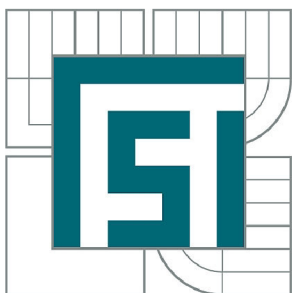




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

MODERNÍ TRENDY VE VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

MODERN TRENDS OF HEATING OF FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

KRISTÝNA HRUBANOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARTIN LISÝ, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Kristýna Hrubanová

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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 trendy ve vytápění rodinného domu

v anglickém jazyce:

Modern Trends of Heating of Family House

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 odborné 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

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Lisý, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 19.11.2014



J. Pospíšil

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

U. J. Katolický

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je provést shrnutí základních poznatků o různých systémech vytápění rodinných domů. Práce je zaměřena na moderní způsoby, které mají v dnešní době velký potenciál. V závěru práce je provedeno srovnání některých způsobů vytápění na konkrétním modelovém domě.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, trendy, solární energie, tuhá paliva, kotel, tepelné čerpadlo, elektřina, efektivita, pelety, plyn.

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is to make a summary of basics knowledge of various heating systems for family houses. Thesis is focused on modern methods which have great potential nowadays. At the end there is comparison of some heating methods for a model house.

KEY WORDS

Heating, trends, solar energy, solid fuels, boiler, heat pump, electricity, efektivita, pellets, gaz.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HRUBANOVÁ, K. *Moderní trendy ve vytápění rodinného domu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 62 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Lisý, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Moderní trendy ve vytápění rodinných domů** vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších zdrojů, které jsou všechny citovány a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Datum

Kristýna Hrubanová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu své bakalářské práce Ing. Martinu Lisému, Ph.D. za odbornou pomoc a další cenné rady a připomínky při vypracování této práce. Dále své rodině za trpělivost a podporu při studiu.

OBSAH

1	Úvod.....	11
2	Vytápění tuhými Fosilními palivy	12
2.1	Kotle na tuhá paliva-uhlí, koks	12
3	Biomasa.....	14
3.1	Tuhá biopaliva	14
3.1.1	Kusové dřevo	14
3.1.2	Pelety.....	15
3.1.3	Brikety.....	15
3.1.4	Dřevní štěpka	16
3.2	Bioplyn.....	17
3.3	Spalování biomasy	18
3.3.1	Kotle na pelety	18
3.3.2	Zplyňovací kotle	19
3.3.3	Kotle na dřevní štěpku	20
3.3.4	Vytápění krbem nebo krbovou vložkou.....	20
4	Vytápění plynem	23
4.1	Princip plynového kotle	23
4.2	Klasické plynové kotle.....	23
4.3	Kondenzační plynové kotle	24
5	Solární systémy	26
5.1	Slunce a jeho energie	26
5.1.1	Vznik energie ve Slunci	26
5.1.2	Dopad sluneční energie na Zemi	26
5.2	Fotovoltaika	26
5.2.1	Fotovolatické články	27
5.2.2	Malá fotovoltaická elektrárna (FVE).....	27
5.3	Fototermika.....	28
5.3.1	Solární kolektory	28
5.3.2	Solární soustava	30
6	Tepelná čerpadla	32
6.1	Princip a funkce	32
6.2	Základní typy tepelných čerpadel	33
6.2.1	Tepelné čerpadlo vzduch/voda.....	33
6.2.2	Tepelné čerpadlo země/voda.....	34
6.2.3	Tepelné čerpadlo voda/voda	35

7	Elektrické vytápění	37
7.1	Rozdělení podle zdroje tepla	37
7.2	Rozdělení podle přenosu tepla	37
7.2.1	Sálavé vytápění	38
7.2.2	Konvekční vytápění	39
8	Modelový dům	42
8.1	Popis modelového domu	42
8.1.1	Energetická bilance domu	43
8.2	Výpočet tepelných ztrát a potřebného tepla pro vytápění	43
8.3	Alternativní zdroje vytápění	45
8.3.1	Kotel na uhlí	45
8.3.2	Kotel na pelety	47
8.3.3	Tepelné čerpadlo vzduch/voda	48
8.4	Zhodnocení	51
9	Závěr	53
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	54
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ	60
	SEZNAM TABULEK	62

1 ÚVOD

Otázka vytápění rodinného domu je v dnešní době velmi diskutovaným tématem. Se stále vyvíjejícím se pokrokem techniky je na trhu velké množství různých typů a možností vytápění. Jednotlivé typy se od sebe liší jak zdrojem tepla, tak i vhodností použití. Základním požadavkem pro výběr vytápění je co možná největší účinnost a co nejmenší ztráty. Další důležitým aspektem jsou bezesporu finanční náklady na realizaci a provoz. S rozvojem společnosti je také kladen stále větší důraz na ekologii provozu a také na komfort při obsluze. Tyto faktory hrají primární roli při výběru způsobu vytápění.

Ve své bakalářské práci bych chtěla představit různé možnosti a druhy vytápění, porovnat jejich výhody a nevýhody a posoudit jejich vhodnost použití pro rodinné domy. Ve své práci se budu zabývat jednak klasickým způsobem vytápění, jako jsou například kotle na uhlí, ale větší důraz bude kladen na moderní trendy ve vytápění, mezi které patří tepelná čerpadla a solární kolektory. V závěru se pokusím shrnout získané poznatky a porovnat metody na modelovém domě.

2 VYTÁPĚNÍ TUHÝMI FOSILNÍMI PALIVY

Vytápění tuhými palivy je základním a nejstarším způsobem vytápění. Nejrozšířenějším palivem je klasické hnědé uhlí, případně méně využívané dražší černé uhlí. Mezi další oblíbená paliva patří především koks a dřevo. S vývojem společnosti se mění i trendy ve vytápění, což má za následek stále větší zájem o paliva pocházející z obnovitelných zdrojů, jako je dřevo, ale především dřevěné pelety, které se vyznačují vysokou účinností a přijatelnou cenou. Při jejich spalování nedochází k tak značnému úniku prachových částic do ovzduší. Jako velmi ekonomicky zajímavé se jeví používání alternativních pelet vyrobených z rostlin, již pořizovací cena je oproti dřevěným peletám poloviční, avšak výhřevnost je také menší. Toto téma je natolik rozsáhlé, že mu bude věnována samostatná kapitola, kde bude objasněn princip spalování biomasy [1], [2].

2.1 Kotle na tuhá paliva-uhlí, koks

Využívání tuhých paliv je stále nejklasičtějším a velmi častým způsobem pro vytápění jednak rodinných domů, ale i rekreačních objektů a v některých případech i menších výrobních budov. V současné době jsou v České republice kotle na tuhá paliva používány ve více než 500 tisících domácnostech. Jedná se o vytápění s dlouholetou tradicí [1], [2].



Obr. 2.1 Černé uhlí [2]

Mezi nejpopulárnější paliva patří hnědé uhlí, jehož hlavní výhodou je nízká pořizovací cena. Při spalování uhlí však dochází k znečištění ovzduší prachem, CO_2 , oxidy dusíku a oxidy síry (zejména SO_2), které vznikají při nedokonalém spalování. Proto s ohledem na ekologičnost provozu musejí všechny kotle splňovat normu dle ČSN EN 305-5. Technologická vyspělost se udává ve třídách 1 až 5 (nejlepší). Přičemž podle norem musí všechny v současnosti vyráběné kotle splňovat podmínky pro třídu 3 a vyšší. Kotle spadající do tříd 1 a 2 s již v současnosti nesmí používat. Významným palivem je také černé uhlí a koks. Jejich spalování je šetrnější k přírodě a vyznačují se vysokou účinností, avšak mezi hlavní nevýhody patří vyšší pořizovací cena [2], [3].

Kotle na tuhá paliva se dělí na dva základní typy, kotle s ručním přikládáním a automatické kotle. Kotle s ručním přikládáním jsou nejstarším možným typem kotlů a jsou ceněny zejména pro své nízké pořizovací i provozní náklady, jsou však nekomfortní pro uživatele a vyžadují stálou obsluhu. S přikládáním jsou spojeny značné nepříjemnosti, zejména se jedná o poměrně namáhavou a špinavou manipulaci s uhlím. Další nevýhodou je nutnost skladu paliva. Jako řešení se nabízejí kotle s automatickým přikládáním. Takový kotel bývá vybaven automatickým zapalováním, podavačem paliva a často i regulátorem, který řídí chod kotle podle okolní teploty. Automatické kotle jsou nenáročné na obsluhu, pro plynulost chodu je potřeba pouze občas vysypat popel a doplnit palivo do násypky. Automatické kotle lze na trhu sehnat v mnoha konstrukčních provedeních, ty nejmodernější se vyznačují minimálními nároky na obsluhu, avšak také poměrně vyšší cenou [1], [4].

V široké nabídce automatických kotlů můžeme jmenovat např. kotel Viadrus Ekoret, který je vybaven retortovým hořákem, šnekovým podavačem paliva a litinovým výměníkem, litina zajišťuje dlouhou životnost kotle. Tento typ kotle lze dodávat s regulační jednotkou,

kteřá předchází zbytečnému přetopení. Kotel je také vybaven ochranou proti prohoření paliva a to i při výpadku proudu. Předností kotle je skutečnost, že umožňuje spalování jak uhlí, tak i pelet [4].

Dle mého názoru jsou automatické kotle sice komfortnější než klasické na ruční přikládání, ale zdaleka se komfortem obsluhy nevyrovnají jiným typům vytápění. Jsou poměrně robustní a je nezbytný zvláštní prostor pro jejich umístění. Za další negativní aspekt můžeme považovat emise škodlivých plynů vznikajících při spalování a tudíž i negativní dopad na čistotu ovzduší. Velkou předností automatických kotlů je poměrně vysoká škála konstrukčních řešení. Od složitosti a propracovanosti konstrukce se odvíjí i cena a tak si každý zákazník může vybrat kotel podle svých ekonomických možností. Troufám si tvrdit, že automatické kotle jsou vhodným řešením pro objekty bez přívodu plynu a pro zákazníky, kteří dávají přednost tradičnímu způsobu vytápění [1], [2].



Obr. 2.2 Automatický kotel [4]



Obr. 2.3 Kotel na ruční přikládání [4]

3 BIOMASA

Jedním z nejpopulárnějších obnovitelných zdrojů je právě biomasa. V České republice zastupují všechny druhy biomasy až 80% veškeré produkce energie z obnovitelných zdrojů. Pod pojmem biomasa rozumíme veškerou rozložitelnou hmotu organického původu, zejména rostlinného a živočišného. Zdrojem energetické biomasy bývá odpad ze zemědělství, lesnictví ale také průmyslu. V současnosti se však stále více rozvíjí cílené pěstování rostlin pro výrobu biomasy. Lze předpokládat, že s rostoucím trendem nahradit fosilní paliva obnovitelnými zdroji, bude oblíba biomasy jakožto paliva v dalších letech stoupat. K výrobě elektřiny slouží zejména tuhá biopaliva a bioplyn [5], [6].

3.1 Tuhá biopaliva

Nezákladnějším tuhým biopalivem je dřevo. Pro průmyslově vyráběná biopaliva se v první řadě používají odpady ze zemědělství a lesnictví, jako je sláma a těžební odpad z lesnictví či ze dřevozpracujícího průmyslu. Jedná se o doposud nejběžnější formu biopaliva u nás. Je oblíbená hlavně pro svoji snadnou dostupnost a přijatelnou cenu. V současnosti je většina odpadu z pilařských a dřevozpracujících provozů určena právě pro výrobu tuhých biopaliv jako jsou brikety a pelety [6].

3.1.1 Kusové dřevo

Dřevo je nejoblíbenějším a zároveň nejstarším využívaným biopalivem. Dřevo bylo používáno pro topení po celá staletí, s rozvojem elektřiny a plynu zaznamenalo jistý úpadek, avšak dnešní dobu můžeme nazvat renesancí dřeva jakožto oblíbeného topiva. Jedná se o organický materiál přírodního původu. Při dobrém hospodaření jsou zdroje dřeva prakticky nevyčerpatelné [5], [6].



Obr. 3.1 Vyschlé dřevo [5]

V současné době existuje mnoho společností, které pěstují stromy, jejichž dřevo je primárně určeno k topení. Nabídka kusového dřeva na trhu je tedy velmi rozmanitá. Palivové dřevo lze rozlišit podle tvrdosti, dřevo pocházející z listnatých stromů je tvrdší a vhodné pro vytvoření dlouhotrvajícího a stabilního žáru. Naopak měkké dřevo z jehličnanů nejlépe poslouží k zápalu a rychleji vyhřeje vytápěný prostor. Výhřevnost dřeva se pohybuje při vlhkosti 20% okolo 15 MJ/kg a je tedy o něco málo nižší než v případě pelet či briket. Zásadní roli hraje vlhkost, která snižuje výhřevnost, neboť je potřeba více tepla na přeměnu vody v páru a tím se snižuje energetický zisk ze dřeva a zvyšuje spotřeba paliva. Při spalování čerstvého dřeva, které obsahuje velké množství vody, rostou emise vznikající při jeho spalování. Vysoká vlhkost dřeva má také negativní vliv na samotný kotel, může dojít ke snížení životnosti. Z tohoto důvodu se nechává dřevo přirozeným způsobem vysychat. Tento proces může u některých druhů dřeva trvat i několik let [5].



Obr. 3.2 Polena [2]

Největší výhodou dřeva je jeho snadná dostupnost a velmi příznivá cena. Spalováním dřeva vzniká organický popel, který je velice ceněný jako přírodní hnojivo. Značnou nevýhodou topení dřevem je větší časová náročnost a práce, dřevo je nutné naštípat, kotel či krb vyžaduje pravidelné přikládání. Problém častého přikládání byl částečně vyřešen díky moderním kotlům s inteligentní regulací hoření. Domnívám se, že topení dřevem může být velice finančně lákavé pro uživatele, kteří mají přístup k vlastnímu zdroji a nemusí kusové dřevo kupovat. V tomto případě klesnou provozní náklady na minimum [5].

3.1.2 Pelety

Pelety jsou složeny převážně z dřevní biomasy, někdy je použita i rostlinná biomasa. Obvyklou surovinou pro výrobu pelet jsou piliny a hobliny, setkáváme se však i s peletami na bázi rašeliny či kůry. Často se na trhu setkáváme s tzv. směsnými peletami, které kombinují dřevní a rostlinný základ. Barva pelet se může měnit v závislosti na použitém druhu dřeva a na množství přidané kůry [7].



Obr. 3.3 Druhy pelet

a) pelety ze sena b) slunečnicové pelety c) pelety s kůrou [7]

Pelety jsou slisované výlisky válcovitého tvaru vyráběné silným stlačením, které nazýváme peletování. Pelety se lisují z předem vysušené vstupní suroviny bez přidání lepidel a pojiv, jejich soudržnost závisí na obsahu ligninu ve dřevě. Kvalitu pelet významně ovlivňuje vlhkost, při vysoké vlhkosti dochází k odpařování vody během jejich hoření a dochází ke snížení výhřevnosti. Pelety rostlinného původu mají obecně menší výhřevnost než pelety vyrobené z dřevního odpadu [7].

Největší výhodou pelet je snadná manipulace a ekonomické skladování, zaručují tedy vysoký komfort pro uživatele. Pelety se pyšní vysokou hustotou a velmi dobrou výhřevností (17 MJ/kg) a jsou schopny tak nahradit i některé druhy uhlí. Při spalování pelet nevzniká téměř žádný kouř. Produktem dokonalého spalování pelet je oxid uhličitý, voda a stopové množství škodlivin. Jedná se tedy o velmi ekologický zdroj paliva. Popel vzniklý při hoření je možno použít jako ekologické hnojivo. Nevýhodou může být nutnost speciálního kotle pro spalování některých druhů pelet [5], [7].

3.1.3 Brikety

Brikety jsou lisovány z dřevního i rostlinného odpadu. Prach, piliny, hobliny, kůra a rostlinný odpad je stlačen do tvaru válců, případně hranolů či šestistěnnů. Bývají větší než pelety, jejich standardní délka se pohybuje okolo 300mm. Na trhu se objevují brikety s otvorem, které jsou vhodné pro rychlé vytopení objektu, neboť umožňují snadnější



Obr. 3.4 Brikety [5]

zátop a rychleji prohořívají. Pro stabilní vytápění se však více doporučují brikety typu RUF. Jedná se o brikety bez otvoru, které jsou vyrobeny z tvrdšího dřeva a dávají tak rovnoměrný dlouhotrvající žár. Doba žhnutí se může pohybovat až kolem 6 hodin [8].

Výroba briket je založena na podobném principu jako výroba pelet, tedy na silném stlačení výchozí vysušené suroviny. Pro výrobu se nepoužívají žádná přídavná pojiva či lepidla, jedná se tak o vysoce ekologické palivo, při jehož spalování se neuvolňují žádné toxické látky. Brikety se lisují při vysokém tlaku ve speciálních lisech, proces výroby se nazývá briketování. Kvalita výsledného produktu je ovlivněna zejména typem použitého dřevního odpadu a vlhkostí přísad [8].

Brikety je možné spalovat v běžných kotlích na dřevo, či krbech. Díky své vysoké výhřevnosti (18 MJ/kg) jsou vhodnou alternativou za hnědé uhlí a jejich používání přispívá ke snížení množství škodlivých spalin ve vzduchu. Množství uvolněného popela při spalování je rovno asi 1% spáleného paliva, popel je navíc dále využitelný jako přírodní minerální hnojivo. Používání briket nezatěžuje životní prostředí, jedná se o ekologické palivo. Další výhodou briket je snadná manipulace a skladování. Za nevýhodu lze považovat nemožnost plné automatizace spalování. Domnívám se, že jsou brikety vhodným alternativním zdrojem pro doplňkové vytápění v kamnech při jiném centrálním vytápění např. plynem [5], [8].

3.1.4 Dřevní štěpka

Pod pojmem dřevní štěpka rozumíme strojně zkrácený a nadrcený dřevní odpad. Velikost částic se pohybuje v rozmezí 3-250 mm. Štěpku lze získat z odpadu lesní těžby nebo průmyslového zpracování dřeva. Podle složení dělíme štěpku na tři základní typy, rozlišujeme štěpku zelenou, hnědou a bílou [9].

