr. 10.2 Deskový kolektor: <http://www.realizacebydleni.cz/dum/vyhody-vyuzivani>
<http://www.realizacebydleni.cz/dum/vyhody-vyuzivani-solarni-energie/attachment/kfsc2400/-solarni-energie/attachment/kfsc2400/>

-
32. Obr. 10.3 Trubicový (vakuový) kolektor: <http://www.itest.cz/old/solar/vermos.htm>
33. Obr. 10.4 Schéma principu fotovoltaických systémů: <http://cockroach-boat.weebly.com/energy.html>
34. Obr. 10.5 Amorfní solární panel: [http://www.malapa.cz/produkty/solarni-energie/SO27/#pictures\[gallery\]/1/](http://www.malapa.cz/produkty/solarni-energie/SO27/#pictures[gallery]/1/)
35. Obr. 10.6 Monokrystalický solární panel: <http://eshop.homesolar.cz/1/477/solarni-monokrystalicky-panel-md10-12.html>
36. Obr. 10.7 Polykrystalický solární panel: <http://www.solarnistavebnice.cz/obsah.jsp?dyid=12>
37. Obr. 11.1 Modelový dům: vlastní fotografie
38. Obr. 11.2 Odhad roční spotřeby energie na vytápění a ohřev TUV: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
39. Obr. 11.5.1 Kotel na pevná paliva OPOP H420EKO: <https://www.topenilevne.cz/opop-h-420-eko-p35302/>
40. Obr. 11.5.2 Kotel na pelety ATMOS D20P: <https://www.topenilevne.cz/atmos-d-20-p-p43652/>
41. Obr. 11.5.3 Tepelné čerpadlo HOTJET 11ASK: http://www.hotjet.cz/files/Hotjet_cenik_2015_cz.pdf