



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta strojní
Ústav energetiky**

Návrh vytápění rodinného domu

The Proposal of the Heating System in a Family House

Bakalářská práce

Studijní program: Teoretický základ strojního inženýrství

Studijní obor:

Vedoucí práce: Ing. Petr Pečený

Kateřina Chalupská

Praha 2016



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

pro: Kateřina CHALUPSKÁ

program: Teoretický základ strojního inženýrství

obor:

Název tématu: Návrh vytápění rodinného domu

Title: The Proposal of the Heating System in a Family House

Zásady pro vypracování:

Práce bude obsahovat:

- 1) Literární rešerše možností vytápění rodinných domů včetně dostupných paliv**
- 2) Popis konkrétního rodinného domu**
- 2) Ekonomické vyhodnocení porovnaných zdrojů tepla a použitého paliva**

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Pečený

Konzultant/i:

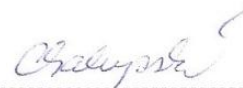
Datum zadání bakalářské práce: 29. 4. 2016

Datum odevzdání bakalářské práce: 10. 6. 2016

Neodevzdá-li student/ka bakalářskou nebo diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské nebo diplomové práce. Pokud se však student/ka řádně neomluvil/a nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student/ka zapsat bakalářskou nebo diplomovou práci podruhé.

Posluchač/ka bere na vědomí, že je povinen/povinna vypracovat bakalářskou nebo diplomovou práci samostatně bez cizí pomoci s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské nebo diplomové práci.

Zadání bakalářské práce převzal dne: 19. 4. 2016



student/ka



doc. Ing. Michal Kolovratník, CSc.
vedoucí Ú 12115





prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
děkan fakulty

V Praze dne 29. 4. 2016



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením Ing. Petra Pečeného a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Praze dne 31. května 2016

.....

Kateřina Chalupská



Anotační list

Jméno autora:	Kateřina Chalupská
Název BP:	Návrh vytápění rodinného domu
Anglický název:	The Proposal of the Heating System in a Family House
Akademický rok:	2015/2016
Ústav/Odbor:	Ústav energetiky
Vedoucí BP:	Ing. Petr Pečený
Konzultant:	Ing. Petr Pečený
Bibliografické údaje:	Počet stran: 35 Počet obrázků: 10 Počet tabulek: 27 Počet příloh: 7
Klíčová slova:	vytápění, náklady, zateplení, investice, tepelné čerpadlo, kotel
Keyword:	heating, cost, thermal insulation, investment, heat pump, boiler
Anotace:	Tato práce se zabývá navržením optimálního vytápění pro modelový dům. Obsahuje rešerši dostupných paliv a vybrání vhodného zdroje pro vytápění. Na výsledku se promítne konstrukční řešení domu, ekonomické zhodnocení jednotlivých variant, zvážení výhod a nevýhod.
Abstract:	The main issue of this essay is a proposal of an optimal heating for a model house. It contains a background research of available fuels and a selection of a suitable source for heating. The result will project constructional resolution of the house, economical evaluation of individual options, consideration of advantages and disadvantages.



Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Petru Pečenému za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

**Obsah**

1	Úvod	5
2	Rodinný dům.....	6
2.1	Současné trendy ve stavění rodinných domů	6
2.2	Modelový rodinný dům - současný stav	6
3	Výpočet tepelných ztrát	8
4	Rešerše možností vytápění rodinných domů včetně dostupných paliv.....	11
4.1	Tuhá paliva.....	11
4.2	Plynná a kapalná paliva.....	16
4.3	Elektrické vytápění.....	18
5	Porovnání nákladů	21
6	Zdroj tepla.....	22
6.1	Kotel na hnědé uhlí	22
6.2	Kotel na dřevo	22
6.3	Plynový kotel	22
6.4	Elektrokotel	23
6.5	Tepelné čerpadlo	23
7	Ekonomické zhodnocení	24
7.1	Kotel na dřevo	24
7.2	Kotel na uhlí.....	25
7.3	Plynový kotel	25
7.4	Elektrický kotel	26
7.5	Tepelné čerpadlo	26
7.6	Zateplení.....	27
8	Závěr.....	31
	Seznam použité literatury	32
	Seznam obrázků.....	35
	Seznam příloh.....	35



1 Úvod

Cílem této práce je rámcově navrhnout vhodnou variantu vytápění pro konkrétní rodinný dům. Toto téma je velice aktuální, neboť domy se staví stále a dnešní doba nabízí spoustu nových technologií, trendů a možností jak dosáhnout optimálního výsledku. Zkoumány budou vlastnosti paliva, zdroje, ceny a náklady na vytápění i možnosti zda se dá v některé oblasti ušetřit. Motivací pro mě byla skutečnost, že se jedná o náš vlastní rodinný dům, který právě stavíme, a chtěla jsem získat větší přehled o dostupných variantách, čím by se u nás doma mohlo vytápět. Kromě ekonomické stránky se na výsledku budou podílet také preference majitelů. Práce může posloužit také k porovnání, zda by existovala i jiná vhodná varianta než ta, kterou si vybrali majitelé.



2 Rodinný dům

2.1 Současné trendy ve stavění rodinných domů

Při stavbě rodinných domů je nutné řešit spoustu otázek a jednou základní je, čím se bude vytápět. Požadavky jsou vždy - maximální výsledek za minimální náklady. Mezi současné trendy ve stavění rodinných domů patří stavění nízkoenergetických a pasivních domů. Nízkoenergetické jsou domy se potřebou tepla na vytápění do 50 kWh/m^2 za rok. Jsou obvykle mezistupněm mezi běžnou výstavbou (obvykle stávající budovy s nezateplenou obálkou) a pasivními domy. Jako plocha se bere podlahová plocha vytápěných částí domu. Díky tomu je u rodinných domů snadnější dosáhnout nízkoenergetických parametrů volbou více než jednoho podlaží. Za pasivní je dům označován, pokud má měrnou potřebu tepla na vytápění maximálně 15 kWh/m^2 za rok. [35]

2.2 Modelový rodinný dům - současný stav

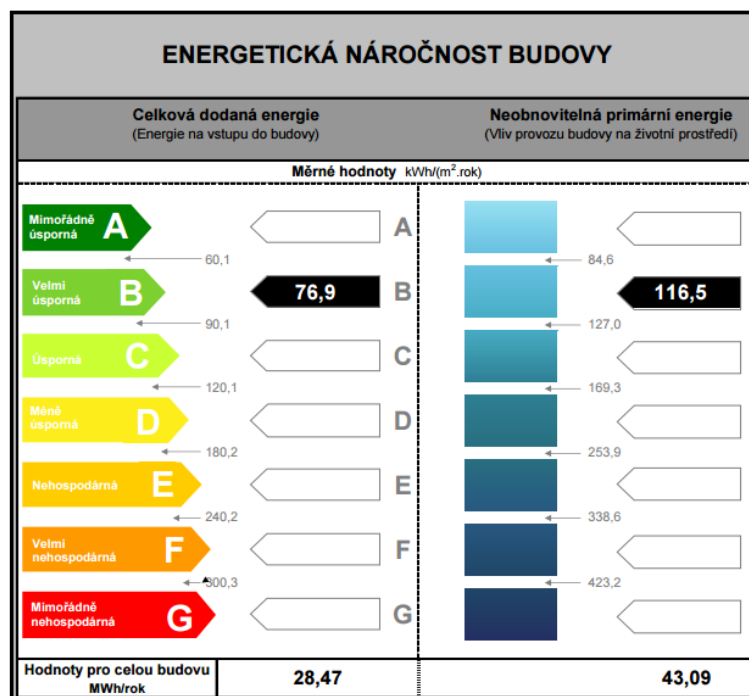
Zkoumaným rodinným domem je novostavba, která se nachází ve vesnici Kváskovice v nadmořské výšce okolo 400 m, nedaleko Strakonice. Dům je již zkolaudovaný, ale stojí ve fázi návržení vytápění. Zatím není zateplen, ale uvažuje se zateplení fasády polystyrenem EPS 100, Styrotherm plus 100. Budova je dvoupodlažní, celá podsklepená. V přízemí se nachází ložnice, koupelna, toaleta, kuchyň s obývacím pokojem, chodba a pracovní místnost. V patře jsou 3 obytné pokoje, koupelna a chodba. Celkový objem budovy je $1121,9 \text{ m}^3$, z toho vytápěný objem je 640 m^3 a celková vytápěná plocha $268,5 \text{ m}^2$. Tepelné ztráty domu jsou napočítané na 9 kW za rok ($0,033 \text{ kW/m}^2$). V domě je nyní zabudované podlahové teplovodní topení a radiátory. [1]



Obr. 2.1 - Rodinný dům Kváskovice



Energetický štítek udává, že měrná potřeba tepla za rok bude $76,9 \text{ kWh/m}^2$. Dům proto nespĺňuje kritéria nízkoenergetického domu. Předpokládaná roční spotřeba energie bude kolem $28,5 \text{ MWh/rok}$.



Obr. 2.2 - Energetický štítek budovy [1]



3 Výpočet tepelných ztrát

Pro vhodné zvolení zdroje vytápění je nutné znát tepelnou ztrátu budovy, aby například nenastal stav, kdy má zdroj nižší výkon, než jsou tepelné ztráty. Budovu by pak nebylo možné vytopit na požadovanou teplotu. Nebo naopak při předimenzování může docházet ke zbytečnému snižování účinnosti při provozu v nenávrhovém režimu vytápění. Při takovémto provozování pak může také docházet ke snižování životnosti zdroje.