Štěpka zelená vzniká ze zbytků po lesní těžbě, obsahuje neopracované zbytky dřeva, kůru, ale najdeme zde i zbytky listů a jehličí. Od barvy jehličí byl odvozen i její název. Při výrobě štěpky se zpracovává čerstvý materiál, proto je vlhkost štěpky vysoká. Tento druh štěpky má nejmenší výhřevnost. **Štěpka hnědá** dostala svůj název podle obsažené kůry. Vzniká ze zbytkových kmenů či pilařských odřezků, které nebyly odkorněny. Na jednotlivých odřezcích můžeme najít části kůry. Obsah vody je oproti zelené štěpce o něco nižší. Nejvyšší je **štěpka bílá**, kterou získáváme z již odkorněného dřeva. Díky absenci kůry se vyznačuje podstatně nižší vlhkostí než zelená štěpka a její výhřevnost dosahuje největších hodnot. Nejmenší vlhkost vykazuje štěpka vzniklá z truhlářské výroby. Využita bývá také při výrobě dřevotřískových desek [9].



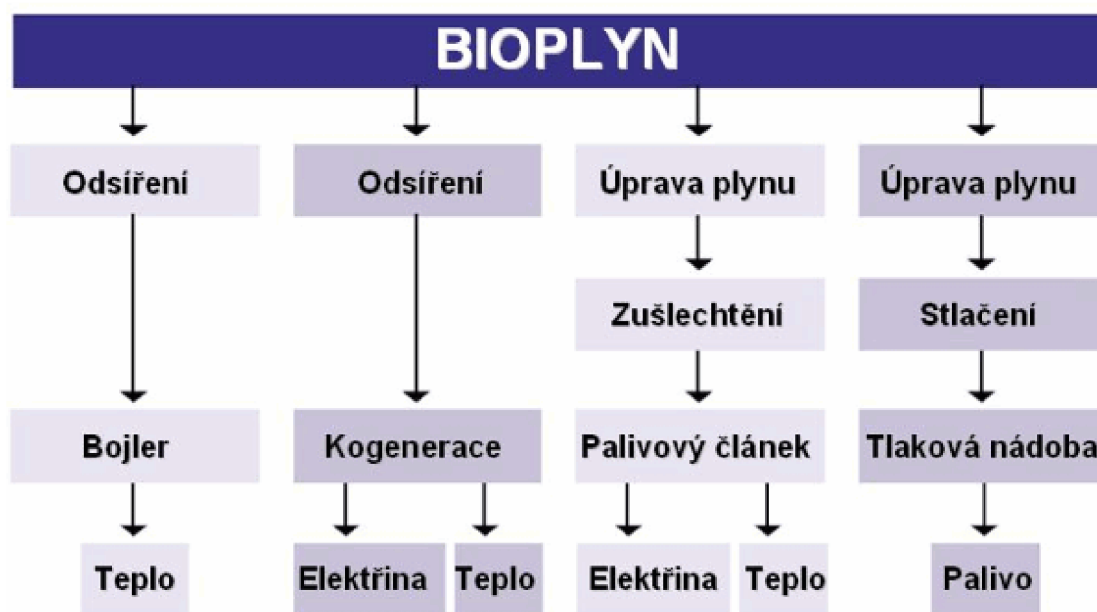
Obr. 3.5 Dřevní štěpka [9]

Dřevní štěpka je na trhu schopná konkurovat jiným biopalivům zejména kvůli své absolutně bezkonkurenční ceně. Její pořizovací náklady jsou minimální, v malém množství je zákazník schopen vyrobit štěpku sám pomocí vhodného drtiče dřeva. Dle mého názoru je nízká cena jedinou výhodou dřevní štěpky jakožto paliva. Výchřevnost běžné lesnické štěpky je díky vysokému obsahu vody nižší než u jiných biopaliv a musí se spalovat ve velkých objemech. S tím souvisí nutnost počítat s prostory na uskladnění štěpky, které musejí být dobře odvětrávané, aby nedocházelo k zapařování a plesnivění. Při nevhodném skladování může dojít i k samovznícení. V případě, že štěpka pochází z dobře vysušeného dřeva, její výchřevnost stoupá. Samotná manipulace se štěpkou je obtížná a pro zákazníka nekomfortní. Další negativum spočívá v nutnosti pořízení speciálního kotle pro spalování dřevní štěpky, štěpku se nedoporučuje spalovat v běžných kotlích na tuhá paliva. Na obranu štěpky můžeme zmínit, že se jedná o ekologicky čisté palivo. Osobně si myslím, že použití štěpky pro vytápění rodinného domu není vhodný způsob řešení [9].

3.2 Bioplyn

Bioplyn vzniká rozkladem organické hmoty za nepřístupu vzduchu. Tento proces nazýváme anaerobní fermentace. Jako vstupní materiál pro výrobu bioplynu bývá použit biologicky rozložitelný odpad, získávaný ze zemědělství průmyslu ale také domácností. Mezi materiály s velkým potenciálem pro produkci bioplynu patří exkrementy hospodářských zvířat, sláma, piliny, zbytky rostlin, ale také biologický kuchyňský odpad [10].

Nositel energie bioplynu je metan. Energii bioplynu lze využít čtyřmi způsoby, které jsou zobrazeny v grafu na obrázku 3.4. Při každém způsobu zpracování bioplynu, je nutno jej napřed určitým způsobem upravit. Nejčastěji využívaným způsobem využití bioplynu je kogenerace. Jedná se o kombinovanou výrobu tepla a elektřiny. Přičemž produkce tepla bývá většinou vyšší než produkce elektrická. Při procesu kogenerace je bioplyn spalován v pístovém spalovacím motoru, který je pohonem pro generátor elektrické energie. Výfukové plyny a olej jsou následně ochlazovány a vzniklé teplo může být využito pro vytápění. Kogenerace probíhá v bioplynových stanicích (PBS) [10].



Obr. 3.6 Využití bioplynu [10]

Využití bioplynu má vysoký potenciál a proto se začíná rozšiřovat i cílené pěstování biomasy pro výrobu bioplynu. Je však nutné zvážit energetickou bilanci celého procesu, jinak řečeno vložená energie by měla být menší než získaná. Efektivita výroby závisí na mnoha faktorech (kvalita biomasy, její složení, klimatické podmínky aj.) a proto je posuzována případ od případu [10].

Využití bioplynu pro vytápění může být zajímavým řešením pro rodinné farmy či domy ležící v blízkosti zemědělských zařízení (odpadají náklady na dopravu biopaliva). Investiční náklady na výstavbu PBS jsou poměrně vysoké a efektivita výroby energie je značně závislá na vstupním biologickém odpadu. Výhodou je používání biodpadů, které by se jinak nevyužily a jejichž likvidace by ekologicky zatěžovala životní prostředí. Při výrobě energie z bioplynu však musíme počítat s nepříjemným zápachem. Osobně se domnívám, že bioplyn není vhodným řešením pro vytápění běžných rodinných domů, hodí se spíše pro vytápění a výrobu elektřiny v průmyslových objektech a čističkách odpadních vod [10].

3.3 Spalování biomasy

Při používání biomasy jako paliva je nutné myslet na volbu vhodného kotle, jelikož většinu biopaliv nelze spalovat v běžných kotlích na fosilní paliva. Použitím speciálních kotlů dosahujeme největší účinnosti a výkonu [11].

3.3.1 Kotle na pelety

V dnešní době je kladen vysoký důraz na komfort provozu, proto se často setkáváme s automatickými kotli, ve kterých je palivo samo dopravováno pomocí podavače do kotle. Odpadají tak starosti s přikládáním paliva. Automatické kotle na pelety splňují vysoké ekologické požadavky a pohybují se ve dvou nejvyšších emisních třídách, tzn. třída 4 a 5. Peletový kotel je vhodný i pro vytápění více rodinných domů. Jedná se tedy o ekologický a vysoce komfortní způsob spalování biomasy [11].



Obr. 3.7 Kotel na pelety [12]

Palivo je dopravováno dopravníkem, či podavačem do spalovacího prostoru. Poté je za přívodu primárního vzduchu zapáleno pomocí hořáku. Samotné zapálení je zajištěno díky automatické žhavicí spirále. Na celý proces dohlíží regulátor, který řídí dávkování paliva podle požadovaného výkonu. Popel vzniklý při hoření je dopravován do popelníku. Teplo vzniklé při spalování se předává otopnému mediu a je dále využito pro vytápění. Peletové kotle se vyznačují vysokou účinností (až 94%) a jejich tepelný výkon je nejčastěji v rozmezí 10-30 kW [5], [12], [13].

Na trhu se setkáme s vysokou nabídkou kotlů pro spalování pelet, liší se jednak cenou, použitým materiálem, účinností a výkonem, ale i designem. Mezi zástupce automatických kotlů patří například kotel Woody od firmy OPOP. Vyznačuje se vysokou účinností a vyrábí se v pěti výkonových řadách. Jeho velkou předností je kvalitní konstrukce a moderní design. Dodává se jako komplet, který je složen z kotle, hořáku, elektronické řídicí jednotky, šnekového podavače a volitelné násypky. Zásobník paliva může být umístěn vlevo i vpravo, dle potřeb zákazníka [12].

3.3.2 Zplyňovací kotle

Zplyňovací kotle jsou vhodné pro spalování kusového dřeva, briket, některé kotle jsou schopny spalovat i dřevní štěpku. Na rozdíl od automatických kotlů na pelety je zde nutná pravidelná obsluha. Vyznačují se ale podstatně nižší pořizovací cenou. Existují i kombinované kotle, které jsou velmi univerzální, neboť lze jednotlivá paliva mezi sebou libovolně zaměňovat. Tato variabilita je ale kompenzována vyšší cenou. Při použití zplyňovacích kotlů je nutné myslet na prostor pro skladování paliva, proto nejsou tyto kotle vhodné k vytápění domů s omezeným sklepním prostorem [5], [14].



Obr. 3.8 Zplyňovací kotel [15]

Princip činnosti kotle je založen na vzniku spalného plynu při nedokonalém hoření za minimálního přístupu primárního vzduchu v zásobníku paliva. Ke spalnému plynu se poté přidává sekundární vzduch a společně proudí do dohořovací komory, kde dokonale prohoří. Moderní kotle disponují funkcí automatického zapálení paliva. Rozeznáváme kotle se spodním odhoříváním paliva, ale i kotle s horním odhoříváním, které jsou méně používané. Účinnost dosažená při spalování ve zplyňovacích kotlích se pohybuje v rozmezí 88 až 92%. Nejčastější dosažený výkon je v rozmezí 15 až 50kW, jsme schopni ho regulovat pomocí regulátoru. Moderní zplyňovací kotle jsou vybaveny automatickým zápalem paliva elektricky ohřátým vzduchem a ventilátorem [5], [14].

Mezi širokou škálou zplyňovacích kotlů můžeme jmenovat například kotel ATMOS DC30RS o výkonu 32 kW, který splňuje podmínky pro zařazení do 4. emisní třídy. Kotel je konstruován pro spalování briket a kusového dřeva, není vhodný pro spalování černého a hnědého uhlí a pilin. Mezi hlavní výhody patří vysoká účinnost asi 90%. Kotel je vybaven mohutnou násypkou, která umožňuje vkládání velkých polen nebo celých balíků briket. Díky topeništi s otočným litinovým roštem s přívodem přehřátého sekundárního vzduchu dochází k dobrému spalování již od zátopy a k rychlému získání požadovaného výkonu kotle. Cena samotného kotle bez jakéhokoli příslušenství se pohybuje okolo 46 tis. korun [15].

3.3.3 Kotle na dřevní štěpku

Dřevní štěpku lze spalovat i v některých zplyňovacích kotlích, ale existují i kotle určené speciálně pro spalování dřevní štěpky. Vytápění dřevní štěpkou je vhodné zejména pro velké průmyslové objekty, ale kotle s nejnižším výkonem okolo 15 kW lze použít i pro vytápění rodinných domů. Počáteční investiční náklady jsou v porovnání s ostatními kotli na biomasu poměrně vysoké, avšak jsou vykompenzovány nejlevnějším palivem na trhu. Nevýhodou těchto kotlů je náročnost na uskladnění potřebného paliva. Je potřeba dobře provětrávaný sklad štěpky. Kotle na dřevní štěpku nejsou z ekonomického hlediska vhodné pro vytápění malých rodinných domů a nízkoenergetických staveb s malou potřebou energie, náklady jsou v tomto případě příliš vysoké [16].



Moderní kotle na štěpku bývají v drtivé většině plně automatizovaná zařízení, která nabízejí vysoký komfort obsluhy. Vyznačují se dobrými spalnými vlastnostmi a nízkými emisemi, které jsou zajištěny řízeným dávkováním paliva. Díky speciální konstrukci lze spalovat i paliva s vyšším obsahem vlhkosti, což je nemožné v klasických ocelových kotlích. Tepelný výkon lze plynule regulovat v závislosti na okolní venkovní teplotě a požadované vnitřní teplotě. Účinnost kotlů na pelety se pohybuje v rozmezí 80 až 90% v závislosti na kvalitě použitého paliva [16].

Obr. 3.9 Kotel na štěpku [17]

Kromě speciálních kotlů na dřevní štěpku se často setkáváme s kombinovanými kotli, které umožňují spalování více druhů paliva. Mezi takové kotle řadíme i kotel Viadrus HERKULES BIO, který je schopen spalovat jak dřevní štěpku, tak i pelety a dřevo. Litinová konstrukce výměníku zajišťuje vysokou životnost kotle. Kotel se pyšní účinností až 85%. Samozřejmostí tohoto kotle je automatický provoz a odvod spalin odtahovým ventilátorem [17].

3.3.4 Vytápění krbem nebo krbovou vložkou

V současné době se stává vytápění krbem nebo krbovou vložkou velmi rozšířeným způsobem vytápění. Moderní krbová kamna lze použít jako primární zdroj vytápění, častěji je však kombinujeme s jiným způsobem vytápění. Krbová kamna slouží také jako dominantní estetický doplněk a mnoho zákazníků si je vybírá do svých rodinných domů právě kvůli fascinujícímu pohledu na oheň [18], [20].

Krbová kamna či vložky mají základní tři konstrukční části, které jsou nezbytné pro splnění jejich funkce a to předání tepelné energie do okolí. Tepelná energie se vyrábí v ohništi, následně je uložena v tahovém systému a nakonec



Obr. 3.10 Kamna jako součást interiéru [20]

rozvedena do okolí. Toto místo se jmenuje teplosměnná plocha. Podle způsobu rozvodu tepla do místnosti rozlišujeme několik druhů kamen [18].



Teplovzdušné krbové vložky či kamna rozvádějí teplo pomocí konvekce vzduchu okolo pláště kamen. Okolní vzduch je nasáván do kamen následně ohříván a poté vyfukován. Přenos tepla se děje také akumulacně, podle typu použitého materiálu. Ohřátý vzduch je dále možno distribuovat do okolních místností a vytápet tak celý dům. Rozvod teplého vzduchu se uskutečňuje buď samotíží anebo nuceným oběhem pomocí ventilátoru. Ventilátory s sebou přinášejí jistou nevýhodu v podobě hluku. Při vypnutí proudu přestávají pracovat a dohází k vychladnutí celého oběhového systému. Teplovzdušná kamna se spíše hodí na vytápění rekreačních objektů, jelikož mají malou schopnost akumulace a rychle dochází k jejich vychladnutí. Vyžadují také častější přikládání, avšak mají menší spotřebu paliva. Jejich hlavní předností je rychlost, s jakou dokáží vytopit dům a jejich relativně přijatelná cena, právě proto jsou oblíbeným zdrojem tepla na chatách a chalupách

Obr. 3.11 Teplovzdušná kamna [21] [18], [21].

Sálavá kamna pracují na principu ukládání tepla v materiálu s vysokou akumulacní schopností. Dle síly vyzdívky dělíme kamna na lehká, polotěžká a těžká. U tohoto typu kamen nedochází k proudění vzduchu. Teplo v prostoru vzniká přeměnou elektromagnetického vlnění vyzařovaného kamny. Tento způsob ohřevu je asi nejpřirozenější a pro člověka nejzdravější, protože je velmi podobný slunečním paprskům. Příkladem akumulacních kamen mohou být klasická kachlová kamna. Sálavá kamna mají dlouhou dobu roztápění, a proto jsou vhodná do trvale obývaných objektů. Za jejich nevýhodu můžeme považovat vyšší cenu a nutnost odborného návrhu a realizace. Myslím si, že za akumulacní kamna je vhodné si připlatit, poněvadž počáteční investice je vykompenzována ekonomikou provozu. Dále je třeba zmínit další výhody sálavých kamen jako je zdravotní nezávadnost vytápění a udržování ideální vlhkosti prostředí [19].

Teplovodní krbové vložky či kamna předávají teplo vzniklé hořením paliva pomocí teponosného media, tím je nejčastěji voda. Medium poté rozvádí teplo do okolních místností. Výkonové přebytky se ukládají v akumulacní nádrži, aby mohli být později využity. Tento typ kamen je vhodné doplňovat kvalitním komínovým systémem, aby docházelo k odvodu spalín. Často jsou teplovodní kamna používána ve spojení s dalším zdrojem tepla, protože je možné jejich propojení pomocí výměníku. Za hlavní výhody teplovodních kamen považujeme snadný rozvod tepla do okolních místností a možnost akumulace. U méně vyspělých výrobků však zaznamenáváme vyšší emise škodlivin do ovzduší. Další negativum můžeme vidět v nutnosti častějšího přikládání a tím snížení komfortu obsluhy [19].



Obr. 3.12 Různá provedení krbové vložky [19]

Na trhu je v České republice nepřeberné množství kamen či vložek všech typů a záleží už jen na zákazníkovi, jaké konstrukční řešení a design si zvolí. Kamna mohou být jednak vhodným zdrojem tepla, ale také nápaditým doplňkem domácnosti. Osobně si myslím, že jsou vhodná spíše jako doplňující zdroj tepla v kombinaci s jiným způsobem vytápění [20].

4 VYTÁPĚNÍ PLYNEM

Jedním z nejrozšířenějších způsobů vytápění je právě vytápění plynem. Nejčastěji využívaným topidlem je zemní plyn, dále se používají zkapalněné plyny jako je např. butan a propan. Největší předností spalování zemního plynu je bezesporu snadná a pohodlná obsluha, tím jsou splněny vysoké požadavky na komfort pro zákazníka, na který je kladen stále větší důraz. Mezi další výhody plynových kotlů patří čistý provoz a snadná regulace tepelného výkonu, což umožňuje využití těchto kotlů i pro vytápění pro občasně používané domy. V minulosti byly plynové kotle závislé na inženýrské síti a rozvodech plynu, které nebyly dostupné na všech místech, v současné době tento problém již zcela odpadá. Dodávky paliva jsou téměř neomezené a nevyžadují žádnou námahu ze strany zákazníka. Plynové kotle jsou navíc šetrné k životnímu prostředí a nenáročné na prostor [22],[24].

