

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav matematiky a kvantitativních metod

Možnosti vytápění rodinného domu, analýza nákladů

Jitka Müllerová

Bakalářská práce
2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Ing. Jitka Müllerová
Osobní číslo: E08159
Studijní program: B6208 Ekonomika a management
Studijní obor: Ekonomika a provoz podniku
Název tématu: Možnosti vytápění rodinného domu, analýza nákladů
Zadávající katedra: Ústav matematiky

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Práce se zaměří na podrobnější průzkum možností vytápění rodinného domu. Bude provedeno srovnání počátečních i průběžných nákladů jednotlivých druhů vytápění, přičemž bude uvážena vliv životnosti zařízení.

Práce bude obsahovat zejména:

1. Problematika některých možností vytápění RD.
2. Analýza nákladů na vytápění při využití elektřiny.
3. Analýza nákladů na vytápění při využití plynu.
4. Analýza nákladů na vytápění při využití dřeva.
5. Úspora nákladů na vytápění s využitím alternativních zdrojů.
6. Porovnání jednotlivých druhů vytápění.
7. Srovnání provedené analýzy s podobnými analýzami dostupnými na internetu.

Rozsah grafických prací: —
Rozsah pracovní zprávy: cca 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

DUFKA JAROSLAV: Hospodárné vytápění domů a bytů, Grada 2007, 112s.

HOLZ THOMAS: Topíme dřevěnými peletami. Návrh, instalace a provoz.
Grada 2006, 140s.

KARLÍK ROBERT: Tepelné čerpadlo pro Váš dům, Grada 2009, 112s.

MACHOLDA FRANTIŠEK, SRDEČNÝ KAREL: Úspory energie v domě.
Grada 2004, 112s.

VLK VÁCLAV: Krby. Grada, 2. přepracované vydání 2001, 140s.

www.tzb-info.cz

www.cez.cz / www.eon.cz a další ceníky dodavatelů elektřiny a plynu

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Libor Koudela
Ústav matematiky



Datum zadání bakalářské práce: 3. října 2011

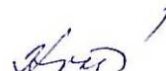
Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2012



doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.

děkanka

L.S.



doc. Ing. Marcela Kožená, Ph.D.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 11. října 2011

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako Školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 29. 6. 2012

Ing. Jitka Müllerová

PODĚKOVÁNÍ:

Tímto bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce Mgr. Liboru Koudelovi, Ph.D. za jeho pomoc a cenné rady. Za poskytnuté materiály a odborné informace z oboru vytápění bych také ráda poděkovala svému konzultantovi Ing. Karlu Puhanému, PK Interklíma, s.r.o.

Anotace

Tato práce bude sloužit studentům pro pochopení složitosti projektování otopného systému rodinného domu a na jeho konkrétním případě ukáže specifika využití různých energetických zdrojů pro vytápění. Jednotlivé varianty budou porovnány z hlediska nákladů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, náklady, elektřina, plyn, dřevo, tepelné čerpadlo, biomasa, solární energie.

TITLE

Ways and Means of Family House Heating (System), Cost Analysis

ANNOTATION

This work shall serve students for understanding the complexity of projecting a house heating system. Using a particular example the work will show the use of various energetic sources for heating (system). Individual variations will be compared from the point of view of costs.

KEYWORDS

Heating, costs, electricity, gas, wood, heat pump, biomass, solar energy.

OBSAH

Úvod.....	11
1 Problematika vytápění a nákladů.....	12
1.1 Základní pojmy	12
1.2 Klasifikace vytápění.....	13
1.3 Projekt otopné soustavy na rodinný dům	14
1.3.1 Teoretická potřeba tepla za topné období	15
1.3.2 Skutečná spotřeba tepla a spotřeba paliva za topné období.....	18
1.4 Problematika stanovení nákladů	18
2 Analýza nákladů vytápění neobnovitelnými zdroji.....	20
2.1 Vytápění elektřinou	20
2.1.1 Investiční náklady	22
2.1.2 Provozní náklady	24
2.1.3 Celkové náklady	27
2.2 Vytápění zemním plynem	28
2.2.1 Investiční náklady	29
2.2.2 Provozní náklady	31
2.2.3 Celkové náklady	34
3 Analýza nákladů vytápění obnovitelnými zdroji.....	35
3.1 Vytápění dřevní biomasou	36
3.1.1 Investiční náklady	38
3.1.2 Provozní náklady	40
3.1.3 Celkové náklady	43
3.2 Vytápění tepelným čerpadlem.....	44
3.2.1 Investiční náklady	46
3.2.2 Provozní náklady	47
3.2.3 Celkové náklady	49

4	Srovnání jednotlivých druhů vytápění.....	50
4.1	Návratnost, životnost a zdroje.....	50
4.2	Srovnání s analýzami zveřejněnými na internetu.....	53
	Závěr	56
	Použitá literatura	58
	Seznam příloh	62

SEZNAM TABULEK

TAB. 1	MOŽNÉ ENERGETICKÉ ZDROJE PRO VÝROBU TEPLA I ELEKTŘINY	14
TAB. 2	POUŽITÉ KLIMATICKÉ ÚDAJE A HODNOTY KOEFICIENTŮ PRO VÝPOČET Q_v	17
TAB. 3	PŘEHLED MOŽNOSTÍ VYTÁPĚNÍ ELEKTŘINOU	21
TAB. 4	VÝPOČET ROČNÍCH PROVOZNÍCH NÁKLADŮ NA VYTÁPĚNÍ ELEKTŘINOU	26
TAB. 5	PŘEHLED MOŽNOSTÍ ÚSTŘEDNÍHO VYTÁPĚNÍ ZEMNÍM PLYNEM.....	29
TAB. 6	VÝPOČET ROČNÍCH PROVOZNÍCH NÁKLADŮ NA VYTÁPĚNÍ PLYNEM	33
TAB. 7	PŘEHLED MOŽNOSTÍ VYTÁPĚNÍ DŘEVNÍ BIOMASOU	38
TAB. 8	VÝPOČET ROČNÍCH PROVOZNÍCH NÁKLADŮ NA VYTÁPĚNÍ DŘEVNÍ BIOMASOU	42
TAB. 9	VÝPOČET ROČNÍCH PROVOZNÍCH NÁKLADŮ NA VYTÁPĚNÍ TEPELNÝM ČERPADLEM.....	48
TAB. 10	VÝPOČET DOBY NÁVRATNOSTI A ČISTÉ SOUČASNÉ HODNOTY INVESTIC DO VYTÁPĚNÍ	51
TAB. 11	KOMPARACE ROČNÍCH PROVOZNÍCH NÁKLADŮ NA PALIVO.....	55

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1.1	TEPLOTNÍ POLE VZDUCHU V MÍSTNOSTI.....	17
OBR. 2.1	INVESTIČNÍ NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ ELEKTŘINOU	24
OBR. 2.2	PROVOZNÍ NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ ELEKTŘINOU	27
OBR. 2.3	CELKOVÉ NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ ELEKTŘINOU	28
OBR. 2.4	INVESTIČNÍ NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ PLYNEM	31
OBR. 2.5	PROVOZNÍ NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ PLYNEM	33
OBR. 2.6	CELKOVÉ NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ PLYNEM	34
OBR. 3.1	POTŘEBA TEPLA A SOLÁRNÍ ENERGIE BĚHEM ROKU	35
OBR. 3.2	MAPA OBLASTÍ O RŮZNÉ INTENZITĚ SLUNEČNÍHO SVITU	36
OBR. 3.3	INVESTIČNÍ NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ DŘEVNÍ BIOMASOU	40
OBR. 3.4	PROVOZNÍ NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ DŘEVNÍ BIOMASOU	43
OBR. 3.5	CELKOVÉ NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ DŘEVNÍ BIOMASOU	44
OBR. 3.6	INVESTIČNÍ NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ TEPELNÝM ČERPADLEM.....	47
OBR. 3.7	PROVOZNÍ NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ TEPELNÝM ČERPADLEM	49
OBR. 3.8	CELKOVÉ NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ TEPELNÝM ČERPADLEM	49

SEZNAM ZKRATEK

A_c	celková podlahová plocha
c	měrná tepelná kapacita
CF	cashflow
ČEZ	České energetické závody, a.s.
ČR	Česká republika
ČSH	čistá současná hodnota
ČSN	česká technická norma
d	délka otopného období
d_t	počet dní v bivalentním režimu
D	počet denostupňů
DCF	diskontovaný cashflow
DN	doba návratnosti
DPH	daň z přidané hodnoty
DRA	diskontovaná roční anuita úvěru
e	opravný součinitel
$\square$	součinitel vlivu nesoučasnosti přírážek
E.ON	Energie On, a.s.
e_d	opravný součinitel na zkrácení doby provozu
EN	evropská norma
EP	celková roční dodaná energie
EPA	měrná spotřeba energie budovy
e_t	opravný součinitel na snížení teploty
GJ	gigajoule
H_s	spalné teplo
H_u	výhřevnost paliva
i	diskontní sazba
IN	investiční náklady
J	joule
JMP	Jihomoravská plynárenská, a.s.
Kč	Koruna česká
kg	kilogram
km	kilometr
kW	kilowatt

kWh	kilowatthodina
m ³	metr krychlový
MJ	megajoule
MWh	megawatthodina
η_k	účinnost kotle
η_o	účinnost obsluhy
η_r	účinnost rozvodů
NT	nízký tarif
OTE	operátor trhu s elektřinou
PRE	Pražská energetika, a.s.
prm	prostorový rovnaný metr
prms	prostorový rovnaný metr sypaný
Q	teplo
Q _c	celkové tepelné ztráty objektu
Q _{v skut}	spotřeba tepla na vytápění
Q _v	potřeba tepla na vytápění
RA	roční anuita
RD	rodinný dům
RPSN	roční procentní sazba nákladů
RWE	RWE energie, a.s.
SMP	Severomoravská plynárenská, a.s.
TČ	tepelné čerpadlo
t _e	venkovní výpočtová teplota
t _{es}	průměrná venkovní teplota
TF	topný faktor
TNI	technická normalizační informace
TUV	teplá užitková voda
t _v	průměrná vnitřní teplota
u	úroková míra úvěru
U _d	skutečná spotřeba paliva
VČP	Východočeská plynárenská, a.s.
VT	vysoký tarif
Wh	watthodina

Úvod

Rostoucí ceny energií se promítají podstatně do výdajů na bydlení a neustále nutí občany přemýšlet minimálně o stabilizaci, když ne o redukci těchto částí rozpočtů domácností prostřednictvím snížení spotřeby energetických zdrojů. Kromě nákladů na provoz spotřebičů, osvětlení, vodu a její ohřev tvoří dosti podstatnou část nákladů na provoz bydlení právě vytápění.

Snaha o stabilizaci či redukci spotřeby se neprojevuje jen na straně domácností, ale i firem a států. Kromě již zmíněného ekonomického aspektu zde hraje roli i zřetel logistický stanovený dostupností, politický projevující se závislostí na dodávkách jiného státu, či ekologický daný omezeností zásob.

Oproti majitelům bytů se majitelům rodinných domů nabízí větší množství variant vytápění, vybrat si tu nejvhodnější je pro laika velmi obtížné. Investor do rodinného domu řeší stejně jako každý manažer nejzákladnější cíl - snížení celkových nákladů. Kromě většího výběru samotných možností řeší majitelé rodinných domů také větší plochu k vytápění. Obrovskou roli zde hraje i samotné pojetí stavby z hlediska polohy a volby použitých materiálů - např. na hrubou stavbu, okna, zateplení apod. Výsledkem takového snažení je vždy nakonec kompromis.

Tato bakalářská práce si stanovuje za cíl představit problematiku vytápění v určitém přehledu a na zvoleném rodinném domě ukáže průběh konstrukce otopného systému. Pro zvolený rodinný dům bude provedena analýza nákladů na vytápění pro jednotlivé energetické zdroje, a to především elektřinu, plyn a další alternativní způsoby vytápění z pohledu pořízení investice a provozu včetně údržby. Výsledné hodnoty nákladů budou porovnány jak mezi sebou, tak s výsledky jiných podobných studií. Snahou bude co nejobjektivněji zhodnotit stav stávajících způsobů vytápění včetně některých trendových záležitostí.

1 PROBLEMATIKA VYTÁPĚNÍ A NÁKLADŮ

Protože samotná problematika vytápění je pro laika dosti složitý problém, vycházející z termodynamiky a jejích zákonů, je na začátek potřeba uvést přehled více či méně známých pojmů týkajících se tepla, vytápění, uvést způsob konstrukce systému, který zajišťuje vytápění, a zvolit způsob stanovování nákladů na vytápění rodinného domu.

1.1 Základní pojmy

Vytápění je zajištění tepla v prostorech, které člověk využívá k obývání, a to v době, kdy venkovní teplota již nestačí pro zajištění potřebné vnitřní teploty.

Při samotném procesu vytápění, stejně jako při konstrukci otopného systému, se ve všech případech vychází z vlastnosti přenosu tepla, tedy k přechodu tepla z teplejšího tělesa na těleso chladnější.

Teplo Q [J] je vnitřní energie, při které se nevykonává práce. Ze zákona o zachování energie nelze stanovit jeho absolutní hodnotu, ale je pouze možné měřit jeho změnu, danou změnou teploty daného tělesa, hmotností a měrnou tepelnou kapacitou c [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$], která je charakteristická pro každou látku [27].

To, co člověk nejčastěji označuje v běžné řeči za teplo, se v odborných termínech při pohledu na vytápění vyjadřuje pojmem tepelná pohoda. „*O tepelné pohodě hovoříme tehdy, jestliže v daném prostředí (místnosti) nemáme ani pocit chladu, ani pocit nepříjemného tepla*” [31, str. 15]. Znamená rovnováhu mezi příjmem tepla z okolního prostředí a tepelnou produkcí člověka. Vše je ovlivněno takovými faktory jako stáří a pohlaví člověka, hmotnost, schopnost adaptace, pracovní činnost, oblečení, teplota vzduchu, teplota okolních předmětů, vlhkost, rychlostí proudění vzduchu [31] atd.

K předávání tepla dochází tepelnou výměnou, která probíhá třemi způsoby a jejich vzájemnými kombinacemi [26, 31, 38]:

- vedením (kondukcí) – dotykem těles všech skupenství;
- sáláním (radiací) – pohlcením/vyzářením elektromagnetického vlnění;
- prouděním (konvekcí) – vlastnost kapalin a plynů měnit hustotu o různých teplotách (teplejší látky stoupají vzhůru, studenější klesají).

1.2 Klasifikace vytápění

Vytápění je ucelený systém rozvodu tepla v prostředí. Jeho klasifikace umožňuje jeho rozdělení do různých systémů. Základní kostru tohoto členění tvoří rozdělení dle umístění zdroje tepla na [31]:

- a) lokální – zdroj tepla je umístěn přímo ve vytápěné místnosti (krb, akumulární kamna, přímotop);
- b) etážové – zdroj tepla je umístěn na patře;
- c) ústřední – zdroj tepla je umístěn mimo vytápěné místnosti (kotel ve sklepě, technické místnosti);
- d) dálkové – zdroj tepla je umístěn mimo vytápěnou budovu.

Základní systém vytápění se skládá z tepelného zdroje, rozvodů a otopných ploch / těles. U vytápění dochází k předávání tepla do místnosti především prouděním, sáláním a jejich kombinací. O proudění hovoříme tehdy, dochází-li k přestupu tepla mezi teplou vodou a trubkami výměníku a následně mezi trubkami toho samého výměníku a vzduchem, který kolem něj proudí (radiátor). Sálání využívá k přenosu tepla infračervené záření teplejších povrchů a vlastností látek toto záření pohlcovat (podlahové, stěnové, infra-vytápění, elektrické podlahové vytápění).

Jednotlivé základní konstrukční prvky vytápění umožňují další rozdělení soustav ústředního vytápění:

- 1.) dle energetického zdroje kotle (viz tab. 1);
- 2.) dle teplonosné látky v rozvodech (parní, vodní, teplovzdušné);
- 3.) dle způsobu oběhu (se samovolným / nuceným oběhem).

Pro potřeby této bakalářské práce budou dále uvažovány u rodinného domu pouze systémy lokálního a ústředního vytápění s rozvodem teplé vody, který je v dnešní době nejčastější, protože voda má vysokou hodnotu měrné tepelné kapacity a tudíž vysokou akumulární schopnost [31]. Pouze v jediném případě bude jako teplonosné médium uvažován teplý vzduch (viz kap. 3.1).

Detailnější rozpracování jednotlivých možných energetických zdrojů zobrazuje tab. 1. Ve většině případů mohou být zdroje využity jak pro lokální i ústřední vytápění, a to buď jejich přímým užitím pro výrobu tepelné energie, nebo jejich užitím pro výrobu elektřiny, která může být následně taktéž využita pro výrobu tepla. V případě současné výroby obou energií se hovoří o tzv. kogeneraci.

Tab. 1 Možné energetické zdroje pro výrobu tepla i elektřiny

	Skupenství /Forma	Příklad
Neobnovitelné	Plynná paliva	Zemní plyn
		Zkapalněný plyn
		Svítiplyn
	Kapalná paliva	Topná nafta
		Topné oleje
	Tuhá paliva	Uhlí
		Koks
	Jaderná paliva	Uran
		Thorium
		Plutonium
Obnovitelné	Plynná paliva	Bioplyn
	Kapalná paliva	Alkohol
	Tuhá paliva	Zemědělská biomasa (obiloviny, řepka)
		Lesní biomasa (dřevní hmota)
		Zbytková biomasa
	Energie zemského prostředí	Větrná
		Sluneční
		Vodní
		Geotermální energie

Zdroj: upraveno podle[31]

1.3 Projekt otopné soustavy na rodinný dům

Pro každý nově stavěný rodinný dům je dle [39] stanovena povinnost vyhovět požadavkům na energetickou náročnost budov a mít k dispozici průkaz energetické náročnosti.

Průkaz energetické náročnosti obsahuje výpočet energetické náročnosti a její grafické zobrazení. Energetická náročnost budovy se stanovuje výpočtem celkové roční dodané energie v GJ potřebné na vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení. Dílčí energie se vypočítávají pro každé období roku a pro všechny prostory dané budovy. Celkový tepelný tok nepočítá pouze s čistou energetickou potřebou na všechny systémy, ale bere v potaz i způsob ovládání systémů, tepelné zisky z vnitřních zdrojů tepla, režim provozu posuzované budovy a produkci tepla od spotřebičů a obyvatel. K výpočtu slouží takové informace jako materiál konstrukce stavby, její rozměry, užití energetické systémy, účel stavby. Do výpočtů vstupuje velké množství koeficientů uvedených v příslušných normách řady ČSN EN a řady TNI.

Aby bylo možno budovy mezi sebou srovnávat, je stanovena měrná roční spotřeba energie budovy, vyjádřená poměrem celkové roční dodané energie na jednotku celkové podlahové plochy budovy [kWh.m^{-2}].

Měrná spotřeba energie budovy (EPA) se vypočítá dle vztahu:

$$EPA = 277,8 \times \frac{EP}{A_c} [\text{kWh. m}^{-2}.\text{rok}^{-1}], \quad (1.1)$$

kde EP [GJ. rok^{-1}] je vypočítaná celková roční dodaná energie a A_c [m^2] je celková podlahová plocha (konstanta ve vzorci je o příslušné řády upravená hodnota převodního koeficientu mezi základními jednotkami Joule a Watthodina). Obdobně probíhá výpočet pro měrné spotřeby energie na vytápění, chlazení, větrání, přípravu teplé vody a osvětlení, vztažené vždy na celkovou podlahovou plochu.

Schéma klasifikace energetické náročnosti budovy obsahuje klasifikační třídy A až G a slovní hodnocení od mimořádně úsporné až po mimořádně ne hospodárnou (viz příloha 1). Měrné spotřeby energie ve třídě C jsou pro příslušné porovnávané budovy referenčními hodnotami (nově postavený RD nesmí hodnoty třídy C překročit). Na základě takto složeného výpočtu existují poté tři definice staveb: normální (C), nízkoenergetická (B) a pasivní (A).

Kompletní provedení průkazu energetické náročnosti znamená i oblast doporučení pro snížení energetické náročnosti budovy, s návrhem možné modernizace stávajících vytápěcích systémů, stavební konstrukce a jejich nový dopad na klasifikační třídu.

Energetický průkaz umožňuje díky své konstrukci srovnávání budov umístěných na různých místech, nebere v potaz místní klimatické podmínky, je vztažen k určitému standardnímu místu. Stavby stojí ale na skutečných místech a jsou ovlivňované různými povětrnostními podmínkami, proto je potřeba při tvorbě projektu otopné soustavy pro konkrétní dům vycházet z jeho skutečné polohy.

1.3.1 Teoretická potřeba tepla za topné období

Při tvorbě projektu a vyjádření potřebného tepla na vytápění dané budovy se vychází z celkových tepelných ztrát objektu, ke kterým dochází prostupem tepla skrz obvodové stěny či stěny místnosti a ze ztrát daných větráním pro zajištění hygienické výměny vzduchu [31]. Výpočet těchto hodnot dnes provádí specializované programy, kde vstupními údaji jsou konkrétní umístění a účel jednotlivých místností v domě (v přízemí, patře), jejich velikost (podlahová plocha a objemu vzduchu) a materiál konstrukce. Celkovým tepelným ztrátám

objektu Q_c [kW] se přizpůsobí potřebný výkon energetického zdroje a velikost otopných ploch / těles. Topný výkon se o něco navyšuje nejen pro pokrytí ztrát, ale i pro větší dynamiku systému u urychleného zátoku při přerušení vytápění.

Podmínkou výpočtu je zajištění tepelné pohody v jednotlivých (ne)vytápěných místnostech (normou je stanovena teplota pro jednotlivé místnosti dle jejich účelu), roli zde hraje tzv. venkovní výpočtová teplota plus určení větrné oblasti (viz mapa v příloze 2).