K výpočtu a ověření tepelných ztrát jsme použili online kalkulačku na stránkách tzb-info.net. Využívá se zde princip obáلكové metody, kdy se uvažují ztráty pouze prostupem tepla do exteriéru a zeminy. V Tabulce 1 jsou zadány parametry budovy, známé z vypracovaného projektu, a charakteristika polohy budovy.

Tabulka 3.1- Charakteristika objektu [3]

Lokalita	Strakonice
Venkovní návrhová teplota v zimním období Θ_e	-17°C
Délka otopného období d	236 dní
Průměrná venkovní teplota v otopném období Θ_{em}	$3,3^{\circ}\text{C}$
Převažující vnitřní teplota v otopném období Θ_{im}	20°C
Objem budovy V (vytápěný objem)	640 m^3
Celková plocha A (plochy ohraničující objem budovy)	528 m^2
Celková podlahová plocha A_c (vytápěná)	268 m^2
Objemový faktor tvaru budovy A/V	$0,83\text{ m}^{-1}$
Trvalý tepelný zisk H^+	380 W
Solární tepelné zisky H_{s^+}	1725 kWh/rok
intenzita větrání n	$0,4\text{ h}^{-1}$

Řez domu a půdorys znázorňují jednotlivé konstrukce a prvky, které byly dále použity pro výpočet přibližné tepelné ztráty. Viz příloha 1, 2.



Tabulka 3.2 - Ochlazované konstrukce objektu [3]

konstrukce	součinitel prostupu tepla U_i [W/m ² K]	plocha A_i [m ²]	tloušťka zateplení d^* [mm]	činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta prostupem tepla $H_{Ti} = A_i U_i b_i$ [W/K]
stěna 1	0,18	134	120	1	24,1
stěna 2	0,308	60	110	1	18,5
Podlaha nad sklepem	0,761	132	40	0,4	29,1
Střecha	0,24	135	40	1	32,4
Strop pod půdou	0,208	45	50	0,8	7,5
Okna	1,4	21		1	29,4
Vstupní dveře	1,8	2		1	3,6

Dům v současnosti není zateplen, ale uvažuje se zateplení fasády expandovaným polystyrenem EPS 100 a polystyrenem Styrotherm plus 100.

Tabulka 3.3 - Typ zateplení [29][30]

konstrukce	typ zateplení	d [mm]	λ [W/mK]	d^* [mm]
E	EPS 100	100	0,037	110
G	Styrotherm plus 100	100	0,032	120
H	EPS 100	30	0,037	40
J	EPS 100	100	0,037	110
K	EPS 100	30	0,037	40
L	EPS 100	40	0,037	50
V	EPS 100	40	0,037	50

Při vybírání izolace by nás měl kromě ceny zajímat součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK] daného materiálu. U polystyrenu je hodnota kolem 0,04 W/mK a čím je nižší, tím je materiál lepším izolantem. Online kalkulačka pro výpočet přibližné tepelné ztráty počítá s $\lambda=0,04$ W/mK. My ale máme v domě plánovanou izolaci s $\lambda = 0,037$ a $\lambda = 0,032$ W/mK o příslušných tloušťkách. Z tohoto důvodu byl pro zadání našich hodnot do kalkulačky proveden přepočít a tloušťky izolací označíme d^* . Pomocí λ stanovíme tepelný odpor R [m²K/W] a součinitel prostupu tepla U [W/m²K], na nichž tepelná ztráta závisí. R_{si} a R_{se} jsou odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce. [3]



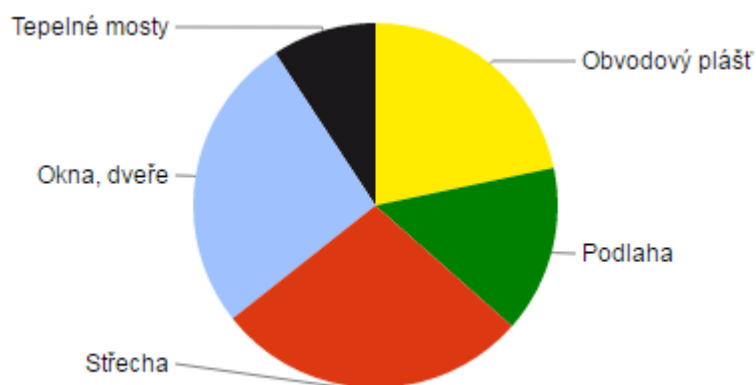
$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (3-1)$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + \sum R + R_{se}} \quad (3-2)$$

Tabulka 3.4 - Tepelné ztráty jednotlivými konstrukcemi [3]

typ konstrukce	tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	1004
Podlaha	686
Střecha	1288
Okna, dveře	1221
Tepelné mosty	429
Větrání	4264
celkem	≈ 9 kW

Celková tepelná ztráta objektu je přibližně 9 kW. Obrázek 3.1 znázorňuje rozložení jednotlivých ztrát v domě.



Obr. 3.1 - Graf tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí [3]



4 Rešerše možností vytápění rodinných domů včetně dostupných paliv

4.1 Tuhá paliva

4.1.1 Biomasa

Biomasa je hmota organického původu, kde se pro využití v lokálních topeništích nejvíce uplatňují kusové dřevo, dřevní a zemědělské zbytky. Patří mezi obnovitelné zdroje energie.

4.1.1.1 Kusové dřevo

Vytápění dřevem patří společně s uhlím k nejpoužívanějším palivům. Příznivá je jeho nízká cena a dostupnost. U dřeva je ale potřeba počítat s určitým procentem vlhkosti, která snižuje výhřevnost. Z čerstvě pokáceného stromu dostaneme dřevo o vlhkosti 50%. Dřevo vysoušené na vzduchu má kolem 20% vlhkosti a výhřevnost přibližně 14 MJ/kg.[4]

Kotle pro spalování můžeme dělit podle několika kritérií. Například podle použitého paliva, podle způsobu přívodu dřeva, podle použité technologie atd.

Vybraná spalovací zařízení:

- kotle s manuálním přikládáním
- automatické kotle
- krbová kamna na dřevo [5]

4.1.1.2 Dřevěné brikety

Dřevěné brikety se vyrábí z dřevních zbytků jako piliny, hobliny nebo i drcená kůra. Mohou být válcové i kvádrové, průměr je kolem 4-10 cm a délka do 30 cm. Vyrábí se lisováním a vyznačují se především nízkou vlhkostí a tudíž vysokou výhřevností, až kolem 17 MJ/kg. [5]

Spalovací zařízení:

- krbová kamna na dřevo
- kotel na dřevo
- zplynovací kotel na dřevo [2]



Obr. 4.1 - Dřevěné brikety

4.1.1.3 Dřevěné pelety

Vyrábějí se lisováním čistých smrkových pilin a hoblin bez jakýchkoli chemických příměsí, které jsou pod vysokým tlakem protlačovány skrz malé kruhové otvory. Pelety mají průměr od 6 do 20 mm. Charakteristická je pro ně velká hustota, nízká vlhkost a tím i vysoká výhřevnost, podobně jako u briket kolem 17 MJ/kg. Jejich největší výhodou je možnost použití kotle s automatickým příkládáním. [6]

Spalovací zařízení:

- krbová kamna na pelety
- peletový hořák + kotel
- automatický kotel na pelety [2]



Obr 4.2 - Dřevěné pelety

4.1.1.4 Dřevní štěpka

Nejčastěji vzniká jako odpad při dřevovýrobě nebo cíleným drcením. Má velikost kolem 0,3 až 25 cm. Ihned po těžbě tvoří obsah vody až 55% a po přirozeném dosoušení na vzduchu klesá na 30%, ale i tak je stále velmi náchylná



na zapařování a plesnivění. Při 15-50 % vlhkosti je výhřevnost kolem 8-12 MJ/kg. [7]

Spalovací zařízení:

- kotel na štěpku [2]



Obr. 4.3 - Dřevní štěpka

4.1.1.5 Obilí

Jde o spalování odpadního obilí, které nebude využito dále pro potravinářské účely. Využívají jej především uživatelé, kteří se pohybují v oblasti zemědělství. Výhřevnost nejvíce závisí na obsahu lepku, který způsobuje nehořlavost. Energetické obilí musí mít výhřevnost nejméně 15,5MJ/kg. [5]

Spalovací zařízení:

- automatický kotel [2]

4.1.1.6 Výhody a nevýhody - biomasa

Tabulka 4.1 - Výhody a nevýhody biomasy

+	-
cena	dovoz
obnovitelný zdroj	skladování
příkládání	příkládání
	údržba
	revize



Když hovoříme o výhodách a nevýhodách, jde vždy o konkrétní a subjektivní pohled na věc. Například pokud jde o přikládání. Pokud bychom zvolili jako palivo pelety, brikety, štěpku nebo obilí, nabízí se automatický kotel s podavačem, a tak kotelnu kvůli přikládání navštívíme zhruba jednou za 5 dní (v závislosti na tepelném výkonu). Ale v případě kusového dřeva bude zapotřebí manuálně přikládat každý den. Majitelé nejsou vlastníky lesů, ani zemědělských půd, a tak budou muset palivo nakupovat, dovážet (což se promítne na ceně) a uskladnit. Ke skladování kusového dřeva je vhodné mít dřevník ideálně v blízkosti místa přikládání, což ale zabere pro tento konkrétní dům 9 kW přibližně 5 m³. Přikládat se ale bude ve sklepě, a to není vhodný prostor pro skladování dřeva a štěpky kvůli chladu a vlhkosti. Nedochozí by tak k přirozenému provětrávání a vysušování a hrozil by výskyt hniloby. Nutné bude vynášet popel, který lze ale dál použít např. jako hnojivo. Další poplatky přijdou s nutnou revizí komínového tělesa.

