



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

## KOTLE PRO VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

BOILERS FOR HOUSE HEATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MAREK VOJTEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MAREK BALÁŠ, Ph.D.

BRNO 2014



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Marek Vojtek

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Kotle pro vytápění rodinného domu**

v anglickém jazyce:

### **Boilers for house heating**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student provede rešerši kotlů vhodných pro vytápění rodinných domů zemním plynem.

Cíle bakalářské práce:

- 1/ porovnejte jednotlivé typy kotlů na zemní plyn (popis, výhody, nevýhody)
- 2/ proveďte ekonomické porovnání instalace různých typů kotlů

Seznam odborné literatury:

Baláš, M.: Kotle a výměníky tepla, Brno 2009, ISBN 978-80-214-3955-9

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

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Baláš, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 31.10.2013

L.S.

---

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Táto bakalárska práca je zameraná na plynové kotly vhodné pre vykurovanie rodinných domov. V prvej časti sa nachádza charakteristika zemného plynu ako paliva, rozdelenie plynových kotlov, popis ich výhod, nevýhod a popis ich hlavných častí. V druhej časti je posúdená ekonomická návratnosť inštalácie nízkoteplotného a kondenzačného plynového kotla v dvoch rozdielnych modelových domoch.

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis is focused on boilers available for house heating. In the first part there is the characteristic of natural gas used as a fuel, dividing of gas boilers, description of gas boilers and description of the main parts of gas boilers. In the second part there are compared two different houses with different gas boilers from the economic point of view.

## **KLÚČOVÉ SLOVÁ**

Plynový kotol, Kondenzačný kotol, Kondenzácia, Vykurovanie

## **KEYWORDS**

Gas boiler, Condensing boiler, Condensing, Heating

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA**

VOJTEK, M. *Kotle pro vytápění rodinného domu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 47 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Baláš, Ph.D..

## **PREHLÁSENIE**

Prehlasujem, že túto bakalársku som vypracoval samostatne, pod dohľadom vedúceho práce a všetky použité zdroje som citoval.

V Brne dňa 23.04.2014

.....  
Marek Vojtek

## **POĎAKOVANIE**

Týmto by som chcel poďakovať vedúcemu mojej práce Ing. Marku Balášovi, Ph.D. za cenné rady a pripomienky pri spracovaní tejto bakalárskej práce. Ďalej by som chcel poďakovať Ing. Jaroslavovi Rehušovi z firmy Vaillant Group Slovakia, s.r.o. za konzultácie a materiály, ktoré mi poskytol k spracovaniu tejto práce.

1. ÚVOD .....	11
2. ZEMNÝ PLYN AKO PALIVO .....	12
2.1. Zemný plyn a jeho vlastnosti .....	12
2.1.1. Výhody zemného plynu v porovnaní s inými palivami .....	12
2.1.2. Nevýhody zemného plynu v porovnaní s inými palivami .....	12
2.2. Ťažba a preprava zemného plynu .....	12
2.3. Spaľovanie .....	13
2.3.1. Spaľovanie za prebytku vzduchu .....	13
2.3.2. Závislosť teploty rosného bodu spalín na súčiniteľu prebytku vzduchu .....	13
2.4. Princíp kondenzácie .....	14
3. ROZDELENIE PLYNOVÝCH KOTLOV .....	16
3.1. Delenie podľa teploty odchádzajúcich spalín .....	16
3.1.1. Štandardné .....	16
3.1.2. Nízkoteplotné .....	17
3.1.3. Kondenzačné .....	17
3.2. Delenie podľa spôsobu umiestenia .....	18
3.2.1. Stacionárne .....	18
3.2.2. Závesné .....	18
3.3. Delenie podľa spôsobu využitia vody .....	18
3.3.1. Kotly pre vykurovanie .....	18
3.3.2. Kotly pre vykurovanie s ohrevom TUV v externom zásobníku .....	19
3.3.3. Kotly pre vykurovanie s prietokovým ohrevom TUV .....	20
3.4. Delenie podľa systému odvodu spalín .....	21
3.4.1. Kotly s prirodzeným odvodom spalín .....	21
3.4.2. Kotly s núteným odvodom spalín .....	22
3.5. Delenie podľa spôsobu regulácie výkonu kotla .....	23
3.5.1. Kotly s ekvitermickou reguláciou výkonu .....	23
3.5.2. Kotly bez ekvitermickej regulácie výkonu .....	23
3.6. Delenie podľa prívodu spaľovacieho vzduchu .....	24
3.6.1. Kotly závislé na vzduchu v miestnosti .....	24
3.6.2. Kotly nezávislé na vzduchu v miestnosti .....	24
4. POPIS JEDNOTLIVÝCH ČASTÍ PLYNOVÝCH KOTLOV .....	25
4.1. Kondenzačný kotol .....	25
4.2. Nízkoteplotný kotol .....	28
5. EKONOMICKÁ BILANCIA .....	29
5.1. Klimatické pomery .....	29
5.1.1. Teplota vzduchu .....	29

5.1.2. Rýchlosť vetra .....	29
5.1.3. Slnčné žiarenie.....	29
5.2. Účinnosť plynových kotlov .....	30
5.2.1. Účinnosť kondenzačného kotla v závislosti na teplotnom spáde .....	30
5.2.2. Účinnosť kondenzačného kotla v závislosti od jeho vyt'aženia .....	32
5.3. Ekonomické porovnanie inštalácie nízkoteplotného a kondenzačného plynového kotla pri rekonštrukcii staršieho rodinného domu .....	33
5.3.1. Popis modelového domu č. 1 .....	33
5.3.2. Výpočet tepelnej straty modelového domu č. 1 .....	34
5.3.3. Inštalácia nízkoteplotného plynového kotla.....	35
5.3.4. Inštalácia kondenzačného plynového kotla.....	36
5.3.5. Porovnanie ekonomickej návratnosti kotlov z kapitoly 5.3.3. a 5.3.4.....	36
5.4. Ekonomické porovnanie inštalácie rôznych typov kotlov pri novostavbe .....	37
5.4.1. Inštalácia kondenzačného kotla s podlahovou vykurovacou sústavou.....	38
5.4.2. Inštalácia kondenzačného kotla s klasickou vykurovacou sústavou .....	39
5.4.3. Inštalácia nízkoteplotného kotla s klasickou vykurovacou sústavou .....	40
5.4.4. Ekonomické porovnanie rôznych inštalácií v modelovom dome č. 2.....	40
6. ZÁVER .....	42
7. ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV.....	43

# 1. ÚVOD

Celosvetová spotreba energie každým rokom rastie, ale zásoby fosílnych palív klesajú. Veľké množstvo tejto energie sa spotrebuje na vykurovanie a výrobu teplej úžitkovej vody. Preto ponúka táto oblasť veľký potenciál pre úsporu energie. Výrobcovia sa snažia neustále navrhovať tepelné zariadenia s vyššou účinnosťou, aby znížili náklady na prevádzku.

Spotrebiteľ má na výber z veľkého množstva druhov palív. Napriek tomu, že sa v súčasnosti kladie čoraz väčší dôraz na obnoviteľné zdroje energie, väčšina domácností využíva na vykurovanie zemný plyn. Plyn ako palivo, je pre konečného spotrebiteľa veľmi výhodný. Jeho hlavnými prednosťami sú vysoká výhrevnosť, vysoká účinnosť spaľovania, zákazník nemusí plyn skladovať, nízke emisie a predovšetkým jednoduchá regulácia výkonu kotla a jeho plná automatizácia. Avšak nevýhodou plynného paliva je jeho cena v porovnaní s tuhými palivami, ako je napríklad uhlie.

## 2. ZEMNÝ PLYN AKO PALIVO

Plynné palivá sú všetky plyny, ktoré obsahujú horľavé zložky ako je oxid uhoľnatý, vodík a plynné uhľovodíky, prípadne iné horľavé zložky. Môžu byť prírodného pôvodu, umelo vyrábané, alebo vznikajú ako vedľajší produkt pri niektorých technologických operáciách. [1]

### 2.1. Zemný plyn a jeho vlastnosti

Zemný plyn je druh prírodného plynného paliva s veľmi vysokou výhrevnosťou. Vznikol rozkladom fosílií rastlín a živočíchov pred miliónmi rokov. Skladá sa z uhľovodíkov, z ktorých tvorí metán 93 až 99 % objemu. Ďalej obsahuje aj malé množstvá propánu, butánu a ďalších látok. Je to bezfarebný plyn bez chuti a zápachu, s menšou hustotou ako vzduch. Pri jeho úprave sa pridáva zápachová látka - odorant, aby bol ľahšie identifikovateľný pri jeho únikoch do ovzdušia. Zemný plyn sa podľa toho ako vzniká delí na uhoľný a ropný plyn. Uhoľný plyn vzniká pri vytváraní uhlia a ropný plyn vzniká z ropy pôsobením tlaku a teploty. [1, 2]

- **Spaľovacie teplo**  $Q_s$  [ $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-3}$ ] je teplo, ktoré sa uvoľní dokonalým spálením 1 kg paliva pri ochladení spalín na teplotu 20 °C, pričom voda v plynnom skupenstve obsiahnutá v spalínach skondenzuje. Spaľovacie teplo zemného plynu je okolo 37,85  $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ . [1]
- **Výhrevnosť**  $Q_r^i$  [ $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-3}$ ] je teplo, ktoré sa uvoľní dokonalým spálením 1 kg paliva pri ochladení spalín na teplotu 20 °C, pričom voda obsiahnutá v spalínach ostáva v plynnej fáze. Výhrevnosť zemného plynu je okolo 34,1  $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ . [1]

#### 2.1.1. Výhody zemného plynu v porovnaní s inými palivami

- Plynné palivo sa veľmi dobre spaľuje v porovnaní s tuhými palivami
- Nízke emisie  $\text{SO}_2$  v porovnaní s hnedým uhlím
- Vysoká výhrevnosť v porovnaní s drevom
- Jednoduchá regulácia výkonu kotla
- Plynné palivo nie je potrebné skladovať
- Nie je potrebné odvádzať tuhý zbytok

#### 2.1.2. Nevýhody zemného plynu v porovnaní s inými palivami

- Vyššia cena plynu v porovnaní s inými palivami (okrem elektrickej energie)
- Zemný plyn nie je obnoviteľný zdroj energie – obmedzené zásoby tejto energie
- Pri určitej koncentrácii je výbušný
- Vo väčšine krajín je spotrebiteľ závislý na dodávkach zemného plynu zo zahraničia

## 2.2. Ťažba a preprava zemného plynu

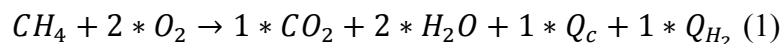
Zemný plyn sa nachádza v podzemných ložiskách v hĺbke niekoľko sto metrov samostatne, alebo spolu s ropou. Ťaží sa zo zeme, alebo z morského dna. Jeho ložiská sú nerovnomerne rozložené, pričom medzi najväčších producentov patria USA, Kanada a Rusko. Zemný plyn v surovom stave obsahuje vodu, oxid uhličitý, sírové látky a pevné čiastočky vo forme prachu, preto sa musí pred distribúciou upraviť a škodlivé látky znížiť na požadovanú hranicu, inak by mohlo dôjsť k poruchám potrubia, regulačných a kompresorových staníc. [2]

Prepravuje sa dvomi základnými spôsobmi - v plynnom skupenstve plynovodmi, alebo v kvapalnom skupenstve v tankeroch. Diaľkové plynovody sú sieťou kompresorových staníc, odovzdávacích staníc a líniových častí, ktoré dosahujú prevádzkových tlakov až 10 MPa a priemer plynovod je vyše 1 m. V systéme vnútroštátnej prepravy sa tlak plynu znižuje na požadovanú hodnotu a ďalej sa dostáva do jednotlivých plynofikovaných miest a obcí, kde sa

jeho tlak zníži v regulačných staniách pre nízkotlaké rozvody plynu, ktoré sú určené pre prevádzku plynových spotrebičov v domácnostiach. [2]

## 2.3. Spaľovanie

Spaľovanie je fyzikálno chemický dej, pri ktorom sa uvoľňuje energia vo forme tepla. Uskutočňuje sa oksylichovaním paliva až na konečné produkty reakcie. Spaľovací proces môže začať pôsobením tepelného impulzu, alebo samovoľne samovznietením a má charakter reťazovej reakcie. Spaľovanie zemného plynu je exotermická reakcia, pri ktorej sa uvoľňuje teplo. Keďže sa zemný plyn skladá hlavne z metánu, budem uvádzať rovnicu dokonalého spaľovania pre metán. Do reakcie vstupuje palivo – metán, oksylichovadlo – vzduch a z reakcie vystupujú produkty oxid uhličitý a voda v plynnom skupenstve. [1]



### 2.3.1. Spaľovanie za prebytku vzduchu

Pretože nikdy nedôjde k dokonalému premieseniu paliva a oksylichovadla na molekulevej úrovni, preto sa v praxi používa spaľovanie za prebytku vzduchu. Súčiniteľ prebytku vzduchu  $\alpha$  je pomer objemu vzduchu, ktorý sa v skutočnosti do spaľovacej komory privedie, ku teoretickému objemu vzduchu potrebnému pre dokonalé spaľovanie. [1]

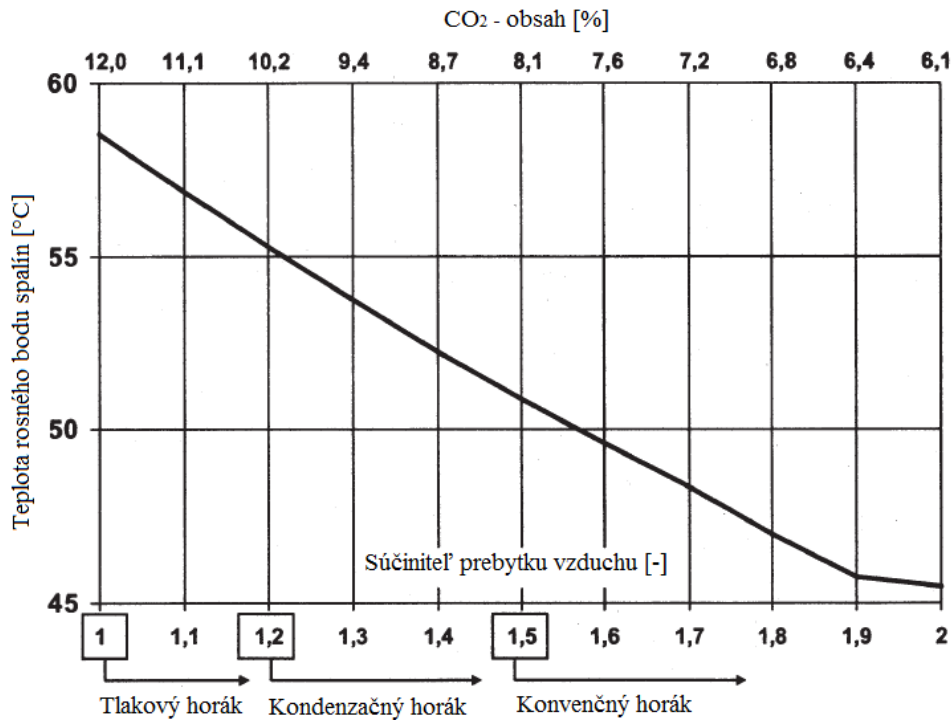
$$\alpha = \frac{V_{vz\ sk}}{V_{vz\ min}} \quad [-] \quad (2)$$

Kde  $V_{vz\ sk} [m^3 \cdot s^{-1}]$  je skutočné množstvo privedeného oksylichovadla,

$V_{vz\ min} [m^3 \cdot s^{-1}]$  je teoretické množstvo privedeného oksylichovadla. [1]