Celkové tepelné ztráty objektu Q_c [kW], venkovní výpočtová teplota t_e [°C] spolu s dalšími dlouhodobě sledovanými klimatickými údaji dané oblasti (délka otopného období d [dny] a průměrná venkovní teplota t_{es} [°C]) jsou vstupními údaji pro výpočet teoretické potřeby tepla pro vytápění RD:

$$Q_v = 24 \times 3,6 \times \epsilon \times Q_c \times \frac{e \times d \times (t_v - t_{es})}{t_v - t_e} \text{ [MJ]}. \quad (1.2)$$

Dalšími údaji je průměrná vnitřní teplota t_v [°C], součinitel $\square$ [-], upravující teoretickou potřebu tepla na vytápění s ohledem na vliv nesoučasnosti přírážek při urychleném zátoku a opravný součinitel e [-], který lze vypočítat ze vztahu:

$$e = e_t \times e_d \text{ [-]}, \quad (1.3)$$

kde e_t je opravný součinitel na snížení vnitřní teploty při přerušení vytápění a e_d opravný součinitel na zkrácení doby provozu otopné soustavy. Všechny tyto součinitele jsou definovány v příslušné normě ČSN EN 12831 [31, 36]. Příklady hodnot těchto součinitelů jsou uvedeny v příloze 3 této práce. Rovnice (1.2) bývá označována také za výpočet „denostupňovou metodou“, neboť můžeme vyjádřit:

$$Q_v = 24 \times 3,6 \times \epsilon \times Q_c \times \frac{e_t \times e_d \times D}{t_v - t_e} \text{ [MJ]}, \quad (1.4)$$

kde D je počet denostupňů vyjádřených vztahem:

$$D = d \times (t_v - t_{es}). \quad (1.5)$$

Pro účely již konkrétní analýzy a další výpočty bude zvolen typový rodinný dům umístěný v obci Doksy u Kladna (půdorys viz příloha 5) o podlahové ploše 205 m², jehož tepelné ztráty činí 9,3 kW. Bude uvažováno, že RD je obydlen, vytápí se přes den s nočním snížením teploty. Z dlouhodobých klimatologických údajů [17] můžeme zjistit jednotlivé údaje t_{es} , a d . Jsou to údaje zjištěné opět dlouhodobým meteorologickým pozorováním v dané oblasti, kdy průměrná denní teplota po stanovenou dobu více než tři dny klesá pod určitou hranici (např.

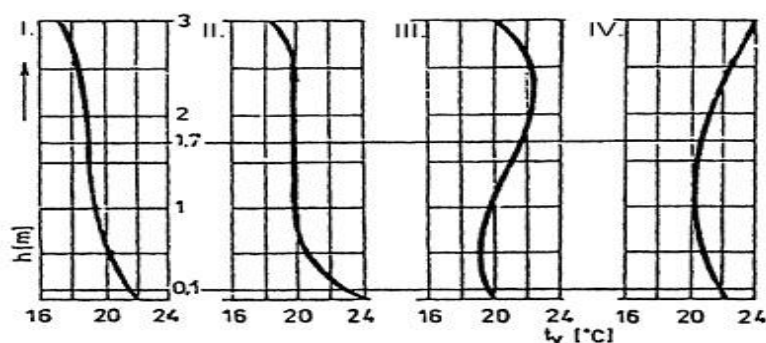
12, 13 nebo 15 °C), viz tab. 2. Průměrná vnitřní teplota t_v se stanovuje váženým průměrem teplot požadovaných v jednotlivých místnostech, pro obytné budovy je obvyklé ji stanovit na 18 stupňů.

Tab. 2 Použité klimatické údaje a hodnoty koeficientů pro výpočet Q_v

Venkovní výpočtová teplota	t_e	-15 °C
Průměrná venkovní teplota	t_{es}	4,5 °C
Průměrná vnitřní teplota	t_v	18 °C (16°C)
Součinitel vlivu nesoučasnosti přírážek	$\square$	0,7
Součinitel na snížení vnitřní teploty při přerušení vytápění	e_t	0,95
Součinitel na zkrácení doby provozu	e_d	1
Délka topného období pro $t=13^\circ\text{C}$	d_{13}	258

Zdroj: upraveno podle [17, 36]

Tento výpočet je možné použít jen u klasického ústředního topení využívajícího konvekci. Vzhledem ke způsobu ohřívání vzduchu v místnosti je bezesporu aplikovatelný i na jiné konvekční lokální způsoby vytápění. U sálavého velkoplošného (ústředního i lokálního) vytápění lze tento vzorec pro zjednodušení použít také, ale je potřeba změnit hodnotu průměrné vnitřní teploty. Princip sálavého vytápění umožňuje dosažení pocitu stejné tepelné pohody při teplotě nižší o 2°C díky tomu, že není nejdříve ohříván vzduch jako u konvekčního způsobu, ale jsou rovnou ohřívány okolní plochy a tělesa a vzduch se ohřívá až sekundárně. Rozdíl je dán průběhem teplot teplotního pole u jednotlivých systémů (viz obr. 1.1).



(I. ideální průběh, II. podlahové vytápění s ochlazovaným stropem, III. radiátor, IV. stropní vytápění)

Obr. 1.1 Teplotní pole vzduchu v místnosti

Zdroj: [1]

Po dosazení hodnot z tab. 2 do rovnice (1.2) dostaneme $Q_v \doteq 56\,400$ MJ pro konvekční vytápění a $Q_v \doteq 51\,140$ MJ pro sálavé vytápění.

1.3.2 Skutečná spotřeba tepla a spotřeba paliva za topné období

Hodnoty Q_v berou v úvahu pouze teoretickou potřebu tepla na vytápění danou ztrátami objektu a klimatickými podmínkami, skutečně odebrané teplo (skutečná spotřeba) bude však záviset ještě na dalších faktorech, jako na účinnosti jednotlivých prvků otopného systému a především na jeho regulaci [16]:

$$Q_{v\,skut} = \frac{Q_v}{\eta_k \times \eta_r \times \eta_o} [MJ], \quad (1.6)$$

kde η_k je účinnost kotle, η_r účinnost rozvodů a η_o účinnost obsluhy (regulace). Neschopnost dodržet normou dané vnitřní podmínky např. přitopením v místnostech o jeden stupeň mění množství skutečného spotřebovaného tepla i o několik procent [29]. Pro další výpočty bude účinnost obsluhy zanedbána a bude se počítat pouze s účinností kotle, která se bude měnit podle druhu použité energie, a s hodnotou účinností rozvodů 0,98.

U některých zdrojů tepla je možno se prostřednictvím skutečné spotřeby tepla na vytápění dopočítat až ke skutečné spotřebě paliva U_d , a to pomocí vztahu:

$$U_d = \frac{Q_{v\,skut}}{H_u} [kg; m^3] \quad (1.7)$$

kde H_u [MJ. kg⁻¹; MJ. m⁻³] je výhřevnost daného paliva.

1.4 Problematika stanovení nákladů

V případě vytápění nemá smysl dělit jednotlivé náklady z klasického pohledu kalkulačního ani účetního, pro analýzu nákladů na jednotlivé druhy si vystačíme pouze s dělením na náklady pořizovací (investiční) a náklady průběžné (provozní).

Náklady pořizovací budou obsahovat náklady na vytvoření projektu, pořízení zdroje tepla, jeho regulace, otopné soustavy skládající se z rozvodu a konvekčních či sálavých těles, uvedení do provozu, nutných potvrzení a povolení (revize) pro provoz a z některých doplňkových složek, které budou přicházet v úvahu pouze u některých variant (např. komín/odtah u plynu, biomasy nebo doprava u biomasy).

Ceny projektů, rozvodů, revizí, regulace jsou stanoveny odhadem na základě informací poskytnutých konzultantem z oboru vytápění a jedná se o ceny obvyklé v České republice. Ceny za jednotlivé části otopných systémů zahrnují již práci na těchto systémech a je u nich uvažována obvyklá cena dle katalogu prací 250 Kč/ hod. Není v silách autorky této práce ani konzultanta stanovit příslušné ceny přesněji. Ceny zdrojů tepla jsou stanoveny podle oficiálních ceníků uvedených na internetu nebo byly poskytnuty autorce osobně představiteli uvažovaných společností a jsou poplatné červnu 2012. Všechny vstupní ceny jsou uvedeny bez daně z přidané hodnoty (DPH), ta je vždy počítána až u konečných propočtů.

Průběžné náklady jsou stanoveny mnohem přesněji, obsahují přesný propočet nákladů odvozujících se od úrovně roční spotřeby daného „média“ za rok. Protože obsahují náklady jak paušálního typu, tak náklady odvíjející se od skutečné spotřeby, jsou specifika volby/ výpočtu paušálů vždy upřesněna u konkrétního zdroje, náklady spotřebního typu odpovídají reálné spotřebě příslušného paliva.

Protože příslušné energetické zdroje opět nenabízí pouze jedna společnost, byl proveden průzkum trhu a z oficiálních ceníků jednotlivých distributorských a dodavatelských společností platných k červnu 2012 byl proveden roční propočet nákladů na vytápění a pro výslednou analýzu byla použita jejich střední hodnota. V průběžných nákladech se opět u některých médií objevují i náklady na práci (zpracování dřeva) a potřebnou údržbu (revize komínů, kotlů apod.).

2 ANALÝZA NÁKLADŮ VYTÁPĚNÍ NEOBNOVITELNÝMI ZDROJI

Mezi základní druhy vytápění v ČR patří bezesporu vytápění elektřinou a plynem s tím, že obě média lze využít jak pro lokální, tak pro ústřední vytápění.

2.1 Vytápění elektřinou

Při vytápění RD elektřinou má investor několik možností použití různých topidel, využívající buď převážně konvekční nebo převážně sálavou složku či jejich kombinaci. Je také výhodné zřídit si dvou-tarifní sazbu u dodavatele elektřiny. Ta rozděluje spotřební cenu elektřiny do dvou tarifů – vysokého a nízkého, který je levnější. V praxi je to zabezpečeno tak, že nízký tarif (NT) je využíván podle druhu sazby po stanovenou dobu dne, je na něj napojena celá síť. Výhodnost NT je založena na principu blokace odpojení energetického zdroje při přerušení jeho dodávky prostřednictvím stykače, přičemž zbytek domácnosti běží na vysoký tarif (VT). Zvýhodněné sazby pro vytápění jsou čtyři [3]: přímotop (D45d), akumulace 8 (D26d), akumulace 16 (D35d) a tarif pro tepelné čerpadlo (D56d), který je blíže popsán v části 3. 2. U přímotopného tarifu je doba provozu NT 20 hodin denně, zbylé 4 hodiny je zdroj tepla blokován, k přerušení dodávek dochází podle předem daného kritéria. Přerušení 2x na jednu hodinu během dopoledne a dvě hodiny v odpoledních hodinách. U akumulčních tarifů je jeho číselné označení 8 nebo 16 opět dobou provozu tarifu. D26d smí být využíván k akumulčnímu vytápění nebo ohřevu TUV (běží po dobu 6 hodin v nočních hodinách – 22:00 – 06:00 a dvě hodiny během dne), D35d k akumulčnímu vytápění (NT v chodu po dobu 13 hodin ve večerních a nočních hodinách, 3 hodiny během odpoledne) [20].

Tab. 3 zobrazuje přehled možností vytápění, jejichž náklady analyzuje tato práce. U každého zdroje je také uvedeno pro rychlejší popis kódové označení, které figuruje u každého výpočtu pro zjednodušení.

Klasickým způsobem vytápění je elektrický kotel, který využívá jako médium k ohřevu teplou vodu proudící v trubkách otopné soustavy, k jejímu pohonu je využíváno čerpadlo – tzv. nucený oběh. Uvnitř kotle jsou tři spirály, které jsou spínány na základě vnitřní teploty zjišťované termostatem. Dnešní elektrokotle mají velmi dobrou účinnost (99 %), ale jako u každého ústředního otopného systému dochází v rozvodech ke ztrátám, které se pohybují kolem 2 %.

Tab. 3 Přehled možností vytápění elektřinou

	Označení	Zdroj	Účinnost [%]	Druh vytápění	Použitá sazba
Ústřední	E1 - A	Elektrokotel	99	Konvekční (radiátory)	D45d
	E1 - B		99	Sálavé (podlahové)	D45d
	E2 - A	Akumulační zásobník	97	Konvekční (radiátory)	D26d / D35d
	E2 - B		97	Sálavé (podlahové)	D26d / D35d
Lokální	E3 - A	Přímotopný konvektor	99	Konvekční	D45d
	E3 - B	El. podlahové vytápění	99	Sálavé	D45d
	E3 - C	Topná tělesa, infra zářiče	99	Konvekční, sálavé	D45d
	E4	Akumulační kamna	95	Konvekční	D26d / D35d

Zdroj: vlastní zpracování

Druhým typem ústředního vytápění je využití vlastnosti akumulace vody prostřednictvím obrovských nádrží, které jsou ohřívány topnými tělesy v době platnosti tarifu, tedy pouze 8 nebo 16 hodin. Z toho důvodu musí být jejich příkon pro dostatečné množství naakumulovaného tepla navolen ve 2,5 násobku až 1,5 násobku než při užití samotného elektrokotle [9]. Vyšší příkon prodražuje paušální náklady na jistič. Využití nádrží je výhodnější u nízkoteplotního a podlahového vytápění.

Přímotopným konvektorem je myšleno lokální topidlo, umístěné v každé místnosti a fungující na principu přenosu tepla především prouděním a částečně i sáláním. Při jeho užití odpadají ztráty způsobené rozvodem tepla, systém je velmi přesně regulovatelný. Pro jeho chod stačí napojení do el. sítě 230V/50Hz.

Infračervené topné panely (stěnové, stropní) jsou panely pracující na přenosu tepla sáláním, kdy nedochází k ohřevu vzduchu, ale přímo těles, konstrukcí a osob. Pro připojení topných panelů stačí pouze přípojka 230V/50 Hz jako u přímotopů. Protože se jedná o lokální topidlo, jeho velikost se dimenzuje konkrétně na dané tepelné ztráty místnosti.

Existují i hybridy na pomezí mezi sálavým konvektorem a topným panelem – tzv. sálavý přímotop, těmi se ale tato práce nebude zabývat.

Elektrické podlahové vytápění je posledním přímotopným typem, využívají se u něj tři způsoby pokládky (rohože, kabely, fólie) použitelné téměř u všech podlah. Jejich nevýhodou je potřeba dosti přesného návrhu, co se týká dispozice rozmístění nábytku.

Akumulační kamna jsou poslední variantou vytápění elektřinou. V akumulaci dochází k tzv. nabíjecímu cyklu kamen a při odstavení NT k jejich vybíjení. Nabíjení probíhá přes speciální materiály schopné akumulovat teplo a to potom po dlouhou dobu vydávat. Výdej tepla je řízen regulací (termostatem v místnosti), a napomáhá mu ventilátor k jeho rychlejšímu přenosu. Akumulační kamna potřebují přípojku na síť 3x230/400V/50Hz a samotný ventilátor napojení 230V/50Hz. Stejně jako u akumulčního zásobníku je potřeba předimenzovat jejich příkon pro dosažení potřebného výkonu s ohledem na sazby akumulace.

2.1.1 Investiční náklady

V případě investičních nákladů se výsledné náklady skládají z částek složených za koupi a montáž zdroje, za regulaci, za otopnou soustavu tvořenou čerpadlem, rozvody a radiátory (případně z podlahového vytápění), za provedení revize a za další specifika dle zdroje a druhu vytápění.

Jednotlivé propočty pro varianty v tab. 3 následují:

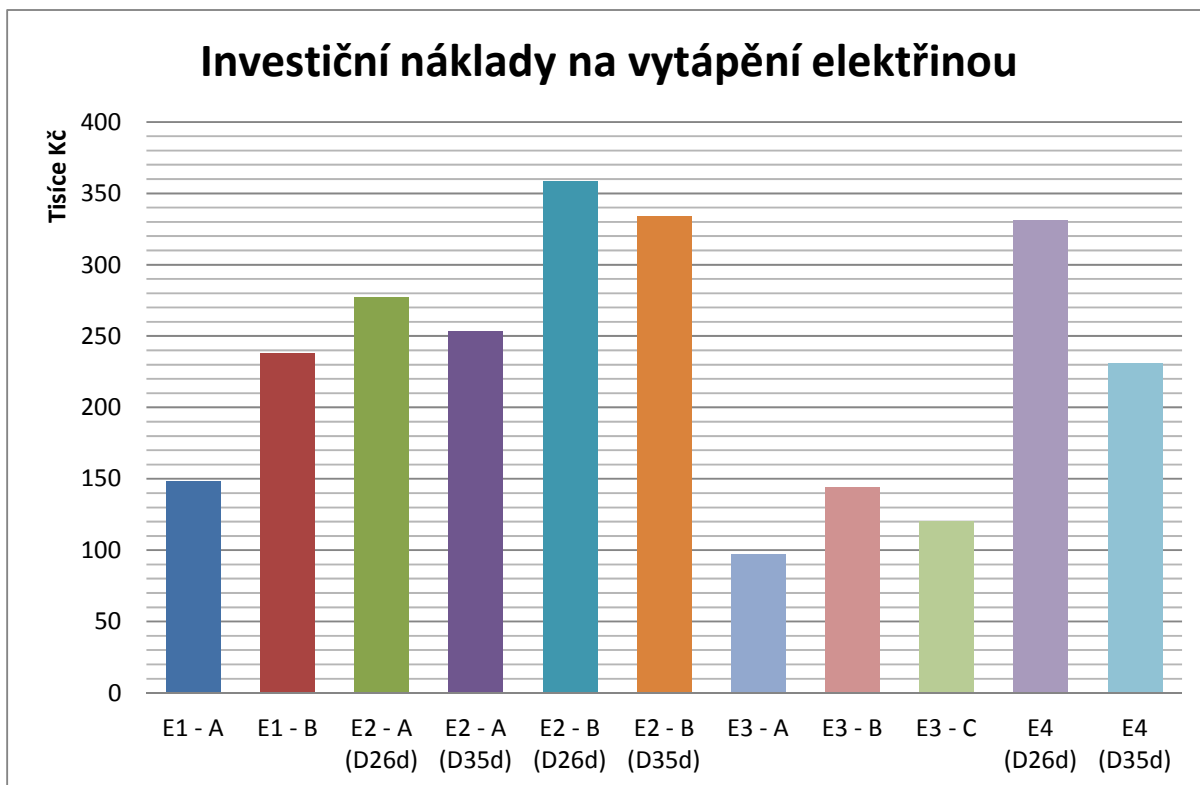
E1 Elektrokotel	A (radiátory)	B (podlahové topení)
Projekt	8 000,- Kč	12 000,- Kč
Elektrokotel	19 800,- Kč	19 800,- Kč
Elektrické rozvody	10 000,- Kč	10 000,- Kč
Regulace	5 000,- Kč	5 000,- Kč
Rozvod z mědi	28 000,- Kč	-----
Radiátory à 3. 500,-	49 000,- Kč	-----
Podlahové vytápění à 1. 200,-/m ²	-----	147 600,- Kč
Revize (rozdíl)	4 000,- Kč	4 000,- Kč
Σ IN bez DPH	123 800,- Kč	198 400,- Kč
Σ IN včetně DPH 20 %	148 560,- Kč	238 080,- Kč

E2 Akumulační zásobník	A (radiátory)	B (podlahové topení)
Projekt	8 000,- Kč	12 000,- Kč
Akumulační kotelna (D26d)	120 000,- Kč	120 000,- Kč
Akumulační kotelna (D35d)	100 000,- Kč	100 000,- Kč
Elektrické rozvody	10 000,- Kč	10 000,- Kč
Regulace	5 000,- Kč	5 000,- Kč
Rozvod z mědi	28 000,- Kč	-----
Radiátory à 4. 000,-	56 000,- Kč	-----
Podlahové vytápění	-----	147 600,- Kč
Revize (rozdíl)	4 000,- Kč	4 000,- Kč
 Σ IN bez DPH (D26d)	 231 000,- Kč	 298 600,- Kč
Σ IN bez DPH (D35d)	211 000,- Kč	278 600,- Kč
Σ IN včetně DPH 20 % (D26d)	277 200,- Kč	358 320,- Kč
Σ IN včetně DPH 20 % (D35d)	253 200,- Kč	334 320,- Kč

E3 Přímotop	A konvektor	B El. podlahové	C Infra stropní
Projekt	8 000,- Kč	12 000,- Kč	12 000,- Kč
Přímotopy 14 ks	35 000,- Kč	-----	-----
Podlahové vytápění	-----	70 000,- Kč	-----
Topná tělesa 17 ks	-----	-----	48 800,- Kč
Rozvody 230V/50Hz	7 000,- Kč	7 000,- Kč	8 500,- Kč
Regulace	27 000,- Kč	27 000,- Kč	27 000,- Kč
Revize (rozdíl)	4 000,- Kč	4 000,- Kč	4 000,- Kč
 Σ IN bez DPH	 81 000,- Kč	 120 000,- Kč	 100 300,- Kč
Σ IN včetně DPH 20 %	97 200,- Kč	144 000,- Kč	120 360,- Kč

E4 Akumulační kamna	D26d	D35d
Projekt	8 000,- Kč	8 000,- Kč
Akumulační kamna (D26d) 12 těles	207 170,- Kč	-----
Akumulační kamna (D35d) 9 těles	-----	137 530,- Kč
Elektrické rozvody 400V/50Hz	9 000,- Kč	6 750,- Kč
Elektrické rozvody 230V/50Hz	6 000,- Kč	4 500,- Kč
Regulace 1x 3500,-	42 000,- Kč	31 500,- Kč
Revize (rozdíl)	4 000,- Kč	4 000,- Kč
 Σ IN bez DPH	 276 170,- Kč	 192 280,- Kč
Σ IN včetně DPH 20 %	331 404,- Kč	230 736,- Kč

Z vypočítaných hodnot jednotlivých variant vyplývá, že nejdražší volbou vytápění, co se týká investice, je bezesporu akumulární vytápění. Nejvýše se umístilo podlahové vytápění prostřednictvím akumulárního zásobníku v obou sazbách (E2 – B) a vytápění akumulárními kamny v sazbě akumulace 8, kde cenu nejvíce zvyšuje samotná cena kamen, která je dána především potřebou předimenzovat příkon zdroje v sazbě. Nejlevnějším vytápěním z hlediska investice je vytápění lokálními topidly v přímotopné sazbě (viz též obr. 2. 1).



Obr. 2.1 Investiční náklady na vytápění elektřinou

Zdroj: vlastní zpracování

2.1.2 Provozní náklady

Provozní náklady se skládají z regulovaných nákladů na dopravu elektřiny k zákazníkovi a ze silové elektřiny. Oba druhy nákladů obsahují jak paušální složku, tak složku samotného odběru elektřiny v příslušném NT dané sazby (akumulační, přímotopné).

Regulované platby za dopravu se skládají z ceny za samotnou distribuci (tvořenou měsíčním paušálem za rezervovaný příkon podle jmenovité hodnoty hlavního jističe před elektroměrem a z hodnoty distribuce elektřiny v MWh – hodnota souhlasí s odběrem) a z ostatních služeb, tvořených cenou za 1 MWh. Ostatní služby tvoří systémové služby, podpora výkupu elektřiny a činnost zúčtování operátora trhu s elektřinou (OTE).

Každý dům má jinou spotřebu energie na vytápění danou jeho tepelně izolačními vlastnostmi a zvoleným systémem. Na základě znalosti výše spotřeby je velmi snadné spočítat náklady na vytápění odpovídající konkrétnímu odběru elektřiny, neboť ta je spotřebována pouze v nízkém tarifu. Paušální sazby nelze v takovém výpočtu ale započítat v plné výši, neboť elektřina v domácnosti není použita jen na vytápění, ale i na svícení, chod spotřebičů, ohřev teplé vody apod. Proto je paušální sazba připadající na vytápění vyjádřena rozdílem v platbách za jistič při tarifu nevyužívajícího slevy při zvýšeném odběru (D02d) a příslušného tarifu využívajícího slevy, kdy je nutno hodnotu jističů navýšit o příkonovou hodnotu tepelného zdroje.