4.1.2 Fosilní paliva

Jedná se o neobnovitelný zdroj energie. Těžba za posledních 20 let klesla o 27%. Možnou příčinou je ekologické smýšlení populace. [10]

4.1.2.1 Černé uhlí

Toto nerostné bohatství vznikalo dlouhým procesem, v prvohorách, z těl odumřelých živočichů a rostlin za nepřístupu vzduchu. Na rozdíl od hnědého uhlí, černé se těží hlavně v podzemí a konkrétně u nás má jeho těžba velkou historii, zejména v Ostravsko-karvinské pánvi. Výhřevnost černého uhlí se pohybuje kolem 23-30 MJ/kg [8]. [9]

Spalovací zařízení:

- kamna na uhlí
- kotel na uhlí
- automatický kotel na uhlí [2]

4.1.2.2 Hnědé uhlí

Vývojově mladší hnědé uhlí se těží spíše povrchově, a pokud jde o jeho spalování, značně zaostává za černým uhlím po stránce energetické i ekologické.



Těží se v sokolovské a chomutovsko-mostecké pánvi. Dosahuje kolem 17 MJ/kg [8]. [11]

Spalovací zařízení:

- kamna na uhlí
- kotel na uhlí
- automatický kotel na uhlí [2]

4.1.2.3 Koks

Koks je pevný uhlíkatý zbytek, který se vyrábí z černého uhlí při teplotách nad 1000°C bez přístupu vzduchu. Z uhlí jsou odstraněny prchavé složky a koks získává vynikající vlastnosti jako vysoký podíl uhlíku, málo nečistot a výhřevnost 30 MJ/kg. Je stříbřitě šedý, tvrdý a pórovitý. [12]

Spalovací zařízení:

- prohořivací kotel na koks [2]



Obr. 4.4 - Koks

4.1.2.4 Výhody a nevýhody - Fosilní paliva

Tabulka 4.2 - Výhody a nevýhody fosilních paliv

+	-
cena	neobnovitelný zdroj
přikládání	skladování
	údržba
	revize



Použitím fosilních paliv máme možnost kotle s automatickým podavačem, což poskytuje větší komfort z hlediska příkladání. Výhodou je také příznivá cena hnědého uhlí, která se pohybuje okolo 350 Kč/100 kg. Je ale třeba počítat s poplatky za revizi a s dopravou. Je nutné zajistit technickou místnost pro skladování. Pro tento konkrétní dům 9 kW se bude jednat o uskladnění paliva o objemu přibližně 5,5 m³, nepříjemná může být údržba, prašnost a nečistota. Jedná se o neobnovitelný zdroj, jehož zásoby jsou omezené.

4.2 Plyná a kapalná paliva

Plyná paliva jsou směsi hořlavých a nehořlavých plynů, které při spalování za přístupu kyslíku uvolňují teplo. Výhodné je jejich důkladné smísení se vzduchem, což způsobuje úplné spalování a malé ztráty. Mezi kapalná paliva řadíme především topné oleje.

4.2.1 Zemní plyn

Tento přírodní plyn se skládá z plyných uhlovodíků a nehořlavých složek, přičemž příznačné pro něj je vysoký obsah metanu. Získáván je ze země nebo z mořského dna. Jeho spalováním se uvolňuje do ovzduší jen minimum škodlivin, cca o 50% méně než u hnědého uhlí. Je hořlavý, bez barvy a zápachu. Výhřevnost až 34 MJ/m³ [8]. [13] [14]

Spalovací zařízení:

- lokální plynová topidla
- plynový kotel
- moderní nízkoteplotní kotel
- kondenzační kotel [2]

4.2.2 Propan

Propan, neboli LPG je zkapalněný uhlovodíkový plyn, který vzniká jako druhotná surovina při těžbě zemního plynu nebo ropy. Stejně jako zemní plyn je bez barvy a zápachu a hoří velmi čistě. Dosahuje výhřevnosti 46 MJ/kg [8]. [15]



Spalovací zařízení:

- běžný plynový kotel
- moderní nízkoteplotní kotel
- kondenzační kotel [2]

4.2.3 Lehký topný olej

Jedná se o ušlechtilé kapalné palivo, které pochází z ropy. V minulosti tvořil až 50% výrobků ze zpracované ropy. Mezi nejlepší vlastnosti patří výhřevnost kolem 42 MJ/kg [8], zachování kvality i při dlouhodobém skladování a ekologičnost. [16]

Spalovací zařízení:

- kotel s olejovým hořákem
- kondenzační kotel s olejovým hořákem [2]

4.2.4 Výhody a nevýhody - plynná a kapalná paliva

Tabulka 4.3 - Výhody a nevýhody plynných a kapalných paliv

+	-
ekologičnost	skladování
regulace - komfort	dovoz

Použitím plynných nebo kapalných paliv odpadá starost s příkládáním. Postačí jen správně regulovat výkon z pohodlí obývacího pokoje. I když nebude zapotřebí chodit příkládat, obstarání paliva ale bude nutné. Do obce, kde se novostavba nachází, není zaveden plynovod. Pokud by se majitelé rozhodli pro plyn, budou muset řešit pořízení zásobníku, jeho doplňování a revize, což se promítne na ceně plynu, která je přibližně okolo 1,26Kč/kWh[2]. Mimoto zásobník musí být umístěn mimo budovu, a tak na zahradě zabere místo přibližně 3x1,5m, nebo může být umístěn do země, což bude ale obnášet náročnější zabudování.



4.3 Elektrické vytápění

Vytápění elektřinou můžeme bezesporu zařadit mezi nejkomfortnější způsoby díky snadné a přesné regulaci a to bez produkování lokálních škodlivých emisí.

4.3.1 Elektřina akumulace

Základním principem je nesoudobost výroby a využití energie, neboli teplo je v jinou dobu vyráběno a naakumulováno (obvykle během doby nízkého tarifu, většinou v noci), a v jinou dobu spotřebováno. [17]

Zařízení:

- akumulační kamna [2]

4.3.2 Elektřina přímotop

Tyto zařízení přeměňují přímo elektřinu na tepelnou energii bez akumulace tepla. Jde o princip zahřívání topné spirály nebo jiného vodiče, který přímo ohřívá vzduch nebo ohřívá vodu, která je dále posílána do topných těles. [17]

Zařízení:

- teplovodní elektrokotel
- konvekční panely
- sálavé panely
- podlahové elektrické plochy [2]

4.3.3 Výhody a nevýhody - Elektrické vytápění

Tabulka 4.4 - Výhody a nevýhody elektrického vytápění

+	-
ekologičnost	cena
příkládání	
skladování	

Zásadní výhodou v případě elektrického vytápění je, že není třeba už žádného dalšího prostředku, jen elektrické přípojky, která je samozřejmostí každé domácnosti. Žádné palivo nezabere žádné místo a odpadne i starost s příkládáním, díky pohodlné regulaci, v podstatě na dálkové ovládání. V místě spotřeby elektrické energie nedochází



k lokálnímu znečištění ovzduší. Cena elektřiny se skládá z regulovatelné a neregulovatelné složky a celkovou sumu můžeme značně ovlivnit využitím vhodné dvoutarifové sazby, kdy část dne je účtována ve vysokém tarifu a zbytek dne v nízkém tarifu. Například pro vytápění přímotopy platí sazba D45d, která nabízí nízký tarif 20 hodin denně. Cena elektřiny za rok se pak skládá ze spotřeby ve VT, spotřeby v NT a z fixních měsíčních plateb + POZE poplatky (podporované zdroje energie). Dle ceníků společnosti E.ON by pak cena elektřiny pro náš modelový dům obsahovala tyto položky:

Tabulka 4.5 - Složky ceny elektřiny pro sazbu D45d [18]

NT	2 475 Kč/MWh
VT	1 803 Kč/MWh
měsíční platby	279 Kč/ měsíc
POZE	1 392 Kč/ měsíc

4.3.4 Tepelné čerpadlo

Principem je odebírání tepla z okolí – z vody, vzduchu nebo země. Tepelné čerpadlo můžeme rozdělit na primární a sekundární okruh. Primární okruh je ta část, která si odebírá teplo z okolí. Sekundární je pak samotný topný systém. Nemrznoucí směs ohřátá okolím putuje do výparníku, kde předá teplo chladivu, které se začne vypařovat a vzniklý plyn je nasán kompresorem. Ten ohřáté plynné chladivo prudce stlačí, tím stoupne jeho teplota a putuje dál do kondenzátoru, kde své teplo předá topné vodě pro vytápění domu a zároveň změní své skupenství opět na kapalně. Odtud chladivo pokračuje přes expanzní ventil, kde se opět ochladí a znovu dál do výparníku a tento cyklus se stále opakuje.