### 2.3.2. Závislosť teploty rosného bodu spalín na súčiniteľu prebytku vzduchu

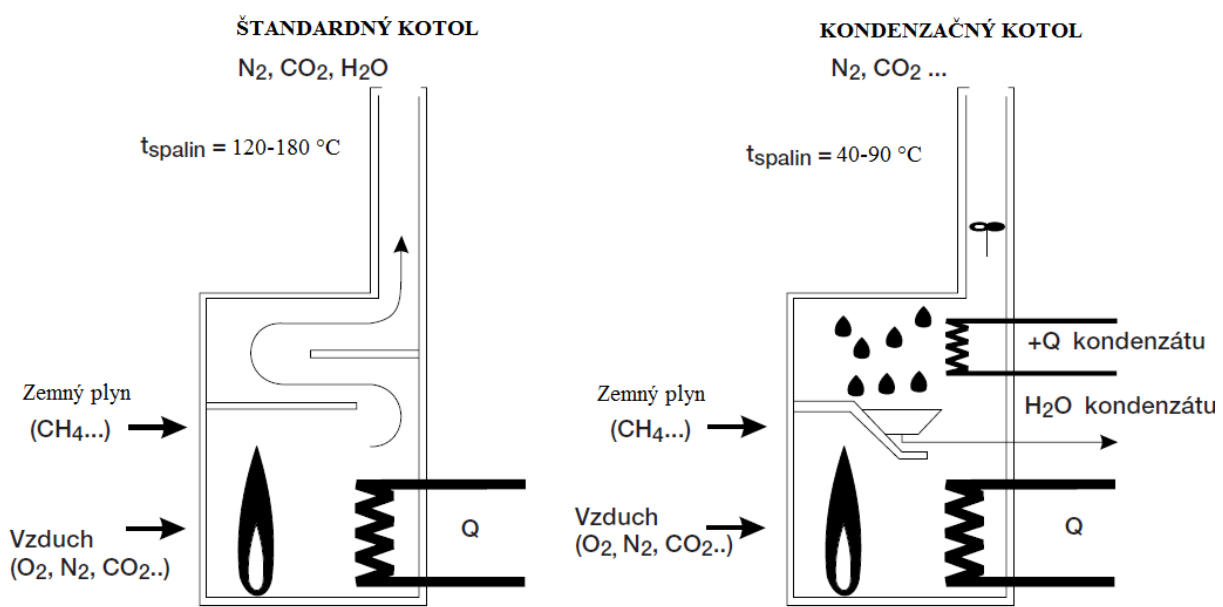
Z obr. 2-1 je zrejmé, že na dosiahnutie čo najväčšej účinnosti kondenzačného kotla je treba myslieť už pri jeho konštrukcii. Konštruktér musí navrhnúť horák a spaľovacu komoru tak, aby bolo možné spaľovanie za čo najmenšieho  $\alpha$ . Účinnosť kondenzačného kotla závisí od  $\alpha$ , resp. od teploty rosného bodu spalín. Rosný bod spalín je teplota, pri ktorej začína vodná para obsiahnutá v spalinách kondenzovať. Z obr. 2-1 je vidno, že pri  $\alpha = 1$  je teplota rosného bodu spalín okolo 58 °C, takže pri teplote vstupnej vykurovacej vody (ďalej len VV) menšej ako 58 °C bude dochádzať ku kondenzácii vodnej pary v spalinách a k využitiu latentného tepla. Pri  $\alpha = 1,5$  je teplota rosného bodu spalín okolo 51 °C. Aby kotol pracoval v kondenzačnom režime musí byť teplota vstupnej VV menšia ako 51 °C, preto bude kotol pracovať kratší čas počas vykurovacej sezóny v kondenzačnom režime a bude mať menšiu účinnosť. [3]



Obr. 2-1 Závislosť teploty rosného bodu spalín na súčiniteľu prebytku vzduchu. [3]

### 2.4. Princíp kondenzácie

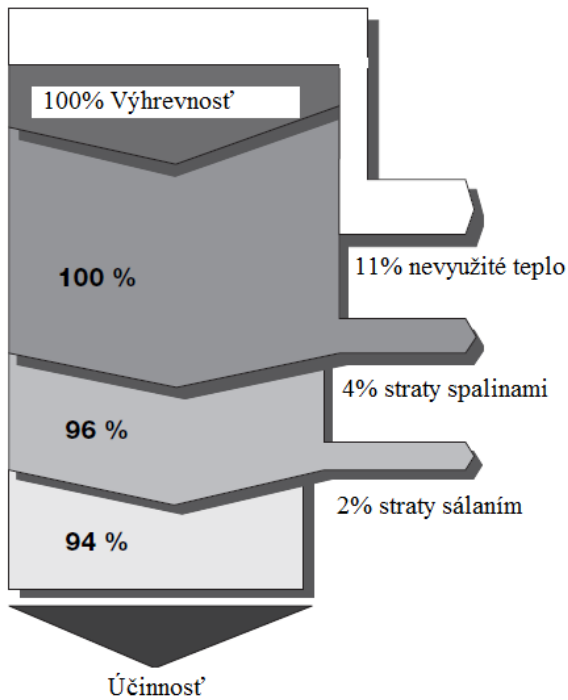
Štandardné kotly sú navrhnuté pre prevádzku so suchými spalinami, ktoré môžu mať teplotu až 180 °C. Časť energie, ktorá sa pri spaľovaní premenila na tepelnú energiu spalín tak odchádza komínom do ovzdušia a predstavuje najväčšie straty energie. Kondenzačný kotol je schopný využiť túto energiu tým, že vo výmenníku tepla sa spaliny ochladia pod teplotu ich rosného bodu a dôjde ku kondenzácii vodnej pary v spalinách. Ochladením spalín a zmenou ich skupenstva z pary na kvapalinu dôjde k uvoľneniu energie vo forme latentného tepla. [1, 3]



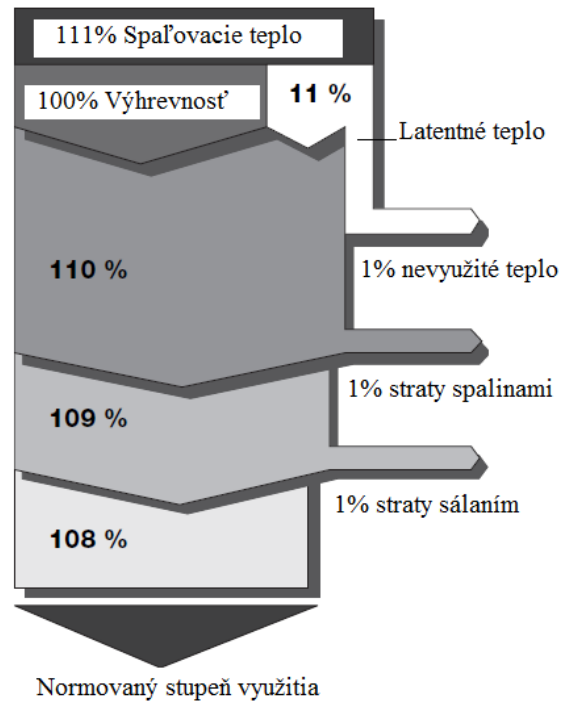
Obr. 2-2 Schéma princípu štandardného a kondenzačného plynového kotla. [3]

Maximálny zisk energie z kondenzácie je 11 % vzhľadom na výhrevnosť. Účinnosť plynových kotlov sa počíta vzhľadom k výhrevnosti, v ktorej nie je zahrnuté teplo, ktoré môže získať kondenzačný kotol pri ochladení spalín pod teplotu ich rosného bodu. Preto môže byť účinnosť vyššia ako 100 % a nazývame ju normovaný stupeň využitia. Teoretická maximálna hodnota spaľovacieho tepla je 111 %, takže kondenzačné kotly môžu teoreticky dosiahnuť normovaného stupňa využitia až 111 %. U najkvalitnejších kotlov udávajú výrobcovia normovaný stupeň využitia až 109 %. [3]

Nízkoteplotný kotol pri dimenzovaní na teplotný spád 70/55 °C



Kondenzačný kotol pri dimenzovaní na teplotný spád 40/30 °C



Obr. 2-3 Grafické znázornenie využitia energie u nízkoteplotného a kondenzačného kotla. [3]

### 3. ROZDELENIE PLYNOVÝCH KOTLOV

Plynové kotly pre vykurovanie rodinných domov sú zariadenia, ktoré slúžia na ohrev vody, prípadne iného teplotného média. Teplo pre ohrev vody sa získava spaľovaním zemného plynu v spaľovacej komore. Chemickou reakciou dochádza k premene chemickej energie zemného plynu na tepelnú energiu spalín. [1]

V tejto kapitole budú rozdelené plynové kotly podľa ich charakteristických vlastností a uvedené ich výhody a nevýhody. Jednotlivé výhody a nevýhody budú vždy uvedené medzi kotlami v rovnakej podkapitole.

Delenie podľa teploty odchádzajúcich spalín [1]:

- Štandardné
- Nízkoteplotné
- Kondenzačné

Delenie podľa spôsobu umiestnenia:

- Stacionárne
- Závesné

Delenie podľa spôsobu využitia vody:

- Kotly pre vykurovanie
- Kotly pre vykurovanie s ohrevom TUV v externom zásobníku
- Kotly pre vykurovanie s prietokovým ohrevom TUV

Delenie podľa systému odvodu spalín:

- Kotly s prirodzeným odvodom spalín
- Kotly s núteným odvodom spalín

Delenie podľa spôsobu regulácie výkonu kotla:

- Kotly s ekvitermicou reguláciou výkonu
- Kotly bez ekvitermickej regulácie výkonu

Delenie podľa prívodu spaľovacieho vzduchu [4]:

- Kotly závislé na vzduchu v miestnosti
- Kotly nezávislé na vzduchu v miestnosti

#### 3.1. Delenie podľa teploty odchádzajúcich spalín

##### 3.1.1. Štandardné

Jedná sa o najjednoduchší typ plynového kotla, ktorý je navrhnutý pre prevádzku zo suchými spalínami o teplote v rozmedzí 120 až 180 °C. Niektorí výrobcovia osádzajú kotol trojcestným ventilom, ktorý zmiešava VV tak, aby jej teplota pri vstupe do kotla nebola menšia než teplota rosného bodu spalín. Teplota vstupnej VV do klasického kotla nebýva spravidla menšia než 60 °C. Výmenník tepla je vyrobený väčšinou z ocele alebo liatiny a nie je odolný voči korózii. Tento druh kotla dosahuje priemernej účinnosti 91 %. [1, 5]

**Výhody:**

- Nízka cena
- Jednoduchá konštrukcia a vysoká spoľahlivosť

### **Nevýhody:**

- Nízka účinnosť
- Použiteľný pre teplotné spády s teplotou vstupnej VV minimálne 60 °C
- Nie je schopný využiť latentné teplo

### **3.1.2. Nízkoteplotné**

Tento kotol je konštrukčne takmer totožný so štandardným kotlom. Hlavným rozdielom sú vyššie požiadavky na odolnosť výmenníka tepla proti korózii, pretože kotol môže pracovať aj s teplotami vstupnej VV menšími ako je teplota rosného bodu spalín. V tomto režime môže dochádzať ku kondenzácii spalín, preto je výmenník najčastejšie vyrobený z liatiny. Pretože spaliny odovzdajú časť svojej energie výmenníku, klesne ich teplota na 90 až 140 °C. Účinnosť sa tak zvýši až na 94 %. [1, 5]

### **Výhody:**

- Zvýšená odolnosť výmenníka tepla proti korózii oproti štandardnému kotlu
- Vyššia účinnosť ako u štandardného kotla
- Jednoduchá konštrukcia a vysoká spoľahlivosť
- Možnosť prevádzky kotla s teplotou vstupnej VV menšou ako teplota rosného bodu spalín

### **Nevýhody:**

- Vyššia cena ako u štandardného kotla
- Nie je schopný využiť latentné teplo

### **3.1.3. Kondenzačné**

Jedná sa o najmodernejší typ kotla, ktorý je navrhnutý pre kondenzačnú prevádzku s teplotou spalín v rozsahu 40 až 90 °C. Teplota vstupnej VV do kotla býva menšia ako teplota rosného bodu spalín, a preto dochádza ku kondenzácii vodnej pary v spalínach. Pri zmene skupenstva z plynného na kvapalné, odovzdá vodná para časť svojej energie – latentné teplo. U kondenzačných kotlov sú kladené vysoké nároky na odolnosť výmenníka tepla proti korózii. Väčšinou sa vyrába zo zliatiny hliníka a kremíka, zliatiny medi alebo z nehrdzavejúcej ocele. Keďže do komína vstupujú mokré spaliny je nutná aj zvýšená odolnosť dymovodu voči korózii. Spaliny, ktoré vstupujú do komína majú nízku teplotu pre vytvorenie potrebného komínového ťahu a preto je nutnosť použiť nútený odvod spalín spalínovým ventilátorom. [1, 5]

### **Výhody:**

- Najvyššia účinnosť spomedzi skúmaných kotlov
- Kotly sú schopné pracovať pri teplotných spádoch od 40/30 °C až po 90/70 °C
- Plynulá regulácia výkonu
- Veľký modulačný rozsah výkonu
- Sú určené pre klasickú aj podlahovú vykurovaciu sústavu (ďalej len VS)

### **Nevýhody:**

- Vyššia cena ako u nízkoteplotného kotla
- Vysoké nároky na odolnosť výmenníka tepla a komína proti korózii
- Nutný odvod kondenzátu
- Nutný odvod spalín spalínovým ventilátorom
- Zložitejšie zariadenie a elektronika

## **3.2. Delenie podľa spôsobu umiestenia**

### **3.2.1. Stacionárne**

Stacionárne kotly sú väčšinou určené pre prevádzku na podlahe v kotolni. Na tieto kotly nie sú kladené tak vysoké nároky na dizajn a odhlučnenie, čo sa prejaví v priaznivejšej cene pre zákazníka. Sú vyrábané vo väčších výkonoch ako nástenné a sú vhodné pre inštaláciu pri rekonštrukcii v starších rodinných domov, ktorých VS boli projektované na teplotný spád 90/70 °C.

#### **Výhody:**

- Robustná konštrukcia, dlhá životnosť
- Vyšší výkon vhodný pre vykurovanie rodinných domov s väčšou tepelnou stratou
- Vhodné pre pripojenie na staršiu vykurovaciu sústavu pri rekonštrukcii

#### **Nevýhody:**

- Nie sú vhodné pre inštaláciu do obytných priestorov
- Väčšie rozmery
- Vyššia hmotnosť

### **3.2.2. Závesné**

Závesné kotly sú primárne určené pre prevádzku na stene v obytných priestoroch. Z toho vyplývajú určité požiadavky kladené na kotly, ako je zvýšená odolnosť proti hluku, elegantný dizajn, nižšia hmotnosť a menšie rozmery.

#### **Výhody:**

- Vhodné pre inštaláciu do obytných priestorov
- Kompaktné rozmery, elegantný dizajn

#### **Nevýhody:**

- Vyššia cena
- Väčšina kotlov nemá verziu s integrovaným zásobníkom teplej úžitkovej vody (ďalej len TUV)

## **3.3. Delenie podľa spôsobu využitia vody**

### **3.3.1. Kotly pre vykurovanie**

Tieto kotly sú primárne určené len pre vykurovanie. Ohrev TUV môže byť realizovaný iným zdrojom energie. V prípade pripojenie externého zásobníka TUV je možnosť realizovať ohrev TUV v tomto zásobníku. Táto možnosť je opísaná v nasledujúcej kapitole.

### 3.3.2. Kotly pre vykurovanie s ohrevom TUV v externom zásobníku

Tento druh kotlov slúži pre vykurovanie obytných priestorov s možnosťou ohrevu teplej úžitkovej vody v externom zásobníku. Väčšina kotlov je osadená trojcestným ventilom, ktorý slúži ako rozdeľovací ventil. Tento ventil slúži na zmenu toku VV medzi VS a externým zásobníkom TUV.