Jako výchozí hodnota jističů byla stanovena hodnota od 3x20A do 3x25A včetně, která odpovídá jištění při použití standardních domácích spotřebičů včetně využití silnoproudu na varnou sklokeramickou nebo indukční desku. Při jištění elektrického vytápění je potřeba hodnotu jističe zvednout minimálně na hodnotu od 3x25A do 3x32A včetně a v případě využití akumulace v osmihodinovém režimu z důvodu obrovského příkonu kamen na hodnotu od 3x32A do 3x40A včetně.

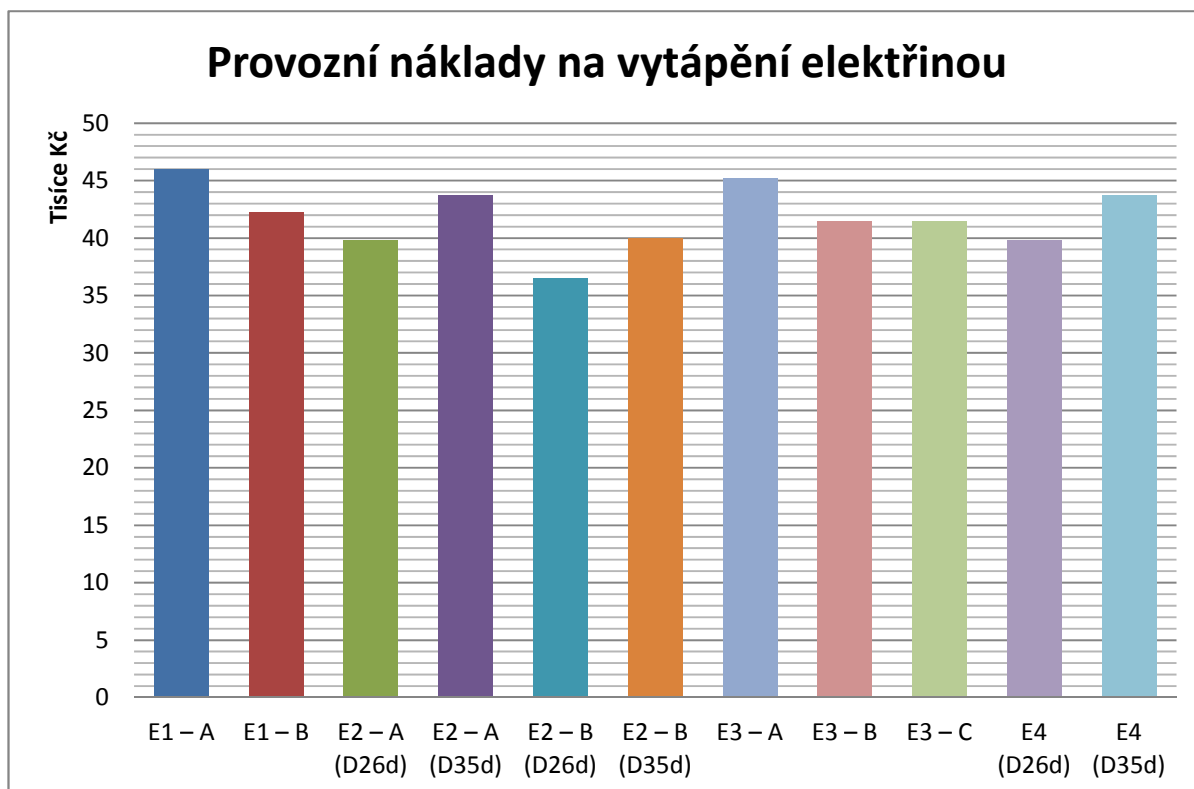
V příloze 6 jsou uvedeny reálné ceníkové ceny elektřiny pro červen 2012 od vybraných tří dodavatelů elektřiny (ČEZ, PRE a E. ON). Celkovou cenu tvoří pevná cena za příkon jističe, pevná cena za silovou elektřinu a součet všech cen v NT vázajících se ke spotřebě. Protože každá ze společností umožňuje vybrat si z několika tarifů, byl vždy od příslušného dodavatele zvolen ten nejvýhodnější nebo nejzákladnější.

V tab. 4 je uveden kompletní výběr z výpočtů souvisejících s platbami za odběr elektřiny vázající se na jednotlivé otopné soustavy. Pro výpočet spotřeby $Q_{v\ skut}$ je uvažován vliv účinnosti samotných zařízení a jejich rozvodů dle vzorce (8) v kap. 1.3.2. Vstupní hodnotou potřeby tepla je u konvekčního vytápění hodnota 56 400 MJ a pro potřeby sálavého vytápění hodnota 51 140 MJ. V tab. 4 jsou tyto hodnoty již převedeny na hodnotu odpovídající jednotkám v kilowatthodinách. Roční náklady odpovídající jednotlivým variantám jsou počítány podle skladby cen, tedy paušální částky jsou započítány 12 krát (počet měsíců v roce) a je k nim přičten součin hodnoty spotřeby tepla (MWh) a ceny za odebranou elektřinu (Kč/MWh). Uvedené ceny v posledním sloupci tab. 4 jsou středními hodnotami ročních provozních nákladů včetně DPH právě u tří uvažovaných dodavatelů elektřiny, částky jsou zaokrouhleny na celé stovky.

Tab. 4 Výpočet ročních provozních nákladů na vytápění elektřinou

Varianta	Potřeba tepla Q_v / rok [kWh]	Účinnost zdroje	Účinnost rozvodů	Spotřeba tepla $Q_{v\text{ skut}}$ / rok [kWh]	Roční náklady [Kč]
E1 – A	15 667	0,99	0,98	16 148	46 000,-
E1 – B	14 206	0,99	0,98	14 642	42 200,-
E2 – A (D26d)	15 667	0,97	0,98	16 481	39 800,-
E2 – A (D35d)	15 667	0,97	0,98	16 481	43 700,-
E2 – B (D26d)	14 206	0,97	0,98	14 944	36 500,-
E2 – B (D35d)	14 206	0,97	0,98	14 944	40 000,-
E3 – A	15 667	0,99	--	15 825	45 200,-
E3 – B	14 206	0,99	--	14 349	41 400,-
E3 – C	14 206	0,99	--	14 349	41 400,-
E4 (D26d)	15 667	0,95	--	16 492	39 800,-
E4 (D35d)	15 667	0,95	--	16 492	43 700,-

Z ročních nákladů na provoz systémů v tab. 4 nebo jejich grafické podobě na obr. 2.2 je jednoznačně nejdražší přímotopná sazba napříč všemi variantami (E1, E3). Z přímotopných tarifů je nejdražší konvekční vytápění (E1 - A, E3- A), o poznání lépe je na tom sálavé vytápění, kde už je rozdíl méně než 1 000,- Kč mezi variantami (E1 – B a E3 – B, C). U akumulárního vytápění uvažovaného RD se při uvažované spotřebě tepla vyplatí více osmihodinová akumulární sazba. Celkově nejlevnější variantou vytápění je podlahové vytápění prostřednictvím akumulárního zásobníku v sazbě Akumulace 8.

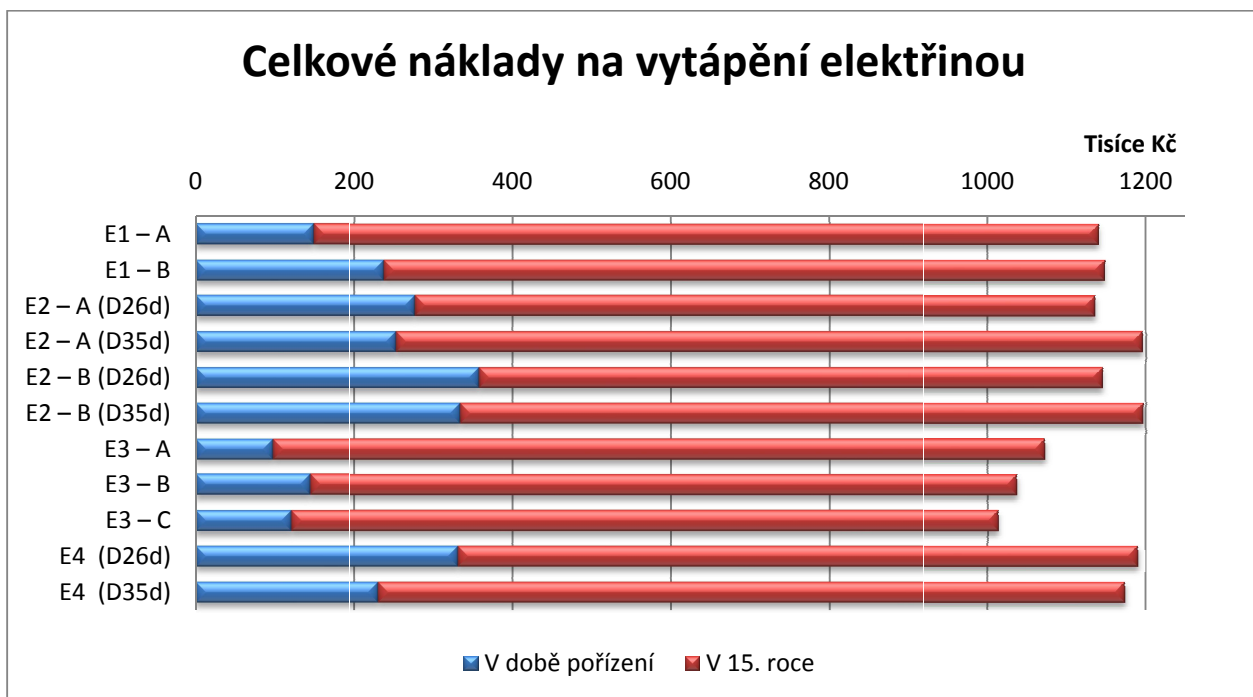


Obr. 2.2 Provozní náklady na vytápění elektřinou

Zdroj: vlastní zpracování

2.1.3 Celkové náklady

Obr. 2.3 znázorňuje celkové náklady na vytápění elektřinou po uplynutí 15 let. V uvažovaném propočtu bylo počítáno se zvýšením ceny elektřiny každoročně o pět procent. Mezi celkově nejvýhodnějšími a nejhoršími variantami existuje rozptyl mezi náklady i 200 tisíc. Absolutně nejvýhodnější variantou vytápění elektřinou je infračervené vytápění stropními panely (E3 – C), k těm nejdražším variantám patří užití akumulčních sazeb, a to 16 hodinové u akumulčního zásobníku a 8 hodinové u akumulčních kamen. Jen kousek za nimi zaostává elektrokotel. Všechny první tři pozice nejšetnějšího vytápění drží varianty lokálního vytápění, především díky velmi nízké pořizovací ceně. Akumulační sazby vychází prozatím nevýhodně, neboť je to pro ně ještě krátký časový úsek, aby provozní úspory pokryly zvýšenou investici.



Obr. 2.3 Celkové náklady na vytápění elektřinou

Zdroj: vlastní zpracování

2.2 Vytápění zemním plynem

„Zemní plyn je bezbarvý, sám o sobě nezapáchající, hořlavý plyn“ [5]. Hořlavost způsobuje vysoký podíl metanu (asi 98 %), zbylé dvě procenta tvoří nejedovaté složky a oxid uhličitý. Dokonalým spálením metanu se uvolňuje velké množství tepla, oxid uhličitý a vodní pára. Množství tepla uvolněného spalování plynu se dá vyjádřit prostřednictvím výhřevnosti H_u [MJ. m⁻³] nebo spalného tepla H_s [MJ. m⁻³] [5, 41]. Obě veličiny vyjadřují uvolněné množství energie, spalné teplo uvažuje navíc teplo uvolněné zkapalněním vodní páry (proto je vyšší). Průměrná hodnota výhřevnosti či spalného tepla se pro konkrétní druh plynu vyhodnocuje měřením za konstantních podmínek tlaku a teploty vztažených ke standardní atmosféře [21, 42].

Plyn lze stejně jako elektřinu použít jak pro lokální, tak pro ústřední vytápění. Lokální vytápění plynem neodpovídá dnešním trendům, a proto se jím tato práce nezabývá. Jsou uvažovány dvě základní varianty užití plynového kotle na ústřední vytápění, a to klasického kotle (i nízkoteplotního) a kondenzačního kotle.

Základní rozdíl mezi oběma kotli je v normované účinnosti. Klasický kotel má mnohem menší účinnost danou konstrukcí, pohybuje se od 91 % u starého kotle až po 93 % u nových

klasických nízkoteplotních kotlů. Naproti tomu kondenzační kotel má normovanou účinnost přibližně 106 – 109 % [19]. Nejpodstatnější je, že tato účinnost je vyjádřena k hodnotě výhřevnosti, při jejím přepočtu na hodnotu spalného tepla se jedná o účinnost blížící se maximálně 98 %. Vyšší účinnost kondenzačního kotle je způsobena schopností využít teplo z vody vznikající zkapalněním páry při spalování (kotel obsahuje navíc výměník) [8].

Každá z variant užití plynového kotle je rozpracována na další dvě, beroucí v potaz možnost konvekčního a sálavého vytápění. Ucelený přehled analyzovaných variant včetně kódového označení podobného variantám u elektřiny zobrazuje tab. 5.

Tab. 5 Přehled možností ústředního vytápění zemním plynem

	Označení	Zdroj	Účinnost [%]	Druh vytápění
Ústřední	P1 - A	Plynový kotel	92	Konvekční (radiátory)
	P1 - B		92	Sálavé (podlahové)
	P2 - A	Kondenzační plynový kotel	108	Konvekční (radiátory)
	P2 - B		108	Sálavé (podlahové)

Zdroj: vlastní zpracování

2.2.1 Investiční náklady

Investiční náklady na plynové vytápění jsou konstruovány obdobným způsobem jako u elektřiny. Vytápění plynem má však některá svá specifika: plynové zařízení potřebuje nutně cestu pro odvod spalin, tou může být komín nebo odtah přes obvodovou zeď. Ani plynové zařízení se nevyhne potřebě elektrické přípojky pro vytvoření jiskry. Proto investiční náklady na vytápění zemním plynem oproti elektřině obsahují navíc náklady na odtah spalin, elektrickou přípojku a cenu její revize a cenu vstupní revize plynu. Kotle byly prioritně vybírány závěsné bez možnosti ohřevu TUV.

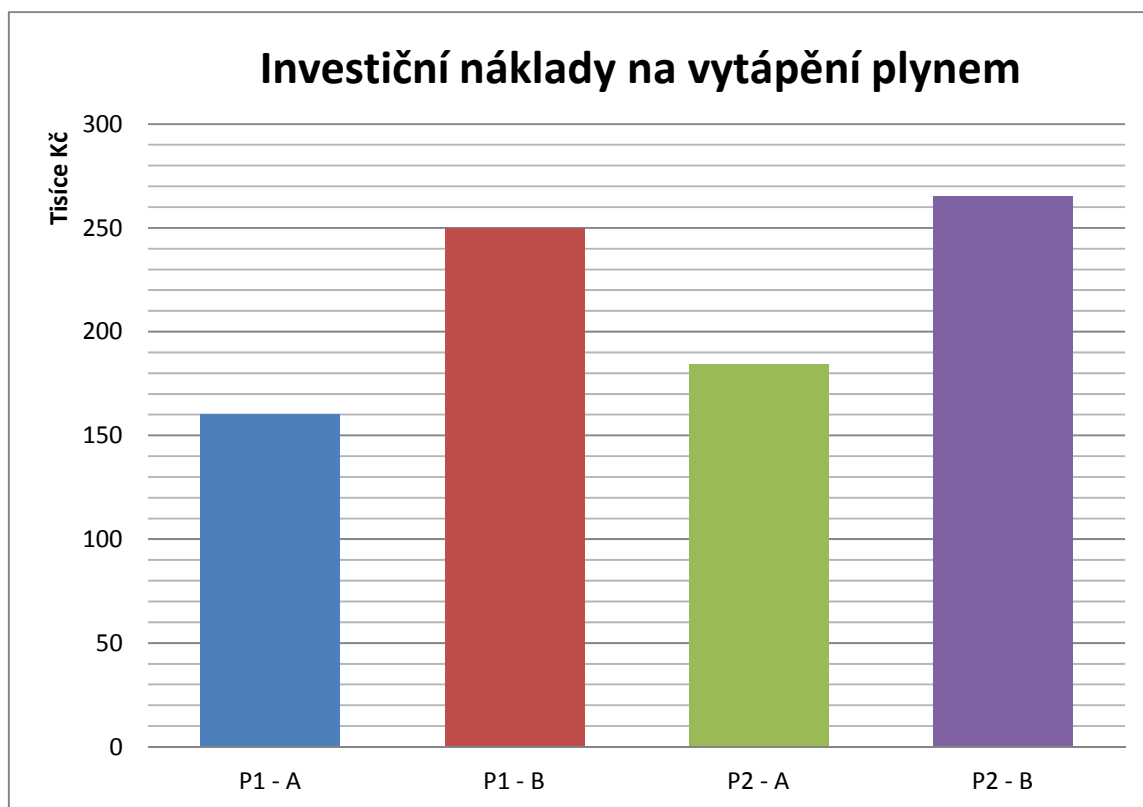
Jednotlivé propočty způsobů vytápění uvedené v tab. 5 následují:

P1 Plynový kotel	A (radiátory)	B (podlahové topení)
Projekt	8 000,- Kč	12 000,- Kč
Plynový kotel nízkoteplotní	23 600,- Kč	23 600,- Kč
Spalinové cesty (odtah)	10 000,- Kč	10 000,- Kč
Elektrická přípojka	500,- Kč	500,- Kč
Regulace	8 000,- Kč	8 000,- Kč
Rozvod z mědi	28 000,- Kč	-----
Radiátory à 3. 500,-	49 000,- Kč	-----
Podlahové vytápění à 1. 200,-/m ²	-----	147 600,- Kč
Revize elektřiny (rozdíl)	400,- Kč	400,- Kč
Revize plynu + uvedení do provozu	6 000,-	6 000,-
Σ IN bez DPH	133 500,- Kč	208 100,- Kč
Σ IN včetně DPH 20 %	160 200,- Kč	249 720,- Kč

P2 Kondenzační kotel	A (radiátory)	B (podlahové topení)
Projekt	8 000,- Kč	12 000,- Kč
Kondenzační kotel	36 500,- Kč	36 500,- Kč
Spalinové cesty (odtah)	10 000,- Kč	10 000,- Kč
Elektrická přípojka	500,- Kč	500,- Kč
Regulace	8 000,- Kč	8 000,- Kč
Rozvod z mědi	28 000,- Kč	-----
Radiátory à 4. 000,-	56 000,- Kč	-----
Podlahové vytápění à 1. 200,-/m ²	-----	147 600,- Kč
Revize elektřiny (rozdíl)	400,- Kč	400,- Kč
Revize plynu	6 000,- Kč	6 000,- Kč
Σ IN bez DPH	153 400,- Kč	221 000,- Kč
Σ IN včetně DPH 20 %	184 080,- Kč	265 200,- Kč

Grafické zobrazení výsledných cen (obr. 2.4) jasně ukazuje, že opět jednoznačně nejdražšími způsoby vytápění jsou varianty užití obou kotlů s podlahovým vytápěním, rozdíl mezi nimi činí přibližně 13 000,- Kč (P1-B a P2-B). Tento rozdíl navýšený o náklady na potřebu jiného dimenzování otopných ploch při konvekčním vytápění je k vidění u variant

P1-A a P2A. Cena pořízení podlahového topení vychází průměrně o 50% draž než cena klasického vytápění.



Obr. 2.4 Investiční náklady na vytápění plynem

Zdroj: vlastní zpracování

2.2.2 Provozní náklady

Provozní náklady na vytápění plynem se na jedné straně skládají z pravidelných ročních nákladů na povinný servis a revize plynových zařízení dané vyhláškou č. 85/1978 Sb. Českého úřadu bezpečnosti práce o kontrolách, revizích a zkouškách plynových zařízení (přibližná cena 2 500,- Kč) a na druhé straně z nákladů na dodávku a distribuci plynu. Jak cena dodávky, tak cena distribuce se sestává z paušálních plateb a plateb dle spotřeby. Cena distribuce je tvořena měsíční paušální cenou za přistavenou kapacitu a z distribuční ceny za odebraný plyn a služby operátora trhu (jejichž cena se odvíjí od spotřeby). Cena dodávky je tvořena opět paušálem a cenou za odběr příslušného množství plynu.

Přestože je plyn odebírán v m^3 , k jeho účtování dochází prostřednictvím jednotek kWh stejně jako u elektřiny. Spotřebu naměřenou v m^3 lze na kWh přibližně přepočítat vynásobením koeficientem spalného tepla objemového, který má hodnotu 10,5 [21, 41]. Tento koeficient obsahuje již samotnou hodnotu spalného tepla a přepočet jednotek MJ na

kWh. Koeficient je společnostmi pravidelně měřen a do vyúčtování vstupuje hodnota ročního váženého průměru.

Účtování v kWh by mělo zabezpečit objektivnější spotřebu zemního plynu, ale se spotřebou elektřiny na stejné úrovni nelze srovnávat. Do výpočtu kromě výhřevnosti vstupuje právě hodnota spalného tepla, která mění počet účtovaných kWh vůči elektřině na vyšší hodnotu [42]. Spalné teplo je zhruba o 11 % větší než výhřevnost ($H_s = 1.11 \times H_u$ [MJ.m⁻³]).

V příloze 7 je jsou uvedeny reálné ceníkové ceny plynu pro červen 2012 od vybraných sedmi dodavatelů plynu v ČR (RWE, JMP, SMP, VČP, E. ON, Pražská plynárenská a ČEZ), v jednotlivých distribučních soustavách (RWE GasNet, E. ON Distribuce, Pražská plynárenská Distribuce). Příslušnou celkovou cenu tvoří pevná cena za kapacitu a součet všech cen vázajících se ke konkrétní spotřebě.

V tab. 6 je uveden kompletní výběr z výpočtů souvisejících s platbami za odběr plynu vázající se na jednotlivé otopné soustavy. Pro výpočet spotřeby $Q_{v\ skut}$ je uvažován vliv účinnosti samotných zařízení a jejich rozvodů dle vzorce (1.10) v kap. 1.3.2. Vstupní hodnotou potřeby tepla je u konvekčního vytápění hodnota 56 400 MJ a pro potřeby sálavého vytápění hodnota 51 140 MJ. V tab. 6 jsou tyto hodnoty již převedeny na hodnotu odpovídající jednotkám v kilowatthodinách. Protože je uvažována účinnost vztažená k výhřevnosti je potřeba pro zajištění stejné potřeby tepla nutné u plynu počítat s o 11 % větší spotřebou.