4.1 Princip plynového kotle

Práce plynového kotle je založena na jednoduchém principu spalování zemního plynu. Základní komponentou je hořák, ke kterému je přiváděn zemní plyn. Činnost hořáku je řízena elektronickým zařízením, které jej zažehne. Při spalování zemního plynu vzniká z metanu, za přítomnosti kyslíku, oxid uhličitý a vodní pára, při této reakci se uvolňuje teplo (rov. 1). Základní proces spalování lze nejjednodušeji popsat chemickou rovnicí:



Vzniklé teplo ohřívá vodu v tepelném výměníku. Při reálném spalování vznikají i další odpadní plyny a páry. Nazýváme je spaliny. Tyto spaliny jsou šetrnější k životnímu prostředí než spaliny vznikající v kotlích na uhlí, jelikož obsahují nižší množství oxidů síry a jedovatého oxidu uhelnatého [22], [25], [26].

4.2 Klasické plynové kotle

Mnoho domácností je v dnešní době vybaveno právě klasickými plynovými kotli. Rozlišujeme dva typy těchto kotlů podle jejich polohy a to kotle stacionární a závěsné [25].

Jak již napovídá název, jsou stacionární kotle umístěny na zemi. V některých případech se jedná o poměrně rozsáhlá topná tělesa, proto je zákazník nucen počítat s úbytkem prostoru v obývaných prostorách. Proto jsou tyto kotle využívány zejména pro vytápění rozsáhlejších technických budov. Na trhu jsou ovšem i poměrně malé kompaktnější stacionární kotle vhodné pro rodinné domácnosti. Stacionární kotle se vyznačují vysokou účinností a ekologičností provozu [25].

Závěsné plynové kotle jsou jedním z nejrozšířenějších způsobů jak vytápet bytové prostory. Ceněné jsou zejména pro svoji velikost a kompaktnost, proto se hodí i do menších panelových bytů. Závěsné plynové kotle bývají využívány k ohřevu užitkové vody, ale také pro ohřev topné vody v radiátorovém oběhu. Rozlišujeme dva typy těchto kotlů, které se liší odvodem



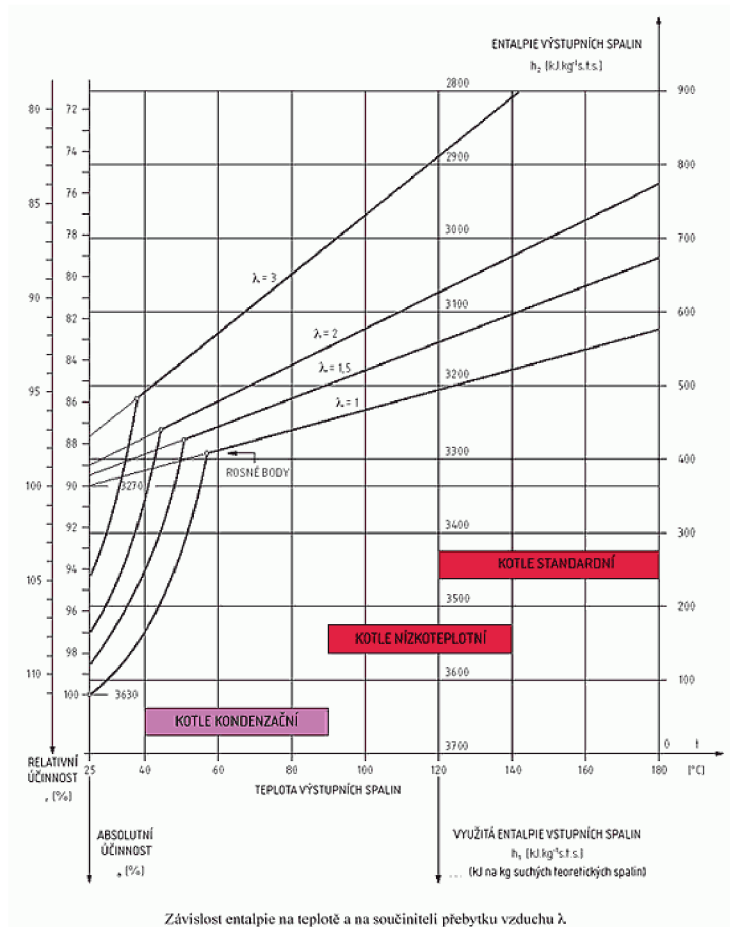
Obr. 4.1 Závěsný plynový kotel [25]

spalin. Jedná se o kotle s přímým odvodem přes zeď, tzv. turbo kotle, a klasické kotle s komínovým odvodem. Jejich použití závisí na konkrétním případě konstrukce domu. Většina v současnosti dostupných kotlů disponuje regulačním systémem a tak nedochází k přetopování. Mezi další přednosti závěsných plynových kotlů patří snadná údržba a velmi uživatelsky komfortní provoz [25].

4.3 Kondenzační plynové kotle

Kondenzační plynové kotle řeší problém ztrát odvedeného latentního tepla ve spalinách. Na rozdíl od horkých spalin klasických kotlů jsou odvedené spaliny do komína kondenzačního kotle již chladné, a tudíž je lépe využito spalné teplo. Základním principem činnosti těchto kotlů je kondenzace spalin. Spaliny obsahují velké množství vodní páry, ochlazením spalin pod teplotu rosného bodu (57°C) dochází ke kondenzaci vodní páry (změna skupenství) a uvolnění latentního tepla. Získané teplo úplnou kondenzací tj. bez přebytku vzduchu dosahuje až 11% tepla spalného. Energie uvolněná při kondenzaci je většinou využita ve výměníku na předehřev vratné vody [23], [27].

Kondenzace spalin a jejich využití je dobře ilustrováno entalpickým diagramem (obr 4.2). V diagramu jsme schopni odečíst vstupní a výstupní hodnoty entalpie v závislosti na teplotě a na relativním přebytku vzduchu, který značíme λ . Klesající křivka představuje průběh entalpií při snižování teploty spalin pod teplotu rosného bodu. Diagram udává také informace o relativní účinnosti (výhřevnost metanu) a absolutní účinnosti (spalné teplo metanu). Absolutní účinnost lze považovat za míru využití energie zemního plynu při jeho spalování [23].



Obr. 4.2 Entalpický diagram [36]

Kondenzační plynové kotle jsou velmi moderní způsob jak vytápět rodinné domy. Jejich přednost spočívá v efektivitě. Díky využití téměř veškerého spalného tepla dosahují velmi vysoké účinnosti. Další předností jsou minimální nároky na obsluhu kotle, odpadá také problém se skladováním paliva. Za jediné negativum můžeme považovat závislost na rozvodech zemního plynu a vyšší pořizovací cenu než u klasických kotlů. Dovolím si podotknout, že v tomto případě vyšší cena vykoupena velmi vysokou provozní účinností [23].



Obr. 4.3 Kondenzační stacionární plynový kotel [25]

5 SOLÁRNÍ SYSTÉMY

Slunce je primárním zdrojem tepla na naší planetě. S problémem omezenosti zásob fosilních paliv na naší planetě se lidstvo snaží hledat nové náhradní zdroje energie, které budou účinné a ekologicky čistější. Jedním z nejlepších řešení je právě efektivnější využívání sluneční energie a energie atomových jader. Ze slunečního záření lze získávat všechny potřebné druhy energie [28].

5.1 Slunce a jeho energie

Slunce je asi nejznámější hvězdou ve vesmíru, ovšem podobných hvězd bychom v naší galaxii našli mnoho. Jedná se o obrovskou žhavou kouli složenou převážně z atomů vodíku a helia. Velmi zásadní částí Slunce je jádro, ve kterém se přeměňuje vodík na helium. Uvolňuje se energie ve formě rentgenového záření, která se konvekcí šíří směrem k chladnějšímu povrchu, nazývanému fotosféra. Slunce je dokonalý přírodní termonukleární reaktor [28].

5.1.1 Vznik energie ve Slunci

V jádru Slunce je obrovská teplota a žár, který má za následek vysokou rychlost pohybu protonů. Když se k sobě přiblíží na vzdálenost 10^{-15}m , převládne jaderná síla nad odpudivou a dojde ke srážce. Vytvoří se jádro helia tzv. alfa částice. Pro vznik jednoho atomu helia jsou potřeba 4 atomy vodíku. Při této přeměně se uvolní asi 28 MeV. Tuto přeměnu obecně nazýváme termonukleární reakcí. Každou sekundu v jádře Slunce probíhá 10^{38} takových reakcí, což má za následek uvolnění obrovského množství energie (asi $3 \times 10^{26}\text{J}$). Takto uvolněná energie se konvekcí dostává na povrch Slunce a poté je vyzářena do kosmického prostoru [28].

5.1.2 Dopad sluneční energie na Zemi

Energie vytvořená ve Slunci se vyzářuje do všech směrů, a proto na naši planetu dopadne jen malé množství z celkově vyzářené energie. Toto množství je však v našem měřítku přímo enormní. Kdybychom byli schopni využít veškerou energii dopadající na Zemi, nepotřebovali bychom jiný zdroj energie než Slunce [28].

Na povrch Země ale nedopadá veškeré sluneční záření. Přibližně třetina je odražena atmosférou zpět do vesmíru, pětina je atmosférou pohlcena. Sluneční záření dopadající na povrch je povrchem absorbováno (přeměněno na teplo), díky této přeměně je na Zemi příjemná průměrná teplota vhodná pro život. Zbylé teplo ohřívá naše životní prostředí [28].

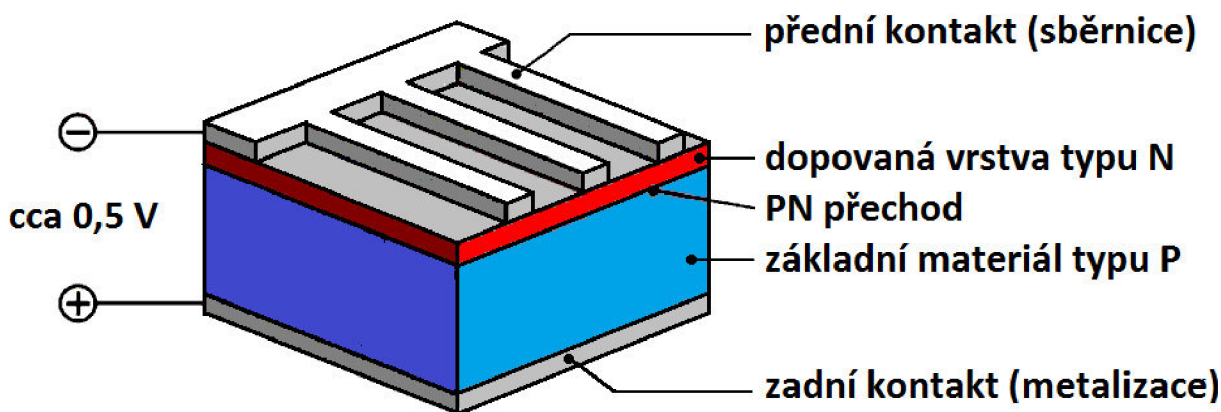
5.2 Fotovoltaika

Jedná se o technický obor, který se zabývá přeměnou slunečního záření, tedy sluneční energie, na elektřinu. Proces přeměny probíhá bez pohyblivých částí. K výrobě elektrické energie dochází ve fotovoltaických článcích. Tento princip tvorby elektřiny je velmi ekologicky čistý, neprodukuje žádné emise a nemá tak žádný negativní dopad na životní prostředí. Hlavní předností je bezesporu absence potřeby paliva. S tím souvisí i vysoký komfort pro uživatele neboť odpadá starost o doplňování paliva. Veškeré provozní náklady jsou minimální, fotovoltaické články jsou nízko poruchové, vysoce spolehlivé a mají vysokou životnost. Vyžadují pouze minimální údržbu. Avšak jejich pořizovací cena je vyšší. Mezi

další výhody můžeme zařadit vysokou schopnost modularity, články se k sobě dají jakkoli připojit a mohou tak vzniknout jednak menší solární panely určené pro rodinné domy, ale i solární elektrárny s vysokými výkony. Nevýhodou může být závislost na intenzitě záření, která se během roku mění. Jedním z největších nedostatků fotovoltaiky je fakt, že použité nefunkční články se nedají recyklovat [29], [31].

5.2.1 Fotovoltaické články

Fotovoltaický článek je základní částí celého fotovoltaického systému. Jedná se o velkoplošné fotodiody, které přeměňují sluneční energii na stejnosměrný proud. Články mohou být krystalické nebo tenkovrstvé, nejčastěji používanými jsou křemíkové krystalické články. Jednotlivé články se většinou spojují do větších panelů, aby se docílilo větší produkce elektrické energie [29].



Obr. 5.1 Solární článek [29]

Činnost článků je řízena fotovoltaickým jevem. Podstatou tohoto jevu je vznik elektrického napětí na rozhraní dvou materiálů, na něž dopadá sluneční světlo, respektive fotony. Pokud uzavřeme obvod, jsme schopni získat elektrický proud. Proud je úměrný ploše článku a množství dopadajícího slunečního záření [31].

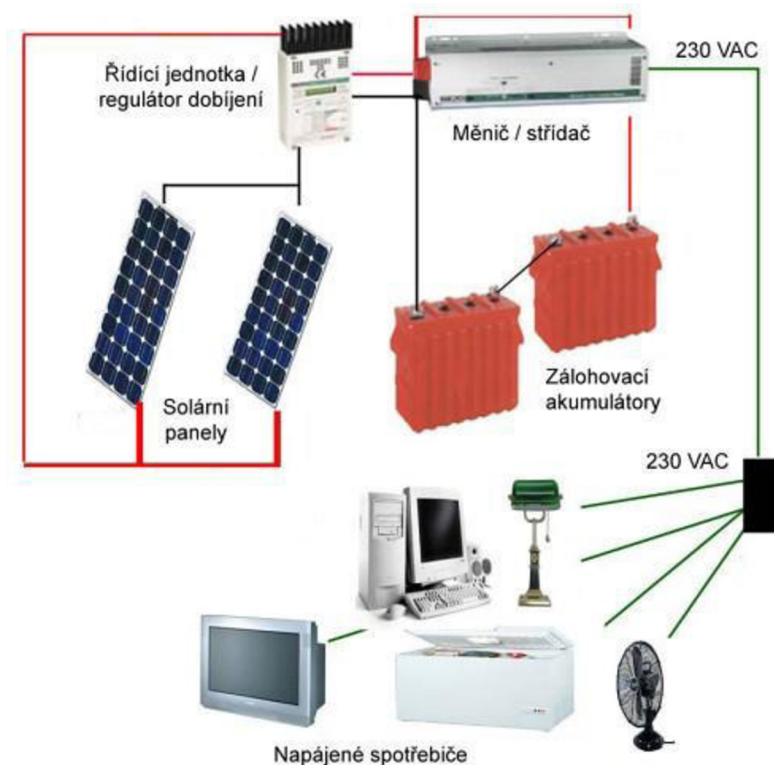
Každý článek je složen ze dvou tenkých polovodičových destiček, jedna s kladným nábojem (polovodič P) a druhá se záporným nábojem (polovodič N). Obě destičky jsou propojeny vodičem a vzniká tak P-N kontakt. Při dopadu fotonu vzniká pár elektron-díra. Připojením článků do sítě docílíme toho, že se elektrony snaží díry vyrovnat a dochází k přeskokům elektronů. Takto vzniká stejnosměrný proud. Jeden fotovoltaický článek je schopen při maximálním výkonu vytvořit napětí o velikosti 0,5 V a proud o velikosti 3 A [30], [31].

5.2.2 Malá fotovoltaická elektrárna (FVE)

Spojením fotovoltaických článků vzniknou panely, které jsou základní komponentou domácí elektrárny. Malé fotovoltaické elektrárny se také nazývají fotovoltaické systémy. Jedná se o elektrárny menších výkonů vhodných pro rodinné domy. Existuje celá řada takovýchto systémů, nejběžnější instalace je střešní, ale jsou k dispozici i balkonové či podokenní rodinné fotovoltaické systémy [29], [32].

Základními součástmi elektrárny jsou fotovoltaické panely, mikrostrídač, řídicí jednotka, kabeláž, rozvaděč s elektroměrem a nosná konstrukce. Funkcí mikrostrídače je převod vyrobeného stejnosměrného napětí na střídavé napětí o velikosti 230 V, které je vhodné pro běžné síťové spotřebiče. Vstupní napětí na mikrostrídači musí být sladeno

s napětím na fotovoltaickém panelu. Řídicí jednotka je nutná ke spuštění FVE pomocí počítače a ke zpracování výsledků, není však bezpodmínečně nutná k provozu elektrárny. Kabeláž spojuje panely a střídač. Data zachycená v elektroměru nám udávají množství vyrobené energie. Některé fotovoltaické systémy mohou obsahovat i akumulátory, pro uchování vyrobené energie. V tomto případě jsou v systému obsaženy také regulátory, které slouží k správnému přerozdělení energie mezi akumulátory a spotřebiči [29], [30], [32].



Obr. 5.2 FVE [33]

5.3 Fototermika

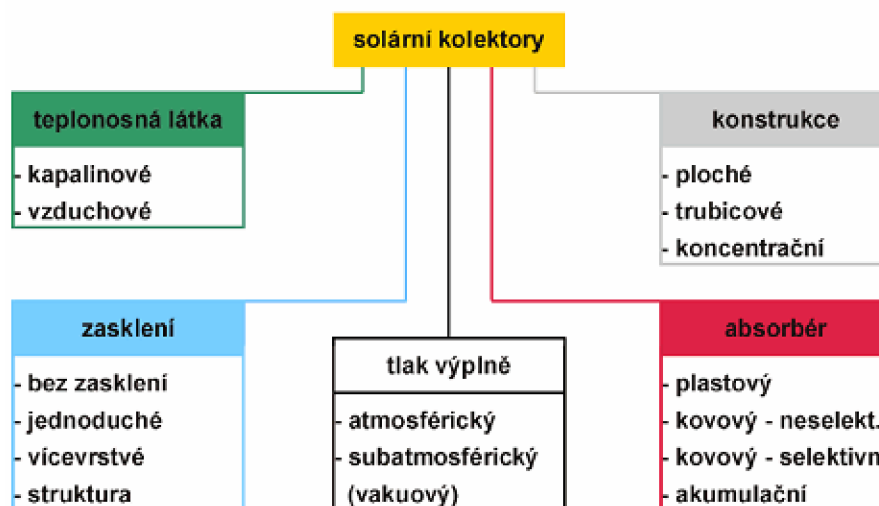
Sluneční energii lze využít i za pomoci pohyblivých částic. Na tomto principu je založen vědní obor fototermika. Přeměna sluneční energie se uskutečňuje v fototermálních solárních kolektorech. Podstatou kolektoru je zachytit sluneční energii a předat ji, pokud možno s malými ztrátami, teplonosné látce. Vzniká tak teplo [34].