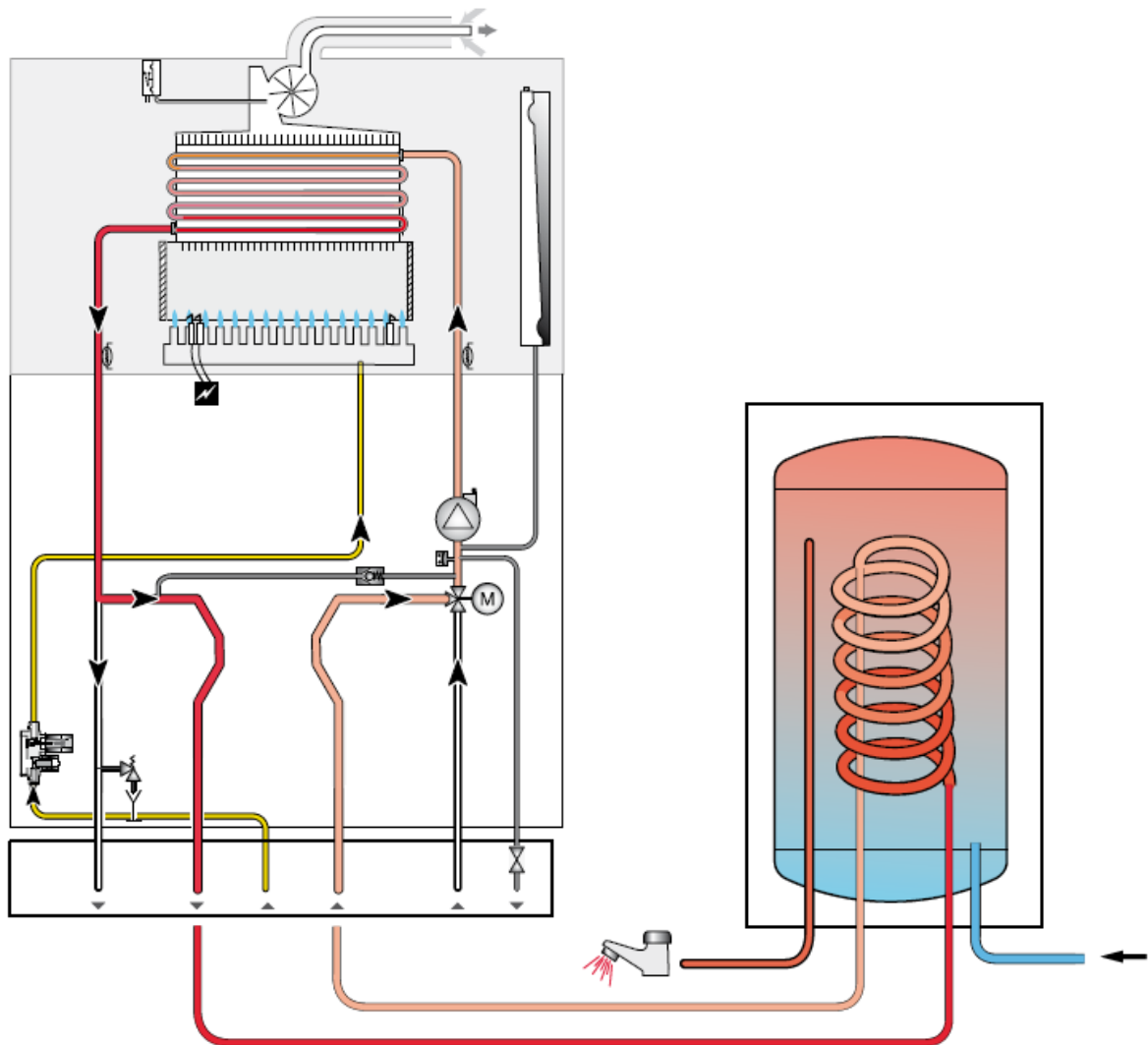
#### Výhody:

- Nižšia cena kotla
- K dispozícii veľké množstvo TUV v krátkom čase
- Vhodný pre väčšie rodiny

#### Nevýhody:

- Pružnosť systému
- Nutnosť dokúpiť externý zásobník TUV
- Veľké rozmery zásobníka TUV

Hydraulická schéma prípravy TUV v externom zásobníku



Obr. 3-1 Hydraulická schéma nízkoteplotného kotla pri ohreve TUV v externom zásobníku [6]

### 3.3.3. Kotly pre vykurovanie s prietokovým ohrevom TUV

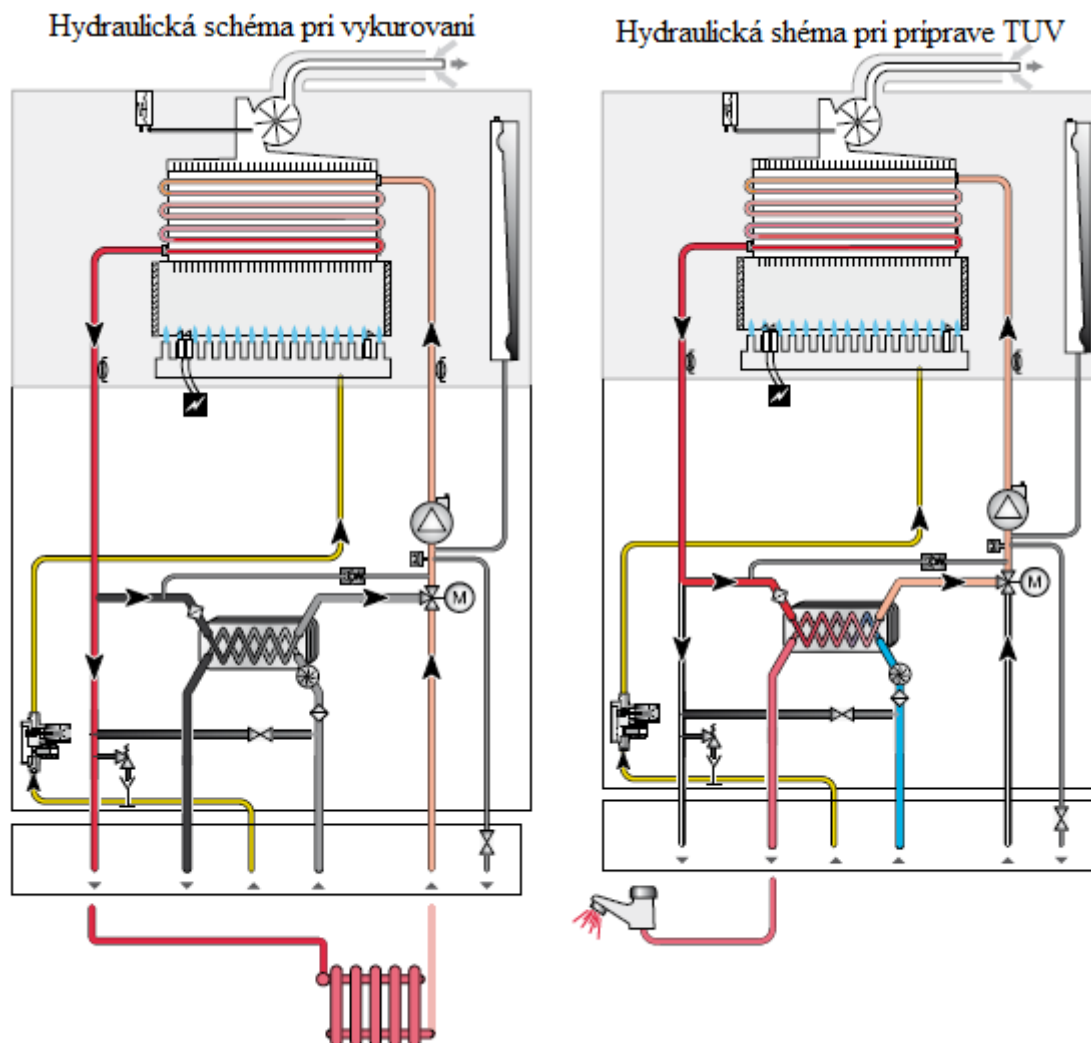
Oproti predchádzajúcemu prípadu má tento druh kotlov zabudovaný prietokový ohrev TUV v doskovom výmenníku. Kotel musí byť osadený trojcestným ventilom, ktorý slúži ako rozdeľovací ventil. Tento ventil slúži na zmenu toku VV medzi VS a doskovým výmenníkom TUV.

#### Výhody:

- TUV dostupná pár minút po štarte kotla
- Kompaktné rozmery
- Niektoré modely majú vstavaný malý zásobník TUV, takže nie sú nutné tak časté štarty kotla a TUV je dostupná okamžite

#### Nevýhody:

- Nižšia účinnosť ohrevu TUV, pretože kotel pracuje na plný výkon
- Maximálny prietok TUV je obmedzený maximálnym výkonom kotla
- Pri maximálnom ohreve TUV je okruh VV uzavretý
- V lokalitách s veľmi tvrdou vodou dochádza k poruche doskového výmenníka v dôsledku usádzania vodného kameňa



Obr. 3-2 Hydraulická schéma nízkoteplotného kotla s prietokovým ohrevom TUV [6]

### 3.4. Delenie podľa systému odvodu spalín

#### 3.4.1. Kotly s prirodzeným odvodom spalín

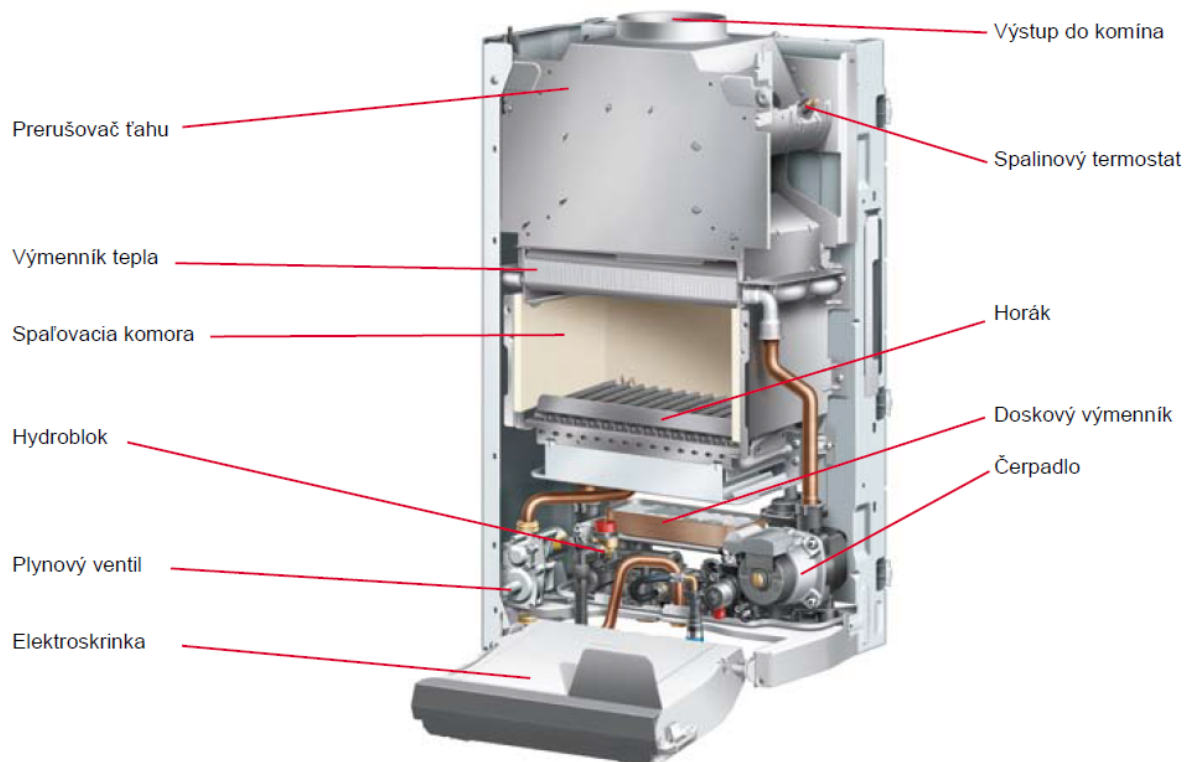
Ťah potrebný pre odvedenie spalín zo spaľovacej komory je úmerný výške komína, rozdielu hustôt vzduchu a spalín pri ich strednej teplote v komíne. Využíva sa väčšinou u klasických plynových kotlov, kde je dostatočná veľkosť teploty spalín. [5]

##### Výhody:

- Nižšia cena kotla
- Nižšia spotreba elektrickej energie, pretože nemá spalínový ventilátor

##### Nevýhody:

- Použitie hlavne u štandardných kotlov
- Vyššia cena komína, pretože je potrebný vyšší komín, pre vytvorenie dostatočného komínového ťahu



Obr. 3-3 Popis hlavných častí nízko-teplotného kotla s prirodzeným odvodom spalín [6]

### 3.4.2. Kotly s núteným odvodom spalín

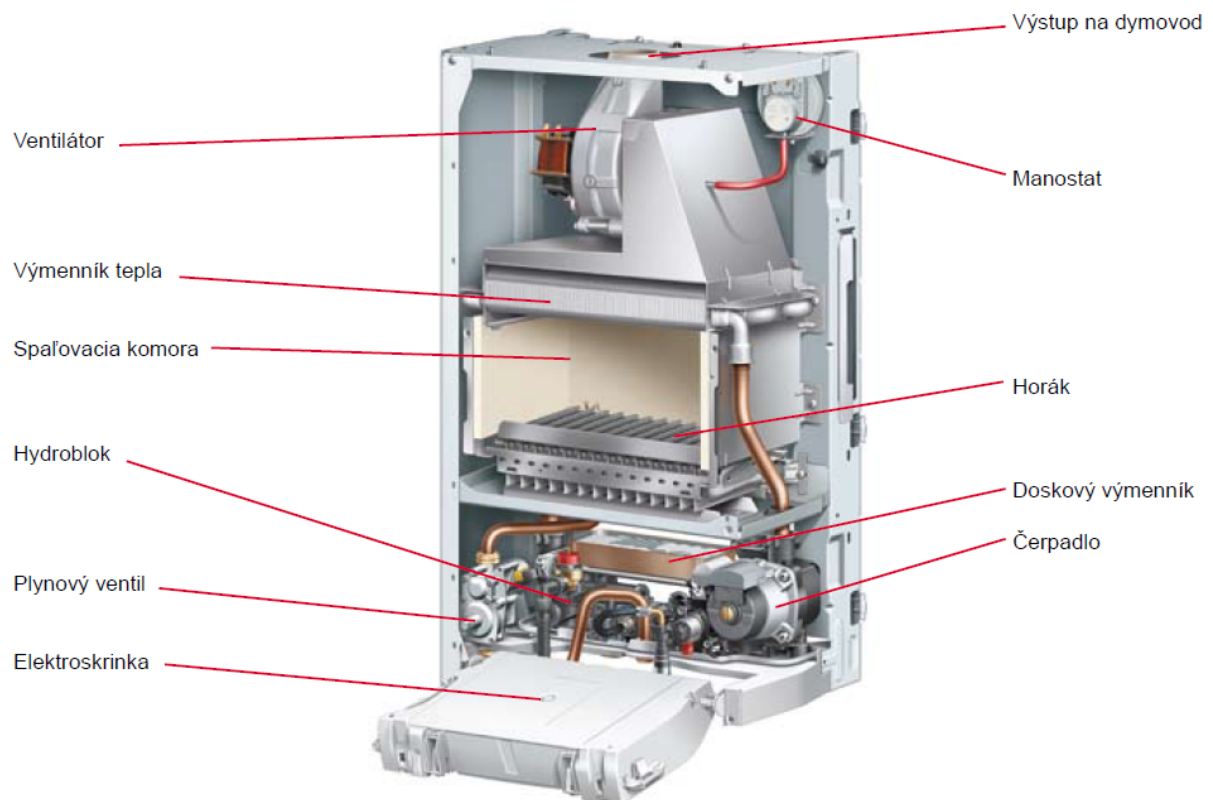
Nútený odvod spalín sa požíva hlavne u kondenzačných kotlov, kde nie je dostatočne vysoká teplota spalín potrebná na vytvorenie požadovaného komínového ťahu. Nútený odvod sa môže taktiež použiť u štandardného kotla pri inštalácii do stavby, kde nie je možné napojenie na komín. Odvod spalín je zabezpečený spalinovým ventilátorom. Cenový rozdiel medzi verziou s klasickým odvodom spalín a s núteným odvodom spalín je rádovo v percentách kúpnej ceny.