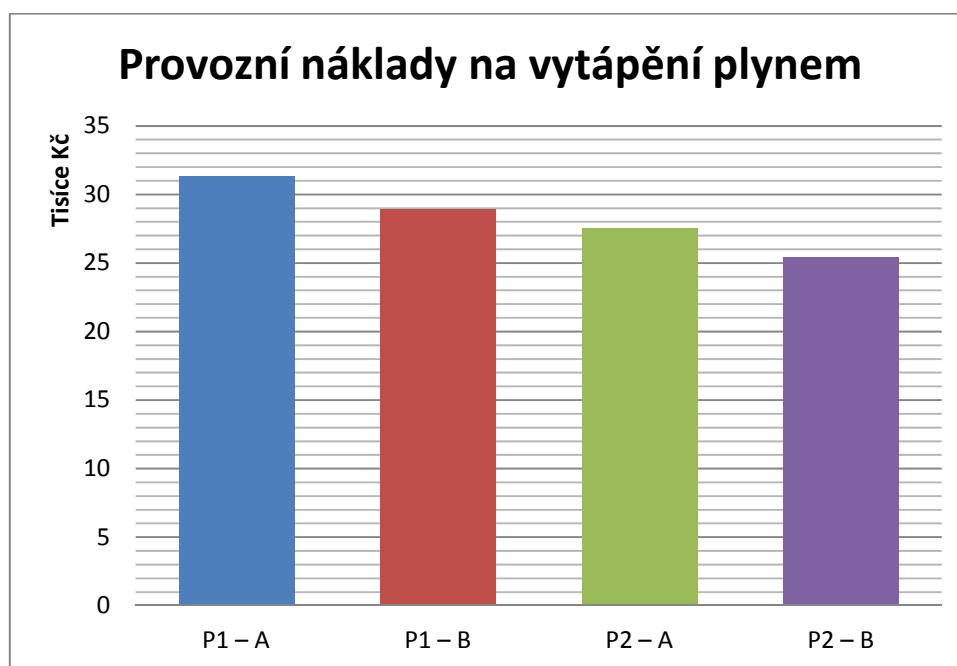
Roční náklady odpovídající jednotlivým variantám jsou počítány podle skladby cen, tedy paušální částky jsou započítány 12 krát (počet měsíců v roce) a je k nim přičten součin hodnoty spotřeby plynu (kWh) a ceny za odebraný plyn (Kč /kWh). Uvedené ceny ročních nákladů v tab. 6 jsou středními hodnotami ročních provozních nákladů včetně DPH v celé ČR sedmi uvažovaných dodavatelů ve třech distributorských oblastech, částka je zaokrouhlena na celé stovky. Celkové konečné roční náklady počítají i s provedením revizí v ceně 2 500,- Kč. Do přepočtu by správně měl ještě vstupovat koeficient pro přepočet tlaku plynu na standardní podmínky, který na základě nadmořské výšky oblasti výstavby není potřeba brát v úvahu [21]. V místech s nižší nadmořskou výškou by spotřeba tepla z plynu byla větší a vytápění P1-A a P2-B by se již nevešly rozsahem do odběrného pásma. Znamenalo by to vyšší paušální a nižší náklady na odebraný plyn.

Tab. 6 Výpočet ročních provozních nákladů na vytápění plynem

Varianta	Potřeba tepla Q_v / rok [kWh]	Účinnost zdroje	Účinnost rozvodů	Spotřeba tepla $Q_{v\text{ skut}}$ / rok [kWh]	Spotřeba tepla z plynu [kWh]	Roční náklady [Kč]	Roční náklady vč. revize
P1 – A	15 667	0,92	0,98	17 377	19 288	28 800,-	31 300,-
P1 – B	14 206	0,92	0,98	15 756	17 489	26 400,-	28 900,-
P2 – A	15 667	1,08	0,98	14 803	16 431	25 000,-	27 500,-
P2 – B	14 206	1,08	0,98	13 422	14 898	22 900,-	25 400,-

Zdroj: vlastní zpracování

Jak z výpočtů v tab. 6 tak z grafické podoby na obr. 2.5 je zřejmé, že nejnižší provozní náklady na vytápění nám zaručuje varianta podlahového vytápění s kondenzačním kotlem, jednoznačným ovlivňujícím prvkem je vysoká účinnost plynného zdroje a nízká potřeba tepla u sálavého vytápění. Platí to i naopak, kdy nejdražší variantou je klasický kotel s radiátory. U obou variant vychází vždy podlahové topení příznivěji než příslušné konvekční vytápění stejným zdrojem.

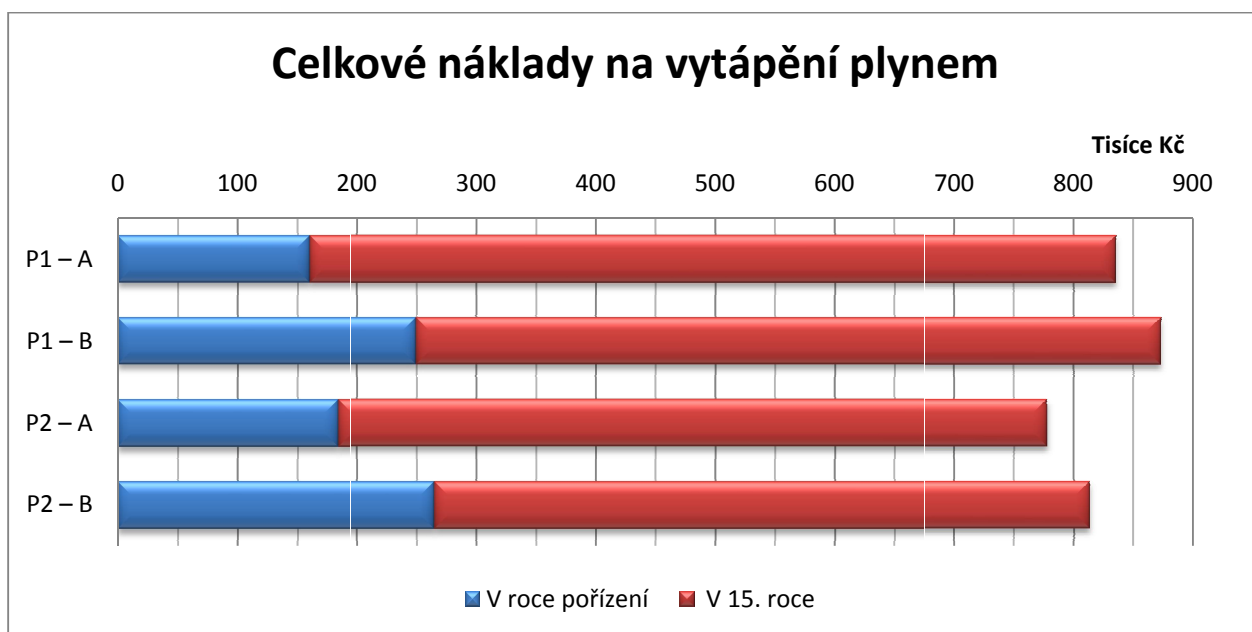


Obr. 2.5 Provozní náklady na vytápění plynem

Zdroj: vlastní zpracování

2.2.3 Celkové náklady

Po 15 letech provozu obou plynových kotlů ve všech variantách je cenově určitě nejvýhodnější kondenzační kotel s konvekčním vytápěním prostřednictvím radiátorů. Po této době ještě nebyl provozní úsporou pokryt rozdíl v investici do podlahového vytápění. Taková investice není zatím návratná (viz obr. 2.6). Kondenzační kotel nabízí výraznou úsporu v ročním provozu a dnešní pořizovací ceny nejsou již o tolik vyšší než u klasických kotlů.



Obr. 2.6 Celkové náklady na vytápění plynem

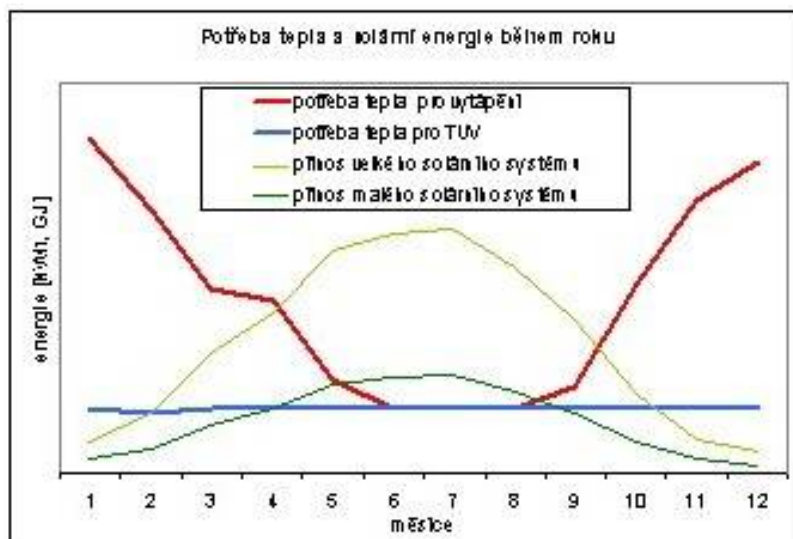
Zdroj: vlastní zpracování

3 ANALÝZA NÁKLADŮ VYTÁPĚNÍ OBNOVITELNÝMI ZDROJI

Vytápění obnovitelnými zdroji znamená využití energie přírody k zajištění tepelné pohody. Ze zdrojů vytápění sem patří tzv. biopaliva (plynná, kapalná, tuhá), vznikající zpracováním biomasy [2], a tzv. alternativní zdroje vytápění, využívající energii slunečního záření (solární systémy využívající fototermický nebo fotovoltaický jev) a energii ovzduší, vody a země (tzv. tepelná čerpadla).

„*Biomasa je hmota organického původu (rostlinná či živočišná)*“ [28]. K energetickému využití biomasy dochází prostřednictvím chemických (např. spalování, zplyňování) a biochemických procesů (např. kvašení, kompostování). Obnovitelnost tohoto zdroje spočívá v jeho původu – energii slunečního záření, která fotosyntézou přechází do rostlin a v návaznosti na to i do živočichů [28]. Jejím použitím jako paliva se oxid uhličitý uvolňuje zpět do přírody. Biomasu používanou pro vytápění spalováním převážně tvoří buď „*cíleně pěstovaná rostlinná biomasa (energetické plodiny) nebo odpady z lesní a zemědělské, popř. potravinářské produkce*“ [28]. Existují rozporuplné názory na využití všech druhů biomasy pro její relativní ekologičnost a ekonomičnost (hnojiva, výroba potřebující další energii včetně vody).

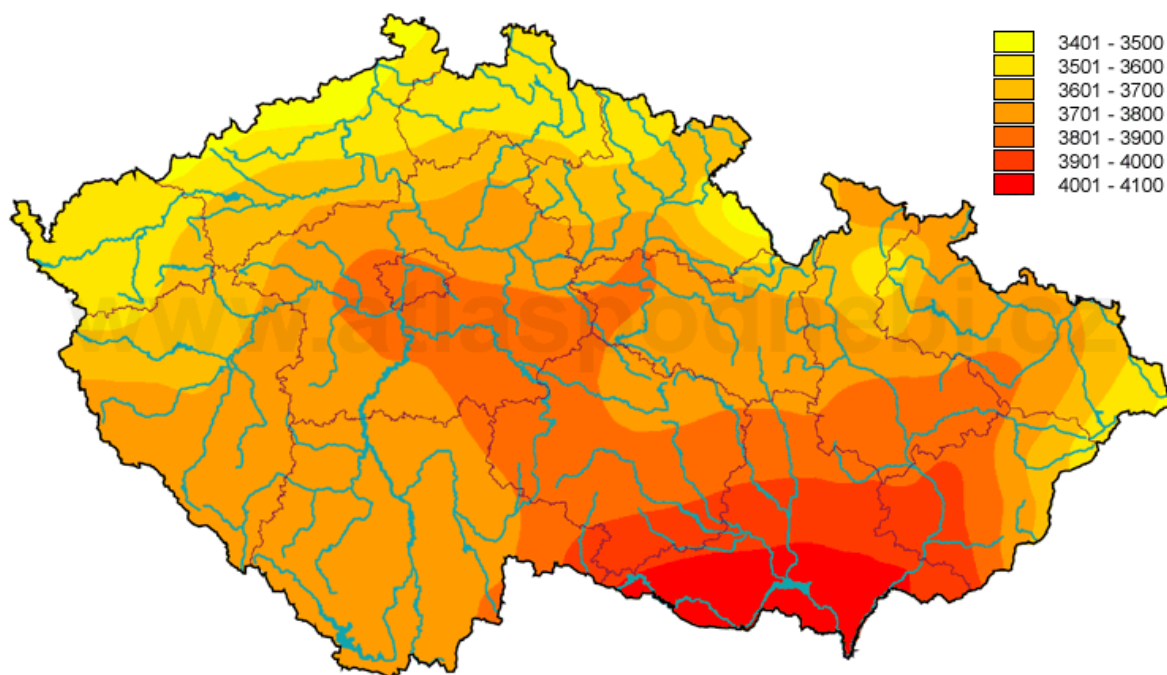
Fototermické systémy využívají tepelnou energii ze slunečního záření jejím akumulováním do objemných nádrží. Takto získaná voda může být použita i k vytápění, ale vzhledem k disbalanci mezi potřebou tepla a dostatkem slunečního svitu v zimních měsících (viz obr. 3.1) jsou tyto systémy použitelné spíše jako doplňkový způsob vytápění (předehřev topné vody) nebo systém k ohřevu TUV, vyhřívání bazénů apod.



Obr. 3.1 Potřeba tepla a solární energie během roku

Zdroj: [10]

Zato fotovoltaické systémy využívají energii slunce k výrobě elektřiny, která pak je použita na zajištění provozu RD a v případě přebytku může být prodána do distribuční el. sítě. Pořízení obou systémů se pohybuje v řádu statisíců a dimenzování takového provozu svým rozsahem přesahuje rámec této práce. Oba systémy vyžadují kvalitní provedení a přizpůsobení stavby systémům (izolace pro velmi malé ztráty, velikost oken pro využití zisků ze slunečního záření, orientace RD vůči světovým stranám, sklon střechy dle systému) a ideálně také místo s vyšší úrovní slunečního záření v ČR viz obr. 3. 2.[11, 12, 30].



Obr. 3.2 Mapa oblastí o různé intenzitě slunečního svitu

Zdroj: [10]

Z těchto důvodů se tato kapitola dále zabývá pouze využitím dřevní biomasy (kap. 3.1) a využitím tepelného čerpadla (blíže v kap. 3.2).

3.1 Vytápění dřevní biomasou

„Pod pojmem dřevní biomasa se rozumí kusové dřevo, dřevní odpad (kůra, štěpka, piliny, sláma) a suché části rostlin pěstovaných k účelu spalování (topol, osika, vrba, šťovík, topinambur, konopí)“ [7]. Kusové dřevo se prodává v nařezaných kusech metrové délky, nebo řezané na kratší polena, případně štípaná, dřevní odpad hlavně ve formě pelet nebo dřevní štěpky. Velikost pelet je dána normou (váleček o průměru 6 nebo 8 mm a délkou 30 – 40 mm) a ve své podstatě se jedná o stlačené piliny hobliny, odřezky a obrusný prach vznikající při lesní těžbě a údržbě a ve zpracovatelském průmyslu, pojivem jsou pryskyřice

a dřevovina [14]. Dřevní štěrka vzniká při hrubém zpracování dřeva, jedná se o úlomky dřeva velikosti maximálně do 5 cm a její využití je stejné jako u dřeva. U veškeré dřevní biomasy je potřeba pro dobrou výhřevnost malé procento obsahu vody [14].

Ke spalování dřeva se využívají zplyňovací kotle na dřevo, krbová kamna či krbové vložky, ke spalování pelet kotle na pelety. Užití lokálních topidel je v případě RD sporné, neboť neúměrně ztěžuje regulaci vytápění člověkem na maximum, je náročné na distribuci paliva ke kamnům a také nehygienické z důvodu velké prašnosti v každé místnosti.

Zplyňovací kotle na dřevo představují účinnější variantu kotlů na dřevo než ty klasické, právě využitím vlastnosti plynu hořet. Kotel na pelety je oproti kotli na dřevo uzpůsoben plně automatizovanému provozu. Jako u kotle na dřeva není potřeba řešit regulace, prostřednictvím automatiky se ovládají ventilátory, které přisávají a odsávají dle potřeby vzduch potřebný k hoření. Ale hlavně není potřeba řešit přikládání. Přikládání pelet je umožněno prostřednictvím pásu dopravujícího pelety ze zásobníku.

Krbová vložka je dnes velmi oblíbený prvek vytápění dřevem. Díky své estetičnosti a možnosti využití efektu přímého hoření ohně a sálavého efektu přímo v obytné části domu se umísťuje totiž do hlavních obývacích místností. Ke zprostředkování tepla do dalších místností slouží rozvod horkého vzduchu buď přímo přes sousedící zdi, do vyšších pater a oddělených místností vzduch proudí prostřednictvím rozvětveného rozvodu ve stropu, rychlejšímu průtoku pomáhá ventilátor. Regulace krbových vložek záleží na individuální obsluze, ale je možno využít i ventilátoru přisávajícího vzduch [37]. Rozvod tepla od krbové vložky tak probíhá jak kombinací sálavého a konvekčního způsobu vytápění.

Všechny tyto systémy jsou použitelné na vytápění celého domu, tedy jako ústředního vytápění. Zplyňovací kotel a kotel na pelety jsou umístěny v kotelně (technické místnosti) a rozvod probíhá klasickým ústředním topením. Také krbovou vložku lze napojit na přímé ústřední topení prostřednictvím krbové vložky s výměníkem [37]. V takovém případě je potřeba mít akumulární nádrž nejlépe ještě napojenou do jiného ústředního rozvodu a krbovou vložku využívat pouze jako doplňkový zdroj. Cena krbové vložky s výměníkem je asi jednou tak vyšší, v dalším srovnání nebude kvůli vhodnosti návaznosti na jiný systém uvažována.

Pak již existují i kombinace příslušných kotlů, např. kotel na dřevo, plyn a pelety, zplyňovací kotle na pelety, zplyňovací kotle na dřevo a uhlí. V tab. 7 jsou uvedeny jednotlivé způsoby vytápění popsané v této práci.

Tab. 7 Přehled možností vytápění dřevní biomasou

	Označení	Zdroj	Účinnost [%]	Druh vytápění
Ústřední	B1 - A	Zplyňovací kotel	84	Konvekční (radiátory)
	B1 - B		84	Sálavé (podlahové)
	B2 - A	Kotel na pelety	93	Konvekční (radiátory)
	B2 - B		93	Sálavé (podlahové)
	B3	Krbová vložka	76	Kombinace

*Zdroj: vlastní zpracování***3.1.1 Investiční náklady**

Konstrukce IN na vytápění dřevní biomasou je provedena stejným způsobem jako u předchozích druhů vytápění opět s ohledem na určitá specifika. Oproti vytápění zůstává nutný odvod spalín komínem (keramickým, nerezovým). Elektrická přípojka je také potřeba pro chod ventilátoru přisávajícího vzduch. IN oproti plynu obsahují ještě další náležitosti pro bezpečný chod kotlů a distribuci paliva, výběr kotlů byl proveden bez ohřevu TUV.

Jednotlivé propočty způsobů vytápění uvedené v tab. 7 následují:

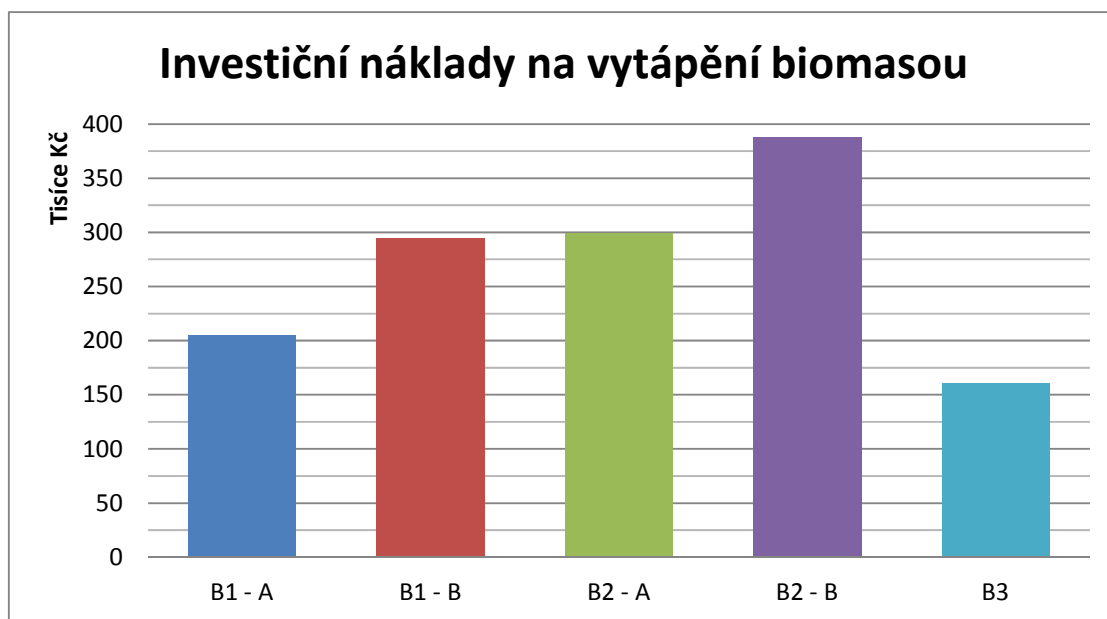
B1 Zplyňovací kotel na dřevo	A (radiátory)	B (podlahové topení)
Projekt	8 000,- Kč	12 000,- Kč
Zplyňovací kotel	25 750,- Kč	25 750,- Kč
Komín	23 500,- Kč	23 500,- Kč
Vstupní revize komínu	2 000,- Kč	2 000,- Kč
Regulace	11 000,- Kč	11 000,- Kč
Akumulační nádrž	14 000,- Kč	14 000,- Kč
Dochlazovací smyčka	2 000,- Kč	2 000,- Kč
Ladomat	6 500,- Kč	6 500,- Kč
Elektrická přípojka (ventilátor)	500,- Kč	500,- Kč
Rozvod z mědi	28 000,- Kč	-----
Radiátory à 3. 500,-	49 000,- Kč	-----
Podlahové vytápění à 1. 200,-/m ²	-----	147 600,- Kč
Revize elektřiny (rozdíl)	400,- Kč	400,- Kč
Σ IN bez DPH	170 650,- Kč	245 250,- Kč
Σ IN včetně DPH 20 %	204 780,- Kč	294 300,- Kč

B2 Kotel na pelety	A (radiátory)	B (podlahové topení)
Projekt	8 000,- Kč	12 000,- Kč
Kotel na pelety	55 000,- Kč	55 000,- Kč
Komín	23 500,- Kč	23 500,- Kč
Vstupní revize komínu	2 000,- Kč	2 000,- Kč
Akumulační nádrž	14 000,- Kč	14 000,- Kč
Dochlazovací smyčka	2 000,- Kč	2 000,- Kč
Regulace	11 000,- Kč	11 000,- Kč
Zásobník	20 000,- Kč	20 000,- Kč
Dopravník	36 000,- Kč	36 000,- Kč
Rozvod z mědi	28 000,- Kč	-----
Radiátory à 3. 500,-	49 000,- Kč	-----
Podlahové vytápění à 1. 200,-/m ²	-----	147 600,- Kč
Revize elektřiny (rozdíl)	400,- Kč	400,- Kč
Σ IN bez DPH	248 900,- Kč	323 500,- Kč
Σ IN včetně DPH 20 %	298 680,- Kč	388 200,- Kč

B3 Krbová vložka	(vzduch)
Projekt	8 000,- Kč
Krbová vložka	27 000,- Kč
Komín	23 500,- Kč
Revize komínu	2 000,- Kč
Kouřovod včetně napojení	6 000,- Kč
Obestavba v. 2,5 m materiál	23 000,- Kč
Rozvod vzduchu	30 000,- Kč
Montáž a doprava	14 500,- Kč
Σ IN bez DPH	134 000,- Kč
Σ IN včetně DPH 20 %	160 800,- Kč

Při převedení výpočtů do grafické podoby na obr. 3.3 lze vidět velkou finanční náročnost variant s podlahovým vytápěním (B1 – B, B2 – B) a oproti všem variantám nižší finanční náročnost varianty krbové vložky s vytápění horkým vzduchem - B3. Při výpočtu investičních nákladů na vytápění peletami nebylo již počítáno s žádnými dotacemi na pořízení kotle, které se dříve poskytovaly. Celkově nejdražší variantou je právě kotel na pelety, a to jak ve variantě

s radiátory i podlahovým topením. Cenu zde nezvyšuje samotný kotel, ale právě potřeba zautomatizování chodu stroje, tedy pořízení dopravníku a zásobníku na pelety.



