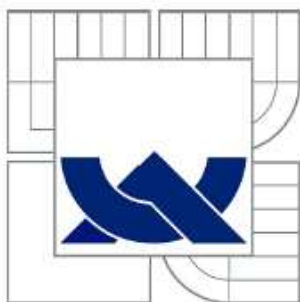
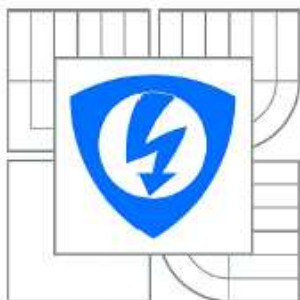




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

ZPŮSOBY VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

HOUSEHOLD HEATING SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

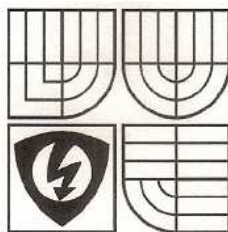
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ONDŘEJ ŠEVČÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ BARTOŠÍK

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Ondřej Ševčík

Ročník: 3

ID: 112060

Akademický rok: 2009/10

NÁZEV TÉMATU:

Způsoby vytápění rodinného domu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

- úvod do problematiky vytápění rodinných domů
- současný stav v ČR a ve světě
- přehled konvenčních a netradičních způsobů vytápění, jejich charakteristika
- nové trendy ve vytápění budov
- zhodnocení ekonomické náročnosti jednotlivých technologií

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 8.2.2010

Termín odevzdání: 31.5.2010

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Bartošík

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.
předseda oborové rady



UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

ŠEVČÍK, O. *Způsoby vytápění rodinného domu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 68 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Bartošík.

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

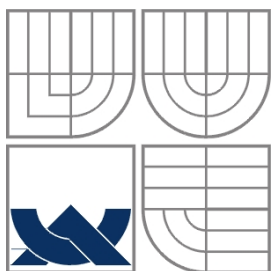
Způsoby vytápění rodinného domu

Ondřej Ševčík

vedoucí: Ing. Tomáš Bartošík

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2010

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering

BACHELOR'S Thesis

Household heating systems

by

Ondřej Ševčík

Supervisor: Ing. Tomáš Bartošík

Brno University of Technology, 2010

Brno

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je ekonomické zhodnocení čtyř vybraných technologií používaných k vytápění a návrh otopné soustavy. Úvodní část se zabývá problematikou vytápění rodinného domu, druhy otopných soustav a vlivy na volbu otopné soustavy.

Třetí kapitola pojednává o hlavních částech otopné soustavy. Jednotlivé prvky jsou charakterizovány a popsány. Mezi nejdůležitější části otopné soustavy patří zdroje tepla, které jsou rozděleny podle druhu paliva.

Ve čtvrté kapitole jsou popsány další možnosti úsporných opatření, které snižují tepelné ztráty, a tedy i provozní náklady. Dále je zde zmínka o výši státních dotací.

Pátá kapitola se zabývá zastoupením jednotlivých zdrojů, které se používají pro vytápění v rodinných domech.

V poslední šesté kapitole je proveden výpočet tepelných ztrát konkrétního objektu. Z výpočtu tepelných ztrát dále vychází návrh podlahové a radiátorové otopné soustavy. Dále jsou pro objekt vybrány čtyři zdroje tepla (plynový kotel, tepelné čerpadlo, kotel na biomasu a elektrokotel s akumulací nádrží) a vypočítány pořizovací a provozní náklady. Závěr kapitoly je věnován ekonomické bilanci vybraných čtyř zdrojů tepla a jejich porovnání v návratnosti investic.

KLÍČOVÁ SLOVA: otopná soustava; tepelné čerpadlo; kotel na pelety; plynový kotel; elektrokotel s akumulací nádrží; tepelné ztráty; pořizovací náklady; provozní náklady.

ABSTRACT

Main goals of this bachelor thesis are economic evaluation of four chosen technologies of heating, and heating system design. Introduction deals with problem of heating in a family house, types of heating systems and main influences affecting the choice of heating system.

The third chapter discusses main components of heating systems. Each component of the system is characterized and described. The most important parts include heating source, which are divided by type of fuel.

The fourth chapter describes other possibilities of austerity measures, which reduce heat loss and heating costs. There is a mention about government subsidies.

The fifth chapter shows the shares of different heating sources, that are used in residential houses.

In the last chapter, the computation of heat loss in the particular object is done. Based on the heat loss computation floor and radiator heating system is proposed. Four heat sources are chosen for the object (gas boiler, heat pump, biomass boiler and electric boiler with accumulation tank) and the purchase and the operating costs are computed. Conclusion of the chapter is devoted to the economic balance of the four heat sources and their comparison in the return of investment.

KEY WORDS: heating system; heat pump; biomass boiler; gas boiler; electric boiler with accumulation tank; heat loss; purchase costs; operating costs.

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	12
1 ÚVOD	14
2 PROBLEMATIKA VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU	14
2.1 VOLBA OTOPNÉ SOUSTAVY.....	14
2.1.1 VELIKOST DOMU	16
2.1.2 VLIV STÁŘÍ NA VYTÁPĚNÝ DŮM	16
2.1.3 MÍSTNÍ PODMÍNKY UMÍSTNĚNÉHO DOMU	17
2.1.4 NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ.....	17
2.2 TEPELNÁ POHODA.....	18
3 ČÁSTI OTOPNÉ SOUSTAVY	19
3.1 ZDROJE TEPLA	19
3.1.1 KOTLE	19
3.1.2 KOTLE NA TUHÁ PALIVA.....	19
3.1.3 PLYNOVÉ KOTLE	21
3.1.4 KOTLE NA KAPALNÁ PALIVA	22
3.1.5 ELEKTRICKÉ KOTLE	22
3.1.6 TEPELNÁ ČERPADLA	23
3.1.7 SOLÁRNÍ KOLEKTORY	26
3.1.8 KRBY A KAMNA.....	27
3.1.9 TOPIDLA.....	28
3.2 PALIVA.....	29
3.2.1 PEVNÁ PALIVA	29
3.2.2 PLYNNÁ PALIVA.....	31
3.2.3 ELEKTRICKÁ ENERGIE	31
3.2.4 KAPALNÁ PALIVA	31
3.3 POTRUBÍ A SPOJOVÁNÍ.....	31
3.4 OTOPNÁ TĚLESA.....	32
3.4.1 ČLÁNKOVÁ OTOPNÁ TĚLESA	33
3.4.2 DESKOVÁ OTOPNÁ TĚLESA	33
3.4.3 TRUBKOVÁ OTOPNÁ TĚLESA.....	33
3.4.4 PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ.....	34
3.5 REGULACE OTOPNÝCH SOUSTAV	34
3.5.1 REGULACE ZDROJE TEPLA	34
3.5.2 REGULACE V ROZVADĚČI TEPLA A V TRUBNÍM ROZVODU	35
3.5.3 REGULACE OTOPNÝCH TĚLES	35
3.5.4 REGULACE BEZDRÁTOVÝMI ČIDLY.....	35
3.6 OBĚHOVÁ ČERPADLA.....	35
3.7 KOMÍNY A KOUŘOVODY	35

4 DALŠÍ ÚSPORY TEPELNÉ ENERGIE A JEJICH DOTACE	37
4.1 NÍZKONÁKLADOVÉ A PASIVNÍ DOMY	37
4.2 TEPELNÉ ZTRÁTY A JEJICH MINIMALIZACE	38
4.3 DOTACE	39
4.3.1 DOTACE PRO STÁVAJÍCÍ RODINNÉ DOMY	40
4.3.2 DOTACE PRO STÁVAJÍCÍ BYTOVÉ DOMY	40
4.3.3 DOTACE PRO NOVOSTAVBY	40
5 ZASTOUPENÍ ZDROJŮ TEPLA POUŽÍVANÝCH PRO VYTÁPĚNÍ RD	41
6 NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGIÍ	44
6.1 TECHNICKÉ PARAMETRY RD	44
6.2 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY	45
6.3 NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY	47
6.4 VOLBA ZDROJŮ TEPLA A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGIÍ	50
6.4.1 VOLBA PLYNOVÉHO KONDENZAČNÍHO KOTLE	51
6.4.2 VOLBA TEPELNÉHO ČERPADLA	53
6.4.3 VOLBA KOTEL NA BIOMASU	57
6.4.4 VOLBA ELEKTROKOTLE	61
6.5 POROVNÁNÍ EKONOMICKÉ BILANCE JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGIÍ A JEJICH NÁVRATNOST ...	63
6.5.1 EKONOMICKÁ BILANCE JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGIÍ ZAHRNUJÍCÍ VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TUV BEZ UVAŽOVÁNÍ DOTACE	63
6.5.2 EKONOMICKÁ BILANCE JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGIÍ ZAHRNUJÍCÍ CELKOVOU SPOTŘEBU ENERGÍ A STÁTNÍ DOTACE	64
7 ZÁVĚR.....	66
POUŽITÁ LITERATURA	67

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Možné způsoby vytápění RD [1]	14
Obr. 2.2 Možné kombinace vytápění RD [1].....	15
Obr. 3.1 Popis částí moderního kotle na dřevo [3].....	20
Obr. 3.2 Princip TČ [7].....	23
Obr. 3.3 Princip funkce kompresoru SCROLL [6]	24
Obr. 3.4 TČ země/voda [6].....	24
Obr. 3.5 TČ voda/voda [6]	25
Obr. 3.6 TČ voda/voda [6].....	25
Obr. 3.7 TČ země/voda [6].....	25
Obr. 3.8 TČ vzduch/voda [6].....	26
Obr. 3.9 TČ vzduch/voda [6].....	26
Obr. 3.10 Systém ohřevu otopné a užitkové vody pomocí solárních panelů a kondenzačního kotle s akumulací nádrží [2]	27
Obr. 3.11 Konstrukce komína se vzduchovými kanálky [11]	36
Obr. 4.1 Tepelné ztráty vytápěné budovy [9]	38
Obr. 5.1 Hrubá výroba tepla v domácnostech ČR podle paliv a technologií pro rok 2007 [14] ..	43
Obr. 6.1 Půdorys RD1.NP	44
Obr. 6.2 Půdorys RD2.NP	44
Obr. 6.3 Realizace otopné soustavy RD v 1.NP	50
Obr. 6.4 Realizace otopné soustavy RD v 2.NP	50
Obr. 6.5 Kondenzační plynový kotel Dakon KZ 15 B	51
Obr. 6.6 TČ Master Therm AQM 26Z [18]	54
Obr. 6.7 Topný výkon a topný faktor TČ Master Therm pro různé výstupní teploty z výparníku [18].....	55
Obr. 6.8 Kotel WOODY 16 [19].....	59
Obr. 6.9 Zapojení kotelny s kotlem WOODY 16, kombinovaným bojlerem a dynamickou regulací ADEX comfort 06[19]	59
Obr. 6.10 Elektokotel DELINE PTE 14 [15]	61
Obr. 6.11 Graf návratnosti investic bez státní dotace.....	64
Obr. 6.12 Graf návratnosti investic se státní dotací	65

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Hospodárnost vytápění z hlediska velikosti RD [1]	16
Tab. 2.2 Doporučená modernizace otopné soustavy dle stáří RD [1]	17
Tab. 3.1 Účinnost kotlů na různé druhy paliv [1]	19
Tab. 3.2 Rozdělení plynových spotřebičů do skupin [1]	21
Tab. 3.3 Výhřevnost paliv [1]	29
Tab. 3.4 Tepelná vodivost trubek a jejich způsob spojování [1] [9]	31
Tab. 3.5 Tepelná vodivost materiálů pro otopná tělesa [1]	32
Tab. 3.6 Rozdělení komínových systémů [11]	36
Tab. 4.1 Energetická náročnost budov [11]	37
Tab. 4.2 Spotřeba tepla u různých RD [11]	37
Tab. 5.1 Přehled počtu odběratelů provozujících TČ na území ČR [14]	41
Tab. 5.2 Trh s TČ ve vybraných zemích v letech 1997-2004 (vyjma vzduch-vzduch) [14]	41
Tab. 5.3 Celková instalovaná plocha činných systémů na území ČR [14]	42
Tab. 5.4 Celková instalovaná plocha činných systémů v domácnostech ČR [14]	42
Tab. 5.5 Mezinárodní srovnání instalované plochy činných systémů [14]	42
Tab. 6.1 Ochlazované konstrukce objektu	45
Tab. 6.2 Tepelné ztráty místností, tepelné výkony podlahových okruhů a otopných těles pro 1.NP	48
Tab. 6.3 Navržené parametry podlahových okruhů a otopných těles pro 1.NP	48
Tab. 6.4 Tepelné ztráty místností, tepelné výkony podlahových okruhů a otopných těles pro 2.NP	49
Tab. 6.5 Navržené parametry podlahových okruhů a otopných těles pro 2.NP	49
Tab. 6.6 Pořizovací náklady plynového kondenzačního kotle	52
Tab. 6.7 Výkonové údaje TČ	54
Tab. 6.8 Pořizovací náklady TČ	55
Tab. 6.9 Pořizovací náklady kotle na pelety	59
Tab. 6.10 Pořizovací náklady elektrokotle s akumulací	62
Tab. 6.11 Pořizovací a provozní náklady jednotlivých zdrojů tepla bez státní dotace	63
Tab. 6.12 Pořizovací a provozní náklady jednotlivých zdrojů tepla se státní dotací	65

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

A_i – plocha ochlazované konstrukce

B_i – činitel teplotní redukce

c – měrná tepelná kapacita vody

ČSN 73 0540 – norma uvádějící velikost součinitele prostupu tepla

ČSN EN 12975–2 – norma pro tepelné solární soustavy a součásti

d – počet dnů vytápění v topné sezóně

D – počet denostupňů

D220 – označení tvrdosti mědi

e_d – součinitel celkových přestávek vytápění

e_i – součinitel respektující tepelné ztráty infiltrací a prostupem

e_t – součinitel respektující přerušení vytápění v noci

F22 – označení tvrdosti mědi

H_{Ti} – měrná ztráta prostupem tepla

m_V – hmotnost pelet spotřebovaných na vytápění

m_{TUV} – hmotnost pelet spotřebovaných na ohřev TUV

N – obvyklý počet dnů příprav TUV za rok

NT – nízký tarif

NTP – nízkopotenciální teplo

OT – otopné těleso

Q_C – tepelná ztráta objektu

$Q_{TUV,d}$ – denní potřeba tepla na ohřev TUV

$Q_{TUV,r}$ – roční potřeba tepla na ohřev TUV

$Q_{TUV,r,TČ}$ – roční pokrytí potřeby tepla na ohřev TUV pomocí TČ

$Q_{VYT,r}$ – roční potřeba tepla pro vytápění

$Q_{TUV,r,BOJ}$ – roční pokrytí potřeby tepla na ohřev TUV pomocí bojleru

$Q_{VYT,d}$ – denní potřeba tepla pro vytápění

$Q_{TUV,r,CEL}$ – celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV

RAL – barevné označení výrobků

RD – rodinný dům

SEN – stupeň energetické náročnosti

- t_e – venkovní výpočtová teplota
- t_{es} – střední venkovní teplota za topnou sezónu
- t_{is} – střední vnitřní teplota za topnou sezónu
- t_{svl} – teplota studené vody v létě
- $t_{TČ}$ – výstupní teplota z výparníku TČ
- t_{svz} – teplota studené vody v zimě
- t_{TUV} – požadovaná teplota TUV
- t_1 – teplota studené vody
- t_2 – teplota ohřívané vody
- $TČ$ – tepelné čerpadlo
- TUV – teplá užitková voda
- U – součinitel prostupu tepla
- V_{2p} – celková potřeba teplé vody za jeden den
- VT – vysoký tarif
- W_V – spotřeba elektrické energie na vytápění
- W_{TUV} – spotřeba elektrické energie na ohřev TUV
- W_{SPOT} – spotřeba elektrické energie v domácnosti
- z – koeficient ztrát systému pro přípravu teplé vody
- ε – opravný součinitel
- η_r – účinnost rozvodu vytápění
- η_o – účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy
- λ – součiniteli tepelné vodivosti
- ρ – měrná hmotnost vody

1 ÚVOD

Jak už název napovídá, tato bakalářská práce se zabývá problematikou vytápění rodinného domu. Toto téma je nepřehlédnutelné hlavně v zimním období, kdy je topná sezóna v plném proudu. S topením v dnešní době úzce souvisí dva důležité pojmy ekonomika a ekologie. Tyto dva pojmy provázejí celou problematiku.

Vytápění má zajistit tepelnou pohodu člověka, což znamená vytvořit v místnostech takový tepelný stav prostředí, ve kterém se člověk cítí příjemně (není mu ani teplo, ani zima). Proto je třeba mít správně navrženou a instalovanou otopnou soustavu. Pro hospodárnost je taktéž třeba správný návrh otopné soustavy, dobrá regulace a použití kvalitních materiálů. Při spotřebě tepla mají velkou roli tepelně-technické vlastnosti stavebních konstrukcí a výplní otvorů. Proto se snažíme spotřebu snížit i izolací budovy.

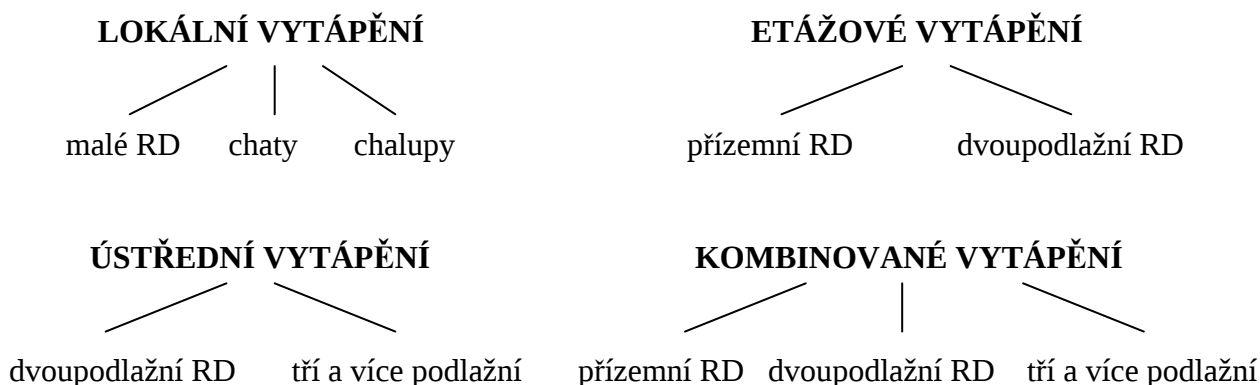
Dnešní doba nabízí různé moderní způsoby vytápění s nejrůznějším komfortem. Komfort je do jisté míry ovlivněn použitým zdrojem tepla a palivem. I když v dnešní době je i klasické topení v kamnech na uhlí možno celkem komfortně topit. V posledních letech se začínají čím dál častěji instalovat alternativní zdroje tepelné energie. Tyto zdroje jsou šetrné k přírodě, ale jejich využití je prozatím velmi malé. O jejich výhodách a nevýhodách se dočteme v dalších částech této bakalářské práce.

2 PROBLEMATIKA VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

Při návrhu rodinného domu je jedním z důležitých rozhodnutí zvolit způsob vytápění. Možností je hodně a kombinaci ještě více. Při rozhodování je důležité uvědomit si několik hledisek a z nich vybrat to které je vhodné a nám nejvíce vyhovující.

2.1 Volba otopné soustavy

Protože současný trh nabízí nejrůznější otopné soustavy, je třeba si upřesnit, jaká soustava je vhodná do určitého typu domu. Vliv na volbu otopné soustavy mají velikost domu, stáří domu a nutnost nebo možnost jeho rekonstrukce, druh paliva, klimatické umístění domu, světová orientace domu a nadmořská výška. Možné způsoby vytápění RD můžeme rozdělit do čtyř skupin, které se zobrazuje obrázek 2.1.



Obr. 2.1 Možné způsoby vytápění RD [1]

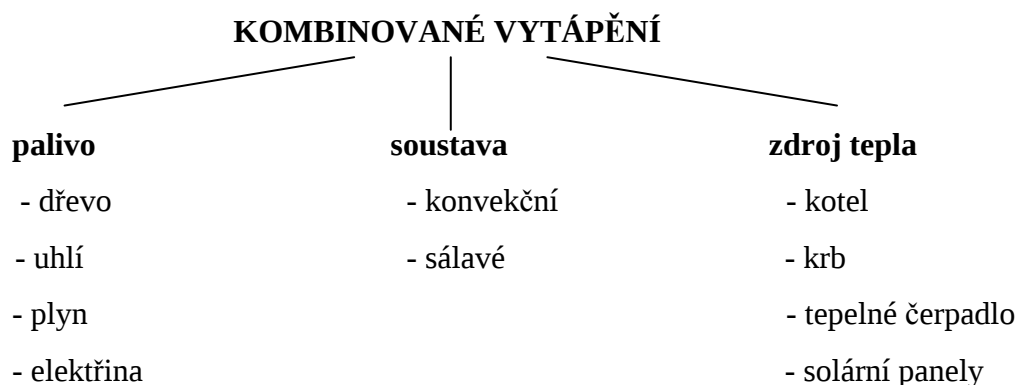
Obrázek 2.1 znázorňuje možnosti vytápění podle velikosti domu. Kombinované vytápění můžeme dále rozčlenit podle obrázku 2.2.

Lokální vytápění - je nejjednodušší a v některých případech i nejvhodnější způsob vytápění jedné až dvou místností. Zdrojem tepla je topidlo, které je současně i topným tělesem, jež předává teplo do místnosti. Uplatňuje se zejména v objektech s občasným užíváním (např. rekreační chaty, chalupy, dílny a malé RD). U tohoto typu odpadá řešení problému se zamrznutím vody v otopném systému. Řešit tímto způsobem větší objekty se nevyplatí vzhledem k vyšším provozním nákladům. Hlavní výhodou lokálního topení je tedy nízká pořizovací cena. Lokální topidla se vyrábí na všechny druhy paliv – dřevo, uhlí, zemní plyn, plopan-butan, elektrická energie. Pro lokální vytápění můžeme použít jako zdroj tepla kamna, krb nebo mobilní topidla na kolečkách na již zmíněné druhy paliva.

Etážové vytápění - někdy se nazývá také bytové, protože jde o vytápění místností pouze v jednom podlaží. Používá se pro vytápění jednotlivých bytů nebo přízemních RD, může být i v patrovém, kde každé podlaží má své nezávislé topení. Jinak pro tento systém platí stejná charakteristika jako pro ústřední topení.

Ústřední vytápění – se používá pro vytápění RD nebo bytů o více podlaží. V současné době je asi nejvíce využíváno pro větší RD, rekreačních zařízení, atd., protože je to vzhledem ke své ceně a pohodlí nejvýhodnější. Také provozní náklady lze snížit dobrou regulací vytápěcích systémů na minimum.

Kombinované vytápění – kombinuje různé zdroje tepla na různá paliva a soustavy. Jako kombinované vytápění se v dnešní době nejčastěji využívá ekologický zdroj tepla doplněný dalším zdrojem tepla, který využíváme v době, kdy ekologický zdroj tepla nedostačuje.



Obr. 2.2 Možné kombinace vytápění RD [1]

Konvekční vytápění – teplo se šíří do vytápěné místnosti prouděním. Od otopného tělesa (radiátoru) se ohřívá vzduch a následně stěny, podlaha, strop a předměty v místnosti. Po roce 2000 se začalo do podlahy instalovat otopná tělesa (OT) nazývaná fan-coily nebo podlahové konvektory.

Sálavé vytápění - teplo se předává od velké plochy (podlaha, stěna, strop) vzduchu v místnosti sáláním. Sálavé soustavy se rozdělují na teplovodní a elektrické. V podlaze jsou zabetonovány buď trubky s teplou vodou, nebo elektrické topné kabely. Mezi oběma způsoby dodávky tepla do místnosti je zásadní rozdíl ve zdroji tepla. Teplovodní podlahové sálavé vytápění má mnoho stejných znaků jako vytápění teplovodními konvekčními soustavami.

Jak vidíme na *obrázku 2.2*, kombinace jsou různé, tyto kombinace můžeme rozšířit ještě o vytápění podle druhu místnosti. U nás nejčastěji používaný zdroj tepla je nástěnný plynový kotel s měděnými rozvodnými trubkami a často v koupelně a v kuchyni podlahově vytápěn, v ostatních místnostech bývají článková a desková OT. Záleží však vždy na majiteli domu, co si přeje.

Ať zvolíme jakoukoliv otopnou soustavu, měli bychom mít na paměti, že pro vytápění je rozhodující vytvoření tepelné pohody v obytných místnostech. Šetřit energií je správné, ale nesmí se překročit určitá mez, která by znamenala, že by obyvatelům domu mohlo být chladno [1].

2.1.1 Velikost domu

Pro vytápění rodinného domu (dále jen RD) je důležitá jeho velikost. Velmi rozdílné je vytápění malého přízemního RD pro 2-3 osoby nebo patrového RD pro dvě generace. Z hlediska tepelných ztrát je výhodnější vytápět větší RD, ve kterém bydlí více lidí, než malý RD. Náklady na vytápění vyjdou obvykle příznivěji.

Dříve se stavěly přízemní RD podsklepené a patrové dvougenerační nebo třígenerační. V současnosti jsou stavby ovlivněny různými trendy a moderním vzhledem, ale nejčastější výstavbu tvoří přízemní RD s obytným podkrovím a dvougenerační RD [1].

Velikost RD	Poměrná spotřeba tepelné energie [%]
Přízemní samostatný	100
Přízemní řadový	90
Patrový řadový dvougenerační	85
Patrový řadový třígenerační	80

Tab. 2.1 Hospodárnost vytápění z hlediska velikosti RD [1]

Tabulka 2.1 představuje poměrnou spotřebu tepelné energie v RD za předpokladu, že domy mají stejnou kvalitu zateplení a stejné izolační vlastnosti. Poměrná spotřeba naznačuje, že nejhospodárnější je patrový řadový třígenerační dům [1].