#### Výhody:

- Nižšia cena komína
- Možnosť využitia núteného odvodu spalín u všetkých typov kotlov

#### Nevýhody:

- Vyššia cena kotla
- Vyššia spotreba elektrickej energie



Obr. 3-4 Popis hlavných častí nízkoteplotného kotla s núteným odvodom spalín [6]



## 3.6. Delenie podľa prívodu spaľovacieho vzduchu

### 3.6.1. Kotly závislé na vzduchu v miestnosti

Tieto kotly odoberajú vzduch potrebný pre spaľovanie priamo z miestnosti, v ktorej sú inštalované. Majú väčšinou atmosférický plynový horák. [4]

**Výhody:**

- Nižšia cena
- Jednoduchšia konštrukcia plynového horáka

**Nevýhody:**

- Nutnosť zabezpečiť prívod čerstvého vzduchu do miestnosti

### 3.6.2. Kotly nezávislé na vzduchu v miestnosti

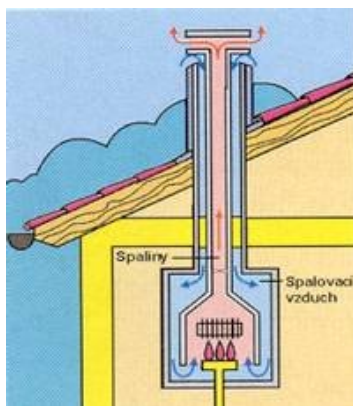
Tento typ kotlov odoberá vzduch potrebný pre spaľovanie cez potrubie spaľovacieho vzduchu z vonkajšieho priestoru alebo cez špeciálne súosé potrubie pre prívod spaľovacieho vzduchu a odvod spalín. Tieto kotly majú uzavretú spaľovaciu komoru, a preto môžu byť inštalované v obytných priestoroch. [4]

**Výhody:**

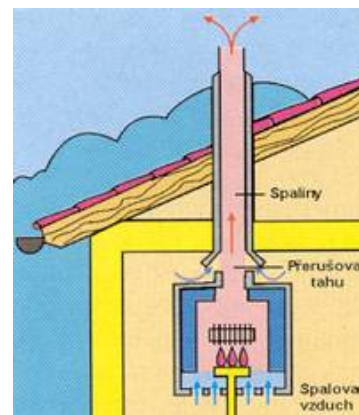
- Môžu byť inštalované v obytných priestoroch
- Nie sú závislé na prívode vzduchu do miestnosti

**Nevýhody:**

- Vyššia cena špeciálneho súosého potrubia pre prívod vzduchu a odvod spalín



Obr. 3-6 schéma plynového kotla nezávislého na vzduchu v miestnosti [4]

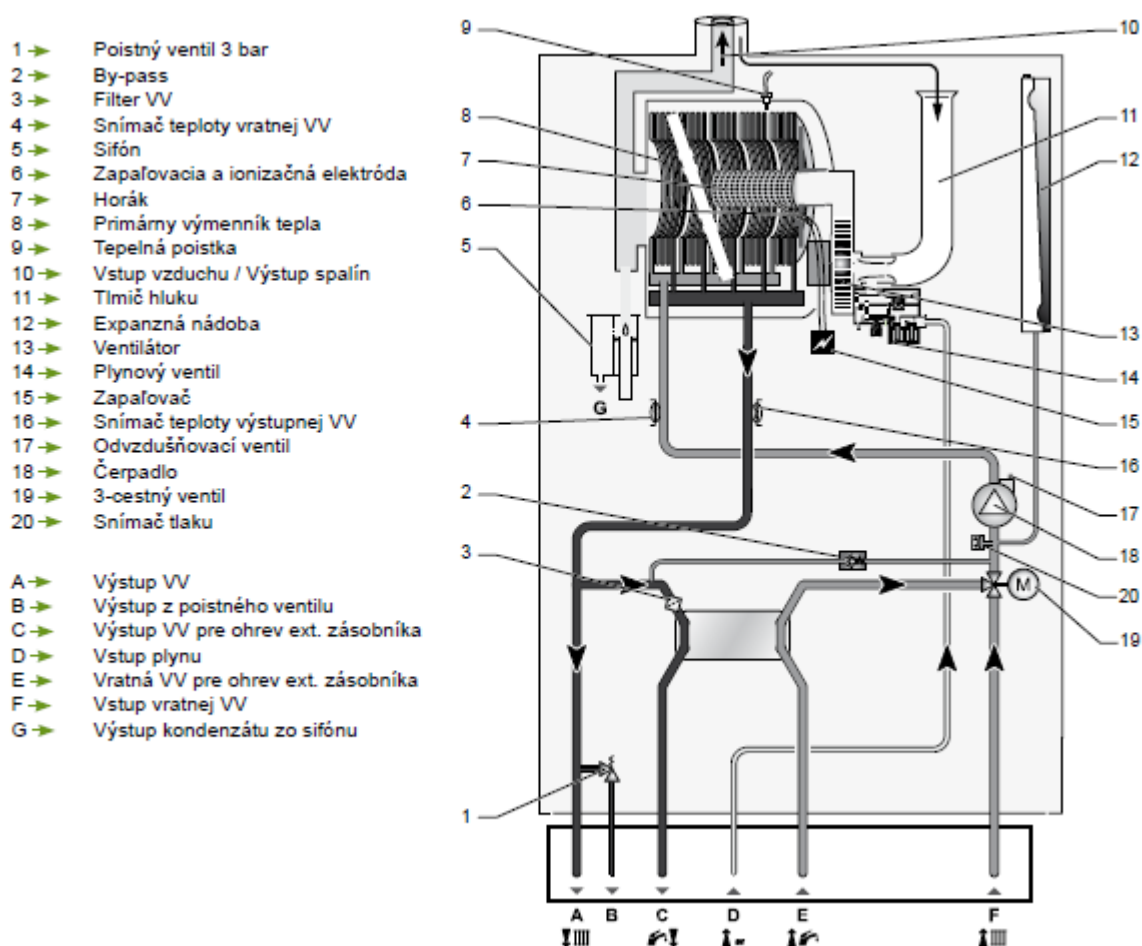


Obr. 3-7 schéma plynového kotla závislého na vzduchu v miestnosti [4]

## 4. POPIS JEDNOTLIVÝCH ČASTÍ PLYNOVÝCH KOTLOV

V tejto kapitole sa zameriam na stručný opis hlavných častí plynových kotlov. Kondenzačný a nízkoteplotný, resp. štandardný kotol majú veľmi podobnú konštrukciu. Preto opíšem v kapitole 4.1. hlavné časti kondenzačného kotla a v kapitole 4.2. popíšem len tie časti nízkoteplotného kotla, ktoré sú odlišné od kondenzačného kotla.

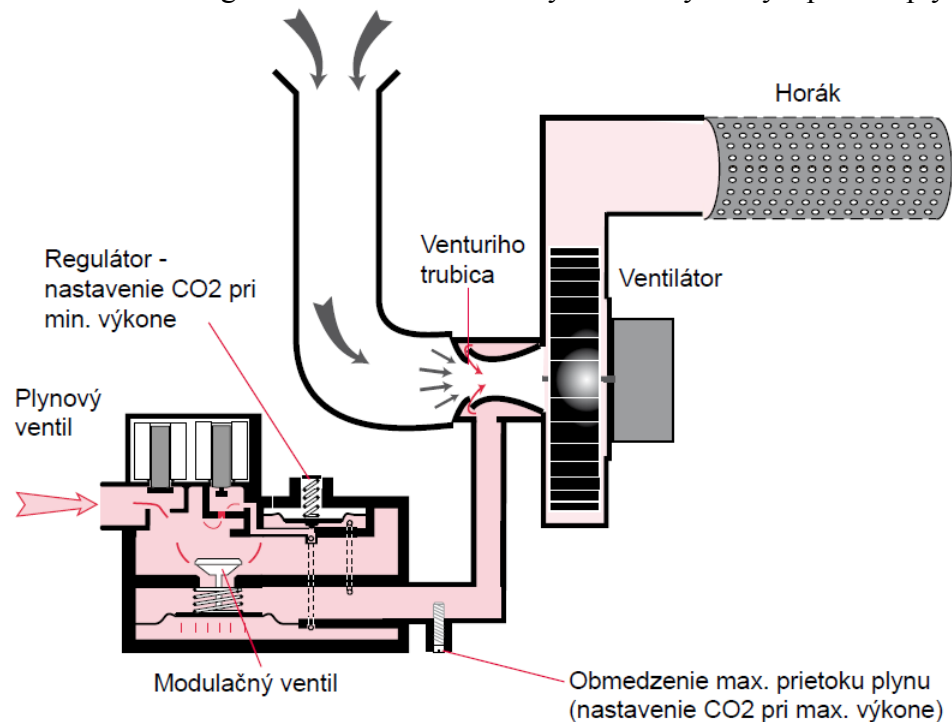
### 4.1. Kondenzačný kotol



Obr. 4-1 Popis hydraulických častí kondenzačného kotla Protherm Panther Condens [8]

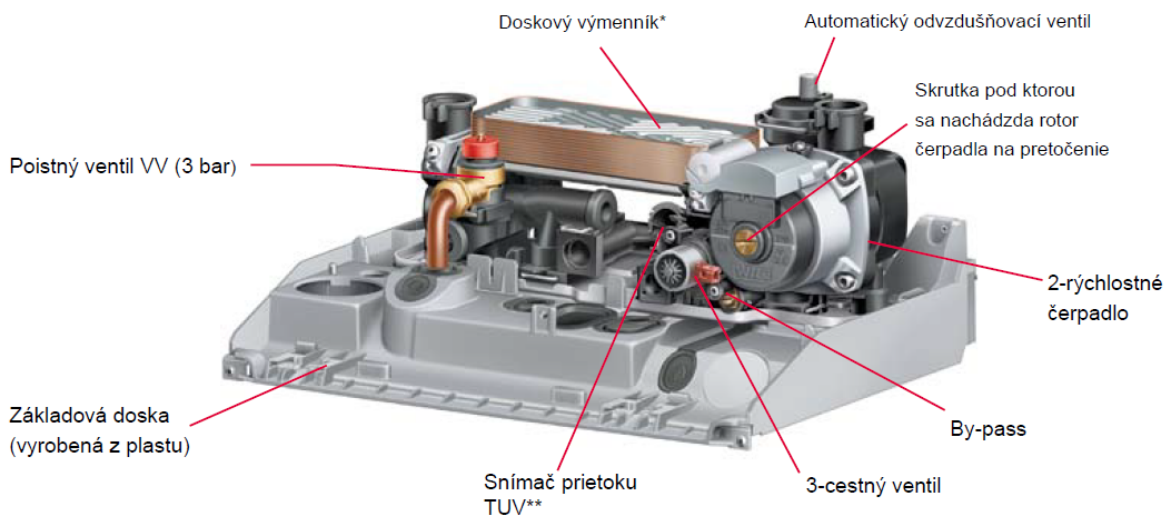
- **Nosná konštrukcia kotla** sa väčšinou skladá z plechových výliskov, ktoré sú pre jednoduchosť výroby spojené nitovým spojom. Kryty kotla, ktoré musia byť demontovateľné pri revízii alebo oprave sú priskrutkované k nosnej časti kotla.
- **Odvod spalín** sa u kondenzačných kotlov väčšinou uskutočňuje pomocou spalínového ventilátora, pretože sa spaliny vychladia na nízku teplotu a táto teplota nestačí na vytvorenie dostatočného komínového ťahu.
- **Horák** slúži na premenu chemickej energie paliva na tepelnú energiu spalín. V plynových kotloch sa používajú dva hlavné typy plynových horákov - e젝čné horáky a horáky s núteným prívodom spaľovacieho vzduchu. U kondenzačných kotlov sa väčšinou používajú horáky s núteným prívodom spaľovacieho vzduchu. Spaľovací vzduch sa spolu s plynom zmieša vo ventilátore a pretlakom sa dostáva do horáka, kde dochádza k samotnému procesu spaľovania.
- **Plynový ventil** umožňuje plynulú moduláciu výkonu, pričom zachováva stály pomer vzduchu a plynu. Spaľovací vzduch sa dostáva do Venturiho trubice pri vstupe do

ventilátora a tým vytvára podtlak v plynovom ventile. Regulátor ovláda prietok plynu podľa prietoku vzduchu, respektíve podtlaku. V prípade znižovania otáčok ventilátora, regulátor začne uzatvárať modulačný ventil a tým obmedzí prietok plynu. Pri zvyšovaní otáčok ventilátora začne regulátor otvárať modulačný ventil a tým zvýši prietok plynu. [8]



Obr. 4-2 Zmiešavanie vzduchu a plynu kondenzačného kotla Protherm Panther Condens [8]

- **Hydroblok** je jednou zo základných častí plynových kotlov. V tomto bloku sú na základovej doske kompaktné uložené dôležité súčiastky ako je čerpadlo, doskový výmenník, snímač prietoku, poistný ventil, trojcestný ventil, by-pass poprípade iné súčiastky.



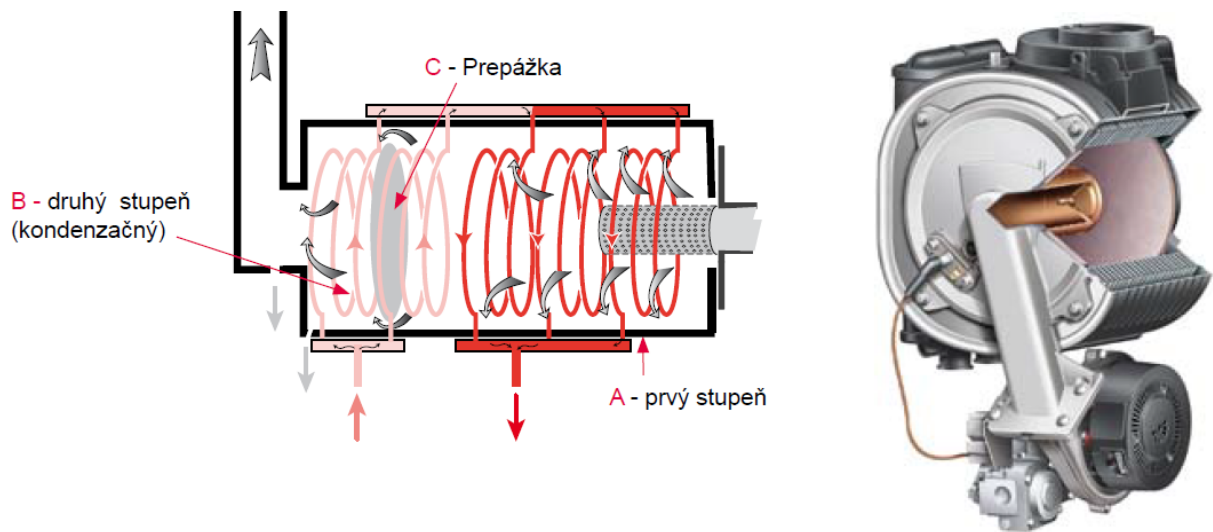
\* V prípade systémových kotlov je na mieste doskového výmenníka prepojovacia plastová doska

\*\* Neosadený v systémových kotloch

Obr. 4-3 Hydroblok kondenzačného kotla Protherm Panther Condens [8]

- **Zapaľovacia elektróda** sa používa k zapalovaniu zmesi plynu a vzduchu preskokom iskry vysokého napätia.