Obr. 3.3 Investiční náklady na vytápění dřevní biomasou

Zdroj: vlastní zpracování

3.1.2 Provozní náklady

Provozní náklady na vytápění dřevní biomasou se skládají stejně jako zatím všechny druhy vytápění z paušálních (pevných) nákladů a z nákladů odvozených od spotřeby. Dle nařízení vlády č. 91/2010 Sb., o podmínkách požární bezpečnosti při provozování komínů, kouřovodů a spotřebičů paliv je nutno u komínů na pevná paliva provést třikrát ročně čištění komínu a jedenkrát ročně kontrolu komínu k tomu účelu určenou v celkové ceně asi 2 000,- Kč. V opačném případě hrozí při vyhoření nemalé sankce. U kotlů na dřevo je vhodné nechat provést jednou ročně po skončení topné sezóny servisní prohlídku, cena se pohybuje kolem 2 500,- Kč.

V tab. 8 je uveden kompletní výběr z výpočtů souvisejících s platbami za spotřebu paliva v jednotlivých soustavách (radiátor, podlahové topení a horký vzduch). Vstupní údaje potřeby tepla zůstávají na stejných hodnotách u jednotlivých soustav jako v předchozích případech. Vytápění krbovou vložkou (B3) obsahuje kombinaci obou způsobů přenosu tepla, ale vzhledem umístění krbu v jedné místnosti, kde se vliv sálavé složky vzhledem k poměru její podlahové plochy vůči celkové vytápěné ploše RD pohybuje kolem 6 %, byla nakonec sálavá složka zanedbána a systém je uvažován za čistě konvekční.

Do výpočtu skutečné spotřeby tepla $Q_{v \text{ skut}}$ vstupuje účinnost samotných zařízení a jejich rozvodů dle vzorce (1.10) v kap. 1.3.2. Vstupní hodnoty potřeby tepla jsou stejné jako v předchozích kapitolách pro konvekčního a sálavé vytápění, roční spotřební náklady jsou spočítány z hlediska hodnot výhřevností jednotlivých paliv. Podíl těchto složek pak určuje spotřebu paliva – u pelet v kg, u dřeva v prostorových rovnaných metrech (prm) nebo prostorových sypaných metrech (prms) (1 prm = 1,7 prms). Příslušná paliva s v těchto jednotkách i prodávají, bohužel tyto náklady na palivo nejsou ještě kompletní. Pokud pominu problematiku s prostorovými potřebami a dodržení vlastností při skladování, další podstatnou položku ročních nákladů tvoří doprava takového paliva, která nelze zajistit běžným způsobem. Cena dopravy se pohybuje v rozmezí od 15-30 Kč za km dle typu použitého vozidla. Typ vozidla je určující dle velikosti dodávky.

Celý způsob propočtu je uveden v příloze 8. Pro vyjádření nákladů na potřebu dřeva jsem vybrala dvě firmy působící ve středočeském kraji (jednu s dopravou v ceně a jednu s dopravou placenou zvlášť) a jednu společnost, která působí ve vzdálenosti 170 km od místa stavby. Do rozpočtů vstupovaly jednotlivé druhy dřeva každé s jinou výhřevností a tudíž i jinou potřebou množství nákupu. Výhřevnost dřeva záleží na obsahu vody ve dřevě (čím vyšší podíl vody, tím horší výhřevnost) a složení dřeva (jestli se jedná o poleno nebo o štěpku). Z výsledku cenového průzkumu vyplývá, že u polen v rozmezí 33 – 50 cm je nejlevnější topení měkkým dřevem a že není příliš velký rozdíl mezi dodávkou firmy s dopravou v ceně a bez dopravy, za to cena vzdáleného dodavatele je kvůli dopravě dražší téměř o 100 procent. Ceny pelet se pohybují v rozmezí 5-6 Kč / kg, při propočtu bylo počítáno s nižší cenou, která je opět i ve středočeském kraji reálně lehce dosažitelná při dodávkách minimálně od tří firem.

Při provedení cenového průzkumu trhu prostřednictvím internetu se naprosto jasně vyplatí objednávat dřevo i pelety přibližně z toho regionu, kde je umístěný dům. Čím bližší umístění dodavatele, tím lépe. Existují i dopravci, kteří mají v daném regionu dopravu již v ceně nebo se vyskytují během roku různé akční ceny alespoň na část dopravy zdarma.

Zobrazené náklady na dřevo v tab. 8 jsou náklady na dodávku dřeva právě jen těch dvou firem ze středočeského kraje a jejich celkových průměrných cen za kombinaci všech paliv. Je uvažována frekvence jedné roční dodávky paliva - od takové dodávky se také čeká nižší cena než při jejím rozdělení do více nebo snaha dopravit si palivo vlastními silami. Náklady na pořízení pelet obsahují cenu za potřebné množství pelet a je počítáno s dopravou do

vzdálenosti 70 km, neboť opět dvě ze tří uvažovaných firem dodávajících pelety ve středočeském kraji jsou umístěny právě v této vzdálenosti.

Roční náklady na samotnou dřevní biomasu a celkové náklady zahrnující servis kotlů a čištění komínů jsou uvedeny v posledním sloupci v tab. 8.

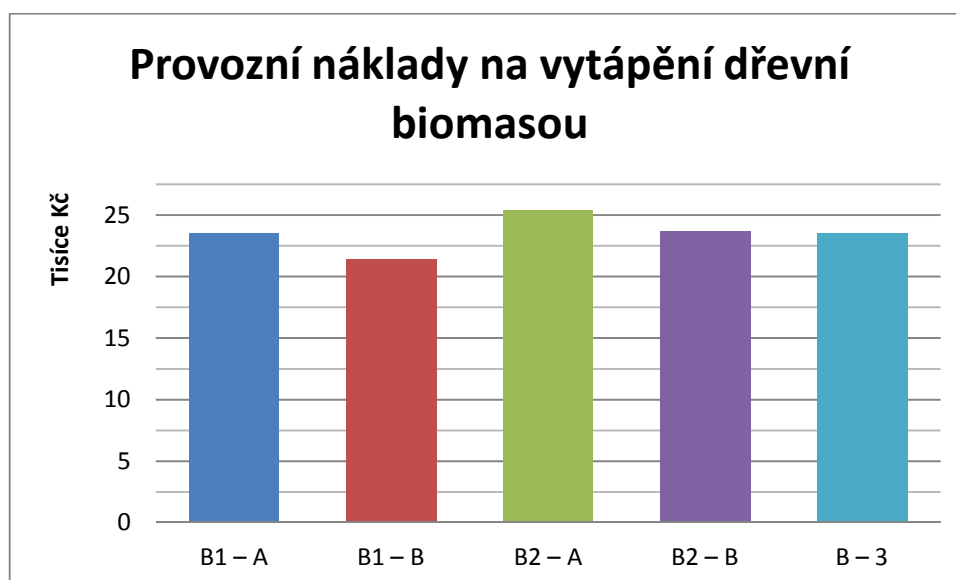
Pro účely zatopení je tedy potřeba pár polen vždy rozštípat, aby se lépe rozvinulo spalování. V případě kompletně naštípaného dříví by se dodávka prodražila asi o 5-6 tisíc. Takto stačí k investičním nákladům přičíst případně ještě cenu sekery.

Tab. 8 Výpočet ročních provozních nákladů na vytápění dřevní biomasou

Varianta	Potřeba tepla Q_v / rok [kWh]	Účinnost zdroje	Účinnost rozvodů	Spotřeba tepla $Q_{v\text{ skut}} / \text{rok}$ [kWh]	Roční náklady na biomasu [Kč]	Roční náklady celkem
B1 – A	15 667	0,84	0,98	19 032	19 000,-	23 500,-
B1 – B	14 206	0,84	0,98	17 257	16 850,-	21 350,-
B2 – A	15 667	0,93	0,98	17 190	20 900,-	25 400,-
B2 – B	14 206	0,93	0,98	15 587	19 200,-	23 700,-
B – 3	15 667	0,76	0,90	22 905	21 500,-	23 500,-

Zdroj: vlastní zpracování

Grafické zobrazení provedených výpočtů opět zobrazuje obr. 3.4, na kterém vidíme rozdíl mezi náklady na vytápění kotlem na dřevo a kotlem na pelety v případě radiátorů a v případě podlahového topení asi 2 000 Kč. Ani v jednom případě, přestože je kotel na pelety o 11 procent účinnější, „nezlomí“ pelety cenu dřeva. To může být způsobeno i rozdílem v konstrukci výpočtu dopravy, kdy u dřeva vstupuje doprava do výpočtů pouze přes jeden značně blízký podnik, zato u pelet se počítá s průměrnou cenou dopravy ze vzdálenosti 70 km. Nejdražší na provoz je topení v krbové vložce, což je způsobeno horší účinností samotné vložky, ale díky odpadajícímu servisu krbové vložky je výsledná cena topení variantou B3 srovnatelná s kotlem na dřevo (B1 – A).



Obr. 3.4 Provozní náklady na vytápění dřevní biomasou

Zdroj: vlastní zpracování

3.1.3 Celkové náklady

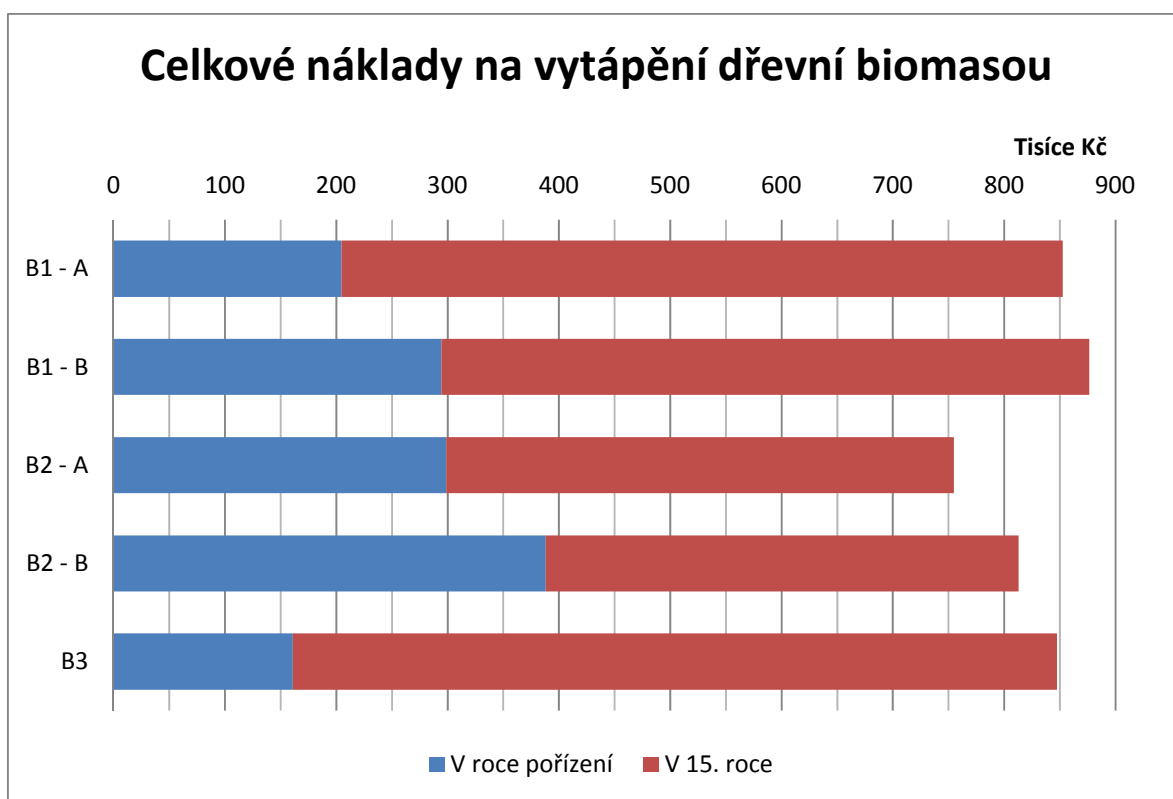
Pro účely porovnání budou i v této kapitole celkové náklady na vytápění dřevní biomasou počítány na dobu 15 let stejně jako v předchozích kapitolách.

Na rozdíl od elektřiny a plynu se velmi těžko odhaduje budoucí cenový vývoj těchto paliv. Dle [4] bylo zjištěno, že cena dřeva za posledních deset let stoupla o 150 procent, to znamená meziroční růst zhruba o 9,5 procenta. Ohledně dřeva existují dostatečné údaje o růstu cen od roku 1993, bohužel u pelet tyto hodnoty existují jen maximálně 6-7 let zpátky. Navíc ceny jsou stanovovány odhadem na základě vývozních cen pelet a cen pelet v sousedních zemích. Jsou sice signály, že ceny pelet porostou, ale nešlo o relevantní zdroje, proto bude v celkových nákladech cenový růst uvažován přibližně na stejné úrovni jako inflace za posledních dvanáct měsíců (3%). Není možné přesně odhadnout také růst cen v dopravě a ve službách (ohledně servisu komínů a kotlů), proto pro celkový výsledek tyto částky ve výpočtech zůstaly na současném stavu.

Při takto očekávaném tempu růstu cen i v budoucnosti, to znamená celkové náklady na vytápění dřevní biomasou takové, jak je zobrazeno v grafu na obr. 3.5. I přes vyšší počáteční náklady se po patnácti letech provozu jednoznačně vyplatí provoz kotle na pelety, ale rozdíl mezi podlahovým a klasickým vytápěním je v jeho případě vyšší než při užití kotle na dřevo, kde investice do podlahového vytápění pomalu dochází ke své návratnosti. Horkovzdušné vytápění prostřednictvím krbové vložky je po 15 letech provozu srovnatelné s kotlem na

dřevo, ale v dalších letech kvůli horší účinnosti vložky a tudíž větší spotřebě dřeva, u kterého rostou ceny rychleji než pelety, se dá očekávat, že bude nejdražším provozem ze všech v této kapitole zmíněných.

Je otázkou, nakolik byl tento propočet vzhledem k cenám dřevní biomasy reálný a objektivní. Cena dřeva oproti ostatním státům ještě má potenciál růstu, cena pelet je výhodnější i díky snížené sazbě DPH, protože se jedná vlastně o odpad. V jejich prospěch hovoří také snadnější manipulace a plně automatický provoz, zatímco dřevo je do kotle minimálně nutno 2krát denně přikládat. Náklady samozřejmě již neobsahují lidskou práci potřebnou na roztopení, vynášení popela, přikládání, kontrolu atd. V dopravě není započítáno mýtné po dálnici atd.



Obr. 3.5 Celkové náklady na vytápění dřevní biomasou

Zdroj: vlastní zpracování

3.2 Vytápění tepelným čerpadlem

Tepelné čerpadlo je zařízení využívající ke svému provozu elektrickou energii takovým způsobem, aby získalo pro provoz otopného systému ještě další energii ze země, vody nebo ovzduší [15]. Skládá se většinou ze dvou částí, venkovní a vnitřní. Odtud vznikly i názvy tepelných čerpadel: země – voda, voda – voda, vzduch – voda a vzduch – vzduch. První slovo

z názvu znamená vždy venkovní prostředí, ze kterého je odebírána energie, druhá část názvu nese médium, kterému je toto teplo předáváno dovnitř domu (voda v otopné soustavě nebo přímo vzduch) [34]. Poměr mezi vloženou a získanou energií udává základní parametr TČ, tzv. topný faktor. Vyjadřuje účinnost přeměny energie získané k energii vložené. „*Toto číslo může nabývat u velmi dobrých tepelných čerpadel za optimálních podmínek až hodnoty 7. Běžně se topný faktor pohybuje od 2,5 do 5*“ [15, str. 9]. Způsob odběru tepla z venkovního prostředí bývá přirovnáván k principu chladničky. K odběru tepla dochází v tzv. primárním okruhu tím způsobem, že vnější prostředí je ochlazeno, takto získané teplo je převedeno na vyšší hladinu a prostřednictvím sekundárního okruhu předáváno do otopného systému [15, 34].

TČ země – voda odebírá energii ze země prostřednictvím plošných kolektorů umístěných v nezamrzlé hloubce, ze zemních vrtů nebo prostřednictvím kombinace využití odpadního tepla z domu se zemními kolektory (vrty) [35]. Plošné kolektory potřebují poměrně velkou plochu zahrady (např. pro dům s 14 kW ztrátami je potřeba 470 m² plochy pozemku obětovat právě kolektoru), ale na rozdíl od vrtů jsou o dost levnější. U kombinace s využitím odpadního tepla odpadá tak velká potřeba kolektorů, ale vhodnost jeho užití už je doporučena jen pro nízkoenergetické domy.

TČ voda – voda je nejúčinnějším systémem, ale také zároveň nejméně častým. Zdrojem tepla je tu vodní plocha, nebo studna. TČ přečerpává tuto vodu, odebírá z ní teplo a vrací ji zpět. I když vrt studny (přesněji dva) vyjdou levněji než zemní vrt, není tento systém použitelný všude s ohledem na potřebné vlastnosti studen, systém je drahý na údržbu a servis, levnější je např. na dno vodních děl umístit plošné kolektory a přečerpávat teplo stejným způsobem jako u čerpadla země – voda [35].

TČ vzduch voda odebírá teplo z okolního vzduchu a ohřívá jím plyn, který je poté v kompresoru stlačen a jeho teplota se tím zvýší. V další soustavě prostřednictvím kondenzace je teplo z plynu předáno opět do teplovodního systému vytápěcí soustavy.

Poslední typ TČ je vzduch – vzduch, kdy přes odebraný vzduch z vnějšku je ohříván přímo vzduch uvnitř. Tento systém není vhodný u složitějších domů, zato má lepší účinnost, protože odpadá mezistupeň ohřátí vody v otopné soustavě jako v ostatních případech. [15, 34, 35]

3.2.1 Investiční náklady

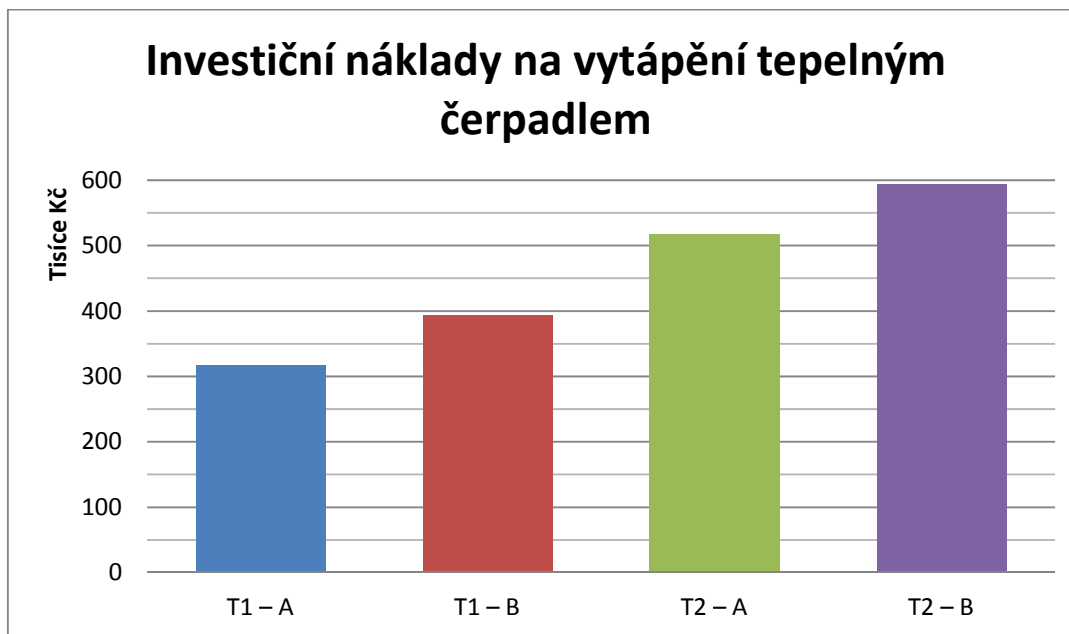
Investiční náklady na pořízení čerpadla obsahují náklady na samotné čerpadlo a poté obdobně jako u vytápění čistě elektrinou cenu za regulaci, rozvody, otopnou soustavu a revize. Pro výpočty byly vybrány dvě varianty TČ, vzduch – voda a země – voda (plošný kolektor). Vše je detailně zobrazeno ve výpočtech níže:

T1 Vzduch - voda	A (radiátory)	B (podlahové topení)
Projekt	15 000,- Kč	15 000,- Kč
Tepelné čerpadlo	150 000,- Kč	150 000,- Kč
Regulace	11 000,- Kč	11 000,- Kč
Rozvod z mědi	28 000,- Kč	-----
Radiátory à 4. 000,-	56 000,- Kč	-----
Podlahové vytápění à 1. 200,-/m ²	-----	147 600,- Kč
Revize elektřiny (rozdíl)	4 000,- Kč	4 000,- Kč
Σ IN bez DPH	264 000,- Kč	327 600,- Kč
Σ IN včetně DPH 20 %	316 800,- Kč	393 120,- Kč

T2 Země - voda	A (radiátory)	B (podlahové topení)
Projekt	15 000,- Kč	15 000,- Kč
Tepelné čerpadlo	187 000,- Kč	187 000,- Kč
Zemní kolektor	70 000,- Kč	70 000,- Kč
Akumulační nádrž	60 000,- Kč	60 000,- Kč
Regulace	11 000,- Kč	11 000,- Kč
Rozvod z mědi	28 000,- Kč	-----
Radiátory à 4. 000,-	56 000,- Kč	-----
Podlahové vytápění à 1. 200,-/m ²	-----	147 600,- Kč
Revize elektřiny (rozdíl)	4 000,- Kč	4 000,- Kč
Σ IN bez DPH	431 000,- Kč	494 600,- Kč
Σ IN včetně DPH 20 %	517 200,- Kč	593 520,- Kč

Rozdíl mezi jednotlivými investičními náklady na vytápění tepelnými čerpadly země – voda a vzduch – voda je velmi výrazný. Typ TČ se zemním kolektorem je doposud nejdražším otopným systémem, jehož cena přesahuje hranici šesti set tisíc korun (viz obr. 3.6). Nejlevnější TČ je čerpadlo vzduch – voda s použitím radiátorů, jejichž vhodnost užití je ale diskutabilní. Kvůli nízkému teplotnímu spádu u TČ je obecně více doporučováno

podlahové vytápění, které u teplovodních rozvodů nepatří k nejlevnějším. Také cenový rozptyl mezi tepelnými čerpadly je velmi výrazný. Existují firmy, které oba užívané druhy TČ přináší za stejnou cenu, rozdíl tvoří jen samotný plošný kolektor, některé firmy nabízejí projektování již v ceně, jinde jde TČ namontovat na topný systém s již stávajícím kotlem.