V současnosti přibývá v České republice počet solárních kolektorů, a to zejména kvůli dotacím na jejich konstrukci. Stejně jako fotovoltaické panely jsou kolektory šetrné k životnímu prostředí. Pořizovací cena je u obou typů srovnatelná, avšak kolektory se pyšní větší účinností. Další výhodou kolektorů je vysoká životnost, výrobci uvádí až 30 let. Stejně jako fotovoltaické články jsou kolektory závislé na intenzitě slunečního záření, vliv teploty na jejich účinnost je významnější. Solární kolektory jsou vhodným řešením pro snížení energetické náročnosti domácnosti. Lze je využít pro ohřev vody, vytápění bazénu a v kombinaci s dalším zdrojem i k vytápění celé domácnosti [34], [36], [37].

5.3.1 Solární kolektory

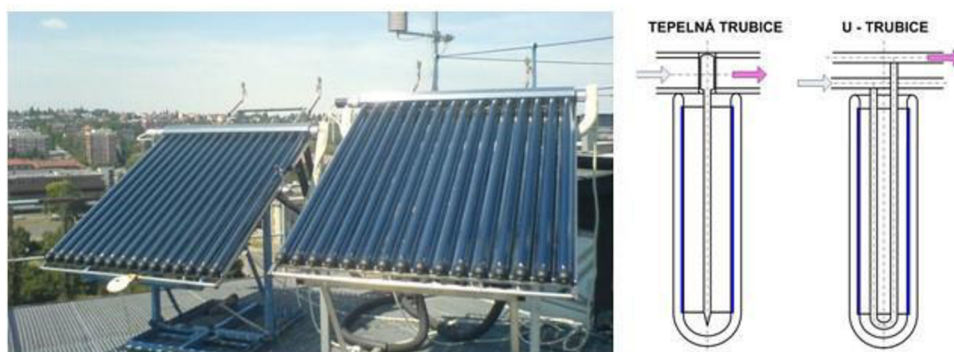
Nejběžněji používané kolektory jsou kapalínové, setkáme se ale i se vzduchovými. Na trhu existuje velké množství kolektorů lišící se pouze konstrukčními detaily a typem použitého

materiálu. Základní částí každého kolektoru je absorber, který zachycuje sluneční záření a mění ho na teplo. Nejčastěji používaným konstrukčním materiálem je kov a to zejména hliník, měď a ocel. Povrchu absorberu je upraven tak, aby se dosáhlo co nejvyššího výkonu, někdy se používají ochranné nátěry. Získaná tepelná energie je odebírána teplotním médiem, které proudí v kanálech. Tvar a struktura těchto kanálů je značně různorodá. Teplotní kapalinou bývají nemrznoucí směsi nebo voda. Systém složený z absorpční destičky a kanálů je umístěn v ochranné skříni, která bývá často tepelně izolována, aby nedocházelo ke ztrátám tepla. Nosná konstrukce musí být dostatečně pevná a odolná zejména vůči větru a sněhu. Rozlišujeme několik typů kapalinových kolektorů [34], [38].



Obr. 5.3 Rozdělení kolektorů [34]

Vakuové trubkové kolektory jsou řazeny mezi nejúčinnější a to zejména v zimním období. Díky podtlaku (vakuu) v trubici jsou téměř eliminovány tepelné ztráty konvekcí. Trubice jsou vyrobeny do tvaru U, od jejich tvaru odvozujeme i název: U-trubice. Mezi jejich hlavní přednosti patří variabilita umístění, mohou být instalovány i vodorovně, nejčastěji však pod úhlem. Nevýhodou vodorovně umístěných kolektorů je špatné vyprazdňování při jejich stagnaci. Vakuové trubkové kolektory jsou vhodné do míst s extrémními podmínkami (např. hory) a pro vysokoteplotní využití [34].

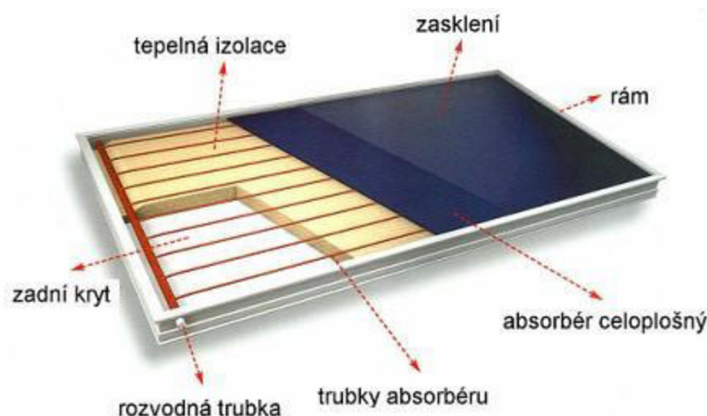


Obr. 5.4 Trubkový kolektor [34]

Ploché vakuové kolektory spojují výhody trubkových vakuových a plochých zasklených kolektorů. V oblasti solární techniky jsou jedním z nejmodernějších výrobků. Díky vakuu mají nízké tepelné ztráty do okolí konvekcí a zároveň je jejich pořizovací cena

nižší při zachování velmi vysoké účinnosti. Největší výhodou těchto kolektorů je možnost obnovy vakua připojením na vývěvu přes přírubovou spojku umístěnou uprostřed kolektoru. Ploché vakuové kolektory spojují technické výhody vakuových kolektorů s cenovými výhodami plochých kolektorů, a proto jsou předurčeny k masovému využití [34].

Ploché zasklené kolektory jsou v současnosti nejrozšířenější kolektory na trhu. Jsou oblíbené zejména kvůli jejich nízké pořizovací ceně, která je v průměru až o třetinu menší než u vakuových kolektorů. V porovnání s vakuovými kolektory mají ale podstatně větší ztráty konvekcí a hrozí nebezpečí kondenzace páry uvnitř kolektoru, což má za následek snížení celkové účinnosti. Ploché kolektory se opírají spektrálně selektivní absorpční vrstvou, která redukuje tepelné ztráty sáláním na povrchu absorberu. Domnívám se, že tyto kolektory jsou vhodné zejména pro ohřev vody, či ohřev bazénu, jako samostatný zdroj vytápění však nestačí a proto se používají pouze k přitápění [34].



Obr. 5.5 Plochý zasklený kolektor [34]

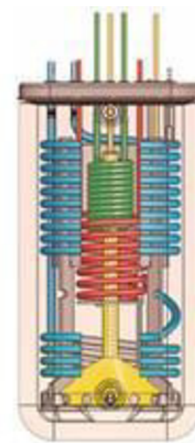
Plochý kolektor bez transparentního krytu bývá opatřen převážně plastovým absorberem. Jedná se o nejjednodušší jednookruhové kolektory, kde teplotná kapalina protéká přímo kolektorem. Je vhodný do míst, kde není příliš velký rozdíl mezi teplotou vody a teplotou okolního vzduchu. Je určen k sezonnímu využití zejména pro ohřev bazénové vody a k ohřevu teplé vody [34].

5.3.2 Solární soustava

Kromě kolektorů jsou pro správnou funkci solární soustavy zapotřebí další komponenty. Důležitou roli hraje nosná konstrukce, na kterou jsou upevněny samotné kolektory. Musí být z odolného materiálu, neboť kolektory bývají ve většině případů umístěny venku a jsou vystaveny stálému vlivu vnějšího prostředí. Významnou roli zde hraje teplota, která se během roku výrazně mění a proto je potřeba brát zřetel na teplotní roztažnost použitého materiálu. Běžně používané materiály pro výrobu nosné konstrukce jsou hliník nebo různé uhlíkové oceli [34], [38].

Nedílnou součástí solární soustavy je akumulční nádoby (solární zásobník). Jelikož intenzita slunečního záření se mění v průběhu dne i roku, nejsou tepelné zisky stálé, proto je nutné montovat do soustavy solární zásobníky, jejichž úkolem je uchovávat vzniklé energie. Některé zásobníky mají již vestavěný výměník. U větších solárních soustav s velkou teplosměnnou plochou je vhodnější instalovat samostatný deskový nebo trubkový protiproudý výměník. Účinnost samostatných výměníků je díky turbulentnímu proudění podstatně větší než účinnost vestavěných výměníků. Nevýhodou těchto výměníků je složitější instalace a vyšší pořizovací cena, jelikož oběhové čerpadlo musí být i na straně sekundárního oběhu [34].

Oběhové čerpadlo má za úkol transportovat teplonosnou kapalinu mezi kolektorem a výměníkem tepla. Na trhu existuje velká škála různých čerpadel různých výkonů. Výběr čerpadla se určí na základě konkrétních podmínek. Aby nedocházelo k cirkulaci kapaliny v obráceném směru, zavádí se do obvodu čerpadla zpětná klapka. Na trhu jsou dnes již čerpadla vhodná pro LOW-FLOW systémy, což jsou systémy pracující s nižším průtokem za vyšší pracovní teploty [34], [38].

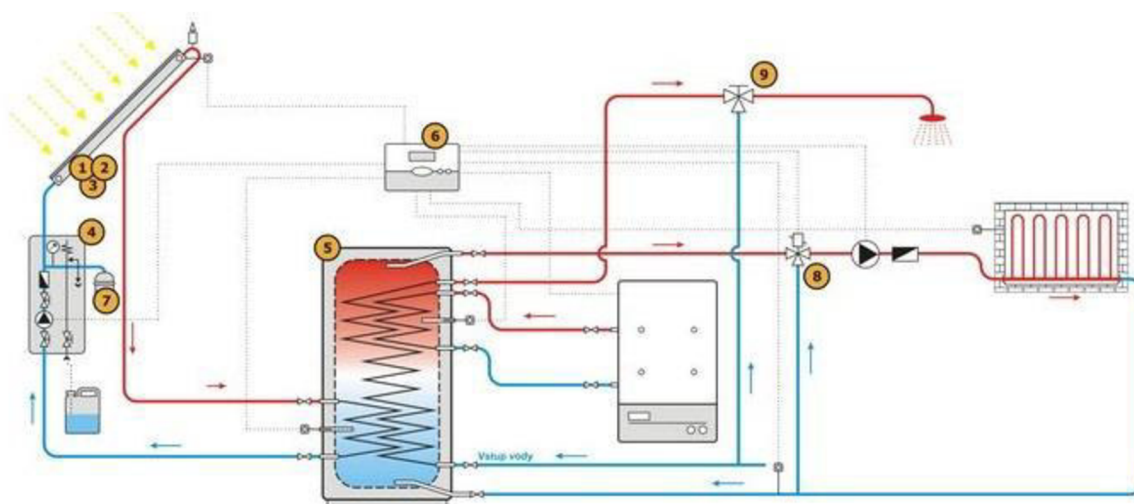


Obr. 5.6 Akumulační nádoba [34]

Spojovací potrubí primárního okruhu musí být dimenzované na minimální teplotu asi 150-180°C a na tlak použitého spojovacího ventilu. Podle délky potrubí a počtu kolektorů určíme jeho světlost. Potrubí je namáháno na vysoké teploty a tlaky, proto nejsou vhodné běžné plastové trubky. Nejvhodnějším materiálem pro výrobu trubek se zdá být měď. Potrubí se spojuje lisováním či pájením. Další důležitou součástí solárního systému je izolace potrubí. Napomáhá snížení tepelných ztrát do okolí a tím zvýšení celkové účinnosti systému. Kvůli vysokým teplotám potrubí je vhodné volit izolaci na bázi minerálních látek nikoli na bázi plastů. Pro venkovní prostory volíme nenavlhavou izolaci stálou za působení UV záření [34], [38].

Další komponentou solárního systému bývají regulátory, které mají za úkol zapnout oběhové čerpadlo v případě, že je na kolektoru vyšší teplota než ve spotřebiči tepla (nejčastěji zásobníky teplé vody). Přispívají tak k automatizaci celého provozu. Regulátory jsou dodávány se snímači teploty. U víceokruhových systémů slouží regulátor také k přepínání mezi okruhy jednotlivých spotřebičů. Přednostně je teplo dodáváno do okruhu pracujícího při největší teplotě [34], [38].

Mezi další součásti solárního systému patří pojistný ventil, který se dimenzuje podle největšího přípustného přetlaku. Trojcestné ventily dělí primární okruh na několik větví jdoucích k různým spotřebičům. Do systému můžeme instalovat i přídavná zařízení, která zlepšují provoz systému, jako jsou tlakoměry, teploměry, filtry mechanických nečistot a průtokoměry. Většina solárních soustav se montuje jako uzavřený systém s expanzní nádobou [34], [38].



Obr. 5.7 Solární soustava [37]

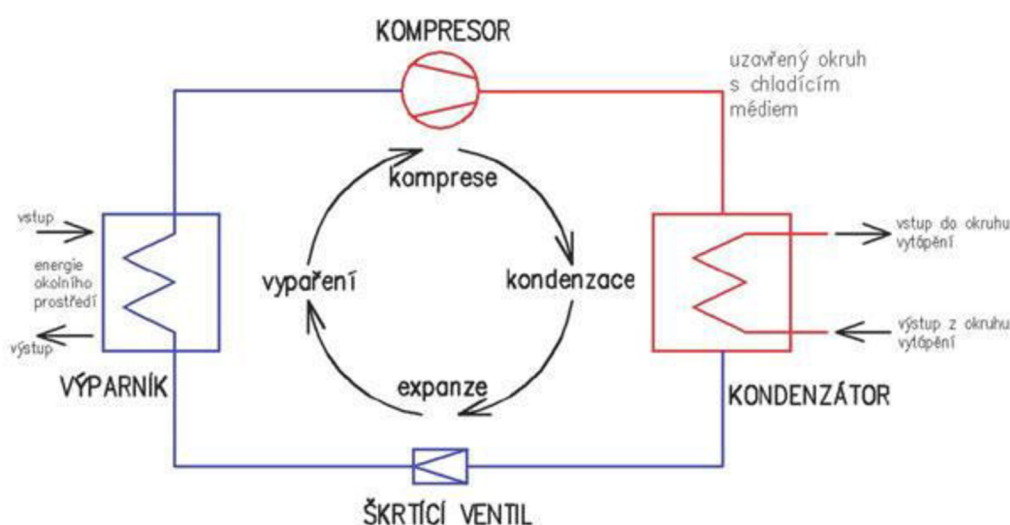
1) solární kolektor 2) kotvicí prvky 3) propojovací prvky 4) čerpadlová skupina 5) akumulční nádrž s průtočným ohřevem 6) regulátor systému 7) expanzní nádoba s připojovacím setem 8) trojcestný motoricky ovládaný ventil 9) trojcestný směšovací ventil

6 TEPELNÁ ČERPADLA

Tepelná čerpadla jsou v současné době asi nejmodernějším a nejdiskutovanějším způsobem vytápění. Přestože je tento vynález znám více než 150 let, největší zájem o tepelná čerpadla nastává nyní a to v důsledku zvedání cen energií, zejména plynu a elektřiny. Tepelná čerpadla umožňují uživateli odjímat energii okolnímu prostředí a přeměňovat ji za dodávky elektrické energie na teplo, které je následně použito pro vytápění či ohřev vody. Počáteční investice na konstrukci tepelného čerpadla jsou velmi vysoké, avšak ekonomická návratnost je při správných podmínkách asi 10-12 let. V případě dotace na konstrukci čerpadla se může návratnost snížit až na 5-6 let. Tepelná čerpadla poskytují svému uživateli vysoký komfort a ve srovnání s jinými palivy nižší náklady na provoz. Vytápění tepelným čerpadlem má ale svá specifika, které je před jeho pořízením nutné zvážit. V některých případech by se konstrukce tepelného čerpadla nemusela ekonomicky vyplatit [39].

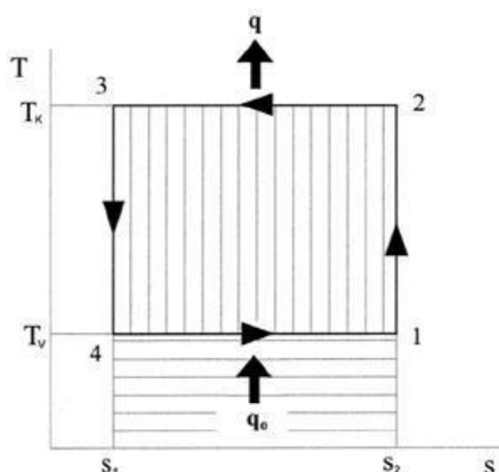
6.1 Princip a funkce

Tepelné čerpadlo pracuje na stejném principu jako chladnička, jedná se tedy o nepřímý tepelný cyklus, který spotřebovává práci. Práce dodaná tepelnému čerpadlu je spotřebována na pohon kompresoru. Tepelné čerpadlo je složeno ze čtyř základních částí: výparníku, kompresoru, kondenzátoru a škrťacího ventilu. Schéma chladicího okruhu je zobrazeno na obr 6.1. Tepelné čerpadlo funguje na základě 4 dějů, které se neustále opakují, jedná se o vypařování, kompresi, kondenzaci a expanzi [39].



Obr. 6.1 Chladicí okruh tepelného čerpadla [40]

Teplo odebrané pracovní látce (venkovnímu prostředí) se ve výparníku předává kapalnému chladivu za nízké teploty. Chladivo se vypařuje a pára se stává nositelem energie. Pára je dopravována do kompresoru. Kompresor stlačuje páru na vyšší tlak, energie potřebná ke stlačení je rovna práci, kterou dodává elektrický motor. Spotřeba energie kompresoru je právě ta, kterou je uživatel nucen zaplatit. V kondenzátoru se pomocí ohříváné látky (sekundární okruh) odvádí teplo, které způsobuje kondenzaci par. Chladivo má v této fázi vysoký tlak, proto je ve škrťacím ventilu izoentalpicky škrceno na původní tlak a celý cyklus se opakuje. Ideální tepelné čerpadlo pracuje podle obráceného Carnotova cyklu. Carnotův cyklus je pouze teoretický a jeho účinnost závisí pouze na teplotách. Skutečný oběh čerpadla je obdobou Rankin- Clausiova tepelného cyklu [39], [40], [41].



Obr. 6.2 Carnotův obrácený cyklus [40]

Efektivitu tepelného čerpadla vyjadřujeme pomocí topného faktoru ε_T . Jedná se o poměr vstupní dodané energie k energii získané. Je jedním z nejzákladnějších parametrů tepelného čerpadla. Topný faktor se mění na základě okolních podmínek, při velkém rozdílu teplot spotřebovává tepelné čerpadlo více energie. Topný faktor získáme jako podíl tepla k energii (rov. 2) [39], [40], [41].

$$\varepsilon_T = \frac{Q}{E} = \frac{|q_h|}{|q_h| - |q_c|} \quad (2)$$

6.2 Základní typy tepelných čerpadel

Podle typu primárního zdroje tepla můžeme rozdělit čerpadla na základní 3 typy a tím je voda/voda, vzduch/voda, země/voda. Název udává, kterému mediu teplo odebíráme a kterému dodáváme. Ohřivaným médiem v tepelných čerpadlech určených pro vytápění bývá vždy voda. Použití vzduchu jako je vhodné pro tepelná čerpadla určená pro klimatizační zařízení. Každý druh tepelného čerpadla má svá specifika a je vhodný pro jiné klimatické podmínky [39].