Základním parametrem tepelných čerpadel je topný faktor. Jde o poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektrickou energií neboli poměr výkonu k příkonu. Pohybuje se kolem 2 až 5, obecně a velmi zjednodušeně lze říci, že čím vyšší hodnota, tím lepší je tepelné čerpadlo. Hodnota je ale proměnlivá a závisí na provozních podmínkách. [19]



- TČ země - voda
- TČ vzduch - voda
- TČ voda - voda

4.3.5 Výhody a nevýhody - tepelné čerpadlo

Tabulka 4.6 - Výhody a nevýhody tepelného čerpadla

+	-
cena	počáteční investice
skladování	
příkládání	
ekologičnost	

Potřebným palivem pro tepelné čerpadlo je pouze elektřina, a ta je dodávána s výhodnou sazbou D56d, i pro všechny ostatní spotřebiče v domácnosti, a tedy nízký tarif po 22 hod/denně. Dle ceníku společnosti E.ON se cena elektřiny skládá z:

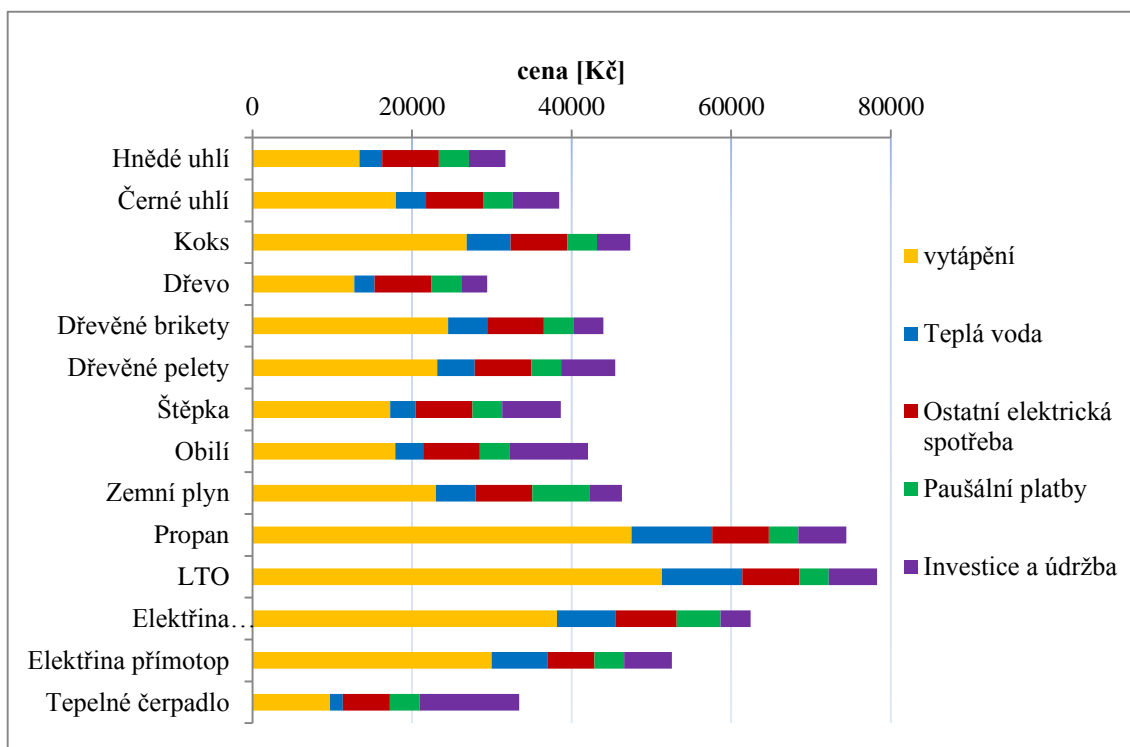
Tabulka 4.7 - Složky ceny elektřiny pro sazbu D56d [18]

VT	2 475 Kč/MWh
NT	1 803 Kč/MWh
měsíční platy	279 Kč/ měsíc
POZE	1 392 Kč/ měsíc

Při použití systému země-voda se nabízí k využití velký pozemek pro kolektory nebo pro vrt. Jelikož podloží domu je značně skalnaté, bude výhodnější hlubinný vrt. Jedná se sice o náročnou realizaci, ale na druhou stranu zabere menší plochu než plošné kolektory a neovlivní ho okolní klimatické změny. Samozřejmostí je regulace, úspora místa a času a nulové lokální emise. Z důvodu vysoké počáteční investice (několik set tisíc Kč) je nutné dobře promyslet návratnost, a zda se to celkově vyplatí pro konkrétní dům.



5 Porovnání nákladů



Obr. 5.1 - Porovnání nákladů [2]

K prvnímu přibližnému porovnání nákladů byla použita aplikace na stránkách tzb-info.net. Vstupními hodnotami byly např. lokalita konkrétního modelového domu, jeho charakteristika, využití. Celkové roční náklady se skládají z nákladů na vytápění, teplou vodu, elektrickou spotřebu, investice a paušálních plateb. Počítáme s životností zdroje 20 let. Nejvíce se budeme zajímat o náklady na investici a samotné vytápění. Z grafu vybereme pět kandidátů, a to těch, dle názoru autorky, běžně nepoužívanějších, pro které navrheme vhodný zdroj – hnědé uhlí, dřevo, zemní plyn, elektřina přímotop, tepelné čerpadlo. [2]



6 Zdroj tepla

6.1 Kotel na hnědé uhlí

Po prostudování referencí a dle doporučení uživatelů, bych pro spalování hnědého uhlí vybrala kotel od firmy Dakon – DOR N 15. Je to automatický ocelový kotel s ocelovým podavačem paliva vhodný pro domy s malými tepelnými ztrátami. Zásobník paliva o objemu 240 litrů je dimenzován až na cca 5 dní provozu. Kotel je určen pro spalování hnědého uhlí, alternativním palivem je černé uhlí a dřevěné pelety. Kvalitní regulace umožňuje spalovat s vysokou účinností i při sníženém výkonu. Výrobce uvádí účinnost 82-88%. Kotel spadá do 4. emisní třídy dle EN 303-5. Technický list kotle viz příloha 3. Cenu instalace navrhl servisní partner firmy Dakon pan Jaromír Zdeněk.

Tabulka 6.1 - Počáteční investice, vytápění uhlím [20] [33]

Dakon - DOR N 15	66 500 Kč
materiál + instalace	44 740 Kč
celkem	111 240 Kč

6.2 Kotel na dřevo

Kotel pro spalování kusového dřeva volím od firmy Dakon – NP Pyro 22. Jedná se o ocelový zplynovací kotel s keramickou vyzdívkou a s velkou příkladací komorou, do které se bez obtíží vejdou polena o délce 0,5 m. Jmenovitý výkon je 22 kW, účinnost 87%. Kotel spadá do 4. emisní třídy. Technický list - příloha 4.

Tabulka 6.2 - Počáteční investice, vytápění dřevem [22] [26]

Dakon – NP Pyro 22	47 783 Kč
materiál	5 900 Kč
instalace	5 500 Kč
celkem	59 183 Kč

6.3 Plynový kotel

Z řad plynových kotlů je vybrán kondenzační kotel od firmy Thermona – THERM 17 KDZ.A. Závěsný plynový ekologický kotel s trojcestným ventilem pro možnost ohřevu vody v externím zásobníku. Díky regulaci můžeme měnit libovolně výkon, který



se pohybuje od 3,4 – 17 kW. Spotřeba se uvádí kolem 0,35 – 1,7 m³/hod. Technický list - příloha 5. [23]

Tabulka 6.3 - Počáteční investice, vytápění plynem [23] [34] [21]

THERM 17 KDZ.A	44 649 Kč
materiál + instalace	29 000 Kč
zásobník	35 000 Kč
celkem	97 249 Kč

6.4 Elektrokotel

Z možností vytápění elektrickou energií jsem zvolila závěsný elektrokotel, a to od firmy Protherm – Ray 12K. Celá soustava je řízena signálem HDO, což poskytuje vysoký komfort. Nastavitelný výkon se pohybuje mezi 2 – 12 kW. Ve výsledku se jedná o zcela bezobslužný provoz. Technický list - příloha 6. [24]

Tabulka 6.4 - Počáteční investice, vytápění elektřinou [24] [26]

Ray 12K	23 099 Kč
materiál	3 400 Kč
instalace	4 200 Kč
celkem	30 699 Kč

6.5 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo volím typu země-voda, a to variantu s hlubinným vrtem, neboť kvůli skalnatému podloží na pozemku by bylo značně komplikované budování plošných kolektorů. Z nabídky prodejců jsem vybrala firmu Regulus, typ EcoPart 408. Technický list - příloha 7.

Tabulka 6.5 - Počáteční investice, TČ [25]

EcoPart 408, instalace, materiál	275 593 Kč
hlubinný vrt	150 000 Kč
celkem	425 593 Kč



7 Ekonomické zhodnocení

V závislosti na konkrétních parametrech domu, byla stanovena očekávaná roční spotřeba paliva u uhlí a dřeva, a kWh u plynu a elektřiny.