Obr. 3.6 Investiční náklady na vytápění tepelným čerpadlem

Zdroj: vlastní zpracování

3.2.2 Provozní náklady

TČ pracuje po celou dobu topné sezóny v různých režimech odpovídajících různým topným faktorům. Aby bylo možné topné faktory porovnávat, je potřeba sledovat u nich uváděné hodnoty vstupní teploty a získané teploty (např. topný faktor při 0 °C / 35 °C je 3,75). Za takový střed a optimum fungování dobrých tepelných čerpadel se uvažuje hodnota topného faktoru mezi 3 a 3,5.

Část roku, kdy jsou teploty již tak nízko, že čerpadlo není schopno pracovat jen samo o sobě, je potřeba prostřednictvím elektrokotle uvnitř systému TČ dotápět nebo dokonce topit zcela. Správný poměr činnosti provozu v jednotlivých stupních je velmi těžké stanovit, nejpřesnější by bylo zjistit skutečnou spotřebu na základě hodnot zjištěných na elektroměru. Pro účely této práce bude výpočet zjednodušen na samotný provoz elektrokotle a provoz samotného čerpadla při stálém topném faktoru 3,25. Jednotlivým provozům bude prostřednictvím jedné váhy přiřazen procentuální podíl chodu v obou režimech. Váhou je počet dní (d_i), kdy se TČ blíží k již svému meznímu bodu fungování při tzv. bivalentní

teplotě. Na základě dlouhodobých klimatických pozorování dle [17] byla hodnota d_t stanovena na 45 dnů u TČ vzduch – voda a u TČ země – voda na 30 dnů. Výchozí hodnoty počtu dní byly o něco naddimenzovány, protože není uvažován společný chod čerpadla a kotle. Úpravou vzorce 1.10 vzhledem k různým účinnostem částí TČ dostáváme:

$$Q_{v\ skut} = \frac{Q_v}{\eta_r} \times \left(\frac{d_t}{\eta_k \times d} + \frac{(d - d_t)}{TF \times d} \right). \quad (3.1)$$

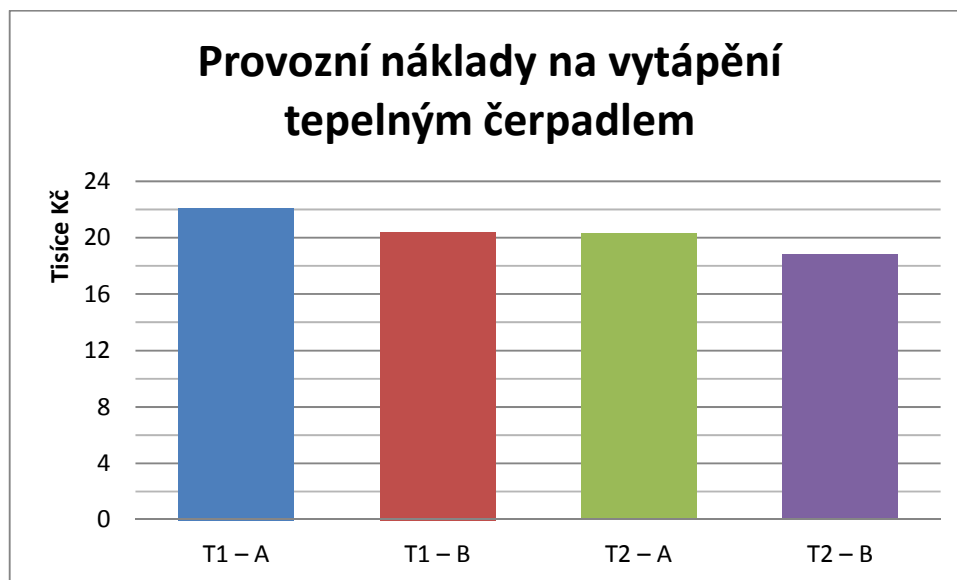
Dodavatelé elektřiny nabízí při využití tepelného čerpadla dvoutarifní sazbu speciálně pro tepelné čerpadlo, která běží po dobu 22 hodin v NT. Ceny se pohybují stejně nebo i mírně pod přímotopnou sazbou (příloha 6). Vzhledem ke spotřebovanému množství tepla vypočteného ze vzorce (3.1) je především díky vlivu topného faktoru TČ potřebné teplo asi na třetinové úrovni. Výsledné roční náklady a průběh hodnot dosažených do výpočtu je zobrazen v tab. 9.

Tab. 9 Výpočet ročních provozních nákladů na vytápění tepelným čerpadlem

Varianta	Potřeba tepla Q_v / rok [kWh]	$d_t = -3^\circ\text{C}$	Účinnost zdroje	TF čerpadla	Účinnost rozvodů	Spotřeba tepla $Q_{v\ skut}$ / rok [kWh]	Roční náklady [Kč]
T1 – A	15 667	46	0,99	3,25	0,98	6 921	22. 100,-
T1 – B	14 206	46	0,99	3.25	0,98	6 276	20. 400,-
T2 – A	15 667	30	0,99	3.25	0,98	6 225	20. 300,-
T2 – B	14 206	30	0,99	3.25	0,98	5 644	18. 800,-

Zdroj: vlastní zpracování

Z absolutních hodnot ročních nákladů je na první pohled patrné, že tepelné čerpadlo přináší úsporu s ohledem na náklady u cen elektřiny v kap. 2.1.3. Z výpočtu i z grafu na obr. 3.7 je patrné, že rozdíly mezi tepelnými čerpadly činí vždy v příslušných variantách necelé dva tisíce korun ročně (mezi variantami otopných soustav i variantami samotných čerpadel příslušných soustav).

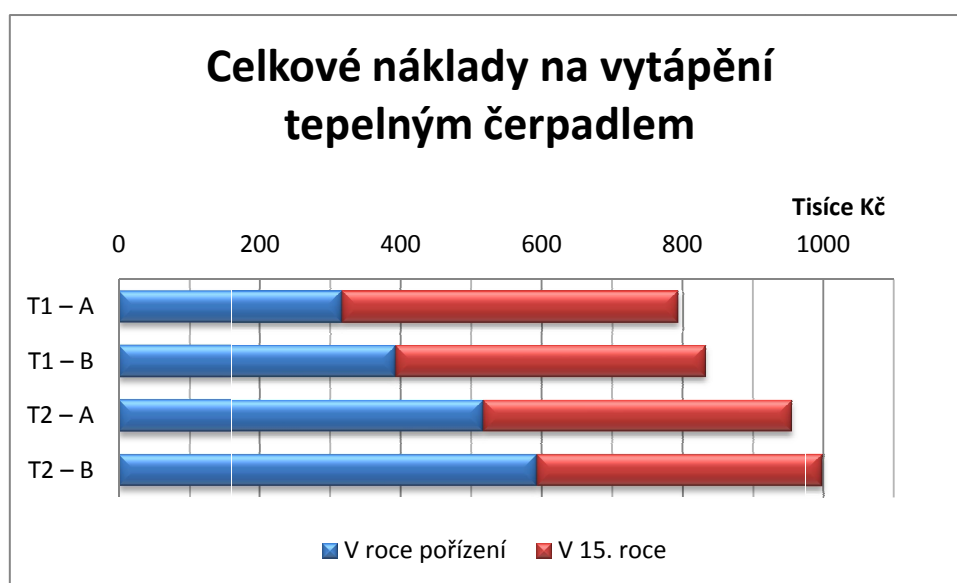


Obr. 3.7 Provozní náklady na vytápění tepelným čerpadlem

Zdroj: vlastní zpracování

3.2.3 Celkové náklady

Celkové náklady v souhrnu uvažují stejný procentuální růst elektřiny jako v kapitole 2.1.3, tedy 5 %. I po 15 letech provozu vychází cenově příznivěji tepelné čerpadlo voda – vzduch, právě díky výrazně nižším pořizovacím nákladům (obr. 3.8).



Obr. 3.8 Celkové náklady na vytápění tepelným čerpadlem

Zdroj: vlastní zpracování

4 SROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ VYTÁPĚNÍ

Jednotlivé druhy a jejich varianty vytápění lze nyní srovnávat podle provedené analýzy, tedy srovnat vedle sebe investiční, provozní a celkové náklady. Jejich grafická podoba by byla jen pouhým opakováním již uvedeného, mnohem zajímavější je podívat se na problematiku v trochu jiných souvislostech, a to za prvé s ohledem na návratnost investice, životnost zařízení, dostupnost a cenovou stabilitu zdrojů. Druhý pohled na vytápění je proveden srovnáním s podobnými analýzami zveřejněnými na internetu a poukázáním na rozdíly.

4.1 Návratnost, životnost a zdroje

Obvyklým způsobem ekonomického hodnocení jakékoliv investice je vyjádření její návratnosti. Doba návratnosti DN je stanovena jako podíl investovaných prostředků IN a peněžní úspory CF (cashflow), kterou přinese:

$$DN = \frac{IN}{CF} \quad (4.1)$$

Pokud je uvedená úspora v ročním vyjádření, je také doba návratnosti vyjádřena v letech. Nemá smysl počítat návratnost investice tam, kde úspora (CF) je záporná, proto pro možnost aplikování této metody jsem zvolila jako referenční vytápění elektrokotel, neboť v provozních nákladech je nejdražší. Hodnoty návratností ostatních druhů vytápění vůči elektrokotli jsou uvedeny v tab. 10.

Z výsledků je patrné, že některé systémy (mezi elektřinou navzájem) mají dobu návratnosti tak vysokou, že se pohybuje za životností jednotlivých zařízení (případně částí). Reálná a rozumná doba návratnosti se pohybuje do 15 let. Životnost otopné soustavy se totiž pohybuje kolem 30 let, jednotlivé zdroje – kotle mají obdobnou životnost, ale je třeba vzít v úvahu jejich morální zastarání technologie po zhruba 10 letech. Nejkratší životnost ze všech studovaných zdrojů má tepelné čerpadlo, které je omezeno životností kompresoru (maximálně 15 let). Dle výpočtu nejlepšími investicemi z hlediska návratnosti jsou investice do vytápění plynem a dřevní biomasou. Tepelné čerpadlo nemá na rozdíl od očekávání tak dobré výsledky. Dle výrobců je to především způsobeno naddimenzováním výpočtu provozních nákladů, díky němuž může být dosti podstatně snížen roční CF . Obecně také všechny druhy sálavého vytápění (varianty B a C) mají proti konvekčnímu vytápění delší doby návratnosti.

Uvedený způsob úvahy lze užít také při plánování změny vytápěcího systému za jiného vývoje cen paliv v budoucnosti, než jak bylo naznačeno v této práci. V takovém případě se

stávající systém zvolí jako referenční (např. kotel na plyn, na dřevo, či pelety) a zjistí se nově získaná roční peněžní úspora v provozních nákladech. Je rozumné mezi sebou porovnávat takové investice, kde část rozvodů zůstává – např. radiátory, podlahové topení, komín, akumulární nádrž apod. Jen v případě radiátorů je potřeba v některých případech vzít v úvahu jinou potřebu teplotního spádu (stávající radiátory mohou být nepoužitelné). Samozřejmě takové změny nelze dělat každý rok, ale minimálně právě na deset let dopředu.

Tab. 10 Výpočet doby návratnosti a čisté současné hodnoty investic do vytápění

Druh vytápění	IN	CF	DN	$\sum_{m=1}^{15} DCF_m$	$\sum_{n=1}^{10} DRA_n$	ČSH(úvěr)
E1 - A	148 560,-	0,-	----	0,-	177 039,-	-177 039,-
E2 – A (D26d)	277 200,-	6 200,-	45	112 566,-	330 339,-	- 217 773,-
E2 – A (D35d)	253 200,-	2 300,-	111	41 758,-	301 738,-	-259 980,-
E3 - A	97 200,-	800,-	122	14 525,-	115 833,-	-101 309,-
E4 (D26d)	331 404,-	6 200,-	54	112 566,-	394 934,-	-282 368,-
E4 (D35d)	230 736,-	2 300,-	101	41 758,-	274 968,-	-233 210,-
P1 - A	160 200,-	14 700,-	11	266 890,-	190 910,-	75 980,-
P2 - A	184 080,-	18 500,-	10	335 882,-	219 368,-	116 514,-
B1 - A	204 780,-	22 500,-	10	569 622,-	244 036,-	325 586,-
B2 - A	298 680,-	20 600,-	15	324 641,-	355 937,-	-31 296,-
B3	160 800,-	22 500,-	8	569 622,-	191 625,-	377 997,-
T1 - A	316 800,-	23 900,-	14	433 924,-	377 530,-	56 393,-
T2 - A	517 200,-	25 700,-	21	466 604,-	616 347,-	-149 743,-
E1 - B	238 080,-	0,-	-----	0,-	283 720,-	-283 720,-
E2 – B (D26d)	358 320,-	5 700,-	63	103 488,-	427 010,-	-323 522,-
E2 – B (D35d)	334 320,-	2 200,-	152	39 943,-	398 409,-	-358 466,-
E3 - B	144 000,-	4 600,-	180	83 517,-	171 605,-	-88 088,-
E3 - C	120 360,-	4600,-	151	83 517,-	143 433,-	-59 916,-
P1 - B	249 720,-	13 300,-	19	241 472,-	297 591,-	-56 119,-
P2 - B	265 200,-	16 800,-	16	305 018,-	316 039,-	-11 021,-
B1 - B	294 300,-	20 850,-	15	527 850,-	350 717,-	177 132,-
B2 - B	388 200,-	18 500,-	21	291 547,-	462 618,-	-171 071,-
T1 - B	393 120,-	21 800,-	19	395 797,-	468 481,-	-72 684,-
T2 - B	593 520,-	23 400,-	26	424 846,-	707 297,-	-282 452,-

Zdroj: vlastní zpracování

Další ekonomický pohled na investice do vytápění vyjadřuje diskontovaná doba návratnosti, čistá současná hodnota (ČSH) a index rentability investice. Právě ČSH lze nejobjektivněji využít pro ekonomické hodnocení investic, neboť nejlépe ukazuje dynamiku finančních toků vzhledem k jejich rozložení na časové ose. ČSH „je rozdílem mezi diskontovanými peněžními příjmy z investice a diskontovanými (pokud nejsou jednorázové) výdaji na investici“ [33]. Vzhledem k tomu, že si dnes málokdo může dovolit pořídit rodinný dům z vlastních naspořených prostředků bez úvěru, je velmi přínosné spočítat si právě takovou ČSH dle:

$$\text{ČSH} = \sum_{m=1}^{15} DCF_m - \sum_{n=1}^{10} DRA_n, \quad (4.2)$$

kde DCF_m je diskontovaný peněžní tok v m -tém roce a DRA_n je diskontovaná roční anuita úvěru v n -tém roce.

Každoroční o příslušný růst cen upravené peněžní úspory CF_m jsou diskontovány na současnou hodnotu peněžního toku DCF_m , kdy maximální počet diskontovaných let m odpovídá životnosti TČ (15 let) a diskontní sazbou i byla zvolena hodnota odpovídající úročení 2 % na spořicích (i některých běžných) účtech, pak:

$$DCF_m = CF_m \times \frac{1}{(1+i)^m}. \quad (4.3)$$

Pro výpočet DRA_n byla vstupním údajem hodnota roční anuitní splátky:

$$RA = IN \times \frac{u \times (1+u)^{10}}{(1+u)-1}, \quad (4.4)$$

kde IN je hodnota investičních nákladů do vytápění a u je úrokovou mírou úvěru splatného po deseti letech (RPSN 5,5 %). Takto vypočítaná roční anuita RA byla v každém příslušném roce diskontována dle (4.5), celkový počet diskontovaných let n odpovídá délce splácení úvěru (10 let).

$$DRA_n = RA \times \frac{1}{(1+i)^n} \quad (4.5)$$

Částečný průběh výpočtu ČSH při užití úvěru je zobrazen v tab. 10 v posledních třech sloupcích. Záporné výsledky ČSH znamenají nevýhodnou investici, kladné výsledky investici výhodnou. Čím vyšší je kladná hodnota ČSH, tím je investice ekonomicky výhodnější. Ve výpočtu ČSH se oproti výpočtu doby návratnosti mnohem více projevuje vliv očekávaného růstu cen paliv, který je ve všech případech větší než diskontní sazba. Na druhou stranu právě

díky splátkám úroků a jistiny nestačí ani deset let provozu na to, aby vycházela ČSH ve většině variant kladná. Až když je úvěr splacen, překlápí se ve více případech výsledek ze záporných hodnot do kladných.

Na základě výsledků uvedených v posledním sloupci tab. 10 je ekonomicky nejvýhodnější vytápění plynem a dřevem. Dřevo je nejlepší variantou právě díky souvislosti mezi očekávaným růstem cen paliv a tedy i peněžních toků. Pouze jedno TČ vychází v kladných hodnotách právě na hranici své životnosti, což může být způsobeno stejně jako u doby návratnosti naddimenzováním výpočtu provozních nákladů snižujících peněžní tok vstupující do výpočtu ČSH.

4.2 Srovnání s analýzami zveřejněnými na internetu

Analýz zveřejněných na internetu je nespočetně, některé jen v základním provedení, jiné převzaté, další provedené příliš do hloubky od autorů, kteří se problematice vytápění věnují profesionálně až vědecky a v neposlední řadě i takové, které poskytují informace jen v určitém úhlu pohledu.

Nejvíce vážený server z hlediska informací kolem vytápění včetně provedených analýz představuje web www.tzb-info.cz. Jedná se o portál, který se zaměřuje na poradenství ohledně projektování technických zařízení budov, tedy systémů jako je vytápění, ohřev TUV, chlazení a systémů s nimi souvisejícími. Jsou tam prezentovány informace jak pod hlavičkou portálu, tak pod konkrétními jmény některých přispěvatelů, mnohdy s provedenými rešeršemi i recenzemi. Protože je tento portál cenný a respektovaný informační zdroj v celé problematice, snažila jsem se v dosavadní části práce kvůli objektivitě vyhnout použití informací z tohoto zdroje nebo alespoň vybrat takové prameny, které neovlivní nadcházející komparaci.

Na svých stránkách [23] nabízí TZB info kalkulačku pro provedení výpočtu spotřeby jednotlivých paliv. Po zadání spotřeby tepla se zobrazí kompletní výpočet pro všechny paliva. Výpočet je již tak zdokonalen, že je možné si vybrat v případě elektřiny a plynu dodavatele, nadefinovat jističe a rozsah odběru plynu. U jednotlivých paliv jsou předdefinovány varianty zdrojů včetně jejich účinností, které dále vstupují do výpočtu. I tyto procenta účinností lze upravit podle vlastních hodnot. Automatický výpočet provede okamžitě změny v zobrazení výsledných nákladů a stejně tak výsledného grafu.

Provedená komparace se nachází v tab. 11. První sloupec označuje druh vytápění kódově označený dle metodiky bakalářské práce, vstupní hodnoty účinností jednotlivých zařízení byly

zadávaty podle této práce, vstupní společnost u plynu byla vybrána pouze RWE, v případě elektřiny byly provedeny výpočty pro tři hlavní dodavatele v ČR a následně stanovena jejich střední hodnota. Metodika přiřazení jističů byla opět v souladu s touto prací. Výsledné hodnoty nákladů podle portálu TZB info zobrazuje druhý sloupec, ve třetím sloupci jsou uvedeny pro přímé porovnání hodnoty vlastních výpočtů (v případě biomasy a plynu nejsou uvažovány paušální náklady na servis kotlů a komínů) a poslední sloupec zobrazuje hodnotu rozdílu. Výsledné hodnoty vykazují v některých případech velmi nepatrné rozdíly, v některých případech dosti výrazné.

Propočet elektřiny probíhal naprosto stejným způsobem, včetně volby metodiky jističů, výsledné hodnoty jsou střední hodnoty všech tří hlavních dodavatelů. Rozdíl může být způsoben tím, že ve vlastním výpočtu byl v případě společnosti ČEZ zvolen takový tarif, který nemá žádné paušální náklady na silovou elektřinu, když je účet klienta obsluhován prostřednictvím internetu. Další rozdíl může být způsoben samotným výpočtem, kdy u TZB info do výpočtu pravděpodobně vstupovala jen účinnost zdrojů, ale již ne účinnost rozvodů. V případě plynu jsou rozdíly výraznější. Přisuzuji je tomu, že u mého výpočtu se jedná o střední hodnoty všech dodavatelských společností ve všech distributorských sítích, v případě TZB info je to pouze společnost RWE, působící právě ve středních Čechách. Protože rozdíly mezi cenami jednotlivých společností jsou opravdu u plynu ve skutečnosti velmi rozdílné, je i naprosto reálné dosažení ceny uvedené u TZB info, neboť společnost RWE patří k těm nejdražším v ČR. Výraznější rozdíl u TČ je určitě způsoben jinou volbou poměru chodu samotného TČ a potřeby přitápět elektrokotlem. Největší rozdíl ve výpočtech se nachází v případě dřevěné biomasy. U TZB info není zcela jasné, jaký druh dřeva byl do výpočtu zvolen, a je více než pravděpodobné, že do výpočtu nevstupovala žádná doprava. U pelet je sice rozdíl minimální, ale jsem toho názoru, že se jedná pouze o shodu okolností, neboť předpokládám v případě výpočtu portálu cenu bez dopravy a cenu samotných pelet vyšší než mnou uvažovaných 5,1 Kč / kg.