2.1.2 Vliv stáří na vytápěný dům

Při stavbě nového RD je budování moderní a hospodárné otopné soustavy samozřejmostí. U staršího domu, ve kterém chceme provádět rekonstrukci otopné soustavy, musíme brát ohledy na stávající části soustavy. Musíme brát v potaz, jakou otopnou soustavu používáme nyní a jestli se nám výměna za novou soustavu vyplatí nebo popřípadě stačí stávající soustavu částečně rekonstruovat. Pro starší domy je vhodné vyměnit starý kotel za nový s větší účinností a doplnit jej o regulaci. V domech, které mají otopnou soustavu starší 30 let, bývá vhodným řešením celou otopnou soustavu modernizovat.

U starších domů je další faktor působící na spotřebu energie a to slabá izolace, která je nedostačující. Kdybychom provedli jenom modernizaci otopné soustavy, zvýšili bychom jen hospodárnost provozu vytápění, ale tepelné ztráty bychom nesnížili. Proto je třeba celý dům současně s modernizací otopné soustavy lépe zaizolovat [1].

Stáří RD	Vhodná modernizace otopné soustavy
do 10 let	moderní nízkonákladová soustava s podlahovým vytápěním
10-20 let	doplnění o regulaci a teplotní čidla
20-30 let	výměna nevhodných částí
nad 30 let	modernizace celé soustavy

Tab. 2.2 Doporučená modernizace otopné soustavy dle stáří RD [1]

V tabulce 2.2 jsou uvedeny doporučené modernizace otopné soustavy RD, které bychom měli realizovat, pokud chceme zvýšit hospodárnost provozu. Stáří RD v tabulce 2.2 odpovídá i stáří otopné soustavy [1].

2.1.3 Místní podmínky umístěného domu

Pod pojmem místní podmínky si představme možnosti vytápění, které jsou dostupné v naší lokalitě, kde dům stojí nebo bude stát. Je velmi nepravděpodobné, že bychom v horské obci, kde není plynovod, chtěli mít plynový kotel (je to možné, ale nepravděpodobné). Další nereálným zdrojem je sluneční energie, kde dům je mezi kopci a slunce na něj svítí jen par hodin denně. V takovém případě se slunce jak zdroj energie pro ohřev vody nehodí a je nevhodný. Omezení mohou být různá, a proto se musíme přizpůsobit místním podmínkám.

Před výstavbou nového RD si nejprve zjistíme, jakou otopnou soustavu nemůžeme použít a pak si volíme mezi zbývajících možnostmi. Při rekonstrukci RD a otopných soustav je třeba pečlivě zvážit, jak dlouho a k jakým účelům bude dům sloužit a podle toho navrhnout otopnou soustavu. Rozhodujícím kritériem je většinou hospodárnost celé otopné soustavy, což zahrnuje pořizovací a provozní náklady [1].

2.1.4 Náklady na vytápění

Náklady na vytápění zahrnují pořizovací a provozní náklady. Pořizovací náklady zaplatíme jednorázově za instalaci a části otopné soustavy. Provozní náklady zahrnují cenu za palivo s tím i někdy spojenou dopravu a následně i údržbu otopné soustavy. Tyto náklady můžeme před realizací instalace relativně přesně odhadnout. Cena částí soustavy se může měnit podle možnosti nákupu (přes internet, využití slev, dotace, atd.). Náklady na provoz jsou dlouhodobé investice, pokud pro zdroj tepla používáme paliva (plyn, uhlí, elektřinu, atd.). U paliva se cena nedá dlouhodobě předvídat a každou chvíli se mění.

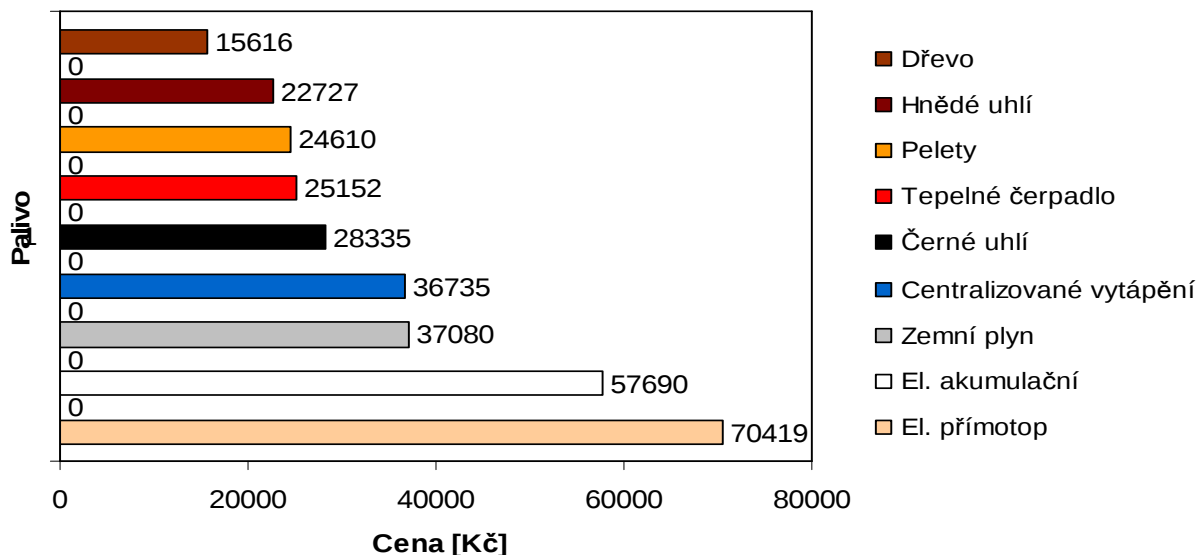
Oba druhy nákladů jde ovlivnit a záleží jen na nás, do kterých nákladů budeme investovat převážnou většinu peněz [1].

2.1.4.1 Pořizovací náklady

Tyto náklady jsou součástí rozpočtu stavby. Zahrnují jednotlivé části otopné soustavy a v případě dodatečného zateplení i náklady na zateplení. Pořizovací náklady se liší stavba od stavby, kde záleží na druhu a kvalitě, počtu a velikosti jednotlivých částí otopné soustavy.

2.1.4.2 Provozní náklady

Jejich cena se udává v korunách za rok. Hlavní část těchto nákladů tvoří palivo. Další náklady tvoří údržba a případné opravy otopné soustavy. Obrázek 2.4 ukazuje přibližné roční náklady podle druhu používaného paliva.



Obr. 2.3 Roční náklady na vytápění [2]

Ceny za palivo na obrázku 2.3 jsou uvažovány pro RD, který má spotřebu tepla 90 GJ = 25 MWh za rok. Cena u všech paliv má určité rozmezí, které je dáno různými okolnostmi nákupu a druhu paliva, účinností kotle atd. Ceny se neustále mění a vyvíjejí z různých důvodů. Palivové dříví má cenu stanovenou dle druhu a rozměru dříví. Cena plynu zase závisí na kurzu amerického dolaru a vývoji světové ekonomiky [1].

2.2 Tepelná pohoda

Pojem tepelná pohoda vyjadřuje takový stav prostředí z hlediska tepla, který je pro člověka příjemný. Při tepelné pohodě může člověk podávat dobrý pracovní výkon nebo dobře relaxovat. V různou denní dobu je vhodná různá teplota v místnostech. Doporučenou teplotu v jednotlivých místnostech udává norma ČSN 06 0210 (viz tabulka 2.4). Teploty z tabulky 2.4 jsou doporučené, ale každý si je přizpůsobí svým požadavkům. Z ekonomického hlediska zvýšení teploty o 1 °C se zvýší spotřeba paliva a tím i náklady na vytápění až o 5-6 %. Pro tepelnou pohodu nestačí jen správná teplota vzduchu v místnosti, ale také relativní vlhkost vzduchu. Vlhkost musí odpovídat teplotě vzduchu v místnosti. V zimním období by měla být vlhkost nižší 20-40 % a v letním období 40-60 %. Pro tepelnou pohodu je třeba také zajistit přísun čerstvého vzduchu v potřebném množství [9].

Místnost	Teplota vzduchu [°C]	Relativní vlhkost vzduchu [%]
neobývané (chodba, předsín)	15	40
ložnice	18	50
obývané (pokoje, kuchyň)	20 - 22	60
koupelna	24	90

Obr. 2.4 Doporučená teplota a relativní vlhkost vzduchu ve vytápěných místnostech [9]

3 ČÁSTI OTOPNÉ SOUSTAVY

Tato kapitola se zabývá jednotlivými částmi otopné soustavy, které jsou nezbytné pro funkci celé otopné soustavy. V první řadě se seznámíme s běžnými a méně běžnými zdroji tepla, které jsou charakterizovány. Navazující kapitola se zabývá palivy, která se používají pro jednotlivé zdroje tepla. Další kapitoly pojednávají o armaturách a jejich spojování, o otopných tělesech a jejich možnosti regulace, komínech a odvodu spalín a oběhových čerpadlech pro nucený oběh otopné vody.

3.1 Zdroje tepla

Teplu pro vytápění můžeme získat různými zdroji tepla. Pro vhodnou volbu zdroje tepla je potřeba znát místní podmínky, dostupnost paliva a velikost RD. V ČR je nejpoužívanějším zdrojem tepla kotel na zemní plyn a na dřevo. Jako ekologické zdroje se nejčastěji využívají solární kolektory, tepelná čerpadla a také kotle na biomasu. Výkon zdroje tepla má odpovídat celkovým tepelným ztrátám RD.

3.1.1 Kotle

Z různých nabídek si můžeme vybrat celou řadu kotlů v různých tvarech, barevných provedení a funkcí. Při výběru kotle by mělo být důležitým kritériem, určujícím kvalitu i cenu, jeho účinnost. Ta se pohybuje v závislosti na stáří kotle, druhu paliva, způsobu spalování atd. od 60 do 99 %.

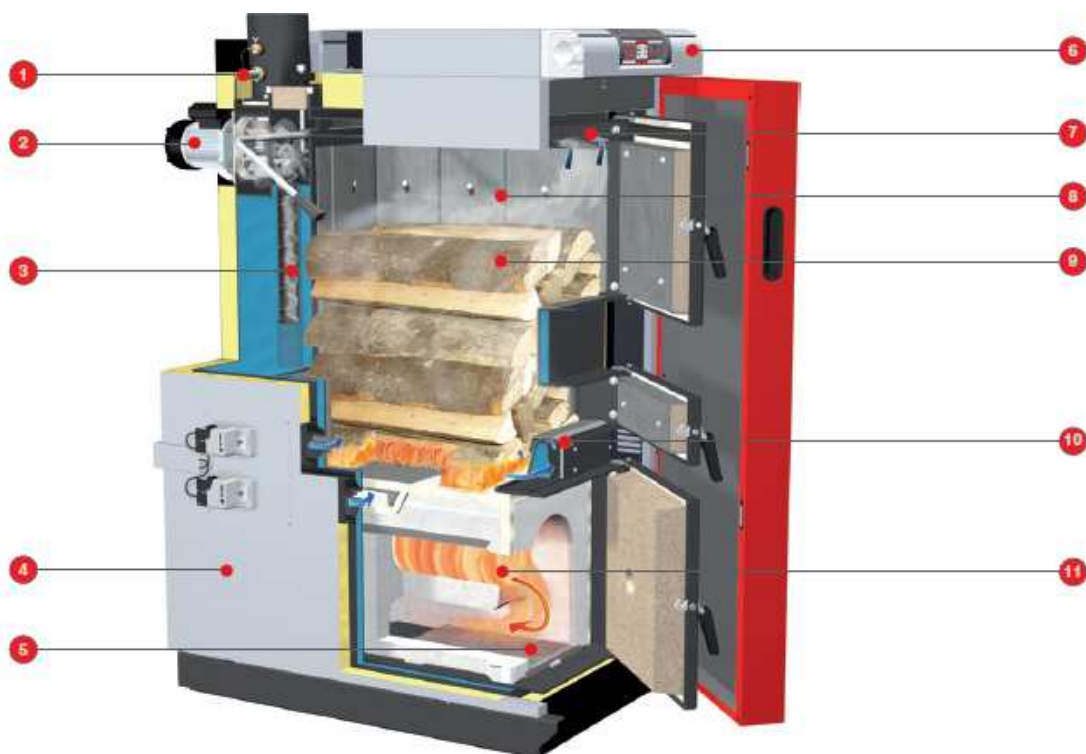
Použité palivo	Účinnost [%]
Elektřina	98-99
Plyn	80-94
Pelety	85-90
Štípané dřevo	75-90
Koks	75-80
Černé uhlí	70-80
Hnědé uhlí	70-75

Tab. 3.1 Účinnost kotlů na různé druhy paliv [1]

U moderních kotlů se používá tzv. modulace. Jde o regulaci kotle v určitém rozsahu výkonu. Dnes se vyrábí kotle s regulací v rozmezí 10 – 100 % [1].

3.1.2 Kotle na tuhá paliva

Tuhá paliva rozumíme (dřevo, černé uhlí, hnědé uhlí, pelety, brikety). Kotlů na uhlí se vyrábí více než na dřevo. Ekologicky a hospodárně se však nemůžou vyrovnat kotlům na dřevo.



Obr. 3.1 Popis částí moderního kotle na dřevo [3]

1. Lambdasonda pro optimální spalování; 2. Sací ventilátor s regulací otáček; 3. Technologie WOS; 4. Kvalitní tepelná izolace; 5. Velké otvory pro pohodlné čištění; 6. Modulární řídicí systém; 7. Odsávání spalín okolo dvířek; 8. Výstelka pro efektivní spalování bez dehtu; 9. Přikládací prostor pro velká polena; 10. Automatické zatápění se speciálním vedením vzduchu pro rychlý ohřev vzduchu; 11. Spalovací komora

Na obrázku 3.1 je zobrazen kotel, který má vysoce kvalitní technologii řízení provozu WOS (systém optimalizace účinnosti) díky které dosahuje účinnosti až 90 %. Integrovaný systém WOS tvoří speciální virbulátory (čisticí spirály) v potrubí výměníku tepla. Pákový mechanismus pak umožňuje pohodlné čištění topných ploch zvenku. I to má podíl na vysoké efektivitě kotlů, čisté topné plochy totiž snižují spotřebu paliva. Další princip pro zvýšení hospodárnosti je princip zplynovatění dřevní hmoty při procesu hoření. Prodloužená dohořívající zóna pak přispívá k dalšímu omezení tvorby emisí. Robustní konstrukce a spalovací komora ze speciální keramiky na bázi karbidu křemíku zaručují vysokou životnost kotle. Speciální technologie odsávání spalín se i při přikládání stará o to, aby se do okolí kotle nedostal žádný kouř. Sací ventilátor, díky kterému lze kotel bez problémů spustit i se studeným komínem a regulace otáček sacího ventilátoru navíc optimalizuje proces spalování a přizpůsobuje výkon požadavkům uživatele. Mezi nadstandardní vybavení pak patří automatického zapalování nebo automatické řízení provozu. Kotle, které dosahující vyšší účinnosti a využívající nové technologie jsou složitější a mají proti běžným kotlům vyšší cenu. Kotel na dřevo může být doplněn elektrickým topným tělesem, které může v případě potřeby ohřívat vodu místo dřeva [3].

U kotlů na uhlí došlo taktéž ke značné modernizaci a zvýšení účinnosti spalování. Pro spalování uhlí je vhodnou technologií nízkoteplotní karbonizace, při které dochází k zahřívání uhlí bez přístupu vzduchu při nízké teplotě (400-600 °C). Kotle na uhlí jsou však v porovnání s kotli na dřevo méně hospodárné. Cena uhlí je dražší než cena dřeva. Další nevýhodou je, že tyto

kotle produkují daleko více emisí. Tato skutečnost je v dnešní době nepříznivá a proto se vedle zvýšení účinnosti snažíme snížit emisní hodnoty [1].

V posledních letech se rozšířily kotle na pelety. Hlavní nevýhodou je cena kotle i pelet, která je vyšší, než je tomu u dřeva nebo uhlí, ale z ekologického hlediska patří k šetrným zdrojům tepla.

Podle přání zákazníka, je zabudován hořák na pelety, který si plně automaticky, pomocí šnekového dopravníku odebírá pelety ze zásobníku. Zásobník paliva bývá umístěn vedle kotle, nebo ve vedlejší místnosti. Standardní velikosti zásobníku jsou 250, 500 nebo 1000 litrů. Často bývá i jako zásobník použita část kotelny, která vydrží celou topnou sezónu. Samostatný provoz hořáku na pelety je zcela automatický. Pokud hořák dostane pokyn ke startu, nasype dopravník pelety do hubice hořáku a sám je zapálí topným tělískem (spirálou). Po dostatečném rozhoření pelet, najede hořák na nastavený výkon, ve kterém setrvá až do doby, kdy je RD vytopen. Poté se hořák vypne a pelety v komůrce hořáku dohoří nebo se spalování zcela utlumí. Hořák je tak připraven k dalšímu startu. Cyklus se v případě potřeby opakuje. Výkon kotle a další funkce hořáku jsou řízeny elektronickou regulací, která přizpůsobuje chod kotle konkrétním podmínkám celého systému [4].

Kotle na tuhá paliva v dnešní době umožňují spalování více druhů tuhých paliv. Vhodnou kombinací je kotel, který umí spalovat dřevo, uhlí i pelety. Tato univerzálnost pak zaručuje nezávislost na jednom druhu tuhého paliva.

3.1.3 Plynové kotle

Kotel na plyn je dalším velmi používaným zdrojem tepla. Z ekologického hlediska jde o celkem šetrný zdroj tepla. Plynové spotřebiče dělíme obecně do několika skupin A, B, C. Rozdělení je podle přívodu spalovacího vzduchu a odvodu spalin (viz *tabulka 3.2*). Plynové kotle patří do skupiny spotřebičů typu B nebo C. Kotle typu B se nazývají spotřebiče otevřené nebo také s otevřenou spalovací komorou. Kotle typu C mají spalovací komoru uzavřenou [1].

Typ spotřebiče	Přívod spalovacího vzduchu	Odvod spalin
A	z místnosti	do místnosti
B	z místnosti	ven
C	z venku	ven

Tab. 3.2 Rozdělení plynových spotřebičů do skupin [1]

V rámci bezpečnosti musí být pro kotle typu B splněny následující podmínky:

- v místnosti, kde je kotel, musí být dostatek vzduchu pro dokonalé spalování plynu;
- objem místnosti musí odpovídat výkonu kotle, kotel o příkonu 10 kW může být použit v místnosti o nejmenším objemu 10 m³;
- množství přiváděného vzduchu pro dokonalé spalování plynu musí rovněž odpovídat příkonu kotle, ke kotli o příkonu 10 kW musí být každou hodinu přivedeno nejméně 16 m³ vzduchu;
- místnosti s kotlem musí být zajištěn přísun vzduchu z venkovního prostoru otvorem nejméně 10 × 20 cm;

Obchodní síť nabízí širokou nabídku plynových kotlů. Plynové kotle se vyznačují celkem vysokou účinností 80-94 %. V katalogích můžeme objevit plynové kotle, které mají účinnost vyšší jak 110 %. To ale není technicky možné, protože kotel je stroj a účinnost nemůže mít vyšší jak 100 %, protože by to bylo perpetuum-mobile. Jedná se o normovaný stupeň využití. Tyto kotle se nazývají kondenzační a jejich účinnost je 92-94 % [1].

Kotle kondenzační odebírají teplo spalínám, které odcházejí komínem ven. Díky této technologii jsou kondenzační kotle účinnější než konvekční kotle. Nejdokonalejší kondenzační kotle využijí téměř všechno teplo spalin, a tak jejich teplota klesne až na 40 °C. Díky nízké výstupní teplotě spalin může být u kondenzačních kotlů použita pro komín plastová trubka. Spaliny obsahují vlhkost, která se po spálení vysráží v nejnižší části komínu. Umístění kotlů je vyhrazeno normou. Tato norma vyhrazuje bezpečná místa pro umístění plynových kotlů, aby nedošlo k případné otravě plynem nebo výbuchu. Pro hospodárny provoz je důležité, aby kotel byl dobře seřízen a vyčištěn [1].

3.1.4 Kotle na kapalná paliva

V místech, kde není dostupný zemní plyn, můžeme kromě zkapalněných plynů zvolit vytápění lehkým topným olejem. Kotle na toto palivo mají podobnou konstrukci jako kotle plynové, liší se od nich především typem hořáku. Nejmodernější kotle dosahují účinnosti spalování kolem 95 %. Obsluha olejového topení je jednoduchá, kotle mají dlouhou životnost a jejich výkon se dá dobře regulovat. Pro uskladnění paliva se používají plastové nádrže mimo objekt nebo přímo v kotelně. Z ekologického hlediska je spalování lehkých topných olejů zdrojem skleníkových plynů. V Německu a Rakousku je topení lehkými topnými oleji poměrně rozšířené, některé (reklamní) zdroje uvádějí až 40% domácností. Cena systému na vytápění oleji se pohybuje někde mezi 80-180 tisíci korun [10].

3.1.5 Elektrické kotle

Zdroj tepla získávaný z elektrické energie má řadu výhod, ale jednu velkou nevýhodu. Elektrické kotle jsou konstruovány jako plně automatické zdroje tepla pro ústřední teplovodní vytápění. Mohou sloužit jako náhrada původních zdrojů, např. kotlů na tuhá paliva. Jejich použití je výhodné všude tam, kde je nutné použít způsob vytápění bez produkce emisí. Místní podmínky zaručují dostupnost téměř po celé České republice. Elektrokotle nespalují žádné palivo, a proto neprodukují žádné emise. Elektrokotle nepotřebují komín pro odvod spalin ani přívod vzduchu pro spalování. Nevýhoda spočívá v provozních nákladech, kde cena za elektrickou energii je vysoká. Možnou nevýhodou může být i možnost výpadku dodávky elektrické energie. Elektrokotle rozdělujeme na dva typy a to na přímotopné a akumulární.

Přímotopné elektrokotle – tento systém ohřívá vodu podobně jako je tomu u kotle na tuhá paliva nebo na plyn s tím rozdílem, že elektrokotle nespalují žádná paliva. K ohřívání vody dochází díky topné spirále, která předává teplo vodě, která koluje otopnou soustavou. Regulace provozu u přímotopného vytápění elektrokotlem má rychlou odezvu na okamžitou potřebu vytápění.

Elektro-akumulační kotle – mívají obvykle objem akumulárních nádrží 500-2200 litrů. Akumulační nádrž o objemu 500 litrů jsou vhodné spíše pro vytápění menších RD. Pro větší

objekty např. obchodních a průmyslových provozů, různých komunálních objektů apod. jsou vhodné akumulční nádrže o objemu 2200 litrů. Díky plně automatickému provozu s minimálními nároky na údržbu je jejich použití zvláště vhodné všude tam, kde se nepočítá se samostatnou obsluhou topného systému, je nutný pouze občasný dohled [1].

Jejich výhodou je oproti přímotopným kotlům nižší provozní náklady. Toho je dosaženo tím, že voda v akumulční nádobě je ohřívána v době, kdy je cena elektrické energie za nižší tarif. Akumulační nádoby jsou tepelně izolovány, aby byly tepelné ztráty co nejmenší.

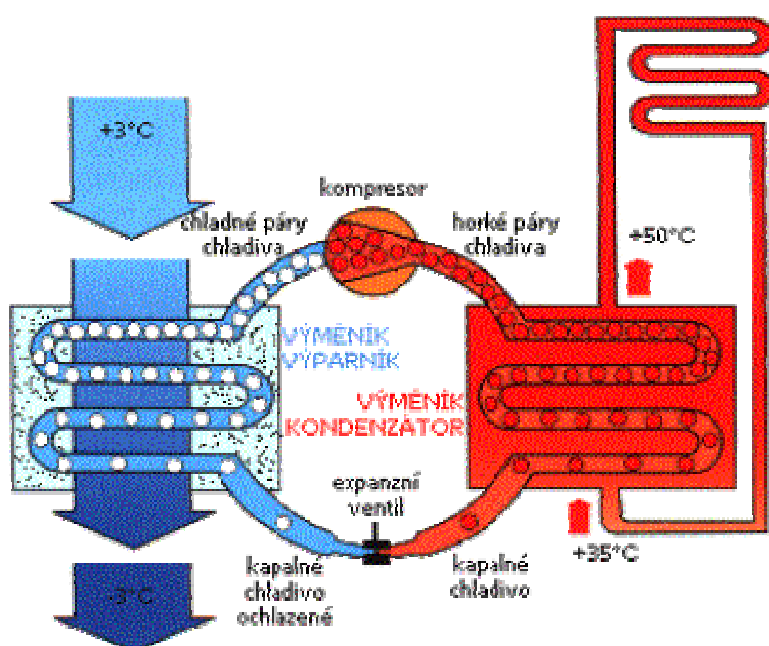
3.1.6 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla (TČ) jsou stroje, které odebírají teplo vzduchu, vodě nebo půdě pomocí teplonosné látky [1]. K jejich provozu je potřeba elektrické energie (vnější energie), která přetransformuje teplo o nízkém potenciálu (NPT) na teplo o vyšším potenciálu, které se přes výměník předá otopné vodě.

TČ obsahuje kompresor, který je důležitým a nejdražším prvkem. Obvykle je hermeticky uzavřen v ocelové nádobě, takže ho v TČ ani nevidíme.