6.2.1 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Jak již bylo řečeno, je v tomto případě vstupním médiem vzduch. Jako zdroj tepla může být použit jak venkovní vzduch, tak i vzduch vnitřní, tento způsob je ale méně používaný. Tento druh tepelného čerpadla se v posledních letech stává stále oblíbenějším a to zejména díky vyspělejšími technologiím, které umožňují práci s dobrým tepelným faktorem i při relativně nízkých teplotách okolo $-7\text{ }^\circ\text{C}$ [39], [40].

Tepelné čerpadlo se obvykle skládá z venkovní a vnitřní části. Venkovní část obsahuje ventilátor, který nasává okolní vzduch. Při instalaci čerpadla je nutné počítat s jistým hlukem, který produkuje ventilátor, hodnota hluku by podle norem neměla přesáhnout 50 dB ve dne a 40 dB v noci. Jednotka s výměníkem bývá většinou poměrně kompaktní. Vnější jednotka je s vnitřní částí spojena potrubím, ve kterém proudí chladivo. Vnitřní jednotka je spojena s topnou soustavou stejně jako kotel [39], [41], [42].

Tepelné čerpadlo vzduch/voda je vhodné zejména pro aplikaci v klimaticky mírném podnebí s malým počtem mrazivých dnů. Při nízké teplotě okolního vzduchu je logicky nutné dodávat více tepla na vytápění objektu, vzniká tak velký teplotní rozdíl, která má za následek snížení efektivity provozu čerpadla. Při nízkých teplotách klesá vlhkost a tím pádem i energie vzduchu rychleji a je nutné dodávat více elektrické energie. Dalším problémem je vznikání námrazy na venkovním výměníku. Výrobci proto dodávají k tomuto typu čerpadla i automatické systémy pro odtávání námrazy, což má za následek zvýšení spotřeby elektřiny. Výhodou tohoto typu čerpadla je, že jeho instalace nevyžaduje žádné zásahy do okolního prostředí (vrty, výkopové práce) [39].



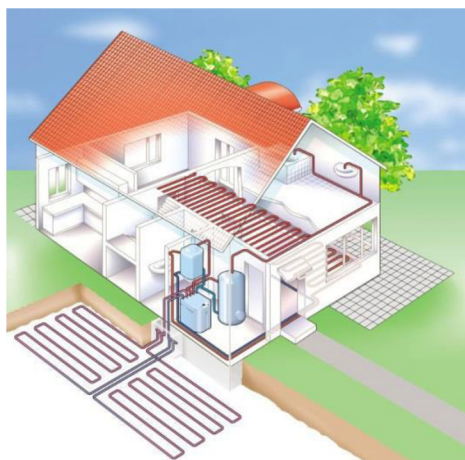
Obr. 6.3 Tepelné čerpadlo vzduch /voda [43]

6.2.2 Tepelné čerpadlo země/voda

Čerpadla tohoto typu jsou v České republice asi nejvíce rozšířena, zejména díky nejmenším teplotním výkyvům v primárním zdroji v porovnání s ostatními typy čerpadel. Zemskou energii můžeme využívat dvěma základními způsoby. Jedná se o plošné půdní kolektory a tepelná čerpadla s vertikálním vrtem [39], [40].

a) Tepelná čerpadla s plošným kolektorem

Plošný půdní kolektor využívá energii uloženou nízko pod povrchem. Potrubí naplněné nemrznoucí směsí je uloženo asi metr pod povrchem a stočeno do hadovitého tvaru s roztečí asi 1 m. Potrubí je vyrobeno z polyetylenu. Vždy je lepší pokrýt co největší plochu a tak jsou pro instalaci tepelného čerpadla nutné poměrně rozsáhlé výkopové práce. Nad plošným kolektorem se nedoporučuje umístit skleník, jelikož země nad kolektorem více promrzá. Nevhodné jsou také stromy, jejichž kořeny by mohly kolektory poškodit [39], [42].

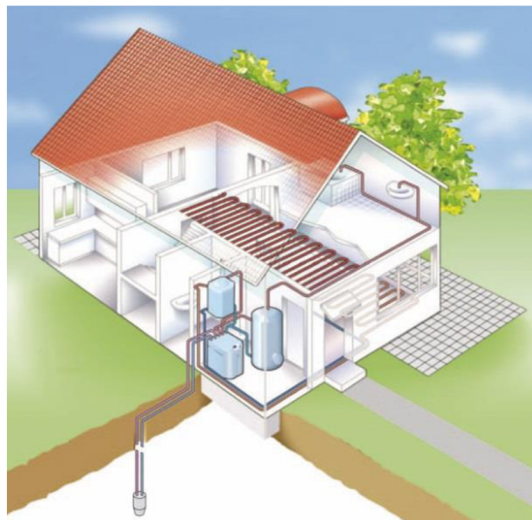


Obr. 6.4 Plošné tepelné čerpadlo [43]

Ve srovnání s hlubinnými vrty jsou pořizovací náklady nižší, avšak to je kompenzováno nižším průměrným ročním topným faktorem. Výhodou oproti tepelným čerpadlům vzduch/voda je to, že teplota v zemině nekolísá tolik jako ve vzduchu, proto nejsou výkyvy topného faktoru tak vysoké. Nejhorší topný faktor zaznamenáváme koncem topné sezóny, kde je půda nejvíce promrzlá. Výkon tepelného čerpadla je zásadně ovlivněn druhem půdy, největší výkony zaznamenáváme u vodou nasycených štěrků a písků, u tohoto druhu půdy jsou i nejmenší nároky na plochu kolektorů [39].

b) Tepelná čerpadla s vertikálním vrtem

Díky nukleárnímu rozpadu prvků v zemském jádře prostupuje energie ve formě tepla na povrch. Právě tuto energii využívají hlubinné vrty. Průměrný tepelný tok se výrazně mění s lokalitou, největší hustoty toku v České republice jsou na Ostravsku a v Krušných horách. Důležitým faktorem pro posouzení vhodnosti lokality k vrtu je tepelná vodivost podloží, od které se odvíjí i potřebná hloubka vrtu. Jednotlivé vrty jsou hluboké 50 až 150 metrů. Pokud je třeba zhotovit více vrtů, je nezbytné, aby měli od sebe odstup alespoň 10 metrů kvůli vzájemnému ovlivňování. Počet a délka vrtů závisí na konkrétním geologickém podloží, návrh by měl zpracovat odborník [39].



Obr. 6.5 Tepelné čerpadlo s vrtem [43]

Teplo se z podloží čerpá pomocí vrtu, do kterého je ihned po zhotovení zasunuta polyetylenová hadice kolektoru. Hadice kolektoru je naplněna nemrznoucí směsí. Po zasunutí kolektorů je třeba vrt utěsnit, nejčastěji používanější látkou pro utěsnění jsou cementové nebo jílovocementové směsi. Jako nevhodné se jeví zasypání vytěženým materiálem nebo pískem, z důvodu možného znečištění půdní vody vodou povrchovou [39].

Topný faktor tepelného čerpadla s hlubinným vrtem může dosáhnout až hodnot 4-5. Díky tomu že se teplota ve vrtu během roku prakticky nemění (obvykle má kolem 10 °C), zůstává topný faktor během celého roku poměrně stálý. Náklady spojené s dodáváním elektrické energie na pohon kompresoru jsou tedy minimální. Největší překážkou zhotovení tepelného čerpadla s vrtem je cena spojená s jeho realizací a to vysoká je zejména cena na zhotovení samotného vrtu. Další nevýhodou může být nepořádek spojený s konstrukcí a to zejména problém, co s vytěženým materiálem. V letních měsících se doporučuje čerpadlo odstavit kvůli regeneraci vrtu, aby nedocházelo k postupnému dlouhodobému snižování výkonu čerpadla. Přesto je tento typ čerpadel velmi oblíbený a to hlavně kvůli stálosti zdroje tepla [39], [42].

6.2.3 Tepelné čerpadlo voda/voda

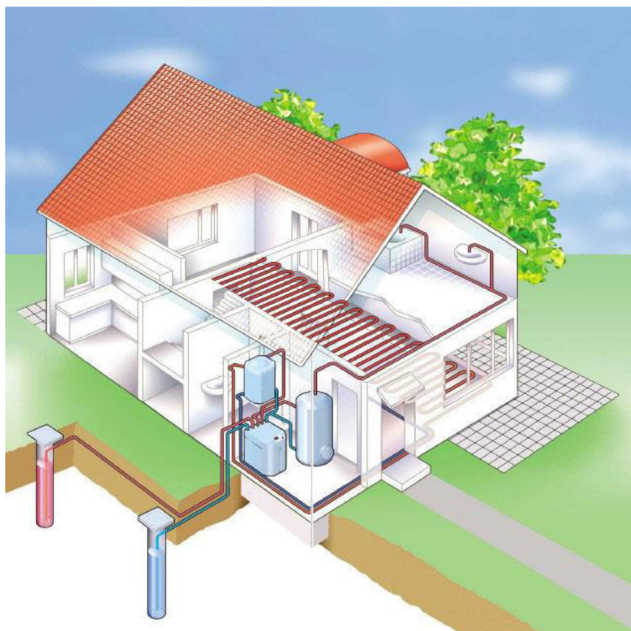
Podobně jako u čerpadel využívajících zemskou energii tak i u čerpadel typu voda/ voda rozlišujeme dva základní druhy. Jedná se o studniční tepelná čerpadla a tepelná čerpadla pro povrchovou vodu. Vodní tepelná čerpadla jsou nejméně využívána a to zejména kvůli množství požadovaných faktorů pro jejich konstrukci [39].

a) Studniční tepelná čerpadla

Zdrojem tepla je spodní voda v hloubce asi 10 m. Celý systém je tvořen ze dvou studní. Voda je pomocí klasického čerpadla čerpána do výměníku, kde se ochladí a poté se vypouští do druhé vsakovací studně. Studně musí být dostatečně daleko od sebe, aby nedocházelo k vzájemnému prosakování vody. Pro pohon čerpadla vodního zdroje je zapotřebí elektrická energie, kterou je nutno započítat do celkového skutečného topného faktoru [39], [42].

Při konstrukci tohoto typu čerpadla je nutné brát ohled na poměrně velké množství faktorů. V první řadě je zapotřebí zhotovit zkoušku vodního zdroje, zda je dostatečně stabilní

a vydatný. K plynulému a bezporuchovému provozu je nutný celoročně vydatný zdroj, aby nedocházelo k zamrznutí výměníku a jeho poškození. Dalším omezením je podloží, které musí být schopné trvale přijímat vodu z vratné studně. Jsou kladeny také požadavky na kvalitu vody, musí být málo mineralizovaná, aby nezanášela výměník, proto jsou doporučeny předchozí chemické rozbory. Venkovní části čerpadla vyžadují pravidelnou údržbu, důležité je zejména čištění filtrů. Z uvedených omezení je zřejmé, že najít vhodný zdroj pro konstrukci tohoto typu čerpadla je velmi obtížné [39], [42].



Obr. 6.6 Studniční tepelné čerpadlo[43]

Mezi výhody tohoto systému patří poměrně vysoký a stálý topný faktor při nízkých pořizovacích nákladech. To je dáno díky relativně vysoké teplotě spodní vody, která se pohybuje v rozmezí 8-10°C a je během roku stálá. Konstrukce studní je ve srovnání s hlubinnými vrty mnohem méně finančně náročná. Přesto si dovoluji podotknout, že počáteční náklady spojené s rozbory a nutností povolení k vrtu od vodoprávního úřadu mohou být podstatnými faktory, které vedou k omezenému využití tohoto systému [39].

b) Tepelná čerpadla pro povrchové vody

Tento typ čerpadel využívá energii z povrchových vodních zdrojů a to zejména z rybníků a řek. Nejvhodnější jsou trvale tekoucí vody, například náhon malé vodní elektrárny. Na dno vodní nádrže či toku jsou umístěny kolektory, tvořené z plastových trubek, ve kterých proudí nemrzoucí médium. Teoreticky je možné přivádět vodu potrubím přímo k tepelnému čerpadlu, tato možnost by se ovšem při větší vzdálenosti vodního zdroje od čerpadla mohla neúnosně prodražit. Výhodou je pokud se vytápěný objekt nachází v bezprostřední blízkosti vodního zdroje [39].

Využití povrchové vody není příliš vhodným řešením a to zejména kvůli nízké teplotě, která během roku kolísá, často dochází i k úplnému zamrznutí povrchové vody. Dalším omezujícím faktorem je znečištění vody a její mineralizace, která způsobuje zanášení potrubí a výměníku. Překážkou pro stavbu čerpadla může být i nutnost souhlasu majitele toku či nádrže s uložení kolektorů. Jedinou výhodou je nižší pořizovací cena ve srovnání se studničním tepelným čerpadlem. Kvůli výše uvedeným omezením je patrné, že se jedná spíše o teoretickou možnost, v praxi na tepelná čerpadla s využitím povrchové vody narazíme jen výjimečně [39].

7 ELEKTRICKÉ VYTÁPĚNÍ

Využívání elektrické energie pro vytápění je stále nejoblíbenějším způsobem v České republice. Bezesporu největší předností jsou nízké investiční náklady na otopnou soustavu ve srovnání se všemi typy vytápění, které kompenzují poměrně vysoké ceny elektrické energie. Díky velice snadné a přesné regulaci a nenáročnosti na obsluhu se jedná o vysoce komfortní způsob vytápění. V jeho prospěch hovoří i velmi vysoká životnost topných soustav a jejich snadná instalace. Hodí se zejména do nízkoenergetických domů s malou spotřebou energie, kde může být v kombinaci s obnovitelným zdrojem energie finančně únosná, ekologická a efektivní varianta vytápění [44],[45].

Elektrické vytápění můžeme dělit dle několika kritérií. Podle zdroje tepla rozlišujeme tři základní typy: přímotopné zdroje, akumulární zdroje a tepelná čerpadla vzduch/vzduch. Další kritérium, podle kterého můžeme rozdělit elektrické vytápění je způsob přenosu tepla a to na sálavé a konvekční [44], [45].

7.1 Rozdělení podle zdroje tepla

Přímotop reaguje na potřebu dodávky energie k zajištění teploty uvnitř vytápěného objektu bezprostředně. Princip jejich funkce je založen na současné výrobě tepla a jeho předání teplotonosné látce. Přímotopný zdroj je možné instalovat jak ve vytápěné místnosti (sálavé panely, infrazářiče, podlahové topné folie, radiátory), tak i v rámci rozvodu otopné soustavy (přímotopný ohřívač vzduchu). Cena elektřiny pro tyto zdroje se řídí speciálními dvoutarifovými sazbami [44].

Akumulační zdroje jsou založeny na principu uchovávání tepelné energie, která je vyrobena v době nižšího tarifu. Takto vyrobená energie se akumuluje nejčastěji v teplovodním zásobníku. V době energetické špičky je tato energie uvolněna ve formě tepla, které je použito pro ohřev vzduchu ve vytápěné místnosti. Stejně jako přímotopy mohou být umístěny ve vytápěné místnosti (akumulační kamna), ale i v rámci otopné soustavy (akumulační teplovodní zásobník). Akumulační kamna nejsou příliš oblíbená zvláště kvůli své velikosti, v posledních letech se ale na trhu objevují i kompaktnější akumulární kamna, která si získávají svoji oblibu. Akumulační zdroje jsou vybaveny systémem, který umožňuje automatickou regulaci a tím i velkou úsporu energie [44].

Tepelná čerpadla vzduch/vzduch nevyužívají elektrickou energii na výrobu tepla, ale na pohon kompresoru. Jelikož hraje elektrická energie v těchto typech čerpadel významnou roli, mohou být zařazeny do elektrického vytápění. Tepelná čerpadla jsou většinou v odděleném provedení, tedy jsou složeny z vnitřní a vnější jednotky, které jsou spolu propojeny. Princip funkce tepelného čerpadla byl vysvětlen v předchozí kapitole, a proto se nadále nebudu ve své práci na tento druh elektrického vytápění zaměřovat [44].

7.2 Rozdělení podle přenosu tepla

Vytápění za pomoci elektrické energie lze dělit dle několika kritérií. Jedním z nejpodstatnějších je právě dělení podle přenosu tepla. Obecně rozeznáváme tři způsoby šíření tepelné energie. V oboru vytápění se používají pouze dva případy a to šíření konvencí neboli prouděním a šíření radiací čili sáláním. Přenos tepla kondukcí jinak řečeno vedením se v elektrickém vytápění nepoužívá [45], [46].

7.2.1 Sálavé vytápění

Jedná se o fyzikální proces, kdy se tepelná energie šíří pomocí elektromagnetického záření do okolí. Elektromagnetické záření se po kontaktu s povrchem dostává do stavu termické rovnováhy, tento stav bývá označován jako termická radiace neboli sálání. Jelikož nepotřebuje k šíření žádnou hmotu, může se tepelná energie přenášet sáláním i ve vakuu. V otopných systémech využívající šíření radiací dochází i k šíření za pomoci konvekce, tato složka je však minimální. Do tepelného zdroje je dodávána energie, kterou se ohřívají sálající otopné plochy. Tyto plochy poté vyzařují sálavou energii, kterou přijímají plochy osálané a zahřívají se. Od sálavých a osálaných ploch se následně ohřívá i okolní vzduch v místnosti. Jedná se o princip infračerveného vytápění. Skutečnost, že se vzduch ohřívá až od osálaných objektů, zabraňuje nadměrné cirkulaci vzduchu a tím i prachových částic a proto je tento způsob vytápění vhodný i pro alergiky [41], [45].

Na trhu existuje široká škála různých konstrukčních provedení pro sálavé vytápění. Sálavá plocha může být řešena jako součást stavební konstrukce, jedná se zejména o stropní, stěnové nebo podlažní obklady, nebo jako samostatné topné těleso instalované do vytápěné místnosti (radiátory, topné panely). Sálavá plocha musí být vždy připojena ke zdroji energie. Teplo můžeme otopným plochám dodávat z centrálního zdroje pomocí teplovodních rozvodů nebo je zdroj tepla umístěn přímo v otopné ploše a k přeměně elektrické energie dochází přímo v místě potřeby [45].