Další servery jako např. [18] nebo [25] ukazují pouhý přehled provozních nákladů bez vazby na konkrétní potřebu daného objektu. Pouhým porovnáním jejich grafických zobrazení a při zjednodušené komparaci se musím s jejich závěry ztotožnit. Přinejmenším pořadí jednotlivých zdrojů je uvedeno správně, aniž by bylo poukazováno na konkrétní zařízení a jejich účinnosti. V případě [18] jsou informace opět převzaty z portálu www.tzb-info.cz. Oproti těmto výpočtům vychází v mé práci pouze výrazněji hůře tepelné čerpadlo, ale to může být dáno vlastním naddimenzováním chodu vytápění nezávislého na TČ.

Tab. 11 Komparace ročních provozních nákladů na palivo

Druh vytápění	TZB info		Vlastní výpočet	Rozdíl
B1 - A	13 796,-		19 000,-	-5 204,-
B2 - A	18 550,-		20 900,-	2 350,-
P1 - A	32 472,-		28 800,-	3 672,-
P2 - A	28 137,-		25 000,-	3 137,-
E4 (D26d)	40 315,- 40 261,- 42 422,-	41 000,-	39 800,-	1 200,-
E4 (D35d)	45 392,- 45 666,- 43 584,-	44 881,-	43 700,-	1 181,-
E2 – A (D26d)	38 544,- 38 584,- 40 770,-	39 300,-	39 800,-	-500,-
E2 – A (D35d)	44 568,- 44 822,- 42 789,-	44 060,-	43 700,-	360,-
E1 - A	47 498,- 45 976,- 45 671,-	45 674,-	46 000,-	-326,-
T1/2 - A	18 820,- 17 560,- 17 172,-	17 841,-	21 200,-	3 359,-

Zdroj: zpracováno dle [23]

Společným hodnocením všech serverů je negativní pohled na elektřinu jako zdroj. Mállokterý server už se ale na elektřinu a její užití v domě dívá v celých souvislostech - především na fakt její potřeby k provozu celého domu během roku, a tím pádem výhodnosti dvoutarifních sazeb při ohřevu TUV, svícení, provozu spotřebičů, údržby, chlazení, atd. V případě sazeb elektřiny bez vytápění (D01d, D02d) jsou totiž náklady na ostatní provoz o dost vyšší než u NT [6]. Existují do budoucna předpoklady o úspoře energie na vytápění a na ohřev vody, ale odhad hovoří o celkovém růstu spotřeby elektřiny. Důvodem bude zvyšující se množství a využití elektrických spotřebičů v domácnostech, podle některých odhadů spotřeba tepla na vytápění bude tvořit místo současných asi 60 % z celkové spotřeby spotřebu asi třetinovou [13,22].

ZÁVĚR

Není pochyb, že dnešní vytápění je obrovskou mírou ovlivněno trendy. Trendem je užití podlahového vytápění, automatizace provozu, tepelná čerpadla a solární energie. Argumentem firem pro získání zákazníka je apel na snížení nákladů na provoz zařízení. Tyto apely jsou většinou správné, někdy ale poněkud demagogicky předkládané.

Provedený cenový průzkum vykazuje své nedostatky. Vycházela jsem z ceníkových a obvyklých cen, které jsou mnohdy vyšší než ceny při dodávce zboží včetně prací. Všechny ceny jsou otázkou dohody, vyjednávání, akčních nabídek i objemů prodeje. Šikovný investor má nesčetně mnoho možností oslovit více firem, vyjednávat a získat tak cenově atraktivnější nabídky realizací vytápění. Možnost provedení prací vlastními silami nebo subdodavatelsky snižuje taktéž významně ekonomickou náročnost investice i provozu.

Potřeba tepla na vytápění byla stanovena pouze z hodnot tepelných ztrát rodinného domu, pro které je určující materiál stavby. Šíře materiálového provedení je dosti široká i v cenovém rozmezí a nebylo v silách autorky tento problém zahrnout. Stejně tak určit, co je „standard“. Snahou bylo vybírat takové technologie, které netvoří špičku výrobců, ale nalezneme u nich tzv. dobrý kompromis mezi užitkem a cenou – i zde byla objektivita také snížena.

Největším úskalím provedené analýzy je nemožnost předpovědět vývoj cen médií za deset, dvacet, i třicet let. Právě proto je pro mě jasným favoritem ústřední teplovodní vytápění, které umožňuje v případě potřeby měnit jeho zdroj za jiný a vždy tak uspořit (samozřejmě při dodržení zásad rozumné délky návratnosti nové investice nebo kladných výsledků čisté současné hodnoty). Kromě možnosti výměny samotných kotlů se objevuje i větší variabilita zapojení u akumulčních nádrží (využití v akumulční sazbě, připojení na plynový kotel, kotel na pelety nebo dřevo, krbovou vložku i tepelné čerpadlo). Stejně tak i u tepelného čerpadla není potřeba předpokládat jako pomocný zdroj elektrokotel, který byl uvažován v této práci, ale je možné jej napojit i na ostatní typy kotlů.

Systém, který by získal prvenství zároveň jak v pořizovacích, tak v provozních nákladech neexistuje, vždy záleží na osobních preferencích a volbě, jestli se dané zařízení pro daný dům vyplatí. Právě při výpočtu návratnosti investice do vytápění se může ukázat, že k návratnosti dochází až na sklonku životnosti zařízení (např. teplovodního podlahové vytápění u většiny systémů). Obdobně výpočet čisté současné hodnoty za současných podmínek poskytování úvěrů ukazuje, že málokterý ze systémů je po 15 letech ekonomicky rentabilní.

Pokud se budou vyvíjet ceny tak, jak jsem stanovila v této práci, jeví se jako nejvýhodnější vytápění plynovým kondenzačním kotlem, tepelným čerpadlem a kotlem na dřevní biomasu. Zvolené ekonomické ukazatele pro vzájemné hodnocení jednotlivých způsobů vytápění poukazují spíše na rozpor, což je dáno jejich konstrukcí výpočtu, který má v určitém úhlu pohledu své výhody a nevýhody.

U každého média existuje nejvýhodnější varianta vcelku shodná a porovnatelná s tou nejvhodnější u jiných. Samotná praxe ukazuje, že ve volbě systému na vytápění mnohem větší roli hrají osobní preference než ekonomické ukazatele.

Já sama jsem veliký zastánce elektřiny pro její čistotu a bezobslužnost provozu. Navíc bez elektřiny se neobejde ani jeden ze zmíněných vytápěcích systémů, ať už plamínek v plynovém kotli nebo pohon ventilátorů v rámci regulace kotlů na dřevní biomasu nebo samotné tepelné čerpadlo. Vytápění plynem je také čistým provozem, hrozí tu ale možnost havárie a výbuchu včetně otravy oxidem uhelnatým při nedokonalém odvodu spalin (stejně jako u dřevní biomasy).

Dnešní právní prostředí již nutí investora postavit takový dům, který splňuje určité energetické nároky. Tyto nároky nemusí být splněny jen z hlediska vytápění, ale i celého provozu. Elektřina nabízí nulové exhalace, distribuční síť mnohem větší než u plynu a především v době dodávky NT jeho využitelnost i pro provoz jiných systémů. Tato práce se zabývala jen samotným vytápěním, ale je potřeba upozornit na fakt, že RD potřebuje také svou energii na ohřev TUV, chod spotřebičů a osvětlení, údržbu, opravy, rekonstrukce. Při dnešních preferencích stavět energeticky málo náročné domy (pasivní, nulové) se dostáváme do situace, kdy vytápění nebude tvořit již takovou část nákladů jako u energeticky náročnějších domů, a že bude potřeba hledat úsporu především u ostatních systémů. Také trend vysoké vybavenosti domácností technikou zvyšuje spotřebu elektřiny, a to potřebou samotného chodu a také potřebou chlazení v létě kvůli vznikajícímu odpadnímu teplu. Při těchto úvahách se užitím dvoutarifních sazeb stírá rozdíl mezi elektřinou a ostatními zdroji ještě více. Je otázkou budoucnosti, jestli budou tyto sazby zachovány a co udělá s růstem cen případný boom tepelných čerpadel a solárních provozů.

Výhledově bude nutné se při komplexním pohledu na spotřebu energií v RD zabývat nejen spotřebou energií na jeho provoz, ale i na stavbu (tzv. šedá energie uložená v materiálech, dílech, dopravě, zabudování) a v neposlední řadě i na likvidaci stavby (skládkování, recyklace).

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BAŠTA, J. Velkoplošné vytápění (I): Úvod do problematiky. *TZB info: stavebnictví, úspory energií* [online]. 2006 [cit. 2012-06-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3383-velkoplosne-vytapeni-i>
- [2] Biopalivo. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. 2012 [cit. 2012-06-27]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Biopalivo>
- [3] Ceník produktů silové elektřiny Skupiny ČEZ: produktová řada eTarif účinnost od 1. 1. 2012. *Skupina ČEZ* [online]. 2012 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: http://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/cez_cz_ele_cenikmoo_2012_silovka-etarif_web.pdf
- [4] Ceny pevných paliv pro domácnosti k 30. 6. 2011: Souhrnná zpráva o cenách tuhých paliv. In: MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Pevná paliva: Ceny pevných paliv pro domácnosti* [online]. 2011 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument89833.html>
- [5] Co je zemní plyn. *Zemní plyn* [online]. 2007 - 2010 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://www.zemniplyn.cz/plyn/>
- [6] ČEJKA, M., ŠAFAŘÍK, M. Ekonomické porovnání provozu pasivního domu a běžné výstavby. *TZB info: stavebnictví, úspora energií* [online]. 2001-2012 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/8238-ekonomicke-porovnan-provozu-pasivniho-domu-a-bezne-vystavby>
- [7] Dřevní biomasa. *Biopaliva* [online]. 2008 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://biopaliva.webgarden.cz/drevni-biomasa>
- [8] DUFKA J.: *Hospodárné vytápění domů a bytů*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2007. ISBN 978-80-247-2019-7.
- [9] Elektrická akumulční kotelna. *Energetický poradce PRE* [online]. 2012 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/teplo-voda-vzduch/vytapeni/prehled-ruznych-reseni/elektricka-akumulacni-kotelna.html>
- [10] Energie Slunce - Sluneční teplo, ohřev vody a vzduchu. *EkoWATT: Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie* [online]. 2011 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---slunecni-teplo-ohrev-vody-a-vzduchu>

- [11] Fotovoltaika a fototermika - základní rozdíly. *ENBRA: komfort ve vytápění* [online]. 2007 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://eshop.enbra.cz/dotazy/dotazy-solarni-systemy/fotovoltaika-fototermika-zakladni-rozdily/>
- [12] Fotovoltaika versus fototermika: elektřina ze Slunce nebo teplá voda?. *Ekoblog.cz* [online]. 2007-2009 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://www.ekoblog.cz/?q=node/>
- [13] HALUZA, M., MACHÁČEK J. Spotřeba elektrické energie domácností, predikce a potenciální úspory pomocí BACS. *TZB info: stavebnictví, úspory energií* [online]. 2001-2012 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/8570-spotreba-elektricke-energie-domacnosti-predikce-a-potencialni-uspory-pomoci-bacs>
- [14] HOLZ T.: *Topíme dřevěnými peletami. Návrh instalace a provoz*. 1. Vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2007. ISBN 978-80-247-1634-3.
- [15] KARLÍK R.: *Tepelné čerpadlo pro Váš dům*. 1. Vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2720-2.
- [16] KLAZAR, L. Nároky a náročnost, potřeba a spotřeba, teplo a energie. *TZB info: stavebnictví, úspory energií* [online]. 2003 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1412-naroky-a-narocnost-potreba-a-spotreba-teplo-a-energie>
- [17] Klimatologické údaje: listopad 2009. ARCADIS PROJECT MANAGEMENT S.R.O. *Energie efektivně: INFORMAČNÍ PORTÁL Ministerstva průmyslu a obchodu* [online]. 2009 [cit. 2012-06-27]. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Klimatologie_2009.pdf
- [18] Možnosti vytápění domu + Ceny tepla. *Ceny energie* [online]. 2010-2011 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/teplo/clanky-3/moznosti-vytapeni-domu-ceny-tepla.aspx>
- [19] Normovaný stupeň využití. *Viessmann: climate of innovation* [online]. 2012 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: http://www.viessmann.cz/cs/services/lexikon/k_bis_o/norm-nutzungsgrad.html
- [20] Pásma platnosti vysokého tarifu (VT) a nízkého tarifu (NT): pro odběrná místa s průběhovým měřením a pro špičkové elektrárny. *Skupina ČEZ* [online]. 2012 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/technicky_dispecink/casy_spinani_ntavt/cezdistribuce-pasmaplatnostintavt_2011_11_30.pdf

- [21] PERTLÍK, J. K problematice vyjadřování odběru plynu v energetických jednotkách. *TZB info: stavebnictví, úspory energií* [online]. 2002 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/879-k-problematice-vyjadrovani-odberu-plynu-v-energetickych-jednotkach>
- [22] Podíl vytápění na spotřebě energie v NED. *Jen slunce to umí lépe....FENIX: Specialista na sálavé vytápění* [online]. 2007 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.fenixgroup.cz/pages/cs/aktuality/clanky-zajimavosti/podil-vytapeni-na-spotrebe-energie-v-ned>
- [23] Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva. *TZB info: stavebnictví, úspora energií* [online]. 2001-2012 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/269-porovnani-nakladu-na-vytapeni-podle-druhu-paliva>
- [24] PRE fórum. Časopis pro zákazníky: Akumulační vytápění. PRAŽSKÁ ENERGETIKA, a.s. *Energetický poradce PRE* [online]. 2004 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/data/sharedfiles/Dokumenty/PREforum/preforum-special-2-aku-vytapeni.pdf>
- [25] Provozní náklady topných systémů. *Elektrické-topení.cz: ...tam, kde jste doma* [online]. 2012 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: http://www.elektricke-topeni.cz/12_0_Provozni-naklady-a-energeticka-narocnost.html#Provozni_naklady_topnych_systemu
- [26] REICHL, J., VŠETIČKA M.. Přenos vnitřní energie. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2006 - 2012 [cit. 2012-06-26]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/582-prenos-vnitri-energie>
- [27] REICHL, J., VŠETIČKA M.. Změna vnitřní energie tepelnou výměnou. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2006 - 2012 [cit. 2012-06-26]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/577-zmena-vnitri-energie-tepelnou-vymenou>
- [28] Slovníček. *Nazeleno.cz: chytrá řešení pro každého* [online]. 2008 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/biomasa.dic>
- [29] SRDEČNÝ K., MACHOLDA F.: *Úspory energie v domě*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2004. ISBN 80-247-0523-0.
- [30] ŠKORPÍK, J. Sluneční záření jako zdroj energie. *Transformační technologie* [online]. 2006 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/slunecni-zareni-jako-zdroj-energie.html>

- [31] ŠTĚCHOVSKÝ J.: *Vytápění pro střední školy se studijním oborem TZB nebo obdobným*. 3. přepracované vydání. Praha: Sobotáles, 2005. ISBN 80-86817-11-3.
- [32] ŠUBRT, R. Energetický průkaz a energetický štítek budovy. *TZB info: stavebnictví, úspory energií* [online]. 2001-2012 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2112-energeticky-prukaz-a-energeticky-stitek-budovy>
- [33] ŠUSTOVÁ, P. Optimální volby zdroje - porovnání nákladů na vytápění - II. díl. *TZB info: stavebnictví, úspory energií* [online]. 2001-2012 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4469-optimalni-volby-zdroje-porovnani-nakladu-na-vytapeni-ii-dil>
- [34] Tepelné čerpadlo. *Vytápění.cz* [online]. 2010 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://www.vytapeni.cz/vykladovy-slovník/tepelne-cerpadlo>
- [35] Typy tepelných čerpadel. *IVT tepelná čerpadla: Švédská tepelná čerpadla* [online]. 2003-2012 [cit. 2012-06-28]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/typy-tepelnych-cerpadel>
- [36] VAVŘIČKA, R. VYTÁPĚNÍ - cvičení č. 2: Výpočet potřeby tepla a paliva. Denostupňová metoda. In: *Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.: Vytápění* [online]. 2012 [cit. 2012-06-27]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/Vytapeni/VYT_cv_2_2011.pdf
- [37] VLK V.: *Krby*. 2. přepracované vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2001. ISBN 978-80-247-0174-5.
- [38] Vnitřní energie. Teplo. *Základní škola Bučovice, Školní 711: Fyzikální web* [online]. 2012 [cit. 2012-06-26]. Dostupné z: <http://www.bucovice711.cz/wwwfyzika/vyuka/e-learning/teplovykl.htm>
- [39] Vyhláška MPO č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2007.
- [40] Výchřevnost jednotlivých dřevin. *Lesnické práce a služby: Obchod se dřevem* [online]. 2012 [cit. 2012-07-08]. Dostupné z: http://www.projedreva-lesnickaprace.cz/prodej_dreva_vyhrevnost_dreva/
- [41] Zemní plyn a jeho druhy. *RWE: The energy to lead* [online]. 2012 [cit. 2012-06-26]. Dostupné z: <http://www.rwe.cz/cs/ozemnimplynu/zemni-plyn/>
- [42] Změna účtování spotřeby zemního plynu. MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *TZB info: stavebnictví, úspory energií* [online]. 2002 [cit. 2012-06-26]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1170-zmena-uctovani-spotreby-zemniho-plynu>

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1: Klasifikace tříd energetické náročnosti – slovní vyjádření, rozsahy, grafické znázornění pro rodinný dům
- Příloha 2: Mapa oblastí různých venkovních výpočtových teplot a vanoucích větrů
- Příloha 3: Součinitele
- Příloha 4: Příklady denostupňů
- Příloha 5: RD Doksy u Kladna: 1. a 2. NP
- Příloha 6: Ceník elektřiny
- Příloha 7: Ceník plynu
- Příloha 8: Ceník dřevní biomasy

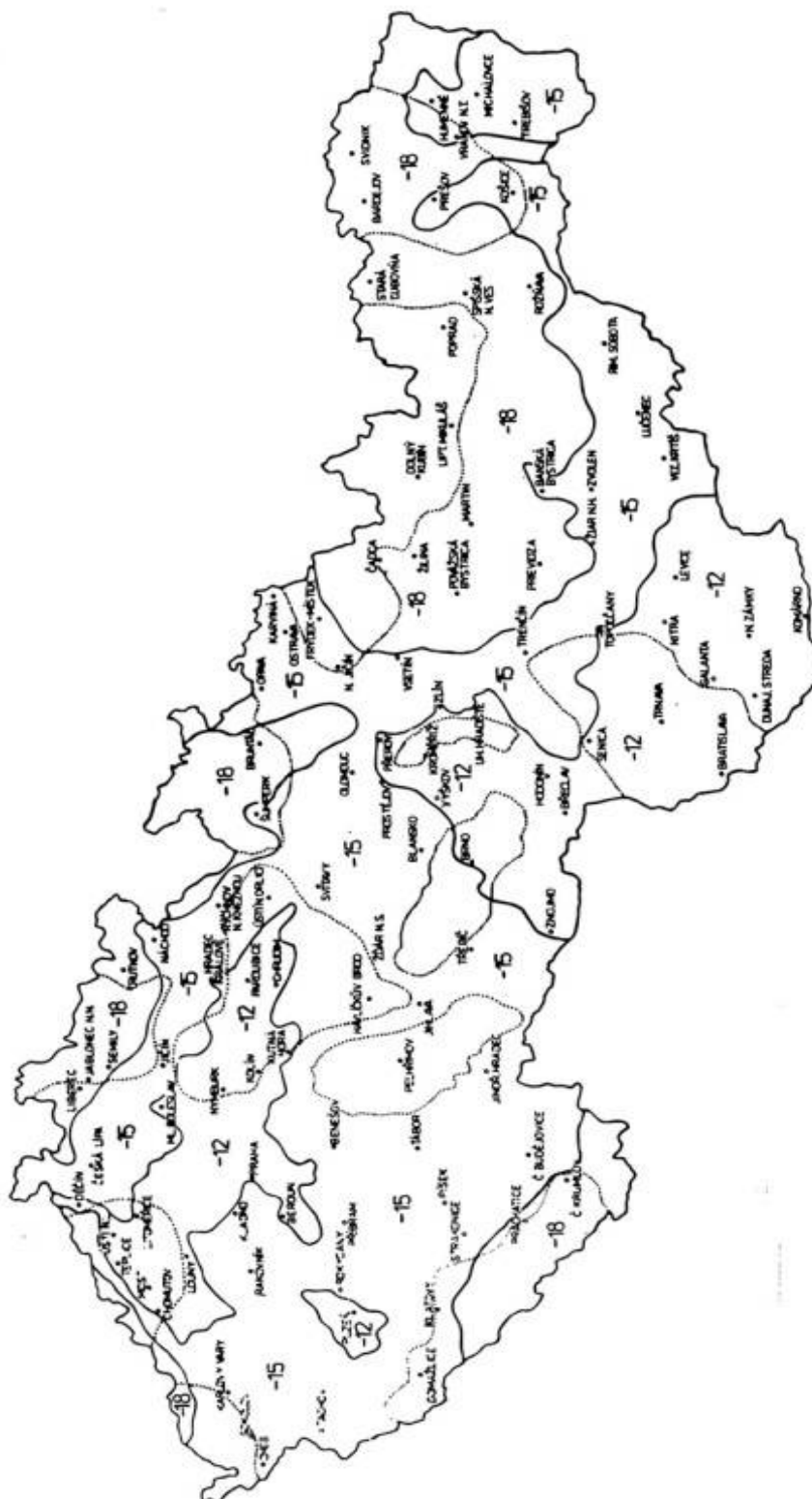
Klasifikace tříd energetické náročnosti – slovní vyjádření, rozsahy, grafické znázornění pro rodinný dům

A	Mimořádně úsporná	< 51	kWh.m ⁻² .rok ⁻¹
B	Úsporná	51 – 97	kWh.m ⁻² .rok ⁻¹
C	Vyhovující	98 – 142	kWh.m ⁻² .rok ⁻¹
D	Nevyhovující	143 – 191	kWh.m ⁻² .rok ⁻¹
E	Nehospodárná	192 – 240	kWh.m ⁻² .rok ⁻¹
F	Velmi nehospodárná	241 – 286	kWh.m ⁻² .rok ⁻¹
G	Mimořádně nehospodárná	>286	kWh.m ⁻² .rok ⁻¹

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY					
Typ budovy, místní označení			Hodnocení budovy		
Adresa budovy			stávající stav	po realizaci doporučení	
Celková podlahová plocha:					
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m ² .rok			XY	XY	
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			XY	XY	
Podíl dodané energie připadající na:					
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení	
%	%	%	%	%	
Doba platnosti průkazu:					
Průkaz vypracoval			Jméno a příjmení Osvědčení č.		