Kompresorové TČ – využívá skutečnosti, že teplota kondenzace (resp. varu) různých látek závisí na tlaku. Jako chladivo se dříve používal čpavek, ale kvůli jedovatosti se přestal používat. Čpavek kondenzuje při atmosférickém tlaku (0,1 MPa) již při $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale pokud ho stlačíme na tlak 2 MPa, začne kondenzovat až při $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. V současnosti se nejvíce používají jako chladivo freony. Freony mají vhodné fyzikální vlastnosti, nehořlavost a nejedovatost, ale poškozují ozónovou vrstvu Země.

Chladivo koluje v potrubí a odebírá nízkopotenciální energii z okolí. Ve výparníku chladivo kondenzuje za nízké teploty, neboť je zde nízký tlak. Tím, že se změní z kapaliny na páru, spotřebuje teplo. Toto teplo je právě tím, které odebereme chlazené látce. Poté je chladivo ve formě plynu stlačeno kompresorem na vyšší tlak. Tímto způsobem kompresor dodá chladivu další energii, tentokrát nikoli formou tepla, ale práce. energii pro tuto práci dodá motor, nejčastěji elektrický. Spotřebovanou energii kompresorem musíme tedy zaplatit. Stlačené chladivo následně přejde do kondenzátoru, kde zkondenzuje (ochladí se), ale má stále vysoký tlak. Tím, že páry zkondenzují, vznikne teplo, které odvádí ohřívání kapalina (voda v otopné soustavě). Teplo je tedy energie, kterou z TČ získáme. Ve škrťicím ventilu se pak sníží tlak chladiva na výchozí hodnotu a cyklus se opakuje [6].



Obr. 3.2 Princip TČ [7]

Typy kompresorů:

TČ s pístovými kompresory – jsou levnější, mají horší topný faktor a jsou hlučnější. Životnost pístového kompresoru je kolem 15 let [6].

TČ se spirálovými kompresory (SCROLL) - jsou dražší, dosahují však dobrých topných faktorů. V současnosti jsou nejpoužívanější. Životnost se udává 80-100 tis. provozních hodin, což znamená životnost kolem 20 let.



Obr. 3.3 Princip funkce kompresoru SCROLL [6]

Obrázek 3.3 znázorňuje jak kompresor SCROLL pracuje. Šedá spirála představuje pevnou spirálu a černá spirála zase pohyblivou spirálu. Prostor pod spirálami je vyplněn plynem. Pohyblivá spirála se excentricky pohybuje v pevné spirále a tím je vytvořena „kapsa“, která se pohybuje od obvodu (kde je plyn nasán – obr. a) směrem ke středu a neustále se zmenšuje. Ve středu je výfukový otvor, kudy stlačený plyn vystupuje – obr. d). Ve skutečnosti je v každém okamžiku šest „kapes“, takže proces sání a výfuku chladiva je téměř plynulý [6].

TČ s rotačními kompresory – používají se zřídka, využívají se spíše v klimatizačních jednotkách. Hodí se pro malé výkony. Nedosahují vysokých topných faktorů [6].

TČ se šroubovými kompresory – používají se v průmyslových a speciálních aplikacích. Dosahují vysokých výkonů. Cena kompresoru je vysoká [6].

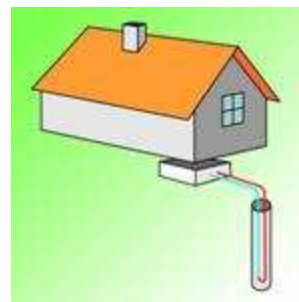
Další typy TČ

U těchto TČ oběh chladiva nezajišťuje kompresor, ale chladivo je v okruhu nesené jinou látkou, která ho vstřebává a uvolňuje za přestupu tepla. Tyto TČ je nazývají absorpční. Jsou velmi tiché a spolehlivé, ale v současnosti se téměř nepoužívají, protože mají horší efektivitu. Další možností hybridní TČ, které kombinuje kompresorový a absorpční oběh [6].

Zdroje tepla pro tepelná čerpadla:

Teplo z podloží

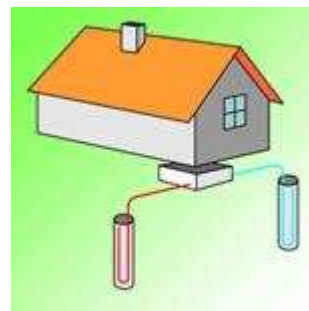
V nitru Země stále probíhá nukleární rozpad prvků, při kterém vzniká teplo. Další teplo prostupuje na povrch z žhavého zemského jádra. A povrch Země získává teplo taktéž ze slunečního záření. S rostoucí hloubkou pod povrchem roste i teplota hornin. Obvykle se každých 30 m zvýší teplota o 1 °C. V hloubce 100 m je teplota kolem 10 °C. Průměrný tepelný tok (množství tepla, které projde jednotkovou plochou na zemském povrchu) na Zemi je $60 \pm 10 \text{ mW/m}^2$. Teplota do hloubky 2 m má velké teplotní rozdíly. V hloubce 18 m pod povrchem je teplota téměř konstantní. Vrt bývá hluboký 50–150 m nebo můžou být dva 70 m vrty, ale doporučuje se jeden vrt [6].



Obr. 3.4 TČ země/voda [6]

Teplo z podzemní vody

Nízkopotenciálním zdrojem tepla je přímo spodní voda. Ta se odebírá ze zdrojové studny a po ochlazení se vypouští do druhé, takzvané vsakovací studny. Tento systém má nejvyšší topný faktor, který je dán relativně vysokou teplotou spodní vody. Teplota spodní vody je v hloubkách větších jak 10 m v rozmezí 8-10 °C. Pokud chceme provést vrt pro čerpání podzemní vody, musíme provést hydrogeologický průzkum. Na základě průzkumu dostaneme od vodoprávního úřadu povolení. Studna musí mít celoročně dostatečnou vydatnost a vsakovací studna musí dobře ochlazenou vodu vstřebávat [6].



Obr. 3.5 TČ voda/voda [6]

Teplo z povrchové vody

Tento způsob získávání tepla pro TČ je nejméně používaný. Povrchová voda se pro využití v TČ příliš nehodí, neboť její teplota je poměrně nízká, může zamrznout a obvykle je znečištěná. Další problémem je s místními podmínkami. Málokdy je totiž poblíž řeka nebo rybník.

Kolektor se umísťuje na dně řeky nebo rybníku, který vodu ochlazuje. Povrchovou vodu můžeme přivádět potrubím přímo k tepelnému čerpadlu a ochlazenou vypouštět zpět [6].



Obr. 3.6 TČ voda/voda [6]

Teplo z půdní vrstvy

Plošný půdní kolektor je alternativou hlubinného vrtu. Používá se tam, kde je dostatek nezastavěné plochy. Oproti hlubinnému vrtu má nižší pořizovací náklady za cenu horšího topného faktoru. Topný faktor má horší parametry vlivem kolísání teploty zeminy během roku.

Kolektor se umísťuje do hloubky 1,5-2 m, dostatečně daleko od základů, aby nehrozilo jejich promrznutí [6]. Trubky jsou polyetylenové a proudí v nich nemrzoucí kapalina. Velikost kolektorové plochy je asi trojnásobek vytápěné plochy. Pro zmenšení plochy se používá kolektor typu slinky [1].

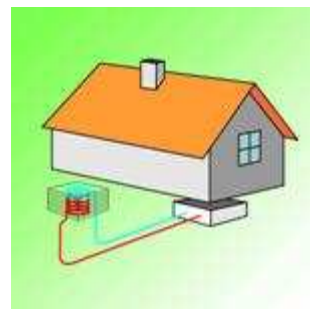


Obr. 3.7 TČ země/voda [6]

Teplo z venkovního vzduchu

Jako nízkopotenciální zdroj tepla lze využít i okolní vzduch. V poslední době se tento zdroj tepla velmi rozšířil, protože nepotřebuje hlubinné vrtky ani plošné kolektory. Díky tomu je instalace snadnější a pořizovací náklady jsou nižší. Jsou vhodné pro mírný klimatický pás s menším počtem námrazových dnů. Obsah energie v okolním vzduchu závisí na obsahu vlhkosti. Pokud je vzduch chladný obsahuje málo vlhkosti a tudíž i méně energie. TČ dokáže ochlazovat okolní vzduch až do -20 °C. Při této teplotě pracuje TČ na maximální výkon, což je nepříznivé na provozní náklady a životnost TČ. Pro tak nízké teploty je potřeba použít další zdroj tepla. Na venkovním výměníku dochází ke vzniku námrazy, která zhoršuje efektivitu TČ. Každý výrobce

řeší problém odtávání individuálně. Dalším důležitým prvkem je ventilátor, který zajišťuje přísun vzduchu do výparníku, kde ho předá chladiwu kolujícím ve spirálovitém potrubí. Vývod ochlazeného vzduchu musí být dobře odvětráván, aby nedocházelo k promrzání RD [6].



Obr. 3.8 TČ vzduch/voda [6]

Teplo z vnitřního vzduchu

Nucené větrání (ventilátor) odvádí odpadní vnitřní vzduch, přičemž předá energii přiváděnému venkovnímu vzduchu. Na ohřev vnitřního vzduchu se spotřebuje třetina až polovina celkové spotřeby tepla na vytápění. Vnitřní vzduch má relativně vysokou teplotu (18-24 °C). TČ může být použito i tam kde nelze použít rekuperační jednotku. Pro maximální využití tepelné energie získané z odpadního vzduchu je vhodné před TČ zařadit rekuperační jednotku. Zásadní nevýhodou je, že větracího vzduchu je omezené množství, takže je potřeba použít další zdroj tepla. TČ vzduch/vzduch můžeme v letním období použít jako klimatizaci. Klimatizace je TČ v reverzním chodu, kdy teplo získané s chlazení je možné vracet do půdního kolektoru nebo zemním vrtům [6].



Obr. 3.9 TČ vzduch/voda [6]

3.1.7 Solární kolektory

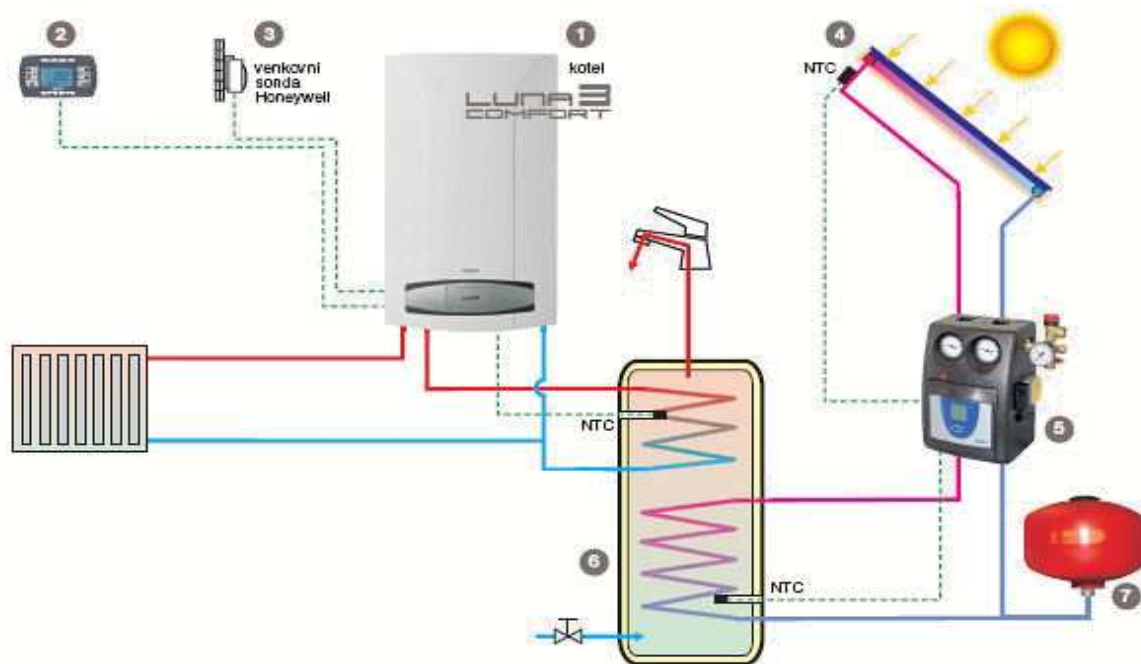
Výkon slunečního záření dopadající na plochu 1 m², za jasného počasí je, asi 1000 W. Tento výkon není zanedbatelný a pro ohřev vody je dostačující. V České republice svítí slunce v průměru 1460 hodin za rok. V některých oblastech dopadá větší množství energie a zejména tam se vyplatí instalovat solární zařízení. Těmito oblastmi jsou nížiny a větší části jižní Moravy [1]. Takto získaný zdroj tepelné energie je 100 % ekologický. Nespaluje se při něm žádné palivo, a tudíž se neprodukuje žádné emise.

Solární kolektory se montují na jižní nebo jihozápadní světovou stranu. Kolektory se montují na rovné i šikmé střechy. Množství ohřáté vody závisí hlavně na velikosti plochy kolektorů. Plocha kolektoru bývá různá, záleží na výrobcu. Nejčastěji bývá 2-3 m², ale mohou být i 16 m². Často se montuje několik kolektorů vedle sebe. Absorpční plocha kolektorů je tvořena vysoce selektivním povrchem s vysokou schopností absorbovat sluneční záření. Přitom jeho sálání tepla do okolí (tepelná ztráta sáláním) je minimální. Solární tvrzené sklo má vysokou odolnost proti rozbití a vysokou propustnost pro sluneční záření. Skla se používají solární prizmatické sklo nebo solární antireflexní sklo, které představuje světovou špičku v solárních sklech. Speciální vrstva na obou stranách skla eliminuje odrazy slunečního záření a na absorbér dopadá tak více slunečního záření. Tepelná izolace omezuje tepelné ztráty kolektorů a zvyšuje jejich účinnost. Tloušťka minerální izolace se pohybuje od 2 cm do 6 cm podle modelu. Kvalitní kolektory umožní více využívat sluneční energie i za nepříznivých podmínek na podzim a v zimě. Sluneční kolektory jsou certifikovány podle nejnovější evropské normy ČSN EN 12975-2 [5].

U solárních soustav se využívá akumulčních nádrží, které plní dvě funkce. Akumulují teplo ze zdroje v době, kdy není jeho velký odběr, a vyrovnávají nerovnoměrný odběr tepla v době

špičky[1]. Objem akumulčních nádrží je podle potřeby 125-2200 litrů, případně může být několik nádrží vzájemně propojených.

Princip funkce spočívá v ohřevu nemrznoucí kapaliny, která koluje v primárním okruhu tedy mezi solárními kolektory a akumulční nádrží. Kapalina předá teplo přes výměník kapalině v akumulční nádobě a odtud se zase přes výměník předá teplo vodě kolující v otopné soustavě. V letním období je soustava schopna pokrýt 100 % spotřeby tepla [2]. Spotřebou v tomto období je hlavně teplá užitková voda. Pro zimní období dokáže pokrýt až 60 % proto je potřeba využít dalšího zdroje tepla [2]. Jako další zdroj můžeme využít elektro-akumulční kotel, plynový kotel, atd., kde akumulční nádoba je společná se solární soustavou. Při kombinaci s plynovým kotlem se pro ještě větší účinnost používá kondenzační kotel. Účinnost pak dosahuje až 109,8 % [2]. Na obrázku 3.10 je znázorněn systém od firmy Baxi Heating.



Obr. 3.10 Systém ohřevu otopné a užitkové vody pomocí solárních panelů a kondenzačního kotle s akumulční nádrží [2]

1. Kondenzační kotel; 2. Regulátor; 3. Venkovní sonda Siemens; 4. Solární kolektor; 5. Čerpadlo s elektronikou; 6. Akumulční nádoba; 7. Expanzní nádoba pro solární systém;

Na trhu se začínají objevovat vakuové solární kolektory. Princip tohoto typu termického kolektoru je téměř stejný jako kapalinového slunečního kolektoru. Pro zvýšení izolačních vlastností a snížení ztrát je kolektor vakuovými trubicemi. Právě odstraněním vzduchu dosáhneme podobného efektu jako u termosky.

Vakuované trubice zachytí sluneční záření a přemění ji na tepelnou energii. Tato získaná energie způsobí zahřátí a výparu teplotně odolné kapaliny, která poté přechází jako pára do kondenzátoru a zde, odevzdává své teplo a po zchladnutí a zkapalnění se vrací zpět do kolektoru. Vakuové kolektory mají oproti kapalinovým kolektorům vyšší pořizovací cenu, ale jejich účinnost je větší [10].

3.1.8 Krbý a Kamna

Teplo získané z krbů nebo z kamen patří k nestarším zdrojům tepla. Tyto zdroje tepla mají za sebou dlouholetý vývoj a mnoho vylepšení.

3.1.8.1 Krby

Krb předává teplo do místnosti převážně sáláním, jen menším množstvím je předáno konvencí, tj. ohříváním vzduchu zdívm krbu a komína.

Dříve se používali krby s otevřeným ohněm. Z energetického hlediska dochází u těchto krbů k velkým ztrátám a krby s otevřeným ohněm mají účinnost méně než 20% [8]. Účinnost snižuje přílišné ochlazování dřeva a spalování není možné dobře řídit. Krb nasává velké množství vzduchu, který s sebou do komína odnáší i velké množství tepla. Vzduch je odsáván z místnosti což způsobuje ochlazení vzduchu v místnosti.

Dnes se používají uzavřené krby (krbové vložky), vzduch pro splování se často přivádí zvenku zvláštním kanálem a zpravidla se odebírá část tepla spalínám pomocí výměníku. Výměník může být teplovzdušný (předá teplo do vzduchu místnosti, nebo také do dalších místností pomocí ventilátoru) nebo teplovodní (teplo se předá přes výměník otopné vodě nebo akumulační nádrži). Tyto krby mají účinnost i přes 70% [8].

Krby se v dnešní době používají zejména jako bytový doplněk, který se používá jen občas. Nejčastěji slouží jako doplňkový zdroj tepla, kde hlavní vytápění zajišťuje kotel na plyn nebo dřevo.

3.1.8.2 Kamna

Kachlová kamna jsou oproti krbu větší a mají vyšší účinnost. Protože mají větší rozměry, jsou vhodné do větších místností. Moderní kamna dosahují účinnosti až 80%. Takové účinnosti je docíleno schopností akumulace tepla uvnitř kamen. Díky akumulaci tepla dochází k jeho rovnoměrnému vytápění a k menším nárokům na obsluhu [8]. Jejich výkon je nejčastěji 3-8 kW a spalují všechny běžné druhy paliv. Moderní kamna obsahují výměník pro ohřívání otopné vody pro 4 až 6 místností [9]. Elektrická akumulační kamna se vyrábějí ve třech základních funkčních provedení. Rozdělují se na kamna statická, dynamická a hybridní.

U statických kamen se předává teplo přirozeným prouděním a částečně sáláním. Některá statická kamna, jsou vybaveny ventilačním systémem, který zvyšuje účinnost.

Dynamická kamna se odlišují svou konstrukcí, kde je akumulační jádro izolované. Teplo se předává z jádra pouze při proudění vzduchu. Proudění je zajištěno ventilátorem, díky kterému je možné regulovat množství dodávaného teplého vzduchu do místnosti.

Hybridní kamna mají podobnou konstrukci jako kamna dynamická. Odvod tepla je částečně přímotopný a částečně z akumulačního jádra.

3.1.9 Topidla

Topidla se používají pro vytápění jedné nebo dvou místností. Teplo se dostává do místnosti přímo, čímž odpadá ohřev otopné vody. Jako palivo můžou využívat – uhlí, zemní plyn, propan-butan a elektrickou energii. Umisťují se pokud možno pod okno, aby chladný vzduch neproudil k podlaze. U dobře izolovaných staveb se topidla nemusí umisťovat pod okna.

3.1.9.1 Plynová topidla

Plynová topidla se vyrábějí především na zemní plyn nebo na propan-butan. Účinnost těchto topidel je přes 90 % [1]. Odvod spalin je buď do komína, nebo přes venkovní zeď. Plynová

topidla mají přijatelnou cenu a průměrně hospodárny provoz. Jsou vhodná do malých RD, bytů nebo chat. V místech, kde není zaveden zemní plyn je možno použít propan-butanové topidlo. U topidel na propan-butan je nevýhodou plnění láhví a vyšší cena propan-butanu oproti zemnímu plynu. Většina plynových topidel je připojena na elektrické napětí 230 V pro napájení ventilátoru, který slouží k lepšímu odvodu spalín a možnost regulace topného výkonu [9].

3.1.9.2 Elektrická topidla

Elektrická topidla dosahují účinnosti okolo 98 %. Z hlediska konstrukce rozlišujeme elektrická topidla na přímotopná, akumulární a hybridní. Přímotopná topidla přeměňují elektrickou energii přímo v tepelnou energii. Akumulární topidla energii ukládají do tzv. jádra, což jsou cihly s dobrou schopností teplo uchovávat a poté jej odevzdávat do místnosti. Hybridní topidla jsou kombinací topidel přímotopných a akumulárních. Topidla jsou vybavena termostatem. Proudění vzduchu může být přirozené nebo nucené (pomocí ventilátoru). Připojují se na elektrické napětí 230 V. Výkon lze regulovat v celém rozsahu. Výrobci nabízejí celou řadu výkonů od 200 W do 2500 W [1].

3.2 Paliva

Použití určitého druhu paliva závisí především na jeho dostupnosti a na ceně. Provozní náklady vytápění jsou tvořeny z převážné části cenou za palivo. Ceny paliv se každý rok zvyšují a nelze odhadnout, jaká bude situace na trhu s palivy za 10 nebo 20 let. Jednoznačně dnes a asi v budoucnu bude nejlevnějším palivem dřevo. U paliv je nejdůležitější vlastností jejich výhřevnost (viz *tabulka 3.3*). Výhřevnost je udávána v jednotkách MJ (maga-joule) nebo kWh (kilowatthodina).

Palivo	Výhřevnost [MJ/kg]	Výhřevnost [kWh/kg]
dřevo	14-18	4-5
hnědé uhlí	11-21	3-6
černé uhlí	13-28	3,5-8
koks	14-19	3,6-5,3
propan-butan	44-45	12,5

Tab. 3.3 Výhřevnost paliv [1]

Propan-butan se skladuje v láhvích a platí se za kilogram, proto se výhřevnost uvádí za 1 kilogram. Výhřevnost zemního plynu se uvádí za 1 m³ spáleného plynu a pohybuje se v rozmezí 32-36 MJ/m³, to je 9-10 kWh/m³. U všech paliv je určité rozmezí výhřevnosti, které závisí na vlhkosti (u dřeva a biomasy) nebo složení (u uhlí, plynu, koksu) [1].

3.2.1 Pevná paliva

Pevná tělesa jsou z cenového hlediska nejlevnější. Jsou používána ze všech druhů nejdéle a používát se budou i nadále. V současné době komfort vytápění vyžaduje používání takových paliv, kdy se nemusíme starat o příkládání. Při topením uhlím a dřevem nesmíme zapomenout na pravidelné čištění komínu, které je dáno vyhláškou č. 111/81 Sb [1]. U tuhých paliv musíme počítat s prací, která odpadá při topení elektrickou energií (např. dovoz a překládání uhlí, štípání a řezání dřeva).

Výhody tuhých paliv:

- nízká cena
- možnost vytvoření zásob
- nezávislost na dodávce

Nevýhody tuhých paliv:

- nutnost skladování
- zatápění, přikládání a vybírání popela
- používání kvalitního paliva pro dosažení vysoké účinnosti

3.2.1.1 Uhlí

Hnědé uhlí je používáno běžněji než černé. Černé uhlí má větší výhřevnost, ale pro svou podstatně vyšší cenu je pro topení používáno zřídka [1]. U uhlí důležitou vlastností zrnitost a vlhkost. Zrnitostí se myslí velikost uhlí (od 10 do 100mm). Kusové uhlí největší zrnitosti se nazývá kostka, střední velikosti ořech 1 a malé velikosti ořech 2. Relativní vlhkost by měla být co nejmenší. Časté přikládání je u moderních kotlů vyřešeno velkou násypnou šachtou. Přikládání uhlí je automatické a zásoba uhlí v šachtě může vydržet až týden [9]. Ušetřit náklady při nákupu uhlí je možné v letním období, kdy je jeho cena nižší.

3.2.1.2 Dřevo

Topení dřevem je nejlevnější, ale musíme počítat s tím, že budeme muset provádět tyto práce:

- musíme zajistit dřevo buď vytěžené dřevo, nebo dřevo sami vytěžit
- dopravit a nařezat dřevo na požadovaný rozměr
- uskladnit a vysušit dřevo podobu minimálně jednoho roku
- vysušené dřevo nařezat na špalky a následně naštípat
- přikládat palivo a vybírat popel v případě, že nemáme automatický kotel se zásobníkem
- věnovat se více regulaci

Body 2 až 4 můžeme vynechat, pokud dřevo kopíme již naštípané. Pokud koupíme naštípané dřevo, musíme počítat s vyšší cenou za palivo. U palivového dřeva je největší rozdíl ve výhřevnosti v závislosti na vlhkosti. Čerstvě pokácené dřevo může obsahovat až 50 % vlhkosti, proto jej musíme před použitím dostatečně vysušit. Další rozdíl ve výhřevnosti je podle druhu stromu. Největší výhřevnost má tvrdé dřevo např. dub [9].