Jedním s nejmodernějších systémů využívající princip sálavého vytápění jsou sálavé panely. Dodávají se ve dvou variantách a to jako stropní nebo nástěnné. Vynikají moderním designem a mohou se tak stát i estetickým doplňkem domácnosti. Panely umístěné na stěpě mají o něco vyšší hodnotu sálavé složky přenosu tepla než panely nástěnné. Pro konstrukci stropních panelů jsou používány nejčastěji ocelové pozinkované plechy a sklo, v případě nástěnných se jedná hlavně o sklo a kamenné desky (mramor). Jako topný prvek bývá použita tkaná folie na bázi grafitu, která je od pohledové čísti oddělena dielektrickou izolační vrstvou. Panely mohou být opatřeny různými potisky a nátěry, které jim dodávají na jedinečnosti. Sálavé panely představují vysoce komfortní, ekologický a bezhlučný způsob vytápění. Oproti konvekčnímu vytápění přinášejí i jistou úsporu energie a pořizovací cena je poměrně nízká [45], [46].

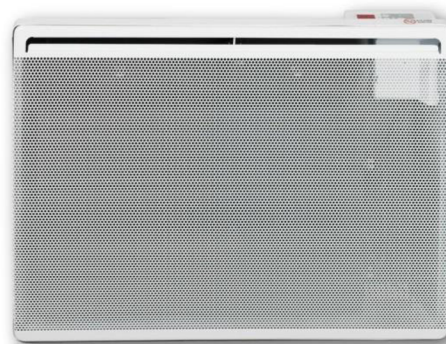


Obr. 7.1 Sálavý panel s potiskem [45]



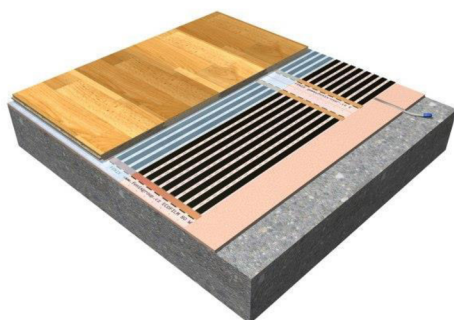
Obr. 7.2 Sálavý panel s nátěrem [45]

Principu sálání využívají i infra přímotopy, které jsou na českém trhu velmi populární. Poměr sálavé složky je asi 50%. Jedná se o kompromis mezi konvektorem a infrapanelem, neboť plášť vyzařuje absorbované teplo a současně je ohříván vzduch procházející topidlem. V široké nabídce může jmenovat například přímotopný sálavý konvektor Ecoflex PREMIER od firmy Fenix. Tento konvektor je dodáván s vysoce přesným termostatem. Celý systém je řízen elektronickou jednotkou. Uvnitř lakované karosáže je umístěno speciální lamelové topidlo, které vytváří sálavou složku tepla. Konvektor se umísťuje na stěnu vytápěné místnosti. Pro svoji kompaktnost je tento typ konvektoru oblíbeným zdrojem vytápění [44], [46].



Obr. 7.3 Sálavý přímotop [45]

Poslední zástupce sálavého vytápění, o kterém bych se chtěla zmínit, jsou topné fólie. Rozeznáváme jak stěnové, stropní tak i podlahové topné fólie. Pracují na stejném principu. Folie je umístěna pod podlahu, v případě stropních a stěnových pod sádkokarton. Folie má ve všech případech tloušťku 0,4 mm. Pomocí folie se zahřívá povrchová vrstva, od ní je následně teplo předáváno do okolí.



Obr. 7.4 Podlahová topná folie [45]

Jelikož se povrchová vrstva zahřívá rovnoměrně, tak i rozložení vnitřní teploty je rovnoměrné a přispívá k vysokému pohodlí a komfortu. Poněvadž topná folie nepředává teplo přímo do okolí, ale je využita vrchní vrstva, jedná se o zdroj tepla s částečnou akumulací. Nejpoužívanější jsou podlahové topné fólie, které je možno umístit pod plovoucí podlahy a dlažbu, s použitím speciálních vložek i pod koberec či PVC [45], [46].

7.2.2 Konvekční vytápění

Princip konvekčního vytápění je založen na proudění hmoty. Jedná se o pohyb částic, kdy dochází k předávání kinetické energie mezi chladnějšími a teplejšími částicemi do doby než dojde k vyrovnání teplot. Teplejší částice většinou stoupají vzhůru, neboť mají menší hustotu. V systémech, o kterých hovoříme jako o konvekčních, je zastoupena také sálavá složka, její podíl je však minimální. Základním procesem je u konvekčního vytápění cirkulace vzduchu. Rozlišujeme cirkulaci přirozenou a nucenou. Při přirozené cirkulaci je chladnější vzduch z vytápěné místnosti nasáván do výměníku, kde se ohřívá a poté se znovu vrací zpět do místnosti. Kvůli lepší cirkulaci a rovnoměrnosti ohřátého vzduchu je vhodné umístit otopná tělesa k nejchladnějším plochám v místnosti. Nejlepší umístění je pod okna. Ohřátý vzduch stoupá ke stropu, kde se šíří do prostoru. Vlivem tepelných ztrát se posléze ochlazuje, jeho hustota se zvětšuje a vzduch klesá zpět k otopnému tělesu. Nucená cirkulace využívá vzduchotechniku, která pomocí rozvodů vhání teplý vzduch do určených prostor [47].

Cirkulace vzduchu má za následek specifické rozložení teplot v místnosti, které se velmi přibližuje ideálnímu rovnoměrnému stavu rozložení teplot. Neustálé proudění vzduchu má za následek i proudění nečistot a prachu, které může u citlivějších jedinců vyvolat negativní alergické reakce. Jelikož používají konvekční systémy pro přenos tepla pouze vzduch a nikoli předměty a stěny (infratopidla), musí se vzduch v místnosti ohřát na poměrně vysokou teplotu, aby došlo k ohřátí také okolních povrchů a stěn a dosáhlo se tak požadované tepelné pohody. To má za následek vyšší spotřebu energie než je u sálavých systémů a provozní náklady tak stoupají. Naopak je tomu s pořizovací cenou, ta bývá u konvekčních topidel ve srovnání se sálavými zpravidla nižší [47].

Existuje několik variant konvekčních systémů, asi nejpoužívanější jsou přímotopné konvektory, jejichž největší výhodou je nízká pořizovací cena. Většinou bývají instalovány do objektů jako přídatné zdroje tepla, málokdy slouží pro primární trvalé vytápění. Konvektor nasává chladný vzduch ve spodní části, vzduch proudí kolem topného tělesa, které využívá pro ohřev elektrickou energii. Ohřátý vzduch následně vystupuje samovolně mřížkou v horní části konvektoru. Některé konvektory bývají opatřeny také ventilátorem pro lepší a rychlejší výměnu vzduchu. Součástí instalace je termostat, který reguluje dodávku tepla na základě vnitřní teploty vytápěné místnosti. Přímotopné konvektory jsou buď vyráběny jako nástěnné nebo přenosné. Konstrukce přenosných přímotopů neumožňuje trvalé vytápění objektu, proto jsou oblíbeným topným systémem zejména v rekreačních objektech. Mezi širokou nabídkou na trhu můžeme jmenovat například přímotop ATLANTIC od firmy Fenix [47] [46].



Obr. 7.5 Konvekční přímotop [46]

Speciálním typem přímotopného konvektoru jsou podlahové konvektory. Princip funkce je shodný jako u nástěnných konvektorů, jsou však umístěny v podlaze ve žlabu s krycí mřížkou. Systém je vždy vybaven ventilátorem, který nasává chladný vzduch a posléze vhání ohřátý vzduch přes mřížky do místnosti. Samozřejmostí je regulační termostat. Podlahové konvektory se stávají moderní zejména kvůli tomu, že nenarušují design interiéru. Zavádějí se tedy v místnostech, kde by klasické konvektory opticky narušovali prostor. Další předností podlahových konvektorů je minimální hlučnost a schopnost rychle reagovat na pokles teploty v místnosti [47], [48].



Obr. 7.6 Podlahový konvektor [48]



Obr. 7.7 Mřížka podlahového konvektoru [48]

Na principu konvekce s využitím akumulace pracují akumulační kamna. Jsou složeny z pláště naplněného vysoce výhřevným jádrem, uvnitř jádra jsou umístěny topné tyče. Energie se dodává to topných tyčí, aby se následně akumulovala v jádru. Vzduch proudící kolem jádra odebírá akumulované teplo a předává ho do okolí. Proudění vzduchu může být přirozené nebo dynamické poháněné ventilátorem. Nevýhodou systému je poněkud méně přesná regulace. Hodí se zejména do objektů, kde nelze použít přímotopy nebo do starších špatně izolovaných domů, kde stěny po vypnutí přímotopu rychle chladnou. Co se týče estetické stránky, nevynikají akumulační kamna moderním designem. Zástupcem dynamických kamen jsou např. kamna ECODYNAMIC, která jsou vybavena jádrem z magnezitových cihel. Izolační plášť má za úkol zvyšovat tepelný odpor a bránit tak samovolnému vybití kamen. Nevýhodou většiny akumulačních kamen jsou také poměrně velké rozměry [47], [46].



Obr. 7.8 Akumulační kamna [46]

8 MODELOVÝ DŮM

Při návrhu vytápění pro zvolený objekt je nutné nejprve určit celkové odhady a vypočítat energetickou náročnost domu. Podstatnou roli hraje funkce objektu, zda se jedná o rodinný dům či pouze sezónně obývaný rekreační objekt. Aby byl zvolen vhodný způsob vytápění je potřeba znát, jakým způsobem dochází k ohřevu teplé užitkové vody-TUV. Dalšími faktory, které se zahrnují do výpočtů, je počet osob žijících v domě či přídatné energeticky náročné systémy, které vyžadují vytápění např. bazény. Rozhodujícím parametrem však ve většině případů zůstávají finanční náklady a specifické požadavky spotřebitele.

Návrh vhodného systému provádíme na základě celkového odhadu tepelných ztrát objektu. Následně vypočteme potřebné teplo pro vytápění a pro ohřev TUV. Ze získaných výsledků je třeba správně dimenzovat vybraný druh vytápění, abychom našli nejlepší kompromis mezi ekonomickými náklady, účinností a komfortem obsluhy.

8.1 Popis modelového domu

Dům se nachází v obci Dlouhá Lhota v okrese Blansko v Jihomoravském kraji. Jedná se o dvoupodlažní rodinný dům. Z jedné strany dům sousedí s jiným objektem. Přízemí je částečně podsklepeno. Konstrukce je provedena z cihel, podkroví pouze ze sádkartonových desek zateplených tepelně izolační vatou. Přízemí je částečně zatepleno polystyrenem. Zateplení výrazně snižuje tepelné ztráty objektu. V přízemí se nachází tři místnosti, koupelna, WC a 2 chodby. Podkroví je tvořeno 2 pokoji.



Obr. 8.1 Modelový dům

V domě se vytápí pouze částečně a je využíván především v letních měsících, v chladnějším období slouží spíše jako rekreační. Objekt užívají dvě osoby. Tyto faktory budou hrát zásadní roli při výpočtu potřebného tepla pro vytápění a ohřev TUV.



Obr. 8.3 Stávající plynový kotel



Obr. 8.2 Ohřivač vody

8.1.1 Energetická bilance domu

V současné době je pro vytápění i pro ohřev TUV používán závěsný plynový kotel THERM 20LX o výkonu 20kW. Z údajů získaných z faktur od dodavatele byla sestavena tabulka spotřeby zemního plynu v období 2007-2012 (tab. 8.1). Průměrná spotřeba plynu v tomto období je 2348,6 m³, což je v přepočtu asi 24775,2 kWh/rok= **24,8 MWh/rok**.

Tab. 8.1 Spotřeba plynu za uplynulá období

Období	m ³	kWh	Kč
14. 05. 2011 - 15. 05. 2012	2 340	24 664	38 717,23
18. 05. 2010 - 23. 05. 2011	2 539	26 857	33 938,51
12. 05. 2009 - 17. 05. 2010	2 209	23 292	27 306,81
07. 05. 2008 - 11. 05. 2009	2 372	24 973	32 638,99
03. 05. 2007 - 06. 05. 2008	2 283	24 090	24 677,17

8.2 Výpočet tepelných ztrát a potřebného tepla pro vytápění

Orientační výpočet tepelných ztrát byl proveden s pomocí kalkulačky na portálu TZB-info.cz, která slouží pouze jako odhad. Výpočet tepelných ztrát se provádí pro každou místnost zvlášť na základě rozměrů jednotlivých stěn, jejich zateplení, počtu oken a dveří. Do kalkulačky lze zadat i podsklepení místnosti, které má zajisté negativní vliv na ztráty. Společným faktorem pro určení tepelných ztrát všech místností byla lokalita, poloha domu a druh domu. Jedná se o rodinný dům chráněný a řadový. Zohledněny jsou i vlivy krajiny, v našem případě se jedná o normální krajinu bez intenzivních větrů. Tato metoda pracuje na základě obálkové konstrukce [49].

Při odhadu tepelné ztráty pro jednotlivé místnosti je nezbytné určit součinitel prostupu tepla pro jednotlivé stěny. Pro jeho získání jsme použili jinou kalkulačku na portálu TZB-info.cz [50]. Okna a dveře zahrnují také vliv infiltrace, spárová průvzdušnost a součinitel prostupu tepla byly určeny na základě tabulky na portálu TZB-info [51]. Po zadání stropu, podlahy, všech stěn, oken, dveří byla určena ztráta pro jednotlivé místnosti, viz tabulka 8.2. Celková tepelná ztráta je dána součtem jednotlivých místností a je rovna **12384 W=12,38 kW**. Tepelnou ztrátu volíme **Q_z=12,38 kW**.

Tab. 8.2 Tepelné ztráty jednotlivých místností

místnost	tepelná ztráta [W]	měrná tepelná ztráta [W/m ³]	objem místnosti [m ³]	teplota v místnosti [°C]
pracovna	1853	30,4	53,2	20
ložnice	1336	32,4	35,9	20
chodba vchod	1117	47,5	20,5	15
chodba 2	799	46,8	14,9	15
obývací pokoj	2631	24,8	92,6	20
koupelna	832	47,9	12,2	24
pokoj	489	46,8	7,3	15
WC	436	66,2	4,6	20
podkrovní pokoj 2	1075	19,1	42,6	20
podkrovní pokoj 1	1258	23,5	46,8	20
chodba	558	51,7	7,5	15
celkové ztráty [W]				

12384

Je-li známá tepelná ztráta, je možné určit spotřebu tepla pro vytápění a ohřev TUV. Pro orientační výpočet byla použita kalkulačka na portálu TZB.info [52]. Průměrná teplota je 18,5 °C. Do tabulky byly navrženy opravné součinitele v závislosti na vlastnostech modelového domu. Pravá část tabulky je věnována ohřevu TUV, který je dimenzován pro 2 osoby. Výsledná spotřeba tepla je 24,9 MWh/rok, což odpovídá 89,7 GJ/rok. Jelikož nás primárně zajímá teplo potřebné pouze pro vytápění, jako referenční spotřeba bude uvažováno 19,4 MWh/rok, tedy $Q_{\max}=19,4 \text{ MWh/rok}=69,9 \text{ GJ/rok}$ (obr. 8.4).

Lokalita (Tabulka)

Město: Délka topného období: [dny]

Venkovní výpočtová teplota $t_e = -15$ °C Prům. teplota během otopného období $t_{es} = 3,7$ °C

$t_{em} = 12$ °C $t_{em} = 13$ °C $t_{em} = 15$ °C ???

Vytápění

Tepelná ztráta objektu $Q_c = 12,8$ kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = 18,5$ °C ???

Vytápěcí denostupně

$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3567 \text{ K.dny}$

Opravné součinitele a účinnosti systému

$\epsilon_i = 0,85$??? $\eta_o = 0,95$???

$\epsilon_t = 0,90$??? $\eta_r = 0,95$???

$\epsilon_d = 0,7$???

Opravný součinitel ϵ ???

$\epsilon = \epsilon_i \cdot \epsilon_t \cdot \epsilon_d = 0,536$

$\epsilon = 0,765$

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

$Q_{VVT,r} = \left(\frac{69,9 \text{ GJ/rok}}{19,4 \text{ MWh/rok}} \right)$ **Naklady**

Ohřev teplé vody

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

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

$V_{2p} = 0,164$ m³/den ???

Koeficient energetických ztrát systému $z = 1$???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 17,2 \text{ kWh}$

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]

$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$

$Q_{TUV,r} = \left(\frac{19,8 \text{ GJ/rok}}{5,5 \text{ MWh/rok}} \right)$ **Naklady**

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

$Q_r = Q_{VVT,r} + Q_{TUV,r} = \left(\frac{89,7 \text{ GJ/rok}}{24,9 \text{ MWh/rok}} \right)$ **Naklady**

Obr. 8.4 Odhad roční spotřeb energie [52]

Cenu, kterou zaplatíme za odebrané množství teplárenské společnosti lze získat na základě přepočtení tabulky na portálu TZB-info, která poskytuje informace o aktuálních cenách jednotlivých paliv. Celková cena zemního plynu pro ohřev TUV i vytápění je $N_{\text{celk}}=41844$ Kč, cena kterou zaplatíme pouze za vytápění zemním plynem je $N_p=33341$ Kč [53].

Tab. 8.3 Srovnání vypočtených a fakturačních údajů

	Spotřeba energie pro vytápění a ohřev TUV [MWh/rok]	roční provozní náklady na vytápění a ohřev TUV [Kč]
Hodnoty z faktur	24,78	31 455
Vypočtené hodnoty	24,9	41 844

- Celková spotřeba tepla pro vytápění i ohřev TUV $Q_{\text{výsl.}}=24,9$ MWh/rok
- Spotřeba tepla pouze pro vytápění $Q_{\text{max}}=19,4$ MWh/rok
- Celková cena plynu za vytápění i ohřev TUV $N_{\text{celk}}=41844$ Kč
- Cena plynu za vytápění $N_p=33341$ Kč
- Tepelná ztráta objektu $Q_z=12,38$ kW

Jsou-li známy tepelné ztráty, potřeba tepla a cena původního systému, je možné navrhnout alternativní zdroj vytápění. Roční náklady pocházející z faktur uvedené v tabulce 8.3 jsou průměrem za 5 let do roku 2012. Při porovnání cen za zemní plyn získaných z faktur od plynárenské společnosti a nákladů na vytápění vypočtených z aktuálních cen je patrné, že cena plynu neustále vzrůstá. Ekonomické náklady jsou jedním z nejdůležitějších aspektů, které ovlivňují výběr otopného systému. V následující části práce se pokusím najít jiný způsob vytápění, který by mohl konkurovat plynovému kotli po finanční stránce a zároveň splňovat ostatní kritéria jako je komfort obsluhy a ekologičnost provozu.

8.3 Alternativní zdroje vytápění

Při uvažování jiných zdrojů vytápění pro modelový je nezbytné navrhnout systém o podobném výkonu jako stávající. Porovnáním jednotlivých zdrojů je možné získat představu o finančních nákladech jednotlivých způsobů vytápění, případně úspoře a návratnosti počátečních investic. S ohledem na charakter domu jsem pro samotný výpočet vybrala následující způsoby: kotel na uhlí, kotel na pelety, tepelné čerpadlo vzduch/voda.