- **Ionizačná elektróda** sa používa ako snímač horenia. V prípade nechceného zhasnutia plameňa dá signál riadiacej jednotke, ktorá uzavrie prívod plynu.
- **Výmenník VV** slúži na prenos tepelnej energie z teplého média do chladnejšieho a je konštruovaný ako protiprúdy výmenník, v ktorom sú obidve médiá oddelené nepriepustnou stenou. U kondenzačného kotla sa skladá z prvého a druhého stupňa. Je vyrobený z materiálu odolného voči korózii. V prvom stupni dochádza k prenosu tepla priamym kontaktom plameňa s výmenníkom. V druhom stupni sú zdrojom tepla spaliny, ktoré sa vychladia na 40 až 90 °C v závislosti od výkonu kotla. V tejto časti dochádza ku kondenzácii. U moderných kotlov sa vyžaduje čo najnižšia teplota spalín. Pri minimálnom výkone kotla je väčšinou požadovaná teplota spalín maximálne o 2 °C väčšia, ako je teplota vstupnej VV a pri maximálnom výkone o 5 °C väčšia. [3, 8]



Obr. 4-4 Výmenník kondenzačného kotla Protherm Panther Condens [8]

- **Doskový výmenník** slúži na ohrev TUV. Má veľmi kompaktné rozmery a vysoký výkon za cenu vyšších hydraulických strát. Preto je nutné použiť obehové čerpadlo s vyšším výkonom.
- **By-pass** je špeciálny ventil, ktorým sa upravuje prietok vody vo VS.
- **Trojcestný ventil** slúži na zmenu toku VV medzi doskovým výmenníkom pre ohrev TUV a VS.
- **Sifón** slúži na odvod kondenzátu a taktiež ako pachová zátka.
- **Čerpadlo** je v moderných kotloch viacstupňové, prípadne je plynulo regulovateľné. Slúži pre nútený obeh vody vo VS.
- **Expanzná nádobu** slúži na vyrovnávanie zmien objemu VV spôsobené zmenou jej teploty a na udržanie požadovaného pretlaku vo VS.
- **Snímače prietoku, teploty a tlaku** poskytujú dôležité údaje, ktoré sú spracovávané v riadiacej jednotke. Tá tieto údaje vyhodnocuje a podľa aktuálnej situácie optimalizuje správu funkciu celého systému.

## 4.2. Nízkoteplotný kotol

Konštrukcia nízkoteplotného resp. štandardného kotla je takmer totožná s konštrukciou kondenzačného kotla. Preto budem uvádzať popis len tých častí, ktoré sa líšia od kondenzačného kotla.

- **Horák** u nízkoteplotných kotlov býva väčšinou vyhotovený ako ejekční. Spaľovací vzduch sa nasáva do zmiešavača ejekčným účinkom zemného plynu. Zemný plyn s pretlakom vyteká z plynovej trysky a tým vytvára podtlak, ktorý nasáva spaľovací vzduch.
- **Odvod spalín** môže byť realizovaný spalínovým ventilátorom alebo klasickým komínom.
- **Výmenník VV** nemá tak vysokú antikoróznú ochranu.
- **Prerušovač ťahu** obsahujú komínové verzie kotlov. Slúži na zabránenie spätného prúdenia spalín do kotla, uľahčuje štart kotla pri nulovom ťahu komína a obmedzuje vplyv premenného ťahu komína na spaľovací proces. [9]

## 5. EKONOMICKÁ BILANCIA

V tejto kapitole sa zameriam na ekonomickú návratnosť cenového rozdielu medzi klasickým a kondenzačným plynovým kotlom v dvoch modelových domoch s výrazne odlišnou tepelnou stratou. Zvolené modelové domy sú extrémnymi prípadmi objektov, ktoré sa bežne vyskytujú v Českej republike. V tejto kapitole bude tiež opísaný vplyv klimatických pomerov na tepelné straty a zisky budovy a tiež závislosť účinnosti plynových kotlov od rozdielnych faktorov.

### 5.1. Klimatické pomery

Klimatické pomery zohľadňujú priemerný stav ovzdušia charakteristický pre dané lokality a závisia od zemepisnej šírky a dĺžky, nadmorskej výšky a od vzdialenosti od morí, resp. oceánov. [5]

#### 5.1.1. Teplota vzduchu

Denný priebeh teploty závisí od intenzity slnečného žiarenia a pripomína sínusoidu. Najnižšie teploty v priebehu dňa sú spravidla v ranných hodinách, tesne pred východom Slnka a najvyššie 1 až 3 hodiny po slnečnom poludní. Oblačnosť funguje ako izolant, ktorý zmierňuje kolísanie teplôt v priebehu dňa. Počas oblačných dní v lete sú teploty nižšie a menej kolísajú, v zime sú teploty vyššie a tiež menej kolísajú. Z denného priebehu teplôt sa určuje priemerná denná teplota a z priemerných denných teplôt sa určuje priemerná mesačná denná teplota. Ročný priebeh teplôt sa zvyčajne určuje z mesačných priemerných hodnôt. Je jasné, že tieto hodnoty sa budú pre každý mesiac líšiť, preto sa určuje priemerný priebeh mesačných teplôt za posledných 10, 20 a 30 rokov. [5]

Priemerné teploty sú tiež funkciou nadmorskej výšky. So stúpajúcou nadmorskou výškou, klesá priemerná mesačná teplota o 0,4 až 0,5 °C na každých 100 m nadmorskej výšky. V závislosti na nadmorskej výške sa konštruujú ročné krivky teplôt. Z týchto závislostí sa určuje pravdepodobná dĺžka vykurovacej sezóny. [5]

Teplota, pri ktorej sa začínajú vykurovať obytné stavby podľa ČSN 38 33 50, je keď priemerná denná teplota klesne tri dni za sebou pod 13 °C. Koniec vykurovacej sezóny je určený v druhom kalendárnom štvrtroku, keď priemerná denná teplota tri dni po sebe prekročí 13 °C. [5]

Výpočtová teplota pre návrh vykurovacích telies v ČR je hodnota najnižšieho dlhodobého päťdňového priemeru. Podľa normy ČSN 06 02 10 je rozdelené územie ČR na oblasti s výpočtovou teplotou -12, -15, -18 °C. [5]

Takéto údaje zabezpečia objektívne vstupné parametre pre výpočet tepelných strát objektov, s ktorými musí projektant počítať.

#### 5.1.2. Rýchlosť vetra

So zvyšujúcou sa rýchlosťou vetra sa zväčšuje prirodzená výmena vzduchu infiltráciou a tým aj tepelné straty. Studený vonkajší vzduch preniká netesnosťami a špárkami v oknách do budovy a tým ochladzuje vzduch vnútri budovy. Preto je veľmi dôležité pre zníženie tepelných strát čo najdokonalejšie utesnenie okien. [5]

#### 5.1.3. Slnečné žiarenie

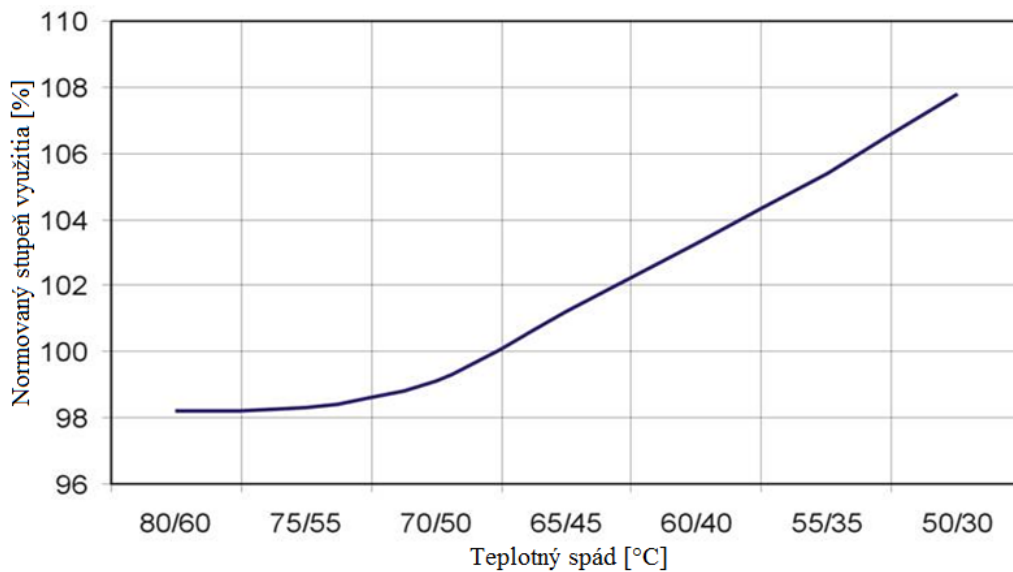
Vhodnou orientáciou a konštrukciou budovy je možná až 35 % - ná úspora energie potrebná pre vykurovanie. Budova sa orientuje na svetovú stranu, ktorá je najviac ovplyvnená slnečným žiarením. Táto strana budovy je konštruovaná s väčšou plochou okien, aby bol zisk slnečnej energie čo najväčší. [5]

## 5.2. Účinnosť plynových kotlov

Účinnosť kondenzačných kotlov je silnou funkciou teploty vstupnej VV a okamžitého vyťaženia kotla na rozdiel od nízkoteplotných kotlov. Nízkoteplotný kotol pracuje takmer s rovnakou účinnosťou pri teplote vstupnej VV 40 alebo 70 °C.

### 5.2.1. Účinnosť kondenzačného kotla v závislosti na teplotnom spáde

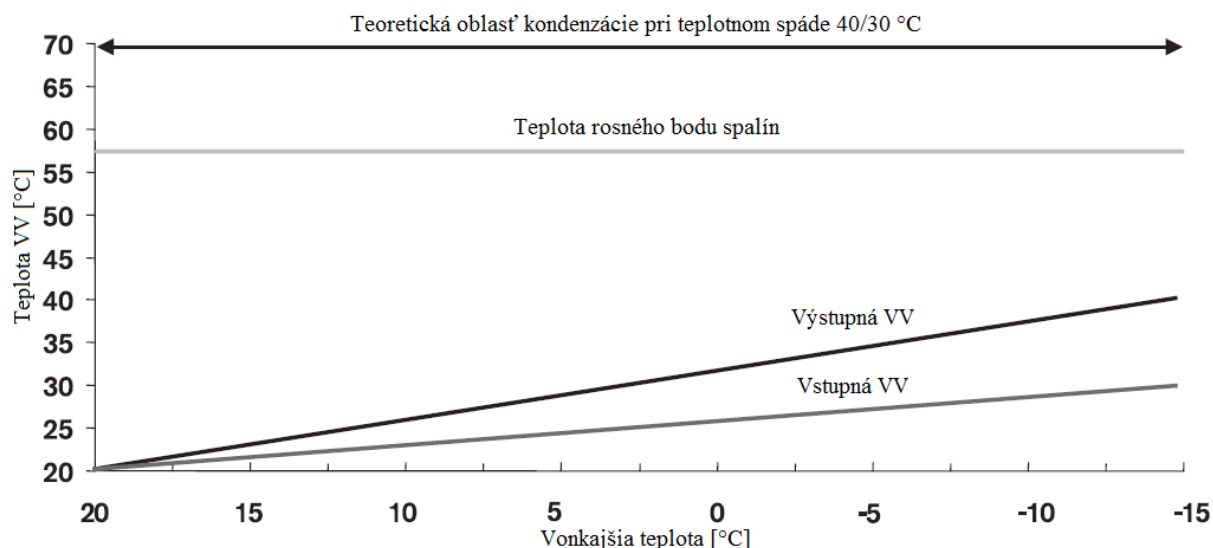
Účinnosť kondenzačného kotla závisí od teploty vstupnej VV. Čím nižšia teplota vstupnej VV, tým je vyššia účinnosť, pretože rozdiel teplôt medzi výmenníkom VV a spalinami je vyšší. Preto je dôležité projektovať VS na čo najnižší teplotný spád. Napríklad pre spojenie kondenzačného kotla spolu s podlahovou VS, pri teplotnom spáde vody 50/30 °C je možné dosiahnuť normovaného stupňa využitia až 108 %. Táto závislosť je znázornená na obr. 5-1. [1, 10]



Obr. 5-1 Závislosť normovaného stupňa využitia na teplotnom spáde VV plynového kondenzačného kotla Protherm LEV 30 KKZ [10]

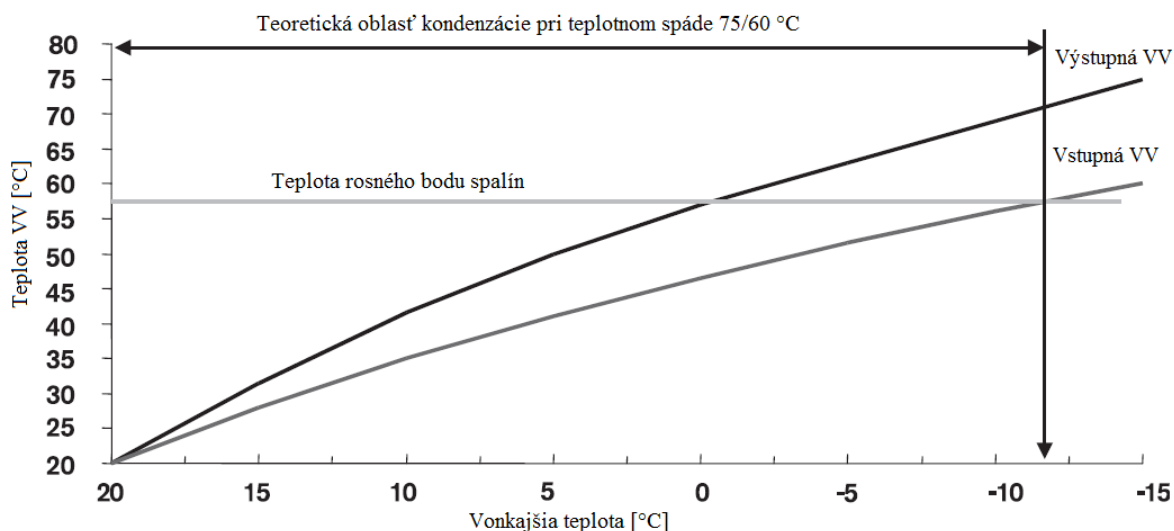
V nasledujúcich prípadoch je porovnaná účinnosť kondenzačného kotla v spojení s rôznymi VS

- **Vykurovacia sústava s teplotným spádom 40/30 °C** popripade 55/45 °C je najlepšou voľbou. Kotol pracuje celú vykurovaciu sezónu v kondenzačnom režime a dosahuje najvyššej účinnosti až 108 %. Toto projekčné riešenie si vyžaduje väčšie vykurovacie telesá s vyšším výkonom a plochou. Ideálne je podlahové vykurovanie. Pri klasickej VS je potrebné zväčšiť výkon vykurovacích telies až 4 krát v porovnaní s VS ktorá je dimenzovaná na teplotný spád 90/70 °C. Takéto projekčné riešenie sa väčšinou nepoužíva, pretože klasické vykurovacie telesá by mali veľké rozmery a znižovali by veľkosť obytnej plochy. Cenový rozdiel medzi podlahovým a klasickým VS pri tomto teplotnom spáde je zanedbateľný. [3]