3.2.1.3 Biomasa

K nově používaným tuhým palivům patří biomasa. Hlavní výhodou biomasy je to, že jde o obnovitelný zdroj energie. Biomasa je palivo ekologicky šetrné k životnímu prostředí. Spalováním biomasy se do ovzduší dostane jen velmi malé množství oxidu siřičitého a oxidu uhličitého oproti jiným palivům. Teoreticky je stejné množství oxidu uhličitého, které rostliny získaly z atmosféry a uložily ve formě biomasy, při spalování opět do atmosféry uvolněno. V praxi to zpravidla neplatí, protože pro pěstování biomasy používáme různá hnojiva pesticidy a při sklizni používáme stroje poháněné naftou. Pro vytápění používáme především dřevěný odpad (piliny, štěpky, hobliny), dřevěné brikety a pelety (lisovaná sláma). Výhřevnost suché biomasy je 15-19MJ/kg. Spalovat biomasu v běžných kotlích není vhodné, protože k dosažení vysoké účinnosti je nutné, aby sklon roštu odpovídal procesu hoření. Topení biomasou je ekonomicky výhodné hlavně v místech, kde biomasa vzniká jako odpad. Nákupem hotových výrobků (pelet,

briket, atd.) se provozní náklady zvyšují neboť cena pelet a briket je vyšší než cena uhlí. Biomasa obsahuje velké množství vlhkosti a to snižuje energetický zisk, proto musí být před použitím vysušena alespoň na 20 % vlhkost. Při snížení vlhkosti štěrky ze 40 % na 10 %, pak z ní získáme o polovinu více tepla [8].

3.2.2 Plynná paliva

Jako plynná paliva používáme výhradně zemní plyn a propan-butan. Zemní plyn je dopravován potrubím převážně z Ruska. Propan-butan se prodává v ocelových láhvích. Cena zemního plynu je závislá na světové ekonomice a kurzu koruny k dolaru. Hlavní odlišností od pevných paliv je, že nemusíme přikládat palivo. Není zde žádná práce, jde o pohodlné topení. Propan-butan má vyšší výhřevnost, ale jeho cena je mnohem vyšší a musíme doplňovat láhve.

3.2.3 Elektrická energie

Cena za elektrickou energii používanou pro vytápění je dána sazbami. Volba sazby závisí na počtu a výkonu elektrických zdrojů tepla a na časovém vymezení odběru elektřiny v době nízkého tarifu. Na trhu je několik dodavatelů elektrické energie. V dnešní době si můžeme zvolit dodavatele sami. Dříve tomu tak nebylo, protože dodavatelé byli rozděleni podle regionu. Cena elektrické energie neustále roste a, i když jsou zákazníci používající elektrickou energii na vytápění zvýhodněni je topení elektrickou energií nejdražší. Kromě ceny za kWh se platí ještě stálý měsíční poplatek, jehož výše je odvozena od velikosti instalovaného jističe (čím větší jistič, tím vyšší cena). Platba se provádí formou zálohy, kdy na konci roku dostaneme celkové vyúčtování, kde nám jsou vráceny přeplatky, nebo musíme doplatit nedoplatky.

3.2.4 Kapalná paliva

Jako kapalná paliva se nejčastěji používají lehké topné oleje (LTO). LTO se vyrábějí z ropy destilací a dalšími chemickými postupy. Pro vytápění jsou nejvhodnější extra lehké topné oleje (TOEL, ETO) známé též pod názvem topná nafta. Tento produkt se vyznačuje nízkým obsahem síry a to do 0,05-0,2%. Výhodnost topných olejů spočívá v jejich vysoké výhřevnosti cca 42MJ/kg a poměrně nízké ceně. Cena za litr se pohybuje kolem 17,- Kč [10].

3.3 Potrubí a spojování

Potrubí se skládá z trubek, tvarových kusů, armatur a dalších částí. Musí mít správný průměr a tloušťku stěny. Pro dlouhou životnost musí být dodržena maximální teplota a tlak. Důležitou vlastností je jejich tepelná vodivost, kterou uvádí *tabulka 3.4*. Pro vytápění se uplatňují trubky ocelové, měděné a plastové.

Materiál trubky	Tepelná vodivost [W/m·K]	Způsob spojování
ocel	52	svařování
měď	390	svařování, mechanické spoje
plast	0,2-0,4	pájení, mechanické spoje

Tab. 3.4 Tepelná vodivost trubek a jejich způsob spojování [1] [9]

Jedna vytápěcí soustava může obsahovat buď jeden druh materiálu, nebo dva druhy materiálu. Ocelové potrubí se instaluje od kotle ke směšovači, protože je zde nejvyšší teplota

otopné vody. Za směšovačem je voda chladnější a proto zde může být potrubí z plastových, měděných nebo opět ocelových trubek. Při kombinaci mědi a oceli nesmí téct voda v potrubí z mědi do potrubí z oceli, protože je to nemožné.

Pro podlahové vytápění se používají měděné nebo plastové trubky. Trubky se vyrábějí z mědi měkké, polotvrdé a tvrdé. Pro podlahové vytápění z mědi se používá měkká měď se zvýšenou ohybností. Měděné trubky a tvarovky se spojují pájením, lisováním a na závity. Plastové potrubí se vyrábí ze síťovaného polyetylenu, polypropylenu nebo polypropylenu. Nejčastější trubky pro podlahové vytápění jsou ze síťovaného polyetylenu. Nevýhodou plastových trubek je jejich velká roztažnost. Tento nedostatek částečně odstraněn používáním trubek sendvičových, vícevrstevných nebo polyetylenhliníkových. Síťový polyetylen (PEX nebo VPE) se nesvařuje, ale spojuje mechanickou spojkou [9].

Svařování a pájení patří k osvědčeným a dlouho používaným spojm, ale jejich nevýhodou je dlouhá doba montáže. Časově nejkratší spoj je lisování, a proto se začíná používat stále častěji.

3.4 Otopná tělesa

U teplovodních vytápěcích soustav předávají teplo do jednotlivých prostor otopná tělesa. Ve vytápěném prostoru můžeme mít jedno nebo více OT. Na počtu OT ani na jejich tvaru tolik nezáleží. Záleží na maximálním tepelném výkonu OT, který musí odpovídat tepelným ztrátám při nejmenší výpočtové venkovní teplotě, a ta je na většině území $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, v horských oblastech $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ [10]. Tepelný výkon OT závisí na teplotním spádu. Tepelný spád je rozdíl v teplotě vody, která do OT přitéká, a v teplotě, která z něj odtéká. V odborné literatuře se tepelný spád označuje číslicemi, například 65/55 – při tomto teplotním spádu je střední teplota vody v radiátoru $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se zvýšenou teplotou vody v OT se zvyšuje tepelný výkon, ale také se spotřebuje více paliva. V poslední době se uplatňuje spíše nižší teplotní spád, který je předpokladem menší spotřeby paliva. OT se vyrábí většinou z oceli, litiny, mědi a hliníku. Každý materiál má jiný součinitel tepelné vodivosti (viz *tabulka 3.5*) [1].

Druh materiálu	Tepelná vodivost [W/m·K]
ocel	52
litina	40
měď	390
hliník	200

Tab. 3.5 Tepelná vodivost materiálů pro otopná tělesa [1]

Podle vyhlášky č. 151/2001 Sb. Musí být každé OT osazeno ventilem s uzavírací a regulační schopností k zajištění místní regulace.

Pro hospodárný provoz se doporučují tělesa, která mají [9]:

- Malý vodní objem (čím méně vody se ohřívá, tím méně se spotřebuje paliva);
- Velkou předávací plochu (může se předávat více tepla);
- Materiál s velkou schopností předávat teplo (měď, hliník);

OT se vyrábí v různých barvách a barevných odstínech a je jen na uživateli jaké barevné provedení si zvolí. Základní rozdělení barev pro OT je na sanitární, RAL a metalizované [1].

OT musí být umístěna tak, aby bylo umožněno proudění vzduchu do všech částí místnosti. Dlouhé okenní parapety, špatně rozestavěný nábytek nebo záclony zakrývající radiátory mohou výrazným způsobem omezit šíření tepla [1].

Podle tvaru rozdělujeme OT na článková, desková trubková apod.

3.4.1 Článková otopná tělesa

Obecně se jim říká radiátory. Vyrábějí se ze tří druhů materiálů, a to z ocelového plechu, šedé litiny a z hliníku. U těchto OT lze podle potřeby jednotlivé články přidávat nebo odebírat.

OT z ocelového plechu se rychle rozežehřejí a po ukončení topení se zase rychle ochladí. Vyrábí se ze dvou lisovaných částí plechu, které se k sobě po obvodu svaří. Hlavní nevýhodou je možnost prorezavění a použití v OT s malým tlakem vody. Nelze je použít v nižších patrech výškových domů, kde je vyšší tlak.

OT ze šedé litiny mají mnohem větší tloušťku stěn než plechové. Tím je jejich pevnost mnohem větší, ale i hmotnost je mnohem větší. Výhodou je tedy, že snesou větší tlak a že nerezaví.

Hliníková OT slučují výhody plechových a litinových OT. Jsou lehké, snášejí vyšší tlak a nerezaví. Velkou výhodou je navíc dobré vedení a předávání tepla hliníkem. Nevýhodou je cena, která je několikanásobně vyšší než plechových nebo litinových OT [1].

Obecně se článková tělesa vyrábí v připojovacích roztečích 360 až 900 mm, podle typu a výrobce. Tento rozměr však není skutečná výška OT, ta je vždy o 60 až 100 mm vyšší. Klasický způsob upevnění na stěnu je pomocí konzol a držáků, jejich počet a typ závisí na materiálu OT, rozměru a počtu článků (hmotnosti) a druhu stěny. Možné je i upevnění do podlahy pomocí stojánkových, nebo nastavitelných konzol [11].

3.4.2 Desková otopná tělesa

Základní přestupní plocha je tvořena tvarovanou deskou s horizontálními a vertikálními kanálky. Deska je vyrobena z lisovaných ocelových plechů spojených svárem. Tělesa jsou v provedení jednořadém, dvouřadém a třířadém. Desková OT mají malý objem a tím umožňují pružnou reakci na regulaci. Právě proto se v poslední době velmi rozšířili. Vyráběna jsou v širokém rozměrové škále – hloubek 47 až 155 mm, výšek 300 až 900 mm a délek 400 až 3000 mm [11]. Výkon těchto OT se pohybuje podle rozměrů, počtu desek, teploty vzduchu v místnosti a teploty vody od 250 W do 3800 W [1].

3.4.3 Trubková otopná tělesa

Obecně patří k hospodárným OT. Většina z nich má malý objem a velkou předávací plochu. Mohou být umístěny na stěně, nad podlahou a pod podlahou. Některá trubková OT výrobci nazývají konvektory nebo také fan-coily. Dříve se vyráběly z ocelových trubek, nejvhodnější a nejpoužívanější jsou dnes trubky měděné [1].

Stále častěji oblíbeným trubkovým OT jsou koupelnové žebříky. Soustava trubek může být vedena vodorovně nebo i svisle. Některé žebříky mají trubky opatřeny ozdobnými plechovými kryty, které zvětšují otopnou plochu tělesa. Koupelnové žebříky se zavěšují nebo mohou stát na

nohách. Koupelnové žebříky jsou vhodné pro teplovodní soustavy ale i jako samostatná elektrická topidla. Elektrická topidla bývají s příkonem 300 až 1350 W [9].

Dalším trubkovým OT jsou podokenní trubkové konvektory. Jde o fan-coily umístěné nad podlahou pod oknem. Připevňují se k podlaze dvěma nebo třemi úchyty, podle své délky. V dolní části konvektoru je umístěn otopný žebrový registr. Nejčastěji je tvořen měděnými trubkami a lamely z hliníkového plechu. Tepelný výkon konvektoru je dán jeho délkou, počtem řad trubek a lamel. Tělesa se sériově vyrábějí ve výškách od 300 mm do 1620 mm a v délkách od 300 mm do 3000 mm. Všechny povrchové konvektory pracují s přirozenou cirkulací vzduchu [9].

Podlahové konvektory, které se také nazývají fan-coily, jsou trubková tělesa z měděných trubek. Jsou podobná jako podokenní konvektory, ale zásadní rozdíl je v umístění konvektoru, který je v zabetonované plechové vaně pod podlahou. Horní část konvektoru je tvořena krycí a nášlapnou mřížkou s rámečkem, jehož horní hrana je na úrovni podlahy. Podlahové konvektory se vyrábí jako tělesa s přirozenou cirkulací vzduchu nebo nucenou cirkulací. Konvektory pro nucenou cirkulaci jsou vybaveny axiálním nebo dnes častěji tangenciálním ventilátorem. Regulace výkonu může být uskutečněna regulací otopné vody, u nucených konvektorů regulací otáček ventilátoru. Konvektory s nucenou regulací mají podstatně vyšší tepelný výkon. Podlahové konvektory s ventilátorem se vyrábí ve výškách od 63 mm do 150 mm, konvektory s přirozenou cirkulací od 85 mm do 450 mm [11].

3.4.4 Podlahové vytápění

Podlahové vytápění může být provedeno z trubek plastových nebo měděných. Nejčastěji se používají trubky ze síťovaného polyetylénu. Nejčastější průměr trubek pro podlahové vytápění je 14 mm. Trubky mohou být holé nebo opatřené ochranným pláštěm. Měděné trubky se mohou používat jen z měkké mědi označované jako F22 nebo D220, které lze ručně ohýbat bez poškození [1]. V místnosti s podlahovým vytápěním je rozložení teploty po výšce místnosti rovnoměrné a cirkulace vzduch minimální. Nevýhodou je delší tepelná setrvačnost, obtížnější regulace a vyšší pořizovací cena. Teplonosným médiem je nízkoteplotní otopná voda o teplotě přívodu do 50 °C. Nejvhodnější podlahovou krytinou jsou materiály s vyšší tepelnou vodivostí (keramická dlažba, dřevo, kámen, apod.). Podlahové vytápění může být také elektrické, kde se používá topných kabelů, topných rohoží a topných folií. Principiálně lze toto vytápění umístit i do stěny či stropu. [11].

3.5 Regulace otopných soustav

Bez regulace se moderní otopná soustava neobejde. Instalace regulace sice zvyšuje pořizovací náklady, ale ty se díky úspoře provozních nákladů brzy vrátí. Regulací můžeme ovlivňovat množství protékající otopné vody nebo teplo dodávané do místnosti. Tyto změny mají vliv na množství spáleného paliva. Regulace soustavy se může provádět na několika místech soustavy. Může to být na ve zdroji tepla, v rozvaděči tepla nebo na otopných tělesech apod.

3.5.1 Regulace zdroje tepla

Regulace na zdroji tepla je nejčastěji změna výkonu podle okamžité potřeby. Moderní kotle ji mají automatickou. U plynových kotlů se omezí nebo úplně uzavře přívod paliva do hořáku. Regulace výkonu plynových kotlů se nejčastěji provádí pomocí programovatelných regulátorů. Regulátor je propojen s teplotním čidlem, které může pružně reagovat podle teploty (vnitřní nebo venkovní) na potřebu změnit dodávku tepla do otopné soustavy. U kotlů na tuhá paliva se

regulace výkonu provádí přivřením přívodu spalovacího vzduchu do spalovací komory nebo pod rošt.

3.5.2 Regulace v rozvaděči tepla a v trubním rozvodu

Je to další možnost regulace teploty vody dodávané k otopným tělesům. Rozvaděče mohou být vybaveny směšovačem, který míchá přicházející vodu z kotle s vodou odcházející z otopné soustavy. Směšovací ventil může být trojcestný (MIX) nebo čtyřcestný (DUOMIX).

3.5.3 Regulace otopných těles

Provádí se termostatickým ventilem nebo ventilem opatřeným termostatickou hlavicí. Termostatická hlavice musí být nainstalována tak, aby byla vodorovně, protože ve svislé poloze nemá teplotní čidlo dostatek obtékaného vzduchu a nepracuje proto správně. Termostatických hlavic se vyrábí velké množství druhů a s nejrůznějšími teplotními čidly [9].

3.5.4 Regulace bezdrátovými čidly

Moderní a kvalitní regulace teploty vzduchu ve vytápěných místnostech se provádí pomocí teplotních čidel umístěných v jednotlivých místnostech. Jednotlivá čidla jsou bezdrátová s integrovanou anténkou. Čidla dávají informace o teplotě vzduchu v místnosti centrální řídicí jednotce, která reguluje dodávku tepla z rozvaděče tepla do jednotlivých místností.

Tento způsob regulace je velmi pružný a spolehlivý. Všechny komponenty bezdrátové regulace jsou technicky poměrně jednoduché výrobky a vyrábějí se již řadu let [1].

3.6 Oběhová čerpadla

V teplovodních soustavách ústředního vytápění se pro nucený oběh otopné vody používá makroběžných čerpadel. Pro návrh čerpadla je nutné znát závislost množství čerpané vody (objemový průtok) v $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ nebo $\text{m}^3\cdot\text{hod}^{-1}$ a dopravní výšky čerpadla v m, kPa nebo barech. Tyto údaje tvoří tzv. charakteristiku čerpadla. Čerpadla mohou mít několik poloh nastavení otáček. Při každém stupni nastavení má čerpadlo jiný výkon a příkon.

Čerpadla se stupňovitou regulací otáček – podle typu mají možnost nastavení dvou až čtyř poloh otáček. Pro ochranu při nárůstu tlaku jsou opatřeny přepouštěcím ventilem.

Čerpadla s plynulou elektronickou regulací otáček – díky integrovanému řídicímu systému se výkon čerpadla přizpůsobuje aktuálním provozním požadavkům. Jestliže klesá potřeba tepla (uzavřou se termostatické ventily), čerpadlo přizpůsobí otáčky okamžitým parametrům. Některé druhy elektronicky řízených čerpadel jsou vybaveny teplotním snímačem otopné vody, který při poklesu nebo zvýšení teploty přepne čerpadlo do nočního nebo normálního pracovního režimu [11].

3.7 Komíny a kouřovody

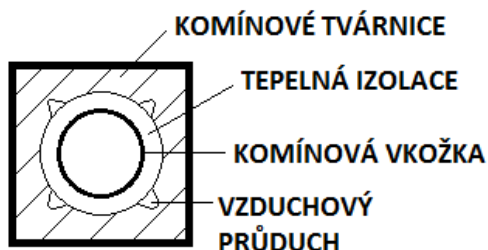
Komín je stavební konstrukce sloužící k odvodu zplodin hoření do venkovního ovzduší. Dělí se do několika skupin. *Tabulka 3.6* zobrazuje základní dělení komínových systémů.

Odvod spalin							
Kouřovody		Komíny				Kouřovody s funkcí komína	
		Samostatné		Společné			
s tahem	přetlakové	s tahem	přetlakové	s tahem	přetlakové v sopouchu	s tahem	přetlakové
bez kondenzace	s kondenzací	bez kondenzace	s kondenzací	bez kondenzace	s kondenzací nebo bez kondenzace	bez kondenzace	s kondenzací

Tab. 3.6 Rozdělení komínových systémů [11]

Konstrukce komínů prošla dlouhodobým vývojem od dřevěných trub vymazávaných hlinou přes zděné a kamenné komíny až po dnešní vícevrstvé komíny s tenkostěnnou komínovou vložkou. Protože je technicky prokázáno, že komín ovlivňuje hospodárnost otopné soustavy, musí být jeho konstrukce správně navržena [12].

Podle použitého paliva se komíny třídí na komíny od spotřebičů na tuhá, kapalná a plynná paliva. Podle umístění jsou komíny vestavěné uvnitř objektu nebo situované vně objektu. Podle konstrukčního uspořádání jsou komíny jednovrstvé a vícevrstvé. Nejčastěji používanými typy samostatných vnitřních komínů s tahem jsou vícevrstvé (tříslůžkové) komínové systémy složené ze šamotové vložky, minerální rohože a z tvárnic z lehčeného betonu s kanálky zadního odvětrávání k odvodu vlhkosti z izolace. Tyto komíny jsou univerzální pro všechny typy paliv.



Vyrábí se jako jedno nebo dvoupřůduchové s větrací šachtou nebo bez nesamostatné komíny odolné proti kondenzátu jsou většinou řešeny spalinovým průchodem z nerezové oceli.

Komín může být uveden do provozu pouze po provedení revize kominíkem nebo revizním technikem.

Obr. 3.11 Konstrukce komína se vzduchovými kanálky [11]

4 DALŠÍ ÚSPORY TEPELNÉ ENERGIE A JEJICH DOTACE

Pro snížení provozních nákladů je další možností, stavba nízkonákladového domu nebo dobrá tepelná izolace stávající stavby. Jelikož investice těchto opatření jsou vysoké, ale úspora je znatelná, podílí se na jejich financování stát.

4.1 Nízkonákladové a pasivní domy

Pro vyjádření energetické náročnosti budov se používá pojem stupeň energetické náročnosti (SEN). Ten ukazuje, kolik procent energie na vytápění spotřebuje budova ve srovnání s normovou, která je dána normou ČSN 73 0540 – 2. Podle SEN se určuje, které budovy mají malou a které velkou spotřebu energie (viz *tabulka 3.7*). Všechny budovy zkolaudované po roce 2002 by měly patřit do kategorie A-D [1]. Pojem nízkoenergetický dům v praxi znamená, že mají nízkou spotřebu energie ($\leq 50 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$) a pasivní domy mají minimální spotřebu energie ($\leq 15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$) [13].

Pro hospodárný provoz pasivních domů platí tyto zásady:

- velmi kvalitní tepelná izolace;
- vzduchotěsnost a řízená výměna vzduchu;
- tepelné zisky z oken orientovaných na jižní stranu;
- výměna vzduchu (větrání) pomocí rekuperátorů;
- používání energeticky efektivních spotřebičů;
- získávání tepla z obnovitelných zdrojů energie;

Při stavbě těchto domů platí zvlášť vysoké požadavky na pečlivost prováděných stavebních prací, protože i malá nepřesnost může být základem netěsnosti, tepelného mostu nebo jiné chyby.

SEN [%]	Klasifikace budovy	Energetická náročnost
do 40	A	mimořádně úsporná
41 - 60	B	velmi úsporná
61 - 80	C	úsporná
81 - 100	D	vyhovující
101 - 120	E	nevyhovující
121 - 150	F	výrazně nevyhovující
nad 150	G	mimořádně nevyhovující

Tab. 4.1 Energetická náročnost budov [11]

Typ domu	Spotřeba tepla [$\text{kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$]
do r. 1994	140 - 200
1994-2002	110 - 140
po r. 2002	80 - 110
energeticky úsporné	50 - 80
nízkoenergetické	30 - 50
ultra dům	15 - 25
pasivní dům	10 - 15
plusový dům	5 - 10
nulový dům	do 5

Tab. 4.2 Spotřeba tepla u různých RD [11]

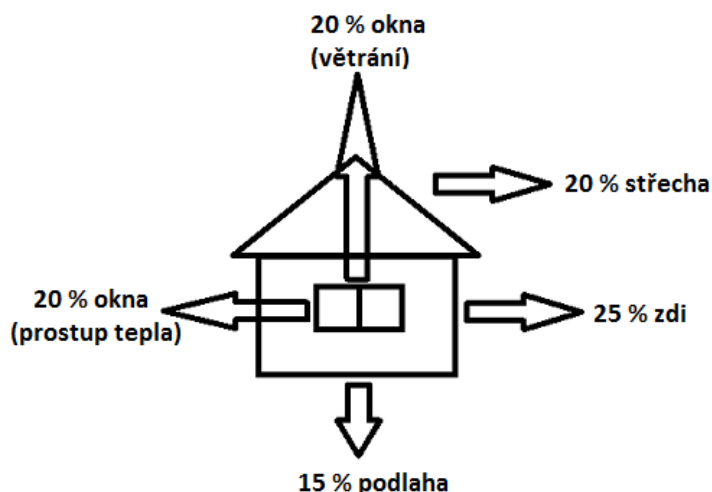
Tabulka 3.8 rozděluje domy podle spotřeby energie za rok. Domy v prvních třech řádcích jsou rozděleny podle roku kolaudace. Domy postavené po roce 2002 musejí splňovat přísnější

normu, díky které jsou lépe tepelně izolované. Domy energeticky úsporné až nulové domy mají vždy menší spotřebu, než je normou požadováno.

V praxi se pro běžné bydlení staví energeticky úsporné domy, někdy i nízkoenergetické. Domy s menší spotřebou než nízkoenergetické domy jsou výjimečné.

4.2 Tepelné ztráty a jejich minimalizace

Teplo tvoří největší část spotřebované energie v každém domě nebo bytě. Přivádět teplo v požadovaném množství není problém. Problém je teplo udržet co nejdéle v místnosti a tím pádem přivádět co nejméně tepla. Únik tepla z vytápěných místností neboli tepelné ztráty jednotlivými stavebními konstrukcemi (podlaha, zdi, strop, střecha, okna), znázorňuje *obrázek 3.12*. Úniku tepla lze zabránit tepelnou izolací jednotlivých stavebních konstrukcí. Projekční kanceláře uvádí, že náklady na dobře zateplený dům jsou proti běžným domům vyšší o 10 % až 20 % a u nízkoenergetických domů i o 30 %. U stavebních izolačních materiálů je důležitým parametrem údaj o součiniteli tepelné vodivosti λ . Jednotkou je $W/m \cdot K$. Čím je velikost činitele



menší, tím je to lepší tepelný izolant. Tato vlastnost výrazně souvisí s hustotou, kde obecně platí, že čím má menší hmotnost, tím lépe izoluje. Pro určení kvality stavební konstrukce se používá součinitel prostupu tepla U s jednotkou $W/K \cdot m^2$. Česká státní norma ČSN 73 0540 uvádí velikosti součinitele prostupu tepla.

Obr. 4.1 Tepelné ztráty vytápěné budovy [9]

Podlaha a strop – k minimalizaci ztrát podlahou a stropu se používá tzv. vylehčený beton (polystyrenbeton nebo ekostyrenbeton). Jde o beton obsahující drť upraveného pěnového polystyrenu. Jeho tepelně i zvukově izolační vlastnosti jsou velmi dobré. Jeho nevýhodou je ve srovnání s klasickým betonem menší tlaková únosnost [11].