8.3.1 Kotel na uhlí

Jako první varianta byl vybrán kotel na hnědé uhlí od firmy Dakon DOR F 20 o topném výkonu 20 kW. Tento kotel splňuje požadavky emisní třídy číslo 3. Jedná se o kotel s ručním přikládáním, přikládání je realizováno shora. Kotel je absolutně nezávislý na elektrické energii. Účinnost je 77%. Podle informací dostupných v ceníku firmy je cena včetně DPH 27 213 Kč [54]. Jako náklady na úpravu kotelny a instalaci volím 7000 Kč. Pořizovací cena na systém $P_{\text{C-uhlí}}=34\,213$ Kč. Cena hnědého uhlí je 3,55 Kč/kg a výhřevnost 18 MJ/kg [53].



Obr. 8.5 Kotel na uhlí Dakon [54]

- **Roční spotřeba uhlí:**

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

$$M_{\text{uhlí}} = \frac{69,9 \cdot 10^3}{0,77 \cdot 18} = 5043,3 \text{ kg}$$

kde:

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

- **Náklady na vytápění hnědým uhlím:**

$$N_{\text{uhlí}} = M_{\text{uhlí}} \cdot C_{\text{uhlí}} \text{ [Kč]} \quad (4)$$

$$N_{\text{uhlí}} = 5043,3 \cdot 3,55 = 17\,903,7 \text{ Kč}$$

kde:

$N_{\text{uhlí}}$ [Kč]	roční náklady na vytápění pomocí uhlí
$M_{\text{uhlí}}$ [kg]	roční spotřeba uhlí
$C_{\text{uhlí}}$ [Kč/kg]	cena hnědého uhlí

- **Doba návratnosti kotle na uhlí:**

$$D_{\text{uhlí}} = \frac{P_{\text{C-uhlí}}}{N_{\text{p}} \cdot N_{\text{uhlí}}} \quad (5)$$

$$D_{\text{uhlí}} = \frac{34\,213}{33\,341 - 17\,903,7} = 2,22 \text{ let}$$

kde:

$D_{\text{uhlí}}$ [-]	doba návratnosti kotle na uhlí
$P_{\text{C-uhlí}}$ [Kč]	pořizovací náklady na systém
N_{p} [Kč]	původní náklady na vytápění
$N_{\text{uhlí}}$ [Kč]	roční náklady na vytápění pomocí uhlí

Z uvedených výpočtů je patrné, že náklady na provoz kotle na uhlí jsou podstatně nižší než cena plynu. Návratnost vyšla **2,22** let (rov. 5). Do výpočtů byla zahrnuta i orientační cena na změnu vytápěcího systému.

8.3.2 Kotel na pelety

Jako další alternativa se jeví automatický kotel na pelety od firmy ATMOS D20P s rozsahem výkonu 6,5-22 kW. Kotel spadá do 5. emisní třídy, jedná se tedy o vysoce ekologické spalování. Kotel je plně automatizován a po dohoření paliva se vypne. Výrobce uvádí účinnost až 91,1%, pro výpočty bude použita hodnota účinnosti 0,9. Kotel je určen na kvalitní bílé pelety o průměru 6-8 mm a délce 5 až 25 mm [55]. Cena samotného kotle je 35 900 Kč, k provozu je nezbytný hořák A25 jehož cena činí 19 400 Kč, nádrž na pelety o objemu 500 l stojí 5 900 Kč [56]. Připočtou-li se k nákladům oběhová čerpadla, příslušenství nutné k zapojení a montáž kotle, výsledná cena systému bude přibližně 85 000 Kč. Pořizovací cena uvažovaná pro další výpočty: **$P_{c-pelety} = 85\ 000\ \text{Kč}$** . Výhřevnost pelet se liší podle jejich složení, bereme průměrnou hodnotu 17 MJ/kg, cena 1 kg pelet je 5,20 Kč [53].



Obr. 8.6 Kotel na pelety D20P [55]

- **Roční spotřeba pelet:**

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

$$M_{pelety} = \frac{69,9 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 17} = 4568,6 \text{ kg}$$

kde:

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

- **Náklady na vytápění peletami:**

$$N_{pelety} = M_{pelety} \cdot C_{pelety} \quad [\text{Kč}] \quad (7)$$

$$N_{pelety} = 4568,6 \cdot 5,2 = 23\ 756,7 \text{ Kč}$$

kde:

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

- **Doba návratnosti kotle na pelety:**

$$D_{\text{pelety}} = \frac{P_{\text{C-pelety}}}{N_p \cdot N_{\text{pelety}}} \quad (8)$$

$$D_{\text{pelety}} = \frac{85\,000}{33\,341 - 23\,756,7} = \mathbf{8,86 \text{ let}}$$

kde:

D_{pelety} [-]	doba návratnosti kotle na pelety
$P_{\text{C-pelety}}$ [Kč]	pořizovací náklady na systém
N_p [Kč]	původní náklady na vytápění
N_{pelety} [Kč]	roční náklady na vytápění pomocí pelet

Návratnost kotle na pelety činí **8,86** let (rov. 8), to je oproti předešlé variantě čtyřnásobek. Pokud by byly do výpočtu zahrnuty výdaje za šnekový dopravník, případně automatický odvod popela a další náklady za instalaci, návratnost by se ještě zvýšila. Došlo by však k plné automatizaci kotle a provozu nenáročnému na obsluhu.

8.3.3 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Jako poslední alternativu uvádím velmi moderní způsob vytápění a to tepelné čerpadlo vzduch/voda 11ASK od firmy Hotjet, které pracuje za podmínek A7/W35. Výrobce uvádí výkon 10 kW a topný faktor 3,82. Čerpadlo je schopné nasávat vzduch o teplotě -20°C až 35°C . Jedná se o nerezové čerpadlo určené pro venkovní instalaci [57]. Pro zjednodušení výpočtu budu uvažovat, že celá spotřeba tepla na pokrytí ztrát (12,4 kW) je pokryta tepelným čerpadlem s přídatnou akumulací nádrží. Případné špičkové výkony nad rámec možností TČ je možné pokrýt instalovanými krbovými kamny popř. využitím akumulátoru tepla pro krátkodobý špičkový výkon. Podle ceníku společnosti Hotjet je cena samotného tepelného čerpadla 134 800 Kč [57]. K této částce je třeba připočítat náklady na příslušenství, instalaci a práci [58]. Celková předběžná investice na zhotovení tepelného čerpadla je uvedena v tabulce 8.4.



Obr. 8.7 TČ Hotjet vzduch/voda [57]

Tab. 8.4 Předběžná cenová nabídka na instalaci čerpadla

tepelné čerpadlo 11ASK	134 800 Kč
hadice pro napojení topného okruhu	1 151 Kč
autorizované spuštění	7 980 Kč
instalační materiál a práce	11 400 Kč
prodloužená záruka na 5 let	9 900 Kč
akumulační nádrž	30 000 Kč
Celková cena	195 231 Kč

Požizovací cena na systém činný tedy $P_{\text{čerpadlo}} = 195\,231 \text{ Kč}$. Cena za odebranou elektrickou energii se řídí podle dvoutarifové sazby D56d. Náklady se liší podle jednotlivých společností, budu pracovat s cenami, které uvádí portál TZB-info pro společnost E.ON. Cena za 1kWh při práci v nízkém tarifu je 2,369 Kč, při práci ve vysokém tarifu 3,076 Kč. Ceny jsou uvedeny včetně DPH [59].

- **Roční spotřeba elektrické energie:**

$$P_{\text{čerpadlo}} = \frac{Q_{\text{max}}}{\varepsilon_t} \text{ [kWh]} \quad (9)$$

$$P_{\text{čerpadlo}} = \frac{19\,400}{3,82} = 5\,078,53 \text{ kWh}$$

kde:

$P_{\text{čerpadlo}}$ [kWh]	roční spotřeba elektřiny k pohonu TČ pro vytápění
Q_{max} [kWh]	energie potřebná na vytápění
ε_t [-]	topný faktor čerpadla

K chodu čerpadla je zapotřebí jistič, za který se platí měsíční sazba. Za jistič do 16 A zaplatíme společnosti E.ON 261 Kč/měsíc [59].

- **Náklady na vytápění tepelným čerpadlem při práci ve vysokém tarifu:**

$$N_{V_{\text{čerpadlo}}} = P_{\text{čerpadlo}} \cdot C_{\text{vys. tarif}} + 12 \cdot C_{\text{jistič}} \text{ [Kč]} \quad (10)$$

$$N_{V_{\text{čerpadlo}}} = 5\,078,53 \cdot 3,076 + 12 \cdot 261 = 18\,753,57 \text{ Kč}$$

kde:

$N_{V_{\text{čerpadlo}}}$ [Kč]	roční náklady na vytápění pomocí TČ
$P_{\text{čerpadlo}}$ [kWh]	roční spotřeba elektřiny k pohonu TČ
$C_{\text{vys. tarif}}$ [Kč/kWh]	cena elektřiny ve vysokém tarifu
$C_{\text{jistič}}$ [Kč]	měsíční cena za jistič

- **Náklady na vytápění tepelným čerpadlem při práci v nízkém tarifu:**

$$N_{n_{\text{čerpadlo}}} = P_{\text{čerpadlo}} \cdot C_{\text{níz. tarif}} + 12 \cdot C_{\text{jistič}} \text{ [Kč]} \quad (11)$$

$$N_{n_{\text{čerpadlo}}} = 5\,078,53 \cdot 2,369 + 12 \cdot 261 = 15\,163,04 \text{ Kč}$$

kde:

$N_{n_{\text{čerpadlo}}}$ [Kč]	roční náklady na vytápění pomocí TČ
$P_{\text{čerpadlo}}$ [kWh]	roční spotřeba elektřiny k pohonu TČ
$C_{\text{níz. tarif}}$ [Kč/kWh]	cena elektřiny v nízkém tarifu
$C_{\text{jistič}}$ [Kč]	měsíční cena za jistič

- **Doba návratnosti TČ při práci ve vysokém tarifu:**

$$D_{V\text{čerpadlo}} = \frac{P_{C\text{-čerpadlo}}}{N_p \cdot N_{V\text{čerpadlo}}} \quad (12)$$

$$D_{V\text{čerpadlo}} = \frac{195\,231}{33\,341 - 18\,753,57} = \mathbf{13,38 \text{ let}}$$

kde:

$D_{V\text{čerpadlo}}$ [roky]	doba návratnosti TČ
$P_{C\text{-čerpadlo}}$ [Kč]	pořizovací náklady na systém
N_p [Kč]	původní náklady na vytápění
$N_{V\text{čerpadlo}}$ [Kč]	roční náklady na vytápění pomocí TČ

- **Doba návratnosti TČ při práci v nízkém tarifu:**

$$D_{n\text{čerpadlo}} = \frac{P_{C\text{-čerpadlo}}}{N_p \cdot N_{V\text{čerpadlo}}} \quad (13)$$

$$D_{n\text{čerpadlo}} = \frac{195\,231}{33\,341 - 15\,161,04} = \mathbf{10,73 \text{ let}}$$

kde:

$D_{n\text{čerpadlo}}$ [roky]	doba návratnosti TČ
$P_{C\text{-čerpadlo}}$ [Kč]	pořizovací náklady na systém
N_p [Kč]	původní náklady na vytápění
$N_{n\text{čerpadlo}}$ [Kč]	roční náklady na vytápění pomocí TČ

Tab. 8.5 Porovnání dvoutarifové sazby TČ

Tarif	Cena za 1kWh [Kč]	Náklady na vytápění modelového domu [Kč]	Návratnost [let]
Vysoký	3,076	18 753,57	13,38
Nízký	2,369	15 163,04	10,73

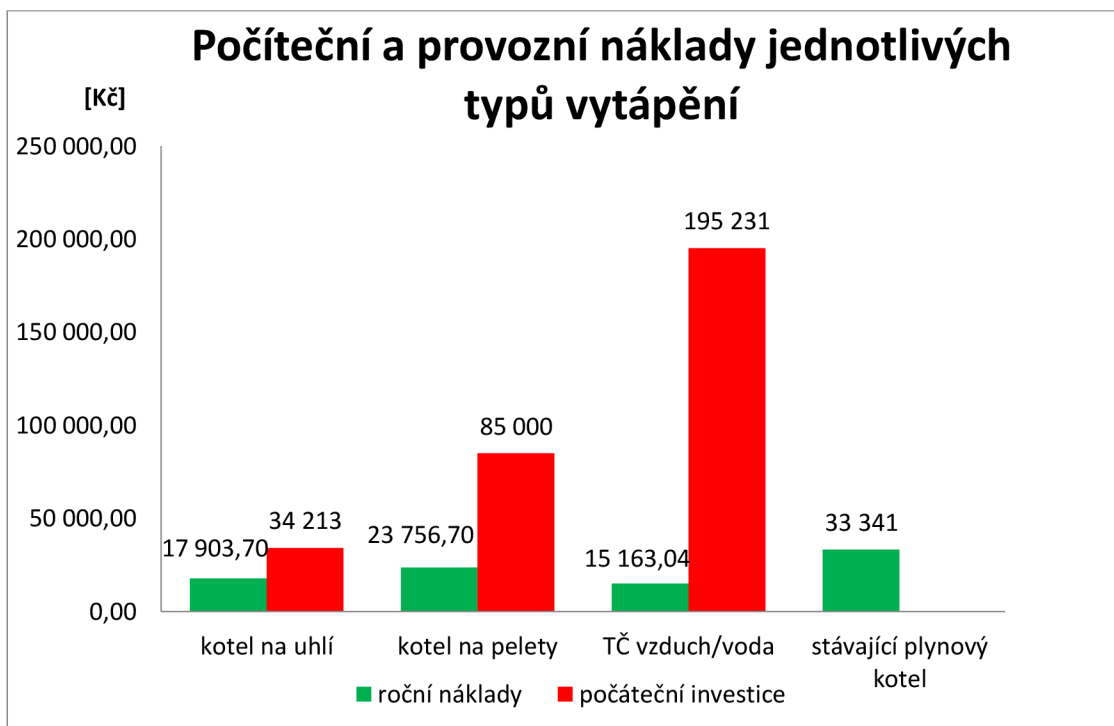
Z tabulky 8.5 je patrné, že na ekonomické hledisko TČ má velký vliv tarif, ve kterém pracuje. Rozdíl návratností při práci v nízkém a vysokém tarifu jsou necelé 3 roky. Bude-li brána v úvahu optimističtější varianta, je návratnost tepelného čerpadla **10,73** let (rov. 13).

8.4 Zhodnocení

Tab. 8.6 Srovnání získaných hodnot pro navrhované vytápěcí systémy

Druh vytápění	Počáteční investice [Kč]	Roční náklady na provoz [Kč]	Návratnost [let]
Stávající plynový kotel	-	33 341	-
Kotel na uhlí	34 213	17 903,7	2,22
Kotel na pelety	85 000	23 756,7	8,86
TČ vzduch/voda-nízký tarif	195 231	15 163,04	10,73

Z tabulky 8.5 je patrné, že jako nejekonomičtější řešení z hlediska počátečních investic se jeví kotel na uhlí. Jeho pořizovací cena je v porovnání s ostatními nejmenší a provozní náklady jsou také nízké. Největší výhodou tohoto systému je příznivá cena uhlí. Velkou nevýhodou systému je malá soběstačnost. Kotel na uhlí vyžaduje vysoké nároky na obsluhu, je nutné manipulovat a doplňovat palivo. Pokud bychom chtěli proces automatizovat, bylo by možné dokoupit a instalovat podavače a zásobníky, cena systému by ovšem vzrostla. Vytápění pomocí pelet je velice ekologické, ovšem pořizovací cena systému je poměrně vysoká vzhledem k návratnosti investic. Jako zásadní nevýhodu vidím velké nároky na prostor, jelikož zásobník na pelety i samotný kotel jsou poměrně objemné. Náklady na instalaci TČ značně převyšují oba předešlé způsoby vytápění a je vhodné tuto investici pečlivě uvážit. Je třeba si uvědomit, že po uhrazení počátečních nákladů začíná tepelné čerpadlo spořit. Návratnost je jen o něco málo vyšší než u kotle na pelety.



Obr. 8.8 Počáteční a provozní náklady jednotlivých typů vytápění

Pro navrhované systémy byl vytvořen graf (obr. 8.8), ve kterém lze vidět jednak počáteční investice, ale i náklady na provoz. V grafu lze přehledně porovnat navrhované způsoby vytápění. Pokud se spotřebitel zaměří na provozní náklady, zjistí, že nejvíce ušetří instalací TČ. Provozní náklady oproti stávajícímu plynovému kotli jsou poloviční. Je ovšem nutné počítat s poměrně vysokou dobou návratnosti investic, která může hraničit s životností TČ. Jelikož modelový objekt slouží spíše jako rekreační, je potřeba se zamyslet nad otázkou komfortu. Z tohoto hlediska se jeví jako nejlepší řešení stávající plynový kotel nebo TČ, které pracují samostatně. V případě kotle na uhlí a na pelety je nezbytné zajistit dostatek paliva a starat se o příkládání, což způsobuje větší časovou náročnost na obsluhu.

9 ZÁVĚR

Cílem první části bakalářské práce bylo zpracovat a zhodnotit stávající poznatky týkající se vytápění rodinných domů. Trendem moderní doby je ustupovat od vytápěcích systémů využívající neobnovitelné zdroje a nahrazovat je alternativními ekologičtějšími zdroji - solární energie, využití energie vzduchu/vody/země pomocí TČ. Tyto vytápěcí systémy se však vyznačují vyšší pořizovací cenou a v současné době nejsou většinou schopny pokrýt celkovou spotřebu tepla pro vytápění, a proto bývají doplněny o další zdroj jako je např. plynový kotel, elektřina či krbová kamna. Jejich nespornou výhodou je ale samostatný provoz, který nevyžaduje téměř žádné nároky na uživatele a poskytuje maximální komfort. Další možností jak vytápět dům jsou kotle na uhlí či dřevo. Tyto klasické způsoby vytápění nacházejí stále velkou oblibu a to zejména díky nízkým provozním nákladům. Nejsou však vhodným řešením pro uživatele, kteří kladou vyšší nároky na pohodlí, vyžadují častější obsluhu a jsou méně samostatné. Velké zastoupení mají také plynové kotle a elektrické vytápění. Se stále zvyšující se cenou plynu a elektřiny jsou tendence tyto způsoby nahradit jiným ekonomičtějším řešením, avšak pro svoji snadnou dostupnost a samostatný provoz jsou standardním způsobem vytápění českých domácností. Pro každý dům jsou vhodné jiné způsoby vytápění a je na uživateli, aby si zvolil své priority a podle nich vybral způsob vytápění.