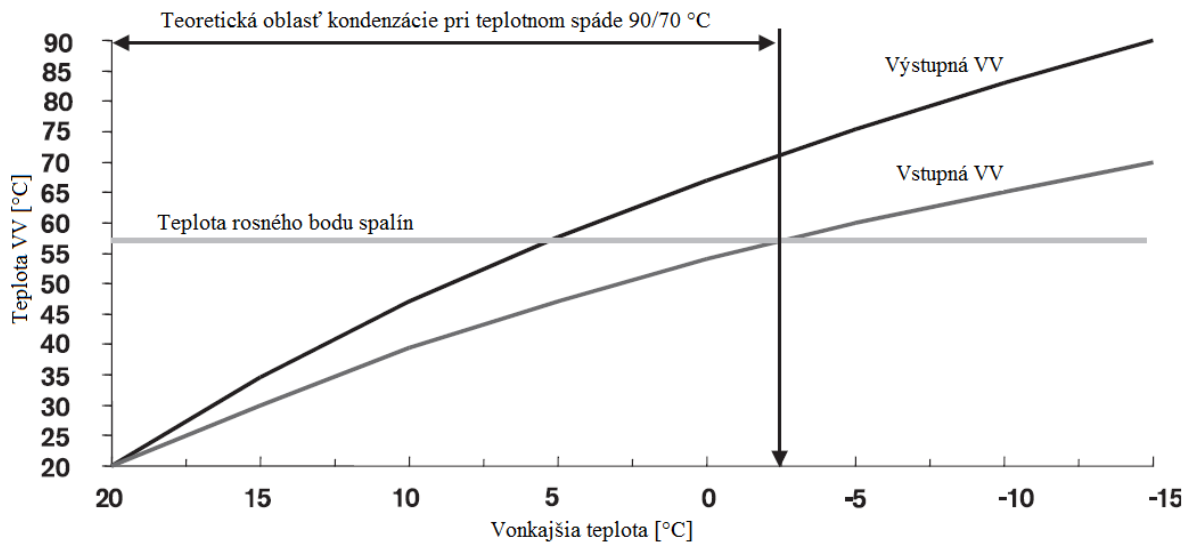
Obr. 5-2 Využitie kondenzačného režimu pri teplotnom spáde 40/30 °C [3]

- Vykurovacia sústava s teplotným spádom 75/60 °C.** Pri tomto projekčnom riešení je čiastočne obmedzená efektívnosť kondenzačnej techniky. V čase najnižších teplôt cez zimu kotol nepracuje v kondenzačnom režime a znižuje sa tak účinnosť. To znamená, že pri vonkajších teplotách menších ako -11 °C presiahne teplota vstupnej VV do kotla teplotu rosného bodu spalín a nebude dochádzať ku kondenzácii. Avšak dní s takýmto chladným počasím je vo vykurovacej sezóne pomerne málo a tak kotol pracuje skoro celú vykurovaciu sezónu v kondenzačnom režime. Takýto teplotný spád sa volí spravidla v spojení s klasickou VS, kedy je tepelný výkon vykurovacích telies približne 1,4 krát vyšší, ako pri teplotnom spáde 90/70 °C. [3]



Obr. 5-3 Využitie kondenzačného režimu pri teplotnom spáde 75/60 °C [3]

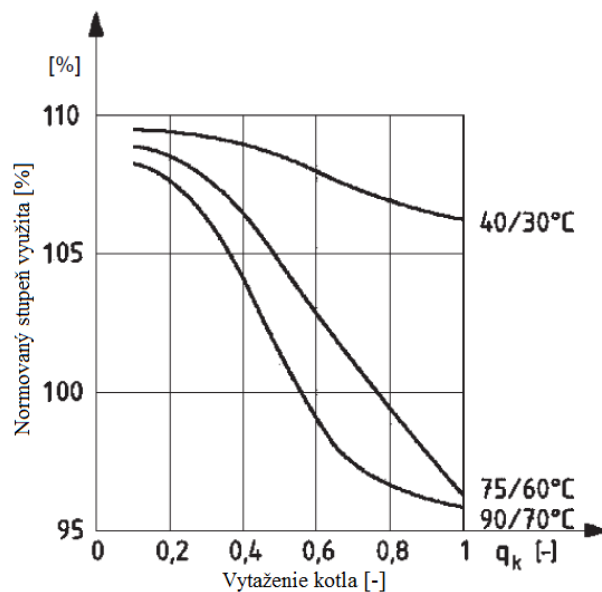
- **Vykurovací systém s teplotním spádem 90/70 °C** sa používala v dnes už zastaraných VS. Z obr. 5-4 je vidno, že kotol prestáva pracovať v kondenzačnom režime pri vonkajšej teplote okolo -2 °C. V chladnejších dňoch vykurovacej sezóny kotol pracuje s účinnosťou okolo 95 % a tým sa znižuje celková účinnosť kotla. [3]



Obr. 5-4 Využitie kondenzačného režimu pri teplotnom spáde 90/70 °C [3]

### 5.2.2. Účinnosť kondenzačného kotla v závislosti od jeho vyťaženia

Z obr. 5-5 je zrejmé, že účinnosť kondenzačného kotla sa zvyšuje s jeho klesajúcim vyťažením - pomerom aktuálneho výkonu ku výkonu menovitému, preto je dôležité navrhovať zdroj tepla s väčšou výkonovou rezervou. Nevýhodou môže byť vyššia cena výkonnejšieho kotla, avšak trh kotlov je tak pestrý, že cenové rozdiely nie sú až tak výrazné.



Obr. 5-5 Závislosť normovaného stupňa využitia kondenzačného kotla od jeho vyťaženia [3]

### **5.3. Ekonomické porovnanie inštalácie nízkotepného a kondenzačného plynového kotla pri rekonštrukcii staršieho rodinného domu**

V tejto kapitole sa zameriam na starší rodinný dom s veľkou tepelnou stratou, ktorý budem nazývať modelový dom č. 1. V tomto dome je nainštalovaný kotol na tuhé palivá. Pri modernizácii VS sa obmedzím iba na výmenu kotla na tuhé palivá za nízkotepný a kondenzačný plynový kotol.

#### **5.3.1. Popis modelového domu č. 1**

Jedná sa o starší rodinný dom postavený v roku 1989 a pôdorysom 13\*11,5 m. Dom sa nachádza v Častkove, v západnej časti Slovenska približne 20 km od Hodonína. Dom je samostatne stojaci v nadmorskej výške 270 m n.m. Obvodové steny sú postavené z bieleho kvádra o hrúbke 300 mm. Dom je v pôvodnom stave bez zateplenia a výmeny okien. Skladá sa zo suterénu, prízemí a prvého podlažia. V suteréne sa nachádzajú neobytné miestnosti, z ktorých sa vykuruje len garáž s dielňou. Prízemie je tvorené obytnou časťou, ktoré je vykurované. Na 1. poschodí sa nachádzajú na polovici plochy pôdorysu obytné miestnosti, ktoré sú vykurované.



*Obr. 5-6 Modelový dom č. 1*

Ako zdroj tepla pre vykurovaciu vodu slúži päťčlánkový kotol na tuhé palivá VIADRUS U22 s menovitým výkonom 29,1 kW vyrobený v roku 1988. Ohrev TUV je realizovaný elektrickým vodorovným ohrievačom vody OKCV 160. VS je tvorená liatinovými článkovými vykurovacími telesami.



Obr. 5-7 Kotel na tuhé palivá VIADRUS U22

### 5.3.2. Výpočet tepelnej straty modelového domu č. 1

Ako palivo pre vykurovanie sa používa dubové drevo, ktoré býva 2 až 3 roky sušené pod strechou pri vonkajšej teplote. Priemerné množstvo spotrebovaného paliva za vykurovaciu sezónu  $m_1 = 13000$  kg.

Výhrevnosť 1 kg dubového dreva pri objemovej vlhkosti 25 %  $Q_{r1}^i = 13,2$  MJ/kg. [11]

Množstvo spotrebovanej energie  $Q_1$  za vykurovaciu sezónu.

$$Q_1 = Q_{r1}^i * m_1 = 13,2 * 13000 = 171600 \text{ MJ} \quad (3)$$

Množstvo spotrebovanej energie  $Q_1^*$ , ktorá sa využije na ohrev vykurovacej vody za vykurovaciu sezónu. Účinnosť kotla na tuhé palivá VIADRUS U22 uvažujem  $\eta_1 = 71$  %.

$$Q_1^* = Q_1 * \eta_1 = 171600 * 0,71 = 121836 \text{ MJ} \quad (4)$$

Tepelná strata objektu  $Q_{c1} = 14$  kW je určená pomocou online programu Potreba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody, ktorý je dostupný na stránke tzb-info.cz. Modelový dom č. 1 sa nachádza v blízkosti Hodonína, preto som ho použil ako referenčné miesto pre výpočet. Určenie tepelnej straty  $Q_{c1}$  nie je náplňou tejto práce, preto som ju určil orientačne pomocou tohto programu. [12]

Lokalita (Tabulka)		<input type="radio"/> $t_{em} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ <input checked="" type="radio"/> $t_{em} = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ <input type="radio"/> $t_{em} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ???	
Město	Hodonín	Délka topného období	$d = 215$ [dny]
Venkovní výpočtová teplota $t_e = -12$ $^{\circ}\text{C}$		Prům. teplota během otopného období $t_{es} = 4.2$ $^{\circ}\text{C}$	
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Vytápění</b> Tepelná ztráta objektu $Q_C = 14$ kW Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = 20$ $^{\circ}\text{C}$ ??? Vytápěcí denostupně $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3397$ K.dny Opravné součinitele a účinnosti systému $e_i = 0.9$ ??? $\eta_o = 0.90$ ??? $e_t = 0.90$ ??? $\eta_r = 0.95$ ??? $e_d = 1.00$ ??? Opravný součinitel $\varepsilon$ ??? <input checked="" type="radio"/> $\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.81$ <input type="radio"/> $\varepsilon = 0.765$ $Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ $Q_{VYT,r} = \left( \begin{array}{l} 121.6 \text{ GJ/rok} \\ 33.8 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$ <b>Náklady</b>		<input type="checkbox"/> <b>Ohřev teplé vody</b> $t_1 = -$ $^{\circ}\text{C}$ ??? $\rho = -$ $\text{kg/m}^3$ ??? $t_2 = -$ $^{\circ}\text{C}$ ??? $c = -$ $\text{J/kgK}$ ??? $V_{2p} = -$ $\text{m}^3/\text{den}$ ??? Koeficient energetických ztrát systému $z = -$ ??? Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25.7$ kWh Teplota studené vody v létě $t_{svl} = -$ $^{\circ}\text{C}$ Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = -$ $^{\circ}\text{C}$ Počet pracovních dní soustavy v roce $N = -$ [dny] $Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$ $Q_{TUV,r} = \left( \begin{array}{l} 0 \text{ GJ/rok} \\ 0 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$ <b>Náklady</b>	
<b>Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody</b> $Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left( \begin{array}{l} 121.6 \text{ GJ/rok} \\ 33.8 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$ <b>Náklady</b>			

Obr. 5-8 Určení tepelných strát pomocí programu Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody [12]

### 5.3.3. Inštalácia nízko-teplotného plynového kotla

Pre objektivnosť porovnania budem voliť kotly z tej istej modelovej rady od rovnakého výrobcu Protherm. Kotly od firmy Protherm sa vyznačujú priaznivou cenou pre zákazníka pri zachovaní vysokej kvality, účinnosti a spoľahlivosti ich výrobkov. Majú jeden z najlepších pomerov cena / úžitková hodnota, rozsiahlu predajnú aj servisnú sieť a vynikajúcu dostupnosť náhradných dielov.

Ako nízko-teplotný plynový kotol volím Protherm Panther 25 KTV s prietokovým ohrevom TUV. Tento kotol má regulovateľný výkon 8,9 až 24,6 kW a účinnosť  $\eta_2 = 92\%$ . Predajná cena kotla je  $C_{kotel2} = 990$  € s DPH. [13, 14]

Množstvo energie  $Q_2$  spotrebovanej nízko-teplotným kotlom za vykurovaciu sezónu.

$$Q_2 = \frac{Q_1^*}{\eta_2} = \frac{121836}{0,92} = 132430 \text{ MJ} \quad (5)$$

Množstvo energie  $Q_2$  vyjadrené v  $m^3$  zemného plynu.

$$V_2 = \frac{Q_2}{Q_r^i} = \frac{132430}{34,1} = 3884 \text{ m}^3 \quad (6)$$

Ako dodávateľa zemného do lokality, v ktorej sa nachádza modelový dom č. 1 volím Slovenský plynárenský priemysel, a.s.. Cena za  $1 \text{ m}^3$  plynu v tarife D3 (predpokladaný odber  $1700$  až  $6500 \text{ m}^3$ )  $C_{\text{plynD3}} = 0,49 \text{ €/m}^3$ . [15]

Cena energie  $Q_2$ .

$$C_{\text{energia2}} = V_2 * C_{\text{plynD3}} = 3884 * 0,49 = 1903 \text{ €} \quad (7)$$

#### 5.3.4. Inštalácia kondenzačného plynového kotla

Pre objektivnosť porovnania volím kondenzačný kotol tej istej modelovej rady od rovnakého výrobcu Protherm Panther Condens 25 KKV s prietokovým ohrevom TUV. Tento kotol má výkonový rozsah  $4,9$  až  $19,6 \text{ kW}$  a účinnosť  $97,7 \%$  pri teplotnom spáde  $80/60 \text{ °C}$ . Pri teplotnom spáde  $50/30 \text{ °C}$  má kotol výkon  $5,4$  až  $19,6 \text{ kW}$  a normovaný stupeň využitia je  $106,2 \%$ . Cena kotla  $C_{\text{kotol3}} = 1300 \text{ €}$  s DPH. [14, 16]

Normovaný stupeň využitia pre tento kotol v spojení s klasickou VS v modelovom dome č. 1 volím  $\eta_3 = 104 \%$ , s ohľadom na kapitolu 5.2.1. a značne predimenzovaný výkon vykurovacích telies v modelovom dome č. 1. Pre objasnenie, pri vonkajších teplotách  $-10 \text{ °C}$ , postačuje teplotný spád  $70/50 \text{ °C}$  pre dosiahnutie tepelnej pohody. Z toho vyplýva, že kotol bude väčšinu dní počas vykurovacej sezóny pracovať v kondenzačnom režime. Preto som zvolil normovaný stupeň využitia tak vysoký aj pre klasickú VS.

Množstvo energie  $Q_3$  spotrebovanej kondenzačným kotlom za vykurovaciu sezónu.

$$Q_3 = \frac{Q_1^*}{\eta_3} = \frac{121836}{1,04} = 117150 \text{ MJ} \quad (8)$$

Množstvo energie  $Q_3$  vyjadrené v  $m^3$  zemného plynu.

$$V_3 = \frac{Q_3}{Q_r^i} = \frac{117150}{34,1} = 3435 \text{ m}^3 \quad (9)$$

Cena energie  $Q_3$ .

$$C_{\text{energia3}} = V_3 * C_{\text{plynD3}} = 3435 * 0,49 = 1683 \text{ €} \quad (10)$$

#### 5.3.5. Porovnanie ekonomickej návratnosti kotlov z kapitoly 5.3.3. a 5.3.4.

Množstvo energie  $Q_{\text{úspor1}}$  uspokojenej kondenzačným kotlom za jednu vykurovaciu sezónu.

$$Q_{\text{úspor1}} = Q_2 - Q_3 = 132430 - 117150 = 15280 \text{ MJ} \quad (11)$$

Množstvo uspokojenej energie  $Q_{\text{úspor1}}$  v  $m^3$  zemného plynu.

$$V_{\text{úspor1}} = \frac{Q_{\text{úspor1}}}{Q_r^i} = \frac{15280}{34,1} = 449 \text{ m}^3 \quad (12)$$