Zdi – mohou být dodatečně izolovány z vnitřní nebo z vnější strany. Při izolaci zdi z vnější strany nedochází k promrzání zdiva. U neizolované stěny a u izolované stěny ze vnitř může zdivo v zimním období promrznout. U vnitřní izolace může docházet ke srážení par mezi povrchem izolace a stěny. Důsledkem pak bývá vznik plísní [9]. Izolace se nejčastěji provádí deskami z kamenné vlny (Rockwool) nebo pěnového polystyrénu. Oba materiály mají velmi dobré izolační vlastnosti, ale jsou mezi nimi rozdíly. Kamenná vlna je nehořlavý materiál a při jeho použití fasáda neztrácí průdušnost. Polystyrén je hořlavý materiál s velmi malou průdušností. Připevnění desek na zeď se provádí lepidly nebo hmoždinkami. Tloušťka izolační desky bývá většinou 5 - 20 cm. Při použití 20 cm izolační desky se náklady na zateplení vrátí až o 3 roky dřív

než když požíjeme 5 cm izolační desku. Životnost tepelné izolace stěny a nové fasády při použití kvalitních materiálů se předpokládá na 50 let, a to bez nákladů na údržbu [1].

Okna – snížit tepelné ztráty u oken lze několika způsoby. Záleží přitom na druhu a velikosti okna, prostorových možnostech nebo omezeních atd.

Snížení tepelných ztrát u oken můžeme [1]:

- montáž okenních rolet (vnitřních nebo vnějších)
- použití závěsu
- přidání další vrstvy skla
- utěsnění spár mezi rámem okna a zdí a také mezi oknem křídlem a rámem okna
- zasklení verandy nebo utěsnění zimní zahrady
- výměna zastaralých oken za plastová

Dnes vyráběná okna mají oproti starším oknům mnohem menší únik tepla. Součinitel prostupu tepla se značně snížil díky lepší konstrukci, použitým materiálům, kvalitě utěsnění a použití plynu v mezeře mezi skly. U starých oken je hodnota součinitele prostupnosti tepla 2-3 W/K·m² u novějších oken je to 1,5-2 W/K·m² a u dnešních je to méně než 1 W/K·m² [1]. Moderní okna se vyrábí v provedení profilu jako pětikomorová nebo šestikomorová. K lepší tepelné izolaci se plní mezery mezi okny plynem nejčastěji argonem (kryptonem či xenonem).

Střecha – lze izolovat několika různými způsoby a různými materiály. Při této práci se provádí nejen tepelná izolace, ale také izolace proti vlhkosti. K tomu slouží hydroizolační fólie a parotěsné zábrany [9]. Jako tepelná izolace se používá kamenná vlna, která se vkládá mezi krokve.

4.3 Dotace

Cílem dotací je zajistit realizaci opatření vedoucích k úsporám energie a využití obnovitelných zdrojů energie v RD a bytech. Ministerstvo životního prostředí má program Zelená úsporám, který se zabývá těmito dotacemi.

Žádosti o podporu jsou přijímány do konce trvání Programu, nebo do vyčerpání finančních prostředků. O dotaci lze žádat jak před realizací, tak po ní, není však možné žádat o dotaci na opatření dokončená před vyhlášením Programu. Dotaci lze poskytnout na zařízení instalovaná v obytných domech, nikoli např. v objektech určených k individuální rekreaci nebo průmyslových objektech, a to ani v případě, že zde má žadatel trvalé bydliště [10].

Výše dotací u programu Zelená úsporám pro rok 2009 jsou uvedeny v následujících kapitolách[10]. Dotace je rozdělena do tří kategorií podle druhu objektu.

4.3.1 Dotace pro stávající rodinné domy

Komplexní zateplení na 70 kWh/m² až 1950 Kč/m² podlahové plochy, max. 50 % nákladů.

Komplexní zateplení na 40 kWh/m² až 1300 Kč/m² podlahové plochy, max. 50 % nákladů.

Dílčí zateplení (3 realizovaná opatření) až 850 Kč/m² podlahové plochy, max. 50 % nákladů

Dílčí zateplení (2 realizovaná opatření) až 600 Kč/m² podlahové plochy, max. 50 % nákladů.
Nutno vyměnit tepelný zdroj.

Přechod vytápění na tepelná čerpadla 30 % nákladů, max. 75.000,- Kč

Solární systémy na ohřev vody 50 % nákladů, max. 55.000,- Kč

Solární systémy na přitápění 50 % nákladů, max. 80.000,- Kč

Kombinace opatření dotace na jednotlivá opatření + bonus 20 000,- Kč

Biomasa (z tuhých a kapalných fosilních paliv a elektrického vytápění) až 60 % nákladů, max. 80.000,- Kč

4.3.2 Dotace pro stávající bytové domy

Komplexní zateplení na 55 kWh/m² až 1350 Kč /m² podlahové plochy, max. 50 % nákladů

Komplexní zateplení na 30 kWh/m² až 900 Kč /m² podlahové plochy, max. 50 % nákladů

Dílčí zateplení (3 realizovaná opatření) až 600 Kč /m² podlahové plochy, max. 50 % nákladů

Dílčí zateplení (2 realizovaná opatření) až 450 Kč/m² podlahové plochy, max. 50 % nákladů,
Nutno vyměnit tepelný zdroj.

Solární systémy na ohřev vody 50 % nákladů, max. 25.000,- Kč/byt

Solární systémy na přitápění 50 % nákladů, max. 35.000,- Kč/byt

Kombinace opatření dotace na jednotlivá opatření + bonus 50 000,- Kč/dům

Biomasa (z tuhých a kapalných fosilních paliv a elektrického vytápění) platí i pro panelové domy až 50 % nákladů, max. 25 000,- Kč/byt

4.3.3 Dotace pro novostavby

Pasivní rodinný dům 220 000,- Kč / dům

Pasivní bytový dům 140 000,- Kč / byt

Solární systémy 50 % nákladů, max. 35.000 - 80.000,- Kč

Kombinace opatření dotace na jednotlivá opatření + bonus 20.000,- Kč/dům nebo 50.000,- Kč / bytový dům

Vytápění biomasou a tepelnými čerpadly až 60 % nákladů, max. 80.000,- Kč u rodinných domů, resp. 50 % nákladů max. 25 000,- Kč / byt u bytových domů

5 ZASTOUPENÍ ZDROJŮ TEPLA POUŽÍVANÝCH PRO VYTÁPĚNÍ RD

Pro vytápění domů a bytů jsou používány zejména zdroje energie, které jsou charakterizovány v kapitole 3.1. Protože se při stavbě nového domu nebo při rekonstrukci stávajícího domu nezaznamenávají do žádné centrální databáze použité zdroje energie pro vytápění, budeme vycházet z posledního sčítání lidí, domů a bytů, které bylo provedeno v roce 2001 a z různých průzkumů.

V ČR bylo v době sčítání celkem 1 969 018 domů, z toho bylo 1 630 705 trvale obydlených. Ve všech domech bylo 4 366 293 bytů, z nichž bylo 3 827 678 trvale obydlených. V rodinných domech bylo 1 632 131 bytů, v bytových domech 2 160 730 bytů. Průměrné stáří bytových domů bylo 42,4 roky a u rodinných domů bylo průměrné stáří dokonce 60,3 roku [13].

Vytápění elektrickou energií se rozšířilo v letech 1992-1995, kdy vláda ČR propagovala elektrické přímotopné konvektory a další elektrické spotřebiče určené pro vytápění. Příznivější byla také cena za elektrickou energii. Od roku 1996 se do popředí dostal zemní plyn [9].

Technická vybavenost domů je nejvíce znát u napojení domů na plyn, na což mělo vliv i určité finanční zvýhodnění (dotace státu) při přeměně používané energie k vytápění. Plynofikace probíhala na území ČR v letech 1996–2002 [9]. Na plynovod bylo připojeno v roce 2001 52,4 % domů a tento podíl se dodnes téměř nezměnil.

Ústředním topením bylo v roce 2001 vybaveno 73,1 % domů z toho dálkovým, blokovým zásobováním 6,0 % domů a kotelnou v domě 67,1 % domů.

I když je tepelné čerpadlo poměrně dávný vynález, který jako první vynalezl anglický fyzik William Thomson Kelvin v roce 1852, dochází k jeho využívání na území ČR až v posledních letech. Ještě před 10 lety bylo v ČR jen několik stovek kusů TČ, které se používali hlavně pro vytápění průmyslových budov. Ve světě došlo k rozvoji TČ v 70 letech při zvýšení cen energie. V roce 1981 fungovalo v Evropě 100 000, v Japonsku 500 000 a v USA 3 milióny TČ [6].

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Domácnosti celkem	2 541	3 449	5 312	6 795	9 095	11 257	14 199
Meziroční nárůst	---	908	1 863	1 483	2 300	2 162	2 942

Tab. 5.1 Přehled počtu odběratelů provozujících TČ na území ČR [14]

Z tabulky 3.9 je patrné, že trend instalace TČ do domácností stále roste. Je to způsobeno vyšším podílem novostaveb vytápěných TČ a možností dotace ze státních prostředků (Státní fond životního prostředí). V roce 2008 bylo na český trh dodáno zhruba 4 000 TČ o celkovém výkonu přes 55 MW, kde největší podíl má typ TČ země-voda 52,27 % a vzduch-voda 43,53 %. Tabulka 3.10 naznačuje vývoj trhu TČ v okolních státech ČR [14].

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Celkem
Německo	6 600	7 350	7 800	9 200	13 100	12 300	13 500	16 000	85 850
Rakousko	4 850	4 750	4 600	4 890	4 840	5 360	5 980	6 580	41 850
Polsko	n/a	n/a	n/a	100	200	300	400	600	1600

Tab. 5.2 Trh s TČ ve vybraných zemích v letech 1997-2004 (vyjma vzduch-vzduch) [14]

V letech 1977-1992 bylo v bývalém Československu instalováno okolo 500 solárních kolektorů pro ohřev vody s plochou 25 tisíci m². Od roku 1977 do roku 2008 bylo v ČR nainstalováno cca 200 tisíc m² zasklených kolektorů s kovovým absorberem. Tabulka 3.11

zobrazuje celkovou instalovanou plochu činných zasklených solárních kolektorů, které jsou instalovány na území ČR. Z tabulky 3.11 je zřejmé, že největší podíl instalovaných kolektorů mají ploché zasklené kolektory, které tvoří 82,3 % celkové instalace [14].

	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ploché zasklené [m ²]	52 228	60 657	73 768	90 647	109 547	135 561
Vakuové trubicové [m ²]	6 000	7 768	10 121	13 663	19 763	28 274
Koncentrační [m ²]	727	745	805	805	805	815
Celkem [m²]	58 955	69 170	84 694	105 115	130 115	164 650
Meziročně [m ²]	---	10 215	15 524	20 421	25 000	34 535

Tab. 5.3 Celková instalovaná plocha činných systémů na území ČR [14]

Tabulka 3.12 uvádí instalaci slunečních kolektorů pro rok 2008 instalovaných v RD.

	Celková instalace [m ²]	RD – pouze TUV		RD – TUV + vytápění	
		Instalace [m ²]	Kolektor [m ²]	Instalace [m ²]	Kolektor [m ²]
Ploché zasklené	4 982	1 838	5,1	1 576	9,9
Vakuové trubicové	586	159	4,1	305	7,6
Koncentrační	0	0	0	0	0
Celkem instalace [m²]	5 568	1997	---	1881	---
Průměrná plocha kolektorů [m²]	---	---	4,6	---	9,2

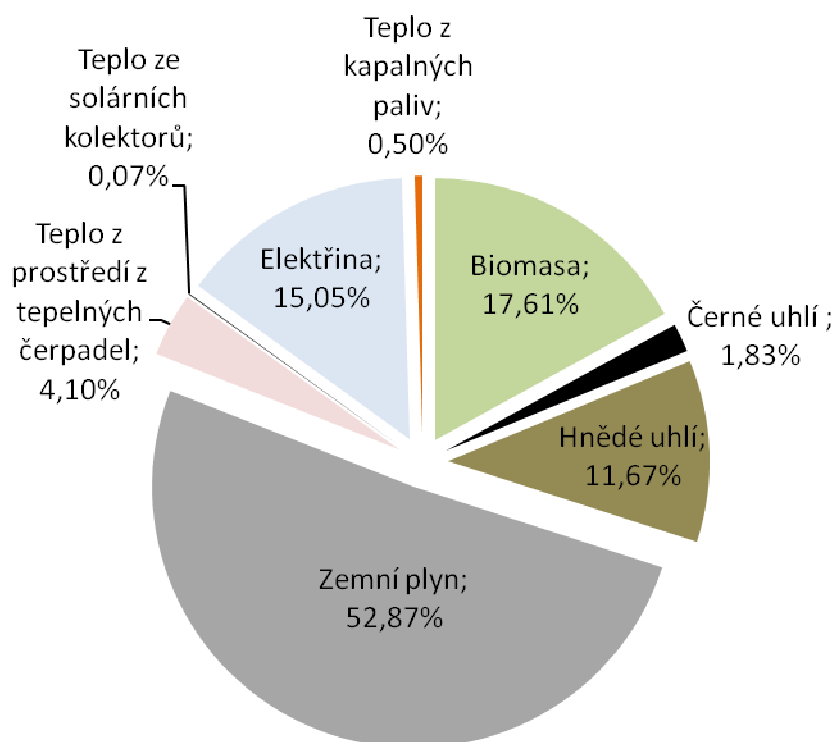
Tab. 5.4 Celková instalovaná plocha činných systémů v domácnostech ČR [14]

Ke konci roku 2008 bylo v domácnostech na RD instalováno celkem 125 tisíc m² kolektorů (vyjma bazénových absorberů) na 18 tisících instalacích (hrubý odhad) [14].

	Nově instalované [m ²]					Celkem [m ²]
	2006	2007	2008			2008
	Celkem	Celkem	Vakuové	Ploché	Celkem	Celkem
Německo	1 500 000	940 000	200 000	1 900 000	2 100 000	11 094 000
Rakousko	292 669	281 000	4 086	343 617	347 703	3 240 330
Polsko	42 400	67 000	39 812	89 820	129 632	365 676
Slovensko	8 500	9 000	1 500	12 000	13 500	95 250

Tab. 5.5 Mezinárodní srovnání instalované plochy činných systémů [14]

Odhad spotřeby biomasy v domácnostech je problém, protože oproti klasickým palivům nikdy nebudou zcela známy zdroje biomasy. Pod pojmem biomasa se rozumí dřevo získané z lesa, údržby venkovské zeleně, nákupem u obchodníků, odpad (piliny, odřezky, atd.), pelety a brikety. Odhad spotřeby dřeva a biomasy v domácnostech je pro rok 2008 odhadován na 3 397 340 t [14].



Obr. 5.1 Hrubá výroba tepla v domácnostech ČR podle paliv a technologií pro rok 2007 [14]

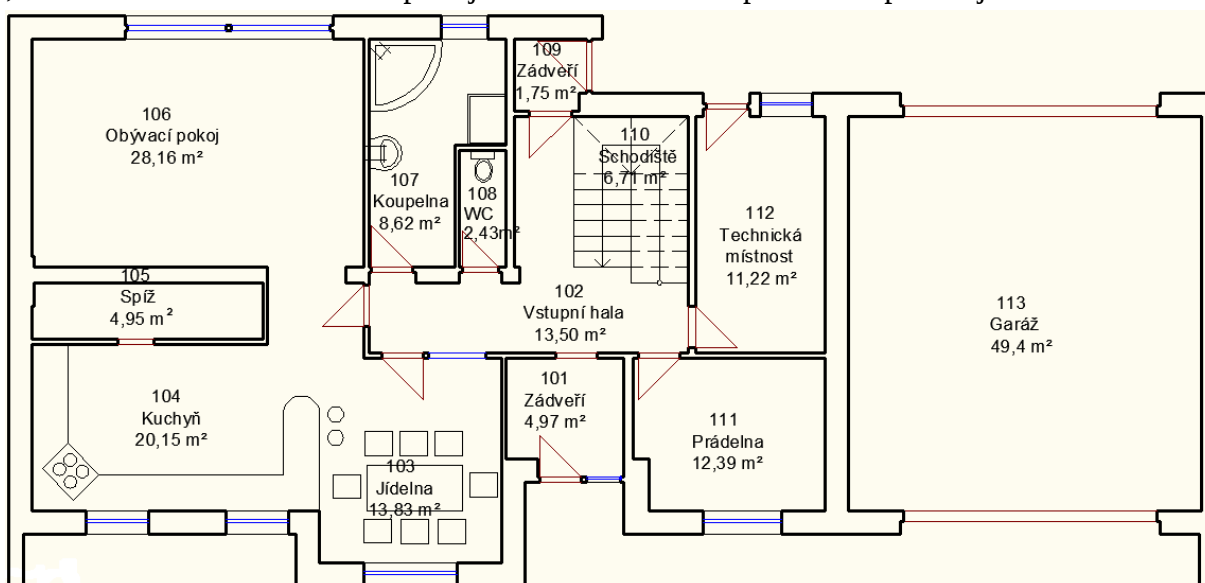
Většina informací je čerpána ze stránek Ministerstva průmyslu a obchodu, které na svých stránkách předkládá komplexní statistiky energetických zdrojů. Garantem statistiky výroby a užití tepla je Český statistický úřad. Z důvodu rostoucího využívání obnovitelných zdrojů se pro další ročníky počítá s rozšířením a zpřesnění statistiky pro obnovitelné zdroje (solární kolektory, TČ, biomasa). Informace o obnovitelných zdrojích tepla užívaných v domácnostech by se měli stát součástí sčítání lidu 2011.

6 NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGIÍ

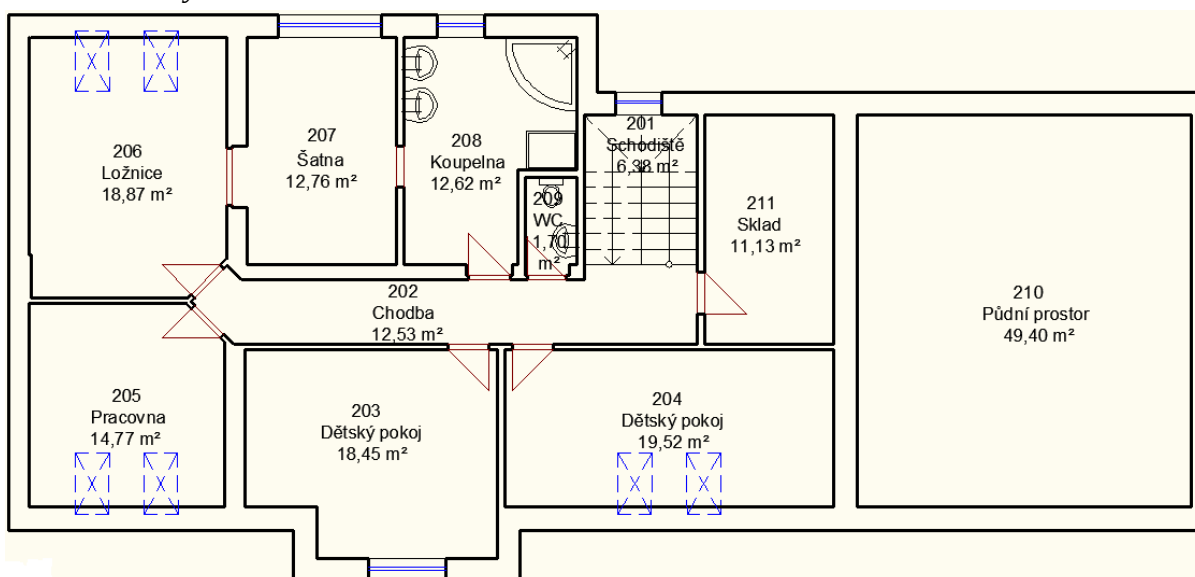
Tato kapitola se zabývá ekonomickým zhodnocením náročnosti jednotlivých technologií, které se používají pro vytápění RD. Model RD pro návrh jednotlivých řešení je reálná stavba. Na tomto modelu bude prováděn návrh okruhu pro otopnou vodu s otopnými tělesy a návrh zdroje tepla. Na závěr bude provedeno ekonomické zhodnocení jednotlivých technologií.

6.1 Technické parametry RD

Stavba je řešena jako jednopodlažní, nepodsklepená s obytným podkrovím. Nachází se v řadové zástavbě, kde sousedí z pravé i levé strany s celoročně obývaným domem. Garáž a půdní prostor nad garáží jsou uvažovány jako nevytápěné prostory. Čelní část domu je orientována na jižní stranu. Stavba je vzdálena od vozovky asi 6 m a nad úroveň vozovky, je asi 2 m, tudíž nedochází ke stínění od protějšího domu. Celková podlahová plocha je cca 256 m².



Obr. 6.1 Půdorys RD1.NP



Obr. 6.2 Půdorys RD2.NP

6.2 Energetická náročnost budovy

Výstavba RD se nachází ve Zlínském kraji v obci Havříce s nadmořskou výškou 230 m n. m. s normálními povětrnostními podmínkami. Pro výpočet jsou uvažovány klimatické podmínky pro klimatické místo Uherské Hradiště (Buchlovice).

Ochlazovaná konstrukce		Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i [W/m ² K]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta prostupem tepla $H_{Ti}=A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]
SO1	Obvodová stěna	60,3	0,211	1,00	12,7
SO2	Stěna mezi domem a garáží	92,0	0,405	0,90	36,1
SO3	Stěna mezi domem a půdou	37,9	0,313	0,90	107
SO4	Stěna mezi domem a sousedními domy	50,0	0,270	0,15	2,0
SO5	Obvodová stěna	13,5	0,270	1,00	3,6
PDL1	Podlaha na zemině	161,4	0,369	1,00	59,6
STR1	Strop pod nevytápěnou půdou	140,2	0,250	0,90	31,5
STR2	Zateplení kleštin	37,5	0,218	0,90	7,4
SCH1	Střecha	27,4	0,220	1,00	6,0
DO1	Dveře vstupní plastové 165/235	3,9	1,300	1,15	5,8
DO2	Dveře plné plastové 80/197	3,2	1,300	1,15	4,7
DB1	Dveře balkonové plastové 400/235	9,4	1,300	1,15	14,1
DB2	Dveře balkonové plastové 200/230	4,6	1,300	1,15	6,9
OJ1	Okno plastové 120/145	5,2	1,300	1,15	7,8
OJ2	Okno plastové 180/145	2,6	1,300	1,15	3,9
OJ3	Okno plastové 150/145	2,2	1,300	1,15	3,3
OJ4	Okno plastové 150/140	2,1	1,300	1,15	3,1
OJ5	Okno plastové 90/145	4,4	1,300	1,15	5,9
OJ6	Okno střešní plastové 78/140	3,9	1,400	1,15	7,0
Lineární tepelné mosty					
	Rodinný dům	661,6	0,050	1,00	33,1
Celkem		661,6			265,1

Tab. 6.1 Ochlazované konstrukce objektu

Stavba ochlazovaných konstrukcí:

1. Obvodová stěna:
 - zdivo Porotherm 44 SI
 - zateplení polystyrenem tl. 100 mm
2. Stěna mezi domem a garáží:
 - zdivo Porotherm 30 P+D
 - zateplení polystyrenem tl. 50 mm (na straně garáže)
3. Stěna mezi domem a půdou:
 - zdivo Porotherm 44 SI
4. Stěna mezi sousedními domy:
 - zdivo Porotherm 44 SI
 - dilatace z EPS 70 F tl. 30 mm
5. Podlaha na zemině:
 - mirelon a cementový potěr tl. 50 mm
6. Střecha šikmá, zateplená:
 - ochranná PE fólie
 - polystyren podlahový EPS 100 S
 - hydroizolace z asfaltových pásů
 - podkladní beton a šterkodrtový podsyp
 - sádrokarton
 - minerální vata tl. 60 mm v roštu
 - parotěsná zábrana
 - minerální vata tl. 160 mm mezi krokvemi
 - difúzní fólie, latě, krytina
7. Strop pod nevytápěnou půdou:
 - strop Porotherm tl. 250 mm

- minerální vata tl. 160 mm

okna a dveře plastová EURO

8. Vyplnění otvorů:

Z hodnot uvedených v *tabulce 6.1* a parametrů objektu byl proveden výpočet tepelné ztráty objektu obálkovou metodou. Výpočet byl proveden pomocí programu - on-line kalkulačka úspor a dotací [2]. Tepelná ztráta objektu je 10,39 kW.