Druhá část bakalářské práce je věnována návrhu vytápění pro zvolený modelový dům. Stávajícím způsobem vytápění je plynový kotel o výkonu 20 kW. Prvním předpokladem pro výpočet bylo určení tepelné ztráty objektu, ta byla vyčíslena pomocí kalkulačky na portálu TZB-info na 12,38 kW. Tento údaj byl použit pro výpočet celkového potřebného tepla na vytápění domu. Spotřeba energie činí 19,4 MWh/rok. Na základě těchto údajů byl proveden rozbor tří alternativních způsobů vytápění (kotel na uhlí, kotel na pelety a TČ vzduch/voda). Byly vypočteny investiční a provozní náklady na jednotlivé typy vytápění a následně byl proveden výpočet ekonomické návratnosti. Následně byly jednotlivé typy posouzeny z hlediska různých parametrů a to zejména komfortu, ekonomických nákladů a návratnosti investic.

Z výpočtů a získaných poznatků se jako nejvhodnější řešení jeví vytápění pomocí kotle na uhlí a to zejména díky malým investičním nákladům a nízké ceně uhlí v porovnání se stávajícím způsobem vytápění. Návratnost kotle na uhlí je 2,22 let a proto jeho instalace stojí za zvážení. Přestože klade vyšší nároky na obsluhu, ekonomická úspora oproti plynovému kotli bude značná.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Vše o vytápění 6. – Kotle na tuhá paliva. *Bydleniprokazdeho.cz* [online]. 2013 [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: <http://vytapani-klimatizace.bydleniprokazdeho.cz/kotle-a-ohrivace/vse-o-vytapani-6.-kotle-na-tuha-paliva.php>
- [2] Vytápíme tuhými palivy. *TZB-info* [online]. ©2001-2015 [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy>
- [3] TU OSTRAVA. Výzkumné energetické centrum. Emise prachu z malých spalovacích zařízení na tuhá paliva a metody jejich stanovení. *TZB-info: Vytápíme tuhými palivy* [online]. 2013 [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/9536-emise-prachu-z-malych-spalovacich-zarizeni-na-tuha-paliva-a-metody-jejich-stanoveni>
- [4] Kotle na tuhá paliva. *Viadrus* [online]. ©2013 [cit. 2015-02-11]. Dostupné z: <http://www.viadrus.cz/kotle-na-tuha-paliva-25.html>
- [5] STUPAVSKÝ, Vladimír. O vytápění biomasou od A až do Z. *TZB-info: Obnovitelná energie a úspory energie* [online]. 2012-07-13 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/peletky/8814-o-vytapani-biomasou-od-a-az-do-z>
- [6] WEGER, Jan. Biomasa jako zdroj energie. *Biom.cz* [online]. 2009-02-02 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-jako-zdroj-energie>
- [7] STUPAVSKÝ, Vladimír. Pelety z biomasy - dřevěné, rostlinné, kůrové pelety. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>
- [8] STUPAVSKÝ, Vladimír, HOLÝ, Tomáš. Brikety z biomasy - dřevěné, rostlinné, směsné brikety. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevene-rostlinne-smesne-brikety>
- [9] STUPAVSKÝ, Vladimír, HOLÝ, Tomáš. Dřevní štěrka - zelená, hnědá, bílá. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>
- [10] NOVOTNÝ, Petr. Historie a perspektivy OZE – bioplyn. *TZB-info: Obnovitelná energie a úspory energie* [online]. 2009-05-04 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa/5610-historie-a-perspektivy-oze-bioplyn>
- [11] STUPAVSKÝ, Vladimír. Trh s peletami a automatickými kotli na biomasu. *Biom.cz* [online]. 2013-11-04 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz-spalovani-biomasy/odborne-clanky/trh-s-peletami-a-automatickymi-kotli-na-biomasu>
- [12] OPOP. Automatické kotle na pelety. *TZB-info: Vytápění* [online]. 2011-05-25 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/7490-automaticke-kotle-na-pelety>
- [13] VERNER, Vladimír. Vytápět biomasou ekologicky nebo ekonomicky? Nejlépe obojí. *Biom.cz* [online]. 2011-03-07 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz-spalovani-biomasy/odborne-clanky/vytapet-biomasou-ekologicky-nebo-ekonomicky-nejlepe-oboji>

- [14] STUPAVSKÝ, Vladimír. Zplynovací kotel na kusové dřevo, polena a dřevěné brikety. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zplynovaci-kotel-na-kusove-drevo-polena-a-drevene-brikety>
- [15] Zplyňovací kotle na dřevěné brikety a dřevo. *ATMOS* [online]. 2015 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/zplynovaci-kotle-na-drevene-brikety-a-drevo/>
- [16] STUPAVSKÝ, Vladimír. Kotel na dřevní štěpku. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kotel-na-drevni-stepku>
- [17] JUŘENÍK, Robert. Tradiční značka kotlů VIADRUS překvapila neobvyklou nabídkou. *TZB-info* [online]. 2002-11-26 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1239-tradicni-znacka-kotlu-viadrus-prekvapila-neobvyklou-nabidkou>
- [18] ROMOTOP. Možnosti vytápění krbovými kamny a vložkami - první část. *TZB-info: Vytápění* [online]. 2010-11-18 [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/6940-moznosti-vytapani-krbovymi-kamny-a-vlozkami-prvni-cast>
- [19] ROMOTOP. Možnosti vytápění krbovými kamny a vložkami - pokračování: Část II. *TZB-info: Vytápění* [online]. 2010-11-18 [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/6976-moznosti-vytapani-krbovymi-kamny-a-vlozkami-pokracovani>
- [20] MOUNFIELD. 5 důvodů proč začít vytápět krbovými kamny. *TZB-info: Vytápění* [online]. 2012-02-21 [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/8308-5-duvodu-proc-zacit-vytapet-krbovymi-kamny>
- [21] *Teplovzdušná kamna* [online]. 2014 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.teplovzdušnakamna.cz/>
- [22] ČESKÝ PLYNÁRENSKÝ SVAZ. Při spalování zemního plynu uvolňuje pouze 50 % emisí CO₂ oproti hnědému uhlí. *TZB-info: Energetika* [online]. 2014-12-27 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/vytapime-plynem/12175-pri-spalovani-zemniho-plynu-uvolnuje-pouze-50-emisi-co2-oproti-hnedemu-uhli>
- [23] VALENTA, Vladimír. Kondenzační kotle. *TZB-info* [online]. 2000-07-01 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/12491-kondenzacni-kotle>
- [24] CIHELKA, Jaromír. *Vytápění a větrání*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1969, 610 s.
- [25] Výrobky. *Vaillant* [online]. ©2013 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: <http://www.vaillant.cz/vyrobky/>
- [26] Co je zemní plyn. *Zemní plyn* [online]. © 2007 - 2010 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: <http://www.zemniplyn.cz/plyn/#energie>
- [27] FUČÍK, Zdeněk. Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů. *TZB-info* [online]. 2004-04-02 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>
- [28] KLECZEK, Josip. Slunce a jeho energie. *TZB-info* [online]. 2004-04-27 [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1948-slunce-a-jeho-energie>
- [29] BECHNÍK, Bronislav. Nejpoužívanější pojmy ve fotovoltaice. *TZB-info: Obnovitelná energie a úspory energie* [online]. 2014-09-29 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11772-nejpouzivanejsi-pojmy-ve-fotovoltaice>

- [30] Fotovoltaika, princip fungování. *Fotovoltaika: Průvodce světem fotovoltaických panelů a solárních systémů* [online]. 2014 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.fotovoltaika-panely.com/fotovoltaika-princip/>
- [31] Fotovoltaika princip. *Česká solární* [online]. © 2008-2014 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: http://www.ceska-solarni.cz/fotovoltaika_princip.php
- [32] TOMEŠ, Milan. Malá fotovoltaická elektrárna na střeše domu. *Energie 21: časopis obnovitelných zdrojů energie*. Praha: Profi Press, 2015, roč. 12, č. 1. ISSN 1803-0394
- [33] VOJÁČEK, Antonín. Začínáme s fotovoltaickými panely. *TZB-info: Obnovitelná energie a úspory energie* [online]. 2009-11-23 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/6068-zaciname-s-fotovoltaickymi-panely>
- [34] ŠOUREK, Bořivoj. Přímé využití sluneční energie - systémy využívající fototermální kapalinové kolektory I. *TZB-info: Obnovitelná energie a úspory energie* [online]. 2010-05-31 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/6518-prime-vyuziti-sluncni-energie-systemy-vyuzivajici-fototermalni-kapalinove-kolektory-i>
- [35] TOMČIAK, Ján. Komponenty solárního systému. *TZB-info* [online]. 2004-05-25 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1955-komponenty-solarneho-systemu>
- [36] BECHNIK, Bronislav. Solární ohřev teplé vody-kolektory nebo fotovoltaika. *Energie 21: časopis obnovitelných zdrojů energie*. Praha: Profi Press, 2012, roč. 5, č. 5. ISSN 1803-0394
- [37] *Proplus solar* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.propuls.cz/>
- [38] NOVÁK, Milan a Ján TOMČIAK. Konštrukcia slnečného kolektora. *TZB-info* [online]. 2004-06-17 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1957-konstrukcia-slneceho-kolektora>
- [39] SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. *Tepelná čerpadla*. 1. vyd. Brno: ERA, 2005, 68 s. ISBN 80-736-6031-8.
- [40] MASTNÝ, Petr. Specifikace tepelných čerpadel pro využití v TZB. *Časopis stavebnictví* [online]. 2007, 11-12 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/specifikace-tepelnych-cerpadel-pro-vyuziti-v-tzb_A517_I11-12_07
- [41] KONDEPUDI, Dilip a Ilyh PRIGOGINE. *Modern thermodynamics: From Heat Engines to Dissipative Structures*. Chichester: John Wiley and Sons, 1998, 486 s. ISBN 04-719-7393-9.
- [42] HOŘEJŠÍ, Miroslav. Tepelná čerpadla pro každého (II). *TZB-info* [online]. 2002-04-19 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/957-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-ii>
- [43] Domácnosti: Tepelná čerpadla. *MVB* [online]. 2015 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.mvb.cz/domacnosti/tepelna-cerpadla/>
- [44] KOPAČKOVÁ, Dagmar a Jan BLAŽÍČEK. Varianty elektrického vytápění - rozdělení podle zdroje tepla. *TZB-info: Vytápění* [online]. 2014-02-06 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/10833-varianty-elektrickeho-vytapani-rozdeleni-podle-zdroje-tepla>

- [45] BLAŽÍČEK, Jan. Varianty sálavého elektrického vytápění. *TZB-info: Vytápění* [online]. 2014-04-14 [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapimelektroinou/11073-varianty-salaveho-elektrickeho-vytapani>
- [46] Sálavé topné panely Ecosun. *Fenix* [online]. 2014 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.fenixgroup.cz/cs/salave-topne-panely>
- [47] BLAŽÍČEK, Jan. Varianty konvekčního elektrického vytápění. *TZB-info: Vytápění* [online]. 2014-05-26 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapimelektroinou/11256-varianty-konvekcniho-elektrickeho-vytapani>
- [48] ISAN, Radiátory s. r. o. Podlahové konvektory. *TZB-info: Vytápění* [online]. 2011-04-14 [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/7348-podlahove-konvektory>
- [49] Výpočet tepelné ztráty objektu dle ČSN 06 0210. *TZB-info: Vytápění* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/107-vypocet-tepelne-zraty-objektu-dle-csn-06-0210>
- [50] Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci. *TZB-info: Stavba* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [51] Součinitel prostupu tepla a součinitel spárové průvzdušnosti oken a dveří dle ČSN 73 0540-3 (1994). *TZB-info: Stavba* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/32-soucinitel-prostupu-tepla-a-soucinitel-sparove-pruvzdušnosti-oken-a-dveri-dle-csn-73-0540>
- [52] Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *TZB-info: Vytápění* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [53] Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva. *TZB-info: Vytápění* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnaní-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie_gj=89.7
- [54] Kotle na tuhá paliva. *DAKON* [online]. 2015 [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.dakon.cz/produkty/dor-f/>
- [55] Kotle na pelety. *ATMOS* [online]. 2015 [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/kotle-na-pelety/>
- [56] ATMOS. *Ceník pro kotle a hořáky na pelety 2015*. Bělá pod Bezdězem, 2015.
- [57] Tepelná čerpadla vzduch-voda. *Hotjet* [online]. 2015 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.hotjet.eu/cs/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/venkovni-hotjet-ask>
- [58] KIŠA, M. *Zhodnocení uplatnění PV systému a TČ v energetickém zásobování RD*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
- [59] Přehled cen elektrické energie. *TZB-info: Ceny paliv a energií* [online]. 2015 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energií/14-prehled-cen-elektricke-energie#d56>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka

PBS	Bioplynová stanice
FVE	Fotovoltaická elektrárna
TČ	Tepelné čerpadlo
TUV	Teplá užitková voda
DPH	Daň z přidané hodnoty

Popis

Symbol

Jednotka

Popis

ε_t	-	Topný faktor
Q	J	Získané teplo
E	J	Dodaná energie
λ	-	Relativní přebytek vzduchu
Q_z	kW	Tepelná ztráta
Q_{\max}	MWh/rok	Potřebné teplo pro vytápění
N_{celk}	Kč	Celková cena pro vytápění i ohřev pomocí plynového kotle
N_p	Kč	Původní náklady na vytápění
$Q_{\text{výsl}}$	MWh/rok	Celková spotřeba tepla na vytápění a ohřev TUV
$P_{\text{c-uhlí}}$	Kč	Pořizovací cena kotle na uhlí
$M_{\text{uhlí}}$	kg	Roční spotřeba uhlí
η_{kotel}	-	Účinnost kotle
$H_{\text{uhlí}}$	MJ/kg	Výhřevnost uhlí
$N_{\text{uhlí}}$	Kč	Roční náklady na vytápění pomocí uhlí
$C_{\text{uhlí}}$	Kč/kg	Cena hnědého uhlí
$D_{\text{uhlí}}$	-	Návratnost kotle na uhlí
$P_{\text{c-pelety}}$	Kč	Pořizovací náklady na vytápění pomocí pelet
H_{pelety}	MJ/kg	Výhřevnost pelet
M_{pelety}	kg	Roční spotřeba pelet
N_{pelety}	Kč	Roční náklady na vytápění pomocí pelet
C_{pelety}	Kč/kg	Cena pelet

D_{pelety}	-	Návratnost kotle na pelety
$P_{C-čerpadlo}$	Kč	Požizovací cena TČ
$P_{čerpadlo}$	kWh	Spotřeba el. energie TČ
$N_{V-čerpadlo}$	Kč	Roční náklady na vytápění pomocí TČ při vysokém tarifu
$C_{vys. tarif}$	Kč/kWh	Cena elektřiny ve vysokém tarifu
$N_{n-čerpadlo}$	Kč	Roční náklady na vytápění pomocí TČ při nízkém tarifu
$C_{niz. tarif}$	Kč/kWh	Cena elektřiny v nízkém tarifu
$C_{jistič}$	Kč	Měsíční cena za jistič
$D_{Včerpadlo}$	-	Návratnost čerpadla při práci ve vysokém tarifu
$D_{nčerpadlo}$	-	Návratnost čerpadla při práci v nízkém tarifu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Černé uhlí [2].....	12
Obr. 2.2 Automatický kotel [4].....	13
Obr. 2.3 Kotel na ruční přikládání [4].....	13
Obr. 3.1 Vyschlé dřevo [5].....	14
Obr. 3.2 Polena [2].....	14
Obr. 3.3 Druhy pelet	15
Obr. 3.4 Brikety [5].....	15
Obr. 3.5 Dřevní štěpka [9]	16
Obr. 3.6 Využití bioplynu [10].....	17
Obr. 3.7 Kotel na pelety [12]	18
Obr. 3.8 Zplyňovací kotel [15].....	19
Obr. 3.9 Kotel na štěpku [17].....	20
Obr. 3.10 Kamna jako součást interiéru [20]	20
Obr. 3.11 Teplovzdušná kamna [21].....	21
Obr. 3.12 Různá provedení krbové vložky [19].....	22
Obr. 4.1 Závěsný plynový kotel [25]	23
Obr. 4.2 Entalpický diagram [36]	24
Obr. 4.3 Kondenzační stacionární plynový kotel [25]	25
Obr. 5.1 Solární článek [29].....	27
Obr. 5.2 FVE [33]	28
Obr. 5.3 Rozdělení kolektorů [34]	29
Obr. 5.4 Trubicový kolektor [34].....	29
Obr. 5.5 Plochý zasklený kolektor [34]	30
Obr. 5.6 Akumulační nádoba [34]	31
Obr. 5.7 Solární soustava [37]	31
Obr. 6.1 Chladicí okruh tepelného čerpadla [40].....	32
Obr. 6.2 Carnotův obrácený cyklus [40].....	33
Obr. 6.3 Tepelné čerpadlo vzduch /voda [43].....	34
Obr. 6.4 Plošné tepelné čerpadlo [43].....	34

Obr. 6.5 Tepelné čerpadlo s vrtem [43].....	35
Obr. 6.6 Studniční tepelné čerpadlo[43].....	36
Obr. 7.2 Sálavý panel s nátěrem [45]	38
Obr. 7.1 Sálavý panel s potiskem [45].....	38
Obr. 7.3 Sálavý přímotop [45].....	39
Obr. 7.4 Podlahová topná folie [45]	39
Obr. 7.5 Konvekční přímotop [46].....	40
Obr. 7.6 Podlahový konvektor [48].....	40
Obr. 7.7 Mřížka podlahového konvektoru [48].....	40
Obr. 7.8 Akumulační kamna [46].....	41
Obr. 8.1 Modelový dům	42
Obr. 8.2 Ohřívač vody	43
Obr. 8.3 Stávající plynový kotel	43
Obr. 8.4 Odhad roční spotřeb energie [52].....	44
Obr. 8.5 Kotel na uhlí Dakon [54].....	45
Obr. 8.6 Kotel na pelety D20P [55].....	47
Obr. 8.7 TČ Hotjet vzduch/voda [57].....	48
Obr. 8.8 Počáteční a provozní náklady jednotlivých typů vytápění	51

SEZNAM TABULEK

Tab. 8.1 Spotřeba plynu za uplynulá období	43
Tab. 8.2 Tepelné ztráty jednotlivých místností	44
Tab. 8.3 Srovnání vypočtených a fakturačních údajů	45
Tab. 8.4 Předběžná cenová nabídka na instalaci čerpadla	48
Tab. 8.5 Porovnání dvoutarifové sazby TČ	50
Tab. 8.6 Srovnání získaných hodnot pro navrhované vytápěcí systémy	51