Tabulka 7.1 - Roční spotřeba [2]

	spotřeba/rok
uhlí	4 991 kg
dřevo	6 534 kg
propan	1618 kg
elektřina	23 987 kWh
TČ	6 182 kWh

7.1 Kotel na dřevo

Pomocí online kalkulačky na tzb-info.cz je vypočtena očekávaná roční spotřeba na 6 534 kg dřeva. Z nabídky místních dodavatelů se cena kusového dřeva pohybuje průměrně okolo 2,3 Kč/kg, přičemž 500 kg je přibližně 1 prm (prostorový metr).

Ceny místních dodavatelů za 1 prm jsou:

Tora - 1285 Kč [27]

BpHolz - 1050 Kč [28]

Batista - 1170 Kč [32]

Roční náklady na vytápění vypočítáme:

$$2,3 * 6 534 = 15 028 \text{ Kč}$$

Tabulka 7.2 - Kotel na dřevo, investice + vytápění [2]

Dakon – NP Pyro 22	47 783 Kč
materiál	5 900 Kč
instalace	5 500 Kč
celkem investice	59 183 Kč
roční náklady na vytápění	15 028 Kč



7.2 Kotel na uhlí

U hnědého uhlí bychom měli počítat se spotřebou kolem 4 991 kg/rok. Průměrná cena je kolem 3,2 Kč/kg. Cena v uhelných skladech v Písku: ořech 2 (Most) - 3 190 Kč/t [33]

Roční náklady na vytápění:

$$3,2 * 4991 = 15\,971 \text{ Kč}$$

Tabulka 7.3 - Kotel na uhlí, investice + vytápění [2]

Dakon - DOR N 15	66 500 Kč
materiál + instalace	44 740 Kč
celkem investice	111 240 Kč
roční náklady na vytápění	15 971 Kč

7.3 Plynový kotel

Jak již bylo řečeno, do místa novostavby není zaveden plynovod a bude tak nutné použít externí zásobník na propan. Spotřeba propanu se předpokládá kolem 1618 kg/rok. Cenu propanu bereme kolem 35 Kč/kg [2]. Roční náklady na vytápění:

$$1618 * 35 = 56\,630 \text{ Kč}$$

Tabulka 7.4 - Plynový kotel, investice + vytápění [2]

THERM 17 KDZ.A	44 649 Kč
materiál	19 600 Kč
instalace	9 400 Kč
zásobník	35 000 Kč
celkem investice	108 649 Kč
roční náklady na vytápění	56 630 Kč



7.4 Elektrický kotel

Očekávaná roční spotřeba je 23 987 kWh/rok. Při sazbě D45d získáme cenu nízkého tarifu po 20 hodin denně. Oproti běžné domácnosti se sazbou D02d ještě připlatíme za příkon jističe zhruba 140 Kč. Dle ceníků E.ON je cena elektřiny v NT 1,8 Kč/kWh [18]. Za rok tedy spotřebujeme přibližně:

$$23\,987 * 1,8 = 43\,176 \text{ Kč}$$

$$+ 12 * 140 = 1680 \text{ Kč}$$

Tabulka 7.5 - Elektrický kotel, investice + vytápění [2]

Ray 12K	23 099 Kč
materiál	3 400 Kč
instalace	4 200 Kč
celkem investice	30 699 Kč
roční náklady na vytápění	44 856 Kč

7.5 Tepelné čerpadlo

Očekávaná roční spotřeba je 6 182 kWh/rok. Při sazbě D56d pro TČ dostaneme nízký tarif po 22 hodin denně. Oproti běžné domácnosti se sazbou D02d ještě připlatíme za příkon jističe zhruba 140 Kč. Dle ceníků E.ON cena elektřiny v NT je 1,8 Kč/kWh [18]. Za rok je to:

$$6\,182 * 1,8 = 11\,127 \text{ Kč}$$

$$+ 12 * 140 = 1680 \text{ Kč}$$

Tabulka 7.6 - Tepelné čerpadlo, investice + vytápění [2] [25]

EcoPart 408, instalace, materiál	275 593 Kč
hlubinný vrt	150 000 Kč
celkem investice	425 593 Kč
roční náklady na vytápění	12 807 Kč



7.6 Zateplení

Pro dům je navrženo zateplení znázorněné v tabulce.

Tabulka 7.7 -Plánované zateplení domu [29] [30] [3]

zateplení	d [mm]	A [m ²]	ceny [Kč/ m ²]	cena celkem
Styrotherm plus 100	120	134	123	16 482 Kč
EPS 100	120	60	123	7 380 Kč
EPS 100	40	267	41	10 947 Kč
EPS 100	50	45	52	2 340 Kč
celkem				37 149 Kč

Ceny polystyrenu EPS 100 a Styrotherm plus 100 jsou od webových prodejců, většinou z ceníků firmy DEK stavebniny. S tímto zateplením je tepelná ztráta napočtena na 9kW a spotřeba energie na 28,47 MWh/rok. Zkusíme navrhnout lepší zateplení. Tloušťky zvětšíme o 20 mm. [29] [30]

Tabulka 7.8 - Lepší zateplení domu [29] [30] [3]

zateplení	d [mm]	A [m ²]	ceny [Kč/ m ²]	cena celkem
Styrotherm plus 100	140	134	145	19 430 Kč
EPS 100	140	60	145	8 700 Kč
EPS 100	60	267	62	16 554 Kč
EPS 100	70	45	68	3 060 Kč
celkem				47 744 Kč

Rozdíl v nákladech na zateplení: $47\,744 - 37\,149 = 10\,595$ Kč

Za lepší zateplení připlatíme přibližně o 10 000 Kč více. Dle online kalkulačky na tzb-info tepelná ztráta objektu klesla na 8,5 kW při zvětšení tloušťky zateplení o 20 mm. Očekávané spotřeby paliv mírně klesly:



Tabulka 7.9 - Kolik ročně ušetříme na vytápění s lepším zateplením

	spotřeba za rok	náklady na vytápění/rok lepší zateplení	náklady na vytápění/rok původní zateplení	rozdíl (ušetřeno) za rok
hnědé uhlí	4 667 kg	14 934 Kč	15 971 Kč	1 037 Kč
dřevo	6 104 kg	14 039 Kč	15 028 Kč	989 Kč
propan	1 513 kg	52 955 Kč	56 630 Kč	3 675 Kč
elektrina	22 412 kWh	40 342 Kč	44 856 Kč	4 514 Kč
TČ	5 764 kWh	10 375 Kč	12 807 Kč	2 432 Kč

Výpočet hodnot v tabulce jsme provedli stejně jako v předchozích kapitolách. Ceny energií zůstaly stejné, změnila se pouze roční spotřeba. Pro objasnění získaných dat v tabulce provedeme výpočet pro hnědé uhlí:

spotřeba s původním zateplením 4 991 kg/rok a náklady 15 971 Kč/rok (viz 6.2)

spotřeba s lepším zateplením 4 667 kg/rok

průměrná cena uhlí 3,2 Kč/kg

náklady na vytápění při použití lepšího zateplení: $4667 * 3,2 = 14\,934$ Kč

ušetříme ročně: $15\,971 - 14\,934 = 1\,037$ Kč

Zateplením ovlivníme nejvíce spotřebu elektrokotle a plynového kotle.

Následující tabulka navrhuje potřebnou izolaci tak, aby dům byl spadal do kategorie nízkoenergetických domů, tzn. aby měl měrnou potřebu energie do 50 kWh/m² za rok. Zkoušelo se i navrhnout zateplení tak, aby byl dům pasivní, ale to se nepodařilo. Ani při zvětšení tloušťek zateplení na 0,5 m a zvolením 90% rekuperace se v programu na stránkách tzb.info dům do pasivního stavu nedostal. To aby byl dům pasivní, vyžaduje mít tak postavený celý projekt už od začátku s mnoha detaily, většinou vícepodlažní domy, orientace na jih atd.



Tabulka 7.10 - Zateplení pro nízkoenergetický dům [3] [29] [30]

zateplení	d [mm]	A [m ²]	ceny [Kč/ m ²]	cena celkem
Styrotherm plus 100	240 (2x120)	134	123	16 482 Kč
EPS 100	240 (2x120)	60	123	7 380 Kč
EPS 100	180	267	185	49 395 Kč
EPS 100	160	45	164	7 380 Kč
			celkem	80 637 Kč

Tepelná ztráta klesla u nízkoenergetické varianty přibližně na 6 kW. Oproti stávajícímu zateplení bychom připlatili cca o $80\,637 - 37\,149 = 43\,488$ Kč více. Práci řemeslníků a cenu za více stavebního materiálu v naší metodice neuvažujeme, neboť dům bude zateplen tak jako tak a cena materiálu na lepší zateplení oproti navrženému je zanedbatelná. S takovým domem o ztrátách 6 kW bych přehodnotila navržené zdroje. Jako nová varianta pro hlavní zdroj vytápění objektu by se mohla objevit krbová kamna v kombinaci s akumulací nádrží. Z důvodu zbytečně velkého výkonu bych zavrhl variantu - kotel na dřevo a kotel na hnědé uhlí. Tyto zdroje by mohli pro danou tepelnou ztrátu také poměrně výhodně fungovat v kombinaci s akumulací nádrží, nicméně jejím přidáním by došlo k nezanedbatelnému navýšení investičních nákladů, které by i přesto nevedlo k úplnému odstranění nutnosti častého přikládání. Častá obsluha zařízení je pro majitele v tuto chvíli neakceptovatelná. S menšími ztrátami klesnou i spotřeby. Náklady na vytápění a investici by byly:

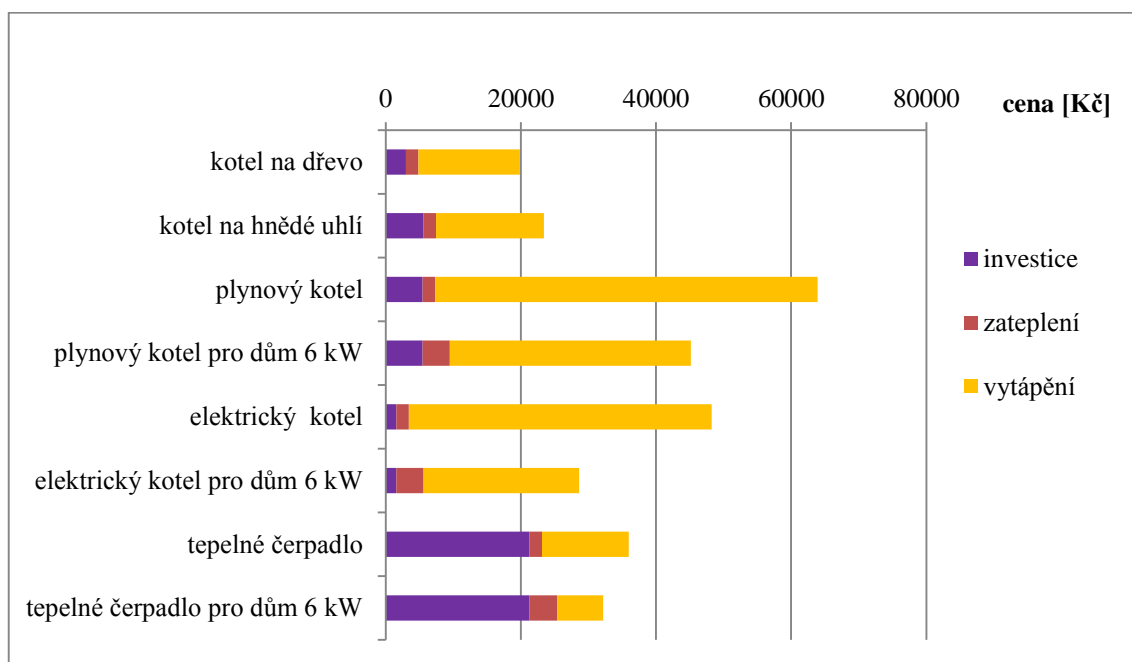
Tabulka 7.11- Náklady na vytápění a investice pro nízkoenergetickou variantu

	elektrický kotel		plynový kotel
investice	30 699 Kč	investice	108 649 Kč
+zateplení	44 000 Kč	+ zateplení	44 000 Kč
vytápění [Kč/rok]	23 042 Kč	vytápění [Kč/rok]	35 665 Kč

	tepelné čerpadlo
investice	425 593 Kč
+ zateplení	44 000 Kč
vytápění [Kč/rok]	6 831 Kč

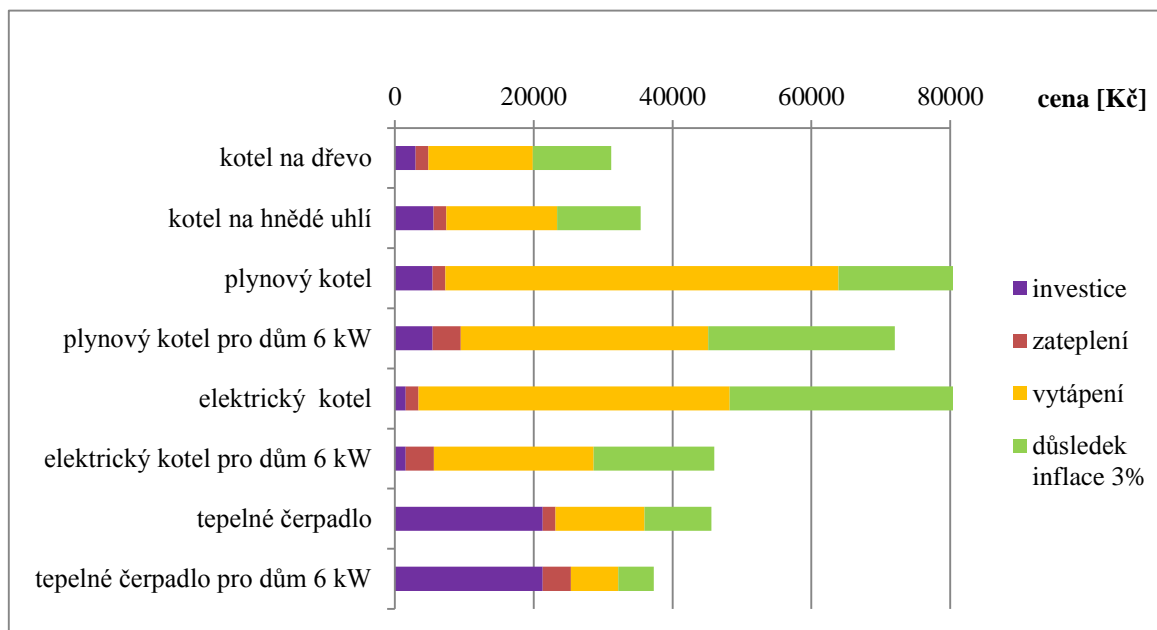


Na závěr pro lepší přehlednost je uveden graf, kde jsou zobrazeny roční náklady na investici, zateplení a vytápění s uvažováním životnosti zdroje 20 let.



Obr. 7.1 - Náklady na vytápění - životnost 20 let

Následující graf znázorňuje případ, kdy budeme uvažovat průměrnou roční inflaci 3%, a tak nám každým rokem cena paliv stoupne o 3 % oproti předcházejícímu roku. Cenu, kterou nakonec zaplatíme za období 20 let v důsledku inflace znázorňuje zelená barva.



Obrázek 7.2 - Náklady na vytápění - životnost 20 let + inflace 3 %



8 Závěr

V této práci byla zprvu vytvořena rešerše běžných paliv, jejich vlastností a zhodnocení výhod a nevýhod. Z nich bylo vybráno 5 zástupců a k nim přiřazené zdroje. Z ekonomické stránky byl nejvíce kladen důraz na výši počáteční investice a roční náklady na vytápění, které závisí také na roční spotřebě paliva. Cílem této práce bylo navrhnout optimální způsob vytápění konkrétního rodinného domu.

Nejnižší investice bude v případě pořízení elektrokotle, který ale na druhou stranu má druhé nejvyšší roční náklady na vytápění. Nejnižším ročním nákladům dominuje tepelné čerpadlo, které má ale nesrovnatelně velkou pořizovací cenu s ostatními zdroji.

Zvažovány byly také varianty, kdy zainvestujeme do lepšího zateplení, tím snížíme tepelné ztráty budovy a roční spotřebu paliva, a to se promítne v konečných ročních nákladech na vytápění. Zvětšení tloušťky izolace ale nevyvolalo zásadní změny v cenách. Výraznější pokles cen se projevilo až u varianty, kde byla snaha dům dostat do nízkoenergetického stavu. To se pro náš navržený projekt rodinného domu podařilo až s takovou tloušťkou izolace, která už reálně není vhodná na dům použít, neboť by se zmenšil výhled z oken a do interiéru by prostupovalo málo světla.

Nízkou investicí a stejně tak nízkými náklady na vytápění se vyznačuje kotel na kusové dřevo a jeví se tedy jako nejlevnější varianta. Nesmíme ale zapomínat, čas jsou peníze. Z počátku sice zaplatíme málo, ale ve výsledku strávíme spoustu času s přípravou dřeva, uskladněním a neustálým přikládáním, což je pro majitele rodinného domu neakceptovatelné.

Podobně tomu bude i při zvolení automatického kotle na uhlí. Zařízení si sice samo reguluje přikládání, ale přibližně jednou za 3 dny budou majitelé stejně muset doplnit násypku. Také se nejedná o zcela bezobslužný provoz.

Vytápění propanem bych nezvolila kvůli vysokým nákladům na vytápění a kvůli potřebě mít na zahradě přistaven zásobník na palivo a jeho doplňování.

Jako nejvhodnější zdroj pro rodinný dům s tepelnými ztrátami 9 kW, bych i přes vysokou počáteční investici zvolila tepelné čerpadlo, které má nejnižší roční náklady na vytápění. Jedná se o typ země - voda, s použitím hlubinných vrtů, které nezaberou na pozemku žádné místo. S touto variantou odpadají starosti s přikládáním a obstaráváním paliva. Jde o velice komfortní způsob vytápění. Na tepelné čerpadlo je výhodná sazba D56d, která poskytuje nízký tarif po 22 hodin denně, a to i na veškeré ostatní elektrické domácí spotřebiče.