Výpočet roční potřeby tepla pro vytápění [2]:

$$Q_{VYT,r} = \frac{24 \cdot \varepsilon \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e) \cdot \eta_r \cdot \eta_o} = \frac{24 \cdot 0,765 \cdot 10,39 \cdot 3730}{(20 - (-15)) \cdot 0,98 \cdot 0,98} = 21,2 \text{ MWh/rok} = 76,2 \text{ GJ/rok} \quad (6.1)$$

$$\varepsilon - \text{opravný součinitel } (\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,765) \quad (6.2)$$

e_i – součinitel respektující tepelné ztráty infiltrací a prostupem zvoleno $e_i = 0,85$

e_t – součinitel respektující přerušování vytápění v noci zvoleno $e_t = 0,9$

e_d – součinitel celkových přestávek vytápění zvoleno $e_d = 1,0$

Q_c – tepelná ztráta objektu v kW

$$D - \text{počet denostupňů } (D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 222 \cdot (20 - 3,2) = 3730 \text{ K} \cdot \text{dny}) \quad (6.3)$$

d – počet dnů vytápění v topné sezóně zvoleno $d = 222$ pro město Uherské Hradiště (Buchlovice)

t_{is} – střední vnitřní teplota za topnou sezónu zvoleno $t_{is} = 20 \text{ °C}$

t_{es} – střední venkovní teplota za topnou sezónu zvoleno $t_{es} = 3,2 \text{ °C}$

t_e – venkovní výpočtová teplota zvoleno $t_e = -15 \text{ °C}$

η_r – účinnost rozvodu vytápění závislá na délce trubního systému a kvalitě izolace zvoleno

$\eta_r = 0,98$

η_o – účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy zvoleno $\eta_o = 0,98$

Výpočet maximální denní potřeby tepla pro vytápění [2]:

$$Q_{VYT,d} = \frac{24 \cdot \varepsilon \cdot Q_c}{\eta_r \cdot \eta_o} = \frac{24 \cdot 0,765 \cdot 10,39}{0,98 \cdot 0,98} = 198,63 \text{ kWh/den} = 715 \text{ MJ/den} \quad (6.4)$$

Výpočet maximální denní potřeby tepla pro ohřev TUV [2]:

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = (1 + 0,5) \cdot \frac{1000 \cdot 4186 \cdot 0,21 \cdot (50 - 15)}{3600} = 12,8 \text{ kWh/den} = 46 \text{ MJ/den} \quad (6.5)$$

z – koeficient ztrát systému pro přípravu teplé vody zvolen $z = 0,5$

ρ – měrná hmotnost vody $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$

c – měrná tepelná kapacita vody $c = 4186 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$

V_{2p} – celková potřeba teplé vody za jeden den zvoleno $V_{2p} = 0,21 \text{ m}^3/\text{den}$

t_1 – teplota studené vody zvoleno $t_1 = 15 \text{ °C}$

t_2 – teplota ohřívání vody zvoleno $t_2 = 50 \text{ °C}$

Výpočet roční potřeby tepla pro ohřev TUV [2]:

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{(t_2 - t_{svl})}{(t_2 - t_{svz})} \cdot (N - d) = 12,8 \cdot 222 \cdot 12,8 \cdot \frac{(50 - 17)}{(50 - 5)} \cdot (365 - 222) = 3,9 \text{ MWh/rok} = 14,1 \text{ GJ/rok} \quad (6.6)$$

$Q_{TUV,d}$ – denní potřeba tepla na ohřev TUV vypočteno $Q_{TUV,d} = 12,8 \text{ kWh/den}$

d – počet dnu topného období $d = 222$

t_{svl} – teplota studené vody v létě zvoleno $t_{svl} = 17\text{ °C}$

t_{svz} – teplota studené vody v zimě zvoleno $t_{svz} = 5\text{ °C}$

N – obvyklý počet dnů příprav TUV za rok $N = 365$

Výpočet pokrytí roční potřeby tepla pro ohřev TUV pomocí TČ :

$$Q_{TUV,r,TČ} = Q_{TUV,r} \cdot \frac{t_{TČ}}{t_{TUV}} = 3900 \cdot \frac{41}{50} = 3198 \text{ MWh/rok} = 11,5 \text{ GJ/rok} \quad (6.7)$$

$Q_{TUV,r}$ – roční potřeba tepla na ohřev TUV vypočteno $Q_{TUV,r} = 3900 \text{ kWh/rok}$

$t_{TČ}$ – výstupní teplota z výparníku TČ zvoleno $t_{TČ} = 41\text{ °C}$

t_{TUV} – požadovaná teplota TUV zvoleno $t_{TUV} = 50\text{ °C}$

Výpočet pokrytí roční potřeby tepla pro ohřev TUV pomocí bojleru:

$$Q_{TUV,r,BOJ} = Q_{TUV,r} - Q_{TUV,r,TČ} = 3900 - 3198 = 702 \text{ kWh/rok} = 2,6 \text{ GJ/rok} \quad (6.8)$$

$Q_{TUV,r}$ – roční potřeba tepla na ohřev TUV vypočteno $Q_{TUV,r} = 3900 \text{ kWh/rok}$

$Q_{TUV,r,TČ}$ – roční pokrytí potřeby tepla na ohřev TUV pomocí TČ vypočteno

$Q_{TUV,r,TČ} = 3198 \text{ kWh/rok}$

Výpočet celkové roční potřeby tepla pro vytápění a ohřev TUV:

$$Q_{TUV,r,CEL} = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = 21,2 + 3,9 = 25,1 \text{ MWh/rok} = 90,3 \text{ GJ/rok} \quad (6.9)$$

$Q_{VYT,r}$ – roční potřeba tepla pro vytápění vypočteno $Q_{VYT,r} = 21,2 \text{ MWh/rok}$

$Q_{TUV,r}$ – roční potřeba tepla na ohřev TUV vypočteno $Q_{TUV,r} = 3,9 \text{ MWh/rok}$

Celková vypočtená roční dodaná energie pro vytápění a ohřev TUV je 90,3 GJ/rok (25,1 MWh/rok). Tato hodnota nezahrnuje dodanou energii pro elektrické spotřebiče domácnosti (osvětlení, bílá technika, apod.). energii spotřebovanou elektrickými spotřebiči bude předpokládat 14,4 GJ/rok (4 MWh/rok).

6.3 Návrh otopné soustavy

Otopná soustava bude řešena jako ústřední dvoutrubková s nuceným oběhem. Zdroj tepla bude umístěn v technické místnosti a odtud bude otopná voda rozdělována rozdělovačem do celého domu pomocí měděných a plastových trubek. Předávání tepla do místností bude prováděno deskovými otopnými tělesy a podlahovým vytápěním. Obě koupelny budou dodatečně vybaveny otopnými trubkovými tělesy. Desková otopná tělesa budou vybavena termohlavicemi. Regulace podlahového vytápění bude provedena elektronicky, kde pokojový termostat bude komunikovat s kotlem a regulací na rozdělovači.

Před návrhem otopné soustavy bylo nutno znát tepelné ztráty jednotlivých otopných místností. Výpočet byl proveden programem - výpočet tepelné ztráty objektu/místnosti [2]. Jako první byl proveden návrh podlahových otopných okruhů pomocí programu WinPedo [20]. Návrh podlahových otopných okruhů byl proveden jako první, protože místnosti s malou plochou by nemuseli pokrýt ztráty, nebo by docházelo k překročení povrchové teploty podlahy. V návrhu byla zvolena hraniční teplota povrchu podlahy 30 °C. Teplota povrchu podlahy se v jednotlivých místnostech liší podle využití dané místnosti. Pro návrh otopných těles byl použit program KORADO [21]. V 2.NP převažuje použití deskových otopných těles. V místnostech by bylo

možno použít i podlahové vytápění, ale z ekonomických důvodů jsou zvolena desková otopná tělesa.

Číslo místnosti	Místnost	Plocha míst. [m ²]	Teplota v místn. [°C]	Tepelná ztráta místnosti [W]	Tepelný výkon podlahového okruhu [W]	Tepelný výkon otopného tělesa [W]
101	Zádveří	4,97	20	421	430	-
102	Vstupní hala	13,50	20	505	508	-
103	Jídelna	13,83	20	586	597	-
104	Kuchyň	20,15	20	1243	1250	-
105	Spíž	4,95	15	-231	-	-
106	Obývací pokoj	28,16	20	1457	1473	-
107	Koupelna	8,62	24	603	348	255
108	WC	2,43	20	-52	-	-
109	Dvorní zádveří	1,75	20	175	-	176
110	Schodiště	6,17	20	zahrnuto v místnosti 102		
111	Prádelna	12,39	20	543	-	590
112	Technická místnost	11,22	15	291	-	320
113	Garáž	49,40	10	2161	-	-

Tab. 6.2 Tepelné ztráty místností, tepelné výkony podlahových okruhů a otopných těles pro 1.NP

Číslo míst.	Tepelný výkon podlahového okruhu [W/m ²]	Plocha otopné soustavy [m ²]	Rozteč [cm]; délka trubek [m]	Materiál podlahy	Typ otopného tělesa
101	89,55	4,8	16; 32,0	Keram. dlažba	-
102	49,82	10,2	40; 27,5	Laminát	-
103	49,82	12,0	40; 32,0	Laminát	-
104	70,67	17,7	24; 74,92	Laminát	-
106	59,17	24,9	32; 79,81	Laminát	-
107	69,65	5,0	16; 33,25	Keram. dlažba	KL 1830x750
109	-	-	-	Keram. dlažba	20-5080-5 KLASIK
111	-	-	-	Keram. dlažba	21-6180-5 KLASIK
112	-	-	-	Keram. dlažba	21-6070-5 KLASIK

Tab. 6.3 Navržené parametry podlahových okruhů a otopných těles pro 1.NP

Pozn.: Označení u otopného tělesa např. 20-5080-5 KLASIK znamená, že jde o deskové otopné těleso s rozměry 20x500x800 mm (šířka x výška x délka).

Pozn.: Označení u otopného tělesa KL 1830x750 znamená, že jde o trubkové otopné těleso s rozměry 1830x750 mm (délka x výška).

Číslo místnosti	Místnost	Plocha míst. [m ²]	Teplota v místn. [°C]	Tepelná ztráta místnosti [W]	Tepelný výkon podlahového okruhu [W]	Tepelný výkon otopného tělesa [W]
201	Schodiště	6,38	20	zahrnuto v místnosti 202		
202	Chodba	12,53	20	572	580	-
203	Dětský pokoj	18,45	20	897	-	902
204	Dětský pokoj	19,52	20	595	-	2x298
205	Pracovna	14,77	20	560	-	2x295
206	Ložnice	18,87	20	625	-	2x656
207	Šatna	12,76	20	373	-	383
208	Koupelna	12,62	24	935	782	154
209	WC	1,70	20	-30	-	-
210	Půdní prostor	49,40	5	1423	-	-
211	Sklad	11,13	15	zahrnuto v místnosti 202		

Tab. 6.4 Tepelné ztráty místností, tepelné výkony podlahových okruhů a otopných těles pro 2.NP

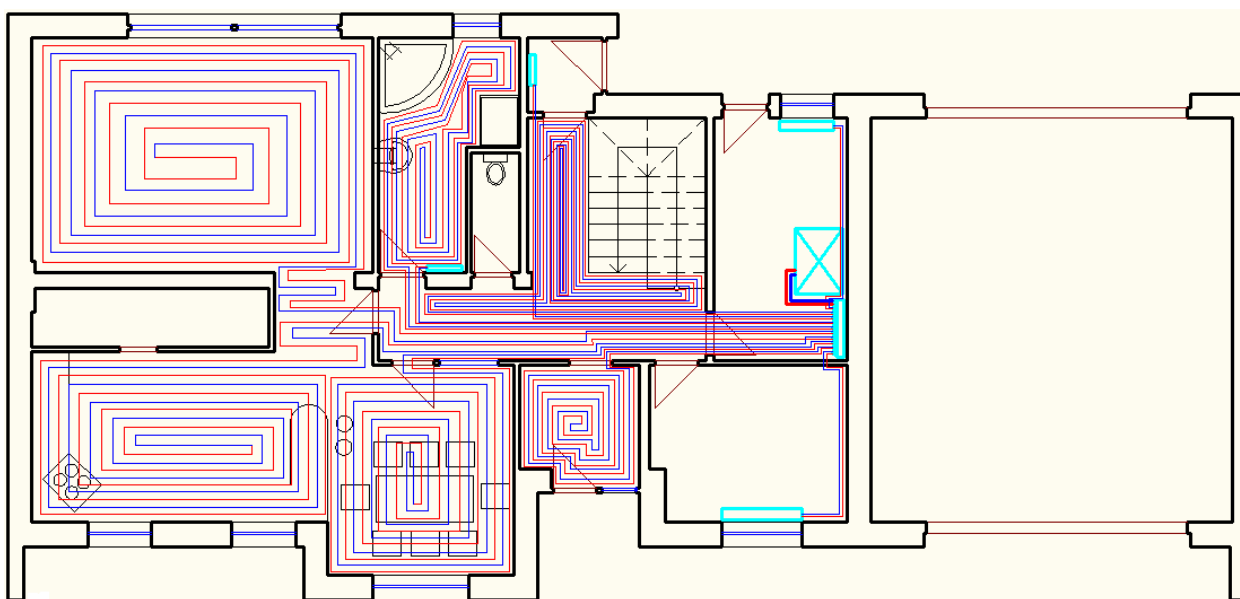
Číslo místn.	Tepelný výkon podlahového okruhu [W/m ²]	Plocha otopné soustavy [m ²]	Rozteč [cm]; délka trubek [m]	Materiál podlahy	Typ otopného tělesa
202	63,81	9,1	44; 22,68	Laminát	-
203	-	-	-	Koberec	33-9110-5 KLASIK
204	-	-	-	Koberec	2x22-6070-5 KLASIK
205	-	-	-	Laminát	2x21-6100-5 KLASIK
206	-	-	-	Koberec	2x21-6100-5 KLASIK
207	-	-	-	Koberec	22-6090-5 KLASIK
208	86,92	9	32; 30,13	Keram. dlažba	KL 780x1000

Tab. 6.5 Navržené parametry podlahových okruhů a otopných těles pro 2.NP

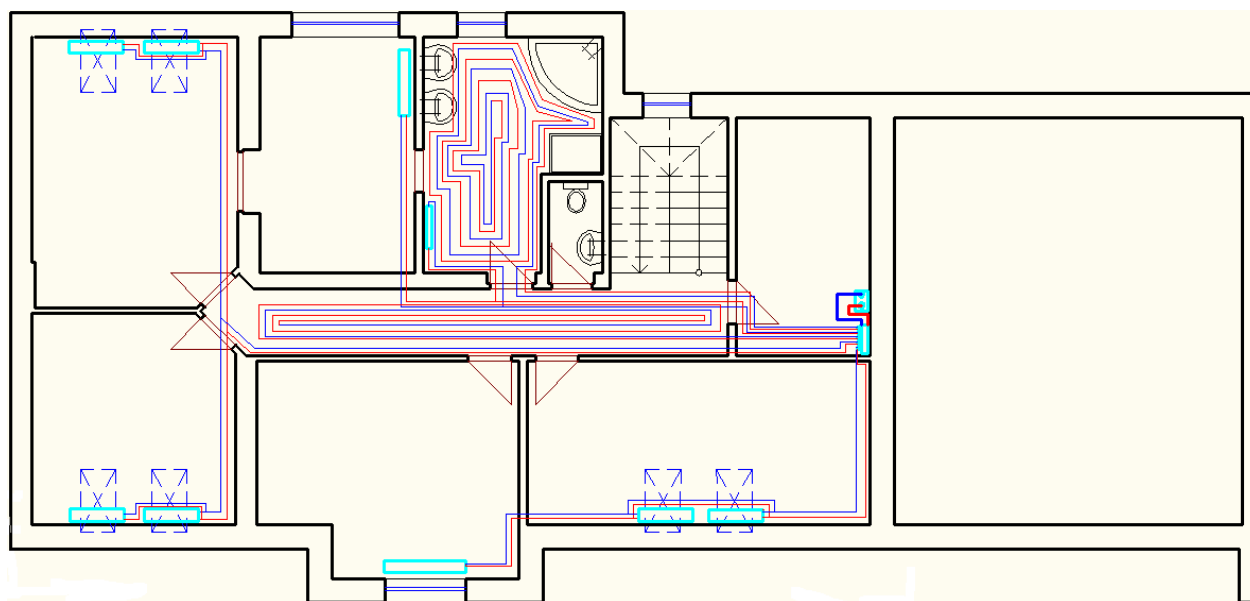
U podlahového otopného okruhu jsou použity trubky 16x2 SKIN, kde jádro trubky je vyrobeno ze síťovaného polyetylenu PE-Xc.

Při návrhu podlahového otopného okruhu je důležitým kritériem tepelný spád. Tepelný spád pro podlahové vytápění by měl být v rozmezí 4 až 6 °C, přičemž doporučené maximum je 8 °C. Tyto zásady jsou dány principem, na kterém podlahové vytápění pracuje. Vyšší teplotní rozdíl způsobí nerovnoměrnou teplotu povrchu podlahy, což sníží kvalitu tepelné pohody. Existují jisté hygienické limity maximální teploty povrchu podlahy, která by neměla překročit 28 °C, v místnostech s trvalým pobytem osob. Tento limit je definován jako střední teplota povrchu podlahy. Pokud je teplotní rozdíl příliš velký, tak existují místa s teplotou např. 24°C a místa s teplotou 30 °C [2].

Pro podlahovou otopnou soustavu byl zvolen tepelný spád otopného vody 41/35 °C. Tento tepelný spád byl zvolen i pro otopnou soustavu s otopnými tělesy. Díky tomu se celá soustava zjednoduší a také můžete počítat s vyšší úsporou, protože tepelné čerpadlo bude pracovat s nižší teplotou otopné vody.



Obr. 6.3 Realizace otopné soustavy RD v 1.NP



Obr. 6.4 Realizace otopné soustavy RD v 2.NP

6.4 Volba zdrojů tepla a ekonomické zhodnocení jednotlivých technologií

Zdroj tepla je nejdůležitější částí celé otopné soustavy. Od zdroje tepla se odvíjí ekonomická a ekologická náročnost realizace otopné soustavy. V této kapitole bude provedeno několik návrhů zdrojů tepla a jejich vzájemné porovnání. Tepelná ztráta objektu určuje výkon navrhovaného zdroje tepla, v tomto případě bude výkon zdroje tepla roven nebo větší jak 10,39 kW.

6.4.1 Volba plynového kondenzačního kotle

Vytápěním plynovým kotlem je nejrozšířenější v ČR a díky plynofikaci je i snadno dostupné. Pro zvolený objekt budeme uvažovat kondenzační plynový kotel, který má větší účinnost než klasické plynové kotle.

Pro objekt volíme nástěnný plynový kondenzační kotel Dakon KZ 15 B s topným výkonem 4 až 15 kW.

Parametry uváděné výrobcem [15]:

Spotřeba zemního plynu při srovnávacích podmínkách 0,5 až 1,56 m³/hod

Jmenovitý výkon při spádu 50/30 °C 15,5 kW

Minimální výkon při spádu 50/30 °C 4 kW

Účinnost až 106 %

Hlučnost <55 dB

Napájecí napětí 230/50 V/Hz

Elektrický příkon 130 W

Rozsah nastavení teploty otopné vody 20 až 90 °C

Koaxiální odtah spalin průměr 100/60 mm

Dvoutrubkový odtah spalin průměr 80 mm

Provedení kotle C13 C33 C43 C53 C83 -

Teplota spalin 32-85 °C



Obr. 6.5 Kondenzační plynový kotel Dakon KZ 15 B

Kotel KZ 15 B je konstruován s vestavěným 60 l zásobníkem pro ohřev TUV. Dlouhou životnost zaručuje nerezový výměník. Zapalování je provedeno elektrickou jiskrou s elektronickou kontrolou plamene snímáním ionizačního proudu. Řízení je realizováno mikroprocesorově s možností nastavení mnoha provozních parametrů. Provoz kotle lze řídit termostatem nebo modulačním programátorem pro využití obousměrné komunikace. Součástí kotle je displej pro zobrazení provozních hodnot včetně nastavených parametrů a kódů případných poruch. Kotel je vybaven ochranným zařízením proti zamrznutí a anticyklaci. Odvod spalin a přívod spalovacího vzduchu je možný přes zeď bez potřeby napojení na komín nebo s možností odvodu spalin do komína.

6.4.1.1 Ekonomická bilance plynového kotle

Ekonomická bilance zahrnuje pořizovací i provozní náklady spojené s vytápěním ohřevem TUV pomocí plynového kotle. Plynový kondenzační kotel je zároveň zásobník TUV a díky tomu ušetříme náklady spojené s pořizováním bojleru nebo jiného ohřívače TUV.

Pořizovací náklady:

Položka	Součásti položky	Cena [Kč vč. DPH]
Plynový kondenzační kotel	Dakon KZ 15 B	34984
Odtah spalin	koaxiální střešní odtah nad šikmou střechu, spojka odtahu spalin, střešní taška pro odtah spalin, šikmá průchodka, trubka pro vedení spalin, gumová příruba	15245
Montáž	upevnění, naplnění, revize systému, materiál	14064
Přípojka	dokumentace, zaměření, materiál, montáž, napojení na plynovod, revize	17731
Celkem		82024

Tab. 6.6 Pořizovací náklady plynového kondenzačního kotle**Provozní náklady:**

Množství spotřebovaného paliva je získáno z programu dostupného na webových stránkách [2]. Výpočet vychází z roční potřeby tepla na vytápění nebo na ohřev TUV (viz kapitola 6.2) a předpokládané účinnosti dané technologie. Tento způsob výpočtu spotřeby paliva je použit i u ostatních zdrojů tepla, kterými se budeme zabývat později.

Spotřeba zemního plynu na vytápění při účinnosti spalování 106%:

$$W_V = 22170 \text{ kWh/rok}$$

Spotřeba zemního plynu na ohřev TUV při účinnosti spalování 106%:

$$W_{TUV} = 4102 \text{ kWh/rok}$$

Spotřeba zemního plynu na vytápění a ohřev TUV:

$$W_{V,TUV} = 22170 + 4102 = 26272 \text{ kWh/rok} = 26,272 \text{ MWh/rok} = 2502 \text{ m}^3/\text{rok} \quad (6.10)$$

Spotřeba elektrické energie domácích spotřebičů:

$$W_{SPOT} = 4000 \text{ kWh/rok}$$

Výpočet ceny za spotřebu zemního plynu [16]:

Dle roční spotřeby zemního plynu provedeme zařazení do pásma odběru, které je v tomto případě 25 - 30 MWh/rok.

Roční paušální platba za odběr plynu:

stálá platba za dodávku [Kč/měsíc] $\times$ počet měsíců

$$\text{Roční paušální platba: } 300,96 \times 12 = 3611,52 \text{ Kč/rok vč. DPH} \quad (6.11)$$

Cena odebraného plynu za rok:

spotřeba [MWh/rok] $\times$ cena za odebraný plyn [Kč/MWh]

$$\text{Cena odebraného plynu: } 26,272 \times 1049,80 = 27580,35 \text{ Kč/rok vč. DPH} \quad (6.12)$$

Celková roční platba za zemní plyn:

roční paušální platba [Kč/rok] + cena odebraného plynu [Kč/rok]

$$\text{Roční platba za zemní plyn: } 3611,52 + 27580,35 = 31091,73 \text{ Kč/rok vč. DPH} \quad (6.13)$$

Výpočet ceny za spotřebu elektrické energie [17]:

Protože v objektu se nepoužívá elektřina pro vytápění nebo ohřev vody je pro objekt nejvýhodnější sazba D 02d, která je vhodná pro odběrná místa bez významného zastoupení elektrických akumulčních či přímotopných spotřebičů se střední spotřebou. Sazba není dělena do nízkého a vysokého tarifu. Hodnota hlavního jističe je $3 \times 20 \text{ A}$.

Roční paušální platba:počet měsíců $\times$ (stálá měsíční platba za dodávku elektřiny [Kč] + měsíční platba za příkon podle jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe před elektroměrem [Kč])

$$\text{Roční paušální platba: } 12 \times (58 + 65) = 1476 \text{ Kč/rok vč. DPH} \quad (6.14)$$

Cena za dodanou a distribuovanou elektřinu:spotřeba el. energie [MWh/rok] $\times$ (cena za dodávku elektřiny [Kč/MWh] + sazba daně z elektřiny [Kč/MWh] + cena za distribuované množství elektřiny [Kč/MWh] + cena za systémové služby [Kč/MWh] + cena na podporu výkupu elektřiny z OZE, KVET a DZ [Kč/MWh] + cena za činnost OTE [Kč/MWh])

$$\begin{aligned} \text{Náklady za spotřebu: } & 4 \times (1975 + 33,96 + 2232,59 + 186,48 + 199,61 + 5,70) = \\ & = 18533,36 \text{ Kč/rok vč. DPH} \end{aligned} \quad (6.15)$$

Celková roční platba za elektřinu:

roční paušální platba [Kč/rok] + cena za dodanou a distribuovanou elektřinu [Kč/rok]

$$\text{Roční platba za elektřinu: } 1476 + 18533,36 = 20009,36 \text{ Kč/rok vč. DPH} \quad (6.16)$$

Celková roční platba za energie (elektřina a zemní plyn):

$$\text{Roční platba za energie: } 31091,73 + 20009,36 = 51101,09 \text{ Kč/rok vč. DPH} \quad (6.17)$$

6.4.2 Volba tepelného čerpadla

Volba druhu TČ závisí hlavně na místních podmínkách z hlediska dostupnosti dostatečného množství nízkopotenciálního tepla. V tomto případě připadá v úvahu TČ země/voda nebo vzduch/voda. Pro objekt volíme TČ země/voda, které je schopno ušetřit (při výstupní teplotě do 50°C) cca 65 až 70% nákladů na teplo. Pro TČ vzduch/voda v našich klimatických podmínkách, zejména v nižších polohách (do 500 m n.m.) je schopno uspořit (při výstupní teplotě do 50°C) asi 55 až 60% nákladů na vytápění. TČ země/voda bude realizováno jako plošný kolektor. Provozní náklady jsou u tohoto zdroje podobné jako u hlubinných vrtů. Pořizovací náklady jsou však podstatně nižší. Plošný kolektor vyžaduje na 1 kWh výkonu tepelného čerpadla cca 40 až 50 m^2 plochy což v tomto případě představuje plochu kolem 500 m^2 [2].