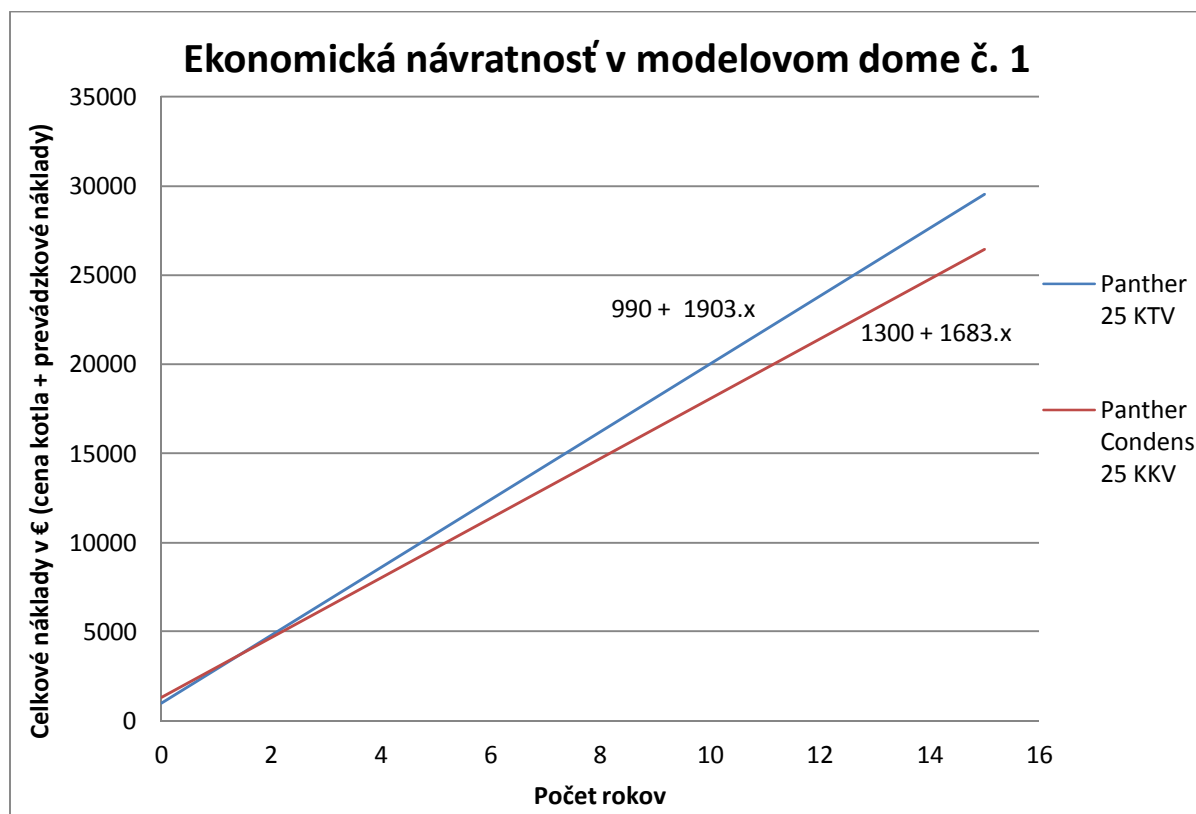
Množstvo uspokojenej energie  $Q_{\text{úspor1}}$  v €.

$$C_{\text{úspor1}} = V_{\text{úspor1}} * C_{\text{plynD3}} = 449 * 0,49 = 220 \text{ €} \quad (13)$$

Ekonomická návratnosť investície v rokoch.

$$F_1 = \frac{C_{kotel3} - C_{kotel2}}{C_{úspor1}} = \frac{1300 - 990}{220} = 1,4 \text{ roka (14)}$$

Ekonomická návratnosť investície v modelovom dome č. 1 je 1,4 roka, resp. vykurovacej sezóny, čo predstavuje približne 1/11 z predpokladanej 15 ročnej životnosti plynových kotlov. Pri budovách s veľkou tepelnou stratou je návratnosť cenového rozdielu medzi nízkoteplotným a kondenzačným kotlom relatívne krátka. Tento fakt je spôsobený vysokou tepelnou stratou budovy a nízkym rozdielom ceny nízkoteplotného a kondenzačného kotla. Trh plynových kotlov je v dnešnej dobe tak pestrý, že cenové rozdiely medzi nízkoteplotnými a kondenzačnými kotlami sa postupne zmenšujú.



Obr. 5-9 Graf ekonomickej návratnosti v modelovom dome č. 1

#### 5.4. Ekonomické porovnanie inštalácie rôznych typov kotlov pri novostavbe

Ako modelový dom č. 2 volím projekt domu Logick od firmy AtrixMedia s.r.o., ktorý bude situovaný v tej istej lokalite ako modelový dom č. 1. Jedná sa jednopodlažný dom typu bungalov s celkovou úžitkovou plochou 140 m<sup>2</sup>. [17]

Predpokladaná spotreba energie za rok udávaná výrobcom je 93 kWh/m<sup>2</sup> a energia potrebná na ohrev VV za jednu vykurovaciu sezónu  $Q_2^* = 46000$  MJ. Podobným spôsobom, ako pri modelovom dome č. 1 som určil tepelnú stratu pomocou online programu Potreba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody, ktorý je dostupný na stránke tzb-info.cz. Tepelná strata modelového domu č. 2  $Q_{c2} = 6$  kW.



Obr. 5-10 Modelový dom č. 2 [17]

#### 5.4.1. Inštalácia kondenzačného kotla s podlahovou vykurovacou sústavou

Pre dosiahnutie čo najvyššej účinnosti kondenzačného kotla volím plynový kondenzačný kotol s podlahovou VS projektovanou na teplotný spád 40/30 °C.

Kondenzačný kotol volím Protherm Panther Condens 12 KKO + B60Z s ohrevom TUV v externom 58 litrovom zásobníku. Tento kotol má výkonový rozsah 4,4 až 13,2 kW a normovaný stupeň využitia 107,6 % pri teplotnom spáde 50/30 °C. Pri teplotnom spáde 40/30 °C a 30 % výkone kotla má normovaný stupeň využitia 109,5 %. Cena kotla je  $C_{\text{kotol3}} = C_{\text{kotol4}} = 1630 \text{ €}$  s DPH. [14, 18]

Výkon tohto kotla 4,4 až 13,2 kW sa môže zdať predimenzovaný pre modelový dom č. 1 s tepelnou stratou 6 kW. Avšak pre dosiahnutie čo najvyššieho normovaného stupňa využitia je potrebné, aby kotol pracoval v čo najnižšom výkone, vid'. kapitola 5.2.2.. V spojení s podlahovou VS s teplotným spádom 40/30 °C bude zaručené, že kotol bude pracovať celú vykurovaciu sezónu v kondenzačnom režime. Jeho normovaný stupeň využitia predpokladám  $\eta_4 = 108 \%$ .

Množstvo energie  $Q_4$  spotrebovanej kondenzačným kotlom s podlahovou VS projektovanou na teplotný spád 40/30 °C za vykurovaciu sezónu.

$$Q_4 = \frac{Q_2^*}{\eta_4} = \frac{46000}{1,08} = 42593 \text{ MJ} \quad (15)$$

Množstvo energie  $Q_4$  vyjadrené v  $\text{m}^3$  zemného plynu.

$$V_4 = \frac{Q_4}{Q_r^i} = \frac{42593}{34,1} = 1249 \text{ m}^3 \quad (16)$$

Cena za 1  $\text{m}^3$  plynu v tarife D2 ( predpokladaný odber 200 až 1700  $\text{m}^3$ ) je  $k C_{\text{plynD2}} = 0,51 \text{ €/m}^3$ . [15] Cena energie  $Q_4$ .

$$C_{\text{energia4}} = V_4 * C_{\text{plynD2}} = 1249 * 0,51 = 637 \text{ €} \quad (17)$$

#### 5.4.2. Inštalácia kondenzačného kotla s klasickou vykurovacou sústavou

Ako druhú variantu volím spojenie kondenzačného kotla s klasickou VS projektovanou na teplotný spád 55/35 °C.

Kondenzačný kotol volím taký istý ako v predchádzajúcej kapitole 5.4.1.. Dostatočne nízka teplota vstupnej VV zaručí, že kotol bude pracovať celú vykurovaciu sezónu v kondenzačnom režime. Normovaný stupeň využitia tejto varianty predpokladám  $\eta_5 = 106\%$ .

Množstvo energie  $Q_5$  spotrebovanej kondenzačným kotlom s klasickou VS projektovanou na teplotný spád 55/35 °C za vykurovaciu sezónu.

$$Q_5 = \frac{Q_2^*}{\eta_5} = \frac{46000}{1,06} = 43396 \text{ MJ} \quad (18)$$

Množstvo energie  $Q_5$  vyjadrené v  $m^3$  zemného plynu.

$$V_5 = \frac{Q_5}{Q_r^i} = \frac{43396}{34,1} = 1273 \text{ m}^3 \quad (19)$$

Cena energie  $Q_5$ .

$$C_{energia5} = V_5 * c_{plynD2} = 1273 * 0,51 = 649 \text{ €} \quad (20)$$

Rozdiel v spotrebe energie za vykurovaciu sezónu medzi kondenzačným kotlom s klasickou a podlahovou VS je zanedbateľný. Po konzultácii s viacerými predajcami vykurovacej techniky na výstave Aquatherm 2014 v Nitre, som dospel k záveru, že kondenzačný kotol pracuje najúčinnšie v spojení s podlahovou VS. Orientačné cenové ponuky, ktoré boli vytvorené pre modelový dom č. 2 pre kondenzačný kotol s klasickou a podlahovou VS sú porovnateľné, avšak pri tak nízkom teplotnom spáde 55/35 °C u klasických vykurovacích telies, je potrebný vysoký výkon týchto telies. Vykurovacie telesá by mali až 3 krát väčšie rozmery v porovnaní s vykurovacími telesami dimenzovanými na teplotný spád 90/70 °C, ktoré by zbytočne zmenšovali obytný priestor. Tento fakt je názorne vidieť na obr. 5-11. Takéto riešenie je v dnešnej dobe, kedy sa stále viac šetrí miestom neefektívne. Týmto chcem poukázať nato, že kondenzačný kotol je najvýhodnejšie voliť s podlahovým vykurovaním, preto nebudem túto variantu ďalej uvažovať vo výpočte ekonomickej návratnosti.

Stredná teplota VV	Tepelný výkon vykurovacieho telesa dimenzovaného na teplotný spád	Potrebné zväčšenie výkonu vykurovacieho telesa pri kondenzačnom režime
	90/70 °C	
40 °C	24 %	4,0 - násobok
45 °C	32 %	3,0 - násobok
50 °C	40 %	2,5 - násobok
55 °C	49 %	2,0 - násobok
60 °C	50 %	1,7 - násobok
65 °C	69 %	1,5 - násobok
70 °C	79 %	1,3 - násobok
75 °C	89 %	1,1 - násobok
80 °C	100 %	1,0 - násobok

Obr. 5-11 Potrebné zväčšenie výkonu vykurovacieho telesa pri rôznych stredných teplotách VV oproti tepelnému výkonu vykurovacieho telesa dimenzovaného na teplotný spád 90/70 °C [3]

### 5.4.3. Inštalácia nízko-teplotného kotla s klasickou vykurovacou sústavou

Ako tretiu variantu volím nízko-teplotný kotol v spojení s klasickou VS projektovanou na teplotný spád 75/60 °C. Ako nízko-teplotný kotol volím Protherm Panther 12 KTO + B60Z s ohrevom TUV v externom 58 litrovom zásobníku. Tento kotol má regulovateľný výkon 3,5 až 12,6 kW a účinnosť  $\eta_6 = 92\%$ . Predajná cena tohto kotla  $C_{kotel6} = 1380$  € s DPH. [14, 19]

Množstvo energie  $Q_6$  spotrebovanej nízko-teplotným kotlom s klasickou VS projektovanou na teplotný spád 75/60 °C za vykurovaciu sezónu.

$$Q_6 = \frac{Q_2^*}{\eta_6} = \frac{46000}{0,92} = 50000 \text{ MJ} \quad (21)$$

Množstvo energie  $Q_6$  vyjadrené v  $m^3$  zemného plynu.

$$V_6 = \frac{Q_6}{Q_r^i} = \frac{50000}{34,1} = 1466 \text{ m}^3 \quad (22)$$

Cena energie  $Q_6$ .

$$C_{energia6} = V_6 * C_{plynD2} = 1466 * 0,51 = 748 \text{ €} \quad (23)$$

### 5.4.4. Ekonomické porovnanie rôznych inštalácií v modelovom dome č. 2

Pri ekonomickom porovnaní v modelovom dome č. 2 budem porovnávať plynový kondenzačný kotol s podlahovou VS projektovanou na teplotný spád 40/30 °C z kapitoly 5.4.1. a nízko-teplotný kotol v spojení s klasickou VS projektovanou na teplotný spád 75/60 °C z kapitoly 5.4.3.. Výber spočíval v porovnaní dvoch krajných prípadov. Na jednej strane úsporný a drahší kondenzačný kotol s drahšou podlahovou VS. Táto kombinácia poskytuje najnižšie prevádzkové náklady, avšak vstupné náklady tohto systému sú najvyššie. Na druhej strane menej úsporný a lacný nízko-teplotný kotol s lacnou klasickou VS. Táto kombinácia je charakteristická nízkymi vstupnými nákladmi, avšak prevádzkové náklady sú vyššie.

Množstvo energie  $Q_{úspor2}$  usporenej kondenzačným kotlom s podlahovou VS z kapitoly 5.4.1. oproti nízko-teplotnému kotlu s klasickou VS z kapitoly 5.4.3. za jednu vykurovaciu sezónu.

$$Q_{úspor2} = Q_6 - Q_4 = 50000 - 42593 = 7407 \text{ MJ} \quad (24)$$

Množstvo usporenej energie  $Q_{úspor2}$  v  $m^3$  zemného plynu za vykurovaciu sezónu.

$$V_{úspor2} = \frac{Q_{úspor2}}{Q_r^i} = \frac{7407}{34,1} = 217 \text{ m}^3 \quad (25)$$

Množstvo usporenej energie  $Q_{úspor2}$  v €.

$$C_{úspor2} = V_{úspor2} * C_{plynD2} = 217 * 0,51 = 111 \text{ €} \quad (26)$$

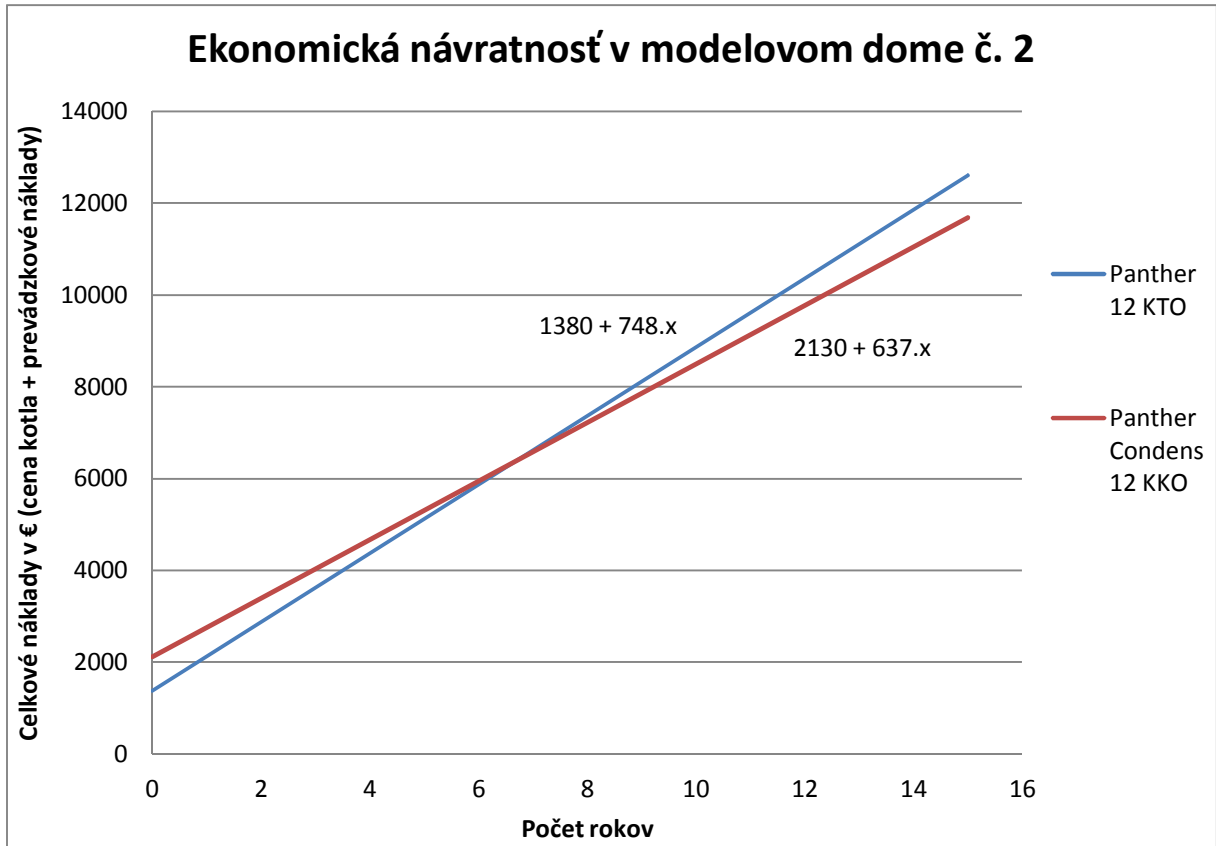
Predpokladaný cenový rozdiel  $C_{vyk.sús}$  podlahovej VS projektovanej na teplotný spád 40/30 °C a klasickej VS projektovanej na teplotný spád 75/60 °C v modelovom dome č. 2 odhadnutej predajcami vykurovacej techniky na výstave Aquatherm 2014 v Nitre.

$$C_{vyk.sús} = 500 \text{ €}$$

Ekonomická návratnosť investície v rokoch.

$$F_2 = \frac{C_{kotel4} - C_{kotel6} + C_{vyk.sús}}{C_{úspor2}} = \frac{1630 - 1380 + 500}{111} = 6,8 \text{ rokov} \quad (27)$$

Ekonomickú návratnosť investície v modelovom dome č. 2 môžeme uvažovať približne v polovici životnosti plynového kotla a je približne 5 krát dlhšia ako pri modelovom dome č. 1. Táto skutočnosť je spôsobená nízkou tepelnou stratou modelového domu č. 2.