Seznam použité literatury

- [1] MÍKA, Pavel. Projektová dokumentace, Rodinný dům Kváskovice. Strakonice, 2016
- [2] Porovnání nákladů na vytápění. *Tzbinfo* [online]. 2016 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>
- [3] Online kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám. *Tzbinfo* [online]. 2016 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uzpor-a-dotaci-zelena-usporam>
- [4] Ceny paliv a energií. *Tzbinfo* [online]. 2011 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/7840-vyvoj-cen-pevnych-paliv-pro-domacnosti-v-letech-2007-2010>
- [5] KOLONIČNÝ, Jan, Jiří HORÁK a Silvie Petránková ŠEVČÍKOVÁ. *Kotle malých výkonů na pevná paliva*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011. ISBN 978-80-248-2542-7.
- [6] STUPAVSKÝ, Vladimír: Pelety z biomasy - dřevěné, rostlinné, kůrové pelety. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>>. ISSN: 1801-2655.
- [7] STUPAVSKÝ, Vladimír, HOLÝ, Tomáš: Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>>. ISSN: 1801-2655.
- [8] Výhřevnosti paliv. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>
- [9] Těžíme uhlí. *OKD* [online]. 2012 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/uhli-tradicni-zdroj-energie>
- [10] NOSKIEVIČ, Pavel, Jan KOLONIČNÝ a Tadeáš OCHODEK. *Malé zdroje znečišťování* [online]. Ostrava, 2004 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/zdroje.pdf>. VŠB - Technická univerzita v Ostravě - výzkumné energetické centrum.
- [11] Geologická encyklopedie. *Geology* [online]. 2007 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?uhli>



- [12] Koksovatelné uhlí a koksování. *OKD*[online]. 2012 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/uhli-tradicni-zdroj-energie/koksovatelne-uhli-a-koksovani>
- [13] STRAKA, František: Alternativní energetické zdroje a měrné emise CO₂. *Biom.cz* [online]. 2010-01-11 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/alternativni-energeticke-zdroje-a-merne-emise-co2>>. ISSN: 1801-2655.
- [14] Zemní plyn a jeho druhy. *RWE* [online]. 2016 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.rwe.cz/o-rwe/zemni-plyn/>
- [15] Finančně i ekologicky nejvýhodnějším způsobem vytápění nízkoenergetických domů je propan. In: *Tzbinfo* [online]. 2012 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/9207-financne-i-ekologicky-nejvyhodnejsim-zpusobem-vytapani-nizkoenergetickych-domu-je-propan>
- [16] Topné oleje. *Petroleum* [online]. 2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/vyroby/topne-oleje.aspx>
- [17] Vytápíme elektřinou. *Tzbinfo* [online]. 2016 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektřinou>
- [18] *Ceník dodávky elektřiny E.ON Energie, a.s. pro zákazníky kategorie D*. 2016. Dostupné také z: <http://www.eon.cz/-a26063?field=data>
- [19] Princip tepelného čerpadla. *Abeceda čerpadel* [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.abeceda-čerpadel.cz/cz/princip-tepelneho-čerpadla>
- [20] DOR N automat. *Dakon* [online]. 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.dakon.cz/produkty/dor-n/>
- [21] E-shop, Zásobníky na skladování LPG. *VPS* [online]. 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://eshop.vpsr.cz/nadzemni-provedeni#!/nadzemni-provedeni>
- [22] NP Pyro. *Dakon* [online]. 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.dakon.cz/produkty/np-pyro/>
- [23] Therm 17 KDZ.A. *Thermona* [online]. 2015 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.thermona.cz/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle/s-pripojenim-na-externi-zasobnik/kotel-therm-17-kdz-a>
- [24] Elektrokotle s plynulou regulací výkonu. *Protherm* [online]. 2014 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/elektrokotle/index.cs_cz.html



- [25] E-mailová korespondence s Lukášem Kocourkem, firma Regulus, [online], 17.4.2015, Lukas.Kocourek@regulus.cz
- [26] E-mailová korespondence s Alešem Hromkem, majitel firmy Instalatérství Hromek [online], 2.5.2016, hromek.lupen@seznam.cz.
- [27] Palivové dřevo ceník. *Tora* [online]. 2015 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.toracz.eu/ceniky/palivove-drevo-cenik/>
- [28] Ceník palivového dřeva. *BPHolz* [online]. 2014 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.bpholz.cz/index.php/cs/cenik>
- [29] Fasádní polystyren Styrotherm plus. *Stavba online* [online]. [cit. 2016-05-31]. Dostupné z: <http://www.stavbaonline.cz/styrotherm-plus-70-nad-15m3-s-dopravou-zdarma.html>
- [30] Fasádní polystyren. *DEK stavebniny* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/vypis/151-fasadni-polystyren>
- [32] Palivové a krbové dřevo. *BaP Batista s.r.o.* [online]. 2016 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.drevo-batista.cz/palivove-a-krbove-drevo>
- [33] E-mailová korespondence s Paliva Písek, a.s., [online], 17.5.2016, varhanova@paliva-pisek.cz.
- [34] E-mailová korespondence s Petrem Dedekem, zaměstnanec firmy Thermona [online]. 17.4.2015, dedek@thermona.cz
- [35] Nízkoenergetické domy. *Tzbinfo* [online]. 2016 [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-domy>



Seznam obrázků

Obr. 2.1 - Rodinný dům Kváskovice	6
Obr. 2.2 - Energetický štítek budovy [1]	7
Obr. 3.1 - Graf tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí [3]	10
Obr. 4.1 - Dřevěné brikety	12
Obr. 4.2 - Dřevěné pelety.....	12
Obr. 4.3 - Dřevní štěpka.....	13
Obr. 4.4 - Koks	15
Obr. 5.1 - Porovnání nákladů [2]	21
Obr. 7.1 Náklady na vytápění - životnost 20 let	30
Obr. 7.2 - Náklady na vytápění - životnost 20 let + inflace 3 %	30

Seznam příloh

Příloha 1: Řez domu

Příloha 2: Půdorys domu

Příloha 3: Technický list - Kotel na hnědé uhlí

Příloha 4: Technický list - Kotel na dřevo

Příloha 5: Technický list - Plynový kotel

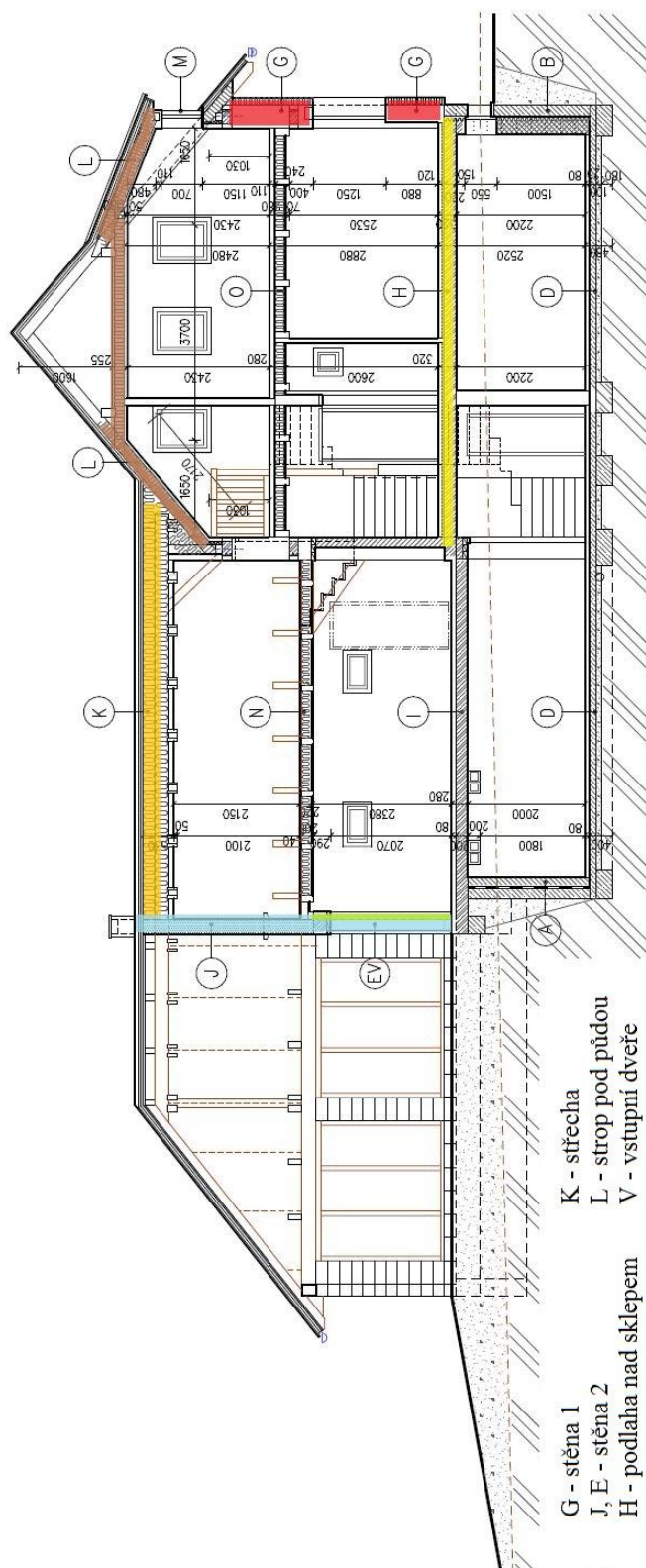
Příloha 6: Technický list - Elektrický kotel