Pro objekt bylo zvoleno TČ AQM 26Z od firmy Master Therm s maximálním výkonem 12,9 kW při teplotním spádu $10/41^\circ\text{C}$. TČ by mělo pokrýt celkovou roční potřebu tepla na vytápění i na ohřev TUV. K TČ lze přikoupit nadstandardní zařízení desuperheater, které využívá přebytečného tepla a ohřívá otopnou vodu, až na teplotu 60°C . TČ je připojeno k akumulční nádobě kterou natápí a k bojleru. TUV je ohřívána přes výměník v akumulční nádobě, a pokud je teplota nižší, jak požadovaná tedy 50°C je dohřívána v bojleru. Z akumulční nádrže je dále

napájena kombinovaná otopná soustava. Otopná voda vstupuje do rozdělovače. Jeden výstup vstupuje přímo do radiátorové otopné soustavy. Druhý výstup vstupuje přes směšovací třicestný ventil a do dalšího topenářského rozdělovače, z něj vystupují dva výstupy pro napájení podlahové otopné soustavy, pro každé patro zvlášť. V obou výstupech jsou oběhová čerpadla. Chladnější voda přicházející z otopných soustav je přiváděna přes rozdělovač zpět do akumulární nádrže.

Technické parametry uváděné výrobcem [18]:

Pracovní teploty	B0W35	B0W50	B10W35	B10W50	B-5W35
Topný výkon [kW]	10,1	9,3	13,3	12,3	8,6
Příkon [kW]	2,3	3,2	2,3	3,3	2,3
Topný faktor[-]	4,4	2,9	5,7	3,8	3,7
Provozní proud[A]	5,1	6,6	5,2	6,8	5,1

Tab. 6.7 Výkonové údaje TČ

Pozn. Parametr B0/W35, tj. teplota směsi vstupující do výparníku 0 °C/ teplota otopného média vystupující z TČ 35 °C.

Kompresor

Typ Benchmark
Otáčky 2900 1/min
Max. prov. Proud 10,2 A

Výparník

Typ Deskový nerezový
Materiál AISI316
Příkon čerpadla max. 150 W

Kondenzátor

Typ Deskový nerezový
Materiál AISI316
Příkon čerpadla max. 100 W

Regulace

Regulátor pCOxs
Čidlo topné vody Ano
Čidlo TUV Ano
Venkovní čidlo Ano
Ekvitermní regulace Ano
Chladivo

V základní výbavě:

- Integrovaný ovládací panel PGD
- Ekvitermní systém MaR Carel
- Elektronicky řízený expanzní ventil
- Vestavěné oběhové čerpadlo
- Ovládaní pro jeden čerpadlový okruh, jeden směšovací okruh (nebo čerpadlový) a TUV

Chladicí okruh

Chladivo R407c
Náplň 1,7 kg

Napájení

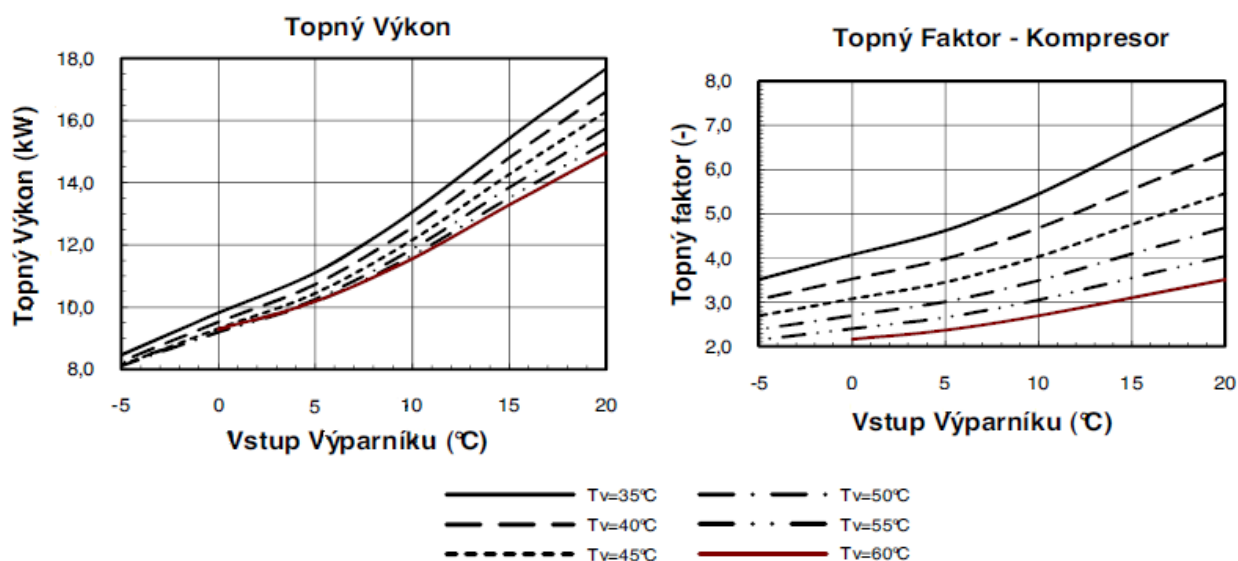
Napětí 3x400 V
Frekvence 50 Hz
Max. proud 11 A

Limitní provozní parametry

Směs min/max -5/+20 °C
Voda min/max 20/60 °C



Obr. 6.6 TČ Master Therm AQM 26Z [18]



Obr. 6.7 Topný výkon a topný faktor TČ Master Therm pro různé výstupní teploty z výparníku [18]

6.4.2.1 Ekonomická bilance TČ

Pořizovací náklady:

Položka	Součásti položky	Cena [Kč vč. DPH]
Tepelné čerpadlo	AQM 26Z, expanzní karta, připojení na internet (rozšíření záruka na 7 let), Desuperheater, sledovač fází, chladivo R134a,	187220
Plošný kolektor	výkop drážky 1,2 m hluboké a 0,3 m široké, FAST kolektor 32 x 2,9 dlouhý 500m, chladivo R407C	66484
Montáž	zapojení všech komponent, materiál pro propojení, naplnění, revize systému, zaškolení	32476
Akumulační nádoba	ECOTHERM AK 200 l, izolace GRAINER 80, TUV výměník	28426
Bojler	DRAŽICE OKC 100/1m ² , 100 l	7300
Celkem		321916

Tab. 6.8 Pořizovací náklady TČ

Provozní náklady:

Spotřeba elektrické energie na vytápění při průměrném topném faktoru 4,5:

$$W_V = 4704 \text{ kWh/rok}$$

Spotřeba elektrické energie na ohřev TUV pomocí TČ při průměrném topném faktoru 4,5:

$$W_{TUV, TČ} = 710 \text{ kWh/rok}$$

Spotřeba elektrické energie na ohřev TUV pomocí bojleru při účinnosti 93%:

$$W_{TUV, BOJ} = 737 \text{ kWh/rok}$$

Celková spotřeba elektrické energie na ohřev TUV:

$$W_{TUV} = W_{TUV, TČ} + W_{TUV, BOJ} = 710 + 737 = 1447 \text{ kWh/rok} \quad (6.18)$$

Spotřeba elektrické energie domácích spotřebičů:

$$W_{SPOT} = 4000 \text{ kWh/rok}$$

Spotřeba elektrické energie na vytápění, ohřev TUV a domácí spotřebiče:

$$W_{V, TUV, SPOT} = 4704 + 1447 + 4000 = 10151 \text{ kWh/rok} = 10,151 \text{ MWh/rok} \quad (6.19)$$

Výpočet ceny za spotřebu elektrické energie [17]:

Protože v objektu se používá elektřina pro vytápění a ohřev TUV je pro objekt nejvýhodnější sazba D 56d. Sazba D 56d je vhodná pro systém vytápění TČ. Pro sazbu D 56d platí, že tepelný výkon čerpadla musí krýt minimálně 60 % tepelných ztrát vytápěného objektu. Časové vymezení doby platnosti NT je prováděno distributorem v celkové délce minimálně 20 hodin denně. V průběhu dne může distributor dobu platnosti nízkého tarifu operativně měnit. Pro objekt je zvolen hlavní jistič $3 \times 25 \text{ A}$.

Roční paušální platba:

$$\text{Roční paušální platba: } 12 \times (58 + 306) = 4368 \text{ Kč/rok vč. DPH (viz výpočet 6.14)} \quad (6.20)$$

Cena za dodanou a distribuovanou elektřinu pro vytápění:

spotřeba el. energie [MWh/rok] $\times$ (cena za dodávku elektřiny NT [Kč/MWh] + sazba daně z elektřiny [Kč/MWh] + cena za distribuované množství elektřiny NT [Kč/MWh] + cena za systémové služby [Kč/MWh] + cena na podporu výkupu elektřinyz OZE, KVET a DZ [Kč/MWh] + cena za činnost OTE [Kč/MWh])

$$\begin{aligned} \text{Náklady za vytápění: } & 4,704 \times (1946 + 33,96 + 28,24 + 186,48 + 199,61 + 5,70) = \\ & = 11289,55 \text{ Kč/rok vč. DPH} \end{aligned} \quad (6.21)$$

Cena za dodanou a distribuovanou elektřinu pro ohřev TUV:

$$\begin{aligned} \text{Náklady za ohřev TUV: } & 1,447 \times (1946 + 33,96 + 28,24 + 186,48 + 199,61 + 5,70) = \\ & = 3472,79 \text{ Kč/rok vč. DPH (viz výpočet 6.21)} \end{aligned} \quad (6.22)$$

Cena za dodanou a distribuovanou elektřinu v NT pro ostatní spotřebu:

$$\text{Využití NT: } 20 / 24 = 0,83 \quad (6.23)$$

(využití NT $\times$ spotřeba el. energie [MWh/rok]) $\times$ (cena za dodávku elektřiny NT [Kč/MWh] + sazba daně z elektřiny [Kč/MWh] + cena za distribuované množství elektřiny NT [Kč/MWh] + cena za systémové služby [Kč/MWh] + cena na podporu výkupu elektřinyz OZE, KVET a DZ [Kč/MWh] + cena za činnost OTE [Kč/MWh])

$$\begin{aligned} \text{Náklady za el. energii v NT: } & (0,83 \times 4) \times (1946 + 33,96 + 28,24 + 186,48 + 199,61 + 5,70) = \\ & = 7967,97 \text{ Kč/rok vč. DPH} \end{aligned} \quad (6.24)$$

Cena za dodanou a distribuovanou elektřinu ve VT pro ostatní spotřebu:

$$\text{Využití VT: } 4 / 24 = 0,17 \quad (6.25)$$

(využití VT $\times$ spotřeba el. energie [MWh/rok]) $\times$ (cena za dodávku elektřiny VT [Kč/MWh] + sazba daně z elektřiny [Kč/MWh] + cena za distribuované množství elektřiny VT [Kč/MWh] + cena za systémové služby [Kč/MWh] + cena na podporu výkupu elektřinyz OZE, KVET a DZ [Kč/MWh] + cena za činnost OTE [Kč/MWh])

$$\text{Náklady za el. energii ve VT: } (0,17 \times 4) \times (2608 + 33,96 + 278,81 + 186,48 + 199,61 + 5,70) = 2252,54 \text{ Kč/rok vč. DPH} \quad (6.26)$$

Celková cena za dodanou a distribuovanou elektřinu v NT a VT pro ostatní spotřebu:

náklady za el. energii v NT [Kč/rok] + náklady za el. energii ve VT [Kč/rok]

$$\text{Náklady za el. energii v NT a VT: } 7967,97 + 2252,54 = 10220,51 \text{ Kč/rok vč. DPH} \quad (6.27)$$

Celková roční platba za elektřinu a tedy i za energie:

roční paušální platba [Kč/rok] + náklady za vytápění [Kč/rok] + náklady za ohřev TUV [Kč/rok] + náklady za el. energii v NT a VT [Kč/rok]

$$\text{Roční platba za elektřinu: } 4368 + 11289,55 + 3472,79 + 10220,51 = 29350,85 \text{ Kč/rok vč. DPH} \quad (6.28)$$

6.4.3 Volba kotel na biomasu

Současný trh s kotli spalující biomasu nabízí celkem širokou nabídku produktů. Kotle se liší výkonem, cenou, náročností na údržbu, provoz i druhem paliva. Nejjednodušší jsou kotle na různá tuhá paliva. U takových kotlů lze střídát třeba uhlí a oblíbené pelety. Spotřebitelé je často kupují, protože mají nízké pořizovací náklady, ale jejich účinnost a komfortnost není v dnešní době dostatečná.

Kvalitnější peletové kotle mají nejen lepší poměr výkonu a množství paliva, ale i výrazně jednodušší obsluhu. Například u samozážehových kusů vybavených automatickým dávkovačem stačí nastavit termostat a kotel sám přikládá podle potřeby. V takovém případě je zapotřebí jej jen čistit od sazí a popele, což u dobrého kotle a kvalitních pelet stačí jednou za dva týdny.

Při koupi nového peletového kotle je třeba důsledně ověřit na jaké typy pelet je kotel stavěn. Rozeznáváme kvalitní dřevní pelety odpovídající normě DIN CERTCO, které vyhovují veškerým peletovým kotlům na trhu, ale také další typy směsných pelet, kůrových pelet, rašelinových pelet nebo agropellet, které jsou sice levnější, ale zde je třeba od výrobce peletového kotle zjistit možnost jejich používání. Tyto pelety totiž nepodléhají přísné kontrole při výrobě a nesplňují některé materiálové vlastnosti dané normou DIN. Takovéto typy pelet lze potom spalovat pouze v doporučených nebo speciálně uzpůsobených peletových kotlích.

Roční spotřeba standardně velkého středně zaizolovaného rodinného domu se při ztrátách cca 12 kW pohybuje kolem 5 až 6 tun kvalitních dřevěných pelet. Cena dřevěných pelet se pohybuje v letních měsících od 4000, Kč/t dle dodavatele a dopravní vzdálenosti, v zimních měsících však může vystoupit až na 6500 Kč/t, což přestává být rentabilní. Dodávku pelet je tedy nutné zajistit ještě před začátkem topné sezóny a v zimních měsících dle potřeby dokupovat jen nezbytně nutné množství pelet, pokud nám stávající zásoba nevystačí.

V České republice je situace s dodávkami pelet složitější. Jelikož se zde jedná v o relativně novou záležitost, výrobní kapacity na vhodná tvarová biopaliva pro vytápění rodinných domů (rozumějme pelety, brikety, v omezené míře také dřevní štěpku) teprve startují, může odběratel narazit na několik nesnází při zajištění dostatečného množství vhodného biopaliva v odpovídající kvalitě.

Dovoz pelet do domácností může být realizován několika způsoby. V ČR je nejběžnější doprava ve velkých textilních vacích (Big Bag), plastových pytlích, nebo volně ložené nákladní automobil s plachtou či v cisterně.

Variant pro uskladnění pelet např. v rodinných domech může být několik. Vždy je třeba mít na paměti, že by sklad pelet měl být řešen jako samostatný požární úsek bez umístění dalších technologických tepelných zařízení a neměly by zde být ani elektrické zásuvky, osvětlení a vypínače. Ve skladech a zásobnících pelet také musí být zaručeno dostatečné odvětrání.

V praxi se ukazují výhodné 3 varianty skladování pelet s pneumatickým podavačem paliva do automatického peletového kotle. Jedná se o varianty [2]:

1. vyčlenění místnosti pro sklad pelet se speciálním podávacím pneumatickým systémem
2. vyspádování skladu pelet do středového kanálu se šnekovým dopravníkem
3. instalace speciálního textilního zásobníku nebo konstrukce na Big Bagy.

Základní vlastnosti dřevěných pelet:

- průměr cca 6 mm
- délka 10 až 50 mm
- hustota min. 1100 kg/m³
- hmotnost v sypaném stavu 650 až 700 kg/m³
- výhřevnost cca 18 MJ/kg
- 100% přírodní hmota bez chemických pojiv
- neutrální bilance CO₂ při spalování

Z katalogu firmy OPOP byl vybrán kotel WOODY 16. Kotel Woody představuje moderní způsob vytápění prostřednictvím biomasy - dřevěnými peletami. Je konstruován jako komplet, který se skládá z kotle, nerezového hořáku, šnekového podavače pelet, elektronické řídicí jednotky a násypky (220 kg). Palivo je dopravováno přes nakloněný šnekový podavač pelet z násypky do hořáku, kde probíhá spalování pelet při nasávání primárního vzduchu ventilátorem. Jedná se o plně automatický způsob vytápění, vč. automatického zapalování.

Parametry uváděné výrobcem [19]:

PARAMETRY KOTLE WOODY 16

- Maximální výkon: 16 kW
- Minimální výkon: 4 kW
- Záruční palivo: dřevní pelety 6 - 10 mm
- Účinnost kotle: 94 %
- Průměrná spotřeba paliva: 2,5 kg/h
- Objem standartního zásobníku: 220 l
- Doba hoření standartního zásobníku: 72-110 hod
- Maximální elektrický příkon/napětí: 50/220 W/V

- Průměrný příkon při provozu: 40 W
- Průměrná spotřeba el. energie při ročním provozu: 180 kWh/rok
- Třída účinnosti: 3
- Třída emisí: 3
- CO: 143 mg/kW

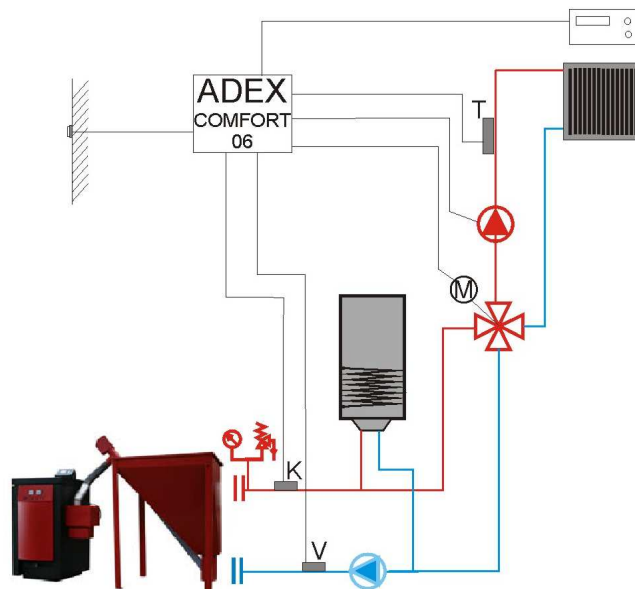
PARAMETRY PODAVAČE

- Délka: 1860 - 3000 mm
- Úhel sklonu: 50°
- Váha: 7 - 12 kg

Kotel bude v otopné sezóně současně sloužit jako ohřívač TUV. Mimo otopnou sezónu bude zajišťovat ohřev TUV kombinovaný bojler. Regulaci kotle bude zajišťovat dynamický regulátor ADEX comfort 06, který výrobce kotle doporučuje. Kotel je konstruován pro spalování dřevěných pelet a pro dodržení záruky a pro dlouhou životnost bude kotel spalovat výhradně bílé dřevěné pelety.



Obr. 6.8 Kotel WOODY 16 [19]



Obr. 6.9 Zapojení kotelny s kotlem WOODY 16, kombinovým bojlerem a dynamickou regulací ADEX comfort 06[19]

6.4.3.1 Ekonomická bilance kotle na pelety

Pořizovací náklady:

Položka	Součásti položky	Cena [Kč vč. DPH]
Kotel	WOODY 16, textilní zásobník na pelety, regulace ADEX comfort 06, elektronická řídicí jednotka	69812
Odtah spalin	kouřovod 180 o délce 8,25 m, spojka odtahu spalin, střešní taška pro odtah spalin, šikmá průchodka,	15245
Montáž	zapojení všech komponent, materiál pro propojení, naplnění, revize systému, zaškolení, projekt	21652
Kombinovaný bojler	DRAŽICE OKC 100/1m ² 100 l	7300
Celkem		114009

Tab. 6.9 Pořizovací náklady kotle na pelety

Provozní náklady:

Spotřeba dřevěných pelet na vytápění při účinnosti 94%:

$$m_v = 4382 \text{ kg}$$

Spotřeba dřevěných pelet na ohřev TUV pomocí kotle na pelety při účinnosti 94%:

$$m_{TUV} = 493 \text{ kg}$$

Spotřeba elektrické energie na provoz kotle na pelety:

$$W_K = 180 \text{ kWh/rok}$$

Spotřeba elektrické energie na ohřev TUV pomocí bojleru:

$$W_{TUV} = 1649 \text{ kWh/rok}$$

Spotřeba elektrické energie domácích spotřebičů:

$$W_{SPOT} = 4000 \text{ kWh/rok}$$

Výpočet ceny za spotřebu pelet:

Cenu pelet budeme uvažovat při nákupu mimo otopnou sezónu, kdy se cena pelet pohybuje kolem 4000 Kč/t. Doprava bude stát kolem 1000 Kč. Kde cena za dopravu je podmíněna množstvím odběru, formou odběru a vzdáleností.

Cena za spotřebu dřevěných pelet na vytápění a ohřev TUV:

$((\text{Množství dřevěných pelet na vytápění [kg/rok]} + \text{Množství dřevěných pelet na ohřev TUV [kg/rok]}) \times \text{cena pelet [Kč/kg]} + \text{doprava [Kč]})$

Náklady za vytápění a ohřev TUV kotlem na pelety: $((4382 + 493) \times 4) + 1000 =$

$$= 20500 \text{ Kč/rok vč. DPH} \quad (6.29)$$

Výpočet ceny za spotřebu elektrické energie [17]:

El. energie bude mimo otopnou sezónu používána mimo jiné pro ohřev TUV. Pro objekt je tedy nejvýhodnější sazba D 25d. Sazba D 25d je určena pro odběrná místa, ve kterých se významná část spotřeby elektřiny využívá pro akumulární vytápění nebo akumulární ohřev vody. Délka platnosti nízkého tarifu během dne je 8 hodin. Pro objekt je zvolen hlavní jistič $3 \times 20 \text{ A}$.

Roční paušální platba:

$$\text{Roční paušální platba: } 12 \times (58 + 101) = 1908 \text{ Kč/rok vč. DPH (viz výpočet 6.14)} \quad (6.30)$$

Cena za dodanou a distribuovanou elektřinu pro ohřev TUV pomocí bojleru:

$$\text{Náklady za ohřev TUV: } 1,649 \times (1439 + 33,96 + 28,24 + 186,48 + 199,61 + 5,70) = 3121,54 \text{ Kč/rok vč. DPH (viz výpočet 6.21)} \quad (6.31)$$

Cena za dodanou a distribuovanou elektřinu v NT pro ostatní spotřebu:

$$\text{Využití NT: } 8 / 24 = 0,33 \quad (6.32)$$

$$\text{Náklady za el. energii v NT: } (0,33 \times (4 + 0,18)) \times (1439 + 33,96 + 28,24 + 186,48 + 199,61 + 5,70) = 2611,19 \text{ Kč/rok vč. DPH (viz výpočet 6.24)} \quad (6.33)$$

Cena za dodanou a distribuovanou elektřinu ve VT pro ostatní spotřebu:

$$\text{Využití VT: } 16 / 24 = 0,67 \quad (6.34)$$

$$\text{Náklady za el. energii ve VT: } (0,67 \times (4 + 0,18)) \times (2489 + 33,96 + 2179,12 + 186,48 + 199,61 + 5,70) = 14265,89 \text{ Kč/rok vč. DPH (viz výpočet 6.26)} \quad (6.35)$$

Celková cena za dodanou a distribuovanou elektřinu v NT a VT pro ostatní spotřebu:

náklady za el. energii v NT [Kč] + náklady za el. energii ve VT [Kč]

$$\text{Náklady za el. energii v NT a VT: } 2611,19 + 14265,89 = 16877,08 \text{ Kč/rok vč. DPH} \quad (6.36)$$

Celková roční platba za elektřinu:

roční paušální platba [Kč/rok] + náklady za ohřev TUV [Kč/rok] + náklady za el. energii v NT a VT [Kč/rok]

Roční platba za elektřinu: $1908 + 3121,54 + 16877,08 = 21906,62$ Kč/rok vč. DPH (6.37)

Celková roční platba za energie:

roční platba za elektřinu [Kč/rok] + náklady za vytápění a ohřev TUV kotlem na pelety [Kč/rok]

Celková roční platba za energie: $21906,62 + 20500 = 42406,62$ Kč/rok vč. DPH (6.38)

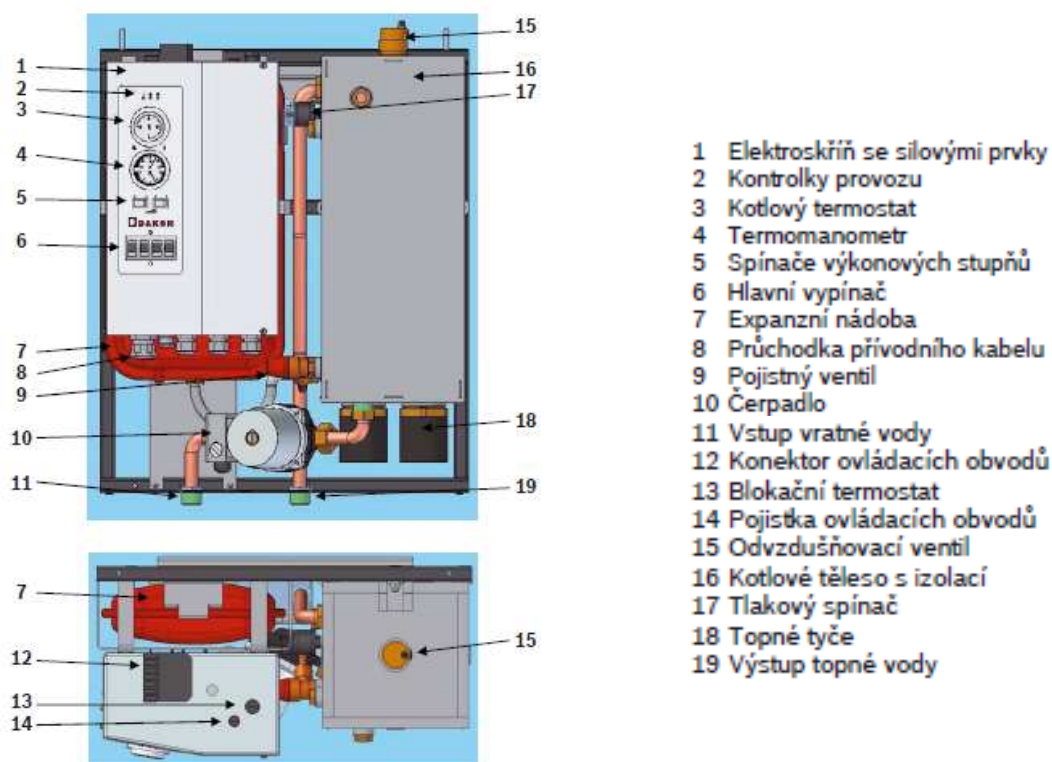
6.4.4 Volba elektrokotle

Užití el. elektřiny pro vytápění je v současnosti nejnákladnější způsob vytápění. V praxi se můžeme setkat se dvěma základními provedeními elektrokotlen a to s přímotopným vytápěním a s akumulací nádrží. Provedení elektrokotle s akumulací nádrží je provozně úspornější provedení, ale je nákladnější na pořízení.