Obr. 5-12 Graf ekonomickej návratnosti v modelovom dome č. 2

## 6. ZÁVER

Prvá časť tejto práce obsahuje teoretický súhrn poznatkov o plynových kotloch. Plynové kotly sú rozdelené podľa ich charakteristických vlastností a opísané ich hlavné výhody a nevýhody. U dvoch hlavných typov plynových kotlov sú opísané ich hlavné časti. V tejto časti sa tiež nachádza popis a charakteristika zemného plynu ako paliva vhodného pre vykurovanie rodinných domov.

Plyn ako palivo je pre konečného spotrebiteľa veľmi výhodný. Pri využití kondenzačného kotla v spojení s podlahovou VS je možné dosiahnuť vysokého normovaného stupňa využitia až 109 %, pri zachovaní nízkych emisií, komfortnej obsluhy a plnej automatizácii kotla. Jeho hlavným konkurentom môže byť elektrická energia, avšak náklady na vykurovanie elektrickou energiou sú neporovnateľne vyššie. Oproti tuhým palivám má zemný plyn výhodu vo vyššej účinnosti spaľovania a plnej automatizácii, avšak cena plyného paliva je vyššia. Ceny zostáv tepelných zdrojov, ktoré využívajú obnoviteľné zdroje energie ako je napríklad fotovoltaika a tepelné čerpadlá, sú pre väčšinu obyvateľstva cenovo nedostupné, kvôli vysokým vstupným nákladom, preto využíva väčšina domácností na vykurovanie zemný plyn.

V druhej časti sa nachádza ekonomické porovnanie inštalácie nízkoteplotného a kondenzačného kotla v dvoch rôznych modelových domov. Hlavným rozdielom týchto dvoch modelových domov je veľkosť ich tepelnej straty. Na jednej strane starší rodinný dom s veľkou tepelnou stratou, kde väčšinou prichádza do úvahy zmena stávajúceho zdroja tepla. Na druhej strane novostavba, kde máme voľnú ruku pri výbere zdroja tepla aj vykurovacej sústavy.

U modelového domu č. 1 s tepelnou stratou 14 kW som uvažoval iba výmenu pôvodného kotla na tuhé palivá za nízkoteplotný alebo kondenzačný plynový kotol. Ekonomická návratnosť investície do drahšieho, ale úspornejšieho kondenzačného kotla bola stanovená výpočtom na 1,4 roka, čo predstavuje asi 1/11 času z jeho predpokladanej životnosti. Pri rodinných domoch s relatívne veľkou tepelnou stratou ako je modelový dom č. 1, sú náklady na vykurovanie obrovské. Z toho vyplýva, že aj návratnosť investície do kondenzačného kotla bude rýchlejšia.

Pri modelovom dome č. 2 s tepelnou stratou 6 kW je situácia úplne odlišná. Uvažoval som dva extrémne prípady vykurovacích systémov. Na jednej strane drahší, ale úsporný kondenzačný kotol v spojení s drahšou podlahovou VS. Toto riešenie je charakteristické najvyššími vstupnými nákladmi, ale prevádzkové náklady sú najnižšie. Na druhej strane lacnejší ale menej úsporný nízkoteplotný kotol v spojení s lacnejšou klasickou VS projektovanou na teplotný spád 75/60 °C. Toto riešenie predstavuje finančne najmenej náročný vykurovací systém, čo sa týka vstupných nákladov, avšak prevádzkové náklady sú najvyššie. Ekonomická návratnosť investície do drahšieho vykurovacieho systému bola stanovená výpočtom na 6,8 rokov, čo predstavuje približne polovicu predpokladanej životnosti kotla. Všetky výpočty boli uvádzané pri súčasných cenách zemného plynu. Vývoj cien zemného plynu môžu ovplyvniť nové náleziská bridlicového plynu a tým aj odchýlku výpočtu od skutočnosti.

Z výpočtov vyplýva, že čím má budova menšie tepelné straty, tým je dlhšia finančná návratnosť investície do kondenzačného kotla. Pri budovách s tepelnými stratami menšími ako je tepelná strata modelového domu č. 2, môže dôjsť k situácii, že návratnosť investície bude za hranicou predpokladanej životnosti daného kotla, preto je nutné zvážiť investíciu do takéhoto kotla. Na druhej strane je zase otázka, či má zmysel do energeticky úsporného domu s tak nízkou tepelnou stratou kupovať štandardný kotol, keď sa v dnešnej dobe tak sústreďujeme na zvyšovanie účinnosti a znižovanie emisií.

## 7. ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] BALÁŠ, M. *Kotle a výměníky tepla*. 1. vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2009. ISBN 978-80-214-3955-9.
- [2] SPP. *O Zemnom plyne: Základné informácie* [online]. [cit 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.spp.sk/sk/domacnosti/plyn/pre-domacnosti/o-zemnom-plyne/zakladne-informacie/>
- [3] JUNKERS. *Teoretické základy kondenzační techniky* [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: [http://junkers-cz.resource.bosch.com/media/ttcz/dokumentace/projek\\_n\\_podklady/plynov\\_konden za\\_n\\_kotle/teorie-01-2005.pdf](http://junkers-cz.resource.bosch.com/media/ttcz/dokumentace/projek_n_podklady/plynov_konden za_n_kotle/teorie-01-2005.pdf)
- [4] TZB-info. *Bezpečné instalace plynových kotlů v bytech* [online]. 2001-12-12 [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/804-bezpecne-instalace-plynovych-kotlu-v-bytech>
- [5] BROŽ, K. *Vytápění*. 2. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-01-02536-5.
- [6] Vaillant Group Slovakia. *Závesné plynové kotly Gepard, Panther*. Interný materiál.
- [7] Protherm. *Návod na obsluhu Panther* [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: [http://www.protherm.sk/stepone/data/downloads\\_sd/2d/00/00/navod-na-obsluhu-panther.pdf](http://www.protherm.sk/stepone/data/downloads_sd/2d/00/00/navod-na-obsluhu-panther.pdf)
- [8] Vaillant Group Slovakia. *Kondenzačné plynové kotly Panther Condens*. Interný materiál.
- [9] VALENTA, A. *Konstrukce přerušovačů tahu* [online]. [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.tlakinfo.cz/t.py?t=2&i=1055>
- [10] Vaillant Group Slovakia. *Kondezačný kotol LEV 30KKZ*. Interný materiál.
- [11] NOVÁK, A. *Výhřevnosti a měrné jednotky palivového dřeva* [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/12-vyhrevnosti-a-merne-jednotky-palivoveho-dreva>
- [12] REINBERK, Z. *Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody* [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [13] Protherm. *Panther* [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.protherm.sk/produkty/plynove-kotly/nekondenzane-kotly/zavesne-1/panther-priprava-teplej-vody-prietokovym-sposobom/>
- [14] Protherm. *Cenník výrobkov* [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: [http://www.protherm.sk/stepone/data/downloads\\_sd/03/01/00/cennik-november-2013.pdf](http://www.protherm.sk/stepone/data/downloads_sd/03/01/00/cennik-november-2013.pdf)
- [15] SPP. *Tarifý a ceny: Ceny za dodávku plynu podľa jednotlivých taríf* [online]. [cit 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.spp.sk/sk/domacnosti/plyn/pre-domacnosti/tarifý-a-ceny/>
- [16] Protherm. *Panther Condens KKV* [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.protherm.sk/produkty/plynove-kotly/kondenzane-kotly/zavesne/panther-condens-priprava-teplej-vody-prietokovym-sposobom/>
- [17] PROJEKTYDOMOV. *Projekt domu Logick* [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.projektydomov.com/projekty/030-logick/>

- [18] Protherm. *Zostava Panther Condens* [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.protherm.sk/produkty/plynove-kotly/kondenzane-kotly/zostavy/zostava-panther-condens-12-kko-und-b-60-z-bocna/>
- [19] Protherm. *Zostava Panther* [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.protherm.sk/produkty/plynove-kotly/nekondenzane-kotly/zostavy-1/zostava-panther-bocna-1/>

# ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

## SKRATKY

TUV	Teplá úžitková voda
VS	Vykurovacia sústava
VV	Vykurovacia voda

## SYMBOLY

$C_{energia2}$	[€]	Cena energie $Q_2$
$C_{energia3}$	[€]	Cena energie $Q_3$
$C_{energia4}$	[€]	Cena energie $Q_4$
$C_{energia5}$	[€]	Cena energie $Q_5$
$C_{energia6}$	[€]	Cena energie $Q_6$
$C_{kotol2}$	[€]	Predajná cena kotla Protherm Panther 25 KTV
$C_{kotol3}$	[€]	Predajná cena kotla Protherm Panther Condens 25 KKV
$C_{kotol4}$	[€]	Predajná cena kotla Protherm Panther Condens 12 KKO + B60Z
$C_{kotol6}$	[€]	Predajná cena kotla Protherm Panther 12 KTO + B60Z
$C_{plynD2}$	[€]	Cena 1 m <sup>3</sup> zemného plynu v tarife D2
$C_{plynD3}$	[€]	Cena 1 m <sup>3</sup> zemného plynu v tarife D3
$C_{úspor1}$	[€]	Cena usporenej energie $Q_{úspor1}$
$C_{úspor2}$	[€]	Cena usporenej energie $Q_{úspor2}$
$C_{vyksús.}$	[€]	Predpokladaný cenový rozdiel podlahovej VS projektovanej na teplotný spád 40/30 °C a klasickej VS projektovanej na teplotný spád 75/60 °C v modelovom dome č. 2
$F_1$	[rok]	Ekonomická návratnosť investície v modelovom dome č. 1
$F_2$	[rok]	Ekonomická návratnosť investície v modelovom dome č. 2
$m_1$	[kg]	Priemerné množstvo spotrebovaného paliva za vykurovaciú sezónu v modelovom dome č. 1
$\eta_1$	[-]	Účinnosť kotla na tuhé palivá VIADRUS U22
$\eta_2$	[-]	Účinnosť nízkotepelného plynového kotla Protherm Panther 25 KTV
$\eta_3$	[-]	Predpokladaný normovaný stupeň využitia kondenzačného kotla Protherm Panther Condens 25 KKV v modelovom dome č. 1
$\eta_4$	[-]	Predpokladaný normovaný stupeň využitia kondenzačného kotla Protherm Panther Condens 12 KKO + B60Z v modelovom dome č. 2 v spojení s podlahovou VS

$\eta_5$	[-]	Predpokladaný normovaný stupeň využitia kondenzačného kotla Protherm Panther Condens 12 KKO + B60Z v modelovom dome č. 2 v spojení s klasickou VS projektovanou na teplotný spád 55/35 °C
$\eta_6$	[-]	Účinnosť nízkoteplotného kotla Protherm Panther 12 KTO + B60Z
$Q_1$	[J]	Množstvo spotrebovanej energie za vykurovaciu sezónu v modelovom dome č. 1
$Q_1^*$	[J]	Energia, ktorá sa využije na ohrev VV za vykurovaciu sezónu v modelovom dome č. 1
$Q_2$	[J]	Množstvo spotrebovanej energie kotlom Protherm Panther 25 KTV za vykurovaciu sezónu v modelovom dome č. 1
$Q_2^*$	[J]	Energia, ktorá sa využije na ohrev VV za vykurovaciu sezónu v modelovom dome č. 2
$Q_3$	[J]	Množstvo spotrebovanej energie kotlom Protherm Panther Condens 25 KKV za vykurovaciu sezónu v modelovom dome č. 1
$Q_4$	[J]	Množstvo spotrebovanej energie kotlom Protherm Panther Condens 12 KKO + B60Z za vykurovaciu sezónu v modelovom dome č. 2 v spojení s podlahovou VS
$Q_5$	[J]	Množstvo spotrebovanej energie kotlom Protherm Panther Condens 12 KKO + B60Z za vykurovaciu sezónu v modelovom dome č. 2 v spojení s klasickou VS projektovanou na teplotný spád 55/35 °C
$Q_6$	[J]	Množstvo spotrebovanej energie kotlom Protherm Panther 12 KTO + B60Z za vykurovaciu sezónu v modelovom dome č. 2 v spojení s klasickou VS projektovanou na teplotný spád 75/60 °C
$Q_{c1}$	[W]	Tepelná strata modelového domu č. 1
$Q_{c2}$	[W]	Tepelná strata modelového domu č. 2
$Q_{H_2}$	[J]	Energia, ktorá sa uvoľní spálením 1 molekuly $CH_4$
$Q_{r1}^i$	[MJ.kg <sup>-1</sup> ]	Výhrevnosť dubového dreva pri objemovej vlhkosti 25 %
$Q_r^i$	[kJ.m <sup>-3</sup> ]	Výhrevnosť
$Q_s$	[kJ.m <sup>-3</sup> ]	Spaľovacie teplo
$Q_{úspor1}$	[J]	Množstvo energie usporenej kondenzačným kotlom za jednu vykurovaciu sezónu v modelovom dome č.1
$Q_{úspor2}$	[J]	Množstvo energie usporenej kondenzačným kotlom s podlahovou VS z kapitoly 5.4.1. oproti nízkoteplotnému kotlu s klasickou VS z kapitoly 5.4.3. za jednu vykurovaciu sezónu
$V_2$	[m <sup>3</sup> ]	Množstvo energie $Q_2$ vyjadrené v m <sup>3</sup> zemného plynu
$V_3$	[m <sup>3</sup> ]	Množstvo energie $Q_3$ vyjadrené v m <sup>3</sup> zemného plynu
$V_4$	[m <sup>3</sup> ]	Množstvo energie $Q_4$ vyjadrené v m <sup>3</sup> zemného plynu
$V_5$	[m <sup>3</sup> ]	Množstvo energie $Q_5$ vyjadrené v m <sup>3</sup> zemného plynu
$V_6$	[m <sup>3</sup> ]	Množstvo energie $Q_6$ vyjadrené v m <sup>3</sup> zemného plynu
$V_{úspor1}$	[m <sup>3</sup> ]	Množstvo usporenej energie $Q_{úspor1}$ v m <sup>3</sup> zemného plynu

$V_{\text{úspor2}}$	$[\text{m}^3]$	Množstvo usporenej energie $Q_{\text{úspor2}}$ v $\text{m}^3$ zemného plynu
$V_{\text{vz min}}$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	Teoretické množstvo privedeného okysličovadla
$V_{\text{vz sk}}$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	Skutočné množstvo privedeného okysličovadla
$\alpha$	$[-]$	Súčiniteľ prebytku vzduchu