Zdroj: [39]

Mapa oblastí různých venkovních výpočtových teplot a vanoucích větrů



Zdroj: [17]

Součinitele

Opravný součinitel vyjadřující vliv nesoučasnosti přírážek pro výpočet tepelných ztrát objektu φ :	
od 0,6	pro rodinné domy
po 0,85	bytové domy

Opravný součinitel na snížení vnitřní teploty e_t	
Nemocnice	1
Obytné budovy s nepřerušovaným vytápěním	0,95
Obytné budovy s nočním přerušením vytápěním	0,9
Školy s polodenním vyučováním	0,8
Školy s celodenním vyučováním	0,85
Správní budovy podle délky využití (6 - 16hod)	0,65 - 0,9

Opravný součinitel na zkrácení doby provozu e_d	
Trvale vytápěné domy	1
Budovy s jednodenním klidem	0,9
Budovy s dvoudenním klidem	0,8
Školy	0,7

Průměrná vnitřní teplota t_v :	
Obytné budovy	18 °C
Správní budovy	16 - 17 °C
Školy	15 - 17 °C
Věznice	14 °C
Průmyslové haly	12 - 14 °C
Sklady	5 - 10 °C
Garáže	5 °C

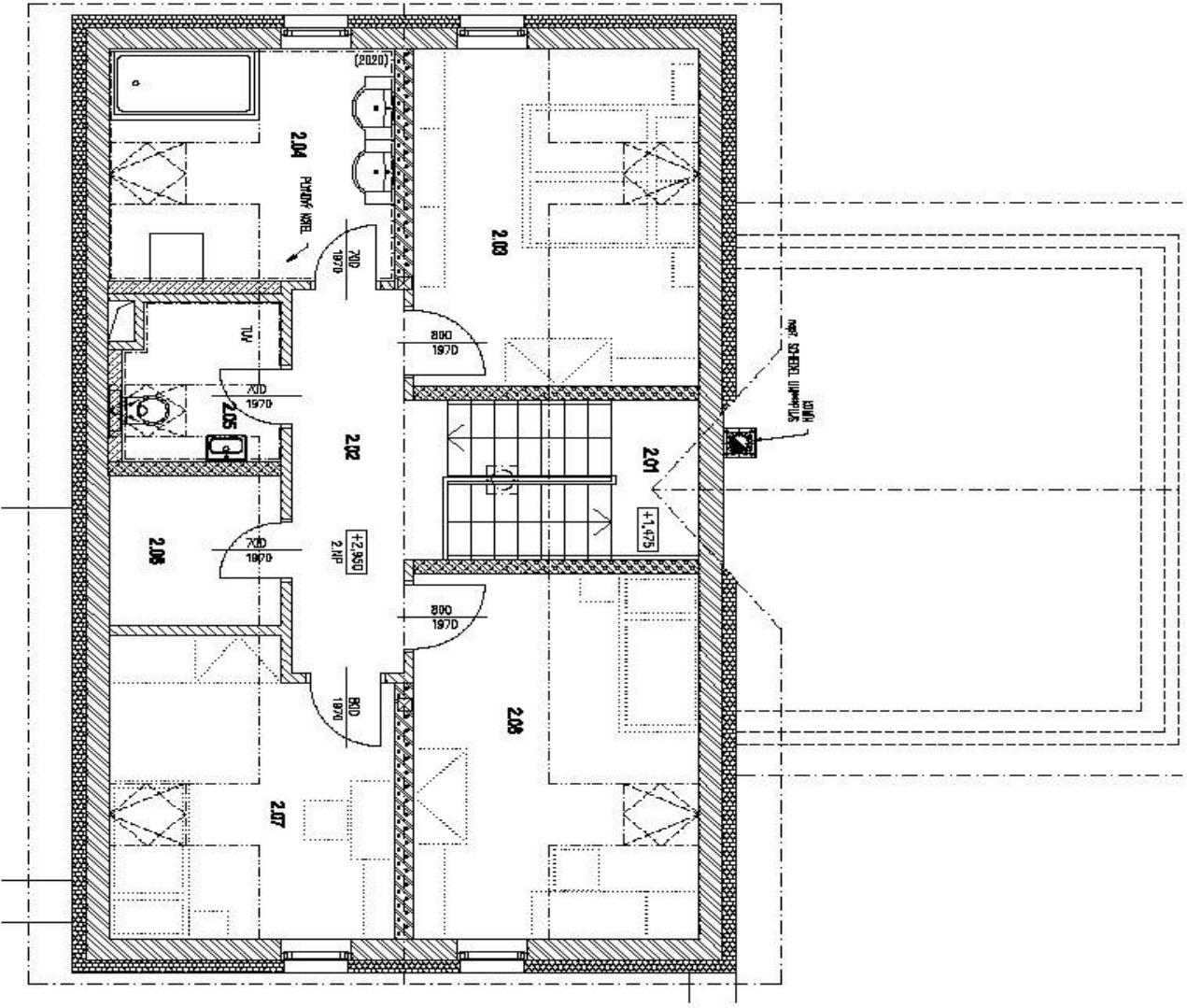
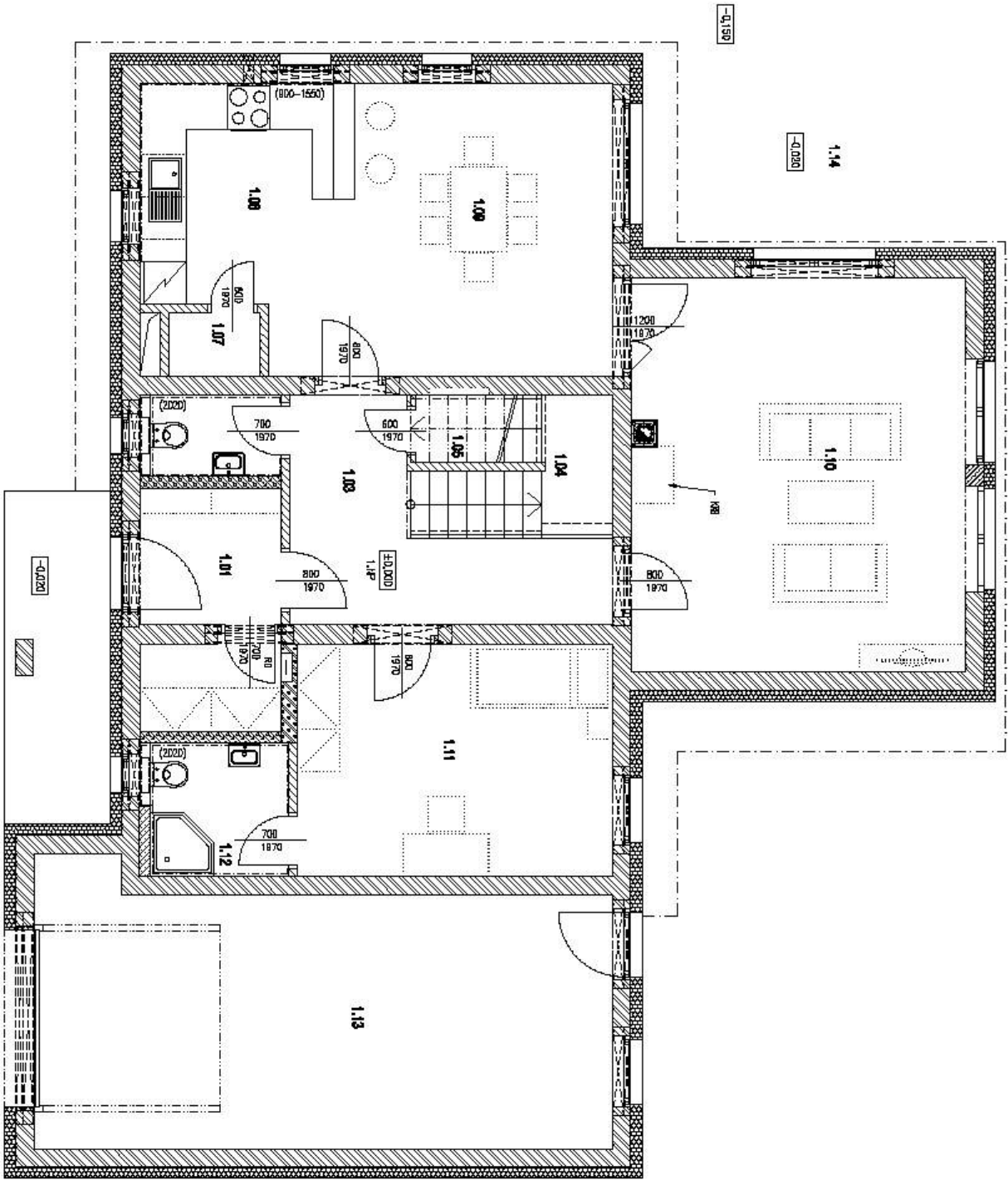
Zdroj: [17, 36]

Příklady denostupňů

Místo	Podle ČSN EN 12831		Otopné období pro $t_{\text{ext}} = 12^{\circ}\text{C}$		Otopné období pro $t_{\text{ext}} = 13^{\circ}\text{C}$		Otopné období pro $t_{\text{ext}} = 15^{\circ}\text{C}$	
	výška nad rožem [m]	$t_{\text{e}} [^{\circ}\text{C}]$	$t_{\text{eg}} [^{\circ}\text{C}]$	d [počet dnů]	$t_{\text{eg}} [^{\circ}\text{C}]$	d [počet dnů]	$t_{\text{eg}} [^{\circ}\text{C}]$	d [počet dnů]
Bрно	227	-12w	3,6	222	4,0	232	5,1	263
Domažlice	408	-15w	3,2	235	3,8	247	5,1	284
Hradec Králové	244	-12	3,2	229	3,9	242	5,2	279
Karlovy Vary	379	-15w	3,3	240	3,8	254	5,1	293
Kladno (Lány)	380	-15	4,0	243	4,5	258	5,2	300
Mělník	155	-12	3,7	219	4,1	229	5,2	261
Mst	290	-12w	3,7	223	4,1	233	5,2	264
Paroubice	223	-12w	3,7	224	4,1	234	5,2	265
Písek	345	-15	3,2	235	3,7	247	5,2	284
Pleš	311	-12	3,3	233	3,6	242	4,2	272
Praha	151	-12	4,0	216	4,3	225	5,1	254

Zdroj: [17]

RD Doksy u Kladna: půdorys 1. a 2. NP



		Příkon jističe/měsíc	Příkon jističe/měsíc	Pevná silová	NT 1MWh	Druh vytápění	Q _v skut	ČEZ		PRE		EON		E(X)
								Spotřeba	Spotřeba s DPH	Spotřeba	Spotřeba s DPH	Spotřeba	Spotřeba s DPH	
								Kč/rok	Kč/rok	Kč/rok	Kč/rok	Kč/rok	Kč/rok	
ČEZ	E - tarif	potřeba	snížení o 75 Kč	silová	1MWh									
	Akumulace 8	372 Kč	297 Kč	10 Kč	1 730,16 Kč	E1 - A	16148	38904,04	46685	37928,36	45514	38288,88	45947	46049
	Akumulace 16	326 Kč	251 Kč	10 Kč	2 020,16 Kč	E1 - B	14642	35632,77	42759	34736,89	41684	35048,12	42058	42167
	Přímotop	384 Kč	309 Kč	10 Kč	2 172,16 Kč	E2 - A (D26d)	16481	32198,77	38639	34516,98	41420	32810,51	39373	39811
	Tepelné čerpadlo	384 Kč	309 Kč	10 Kč	2 173,16 Kč	E2 - A (D35d)	16481	36426,26	43712	35484,27	42581	37306,02	44767	43687
PRE	Comfort	Příkon jističe/měsíc potřeba	Příkon jističe/měsíc snížení o 68 Kč	Pevná silová	NT 1MWh	E2 - B (D26d)	14944	29539,51	35447	31659,44	37991	30113,23	36136	36525
	Akumulace 8	312 Kč	244 Kč	79 Kč	1 859,17 Kč	E2 - B (D35d)	14944	33321,27	39986	32488,40	38986	34124,59	40950	39974
	Akumulace 16	269 Kč	201 Kč	79 Kč	1 949,17 Kč	E3 - A	15825	38202,43	45843	37243,87	44693	37593,82	45113	45216
	Přímotop	298 Kč	230 Kč	79 Kč	2 119,17 Kč	E3 - B	14349	34996,32	41996	34115,97	40939	34417,61	41301	41412
	Tepelné čerpadlo	298 Kč	230 Kč	79 Kč	2 030,17 Kč	E3 - C	14349	34996,32	41996	34115,97	40939	34417,61	41301	41412
EON	Elektřina	Příkon jističe/měsíc potřeba	Příkon jističe/měsíc snížení o 60 Kč	Pevná silová	NT 1MWh	E4 (D26d)	16492	32217,80	38661	34537,43	41445	32829,81	39396	39834
	Akumulace	336 Kč	276 Kč	48 Kč	1 754,90 Kč	E4 (D35d)	16492	36448,48	43738	35505,71	42607	37328,79	44795	43713
	Combi	278 Kč	218 Kč	48 Kč	2 069,90 Kč	T1 - A	6921	18868,44	22642	17758,81	21311	18433,30	22120	22024
	Přímotop	307 Kč	247 Kč	48 Kč	2 151,90 Kč	T1 - B	6276	17466,75	20960	16449,35	19739	17045,32	20454	20384
	Tepelné čerpadlo	307 Kč	247 Kč	48 Kč	2 151,90 Kč	T2 - A	6225	17355,92	20827	16345,81	19615	16935,58	20323	20255
						T2 - B	5644	16093,32	19312	15166,28	18200	15685,32	18822	18778

Zdroj: zpracováno dle ceníků uvedených společnostmi:
E.ON [online]. 2012 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.eon.cz/>
Pražská energetika, a.s. [online]. 2012 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.pre.cz/>
Skupina ČEZ [online]. 2012 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/uvod.html>

Ceník plynu

Příloha 7

	Roční odběr od - do MWh	Distribuce			Dodávka		Celkem		Celkem varianta:			
		Odebraný zemní plyn	Kapacita	Služba operátora trhu	Odebraný zemní plyn	Kapacita	Stálý měsíční plat	Odebraný zemní plyn	P1 -A	P1 -B	P2 -A	P2 - B
		Kč/kWh	Kč/ měsíc	2,1 Kč/MWh	Kč/kWh	Kč/ měsíc	Kč/měsíc	Kč/kWh	Kč	Kč	Kč	Kč
RWE Energie, a.s. ZČ	do 15	0,18233	103,46	včetně	1,11221	106,2	209,66	1,29454				26162
	do 20	0,17685	116,96	včetně	1,11221	106,2	223,16	1,28906	33050	30267	28630	
ČEZ distribuce (RWE)	do 15	0,18233	103,46	včetně	1,04748	0	103,46	1,22981				23476
	do 20	0,17685	116,96	včetně	1,04775	0	116,96	1,2246	30028	27385	25830	
E.ON distribuce (RWE)	do 15	0,18023	103,46	0,0021	0,79435	142	245,46	0,97668				20995
	do 20	0,17475	116,96	0,0021	0,79435	142	258,96	0,9712	26208	24111	22878	
Pražská plynárenská	do 15	0,18023	103,46	0,0021	0,91	110	213,46	1,09233				22602
	do 20	0,17475	116,96	0,0021	0,91	110	226,96	1,08685	28424	26078	24698	
VČP, a.s.	do 15	0,18905	110,83	včetně	1,11221	106,2	217,03	1,30126				26389
	do 20	0,18297	124,04	včetně	1,11221	106,2	230,24	1,29518	33293	30497	28853	
ČEZ distribuce (VČP)	do 15	0,18905	110,83	včetně	1,04714	0	110,83	1,23619				23696
	do 20	0,18297	124,04	včetně	1,04775	0	124,04	1,23072	30272	27615	26053	
E.ON distribuce	do 15	0,18695	110,83	0,0021	0,79435	142	252,83	0,9813				21184
	do 20	0,18087	124,04	0,0021	0,79435	142	266,04	0,97732	26452	24342	23101	
Pražská plynárenská	do 15	0,18695	110,83	0,0021	0,91	110	220,83	1,09905				22828
	do 20	0,18087	124,04	0,0021	0,91	110	234,04	1,09297	28668	26308	24920	
JMP, a.s.	do 15	0,15543	86,65	včetně	1,11221	106,2	192,85	1,26764				25439
	do 20	0,14967	104,65	včetně	1,11221	106,2	210,85	1,26188	32243	29519	27917	
ČEZ distribuce (JMP)	do 15	0,15543	86,65	včetně	1,04822	0	86,65	1,20365				22766
	do 20	0,14967	104,65	včetně	1,04911	0	104,65	1,19878	29253	26666	25144	
E.ON distribuce (JMP)	do 15	0,15333	86,65	0,0021	0,77435	142	228,65	0,92978				19915
	do 20	0,14757	104,65	0,0021	0,77435	142	246,65	0,92402	24939	22944	21771	
Pražská plynárenská	do 15	0,15333	86,65	0,0021	0,91	110	196,65	1,06543				21879
	do 20	0,14757	104,65	0,0021	0,91	110	214,65	1,05967	27618	25330	23985	
SMP, a.s.	do 15	0,18551	88,06	včetně	1,11221	106,2	194,26	1,29772				25997
	do 20	0,17389	111,42	včetně	1,11221	106,2	217,62	1,2861	32901	30125	28492	
ČEZ distribuce (SMP)	do 15	0,18551	88,06	včetně	1,04732	0	88,06	1,23283				23308
	do 20	0,17389	111,42	včetně	1,0479	0	111,42	1,22179	29884	27246	25695	
E.ON distribuce	do 15	0,18341	88,06	0,0021	0,79435	142	230,06	0,97986				20830
	do 20	0,17179	111,42	0,0021	0,79435	142	253,42	0,96824	26060	23970	22740	
Pražská plynárenská	do 15	0,18341	88,06	0,0021	0,91	110	198,06	1,09551				22437
	do 20	0,17179	111,42	0,0021	0,91	110	221,42	1,08389	28276	25936	24560	
E.ON Distribuce JČ	do 15	0,25804	97,9	0,0021	0,79435	142	239,9	1,05449				22306
	do 20	0,23783	122,38	0,0021	0,77435	142	264,38	1,01428	27283	25094	23806	
ČEZ distribuce (E.ON JČ)	do 15	0,26014	97,9	včetně	0,72262	0	97,9	0,98276				18979
	do 20	0,23993	122,38	včetně	0,72363	0	122,38	0,96356	24064	21984	20761	
RWE Energie, a.s.	do 15	0,26014	97,9	včetně	1,11221	106,2	204,1	1,37235				27473
	do 20	0,23993	122,38	včetně	1,11221	106,2	228,58	1,35214	34588	31669	29952	
Pražská plynárenská	do 15	0,25804	97,9	0,0021	0,91	110	207,9	1,17014				23913
	do 20	0,23783	122,38	0,0021	0,91	110	232,38	1,14993	29962	27480	26020	
Pražská plynárenská	do 15	0,14611	76,51	0,0021	0,91	110	186,51	1,05821				21604
	do 20	0,14082	92,23	0,0021	0,91	110	202,23	1,05292	27283	25010	23673	
ČEZ distribuce (PP)	do 15	0,14821	76,51	včetně	0,85708	0	76,51	1,00529				19074
	do 20	0,14292	92,23	včetně	0,85735	0	92,23	1,00027	24480	22321	21051	
E.ON distribuce	do 15	0,14611	76,51	0,0021	0,79435	142	218,51	0,94256				19997
	do 20	0,14082	92,23	0,0021	0,79435	142	234,23	0,93727	25067	23043	21853	
RWE Energie, a.s.	do 15	0,14821	76,51	včetně	1,11221	106,2	182,71	1,26042				25164
	do 20	0,14292	92,23	včetně	1,11221	106,2	198,43	1,25513	31908	29199	27605	
E(X) ČR									28842	26422	25000	22851
E(x) Západni Čechy									29428	26960	25509	23309

Zdroj: zpracováno dle ceníků uvedených společnostmi:
E.ON [online]. 2012 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.eon.cz/>
Pražská plynárenská, a.s. [online]. 2012 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.ppas.cz/cs/>
RWE: The energy to lead [online]. 2012 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.rwe.cz/>
Skupina ČEZ [online]. 2012 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/uvod.html>

Spotřeba tepla Q _{v skut} / rok kWh	Druh dřeva	Výhřevnost kWh / prm	Množství prm nebo prms		www.nelevnejsidrevo.cz			www.drevopal.cz				www.drevonatopeni.cz				Průměr		
					poleno	Cena za dodávku	Průměr	poleno	Cena za dodávku			Průměr	poleno	Cena za dodávku			Průměr	celkem
					Kč / prms	Doprava 0,- Kč	Kč	Kč / prm	Dřevo	Doprava	Celkem		Kč / prms	Dřevo	Doprava	Celkem	Kč	Kč
19 032	Měkké dřevo	1600	12	21	893	18753	19655	1150	13800	5520	19320	18487	850	17850	12000	29850	31317	19071
	Bříza	1900	11	19	1084	20596		1390	15290	4200	19490		1100	20900	12000	32900		
	Tvrdé dřevo	2150	9	16	1226	19616		1390	12510	4140	16650		1200	19200	12000	31200		
17257	Měkké dřevo	1600	11	19	893	16967	18337	1150	12650	2800	15450	15353	850	16150	12000	28150	30017	16845
	Bříza	1900	10	17	1084	18428		1390	13900	2100	16000		1100	18700	12000	30700		
	Tvrdé dřevo	2150	9	16	1226	19616		1390	12510	2100	14610		1200	19200	12000	31200		
22905	Měkké dřevo	1600	15	26	893	23218	23815	1150	17250	2800	20050	19203	850	22100	12000	34100	35400	21509
	Bříza	1900	13	23	1084	24932		1390	18070	2100	20170		1100	25300	12000	37300		
	Tvrdé dřevo	2150	11	19	1226	23294		1390	15290	2100	17390		1200	22800	12000	34800		

Spotřeba tepla $Q_{v\ skut}$ / rok kWh	Druh biomasy	Výhřevnost	Výhřevnost	Hmotnost přesně	Hmotnost volně zaokrouhleno	Cena volně	Cena pelet	Doprava 70 km à 20 Kč /km	Cena celkem
		MJ/ kg	kWh/ kg	kg	kg	Kč/t	Kč	Kč	Kč
17190	Pelety	17,5	4,86	3536,23	3540	5100	18054	2800	20854
15587				3206,47	3210	5100	16371	2800	19171

Zdroj: zpracováno dle [14], [40] a ceníků uvedených společnostmi:
Dokamen.cz: Váš dodavatel ekologických paliv [online]. 2003-2011 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.dokamen.cz/>
Dřevo na topení [online]. 2012 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.drevonatopeni.cz/>
Esel: děláme svět lepší [online]. 2012 [cit. 2012-6-29]. Dostupné z: <http://espedi.esel.cz/stranka.aspx?idstranka=1761&ad=1>
Palivové dřevo [online]. 2012 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.drevopal.cz/>
Palivové dřevo: www.NejlevnejsiDrevo.cz [online]. 2012 [cit. 2012-08-20]. Dostupné z: <http://www.nejlevnejsidrevo.cz/>
Zdeněk Kulda: ekopaliva [online]. 2012 [cit. 2012-06-29]. Dostupné z: <http://www.ekopelety.cz/>