Od firmy Dakon byl vybrán elektrokotel DALINE PTE 14. Tento přímotopný kotel se vyznačuje vysokou účinností až 99 %. Pro vytápění je možno volit ze čtyř výkonových stupňů podle aktuální potřeby. Pro zefektivnění soustavy je k elektrokotli připojena akumulací nádrž o objemu 1000 l s dvěma výměníky. Ohřev TUV zajišťuje bojler o objemu 100 l.

Parametry uváděné výrobcem [15]:

- Topný výkon 13,86 kW
- Celkový max. příkon 14,1 kW
- Účinnost 99 %
- Řazení spirál 6-6-2 kW
- Řazení výkonů 6-8-12-14 kW
- Proud 21 A
- Požadovaný jistič před kotlem 25 A
- El.krytí IP IP40
- Objem vody 9,5 l
- Teplota ohřívání vody 90 °C



Obr. 6.10 Elektrokotel DELINE PTE 14 [15]

6.4.4.1 Ekonomická bilance elektrokotle s akumulční nádrží**Pořizovací náklady:**

Položka	Součásti položky	Cena [Kč vč. DPH]
Kotel	Dakon DALINE PTE 6 – 14 kW	19800
Akumulační nádrž	DRAŽICE NAD 1000/v2, objem 1000 l	31589
Montáž	zapojení všech komponent, materiál pro propojení, naplnění, revize systému, zaškolení, projekt	17500
Bojler	DRAŽICE OKCE 100 S/2,2kW	6900
Celkem		75789

Tab. 6.10 Pořizovací náklady elektrokotle s akumulční nádrží**Provozní náklady:**

Spotřeba elektrické energie na vytápění s akumulční nádrží při účinnosti akumulční nádrže 93%:

$$W_V = 22760 \text{ kWh}$$

Spotřeba elektrické energie na ohřev TUV pomocí bojleru při účinnosti 93%:

$$W_{TUV} = 4211 \text{ kWh/rok}$$

Spotřeba elektrické energie domácích spotřebičů:

$$W_{SPOT} = 4000 \text{ kWh/rok}$$

Výpočet ceny za spotřebu elektrické energie [17]:

Jelikož bude el. energie v objektu používána pro vytápění i ohřev TUV je nejvýhodnější sazba D 26d. Sazba D 26d je vhodná pro odběrná místa, ve kterých se významná část spotřeby elektřiny využívá pro akumulční vytápění nebo akumulční ohřev vody. Její přidělení je podmíněno součtovým příkonem všech el. akumulčních spotřebičů, který musí činit minimálně 55 % příkonu odpovídajícího hodnotě hlavního jističe před elektroměrem v odběrném místě. Délka platnosti nízkého tarifu během dne je 8 hodin. Pro objekt je zvolen hlavní jistič $3 \times 32 \text{ A}$.

Roční paušální platba:

$$\text{Roční paušální platba: } 12 \times (58 + 223) = 3372 \text{ Kč/rok vč. DPH (viz výpočet 6.14)} \quad (6.39)$$

Cena za dodanou a distribuovanou elektřinu pro vytápění elektrokotlem s akumulční nádrží:

$$\begin{aligned} \text{Náklady za vytápění: } & 22,760 \times (1439 + 33,96 + 28,24 + 186,48 + 199,61 + 5,70) = \\ & = 43084,45 \text{ Kč/rok vč. DPH (viz výpočet 6.21)} \end{aligned} \quad (6.40)$$

Cena za dodanou a distribuovanou elektřinu pro ohřev TUV pomocí bojleru:

$$\begin{aligned} \text{Náklady za ohřev TUV: } & 4,211 \times (1439 + 33,96 + 28,24 + 186,48 + 199,61 + 5,70) = \\ & = 7971,38 \text{ Kč/rok vč. DPH (viz výpočet 6.21)} \end{aligned} \quad (6.41)$$

Cena za dodanou a distribuovanou elektřinu v NT pro ostatní spotřebu:

$$\text{Využití NT: } 8 / 24 = 0,33 \quad (6.42)$$

$$\text{Náklady za el. energii v NT: } (0,33 \times 4) \times (1439 + 33,96 + 28,24 + 186,48 + 199,61 + 5,70) =$$

$$= 2498,75 \text{ Kč/rok vč. DPH (viz výpočet 6.24)} \quad (6.43)$$

Cena za dodanou a distribuovanou elektřinu ve VT pro ostatní spotřebu:

$$\text{Využití VT: } 16 / 24 = 0,67 \quad (6.44)$$

$$\text{Náklady za el. energii ve VT: } (0,67 \times 4) \times (2489 + 33,96 + 762,97 + 186,48 + 199,61 + 5,70) = 9856,29 \text{ Kč/rok vč. DPH (viz výpočet 6.26)} \quad (6.45)$$

Celková cena za dodanou a distribuovanou elektřinu v NT a VT pro ostatní spotřebu:

náklady za el. energii v NT [Kč] + náklady za el. energii ve VT [Kč]

$$\text{Náklady za el. energii v NT a VT: } 2498,75 + 9856,29 = 12355,04 \text{ Kč/rok vč. DPH} \quad (6.46)$$

Celková roční platba za elektřinu a tedy i za energie:

roční paušální platba [Kč/rok] + náklady za vytápění elektrokotlem s akumulací nádrží [Kč/rok] + náklady za ohřev TUV bojlerem [Kč/rok] + náklady za el. energii v NT a VT [Kč/rok]

$$\text{Roční platba za elektřinu: } 3372 + 43084,45 + 7971,38 + 12355,04 = 66782,87 \text{ Kč/rok vč. DPH} \quad (6.47)$$

6.5 Porovnání ekonomické bilance jednotlivých technologií a jejich návratnost

Předchozí kapitoly se zabývají pořizovacími a provozními náklady čtyř zdrojů používaných k vytápění. Zmíněné zdroje tepla nyní mezi sebou porovnáme a zhodnotíme jejich celkové náklady. Dále určíme dobu návratnosti investic do TČ a kotel na pelety. Pro TČ a kotel na pelety je možnost získat státní dotace a pro názornost bude porovnávání provedeno s dotacemi i bez nich.

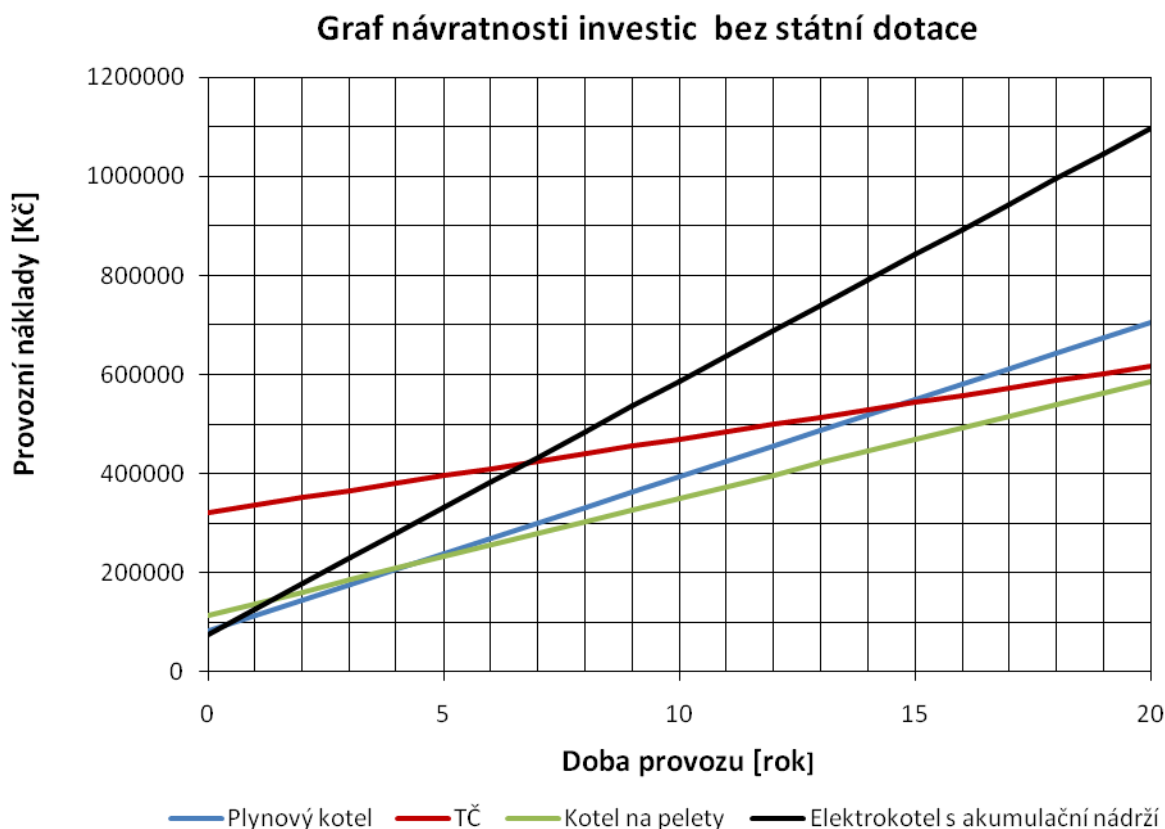
6.5.1 Ekonomická bilance jednotlivých technologií zahrnující vytápění a ohřev TUV bez uvažování dotace

V tomto případě budeme uvažovat pouze náklady spojené s vytápěním a ohřevem TUV. Graf *obrázek 6.11* názorně zobrazuje provozní náročnost za dobu 20 let. *Tabulka 6.11* udává pořizovací a provozní náklady, ze kterých vychází konstrukce grafu *obrázek 6.11*. Ve výpočtu je počítáno s konstantní cenou energií po dobu dvaceti let. Výpočet nezahrnuje náklady za stálé roční poplatky za elektřinu a za údržbu popřípadě opravy zařízení.

Zdroj tepla	Pořizovací náklady [Kč]	Průměrné provozní náklady (vytápění a ohřev TUV) [Kč/rok]	Průměrné provozní náklady (vytápění a ohřev TUV) za 20 let [Kč]
Plynový kotel	82024	31091,73	621834,60
Tepelné čerpadlo	321916	14762,34	382606,80
Kotel na pelety	114009	23621,54	472430,80
Elektrokotel s akumulací nádrží	75789	51055,83	1164345,60

Tab. 6.11 Pořizovací a provozní náklady jednotlivých zdrojů tepla bez státní dotace

Z obrázku 6.11 je vidět, že investice do TČ bez uvažování dotací a celkových ročních nákladů za energie je poměrně dlouhá. V porovnání s plynovým kotlem je návratnost 14,7 let. Při porovnání s elektrokotlem s akumulací nádrží je návratnost investic do 6,8 let. Kotel na dřevěné pelety je na tom lépe díky poměrně nižším pořizovacím nákladům oproti TČ. Návratnost investic v porovnání s plynovým kotlem je do 4,3 let a v porovnání s elektrokotlem s akumulací nádrží již do 1,4 let. Z grafu je zřejmé, že investice do kotle na pelety je v tomto případě výhodnější, protože za dobu provozu 20 let se investice nevyrovná investicím do TČ.



Obr. 6.11 Graf návratnosti investic bez státní dotace

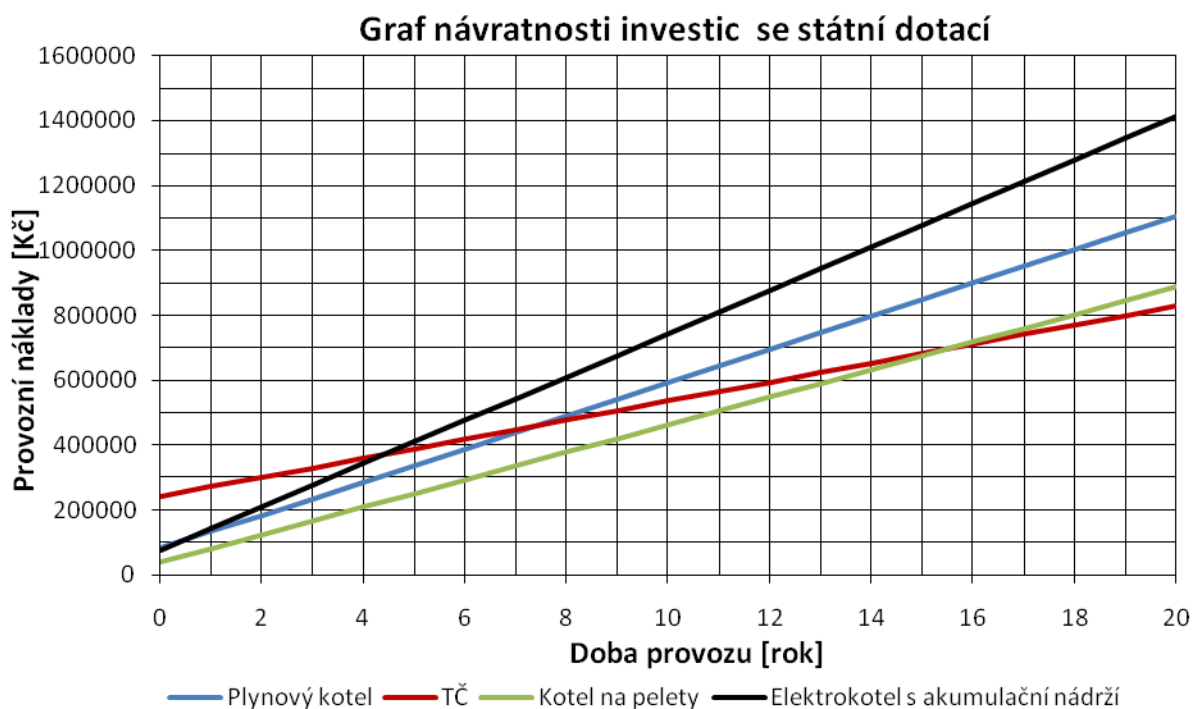
6.5.2 Ekonomická bilance jednotlivých technologií zahrnující celkovou spotřebu energií a státní dotace

Pro zvolený objekt lze zažádat o státní dotaci pro nízkoemisní zdroje vytápění tedy pro TČ a pro kotel na pelety. V tomto případě by bylo možno získat dotaci na TČ v maximální výši 75000 Kč a 5000 Kč na projekt a na kontrolu správnosti provedení opatření. Pro kotel na pelety by výše dotace tvořila nejvýše 60 % nákladů tedy asi 70000 Kč a 5000 Kč na projekt a na kontrolu správnosti provedení opatření. Výše dotací je příznivá a díky ní se zkrátí doba návratnosti nízkoemisních zdrojů používaných pro vytápění. Dotace je udělena po zažádání a splnění podmínek popsanych na webových stránkách Státního fondu životního prostředí ČR [10].

Zdroj tepla	Pořizovací náklady s dotacemi [Kč]	Průměrné provozní náklady (vytápění, ohřev TUV a el. energie) [Kč/rok]	Průměrné provozní náklady (vytápění, ohřev TUV a el. energie) za 20 let [Kč]
Plynový kotel	82024	51101,10	1022022,00
Tepelné čerpadlo	241916	29350,90	587018,00
Kotel na pelety	39009	42406,60	848132,00
Elektrokotel s akumulací nádrží	75789	66782,90	1335658,00

Tab. 6.12 Pořizovací a provozní náklady jednotlivých zdrojů tepla se státní dotací

Pro výpočet návratnosti investic v tomto případě uvažujeme celkové náklady za spotřebované energie v objektu (vytápění, ohřev TUV a spotřeba el. energie). Ve výpočtu nejsou započítány náklady na údržbu a případný servis. Doba návratnosti investic do TČ je nyní podstatně nižší než u realizace bez dotací a bez zahrnutí celkové spotřeby energií. Při porovnání investic do TČ s investicemi do plynového kotle je návratnost nyní 7,4 let což je téměř poloviční doba než u realizace bez dotací a bez zahrnutí celkové spotřeby energií. V porovnání s elektrokotlem s akumulací nádrží je návratnost 4,4 let. U kotle na pelety je dotace natolik výrazná, díky čemuž jsou pořizovací náklady nyní nižší než u kotle na plyn a elektrokotle s akumulací nádrží.



Obr. 6.12 Graf návratnosti investic se státní dotací

7 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zpracovat komplexní problematiku zabývající se vytápění RD pomocí tradičních a netradičních tedy alternativních zdrojů tepla a následně provést návrh otopné soustavy, ke které bude moci připojit zdroj tepla.

Alternativní zdroje tepla poskytují další možnost, jak zvýšit energetickou nezávislost, ale zároveň také jak pomoci přírodě tím, že se zmenšuje globální znečišťování. Avšak propracovanost těchto technologií není ještě na takové úrovni, aby byly vždy využívány jen samostatně. Tudíž jsou alternativní zdroje tepla často kombinovány s klasickým zdrojem tepla a pracují tedy v bivalenci. V posledních letech dochází díky státní dotaci k značnému nárůstu instalaci nízkoemisních zdrojů tepla tedy TČ, kotlů na biomasu a také solárních panelů.

Klasické zdroje tepla jsou méně šetrné k přírodě, ale jejich topná účinnost je vyšší než u alternativních zdrojů. Jak naznačuje procentní zastoupení na *obrázku 5.1*, využití klasických zdrojů pro vytápění převládá v cca 95 % a převládat bude asi ještě desítky let. Vzhledem k této skutečnosti dochází k minimalizaci tepelných ztrát a zvýšení účinnosti celé soustavy, aby se alespoň snížila spotřeba neobnovitelných zdrojů.

Pro názornost je v této práci proveden návrh otopné soustavy, která kombinuje podlahové a radiátorové vytápění. Před tímto návrhem bylo, ale nutno vypočítat tepelné ztráty vytápěných místností a poté i celého objektu. Výpočet byl proveden programem, který je volně dostupný na webových stránkách. Celková vypočtená tepelná ztráta objektu bez nevytápěné garáže je 10,39 kW. Pro otopnou soustavu byl navržen teplotní spád 41/35 °C při venkovní výpočtové teplotě -15 °C. Tento teplotní spád byl zvolen s ohledem na podlahové vytápění, kde teplota povrchu podlahy by neměla překročit 30 °C. Podlahové vytápění se stalo velmi oblíbenou volbou pro předávání tepla do vytápěné místnosti. Je to dáno především způsobem předávání tepla do vytápěné místnosti, kde teplo stoupá od podlahy ke stropu. Nejčastějším místem instalace podlahového vytápění je koupelna. Tady podlahové vytápění oceníme především, protože zde býváme bosí. Ale právě v koupelně je největší problém s instalací podlahového vytápění, protože často plocha podlahy je menší než jakou potřebujeme. Řešením tohoto problému je nejčastěji nainstalování otopného žebříku, který současně slouží jako věšák nebo sušák ručníků. V případě nedostačující plochy v obytné místnosti se podlahové vytápění doplňuje o radiátorové otopné těleso. Aby bylo možné realizovat radiátorová tělesa v nízkoteplotní otopné soustavě, musí být jejich provedení s větší plochou předávání tepla.

Pro objekt byly navrženy čtyři zdroje tepla. První v pořadí je kondenzační plynový kotel od firmy Dakon o maximálním výkonu 14 kW. Kondenzační kotel byl vybrán, protože má vyšší účinnost než klasické plynové kotle. Tento kotel zároveň zajišťuje ohřev TUV. Druhým zdrojem navrženým pro objekt je TČ země/voda realizován jako plošný kolektor. TČ bylo vybráno AQM 26Z od firmy Master Therm s maximálním výkonem 12,9 kW při teplotní spádu 10/41 °C. Hodnota topného faktoru je při tomto teplotním spádu 4,5. Součástí této otopné soustavy bude 200 l akumulární nádrž a bojler, který se stará o dohřívání TUV. Jako třetí navržený zdroj je kotel na dřevěné pelety WOODY 16 od firmy OPOP. Tento kotel pracuje plně automaticky díky regulaci ADEX comfort 06. Kotel zajišťuje v otopném období i ohřev TUV mimo otopné období ohřev TUV zajišťuje kombinovaný bojler. Posledním navrženým zdrojem je elektrokotel s akumulární nádrží DALINE PTE 14 od firmy Dakon. Součástí otopné soustavy je akumulární nádrž o objemu 1000 l a bojler.

U každého z výše navržených zdrojů tepla byl proveden výpočet pořizovacích a provozních nákladů. Z těchto vypočtených nákladů následně vychází ekonomická bilance, kde jsou jednotlivé technologie mezi sebou porovnány. Jako nejneekonomičtější zdroj tepla vyšel elektrokotel s akumulární nádrží. Druhý méně výhodným zdrojem tepla je plynový kotel. Díky dotacím si velmi dobře vedou alternativní zdroje tepla tedy kotel na pelety a TČ. Kde návratnost TČ je oproti plynovému kotli 7,4 let a oproti elektrokotli s akumulární nádrží 4,4 let. Kotel na pelety je v současnosti velmi dobře dotován a jeho pořizovací náklady jsou nižší než u ostatních.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] DUFKA, J. *Hospodárné vytápění domů a bytů*. 1. vyd. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2007, 112 s. ISBN 978-80-247-2019-7.
- [2] *Technická zařízení budov* [online]. 2001-2009 [cit. 2009-10-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz>>.
- [3] *Katalogový list Fröling* [online]. 2008 [cit. 2009-11-06]. Dostupný z WWW:
- [4] <http://www.rioni.cz/downloads/kotel_na_drevo-S4.pdf>.
- [5] *Katalogový list ATMOS* [online]. 2004-2008 [cit. 2009-10-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.atmos.cz/czech/kotle-004>>.
- [6] *Katalogový list JK Trade HK, s.r.o.* [online]. 2008 [cit. 2009-10-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.jktradehk.cz/portfolio/solarni-systemy>>.
- [7] SRDEČNÝ, K., TRUXA, J. *Tepelná čerpadla*. 1. vyd. Brno: ERA group spol. s. r. o., 2005, 68 s. ISBN 80-7366-031-8.
- [8] *Energetická zařízení* [online]. 2006 [cit. 2009-11-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.enza.cz/princip-tepelneho-cerpadla.htm>>.
- [9] MUTINGER, K., BERANOVSKÝ, J. *Energie z biomasy*. 1. vyd. Brno: ERA group spol. s. r. o., 2006, 94 s. ISBN 80-7366-071-7.
- [10] DUFKA, J. *Vytápění domů a bytů*. 2. vyd. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2004, 100 s. ISBN 80-247-0642-3.
- [11] *Informační portál k dotačnímu programu Zelená úsporám*. [online]. 2009 [cit. 2009-10-29]. Dostupný z WWW: <<http://www.ziskejdotaci.cz>>.
- [12] POČINKOVÁ, M., TREUOVÁ, L. *Vytápění*. 4. vyd. Brno: ERA group spol. s. r. o., 2008, 144 s. ISBN 978-80-7366-116-8.
- [13] JIŘÍK, F. *Komíny*. 2. vyd. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2004, 144 s. ISBN 80-247-0877-9.
- [14] POČINKOVÁ, M., ČUPROVÁ, D. A KOLEKTIV. *Úsporný dům*. 1. vyd. Brno: ERA group spol. s. r. o., 2004, 183 s. ISBN 80-86517-96-9.
- [15] *Ministerstvo průmyslu a obchodu*. [online]. 2009 [cit. 2009-8-31]. Dostupný z WWW: <<http://www.mpo.cz/cz/energetika-a-suroviny/statistiky-energetika/>>.
- [16] *Katalogový list Dakon* [online]. 2010 [cit. 2010-4-1]. Dostupný z WWW: <http://www.dakon.cz/user_data/cms/soubory/00057/Cenik-vyroby-Dakon.pdf>.
- [17] *Produkty RWE* [on line]. 2010 [cit. 2010-4-1]. Dostupný z WWW: <<http://www.rwe.cz/cs/media/ceniky-2010-jmp/JMP-04-MODOM-prehled-cen-IIq-2010.pdf>>.
- [18] *Produkty E-ON* [on line]. 2010 [cit. 2010-4-6]. Dostupný z WWW: <http://www.eon.cz/cs/customers/citizen/power_products/products-trend.shtml>.
- [19] *Katalogový list Master Therm* [online]. 2006 [cit. 2010-1-1]. Dostupný z WWW: <<http://www.mastertherm.cz/tepelne-cerpadlo-aquamaster>>.
- [20] *Katalogový list OPOP* [online]. 2010 [cit. 2010-2-1]. Dostupný z WWW: <http://www.opop.cz/kotle_woody.php>.

Elektronické programy

- [21] *KORADO* [on line]. 2010 [cit. 2010-2-1]. Dostupný z WWW:
<http://www.korado.cz/cs/softwareva_podpora/korado_software.shtml>.
- [22] *Win PEDO* [on line]. 2010 [cit. 2010-2-1]. Dostupný z WWW:
<<http://www.pedotherm.cz/?co=software>>.