Příloha 7: Technický list - Tepelné čerpadlo



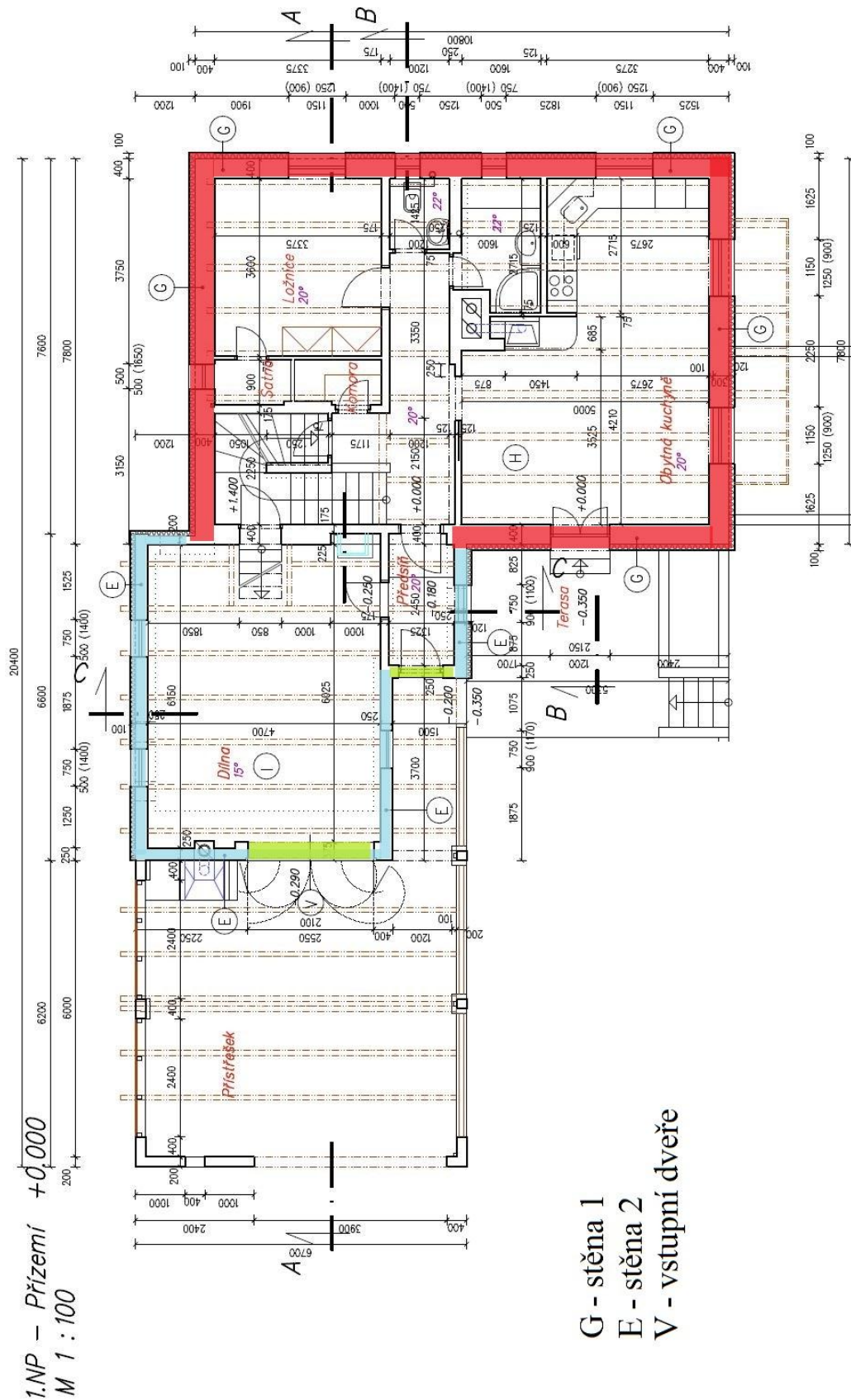
Příloha 1: Řez domu

Řez A-A, M 1:100





Příloha 2: Půdorys domu





Příloha 3: Technický list - Kotel na hnědé uhlí

DOR N Automat		DOR N 15
Topný výkon – hnědé uhlí	kW	15
Topný výkon – černé uhlí	kW	15
Topný výkon – dřevní pelety	kW	15
Účinnost kotle	%	82 – 88
Třída kotle dle EN 303-5		4
Spotřeba paliva – hnědé uhlí	kg/h	3,8
Spotřeba paliva – černé uhlí	kg/h	2,5
Spotřeba paliva – dřevní pelety	kg/h	4,3
Příkon – maximální	W	240
Předepsaný tah komína	Pa	18
Vodní objem kotle	l	55
Připojení topné vody	Js	
Připojení odtahu spalin	mm	150
Hmotnost kotle bez vody	kg	244

Příloha 4: Technický list - Kotel na dřevo

NP Pyro		NP Pyro 22
Topný výkon – dřevo	kW	22
Účinnost kotle	%	87
Třída kotle dle EN 303-5		4
Předepsané palivo		dřevo
Spotřeba paliva – dřevo	kg/h	6,2
Maximální délka polen	mm	500
Rozměr plnicího otvoru (vxš)	mm	434 x 185
Předepsaný tah komína	Pa	18
Vodní objem kotle	l	81
Připojení topné vody	Js	
Připojení odtahu spalin	mm	150
Hmotnost kotle bez vody	kg	362



Příloha 5: Technický list - Plynový kotel

Třída sezónní energetické účinnosti topení	-	A
Maximální tepelný příkon	kW	16,0
Minimální až maximální tepelný výkon na vytápění	kW	3,5 - 17,0
Palivo	-	zemní plyn
Spotřeba plynu - zemní plyn	m ³ /h	0,35 - 1,70
Minimální až maximální přetlak topného systému	bar	0,8 - 3,0
Maximální výstupní teplota topné vody	°C	80
Účinnost kotle	%	98 - 106
Objem expanzomatu topné vody	l	6
Jmenovité napájecí napětí / frekvence	V/Hz	230/50~
Pomocná el. energie při jmenovitém tepelném příkonu	W	63,7
Stupeň krytí el. části	-	IP 41 (D)
Průměr kouřovodu	mm	60/100, 80/125, 2x80
Rozměry: výška / šířka / hloubka	mm	725 / 430 / 300
Hmotnost kotle	kg	39
Objednací číslo	-	1067.7
Doporučená cena bez DPH	Kč	36 900

Příloha 6: Technický list - Elektrický kotel

		6 K	9 K	12 K
Provozní tlak, max.	bar	3	3	3
Objem expanzní nádoby	l	7	7	7
Přípojky topení výstup/vstup		G 3/4	G 3/4	G 3/4
Rozměr kotle, šířka	mm	410	410	410
Rozměr kotle, výška	mm	740	740	740
Rozměr kotle, hloubka	mm	310	310	310
Čistá hmotnost cca	kg	32,6	32,9	33,1
Rozsah nastavení topení	°C	25 ... 85	26 ... 85	27 ... 85
Rozsah nastavení teplá voda	°C	35 ... 70	36 ... 70	37 ... 70
Bezpečnostní omezovač teploty	°C	95	95	95
Jmenovitý objemový tok (při ΔT = 10 K)	l/h	516	774 l/h	1 032
Zbytková dopravní výška čerpadla (při ΔT = 10 K)	kPa (mbar)	45 (450)	40 (400)	34,5 (345,0)
Počet topných tyčí (kus × kW)		2 × 3	1 × 3 a 1 × 6	2 × 6
Elektrické připojení		3/N/PE, 400 V / 50 Hz	3/N/PE, 400 V / 50 Hz	3/N/PE, 400 V / 50 Hz
Průřez vedení (plný drát)	mm ²	1,5	1,5	2,5
Třída ochrany		IP 40	IP 40	IP 40
Topný výkon	kW	6	9	12
Příkon, max.	A	3 × 9,5	3 × 14	3 × 18,5
Spínací stupeň	kW	1,0	1,0	2,0
Bezpečnostní jmenovitý proud	A	10	16	20



Příloha 7: Technický list - Tepelné čerpadlo

<i>Technické údaje</i>	
Jmenovitý výkon	8,19 kW
Jmenovitý příkon	1,79 kW
Jmenovitý (ustálený) proud	6,5 A
Rozběhový proud	17,7 A
Napájení	3/PE~400 V 50 Hz
Min. jistič včetně charakteristiky	B10A 3f
Typ kompresoru	Scroll
Chladivo	R 407C
Náplň chladiva	1,9 kg
Olej v kompresoru	Polyoester (POE)
Max. provozní tlak chladiva	31 bar
Hladina akustického výkonu dle ČSN EN 12 102	42,5 dB(A)
Hmotnost	143 kg

<i>Parametry zemního okruhu</i>		<i>Parametry otopného systému</i>	
Min./max. teplota nemrznoucí směsi v zemním okruhu	-5 °C / 20 °C	Max. výstupní teplota TČ	65 °C
Min./max. tlak nemrznoucí směsi v zemním okruhu	0,2 bar / 3,0 bar	Max. teplota otopné vody v systému	110 °C
Objem nemrznoucí směsi v TČ	2,9 l	Max. pracovní tlak otopné vody	3 bar
Minimální průtok TČ ($\Delta t = 5$ K)	0,31 l/s	Objem otopné vody v TČ	2,9 l
Nominální průtok TČ ($\Delta t = 3$ K)	0,51 l/s	Min. průtok TČ ($\Delta t = 10$ K při 0/35 °C)	0,20 l/s
Připojení	2 x Cu 28x1,5	Nom. průtok TČ ($\Delta t = 5$ K při 0/35 °C)	0,39 l/s
		Připojení	2 x Cu 22x1